



RAPPORT

# Skredfarekartlegging Eitrheim og Kalvanes

SKREDFAREKARTLEGGING

DOK.NR. 20190602-01-R  
REV.NR. 0 / 2019-12-18

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



## Prosjekt

Prosjekttittel: Skredfarekartlegging Eitrheim og Kalvanes  
Dokumenttittel: Skredfarekartlegging  
Dokumentnr.: 20190602-01-R  
Dato: 2019-12-18  
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Odda kommune  
Kontaktperson: Eirik Lia  
Kontraktreferanse: Epost juni 2019

## for NGI

Prosjektleder: Frode Sandersen  
Utarbeidet av: Katrine Mo, Peter Gauer, Frode Sandersen, Ingar Haug Steinholt  
Kontrollert av: Ulrik Domaas

## Sammendrag

NGI har gjennomført en oppdatert skredfarekartlegging av områdene Eitrheim og Kalvanes på oppdrag for Odda kommune. Kartleggingen er basert på observasjoner gjort under befaringen, simuleringer av skredutløp og kartstudier. Eitrheim er delvis kartlagt av SWECO fra tidligere. I tillegg er områder tidligere kartlagt tidligere av NVE gjennomgått, og vurdert opp mot nye simuleringer i RAMMS Avalanche. Denne rapporten inneholder kartlegging av områder i fareklassene S1, S2 og S3 som beskrevet i TEK 17.



## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
1.1	Forbehold	6
<b>2</b>	<b>Krav til sikkerhet mot skred</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Bakgrunn</b>	<b>7</b>
3.1	Historiske data og hendelser	7
3.2	Eksisterende tiltak	9
3.3	Topografi, geologi og vegetasjon	14
3.4	Klima	18
<b>4</b>	<b>Aktuelle skredbaner</b>	<b>20</b>
4.1	Kalvanes	20
4.2	Eitrheim	22
<b>5</b>	<b>Observasjoner fra befarings</b>	<b>23</b>
5.1	Eitrheim	25
5.2	Kalvanes	25
<b>6</b>	<b>Modellkjøring</b>	<b>30</b>
6.1	Flomskred	30
6.2	Snøskred	32
6.3	Steinsprang	39
<b>7</b>	<b>Skredfarevurdering</b>	<b>43</b>
7.1	Snøskred	43
7.2	Steinsprang	44
7.3	Flom- og sørpeskred	45
7.4	Jordskred	46
<b>8</b>	<b>Påvirkning av skog på faresonene</b>	<b>46</b>
<b>9</b>	<b>Referanser</b>	<b>46</b>

## Vedlegg

Vedlegg A                      Kartvedlegg

## Kontroll- og referanseside

# 1 Innledning

NGI har på oppdrag fra Odda kommune gjennomført skredfarekartlegging av områdene Eitrheim og Kalvanes som ligger på vestsiden av Sørfjorden, noen km nord for Odda sentrum. NVE gjennomførte i 2018 en detaljert faresonekartlegging i Odda kommune ([http://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2018/eksternrapport2018\\_04.pdf](http://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2018/eksternrapport2018_04.pdf)), men denne rapporten omfatter bare delvis de kartlagte områdene i denne rapporten.

I forbindelse med vurderingen er det gjennomført befarings i terrenget over områdene, simuleringer av steinsprang, flomskred og snøskred, samt studie av kart, nye og historiske flyfoto, fjellskyggekart, eksisterende rapporter, historiske hendelser mm. Endelig konklusjon er basert på innhentede data og samlede vurderinger.

Området ble befart av NGI ved Frode Sandersen, Ingar Haug Steinholt og Katrine Mo, den 25. og 26. September 2019. Eirik Lia (Odda Kommune) og Tore Dolvik (Kommunegeolog), var behjelpelige med informasjon og diskusjon i forbindelse med befaringsen.

## 1.1 Forbehold

Vurderingen er gjort på bakgrunn av dagens terreng- og vegetasjonsforhold. Klimaendringer og menneskelige inngrep i terreng og vegetasjon i det tilgrensende området til planområdet, for eksempel etablering av skogsveg, snauhogst og skogplanting, kan endre forutsetningene for vurderingene. Dette gjelder særlig i områder brattere enn 30°.

Metodikken for å bestemme skredfaresoner omfatter til dels kvalitative vurderinger i tillegg til kvantitative beregningsmetoder og kan generelt ikke oppfattes som endelige, men kan bli endret i lys av nye opplysninger og kunnskap.

# 2 Krav til sikkerhet mot skred

Plan- og bygningsloven med tilhørende forskrift (TEK17) stiller krav til sikkerhet mot skred. For byggverk i skredfareområde skal sikkerhetsklasse for skred fastsettes. Byggverk og tilhørende uteareal skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred, herunder sekundærvirkninger av skred, slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen nedenfor ikke overskrides.

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	liten	1/100
S2	middels	1/1000
S3	stor	1/5000

Nauts/båthus hører inn under sikkerhetsklasse S1. Hytter og eneboliger (opptil 10 boenheter, maksimalt 25 personer) tilhører sikkerhetsklasse S2. Uteområder kan i en del tilfeller klassifiseres i en klasse lavere enn klassen for bygning.

Næringsbygg med mer enn 10 medarbeidere er normalt plassert i sikkerhetsklasse S3, mens bygg med opphold til færre medarbeidere er plassert i S2.

## 3 Bakgrunn

### 3.1 Historiske data og hendelser

Langs hele østsiden av Sørfjorden har det historisk vært mye skredaktivitet. En oversikt over registrerte hendelser i NVEs skredatlas er gitt i Figur 3-1 og Figur 3-2. Flere kjente skred har historisk vært utløst ved flere anledninger, både ved Eitrheim og Kalvanes. Snøskredet ved Kalvanes er spesielt godt kjent fra skredvinteren i 1993, da både hus og liv ble tatt av skredet. Samme vinter ble det også observert snøskred langs Eitrheimselva (også omtalt som Juvaskredet). Grantrær og skredvind traff hus i boligfeltet. De øverste husa i boligfeltet ble evakuert.

I samme elv er det beskrevet fra 1992 at elven ble demt opp av et jord- og steinskred, som igjen førte til et flomskred som forandret hele elvas utløp mot fjorden. Langs skredbekken er det også spor etter betydelig andel flomskred. Senest i 2018 førte flomskred i denne bekken til betydelig skade på sikringstiltakene.

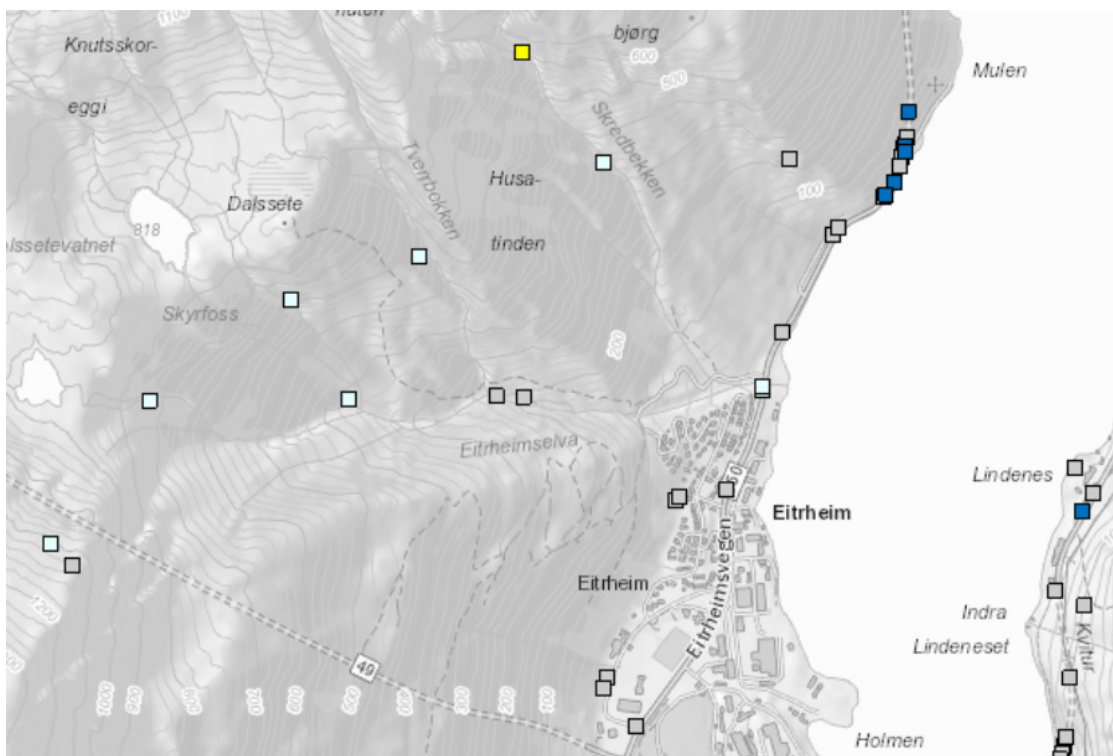
Ved Eitrheim er det også registrert steinsprang langs den mektige ura. To hendelser i 1953 er omtalt av NGI, men plasseringen av disse langs ura er usikker. I tillegg er det registrert en hendelse fra 1991 i NVEs skredatlas, der en stor blokk skal ha nådd ned til veien ved boligområder på Eitrheim. Det er også flere registrerte steinsprang ved påhugget til både avfallstunnelen og veien nord for Eitrheim.

Utvalg av tidlige rapporter utarbeidet av NGI som er relevante for kartleggingen:

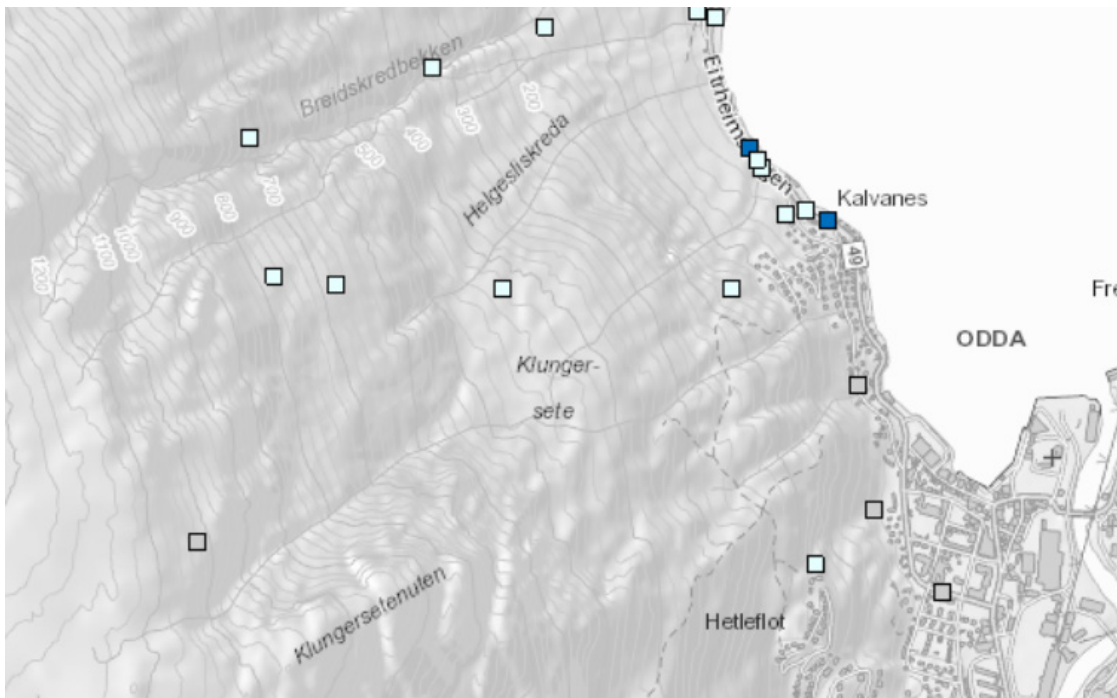
- 20120472-02-R Faresonekartlegging for utvalgte områder i Odda kommune
- 81497-Rapport fra 1981. Sikring mot steinsprang, Boligfelt Eitrheim.
- 934011. Odda kommune. Kalvanes, Egne Hjem, Tokheim, Askane og Eitrheim. Vurdering av skredfare og forslag til sikringstiltak.
- 20190653-01-R Detaljert kartlegging av faresoner, Tokheim og Askane.
- S 43. 1953. Befaring av Eitrheimslia i Odda for A/S Norsk Sinkkompani, i anledning faren for steinsprang, 27. november 1953. Steinsprang stoppet nær brakker, noen løse blokker ble sprengt i stykker.

Annet relevant arbeid for området utarbeidet av andre omfatter:

- Det er skrevet en masteroppgave ved UIB med navn "Koblinger mellom snøskred og klima langs vestsiden av Sørfjorden, i et historisk perspektiv" av Moberg, 2010.
- Faresoner utarbeidet av SWECO for utvalgt område på Eitheim.



Figur 3-1. Registrerte skredhendelser i NVE skredatlas ved Eitheim.



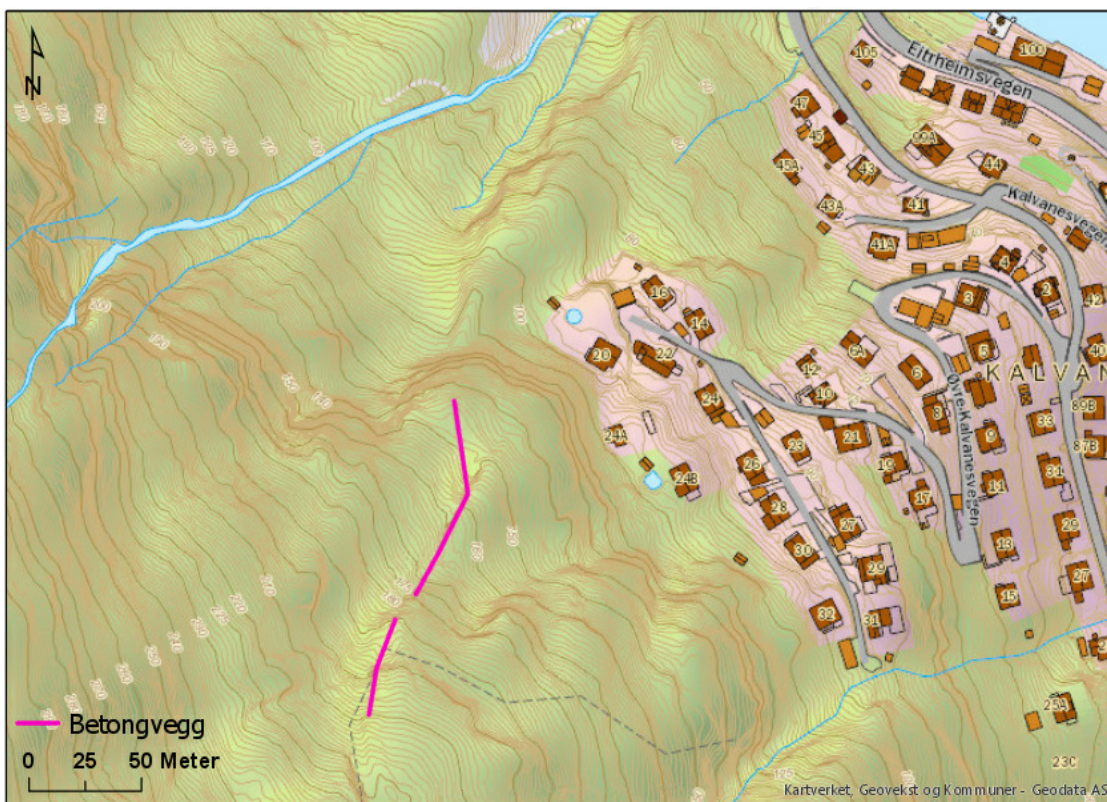
Figur 3-2. Registrerte skredhendelser i NVE skredatlas ved Kalvenes.

## 3.2 Eksisterende tiltak

Det eksisterer skredsikring både ved Kalvenes og ved Eitrheim. Ved Kalvenes er eksisterende sikring mot snøskred. I tillegg er det beskrevet noen mindre tiltak med sikring av stein i området. Ved Eitrheim er det gjort omfattende sikring mot jord- og flomskred (og snøskred) langs de to elveløpene. I tillegg er det bygget en steinsprangvoll mellom deler av bebyggelsen på Eitrheim og den store uren langs fjellsiden. Følgende tiltak er kjent for NGI:

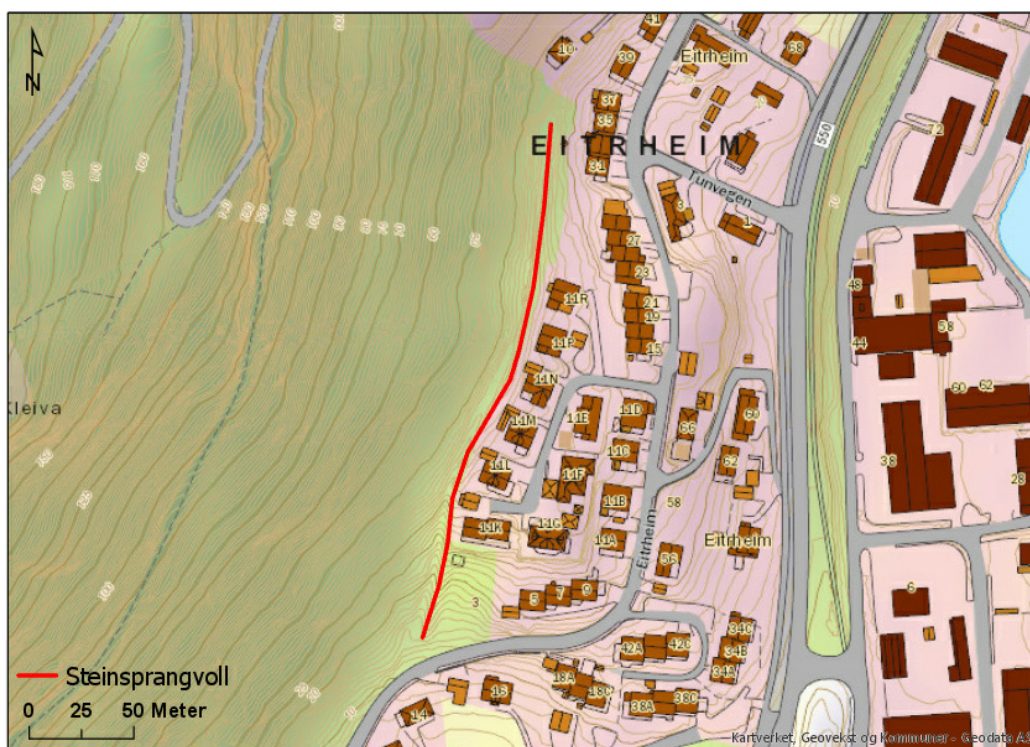
- Betongvegger ved Kalvenes
- Steinsprangvoll ved Eitrheim
- Forbygning av Eitrheimselva og Skredbekken

Plassering av de eksisterende tiltakene er gitt i Figur 3-3, Figur 3-4 og Figur 3-5. Alle tiltakene ble undersøkt under befaringen. Tiltakene er nøyere beskrevet senere i dette kapittelet.

