

Oppdragsgiver	Navn Eidfjord kommune	Kontaktperson Christine Louise Pettersen og Arne Bu
Oppdrag	Nummer og navn 21336 Eidfjord, Lægroid – Kartlegging av faresoner for skred, Opsjonsområde	Oppdragsleder Hans Georg Grue
Dokument	Nummer 21336-02-1 Utført av Hans G. Grue og Sondre Lunde	Dato 2022-01-07 Kontrollert av Sondre Lunde og Kalle Kronholm

Faresoner for skred

Sammendrag

Skred AS har utført en detaljert skredfarevurdering for ny reguleringsplan for et område som dekker store deler av Lægroid-flata i Eidfjord kommune. Området ble skredfarekartlagt av Multiconsult i 2015, og deler av området ble skredfarekartlagt av Skred AS i 2020. Bakgrunnen for at Eidfjord kommune ønsket ny skredfarekartlegging ifm. reguleringsplanen var at konklusjonene i de to nevnte rapportene var ulike. Dette spesielt knyttet til sekundærvirkninger av snøskred, skredvind.

Det er faresoner med årlig sannsynlighet større enn 1/100, 1/1000 og 1/5000 i området. Alle skredtyper som forekommer i bratt terreng er aktuelle i dalsiden, men det er snøskred og skredvind som er dimensjonerende for faresonene.

I de deler av kartleggingsområdet som er dekket av faresoner må det etableres sikringstiltak dersom det skal bygges i området. Aktuelle sikringstiltak kan være fysiske sikringstiltak for å stoppe de faste snøskredmassene før de når tiltakene eller dimensjonere bygninger til å tåle skredvindtrykket. Sistnevnte er spesielt aktuelt i områder der skredvind er dimensjonerende skredtype, slik som i større deler av kartleggingsområdet.

Dersom tiltak dimensjoneres mot skredvindtrykket, anbefaler Skred AS at utearealet faller i en sikkerhetsklasse lavere enn selve tiltaket. Dette da det vil være betydelig mindre personopphold her i forhold til inne i tiltaket.

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Mål	6
1.3	Befaring	6
1.4	Forbehold	6
2	Krav til sikkerhet	7
2.1	Lovverket	7
2.2	Skred	7
2.2.1	Aktuelle krav	8
2.2.2	Vurderte skredtyper	8
3	Beskrivelse av området	10
3.1	Topografi	10
3.2	Geologi	12
3.3	Vegetasjon	13
3.4	Registrerte skredhendelser	14
3.5	Tidligere rapporter	16
3.6	Aktsomhetsområder	17
3.7	Eksisterende skredsikringstiltak	17
3.8	Klimatiske trekk av betydning for skredfare	17
4	Vurdering av skredfare	18
4.1	Snøskred	18
4.1.1	Løsneområder for snøskred	18
4.1.2	Snøskredenes faste masser	21
4.1.3	Skredvind	23
4.2	Sørpeskred	26
4.3	Løsmasseskred	28
4.4	Skred i fast fjell (steinsprang og steinskred)	29
4.5	Faresoner for skred	31
5	Muligheter for å redusere faresonene eller bygge innenfor faresonene	35
5.1	Fysiske sikringstiltak mot faste snøskredmasser	35
5.2	Anbefalinger til en skredvindtilpasset prosjektering av bygninger	35
5.3	Redusere sikkerhetsklassen for uteareal	35
6	Konklusjon	36
7	Referanser	37

Figurer

Figur 1: Lokaliseringen av de vurderte områdene i Eidfjord..... 5

Figur 2: Terrenghelning i dalsiden ovenfor de vurderte områdene, samt sporlogger. 10

Figur 3: Avrenningsanalyse som viser mulige dreneringsveger i dalsida. Fargekodene angir antall kvadratmeter som drenerer til den enkelte gridcelle på 1m x 1m.	12
Figur 4: Flybilde av området tatt våren 2020 (Kartverket, 2021), som viser snøskredmasser i utløpet av de fleste renne- og gjelformasjonene i området. Snømassene langs Middagsgjeili er sannsynligvis sørpeskredmasser.....	14
Figur 5: Registrerte skredhendelser i NVE Atlas (NVE, 2021), fra informanter og andre kilder. Skredhendelser markert i blått er alle snøskred, men ved Middagsgjeili er det sørpeskred og jordskred som har dominert i historisk tid, samt mindre snøskred. Tallene refererer til beskrivelsen ovenfor, som er hentet fra hendelsene registrert i NVE Atlas.	16
Figur 6: Registreringskart som oppsummerer flere av elementene av størst betydning for skredfarevurderingen. Et transparent skyggekart fra terrengmodellen med 1 m x 1 m celler er brukt som bakgrunn sammen med topografisk kart. Symbologien i registreringskartet har samme oppbygning som tidligere rapporter fra Skred AS i dette området, slik at det ikke skal skapes forvirring med ny symbolbruk iht. ny skredveileder fra NVE.	18
Figur 7: Bilde (februar 2021) tatt fra Hæreidterrassen mot vest som viser de mest aktuelle løснеområdene for snøskred i den nord-østre delen av dalsida nordvest for Middagsgjeili. Bokstavmerkingen samsvarer med merkingen i figur 6. Kartleggingsområdet er omtrentlig markert i rødt.	19
Figur 8: Bilde (desember 2021) av Middagsgila og tilgrensende dalsider tatt mot SV. Mulige løśnieområder for snøskred er merket i gult. Bokstavmerkingen samsvarer med merkingen i figur 6 og figur 7.	20
Figur 9: Utløsningsområder for snøskred og eksempel på beregnet skredutbredelse og trykk for snøskredets faste masser fra løśnieområde A og D, samt løøgneområder lengre nord som viste seg å ha utløp like nord for kartleggingsområdet.	23
Figur 10: Et eksempel på en skredvindsimulering i kartleggingsområdet.	25
Figur 11: Et eksempel på en simulering av sørpeskred med årlig sannsynlighet på 1/1000. Simuleringene fra de to løøgneområdene lengst mot nordvest er overestimert i så vidt bratt terreng og tilsvarer trolig skredhendelser med lavere årlig sannsynlighet enn 1/5000. Bruddkanthøyden er 2 m og friksjonsparameterne er satt iht. NVE (2020) for sørpeskred med årlig sannsynlighet 1/1000 ($M_y = 0,05$ og $K_{si} = 3000 \text{ m/s}^2$), og løøgneområdenes utstrekning er påført figuren. Justert for helning blir utløst volum i Middagsgila dermed 13000 m^3	27
Figur 12: Skjermdump fra NGU sin INSAR hjemmeside (https://insar.ngu.no/), som viser endring i mm per år.	30
Figur 13: Eksempel på beregnet utløp for steinsprang som viser hvor blokker blir avsatt etter at 100 blokker er utløst fra hver celle på 2 m x 2 m av dalsida som er brattere enn 52 grader (rektangulære blokker på 27 m^3).	31
Figur 14: Faresoner for skred i bratt terreng med årlig sannsynlighet på 1/100. De faste snøskredmassene er vist med heldekkende farge, mens skredvind er vist med rutet skravur.	33

Figur 15: Faresoner for skred i bratt terreng med årlig sannsynlighet på 1/1000. De faste snøskredmassene er vist med heldekkende farge, mens skredvind er vist med rutet skravur.	33
Figur 16: Faresoner for skred i bratt terreng med årlig sannsynlighet på 1/5000. De faste snøskredmassene er vist med heldekkende farge, mens skredvind er vist med rutet skravur.	34