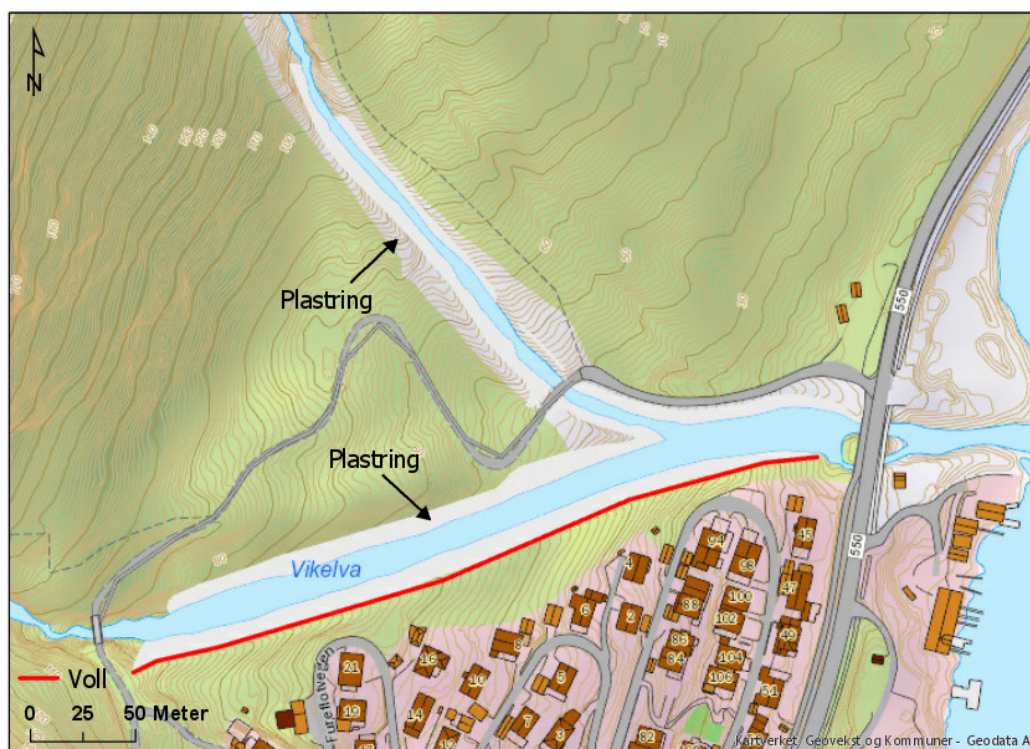


Figur 3-3. Betongvegg/ eksisterende sikringstiltak ved Kalvanes som ble bygget som følge av skredvinteren i 1993.





Figur 3-4. Steinsprangvoll mellom ur og bebyggelse.



Figur 3-5. Skredbekken og Eitheimselva er plastret. Vollen skiller løpene fra bebyggelsen.



### 3.2.1 Betongvegger

Betongveggene ved Kalvanes ble satt opp etter skredvinteren i 1993. Den fungerer som en ledevegg for Klungersetskreda. Høyden på betongveggen er omtrentlig 6 meter, og stedvis noe høyere. Det er usikkerhet knyttet til reduksjon av styrken på betongveggene over tid, og hvilken effekt de vil ha på større skred med årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000.



Figur 3-6. Betongvegg over boligfelt ved Kalvanes, bygget etter skredvinteren i 1993.

### 3.2.2 Elveforbygninger

Eitrheimselva med sidevassdraget Skredbekken er forbygd de nederste 500 meterne oppstrøms utløpet i Sørfjorden. Dette for å hindre erosjon i de mektige lagene av underliggende løsmasser, men også for å sikre boligfeltet på Eitheim mot overløp av skredmasser. Det har flere ganger vært reparasjon av plastringen etter skader påført av flom. Sist etter flommen i 2018 da stor vannføring og massetransport førte til fare for skade på den sørligste skredvollen. Med økende klimaendringer, og forventet mer intense episoder med nedbør, er det ikke sikkert at eksisterende flomsikring vil kunne motstå strømningskraften på bunnmaterialet som oppstår ved store flommer. Det er også viktig å legge til at ved befaring i Skredbekken ble det observert store mengder løsmasser som lett kan mobiliseres ved en ny flom. Disse massene vil i så fall bli fraktet nedover



elveløpet og avsettes oppstrøms brua der elva flater ut. Dette vil heve elvebunnen, og kapasiteten til brua vil følgende reduseres.



*Figur 3-7. Nedre del av sikringstiltaket (mot brua) ble delvis skadet under hendelsene i 2018.*



*Figur 3-8. Plastring langs Skredbekken.*

### 3.2.3 Steinsprangvoll

Vollen er omtrentlig 3 meter høy og 40 meter lang og går rett i overkant av den sentrale delen bebyggelsen på Eitrheim for å sikre mot steinsprang.

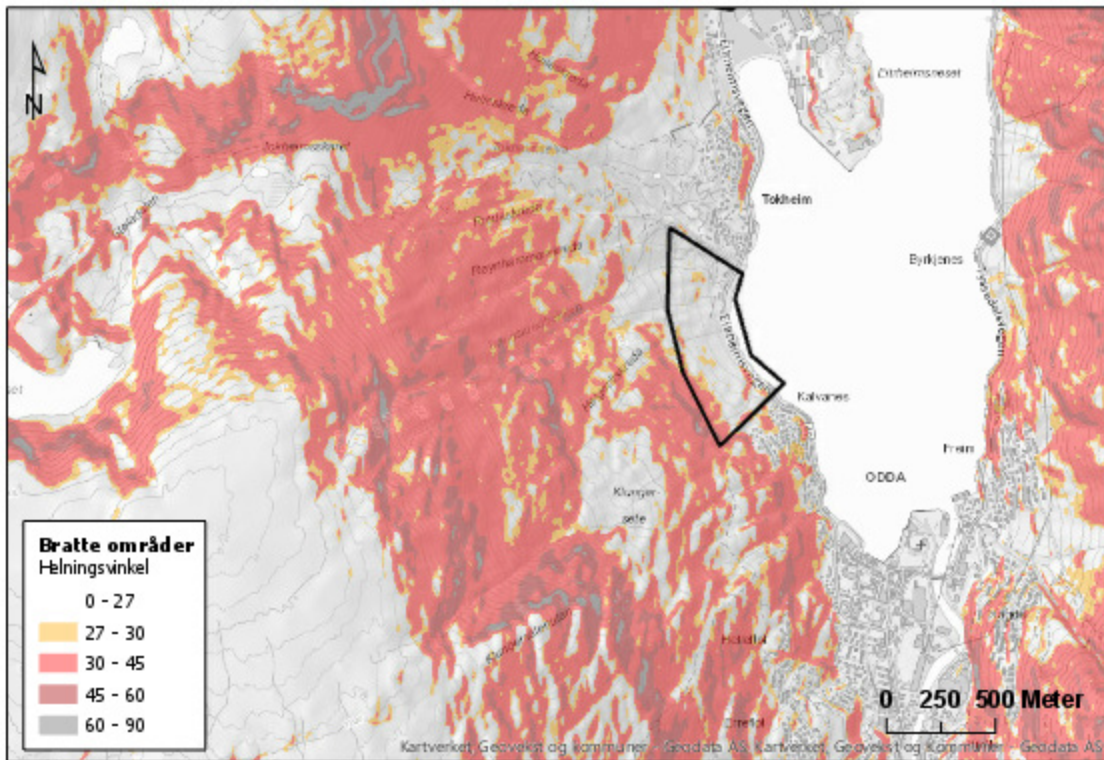
## 3.3 Topografi, geologi og vegetasjon

Eitrheim og Kalvanes ligger på vestsiden av Sørfjorden, like nord for Odda sentrum. Ovenfor Kalvanes stiger er det relativt bratt terreng hele veien opp til ca. 1200 moh, med unntak av en liten utflating ved Klungerset. Ved sørlig del av Eitrheim er terrenget jevnt bratt fra dalbunnen og opp til ca. 800 moh. I midtre del, fra utløpet til Eitrheimselva og oppover er fjellsiden noe slakere, med fall mot elven. I nordligste del, ved innløpet av avfallstunnelen er en bratt skrent som går øst-vest nærmest fra fjordnivå og helt opp til Ruklenuten.

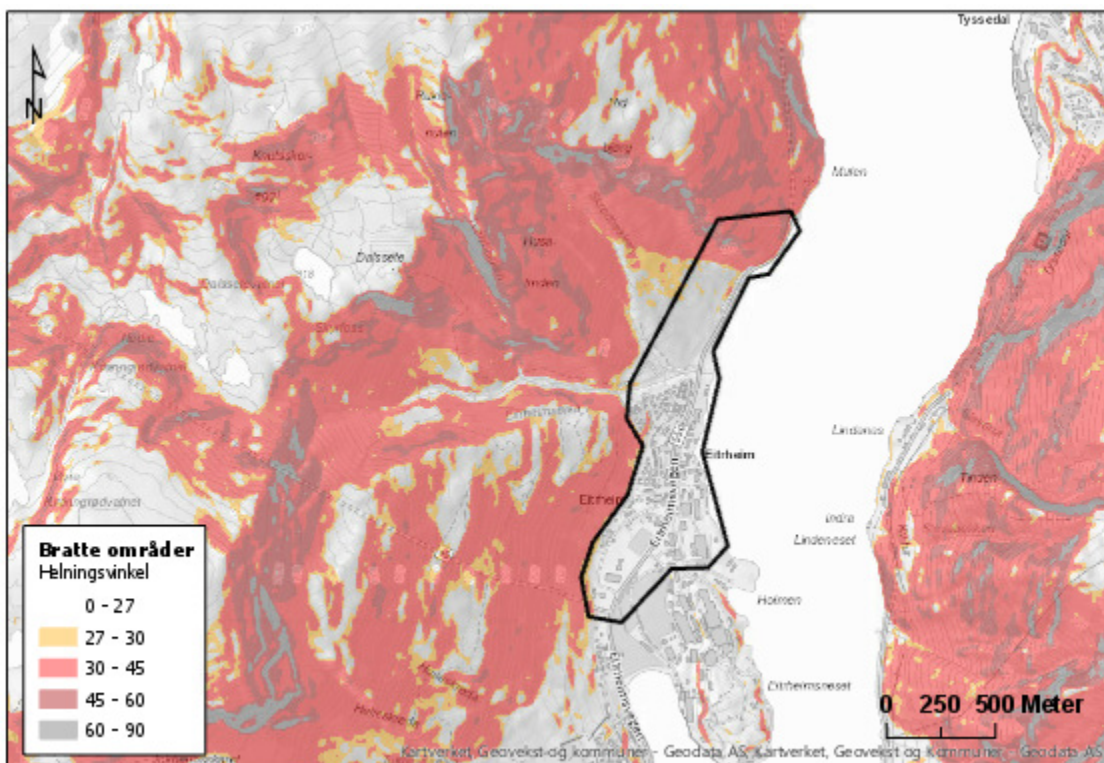
I følge NGUs bergrunnskart består bergarten ved Eitrheim og Kalvanes hovedsakelig av Metaandesitt. I øvre del av Kalvanes er det noe granitt i nordlig del. Ved Eitrheim består bergarten nord for avfallstunnelen av monzogranitt. I følge NGUs kvartærgeologiske kart består løsmassene ved Eitrheim hovedsakelig av skredmateriale og bart fjell, i tillegg til elveavsetninger i utløpet til Eitrheimselva. Ved Kalvanes er det ifølge NGU lite løsmasser og hovedsakelig bart fjell, med unntak av aller nordligste del, der det er skredmateriale.

Vegetasjonen ved Kalvanes varierer mellom planteskog/gran og områder med tynnere løvskog, hovedsakelig i utløpsområdet til Klungersetskreda. Over ca. 450 moh og opp til ca. 850 moh er det noe vegetasjon, men denne er svært tynn. Over Eitrheim er det en større andel planteskog/gran, med unntak av arealet mellom Skredbekken og Eitrheimselva der løvskog dominerer. Ellers er det granskog opp mot kote 500, og løvskog i varierende tykkelse over. Fra kote 600 til 850 består skogen av varierende løvskogdekke.



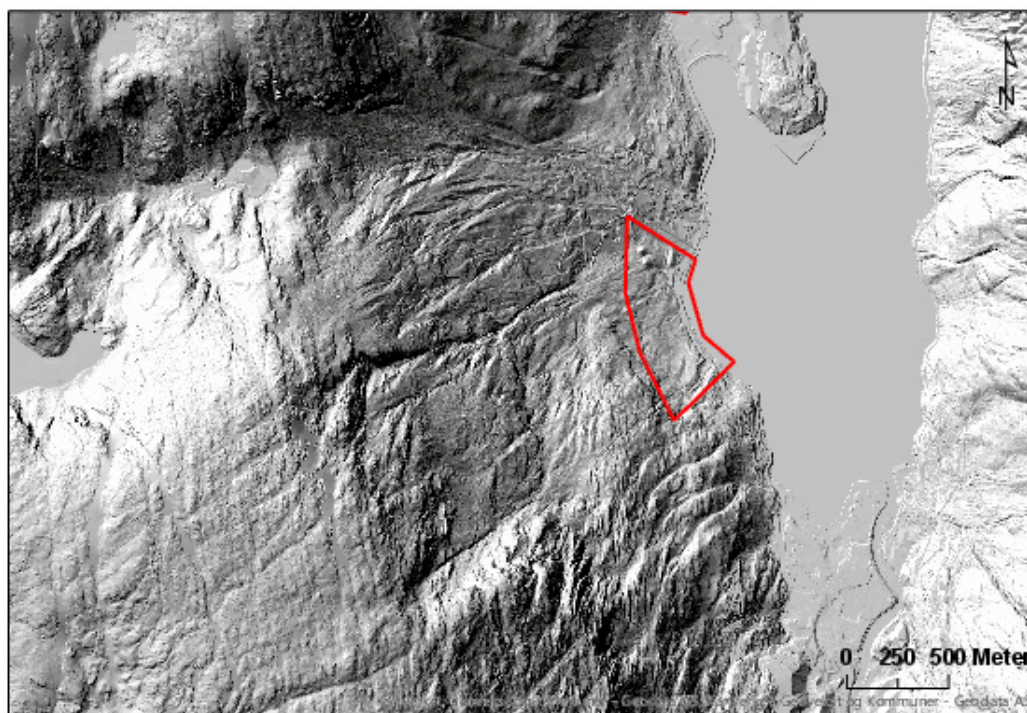


Figur 3-9. Helningskart for Kalvanes (10 m dem).

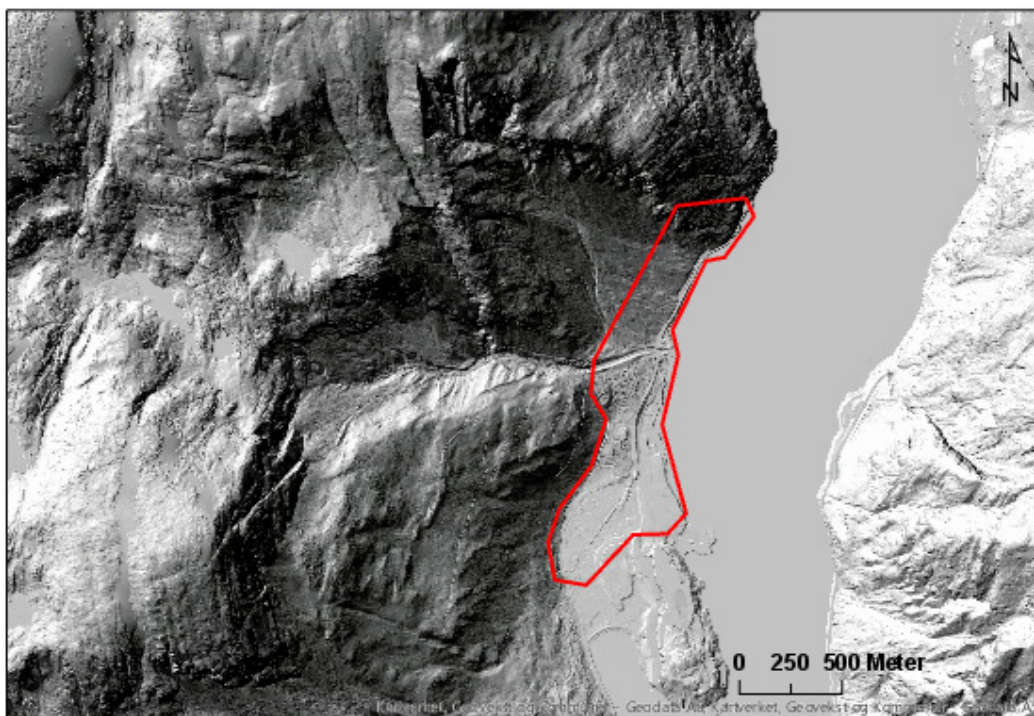


Figur 3-10. Helningskart for Eitrheim (10 m dem).