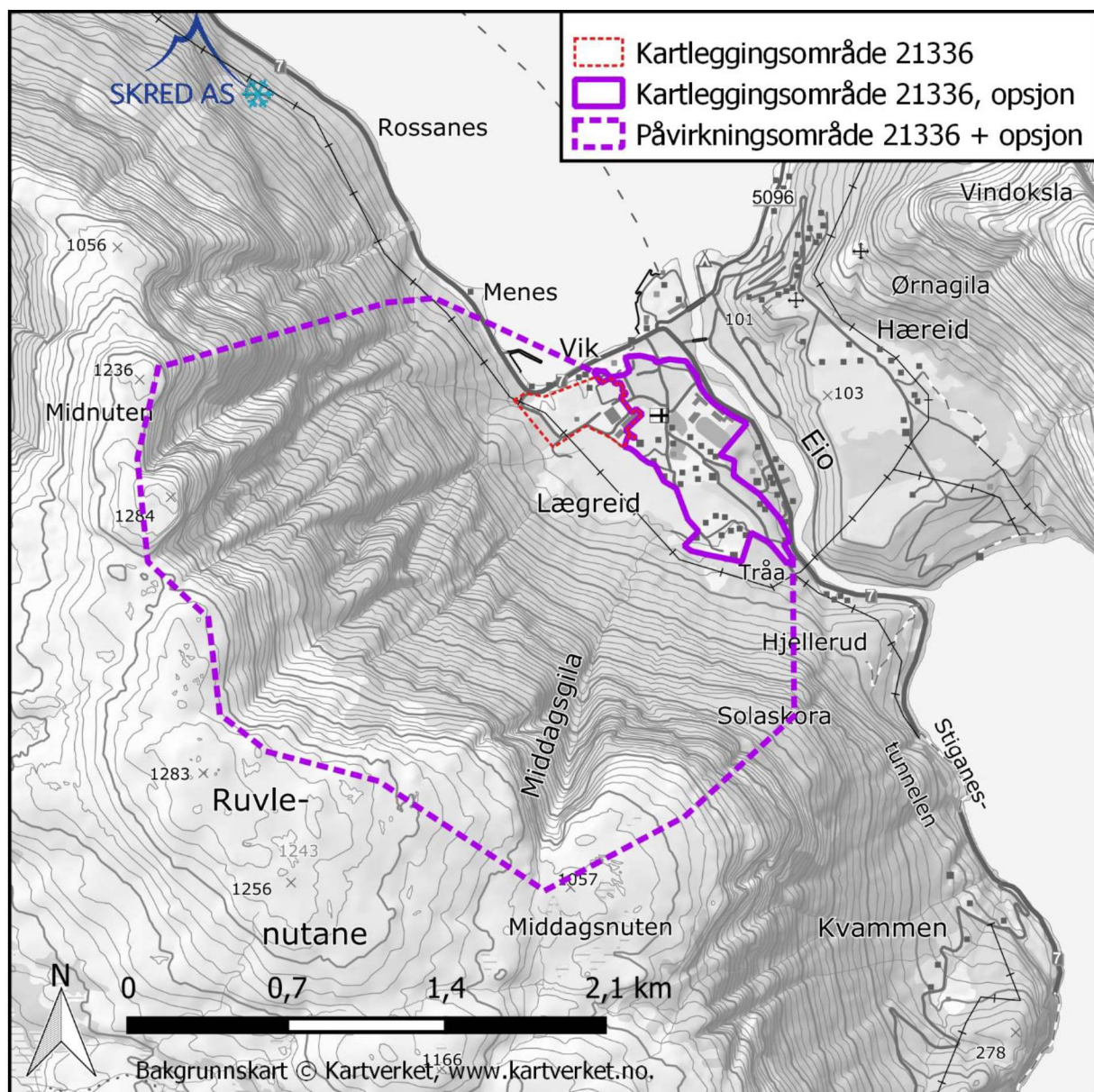
Tabeller

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2017).	7
Tabell 2: Beregningsparametere for ulike scenarier	21

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med ny reguleringsplan for et boligområde på Læg Reid i Eidfjord kommune (GBnr. 4/110 m.fl.), hadde kommunen behov for å gjennomføre ny skredfarekartlegging av dette området høsten 2021 (Skred AS, 2021). I tillegg ønsket Eidfjord kommune at resten av Læg Reidflata skredfarekartlegges. Resultatet av begge disse kartleggingsprosjektene er samlet i denne rapporten. Området er bl.a. skredfarekartlagt av Multiconsult i 2015 (Multiconsult, 2015), og deler av området ble skredfarekartlagt av Skred AS i 2020 i forbindelse med bygging av ny brannstasjon (Skred AS, 2020). Bakgrunnen for at Eidfjord kommune nå ønsker ny skredfarekartlegging, er at konklusjonene i de to førstnevnte rapportene var ulike. Dette spesielt knyttet til sekundærvirkninger av snøskred, skredvind.



Figur 1: Lokaliseringen av de vurderte områdene i Eidfjord.

1.2 Mål

Skred AS er bedt om å utføre en skredfarevurdering for området vist i Figur 1. Dagens krav til sikkerhet mot skred, definert i TEK17 med veileder, skal legges til grunn for vurderingene.

Vurderinger og leveranse skal utføres i tråd med nasjonale retningslinjer, beskrevet i NVEs veileder fra 2020 «Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng – utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak» (NVE, 2020).

1.3 Befaring

Skred AS ved Hans Grue har foretatt befaring til dette området to ganger. Den første da brannstasjonstomta og utvalgte naboeiendommer ble kartlagt første gang, 2020-01-19 (Skred AS rapport 19473-01-1), og 2021-12-03. Det var overskyet, men tilstrekkelig sikt slik at de øvre deler av dalsida kunne observeres ved begge anledninger. Det lå noe snø i dalsida på befaringstidspunktene.

1.4 Forbehold

Informasjon om tidligere skredhendelser er viktige for vurdering av skredfare. Dersom det kommer mer informasjon om tidligere skred, bør det tas med i betraktningene.

Vurderingene er gjort ut fra terreng og vegetasjon slik det ble observert på befaring, på tilgjengelige luftfoto, og på kotegrunnlag. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, kan det ha betydning for skredforholdene. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.

2 Krav til sikkerhet

2.1 Lovverket

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav om tilstrekkelig sikkerhet mot fare for nybygg og tilbygg:

«Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.»

2.2 Skred

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-3 definerer krav til sikkerhet mot skred for nybygg og tilhørende uteareal (Tabell 1). Sannsynligheten i Tabell 1 angir den årlige sannsynligheten for skredskader av betydning, dvs. skred med intensitet som kan medføre fare for liv og helse og/eller større materielle skader. I veilederen til TEK17 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for skred (DiBK, 2017).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2017).

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

I sikkerhetsklasse S1 inngår byggverk der det normalt ikke oppholder seg personer og der det er små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Mindre brygger og lagerbygninger med lite personopphold er nevnt som eksempler.

Sikkerhetsklasse S2 omfatter tiltak der et skred vil føre til middels konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Driftsbygninger i landbruket samt parkeringshus, eneboliger og havneanlegg er nevnt som eksempler.

Sikkerhetsklasse S3 omfatter tiltak der et skred vil føre til store konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg mer enn 25 personer og/eller der det er store økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er:

- eneboliger i kjede/rekkehus/boligblokk/fritidsbolig med mer enn 10 boenheter
- arbeids- og publikumsbygg/brakkerrigg/overnattingssted hvor det normalt oppholder seg mer enn 25 personer
- skole, barnehage, sykehjem og lokal beredskapsinstitusjon

Kravet til sikkerhet for uteareal og tilhørende bygninger, skal i utgangspunktet være lik kravet til bygningen. Allikevel åpner lovverket for å redusere sikkerhetsnivået til uteareal med en klasse, dersom dette vil gi tilfredsstillende sikkerhet for tilhørende uteareal. Momenter som må vurderes i denne sammenheng er blant annet eksponeringstiden for personer og antall personer som oppholder seg på utearealet.

2.2.1 Aktuelle krav

Eidfjord kommune ønsker områdene kartlagt i både sikkerhetsklasse S1, S2 og S3. Skredfarevurderingen dekker derfor alle sikkerhetsklassene, som er i henhold til oppdragsbeskrivelsen fra kommunen.

I henhold til ny veileder for skredfarekartlegging i bratt terreng, er det krav om uavhengig kvalitetssikring for utredninger som omfatter sikkerhetsklasse S3 (NVE, 2020). Dette er altså gjeldende for denne skredfarevurderingen. Det er tiltakshaver, i dette tilfelle Eidfjord kommune, som er ansvarlig for å innhente firma til å utføre uavhengig kvalitetssikring.