Figur 3-11. Fjellskyggekart over Kalvenes.



Figur 3-12. Fjellskyggekart over Eitheim.





Figur 3-13. Flybilder over Kalvenes.



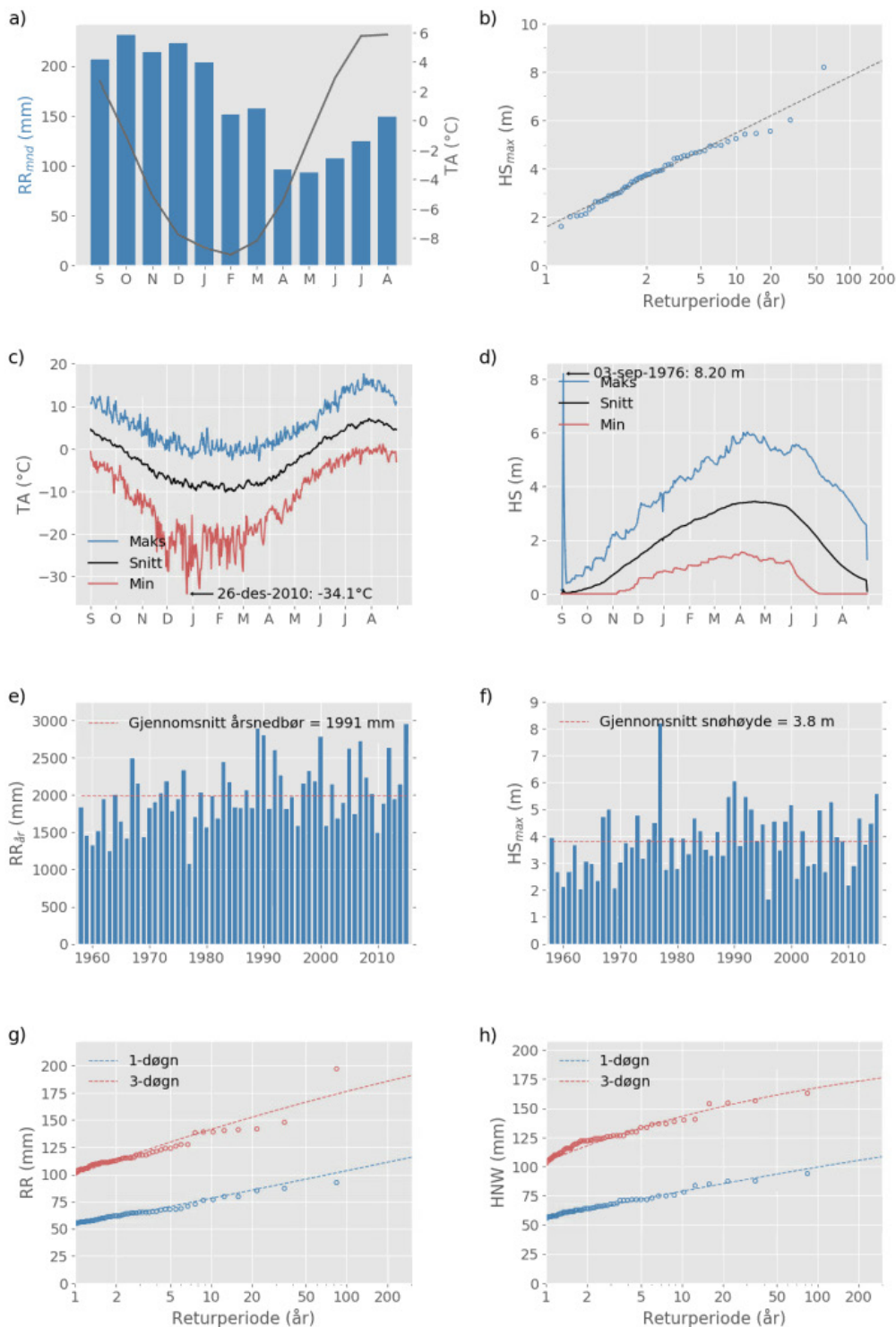
Figur 3-14. Flybilde over Eitheim.

## 3.4 Klima

Interpolerte klimadata fra SeNorge-datasettet (Lussana et al., 2016; Saloranta, 2014) for normalperioden 1981 - 2010 viser at normal årsnedbør i det undersøkte området er ca. 2113 mm, hvor ca. 1298 mm kommer om vinteren. Årsmiddeltemperatur i området er -2.1 °C og døgnmiddeltemperaturen varierer normalt fra -22.7 °C til 13.3 °C. Gjennomsnittlig snøhøyde er 402 cm og maksimal snøhøyde siste 50 år er 615 cm. Antall dager med snø på bakken er i gjennomsnitt 329. Høyde på valgt gridcelle er 1476 moh.

Ved å bruke de maksimale nedbør- og snøhøydeverdiene i de interpolerte dataene kan man estimere forventet 1000-års nedbør og 300-års snøhøyde for området. I dette området er 1000-års nedbør beregnet å være 140 mm/døgn, og 300-års snøhøyde 8.2 meter. Dette er estimater basert på korte observasjonsperioder og statistiske usikkerheter.

Klimafremskrivinger (Hanssen-Bauer et al., 2015) for Norges fastland frem mot år 2100 viser at man kan forvente en økning i nedbørmengdene på mellom 10 % (scenario 1, RCP 4.5) og 16 % (scenario 2, RCP 8.5). Økningen om vinteren er henholdsvis 7 % og 17 % for de to scenariene. Temperaturen vil øke med mellom 2.5 °C og 4.4 °C. Dette har også en effekt på snødekket, som er forventet å minke med mellom -44 % og -63 %. Antall dager med snø på bakken er forventet å reduseres med henholdsvis -88 og -141 dager for de to scenariene.



Figur 3-15. Dataperiode: 1958 – 2015. a) Månedssnedbør og –lufttemperatur, b) returverdier (gumbelfordeling) for årlig maks snøhøyde. Daglig minimum, maksimum og gjennomsnittlig lufttemperatur (c) og snøhøyde (d). Tidsserier av årsnedbør (e) og årlig maks snøhøyde (f). Returverdier (peak over threshold) for 1- og 3-døgns nedbør (g) og nysnøtilvekst (h).

### 3.4.1 Vind

Dominerende høydevind er fra sektoren sør-vest vist med data fra Folgefonna (Figur 3-11). Folgefonna er et godt kildeområde for å plukke opp snø med vind. Østvendte fjellsider har i dette området potensiale for å samle mye snø.

#### Wind rose, frequency distribution of wind

Winddirection divided in sectors of 30°

Frequency distribution of wind speed in percent %

#### Wind speed ( m/s )

- > 20.2
- 15.3-20.2
- 10.3-15.2
- 5.3-10.2
- 0.3-5.2

#### Calm (%)

27

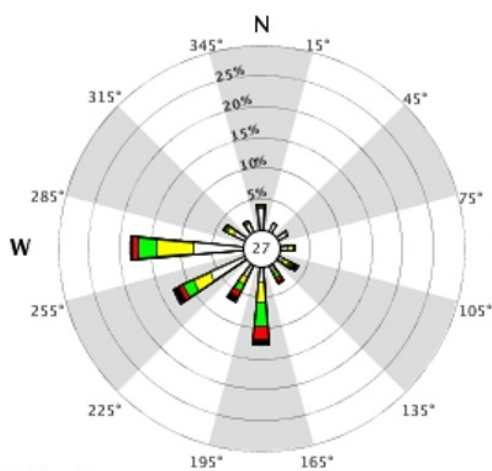
#### 49087 FOLGEFONNA SKISENTER TOPP



Year: 2014 - 2018

Jan, Feb, Mar, Apr, May, Jun, Jul, Aug, Sep, Oct, Nov, Dec

Hour: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 (NMT)



Figur 3-16. Vindrose fra Folgefonna Topp (data fra 2014 til dags dato).

## 4 Aktuelle skredbaner

### 4.1 Kalvanes

#### 4.1.1 Klungersetskreda

Skredet løsner fra en skålformet forsenkning 700-1000 moh oppunder Ruklenuten (Figur 4-1). Bredden på utløsningsområdet er rundt 200 m og arealet kan under spesielle forhold bli opp mot 100.000 m<sup>2</sup>, og det betyr at skredene kan bli store. Ved kote 400-500 ligger det en utflating, og mindre våtsnøskred stanser som regel her. Imidlertid kan store skred fortsette ned til fjorden, slik tilfellet var i 1903, 1949 og 1993.

#### 4.1.2 Helgeliskreda

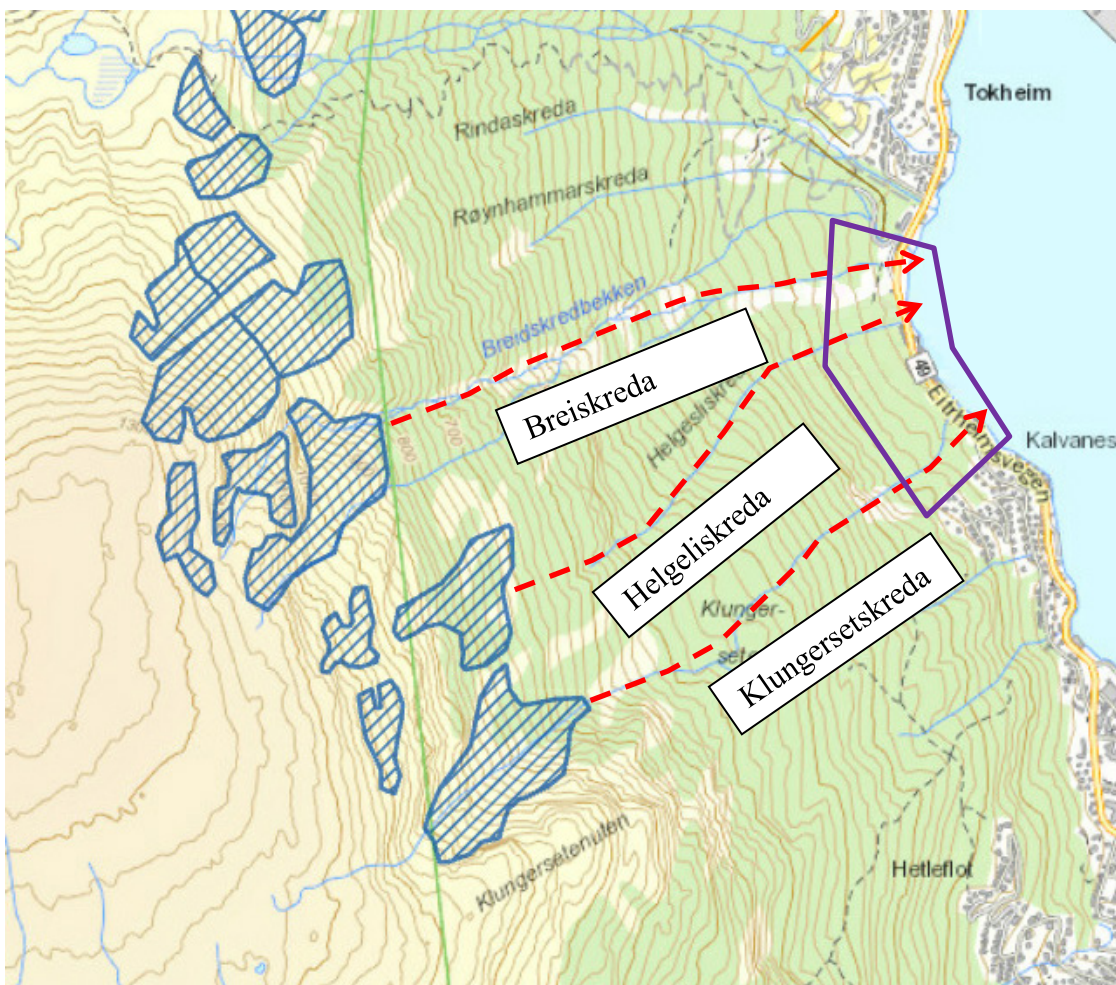
Skredene kan bli utløst fra flere mindre forsenkninger mellom 700-1100 moh oppunder Ruklenuten. Arealet av hvert av utløsningsområdene er 20.000-50.000 m<sup>2</sup>, og skredene har vanligvis mindre størrelse og stanser oppe i fjellsida. Skredmasser har aldri vært



observert helt ned til fjorden. Skredmassene kan splitte seg i flere forgreninger, men hovedandelen kommer ned mot nordlige del av det kartlagte området.

### 4.1.3 Breiskreda

Skredene kan bli utløst fra flere forsenkninger oppunder Ruklenuten 700-1100 moh hvorav det største området er rundt 80.000 m<sup>2</sup>. Som navnet tilsier kan skredene bli store. Skredmassene vil som regel følge to tydelige bekkeløp nedover fjellsida, og skredet truer både industribebyggelsen og flere bolighus på Egne Hjem. I 1993 ble et trelastlager på Egne Hjem påført skader fra lufttrykket i fronten av skredmassene.



Figur 4-1 Aktuelle skredbaner ved Kalvanes. Blå områder angir utløsningsområder for snøskred.

## 4.2 Eitrheim

### 4.2.1 Juvaskreda

Skredet kan starte fra flere områder, men de største massene blir satt i bevegelse når skredene starter fra en skålforn på nordsida av Tokheimsnuten (Figur 4-2). Terrenghelningen i de største utløsningsområdene er såpass slakt at det må komme mye snø før skred går til brudd, og dette medfører at skredene er sjeldne, men de kan til gjengjeld bli store. Skredmassene følger det svingete elvegjelet til Eitrheimselva og taper mye energi nedover mot fjorden. Det har aldri vært opplevd så lange utløp som tilfellet var i 1993, da skredmassene ved to anledninger stanset opp like ovenfor bebyggelsen på Eitrheim. Snøskyen dekket da store deler av boligfeltet, og mye skog ble ødelagt.

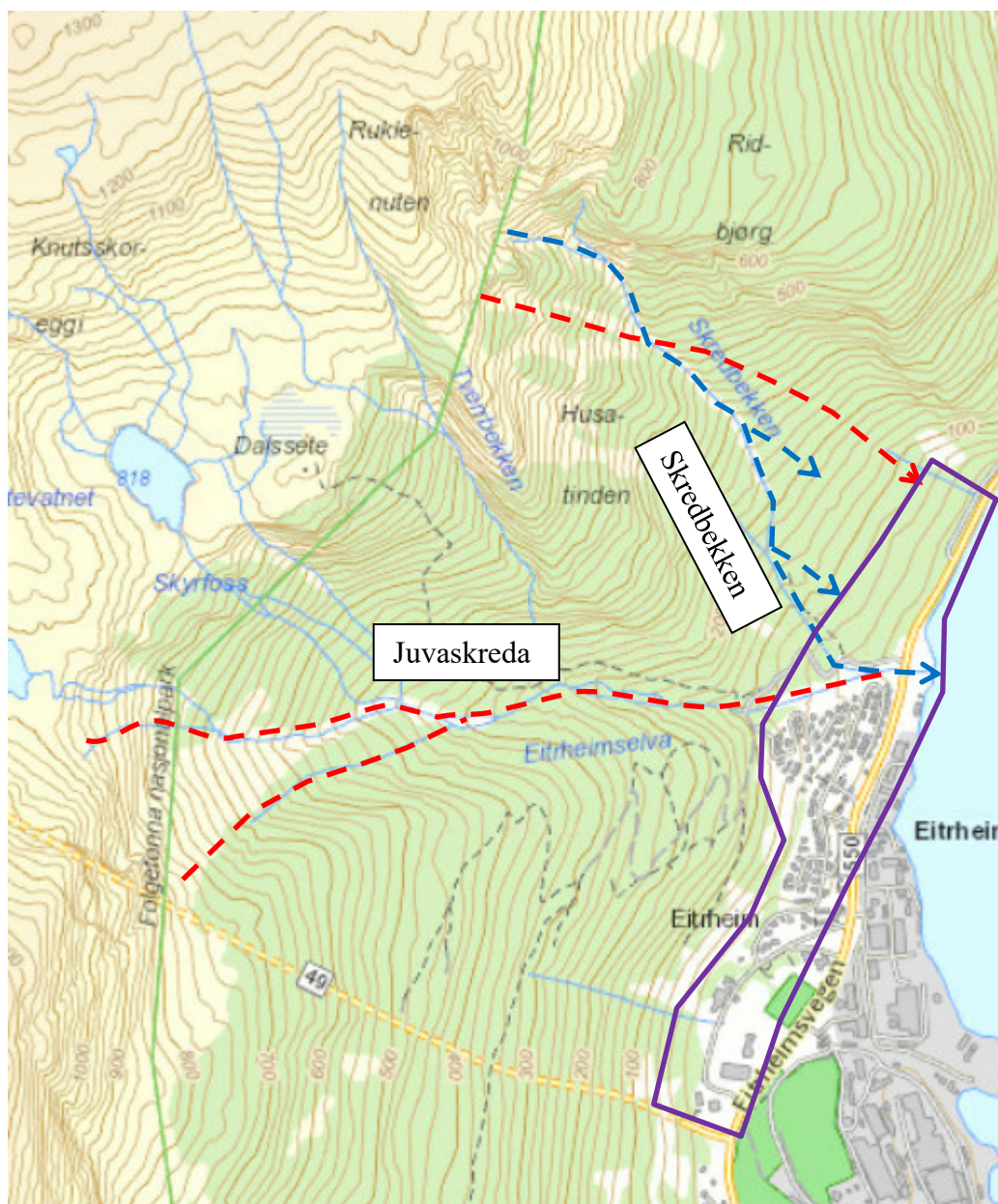
Eitrheimselva kan også gi opphav til sørpeskred og flomskred som kan følge elveløpet helt ned til fjorden.