Den nye veilederen stiller krav om at fagpersonene som utfører skredfarevurderingen må ha minst fem og tre års relevant arbeidserfaring (NVE, 2020). Sondre Lunde, Hans Georg Grue og Kalle Kronholm, som har utført denne skredfarevurderingen, tilfredsstiller disse kravene.

2.2.2 Vurderte skredtyper

I TEK17 er det spesifisert at samlet sannsynlighet for alle skredtyper skal legges til grunn for vurderingen av årlig sannsynlighet. Vi har derfor vurdert følgende skredtyper:

- Skred i fast fjell
- Skred i løsmasser
- Snøskred, inkludert sørpeskred og skredvind

Den endelige vurderingen av skredfare er samlet nominell årlig sannsynlighet for skred, som kan sammenliknes direkte med kravene i Tabell 1.

2.2.2.1 Snøskred og sørpeskred

Snøskred kan inndeles i løssnøskred og flakskred. Løssnøskred utløses i snø med lav fasthet, som gjerne starter med en liten lokal utglidning. Etter hvert som nye snøkorn blir revet med utvider skredet seg og kan få en pæreform. Flakskred oppstår når en større del av snødekket løsner som et flak langs et glideplan. Det er flakskred som har størst skadepotensiale. Store snøskred løsner vanligvis der terrenget er mellom 30-50° grader bratt. Der det er brattere enn dette glir snøen stadig ut slik at det ikke dannes større skred. Snøskred kan skape skredvind med kraft til å utrette stor skade.

Sørpeskred er en strøm med vannmettede snømasser. Sørpeskred følger som oftest forsenkninger i terrenget, og oppstår når dreneringen i grunnen er dårlig, som for eksempel på grunn av tele og is. Sørpeskred kan utløses i slakt terreng, for eksempel når kraftig snøfall blir etterfulgt av regn og mildvær. Sørpeskred kan også utløses når varme gir intens snøsmelting. Skredmassene har høy tetthet og skred med lite volum kan gi stor skade. Det er ikke utarbeidet aktsomhetskart for sørpeskred.

2.2.2.2 Skred i fast fjell

Når en eller flere steinblokker løsner og faller, spretter, ruller, eller sklir nedover en skråning benyttes begrepene steinsprang (volum <math><100\text{ m}^3</math>) og steinskred (volum 100-10.000 m^3). Steinsprang og steinskred løsner oftest i bratte fjellparti der terrenghelningen er større enn 40-45°.

2.2.2.3 Jordskred og flomskred

Jordskred starter med en plutselig utglidning i vannmettede løsmasser og blir som regel utløst i skråninger som er brattere enn 25-30°. Man kan skille mellom kanaliserte og ikke-kanaliserte jordskred.

Et kanalisert jordskred skaper en kanal i løsmassene som kan fungere som skredbane for nye skred. Skredmasser kan bli avsatt og danne langsgående rygger parallelt med kanalen. Når terrenget flater ut blir skredmassene avsatt i en tungeform. Over tid kan flere slike skred bygge en vifte av skredavsetninger. I et ikke-kanalisert jordskred flytter massene seg nedover langs en sone som gradvis kan bli bredere. Mindre jordskred kan oppstå i slakere terreng med finkorna, vannmettet jord og leire, gjerne på dyrka mark eller i naturlig terrasseformede skråninger i terrenget.

Flomskred er raske, vannrike, flomlignende skred som følger elve- og bekkeløp, eller raviner, gjel eller skar, ofte uten permanent vannføring. Helningen i utløsningsområdet kan være ned mot 10°. Skredmassene kan bli avsatt som langsgående rygger på siden av skredløpet, og oftest i en stor vifte nederst, der de groveste massene ligger ved roten av vifta og finere masser blir avsatt utover vifta. Massene i et flomskred kan komme fra store og små flomskred langsetter flomløpet, undergraving av sideskråninger og erosjon i løpet, eller i kombinasjon med sørpeskred.

2.2.2.4 Skredfare og klimaendringer

I deler av landet kan klimautviklingen gi økt frekvens av skredtyper som er knytt til regn, snø og flom. Det gjelder først og fremst jordskred, flomskred, snøskred og sørpeskred. Hyppigere episoder med ekstremnedbør vil og kunne øke frekvensen av steinsprang og steinskred.

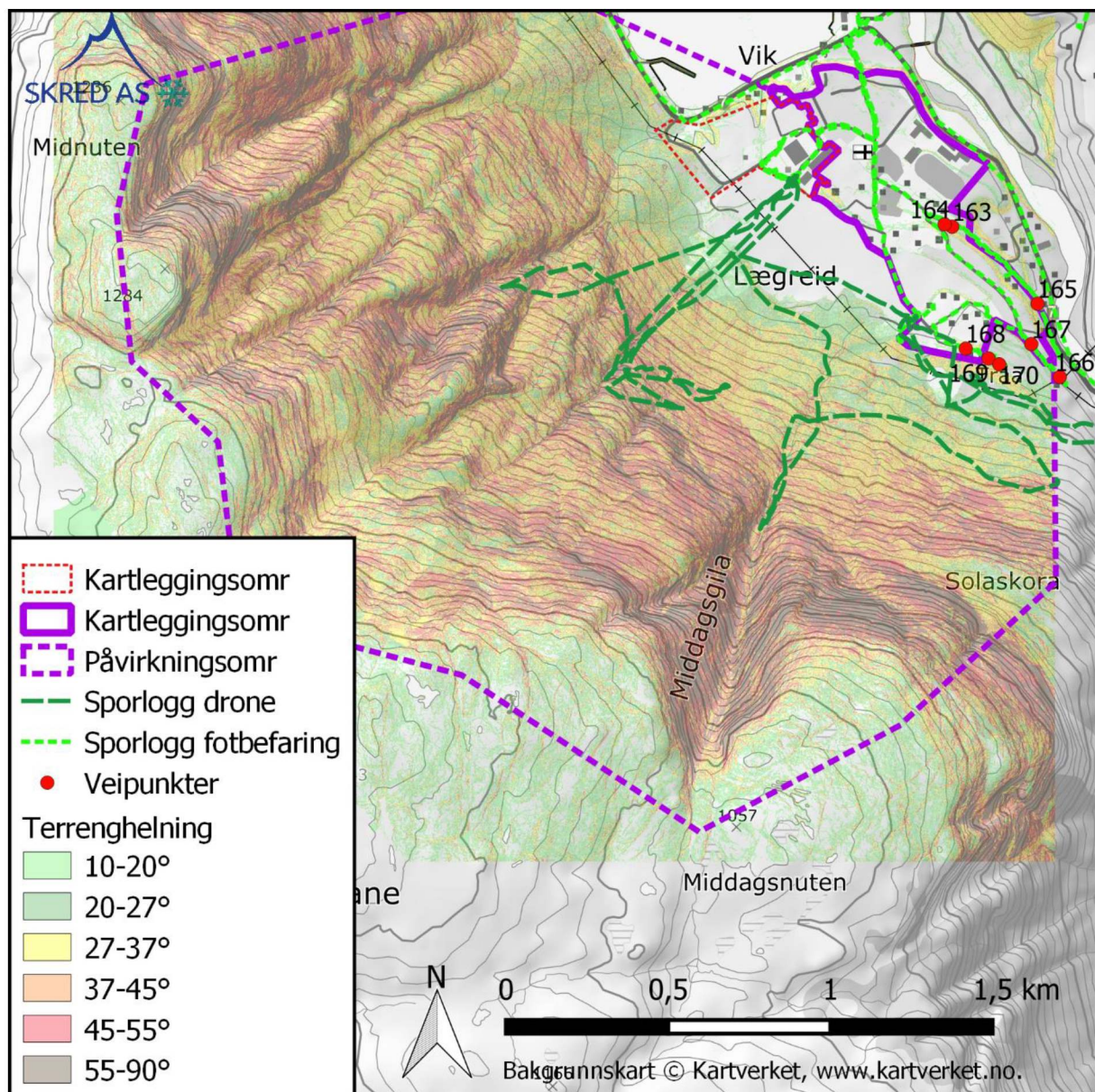
Det er likevel ingen grunn til å tro at de svært store, sjeldne skredene vil bli større eller hyppigere. Når en kartlegger faresoner for skredfare er det derfor ikke nødvendig å legge til en ekstra margin som følge av klimautviklingen.

3 Beskrivelse av området

Det vurderte området ligger på Lægreid, vest i utkanten av Eidfjord sentrum (figur 1 og figur 2).

3.1 Topografi

Terrenganalysen er basert på en terrengmodell med horisontal oppløsning på 1 m x 1 m som bygger på laserscanningdata (LiDAR) av 2014 med 2 refleksjoner per kvadratmeter. Per dags dato er dette den nyeste laserscanningen som dekker dette påvirkningsområdet, og som er tilgjengelig på hoydedata.no (Kartverket, 2021). Det ble foretatt laserscanning i området også i 2020, men den scanningen dekker kun fjellområdene ovenfor dalskulderen. Kart med terrenghelning er vist i figur 2. Figuren viser også påvirkningsområdet, som er det området der skred kan løsne og evt. nå kartleggingsområdet.

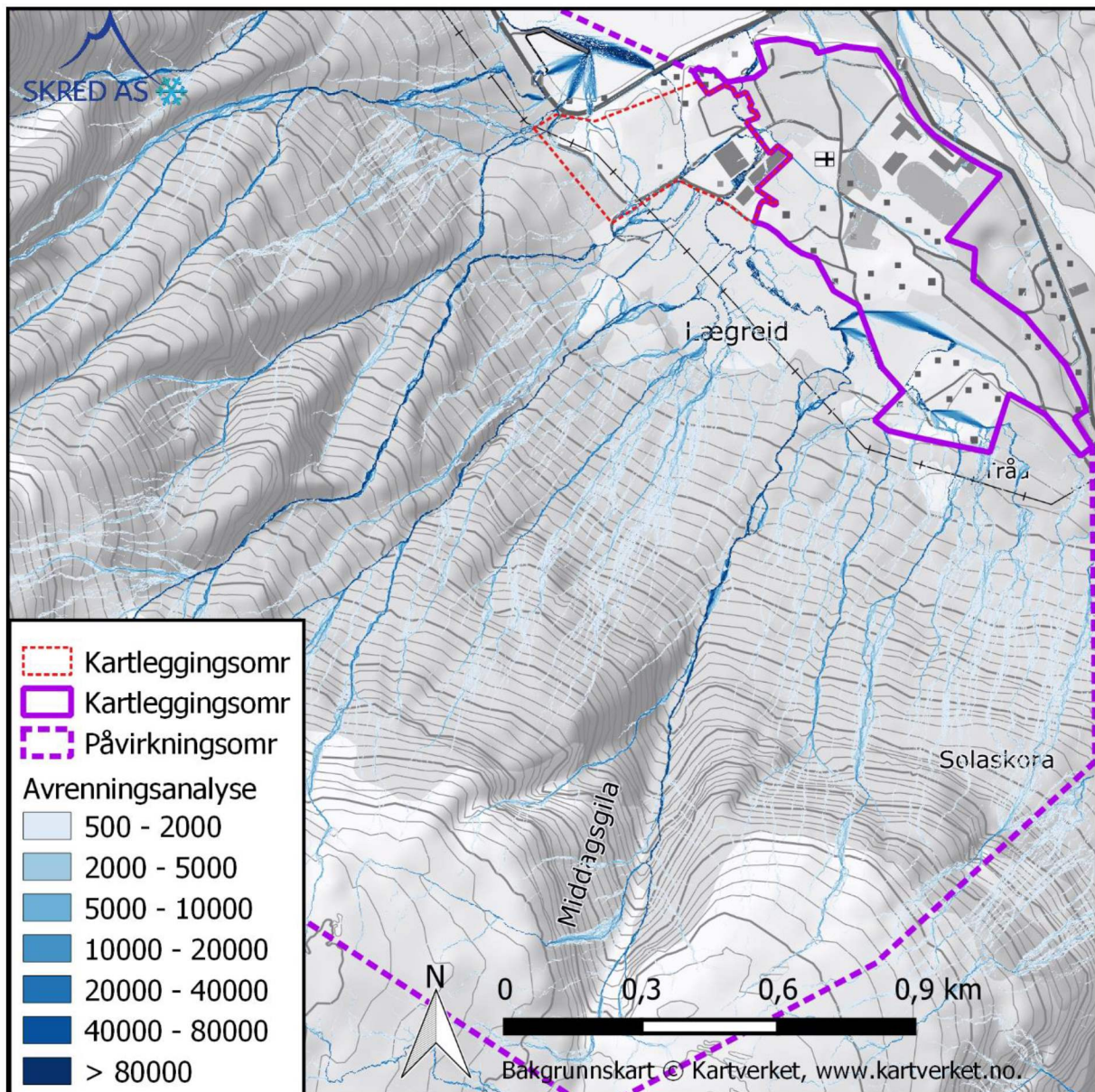


Figur 2: Terrenghelning i dalsiden ovenfor de vurderte områdene, samt sporlogger.

Kartleggingsområdet er omtrent 1200 meter langt og ligger på 20-30 moh. Det dekker store deler av Lægreidflata der det strekker seg fra foten av skredvifta i utløpet til Fosslia og mot sørøst via Tråa og til Øvrehagen 69. Fra kartleggingsområdet mot SV stiger terrenget opp mot Midnuten, Ruvlenutane, Øktarnuten og Middagsnuten på henholdsvis 1236, 1284, 1283 og 1057 moh. Dalsiden er i all hovedsak bratt, og i gjennomsnitt mellom 30° og 40°, brattest i SØ.

Dalsiden har en relativt jevn terrenghelning med flere glatte sva, men også stedvis med enkelte nær-vertikale skrenter på opp mot 50-100 meters høyde i området Ulvskjaftnuten, Lægreidslia, i Middagsgila og ved Solaskora. Det er flere skar og gjel som for det meste begynner i den øvre 1/3 av dalsida, og i grove trekk følger fallinja. Unntaket er i området Ulvskjaftnuten der skarets retning dreier fra nordøst og nesten helt over i østlig retning. Skarenes/gjelenes nedbørfelt er begrenset til dalsida og er opp mot 1,3 km², og drenerer ikke større arealer over dalskulderen (Figur 3). Bekkene har kun sesongvis vannføring.

Mellom kote 30 og 120 i enden av de nevnte skarene og gjelene, er det flere skredvifter med en terrenghelning mellom 11 og 17°. Disse er lokalisert i utløpet til Grjotsdøl, Fosslia, Menesbekken og Middagsgjeili, nedenfor raviner som er innskåret i kanten av breelvterrasene ved Tråa lengst sørøst i området. Arealene nederst i viftene og utover dalbunnen er oppdyrket og utsatt for en del menneskelige terrenginngrep som masseuttak og planering i sammenheng med nydyrking.



Figur 3: Avrenningsanalyse som viser mulige dreneringsveger i dalsida. Fargekodene angir antall kvadratmeter som drenerer til den enkelte gridcelle på 1m x 1m.

3.2 Geologi

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:50 000 (NGU, 2021a) og består i øvre deler av dalsida i hovedsak av gneis, i midtre og de vesentligste deler av dalsida av migmatitt, og i nedre del granitt. I dalsida kan en på avstand og i kartgrunnlag se flere sprekkeretninger som til sammen danner bratte glideplan som skyldes trykkavlastning (hypogen eksfoliasjon) og utkilinger, antageligvis med en sprekkavstand som kan gi store utfall, især i vestlige deler av dalsida. Det er en sprøforkastning som gir mye oppsprukken berggrunn langs Middagsgila øst i området, og under Øktarenuten vest i området.

Ifølge NGU løsmassekart (NGU, 2021b) er dalsiden uten løsmasser med stedvise skredavsetninger i skarene. I foten av dalsida, nedenfor kote 200 er det kartlagt et

sammenhengende dekke av skredmateriale helt ned til Lægreidflata som er en elvesletteavsetning avsatt da havet stod høyere en god stund etter siste istid. Selve Lægreidflaten på i overkant av 30 moh. er kartlagt som en elveavsetning, mens en høyere terrasse på ca. 78 moh. ved Tråa er en breelvavsetning. Dette stemmer i grove trekk med observasjoner gjort under befaring, men sistnevnte avsetnings terrassekant er stedvis gjennomskåret av raviner langs fallinjen med bratte vifteformer nedenfor. Det er sannsynlig at det er fjernet steinblokker på store deler av Lægreidflata i årenes løp, manuelt og ved sprenging av større blokker.