### 4.2.2 Skredbekken

Skredbekken er først og fremst utsatt for flomskred og sørpeskred, og det ligger store avlagringer av løsmasser nedover i bekkeløpet som kan bli revet med ved flomvannføring. Brua under FV 49 har flere ganger blitt ødelagt som følge av stor massetransport i bekken.

På flere steder kan skredmasser hoppe ut av bekkeløpet og gå ned lia nord for Eitrheimselva.

Snøskred kan også bli utløst fra flere forsenkninger oppunder Ruklenuten 800-1000 moh. Skredmassene vil som regel følge løpet til Skredbekken nedover mot Eitrheim, men når skredene blir store nok kan de hoppe ut av løpet å komme ned lia nord for Eitrheimselva.

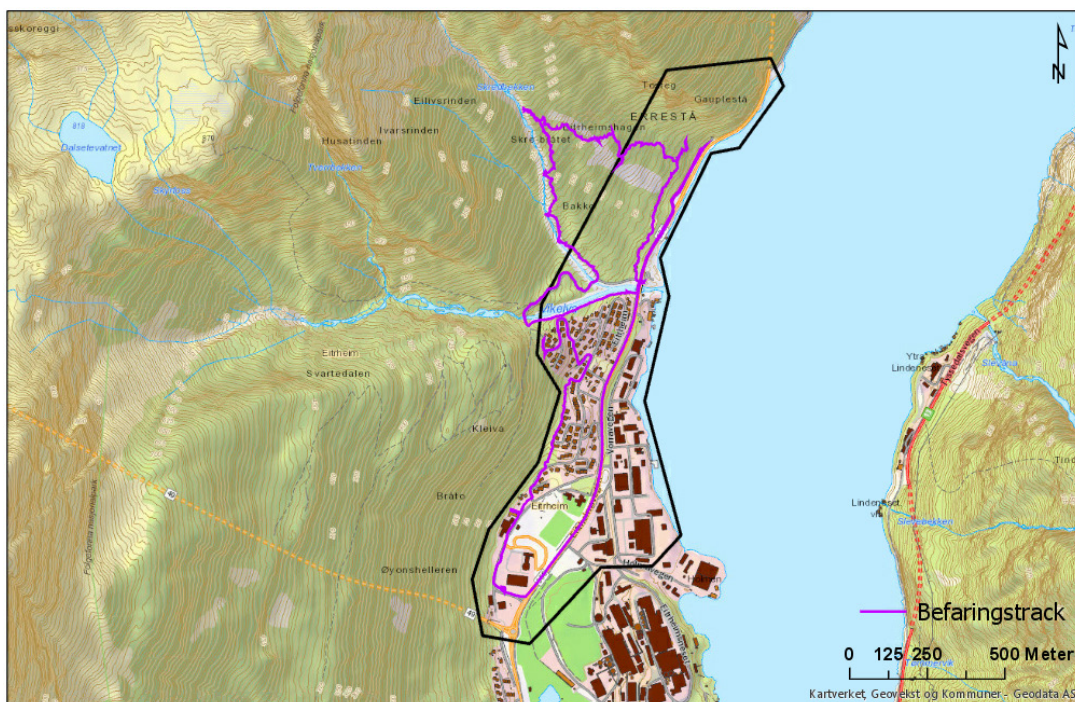


Figur 4-2 Skredbaner på Eitheim. Rød streker angir snøskredbaner, blå streker flomskred.

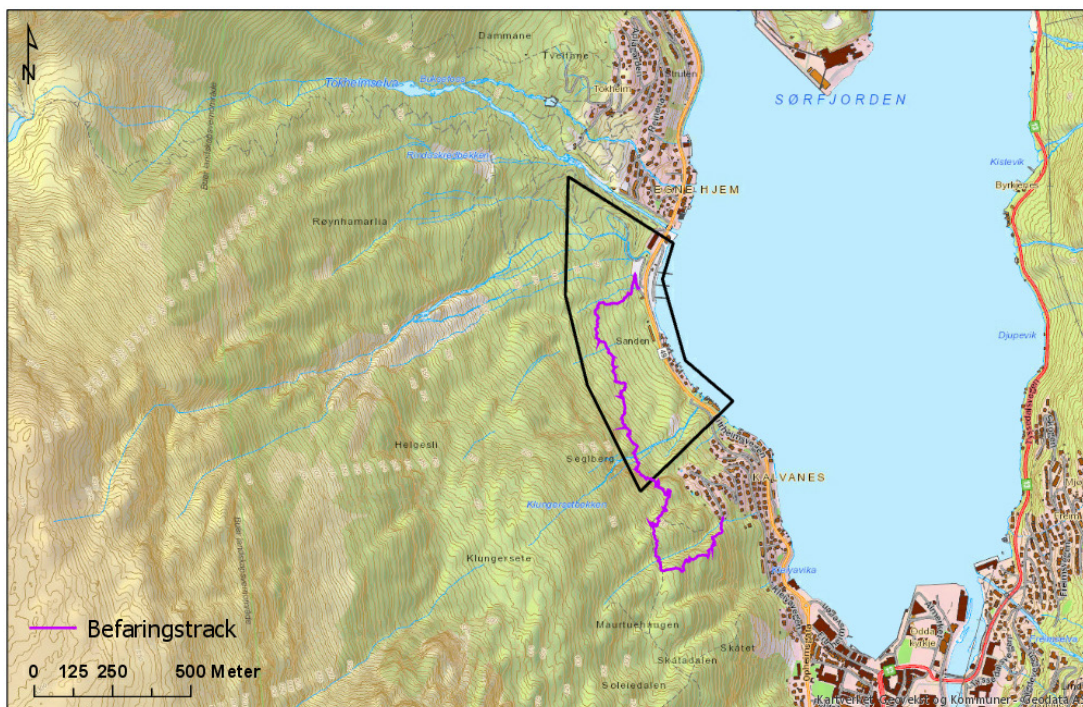
## 5 Observasjoner fra befaring

Befaringen ble gjennomført av NGI den 25. og 26. september 2019. Befart rute er presentert i Figur 5-1 og Figur 5-2.





Figur 5-1. GPS-sporlogg fra befaring ved Eitheim.



Figur 5-2. GPS sporlogg fra Kalvanes.

## 5.1 Eitrheim

Fra sørlig del av kartleggingsområdet ved Eitrheim, og helt frem til ca. 60 meter fra Eitrheimselva ble det observert relativt grov ur langs nedre del av fjellsiden. Uren har tilsvarende karakter som urmasser ved Askane. Det er ingen tydelige løsneområder over uren, og det ble ikke observert noen nylige utfall.

I midtre del av området er utløpet av Eitrheimselva og Skredbekken. Nederste 500 meter av bekkeløpet i begge elver er plastret for å beskytte skredvollen vest for Eitrheimselva. Det er rapportert om stadige reparasjoner av plastringen. Sist i oktober 2018 der man fryktet erosjonsskader på skredvollen.

I nordre del av området er skredproblematikken todelt. Det ble observert en bratt skrent fra området ved avfallstunnelen som fortsetter oppover fjellsiden. Det ble observert flere tidligere steinsprang fra denne. I tillegg ble det observert eldre skredrenner, hovedsakelig fra flomskred, med tydelige renner og skredtunger av løsmasser langs hele dalsiden fra elveløpet til Eitrheimselva og frem til avfallstunnelen. Disse sporene stammer fra skredhendelser der skred har gått over dagens skredløp (Skredbekken).

I øvre del av bekkeløpet er det store avsetninger som kan mobiliseres ved en ny flom (figur 4-4 og figur 4-5). Enten i form av flomskred eller flom med stor massetransport. Dette vil kunne føre til en heving av elvebunnen like oppstrøms Eitrheim bru, med den konsekvensen at brua får redusert kapasitet.

## 5.2 Kalvanes

På Kalvanes er det snøskred som utgjør trusselen mot kartleggingsområdet, og under befaringen ble det først og fremst kartlagt skader i skogen for å observere alderen på skadene for å kunne få informasjon om hyppigheten på skred samt utbredelsen av skred. Det ble i tillegg gjort innmåling av to sikringsmurer mot Klungesetskreda som ble satt opp i kjølevannet av skredulykken i 1993.

I tillegg ble det gjort observasjoner av skredblokker i området ovenfor det kartlagte området for å verifisere simuleringene av steinsprangutbredelse. Bekkeløp ble kartlagt for å danne seg et bilde av erosjonspotensialet med tanke på fare for flomskred.

Utvalgte foto fra befaringen er vist i det følgende på figurene 5-3 – 5-11.





*Figur 5-3. Ur i fjellsiden på sørlig del av Eitrheimområdet.*





*Figur 5-4. Ura kun få meter unna eksisterende bebyggelse ved Eitrheim.*



*Figur 5-5. Skredbekken. Avsatte sedimenter til høyre i bildet, bart fjell til venstre.*





*Figur 5-6. Skredbekken. Erosjon i løpet til skredbekken.*



*Figur 5-7. Plastring i nedre del av Skredbekken. Løpet rettes mot voll/forbygning av Eitrheimselva.*





*Figur 5-8. Mot veien smalner Eitrheimselva inn under veien. Dette løpet er ikke dimensjonert for å tåle flomskred langs Skredbekken og Eitrheimselva.*



*Figur 5-9. Skader etter snøskred som har hoppet ut av løpet til Skredbekken.*





Figur 5-10. Løснеområder for Klungersetskreda.

## 6 Modellkjøring

Som en støtte i vurderingen er det kjørt simuleringer for både snøskred, flomskred og steinsprang, hovedsakelig med dynamiske modeller.

### 6.1 Flomskred

#### Generelt

Det er utført modellering av flomskred i to områder, Skredbekken og Eitra i Eitrheim. Det er, på bakgrunn av feltobservasjoner (Figur 4-5 og Figur 4-6), antatt at Skredbekken er elva som har størst sannsynlighet for flomskred. Dette grunnet stor tilgang på sedimenter langs elvebredden.

Modelleringene er gjennomført ved hjelp av modulen "Debris flows" i RAMMS. Det fysiske grunnlaget som ligger til grunn for modellen er det samme som for snøskred. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 5.2. Denne modulen er utviklet for å kunne simulere utbredelsen av materialførende strømninger i et sammensatt terreng. Modulen er benyttet i Sveits og på verdensbasis for å vurdere utbredelsen av skred, men også for å dimensjonere sikringstiltak. Dette krever derimot en nærmere studie av forhold som bestemmer inngangsparameterne. I arbeidet med denne rapporten er modellen brukt som en strømningsmodell for å vurdere utbredelse og strømningsmønster for ulike skredvolum. Dette er gjort som en støtte til vurdering av utbredelse av faresoner for skred med ulike returperioder.

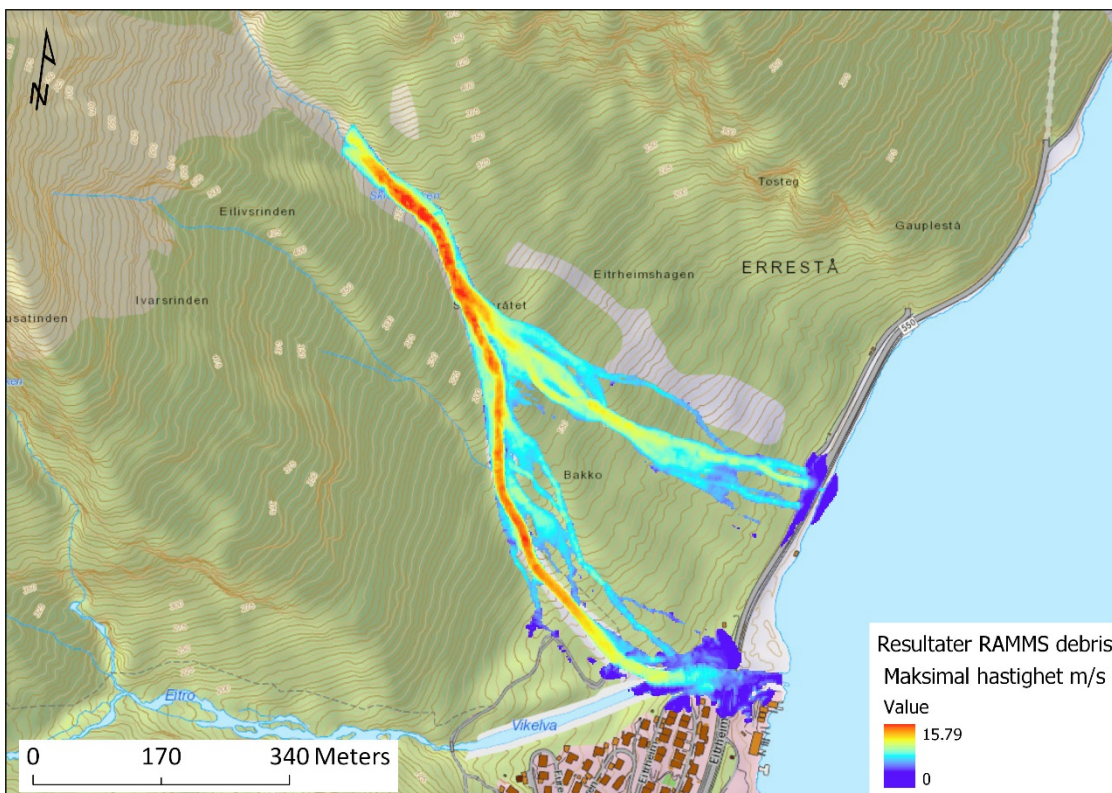
## Input

Følgende verdier er benyttet i simuleringen:

Romvekt =  $1600 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu = 0.20$   
 $\xi = 400 \text{ m/s}^2$   
 Utløsningstykkelse =  $1 \text{ m}$   
 Utløsningsvolum =  $20523 \text{ m}^3$

## Resultater

Da det anses som lite sannsynlig at det vil gå store flomskred i Eitra, er det i denne rapporten kun presentert resultatet fra modellering av flomskred i Skredbekken (Figur 5-1). Resultatet viser at et potensielt skred vil ha høy hastighet og følge elva nedover mot Eitrheimsvegen. Som en naturlig konsekvens av at høydegradienten avtar, avtar også hastigheten på flomskredet. Man kan derfor anta at skredmasser vil bli avsatt like oppstrøms Eitrheimsvegen, samt at noe av de finere massene vil bli transportert av elva ut i Sørfjorden. Fra Figur 5-1 kan man også se at deler av skredet vil få et overløp rett etter at Skredbekken dreier sørover. Dette er noe man også så spor etter ved befaring. Derimot er det nærliggende å tro at vegetasjon og veldig grove masser vil føre til at denne skredarmen ikke når helt ned til Eitrheimsvegen.



Figur 6-1 Resultat av modellering av flomskred i Skredbekken. Figur viser maksimal hastighet.

## 6.2 Snøskred

### 6.2.1 Generelt

Modellering av utvalgte snøskredbaner er utført med modellen *RAMMS::Avalanche*. *RAMMS::AVALANCHE* er en fluidmekanisk modell, utviklet ved WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, i Sveits, fra omtrent 1995 til 2010. Skredet beskrives som en væske med friksjon som et fast materiale og viskositet som en væske. Friksjonsloven går tilbake til en modell fra 1950-tallet (Voellmy, 1955) som er basert på klassisk hydraulikk. Modellen forutsetter konstant skredtetthet  $\rho$  og beskriver bevegelsen av skred"væsken" gjennom balanseligninger for masse (eller flyte høyde  $h$ ) og impuls.

En stor forskjell i forhold til enklere modeller er at både skredets lengde, bredde og høyde forandrer seg langs skredbanen. Denne forandringen beregnes ved å dele opp skredbanen i små celler (typisk  $5 \times 5$  m) og å samtidig beregne hvordan massen (og derfor flyte høyden) i en celle endrer seg pga. ulikhet mellom innstrømning og utstrømning, og hvordan hastigheten endrer seg pga. gravitasjon, friksjon og trykk fra massene i nabocellene. Dette fører bl.a. til det at hastigheten ved skredets hale er lavere enn ved fronten, i overensstemmelse med målingene.

Modellen tar hensyn både til startmassen gjennom startlengde, -bredde og -høyde, og til variasjoner i terrenget. Friksjonsparameterne  $\mu$  og  $\xi$  velges av brukeren i hvert enkelt tilfelle. I modellen kan brukeren fastsette ulike verdier for friksjonsparameterne i ulike deler av skredbanen. Dette gjør det mulig å ta hensyn til ujevnheter av terrenget eller skog. RAMMS-modellen ble testet og kalibrert i Sveits mot skredhendelser i Alpene.

Anbefalte verdier for friksjonsparameterne i forhold til skredstørrelse, høyde over havet, kanaliseringsgrad og frekvensen av skredet (SLF, 2016). Tabellene er tilgjengelige i brukermanualen til RAMMS Avalanche. Denne tabellen ble tilpasset norske forhold gjennom tilbakeberegning av mange kjente skredhendelser fra NGIs skredatabase med RAMMS. For norske forhold hvor skogen påvirker skredutløpet benytter vi høyere verdier for  $\mu=0,04$ ,  $\xi=1000$  og reduserer høyden "Altitude" med 500m for hvert av høydenivåene i beregningene. Merk imidlertid at denne kalibreringen gjelder simuleringer *uten medrivning*. Det finnes for tiden ingen publisert kalibrering av modellen med medrivning av snø i fjellsiden nedenfor utløsningsområdet.

Det har imidlertid vært kjent i lang tid at Voellmys friksjonslov med de anbefalte parameterverdiene gir for lave hastigheter i store deler av skredbanen. En analyse av hastighetsmålinger av snøskred fra mange land (Gauer m.fl., 2010) viste at man oppnår betydelig bedre overensstemmelse mellom målte og simulerte hastigheter for riktig utløpsdistanse ved å velge den hastighetsuavhengige delen av friksjonen (parameter  $\mu$ ) større og den hastighetsavhengige delen (parameter  $k$  eller  $g/\xi$ ) langt mindre enn anbefalt for RAMMS (SLF, 2016). For å oppnå de samme utløpsdistansene som med alfa-beta-modellen, velges  $\mu \approx \tan(\alpha/\beta)$  og  $k \ll 10^{-3}$  ( $\xi \gg 10^4$  m/s<sup>2</sup>). Disse verdiene kan

imidlertid justeres for klimaforholdene, terrengkarakteristikk, skogsvirkning og lignende faktorer.