3.3 Vegetasjon

Deler av den vurderte dalsiden er delvis dekket av glissen lauvskog. Den øvre skoggrensen i området synes å ligge rundt 900-1000 moh., men i denne dalsiden er skogen så flekkvis som et resultat av topografi og aktive skredprosesser, at det ikke er mulig å plassere skoggrensen på en bestemt kote. Skogen vurderes i øvre del av dalsida til å ha liten eller ingen bremsende eller utløsningsreducerende effekt på store og sjeldne skred, men skogen ser ut til å være velutviklet i potensielle løснеområder for snøskred i nedre halvdel av dalsida. Hele Lægreidflata er innmark og det er hogd noe skog ved de østre deler av kartleggingsområdet (2014-2019), og har derfor ingen skog av betydning.

Sammenligning av flyfoto tatt i 1970-1971 med de tatt på 2000-tallet (2006, 2007, 2008, 2012, 2013, 2014, 2019 og 2020) viser moderat fortetting av vegetasjonen i konvekse deler av dalsiden. Det er tydelige tegn til økt skredaktivitet og massetransport i skredbanene mellom 2008 og 2012, antageligvis under uværet Dagmar i 2011. Det er tegn til aktive skredprosesser nesten helt ned mot innmarka i forlengelsen av Middagsgila. Flybilde fra våren 2020 viser tydelige snøskredavsetninger i utløpet av de fleste renneformasjonene i fjellsiden (Figur 4). Dette er sannsynligvis skredavsetningene etter skredene som gikk noen dager før Skred AS foretok befaringen i 2020.



Figur 4: Flybilde av området tatt våren 2020 (Kartverket, 2021), som viser snøskredmasser i utløpet av de fleste renne- og gjelformasjonene i området. Snømassene langs Middagsgjelli er sannsynligvis sørpeskredmasser.

3.4 Registrerte skredhendelser

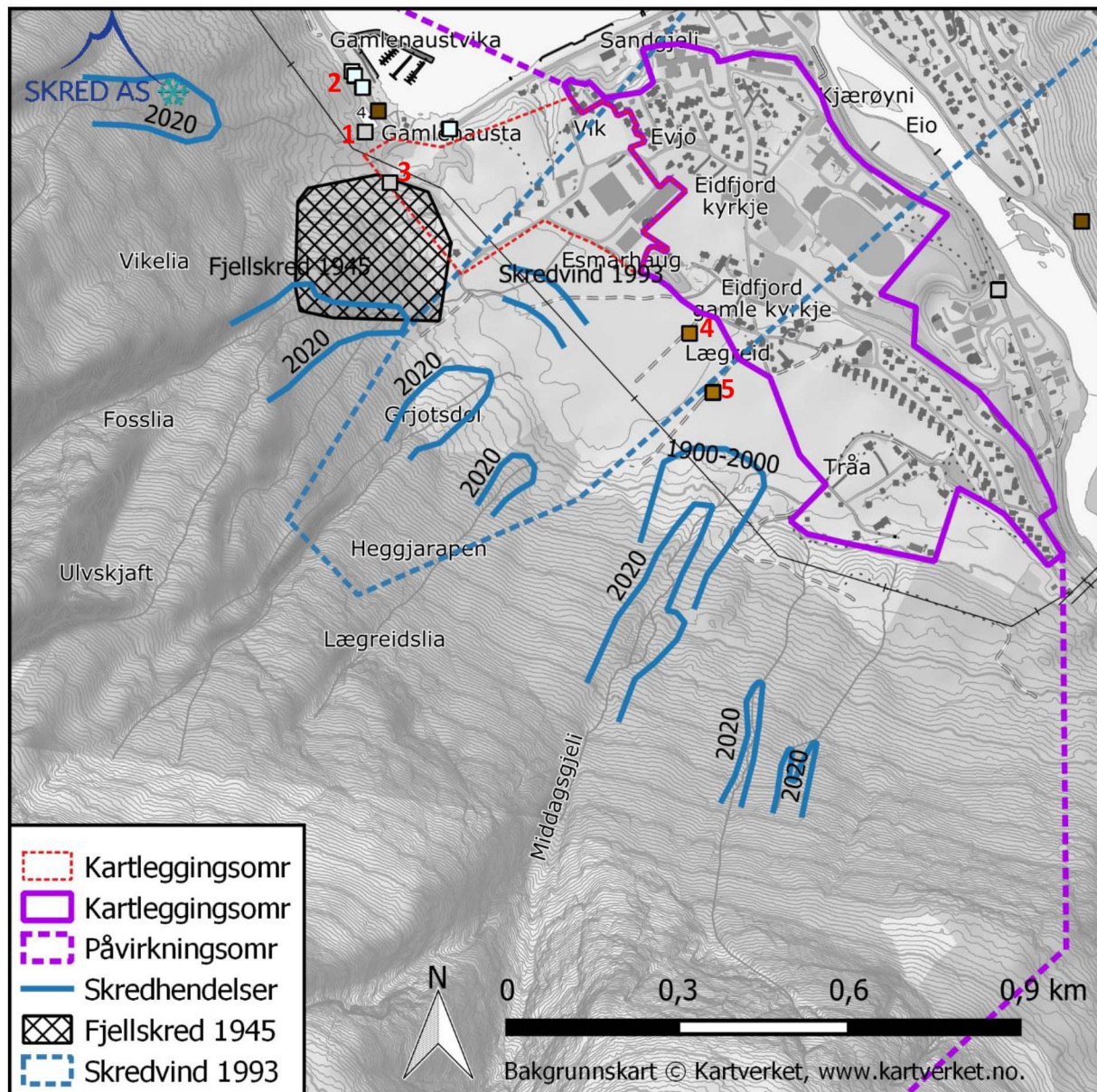
I skreddatabasen på NVE Atlas (NVE, 2021) er det registrert en rekke skredhendelser i området. Hendelser med relevans for denne rapporten er oppsummert nedenfor:

1. I 1683 gikk et fjellskred som danna Storura/Menes like vest for kartleggingsområdet.
2. Samme sted gikk det i perioden mellom 2000 og 2004 snøskred og steinskred. Skredvind blåste en buss på sjøen i 2002 (<https://www.nrk.no/norge/buss-i-sjoen---to-omkom-1.504633>)
3. I april 1945 gikk et ca. 100 000 m² stort fjellskred like sør for Storura. Skredet løsnet i form av få enorme skredblokker ved Ulvskjift omtrent på kote 600, og dannet store deler av skredvifta nedenfor i denne ene skredhendelsen. Øyenvitner observerte store mengder finere løsmasser som fløt en del lengre enn vifteavsetningen. I mai samme år falt ytterligere digre blokker som stansa i skredura.
4. I 1682 gikk et stort fjell- og løsmasseskred som ødela store deler av innmarka sør for garden Lægreid.
5. I 1723 ble samme gard utsatt for jordskred, snøskred og flom med ødeleggelser som også gav redusert skyld.

Flere informanter nevner snøskred og skredvind 10. jan 1993 som en stor skredhendelse i moderne tid. De faste skredmassene stanset ifølge våre informanter omtrent 150 m SV for kartleggingsområdet, mens skredskya fortsatte over på andre dalsida, flytta på en søppelkonteiner ved brannstasjonen og dekket store deler av Eidfjord sentrum med ca. 5 cm

tjukt lag med skredvindtransporterte snømasser (Figur 5). Samme sted gikk det i ca. 1900 et noe større snøskred. Dette snøskredets faste masser hadde omtrent 60 meter lenger utløp enn hendelsen i 1993.

I februar 2020 gikk det våtsnøskred i samtlige skredbaner i skar og forsenkninger (www.norgeibilder.no), flere helt ned på vifteavsetningene (Figur 4 og Figur 5), og vinteren 2021 gikk et snøskred med skredsky som kom langt ut på Lægreidflata. Tidligere hendte dette nesten årlig, i dag skjer det med 2-5 års gjentaksintervall. Kyskredet (helt i nordvest i Figur 4 og Figur 5) går rett i fjorden med noen års mellomrom, seinest 22.02.2020 (<https://www.nrk.no/vestland/vegg-av-sno-sperrer-riksvei-7-1.14914163>). Omtrent årlig går det sørpeskred langs Middagsgila som stort sett stopper før innmarka, men har også nådd innmarka i moderne tid. Mindre snøskred forekommer i noen grad i og ved Middagsgila, og da som oftest i det mindre sideskaret vest for gjelet.



Figur 5: Registrerte skredhendelser i NVE Atlas (NVE, 2021), fra informanter og andre kilder. Skredhendelser markert i blått er alle snøskred, men ved Middagsgjeli er det sørpeskred og jordskred som har dominert i historisk tid, samt mindre snøskred. Tallene refererer til beskrivelsen ovenfor, som er hentet fra hendelsene registrert i NVE Atlas.

3.5 Tidligere rapporter

I Eidfjord har NGI (2018) på oppdrag for NVE kartlagt motsatt dalside (NGI, 2018). Rapporten har ikke direkte relevans mtp. lokalitet, men inneholder bl.a. en klimaanalyse som kommer til nytte i vurderingene i denne rapporten.

Multiconsult utarbeidet i 2015 en skredfarevurdering som dekker kartleggingsområdet i denne rapporten (Multiconsult, 2015). Alle tre faresonene (1/100, 1/1000 og 1/5000) stopper omtrent i foten av dalsida, og et stykke utpå innmarka foran skredvifta ved Middagsgjeli.

Sweco utarbeidet i 2007 også en rapport for dette området. Vi har ikke fått tak i rapporten, men den er referert i nevnte rapport fra Multiconsult. Det ser ut til at det i rapporten hevdes at snøskred ikke går ned på Lægreidflata. Multiconsult benyttet denne rapporten som begrunnelse for at snøskred ikke er dimensjonerende skredtype på Lægreid. Skred AS støtter ikke den slutningen.

I Skred AS (2020) ble det påpekt kjente snøskredhendelser (f.eks. 1993, som nevnt over) basert på sikre observasjoner, med lengre utløp enn de inntegnede faresonene i Multiconsult (2015). På grunnlag av dette ble det skissert faresoner med større utbredelse ved brannstasjonen i Skred AS rapport 19473-01-3 sammenlignet med Multiconsult (2015). Dimensjonerende skredtype i Skred AS (2020) ble vurdert å være snøskred og skredvind.

I 2021 ble området ved og nordvest for brannstasjonen kartlagt i alle tre sikkerhetsklasser (Skred AS rapport 21336-01-1), og er en del av denne rapporten som også omhandler opsjonsområdet som består av store deler av Lægreidflata sørøst for brannstasjonen.

3.6 Aktsomhetsområder

Kartleggingsområdet er helt eller delvis innenfor NVEs aktsomhetskart for snøskred, steinsprang og jord- og flomskred, samt NGIs aktsomhetskart for stein- og snøskred.

3.7 Eksisterende skredsikringstiltak

Ingen sikringstiltak utover erosjonssikring i Tråabekken/Middagsgjeili som drenerer Middagsgila sør for garden Lægreid er registrert, og et planlagt flomsikringstiltak langs dalsida er oppført i NVE Atlas (NVE, 2021). Sikringstiltakene på Rv7 Eidfjordvegen ved Menes/Storura 100-200 m mot NV er ikke registrert i databasen. Nyåpnede Eidfjord brannstasjon er bygd for å tåle dimensjonerende skredvindlaster med en årlig sannsynlighet på 1/1000 (Skred AS, 2020).

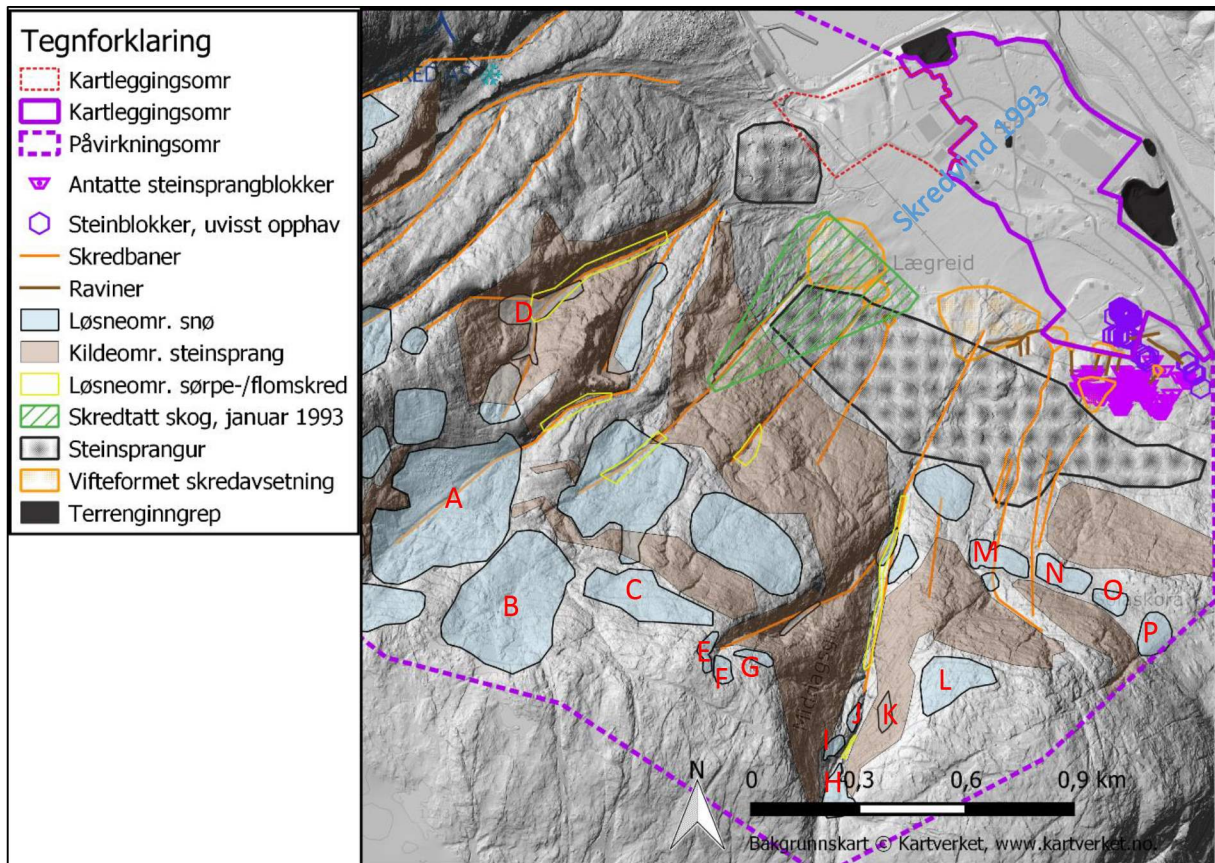
3.8 Klimatiske trekk av betydning for skredfare

Vi har basert våre egne klimaanalyser på analysene benyttet i NGIs kartlegging fra 2018 (NGI, 2018). Vi har kvalitetssikret benyttede nedbør- og vinddata opp mot Meteorologisk institutts database Eklima. De vesentlige punktene fra klimaanalysen for denne rapporten er listet under, og detaljer kan leses direkte i NGI's rapport:

- Vi har vektlagt nedbørdata fra værstasjoner i høyden med lange tidsserier, da vi mener disse gir mest representative data fra utløsningsområdene mellom 800-1200 moh. Vi har også tatt med den lokale værstasjonen i Eidfjord med i betraktningene:
 - 49700 Vivelid, 840 moh. (1896-1980)
 - 49800 Fet, 735 moh. (1884-dd)
 - 49630 Eidfjord, 5 moh. (1918-2002)
 - 49631 Eidfjord II, 20 moh. (2003-dd)
- 3 døgns ekstremnedbøranalyse om vinteren
- 1 døgns ekstremnedbøranalyse i sommeren
- Fremherskende vindretninger vinterstid

4 Vurdering av skredfare

Skredfarevurdering er en omfattende, skjønsmessig prosess som i størst mulig grad skal forsøke å legge vekt på objektive og dokumenterbare elementer (skredhistorikk, tegn på tidligere skred, osv.). Flere av elementene av størst betydning for skredfarevurderingene i de følgende avsnittene er vist i registreringskartet i figur 6.