Typisk observerte bruddhøyder for sjeldne snøskred (returperiode 100-1000 år) er 100–200 cm (Gauer, P. & Kristensen, K. 2016). Klimadata indikerer at forventede bruddhøyder for sjeldne skred i aktuelt område er i øvre sjiktet av dette.

*Inngangsverdier:* For modeller av Voellmy-typen øker terminalhastigheten i banen tilnærmet med kvadratrotten av flyteheighten og utløpsdistansen fra foten av skråningen omtrent lineært med flyteheighten. Flyteheighten for sin del er omtrent proporsjonal med bruddkanthøyden. Derfor er det viktig å anslå realistiske bruddkanthøyder og utløsningsområder som inngangsdata.

En metodikk for dette ble utarbeidet av SLF (Salm m.fl., 1990):

- Som utgangspunkt tar man den forventede maksimale snøhøydetilveksten innen tre døgn med en gitt returperiode  $T$  (eller årlig sannsynlighet),  $\Delta h_0^*(T)$ . Denne verdien gjelder målinger på flatmark, avhenger av klimaforholdene og varierer sterkt mellom regionene.
- Det tas hensyn til de lokale forholdene ved å korrigere  $\Delta h_0^*(T)$  med 5 cm per 100 m høydifferanse mellom målestasjonen og utløsningsområdet, og med opptil  $\pm 50$  cm for vindeffekten.
- En sentral antagelse i den sveitsiske metodikken er at et skred utløses innenfor nysnølaget i løpet av enhver tre døgns nedbørperiode med årlig sannsynlighet på 1/30 eller mindre. Utløsningssannsynligheten kan imidlertid være langt mindre enn 1 i relativt slake skråninger (dvs. med helningsvinkel nær  $30^\circ$ ), ved relativt lave nedbørmengder eller i ujevnt terreng. Omvendt kan bruddet også skje i eller mellom gamle lag, noe som fører til større bruddkanthøyder.

Denne metoden blir mer realistisk hvis man tar hensyn til utløsningssannsynligheten. Modellene tilbyr også muligheter for å ta hensyn til bremsevirkningen av skog. Denne effekten er hensynstatt i beregningen kun for Klungersetskreda og Helgeliskreda. For de øvrige snøskredene ved Eitrheim er skog ikke inkludert, da skredet er tolket å i stor grad følge elveløpet.

## 6.2.2 Input

I denne modelleringen er det undersøkt to metoder for å inkludere skog. Både som shapefil (enten skog eller ingen skog) etter standard metode i RAMMS, og med raster (forskjellig verdier for forskjellig skogtykkelse). Dette betyr at i områder med tynn skog, vil metoden som bruker shapefil være den mest konservative. I området med tykk skog, vil derimot metoden med shape-skogfil bremse skredet for lite sammenlignet med metoden som bruker raster input. Det ble besluttet å bruke den mest nøyaktige inkluderingen av skogdata, som betyr raster ved Kalvaneset. Ved Eitrheim er det kun brukt shapefiler for inkludering av skog, da skog uansett har lite betydning for bebygde



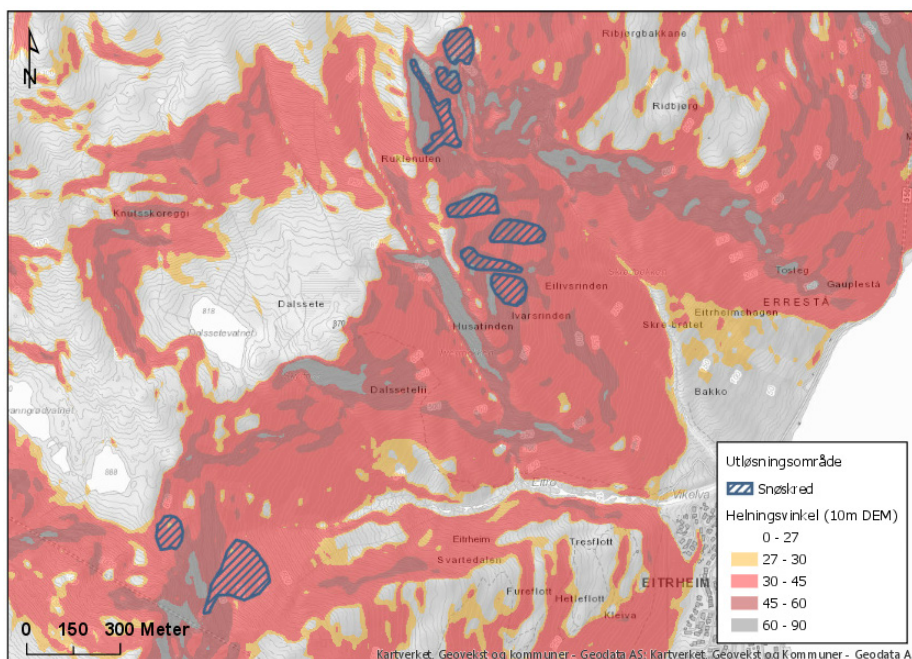
områder, og nøyaktigheten ikke er like avgjørende. Den delen av skredet som følger bekkeløpet ved Eitrheim har mest betydning for bebyggelsen, og her er skog lite aktuelt.

Løsneområdene er kartlagt ved hjelp av helningskart, bilder fra felt og flyfoto. Typiske løsneområder omfatter partier der helningen er mellom 30 og 45 grader. De største løsneområdene har store partier der helningen ligger jevnt mellom disse. Løsneområder inkludert i simuleringen er presentert i Figurene 6-2 og 6-3. Bruddhøyde er satt til 1,1 meter for samtlige områder, og reduksjon i arealet på løsneområdet gir endringen i størrelse. Unntaket er det store løsneområdet for Klungersetskreda, Her er samme løsneområde brukt for både 1/1000 og 1/5000 men bruddhøyden er redigert til hhv 0,5 meter og 1,1 meter.

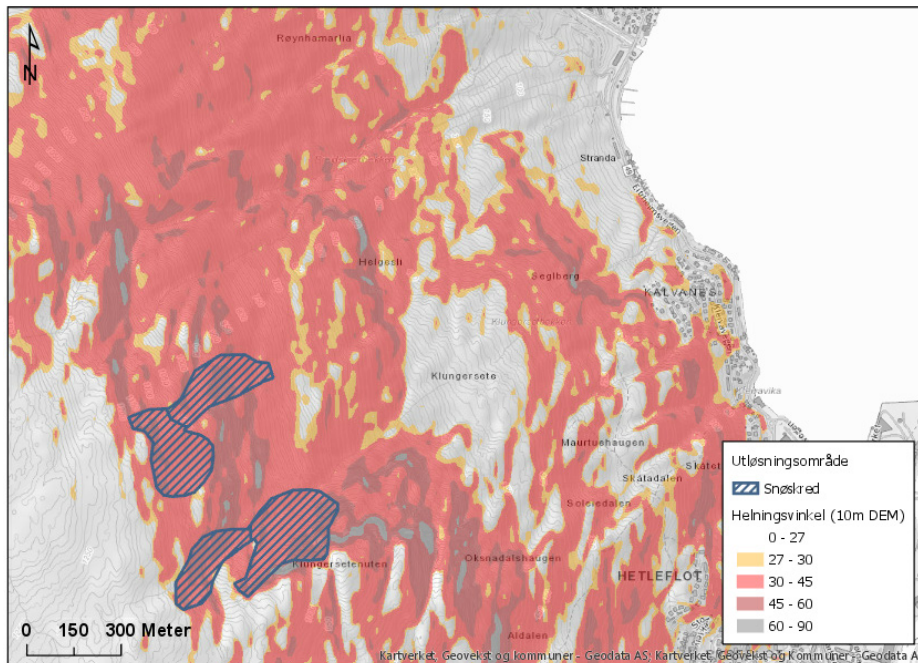
Bruddhøyde for snøskredmodellering er delvis basert på returverdier fra SeNorge for aktuelt løsneområde. Basert på vurderinger av faktorene klima, eksposisjon, tilfangsområder for snø og lokal topografi er verdier for bruddhøyde valgt som rundt 110 cm. Skredvolum er avgjørende for modelleringsresultatene, og valgt bruddhøyde må ses i sammenheng med valgt areal for utløsningsområde.

Det er testet ut flere forskjellige størrelser på løsneområdene og bruddhøyder for å komme frem til et 1/1000 scenario og et 1/5000 scenario. Det antas at for et scenario med 1/5000 årlig sannsynlighet vil store sammenhengende løsneområder løses ut samtidig, mens for 1/1000 er løsneområdene mer begrenset i utstrekning.

Følgende løsneområder er brukt i simuleringene ved Eitrheim (Figur 6-1) og Kalvanes (Figur 6-2).



Figur 6-2. Løsneområder for snøskred ved Eitrheim.



Figur 6-3. Løsneområder Kalvanes

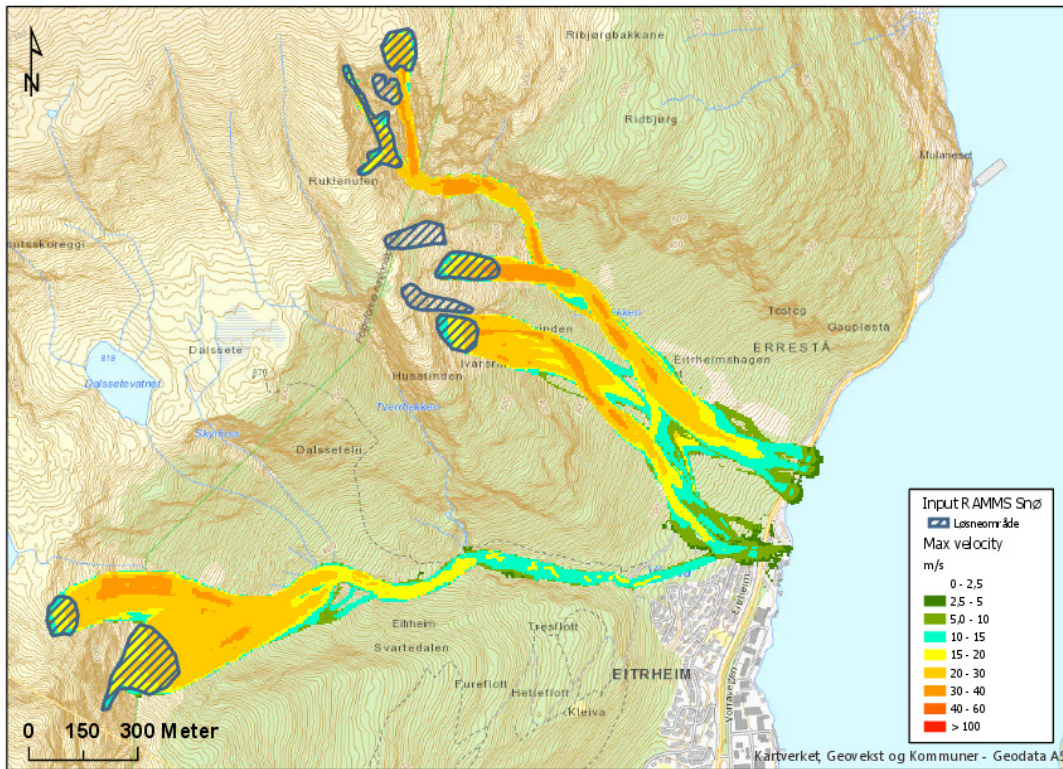
### 6.2.3 Resultater Eitrheim

Ved Eitrheim er det tre aktuelle snøskredområder, alle sammensatt av flere potensielle løsneområder. Som tidligere nevnt er ikke skog ansett som en avgjørende faktor for utløpene. Det sørligste skredet (langs Eitrheimselva) er ansett som det minst problematiske, hovedsakelig fordi det følger elveløpet hele veien. Sørligste skred er kun simulert med 1/5000 verdier (da heller ikke dette ga overløp).

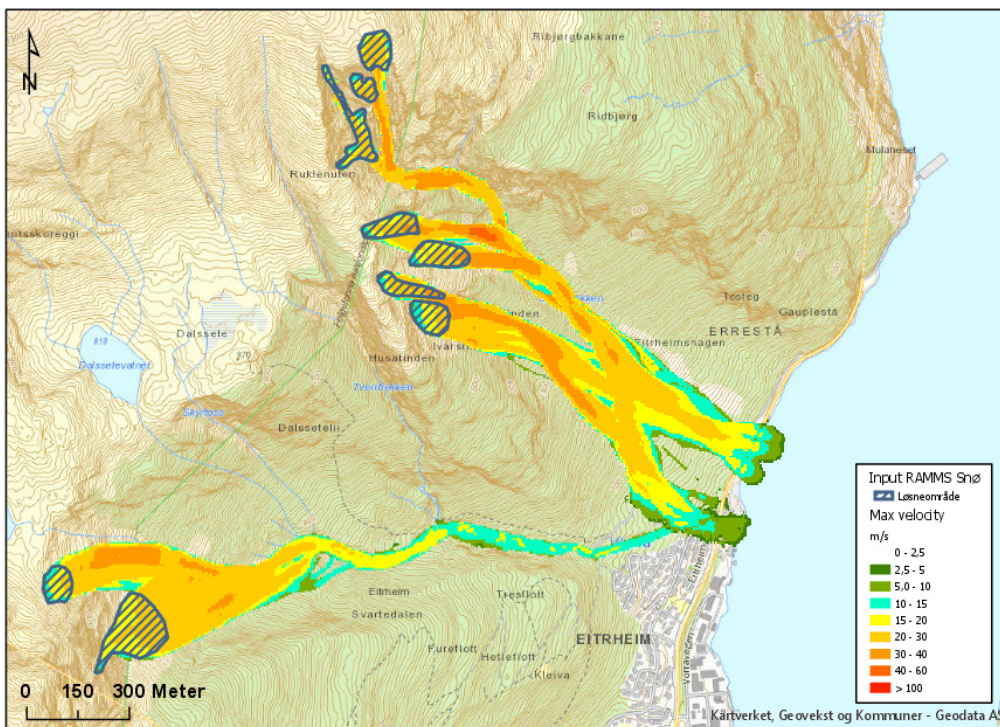
De nordligste løsneområdene ved Ruklenuten følger skredbekken frem til ca. kote 300, der skredet deles og en betydelig andel skredmasser overløper og fortsetter ned skråningen. Slike overløp ble også observert i felt (snøskredskadet skog), i tilsvarende område som modellen viser. De observerte overløpene i felt stoppet i skogen ca. 50 – 100 meter under skredbekken.

Løsneområdene som gir skred fra Husatinden (det midte skredområdet) følger delvis bekkeløpet, men en stor andel går også over. Hovedsakelig er det de øvre løsneområdene som går over, også på ca kote 300, samme sted som skredene fra Ruklenuten. Der skredbekken møter Eitrheimselva, viser modellen potensial for at både 1/1000 og 1/5000 skred kan hoppe ut av elveløpet.





Figur 6-4. Aktuelle snøskred ved Eitrheim. Scenario 1/1000 (uten skog).



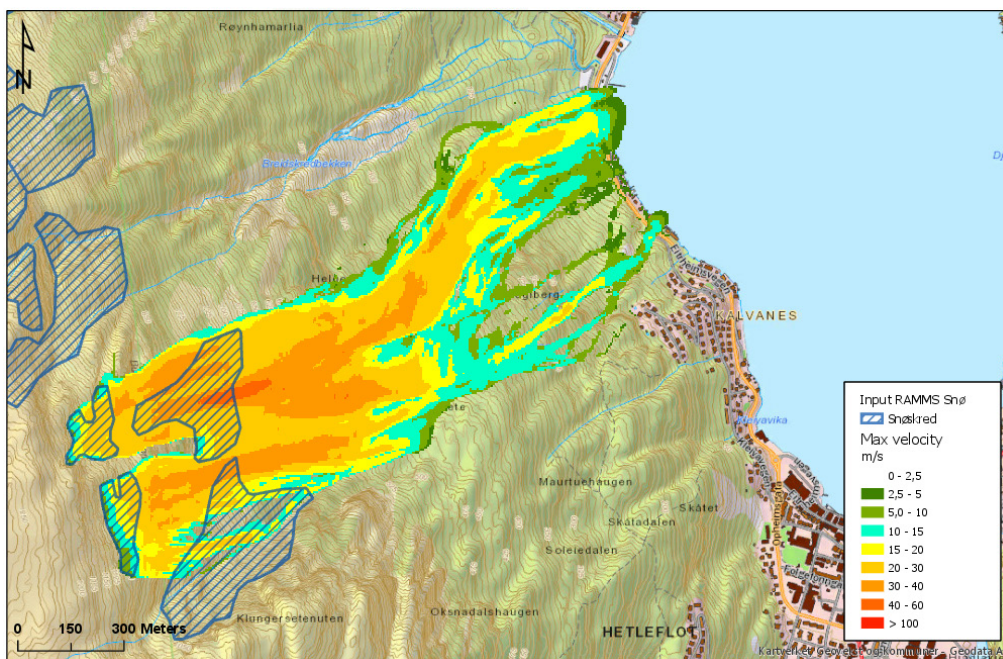
Figur 6-5. Aktuelle snøskred ved Eitrheim. Scenario 1/5000 (uten skog).