Figur 6: Registreringskart som oppsummerer flere av elementene av størst betydning for skredfarevurderingen. Et transparent skyggekart fra terrengmodellen med 1 m x 1 m celler er brukt som bakgrunn sammen med topografisk kart. Symbologien i registreringskartet har samme oppbygning som tidligere rapporter fra Skred AS i dette området, slik at det ikke skal skapes forvirring med ny symbolbruk iht. ny skredveileder fra NVE.

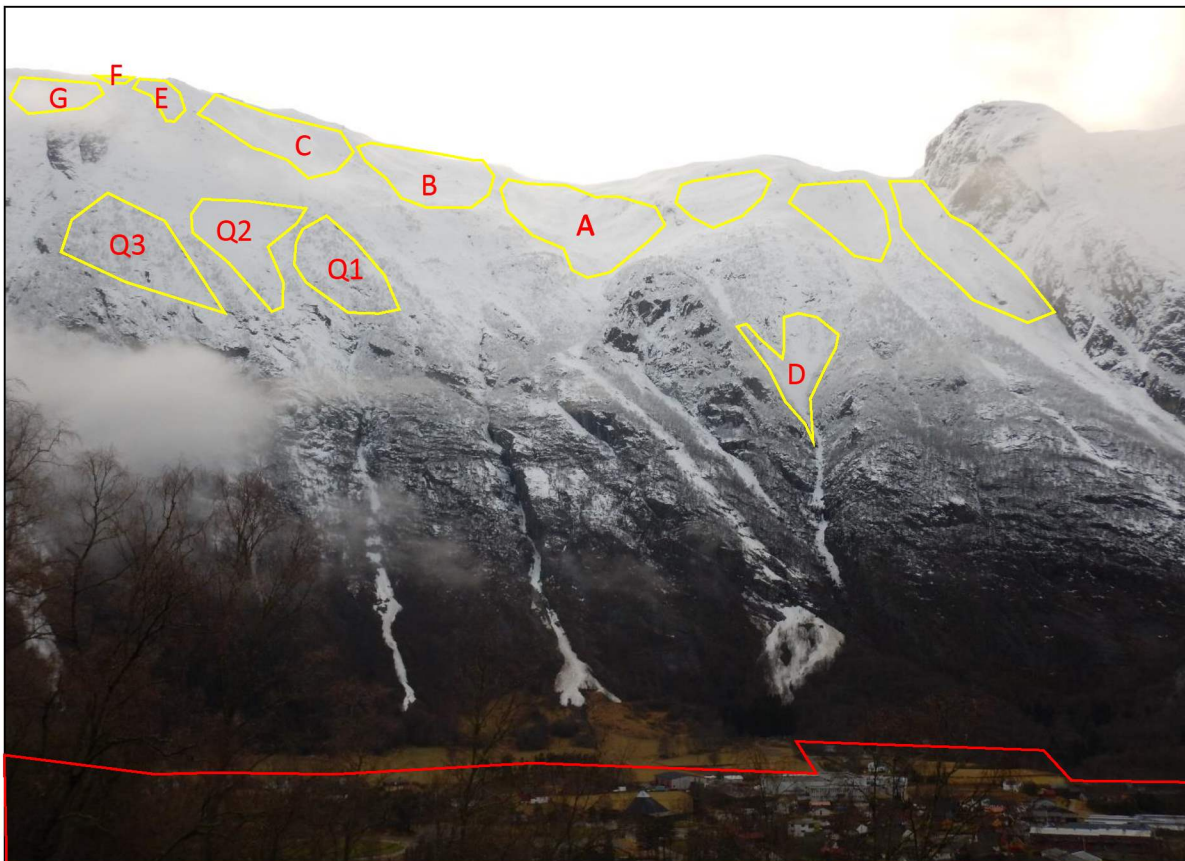
4.1 Snøskred

4.1.1 Løsneområder for snøskred

Snøskred er en velkjent skredtype i dalsida over Lægreidflaten, og i størst grad i den nordvestre halvdel av planområdet, nærmest fjorden. Dalsiden er bratt, i stor grad uten skredforebyggende skog i øvre halvdel der de største og høyestliggende løsneområdene er, og vender dessuten mot øst-nordøst som er i le for en av vindretningene assosiert med vinternebbør i dette området. Snøskred er derfor en veldig aktuell skredprosess. Dette støttes av snøskredhistorikken nordvest i området, med flere større snøskredhendelser som tidvis har generert skredvind med stort trykk og lang rekkevidde.

Vi vurderer at det finnes mange mulige løснеområder for snøskred i fallinja ovenfor hele kartleggingsområdet. Disse er lokalisert mellom kote 320-1230, og de største er over den nordøstre halvdel av planområdet. Områdene i øvre deler av dalsida vurderes som de mest relevante og ligger mellom kote 800 og 1200, der de største løśnieområdene som kan generere skred med stort skadepotensiale er lokalisert. Alle disse øvre løøgneområdene er uten skog av betydning for skredfaren, er østvendt og kan således akkumulere mer snø enn terreng som ikke er i le fra en av de to dominerende vindretningene (vestlig, og delvis øst-sørøstlig).

De ulike høydene løøgneområdene ligger i, gjør imidlertid at deres reelle snøskredpotensial er forskjellig. Vi mener derfor at de øvre og største løøgneområdene, spesielt A, B, C og D og til en viss grad Q1-3 (Figur 7), har størst betydning for faresonene i kartleggingsområdet nordvest for Middagsjeili.

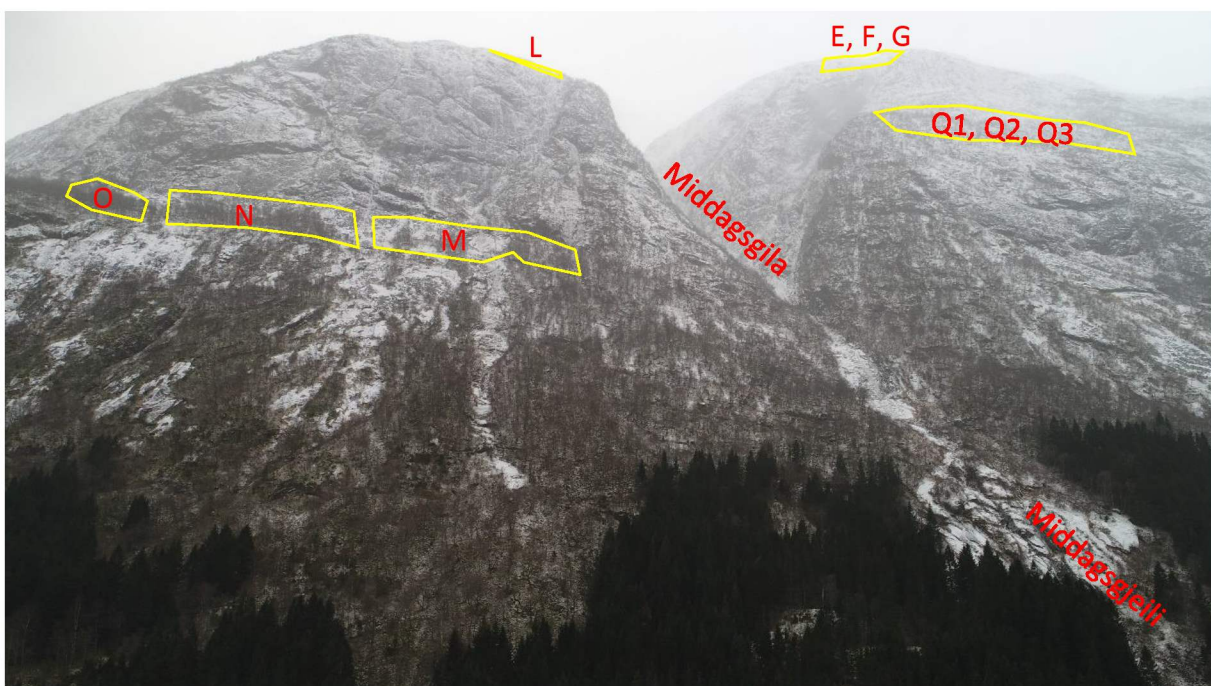


Figur 7: Bilde (februar 2021) tatt fra Hæ Reidterrassen mot vest som viser de mest aktuelle løøgneområdene for snøskred i den nord-østre delen av dalsida nordvest for Middagsjeili. Bokstavmerkingen samsvarer med merkingen i figur 6. Kartleggingsområdet er omtrentlig markert i rødt.