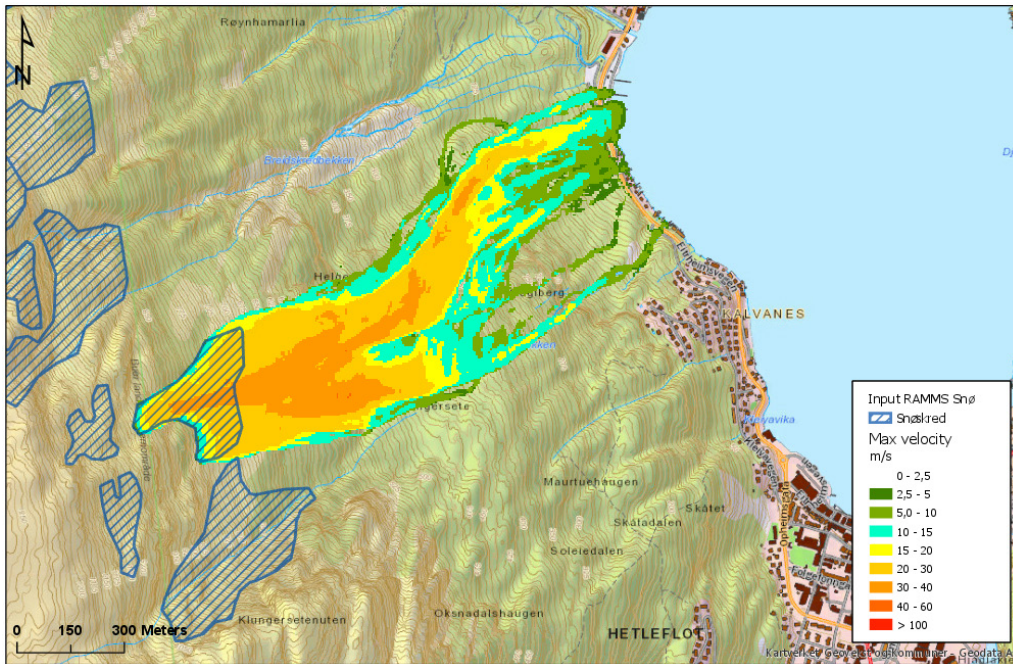
## 6.2.4 Resultater Kalvanes

Ved Kalvanes er det to aktuelle snøskredområder som er modellert. Området inkluderer flere potensielle løснеområder. Helgeliskreda er den nordligste skredbanen, og består av tre definerte løснеområder. Kun det største er inkludert i 1/1000 scenarioet, mens for 1/5000 er alle tre inkludert (Figur 6-6 og Figur 6-7). I hovedsak følger snømassene forsenkninger i terrenget, og når ikke bebyggelsen på Kalvanes.

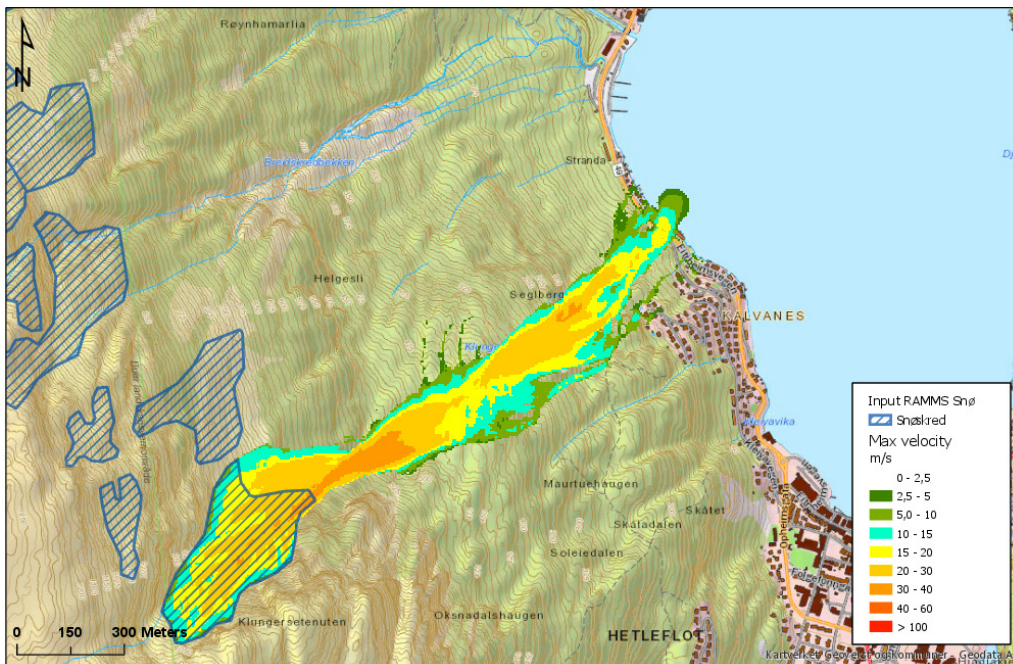
Det sørligste skredet (Klungersetskreda) har historisk vært det mest kritiske, og har store områder med jevn bratt helning. Betongveggen ved Kalvanes er inkludert som en omtrent 10 meter høy vegg i modellen. Det er stor usikkerhet til hvor god modellen er til å inkludere sikringstiltak. For 1/1000 års scenarioet ledes massene unna bebyggelsen, men for 1/5000 er effekten mer usikker. Massene ledes av vollen ned mot fjorden, men nedenfor denne, på høyde med den øvre halvdel av bebyggelsen på Kalvanes, viser modellen at massene kan brer seg sør-østover og inn i boligfeltet.



Figur 6-6. Helgeliskreda 1/5000 scenario (med skog)

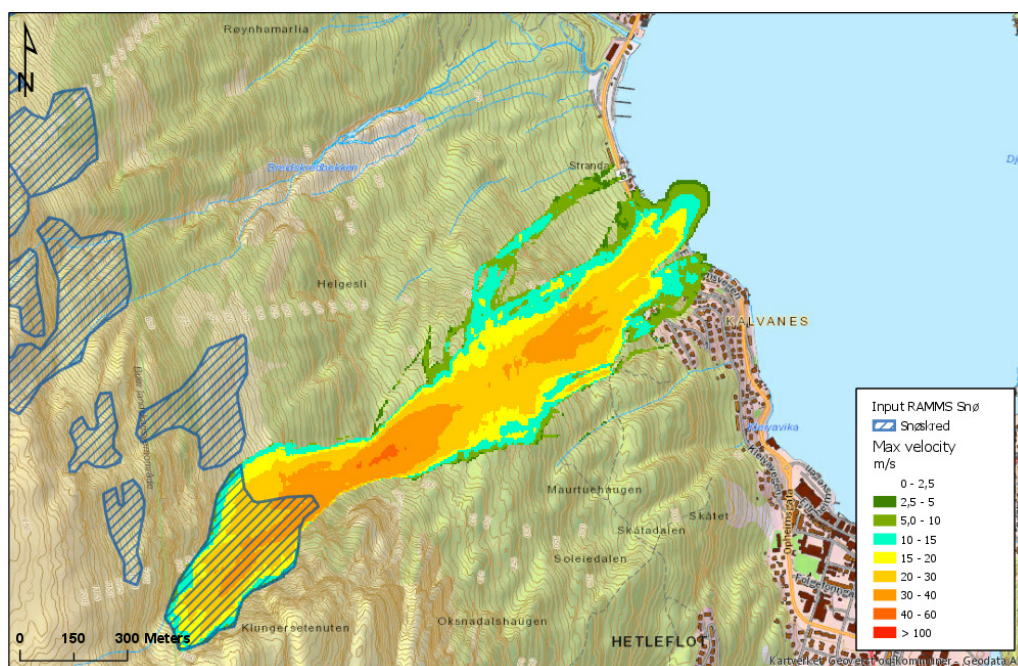


Figur 6-7. Helgeliskreda 1/1000 scenario (med skog).



Figur 6-8. Klungersetskreda, 1/1000 scenario (med skog og sikringstiltak).





Figur 6-9. Klungersetskreda, 1/5000 scenario (med skog og sikringstiltak).

## 6.3 Steinsprang

### 6.3.1 Generelt

Som en støtte i vurderingen av steinsprang har NGI modellert steinsprang med programverktøyet RAMMS Rockfall (RAMMS:Rockfall User Manual v1.6).

RAMMS: Rockfall er et program for simulering av steinsprang. Modellen ble tilgjengelig i april 2015, og er utviklet av SLF (WSL – Institute for Snow and Avalanche Research SLF) i samarbeid med ETH ([Eidgenössische Technische Hochschule Zürich](https://www.ethz.ch/en/home.html)). Programmet bruker en hard-contact, rigid-body tilnærming, og baserer seg på blokk/bakke interaksjon med friksjonsparametere som påvirker blokkens overflate. Her vil hard-contact, rigid-body fremstillingen påføre bremsende krefter på blokkens kanter og hjørner. Blokkens form vil derfor bli tatt hensyn til i blokk/bakke interaksjonen.

Et komplekst terreng modelleres ved å bruke en digital terrengmodell med høy oppløsning. Minste anbefalte oppløsning er satt til 5 m. Det er mulig å kjøre simuleringer med grovere terrengmodell en dette også, men resultatene vil ikke bli like nøyaktige som ved en mer detaljert høydemodell. Der en 1-5meter DEM ikke er tilgjengelig, bør det tas høyde for at viktige terrengformasjoner ikke blir korrekt representert i modellen.

Den naturlige variasjonen i slett defineres automatisk basert på blokkform og orientering ved kontakt. Detaljerte beskrivelser av modellens oppbygning finnes i brukermanualen (Ramms rockfall usermanual v1.6). Ruhet og hardhet på terrenget



inkluderes i modellen ved å kartlegge de forskjellige terrenotypene ut fra feltobservasjoner, hellingskart eller flybilder.

Terrengkategoriene er:

- ↗ Extra soft
- ↗ Soft
- ↗ Medium soft
- ↗ Medium
- ↗ Medium hard
- ↗ Hard
- ↗ Extra hard
- ↗ Snow

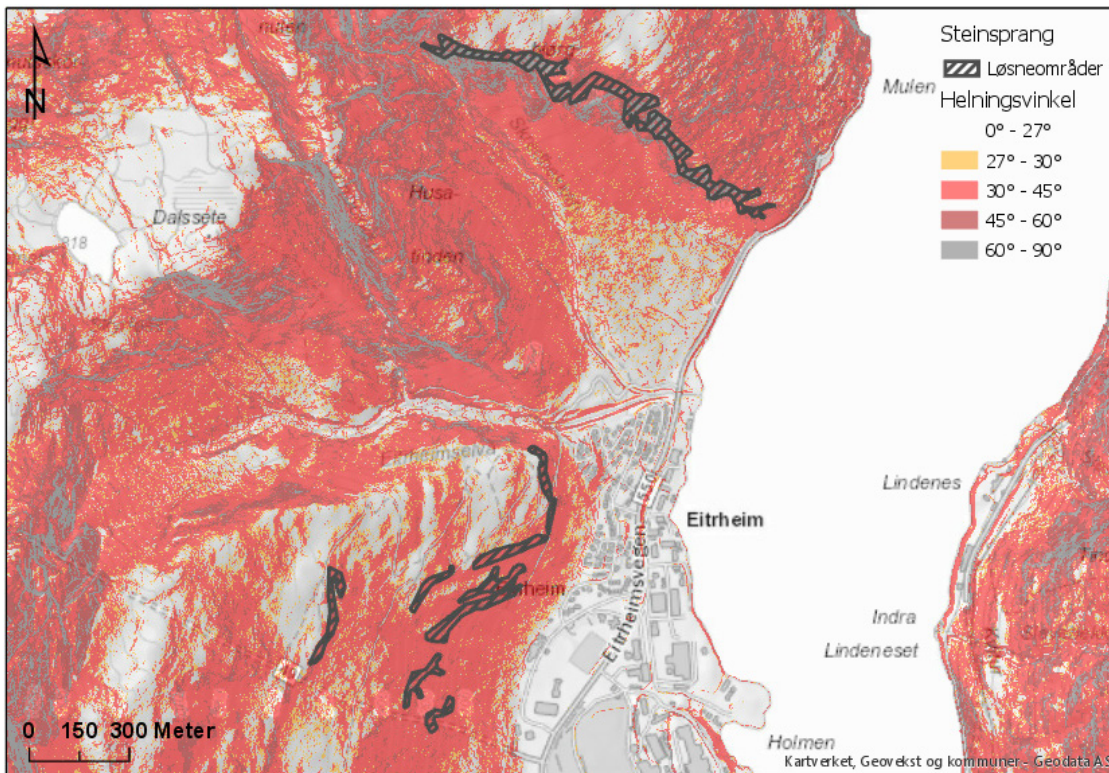
Blokkene i modellen kan defineres realistisk ved bruk av verktøyet "*real rock geometries*" som er blokkformer samlet inn ved å laserskane blokker i felt. Disse blokkene eksisterer i modellen, og volumet kan endres av brukeren. Blokkene i programmet blir ikke fragmentert, men vil bestå som hele blokker gjennom hele simuleringen. Modellen inkluderer også gyroskopiske krefter som er introdusert av rotasjon av blokkene. Dette gjør det mulig å modellere hjulblokker som kan ha et ekstremt langt utløp.

Løsneområdet defineres enten som punkt, linje eller polygon, i dette tilfellet polygon. Hva som er definert som løsneområdet baseres normalt på hellingsgrad i området. Generelt er helning over 45 grader ansett som potensielt løsneområde for steinsprang. Det er store potensielle løsneområder i nordlige del av Eitrheim (like ved tunnel-påhugget), samt noen mindre potensielle løsneområder i sørlig del (Figur 5-1). Ved Kalvanes ble det ikke vurdert som nødvendig med simulering av steinsprang, da snøskred er dimensjonerende faretype.

### 6.3.2 Input-parameter og oppsett

Generelt er input i modellen basert på observasjoner fra felt og eksisterende kartmateriale. Som grunnlag for kjøringene er det brukt en digital terrengmodell med 1 m oppløsning. Det er viktig å være klar over at regnemodeller ikke gir absolutte svar, og derfor er det fokusert på statistikken for flere tusen blokker, og lagt lite vekt på utløpet av enkeltblokker. Aktivitet kan også variere innenfor løsneområdet (dvs. hvor ofte steiner løsner i de forskjellige deler av fjellskrenten).

Det er sluppet ca. 11 000 blokker i simuleringen, hovedsakelig fra områder som er brattere enn 45°. Vegetasjon er identifisert på oppdaterte flyfoto og er inkludert som "tynn vegetasjon" som tilsvarer 20 m<sup>2</sup>/ha (stammediameter). Det er brukt kubiske blokker på 1 m<sup>3</sup> kubikk i simuleringen.



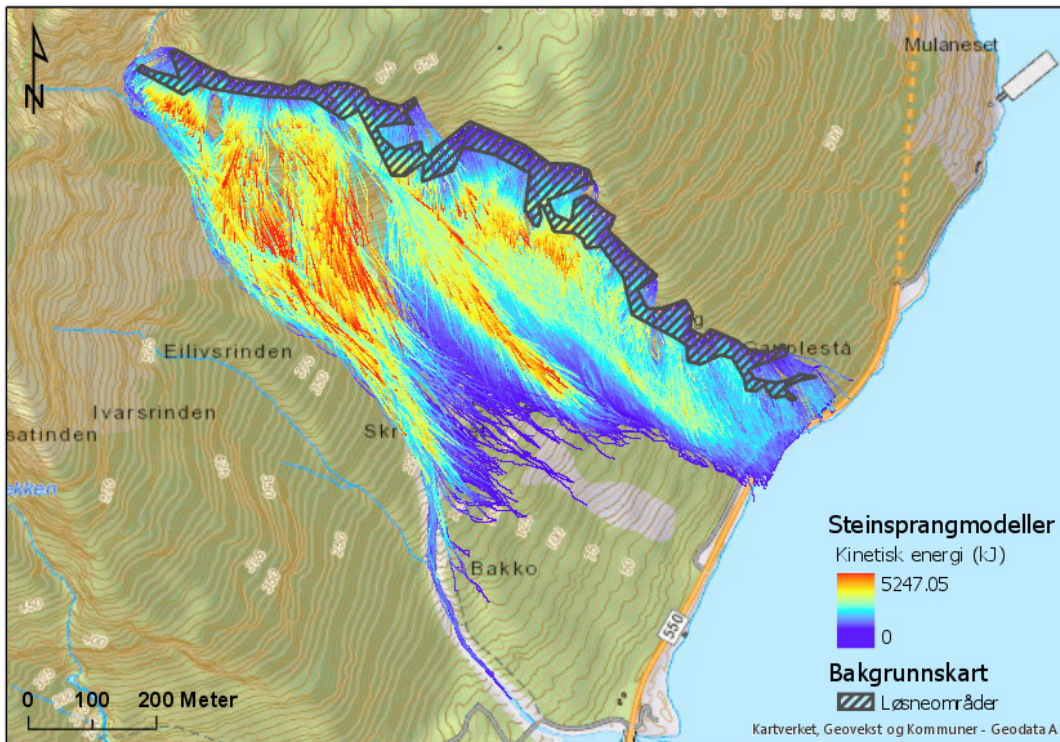
Figur 6-10. Løsneområder inkludert i steinsprangsimuleringen.

### 6.3.3 Resultater

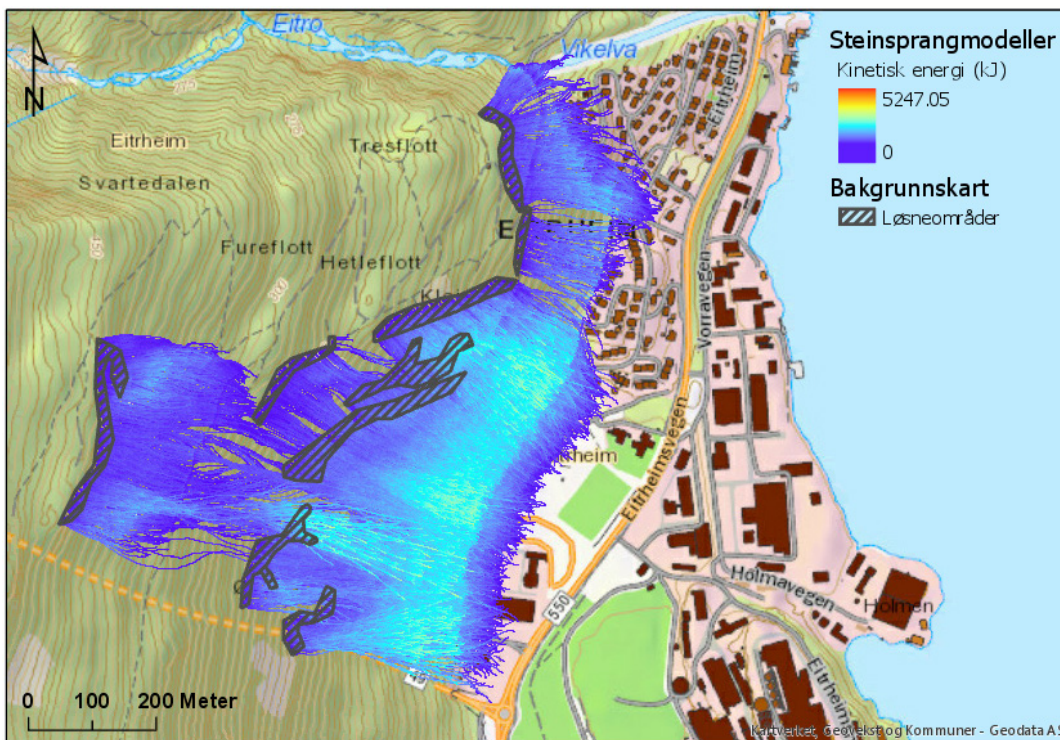
Simuleringsresultatene er vist i Figur 5-2 og Figur 5-3. Ved tunnelåpningen for avfallstunnelen går blokkene ned til vannet. I tillegg samles en stor del av utfallene i bekkeløpet til skredløpet, som bidrar til oppsamling av masse.

Ved den eksisterende steinsprangvollen blir blokkene tydelig bremset opp, og sannsynligheten for passering er lav. For hele området i Figur 5-3, er det en tydelig oppbremsing av blokkene i modellen når de når flata i bunnen av skråningen. Simuleringen viser at blokker potensielt kan nå et stykke ut på flata (med unntak av området sikret med voll), men dette må vurderes i sammenheng med den faktiske utfalls-sannsynligheten.





Figur 6-11. Steinsprang beregninger nordre del av Eitheim.



Figur 6-12. Steinsprang beregninger i sørlige del av Eitheim.



## 7 Skredfarevurdering

På bakgrunn av de historiske hendelsene og simuleringene av skredutbredelsen har vi angitt faresoner for skred med årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000 på kart nr. 01 og 02 i Vedlegg A. Faresonene er vurdert ut fra dagens vegetasjonsforhold, og vi har antatt at betongmurene tåler belastningen fra skred.

Basert på simuleringresultatene kjørt uten skog har vi også angitt faresoner uten skog, og disse er vist i Vedlegg A, kart nr.05 og 06.

I det følgende har vi kort beskrevet skredfaren for de ulike skredtypene som er relevante.

### 7.1 Snøskred

#### 7.1.1 Kalvanes

**Klungeretskreda** er dimensjonerende for utbredelsen av faresoner på Kalvanes. Ut fra skredhistorikk, observasjoner gjort under befaringen og skredsimuleringer mener vi at snøskred med årlig sannsynlighet 1/1000 kan nå fjorden der det ligger flere naust. Skred med årlig sannsynlighet 1/100 kan nå ned til veien.

Fronten av skredet i 1993 kom ned som et tørrsnøskred med snøsky, mens halen av skredet besto av våte skredmasser som fortsatte å renne i flere minutter. Skredmassene fylte opp forsenkninger og begynte å ta uvante retninger ut på sidene av hovedløpet.

Etter skredulykken ble det etablert to vegger av betong som hadde til hensikt å sikre bebyggelsen på Kalvanes, og vi vurderer at disse murene er høye nok til å hindre at snøskred når bebyggelsen.

Vi er derimot usikre på hvorvidt skredmassene kan gå inn i boligfeltet nedenfor murene. Store skred med våte skredmasser kan muligens avlagre så store masser at forsenkningen nord for bebyggelsen der hovedandelen av skredmassene kommer ned fylles med snø med mulighet for overløp. Også simuleringene antyder at dette er mulig, og vi vurderer at den årlige sannsynligheten for en slik hendelse er større enn 1/1000. Vi har derfor angitt at faresonene 1/1000 og 1/5000 går inn i nordlige delen av boligfeltet.

Vi har utvidet det undersøkte området mot sør slik at det overlapper kartleggingsområdet fra kartleggingen utført for NVE. Faresonene er delvis endret i forhold til tidligere grenser, og dette begrunner vi med at vi har en mer detaljert oppløsning på terrengmodellen. Samtidig har vi også lengre erfaring med bruk av beregningsprogrammet RAMMS benyttet i simuleringene.

**Helgeliskreda** og **Breiskreda** bestemmer faresonene videre nordover mot Tokheimselva. Helgeliskreda har aldri vært observert helt ned mot veien, først og fremst på grunn av at utløsningsområdene har begrenset størrelse. Ut fra simuleringene mener

vi at skred med årlig sannsynlighet 1/1000 kan nå ned til Fv49. Breiskreda kan bli stort, og både skredhistorikk og simuleringer indikerer at snøskred faresonen 1/1000 går ned til fjorden langs denne skredbanen. langs denne banen kan nå fjorden.

## 7.1.2 Eitrheim

**Juvaskreda** følger løpet til Eitrheimselva, og selv om skredene kan bli store vil de tappes for energi på sin vei ned mot fjorden pga. av flere innsnevringar og svinger i det relativt trange elvegjelet. Etter skredhendelsen i 1993 ble det anlagt en ledevoll langs sørsida av elva for å sikre boligfeltet, og vi vurderer at skredmasser vil bli holdt på plass av vollen. Vi utelukker ikke at deler av snøskya kan gå inn i boligfeltet, men kraften vil neppe være stor nok til å påføre skader på husene.

Snøskred kan også bli utløst fra forsenkninger langs ryggen som går i sørlig retning ut fra Ruklenuten. Skredmassene blir for en stor del fanget opp i løpet til **Skredbekken**, og skredmassene vil kunne følge løpet ned mot samløpet med Eitrheimselva. Vi anser det lite sannsynlig at disse skredene truer bebyggelsen på Eitrheim. En av banene har retning på skrå av bekkeløpet, og skredmasser vil kunne få retning ned lia på nordsida av Eitrheimselva som blir verifisert av observasjoner av skader på vegetasjonen. Faresonen 1/1000 er vurdert til kunne komme helt ned på Fv550.

## 7.2 Steinsprang

### 7.2.1 Eitrheim sør for Eitrheimselva

Steinsprang er dimensjonerende for faresonen på strekningen fra tunnelåpningen for Folgefonntunnelen og til vollen som går sør for Eitrheimselva. Det ligger en mer eller mindre sammenhengende ur ovenfor bebyggelsen. Det ble ikke observert spor etter ferske utfall i nedre del av urmassene, og det er heller ikke åpenbare ustabile skrentpartiene ovenfor ura. Vi anser derfor utfallshyppigheten til steinsprang å være lav på hele strekningen.

Det er etablert en sikringsvoll ovenfor sentrale deler av bebyggelsen, og dette indikerer at det har vært hendelser med stein ned mot bebyggelsen. I den nasjonale skredtabasen er det beskrevet to hendelser med steinsprang, hhv. 15. juli og 11. november 1953:

- I følge NGI-rapport frå 1953, skal det sommaren 1953 ha gått eit steinsprang på Eitheim, forbi ura og stoppa nokon meter frå nokon arbeidsbrakkar som sto nær ura. Det er ikkje kart med i rapporten, så det er litt uklart kor brakkan har stått.
- i følge NGI-rapport frå 1953, skal det ha gått eit steinsprang den 11. nov. 1953, men det er nemnd som ubetydeleg, og har truleg stoppa i ura.

Disse hendelsene viser at det kan forekomme utfall, selv om dette antas å være sjeldne hendelser. Vi vil anslå at det går nærmere hundre år mellom hver gang det forekommer steinsprang med utløp ned mot urfoten.

Sammenholdt med simuleringene av steinsprang og tidligere vurderinger av skredfaren utført av Sweco har vi stort sett lagt faresonen 1/100 ned til urfoten, mens faresonen 1/1000 stedvis går litt ut på flata utenfor urfoten lengst sør på Eitrheim og inkluderer her deler av industribebyggelsen. Vi vurderer at sikringsvollen fungerer effektivt for skred med årlig sannsynlighet 1/1000.

### 7.2.2 Eitrheim nord for Eitrheimselva

Det ligger et markert skrentparti med lengde rundt 1 km helt i nordenden av det kartlagte området på skrå ovenfor tunnelåpningen for avfallstunnelen. Dette skrentpartiet viste tydelige tegn etter ustabile partier der det må forventes hyppige utfall. Under befaringen ble det observert flere blokker av relativt nyere dato nedenfor store deler av denne skrenten, og vi vurderer at det skjer nærmest årlige utfall. Under befaringen fulgte vi ytre rekkevidde av skredblokker, og vi anser at dette representerer utbredelsen av faresonen 1/5000.

Sammenholdt med simuleringer av steinsprang vurderer vi at faresonen 1/100 går ut i fjorden i en horisontal avstand på rundt 100 m ut fra foten av skrenten. Faresonen 1/1000 går et sted omtrent midt i mellom de to faresonen 1/100 og 1/5000.

## 7.3 Flom- og sørpeskred

Disse faretypene beskrives som en faretype ettersom de begge blir utløst som følge av kraftig regn eventuelt i kombinasjon med sterk snøsmelting og at de oppfører seg nokså likt uavhengig av om skredmassene består av løsmasser eller snø og is. Dessuten vil ofte sørpeskred utvikle seg til flomskred etter hvert som skredet erodere mer og mer løsmasser nedover langs skredløpet.

Bebyggelsen på Eitrheim er først og fremst usatt for skred som kommer ned langs Skredbekken. Under befaringen ble det observert store mengder med løsmasser langs løpet som kan bli utsatt for erosjon og medrivning ved flom eller ved skredhendelser. Skredmassene har ved flere tilfeller nådd ned til og gjort skader på brua over Fv550. Også nedre del av sikringsvollen på sørsida av Eitrheimselva har blitt påført skader som følge av skred i Skredbekken.

Etter skredhendelsen i 1993 ble det utført omfattende sikringstiltak langs både Eitrheimselva og Skredbekken med utretting av løp, erosjonssikring av bunn og sider samt kanalisering og opplegging av voller med primær oppgave å hindre overløp av skredmasser mot bebyggelsen.

Løpet til Skredbekken har vesentlig mer eroderbare løsmasser enn Eitrheimselva, og vi vurderer derfor Skredbekken til å være dimensjonerende for faresonene mot bebyggelsen. Eitrheimselva har antageligvis et større skadepotensial fra snøskred.



Basert på observasjoner gjort under befaringen og simuleringer av skred vil faresonen 1/100 gå ned til fjorden i en smal sone langs løpet uten å påvirke bebyggelsen. Derimot kan skred som følger Skredbekken under spesielle værforhold delvis slå over sikringsvollen å treffe bolighuset nærmest og rett ovenfor Fv550 sør for elva, og i tillegg kan også noen naust nede ved fjorden bli påvirket.

## 7.4 Jordskred

Jordskred vurderes å være lite relevant for det kartlagte området.

## 8 Påvirkning av skog på faresonene

Vi har vurdert utbredelse av skog som kan påvirke utbredelsen av faresonene, og områdene er vist Vedlegg A på kart nr. 03 og 04. Det er først og fremst områdene på Kalvanes og nord på Eitrheim der skogen har en betydning for faresonene. For området sør på Eitrheim har skogen mindre betydning, og her er faresonene i liten grad påvirket av skogen. Faresoner uten skog er vist i Vedlegg A på kart nr. 05 og 06.

Skogen i de avmerkede områdene bør skjottes slik den opprettholder sin verneverdi. Dersom skog avvirket bør dette skje planmessig uten å ta ut for store arealer samtidig og unngå at det blir sammenhengende soner i terrengets fallretning. Det bør også plantes ny skog slik at disse arealene fortrest mulig blir bevokst igjen.

## 9 Referanser

Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. & Ådlandsvik B. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015.

Lussana C., Tveito O.E. & Uboldi F. (2016). seNorge v2.0: an observational gridded dataset of temperature for Norway. MET-report 14/2016.

Saloranta T. (2014). New version (v.1.1.1) of the seNorge snow model and snow maps for Norway. NVE Report 06/2014.

SLF (2016) RAMMS Manual Ver 1.4.1. Det sveitsiske institutt for snø- og snøskredforskning (WSL-SLF), Davos Dorf, Sveits.

## Disclaimer

Skredfarevurderingene gjelder så lenge vesentlige endringer i forutsetningene for vurderingene ikke forekommer. (Eksempler på vesentlige endringer er endringer i Plan og Bygningslovens krav, nye opplysninger om historiske eller nyere skred, endringer i klima, terreng eller vegetasjon, anlegg av ny infrastruktur, etc.). Oppdragsgiver må til enhver tid vurdere om forutsetningene er endret, for i så fall å få utført en revidert kartlegging.

# Vedlegg A

## KARTVEDLEGG

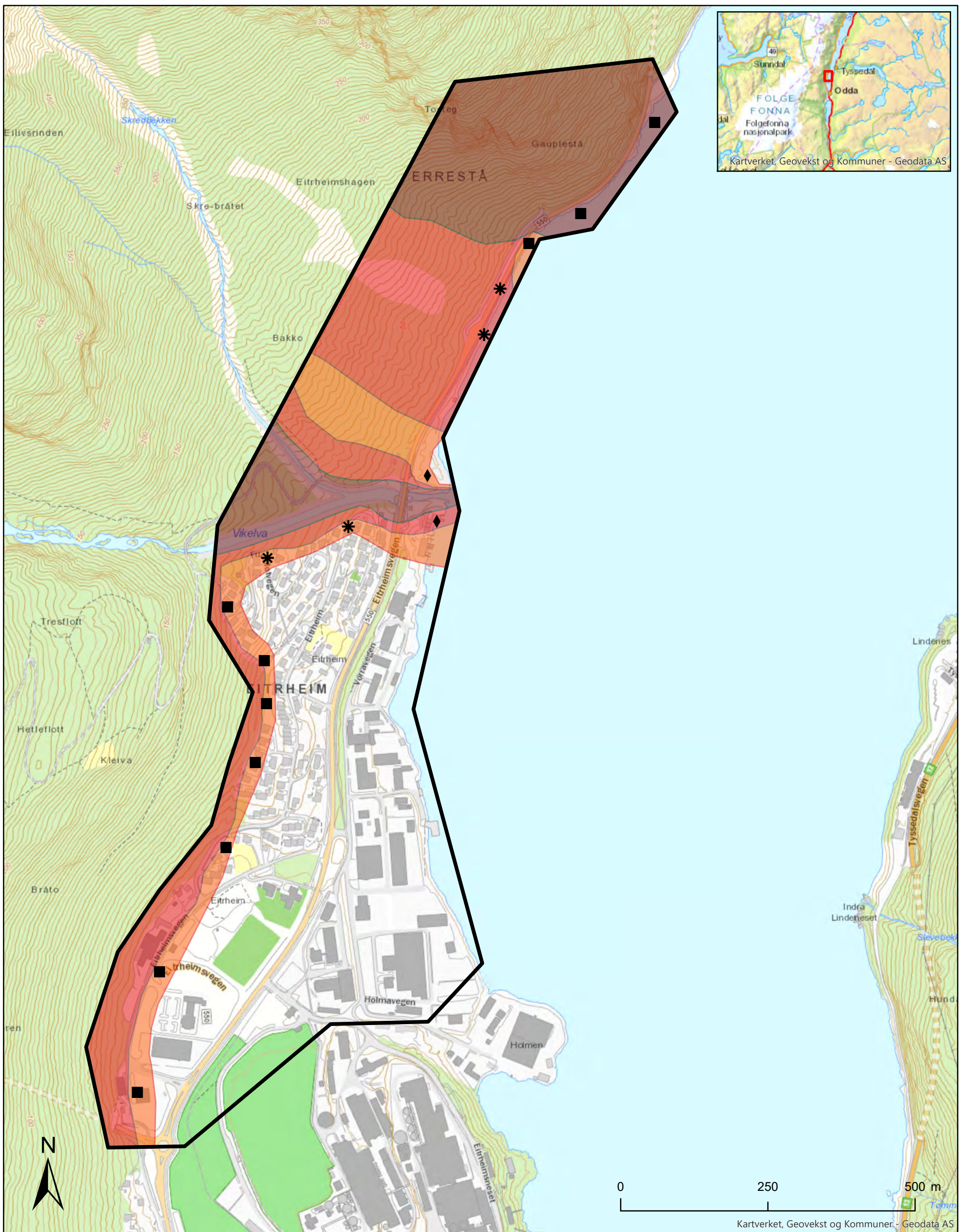
### Innhold

Kart nr. 01: Faresoner Eitrheim med skog  
Kart nr. 02: Faresoner Kalvanes med skog

Kart nr. 03: Skog på Eitrheim som påvirker faresonene  
Kart nr. 04: Skog på Kalvanes som påvirker faresonene

Kart nr. 05: Faresoner Eitrheim uten skog  
Kart nr. 06: Faresoner Kalvanes uten skog





Dimensjonerende faretype - felt

- \* Snøskred
- Steinsprang/steinskred
- ◆ Sørpeskred
- ▼ Jordskred
- ◆ Flomskred

Faresone

Nominell årlig sannsynlighet

- $\geq 1/5000$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/100$
- <all other values>

**Skredfarekartlegging**

Eitheim

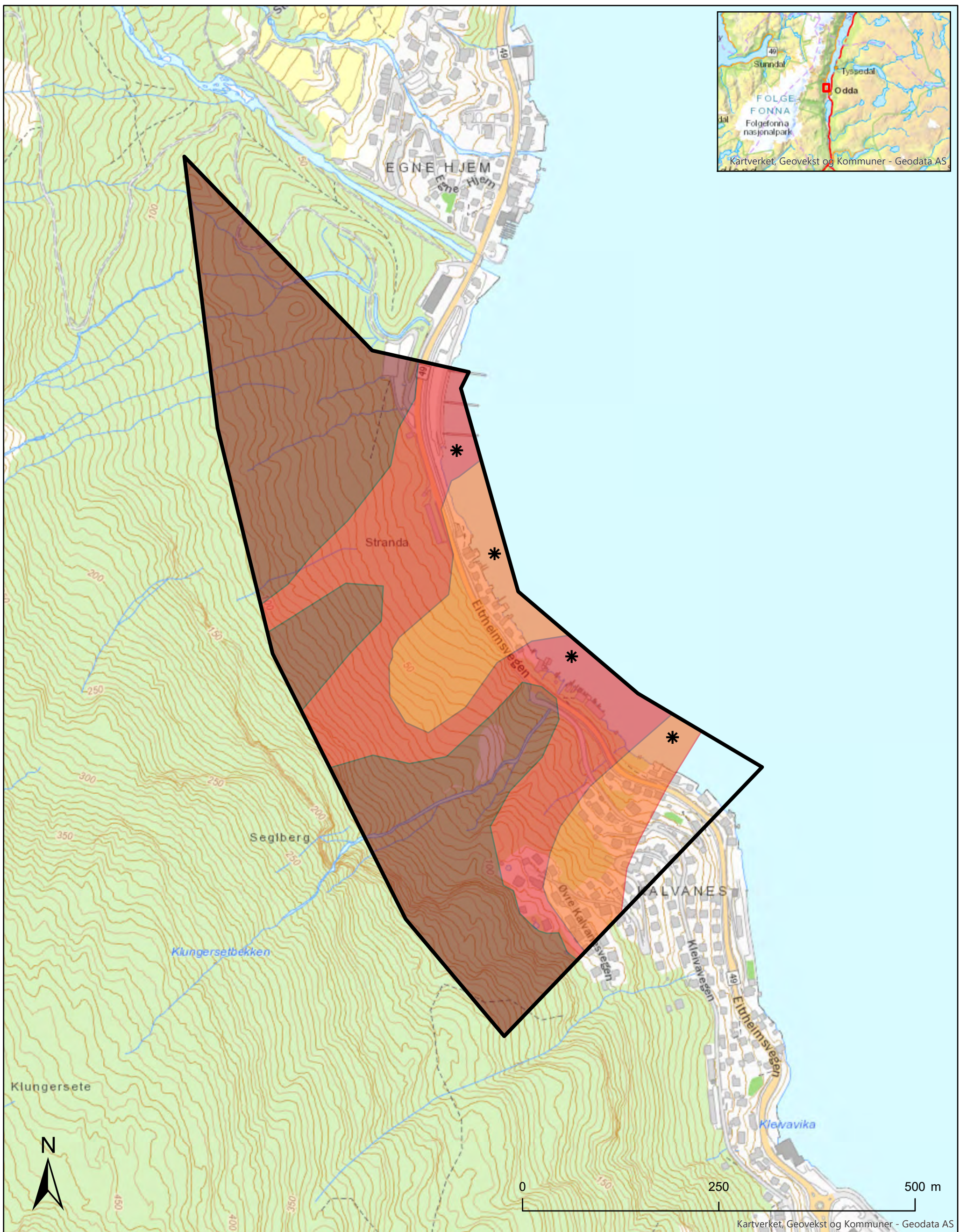
Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2019-12-16	FS	UD	FS
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:6 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190602	01	0	

**NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT**

Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO  
Sognsveien 72  
Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48  
www.ngi.no







Dimensjonerende faretype - felt

- \* Snøskred
- Steinsprang/steinskred
- ◆ Sørpeskred
- ▼ Jordskred
- ◆ Flomskred

Faresone

Nominell årlig sannsynlighet

- $\geq 1/5000$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/100$
- <all other values>

**Skredfarekartlegging**

Kalvanes

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2019-12-16	FS	UD	FS
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:4 500	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190602	02	0	

**NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT**  
 Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO  
 Sognsveien 72  
 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48  
 www.ngi.no







 Skog med betydning for faresoner

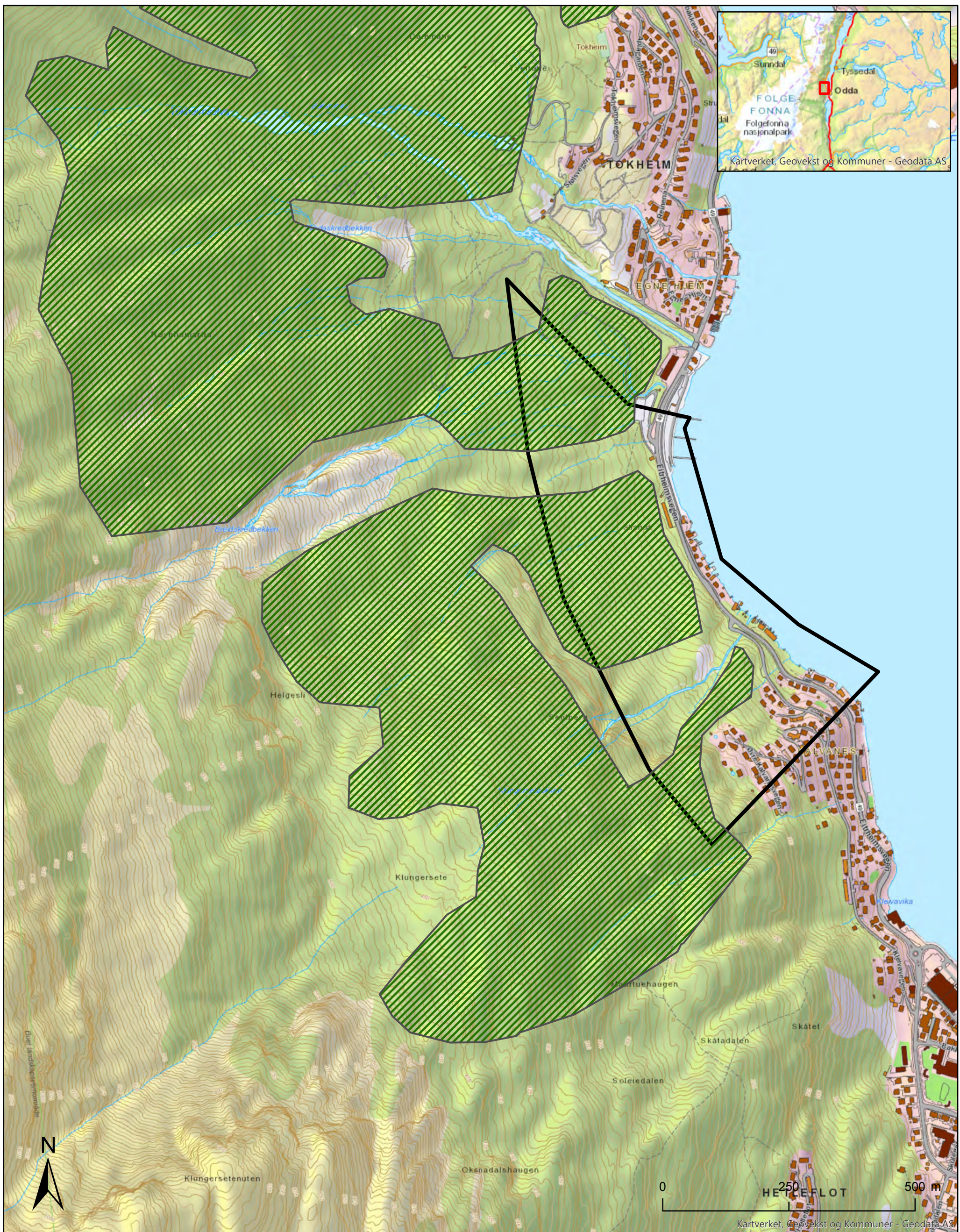
**Skog med betydning for faresoner**  
Eitheim

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2019-12-16	FS	UD	FS
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:7 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190602	05	0	

**NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT**  
Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO  
Sognsveien 72  
Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48  
www.ngi.no







 Skog med betydning for faresoner

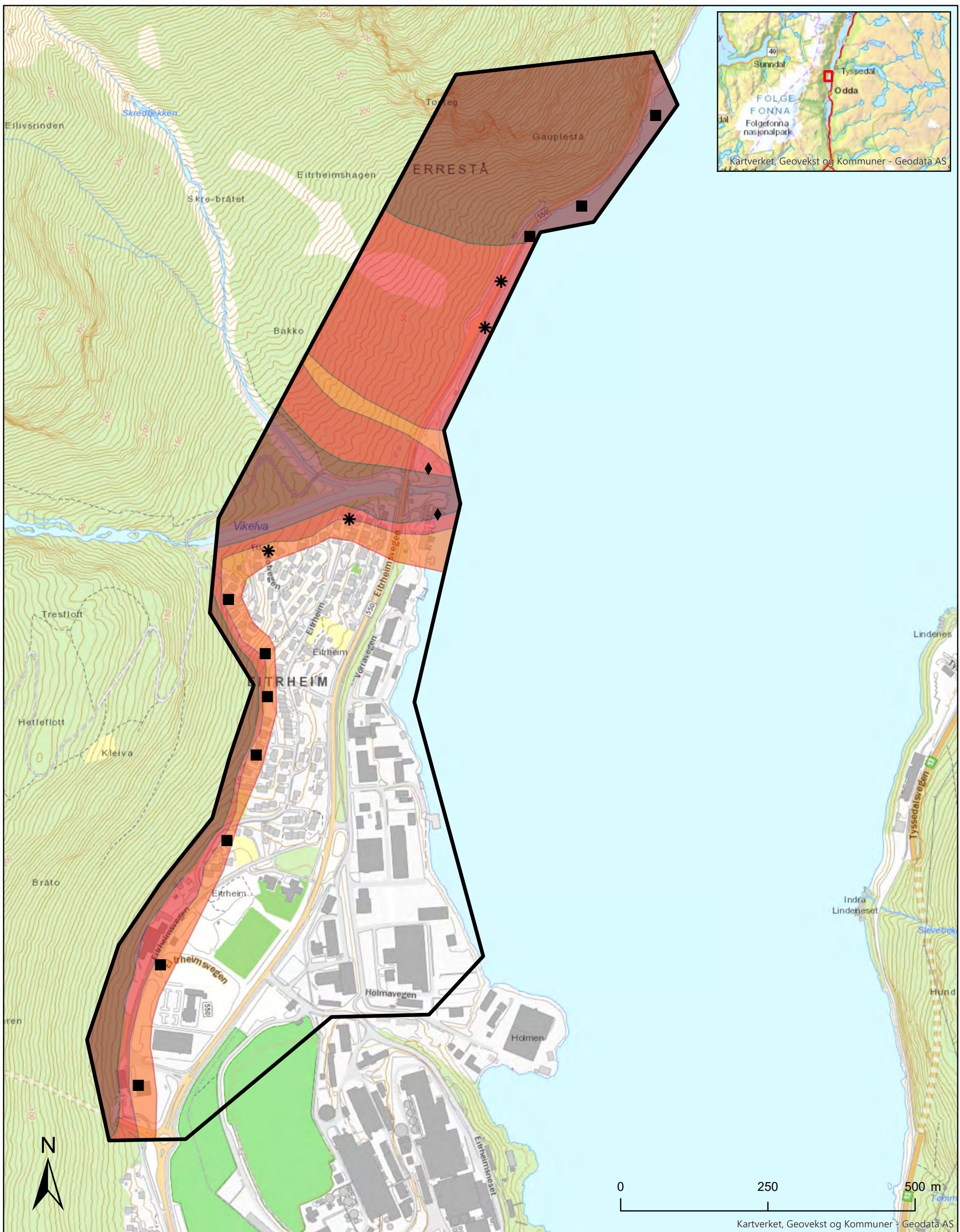
**Skog med betydning for faresoner**  
Kalvanes

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2019-12-16	FS	UD	FS
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:7 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190602	06	0	

**NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT**  
Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO  
Sognsveien 72  
Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48  
www.ngi.no





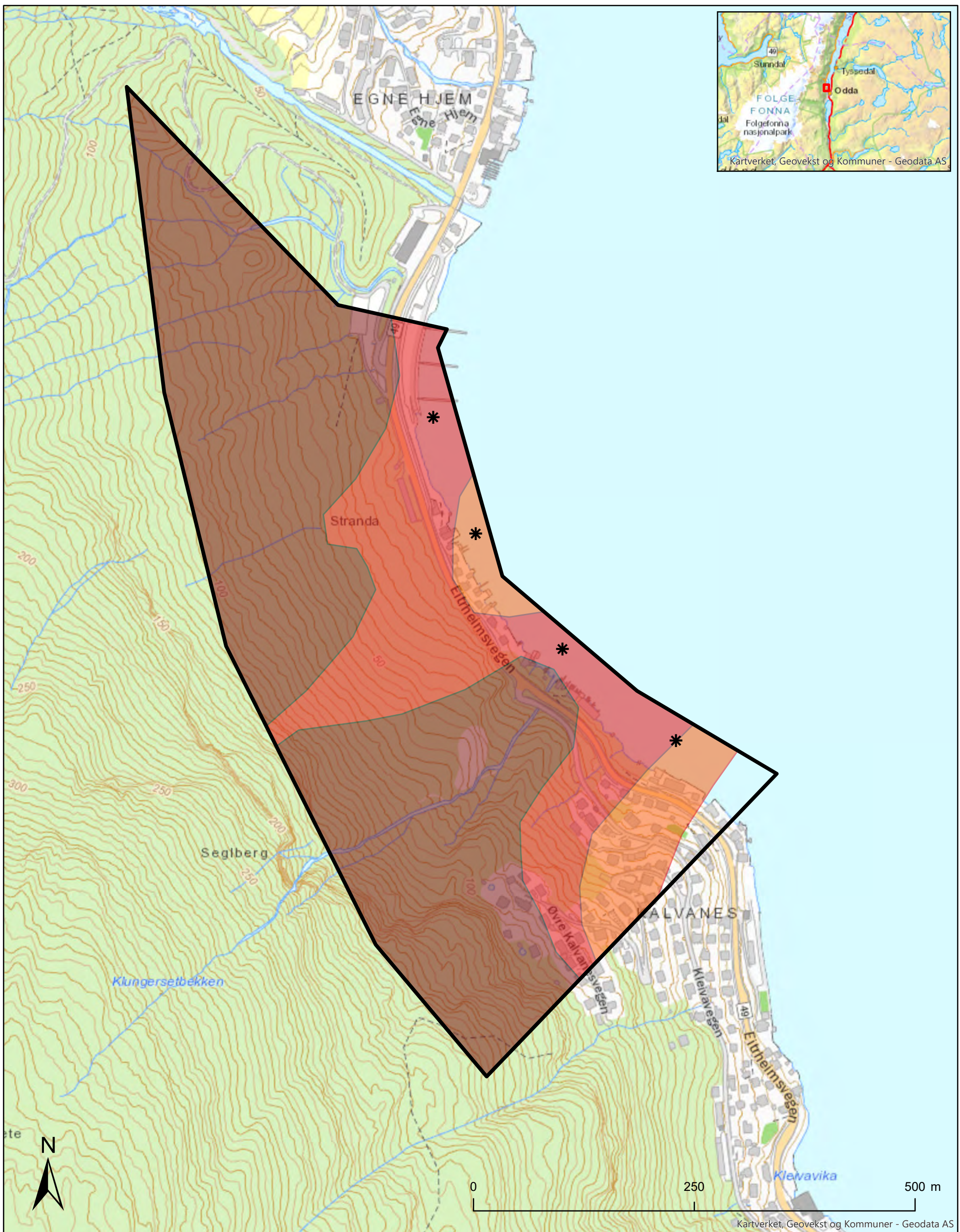


**Faresoner (uten skog)**  
**Nominell årlig sannsynlighet**

- $\geq 1/5000$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/100$
- <all other values>

<b>Faresoner uten skog</b>			
<b>Eitheim</b>			
Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2019-12-17	FS	UD	FS
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:6 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190602	03	0	
<b>NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT</b> Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48 www.ngi.no			
			<b>NGI</b>





**Faresoner (uten skog)**  
 Nominell årlig sannsynlighet

- $\geq 1/5000$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/100$
- <all other values>

Faresoner uten skog			
Kalvenes			
Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2019-12-17	FS	UD	FS
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A3 1:4 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190602	04	0	
<b>NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT</b> <small>Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO            Sognsveien 72            Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48            www.ngi.no</small>			



<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Skredfarekartlegging		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20190602-01-R
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport / Report	<b>Oppdragsgiver/Client</b> Odda kommune	<b>Dato/Date</b> 2019-12-18
<b>Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract</b> NGI		<b>Rev.nr.&amp;dato/Rev.no.&amp;date</b> 0 /
<b>Distribusjon/Distribution</b> BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
<b>Emneord/Keywords</b> Snøskred, flomskred, steinsprang, faresoner		

<b>Stedfesting/Geographical information</b>	
<b>Land, fylke/Country</b> Hordaland	<b>Havområde/Offshore area</b>
<b>Kommune/Municipality</b> Odda	<b>Felt navn/Field name</b>
<b>Sted/Location</b> Kalvanes og Eitrheim	<b>Sted/Location</b>
<b>Kartblad/Map</b>	<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone: Øst: Nord:	<b>Koordinater/Coordinates</b> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

<b>Dokumentkontroll/Document control</b>					
<b>Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001</b>					
<b>Rev/Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>	<b>Egenkontroll av/ Self review by:</b>	<b>Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:</b>	<b>Uavhengig kontroll av/ Independent review by:</b>	<b>Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:</b>
0	Originaldokument	2019-12-17 Frode Sandersen	2019-12-11 Ulrik Domaas		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 18. desember 2019	<b>Prosjektleder/Project Manager</b> Frode Sandersen
--	---------------------------------------	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)