Dette fordi disse a) har gunstig terrenghelning for oppbygging av store lagdelte snømasser, b) er de største løøgneområdene (stort sett 30.000-120.000 m²), og c) har den største potensielle energien fra de øvre delene av dalsida med høydeforskjeller på ca. 1100 meter. Løøgneområdene har en gjennomsnittlig terrenghelning mellom 36 og 44°. Mindre snøskred i

lavere deler av fjellsiden kan heller ikke utelukkes, men vil ha lavere intensitet og kortere utløp. Det er synlige skredmasser i Figur 7 (vinteren 2021) nedenfor løsenområdene A, B, C og D, og en kan så vidt skimte skredmassene i Middagsgjeili gjennom vegetasjonen i venstre billedkant, dette er tilfellet også i ortofoto fra 2020 (Figur 4).

Ved Middagsgila og videre mot sørøst er terrenget brattere og løsneområdene for snøskred mindre (ca. 1500-20.000 m²) enn nordvest for gjelet (Figur 8, E-Q3). Samtidig er det mer skog i nedre halvdel av dalsida, men denne er tydelig skredpåvirket. Til tross for at vi kan forvente samtidig skredutløsning fra flere av disse mindre løsneområdene (M-O, og Q1-3), forblir største mulige utstrekning på de områdene som teoretisk kan utløses samtidig trolig langt mindre enn halvparten av løsnearealet i omr. A og B, som har en utstrekning større enn 100.000 m². Utløp og skredvind forventes derfor å bli betydelig mindre enn i nordvest.



Figur 8: Bilde (desember 2021) av Middagsgila og tilgrensende dalsider tatt mot SV. Mulige løsneområder for snøskred er merket i gult. Bokstavmerkingen samsvarer med merkingen i figur 6 og figur 7.

Det er ikke registrert snøskred i og ved Middagsgila, men i Figur 4 ser en tydelige snøskredavsetninger langs Middagsgjeili og nedafor løsneområde M og N. Informanter har opplevd flere mindre skred i området rundt og i Middagsgila og langs Middagsgjeili, og da som oftest fra sidegjelet der skred utløst fra omr. E-G vil gå. Snømasser som ligger et godt stykke ned på skredvifta nedafor Middagsgjeili i Figur 4 skyldes som oftes sørpeskred som kan gå flere ganger årlig, og liten grad snøskred. Snøskredene er mindre, har ingen skredvind av betydning og stopper i øvre deler ved rotpunktet på skredvifta. Like sørøst for Middagsgjeili ligger deler av planområdet i kort avstand fra dalsida, nedafor enkelte mindre løsneområder for snøskred (M-O i Figur 8), der det løsnet skred i 2020 (Figur 4). Snøskred

derfra er derfor høyst aktuelt, men løsneområdene er begrensede og enkeltvis 5000-10000m², og totalt sett mindre enn 20-30.000m².

Potensialet for store snøskred med skredvind med stort skadepotensiale mener vi derfor er mindre i denne sørøstre delen av dalsida enn i nordvest.

4.1.2 Snøskredenes faste masser

Mulig utbredelse av faste skredmasser er beregnet med programvaren RAMMS (Christen mfl., 2010). For løsneområdene, tilpasses de ulike bruddkanthøydene scenarier de tre dimensjonerende returperiodene 100, 1000 og 5000 år. Bruddkanthøydene for de antatte scenariene:

- 100 år, 130 cm
- 1000 år, 175 cm
- 5000 år, 200cm

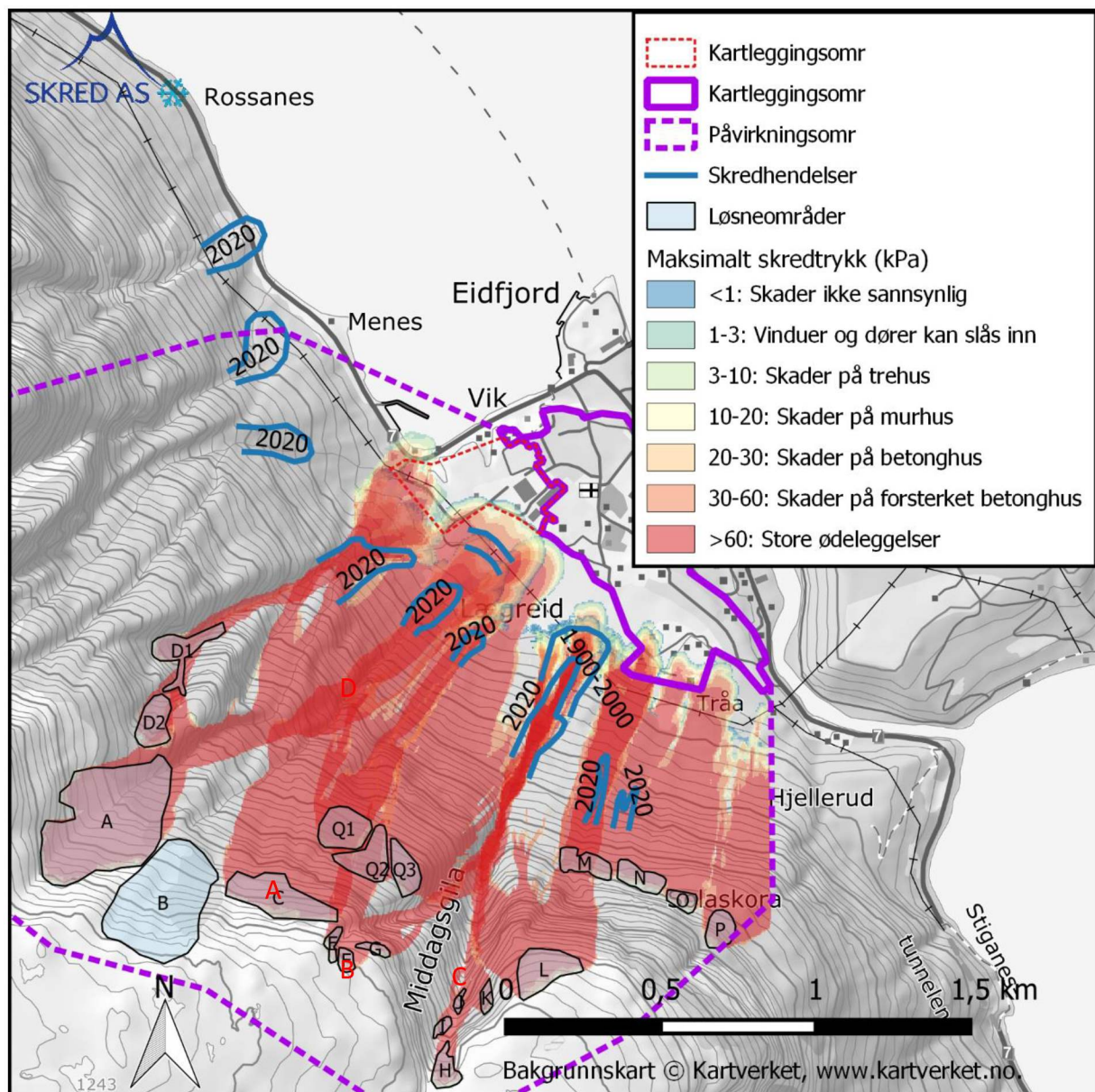
Disse verdiene, er skjønnsmessig bestemt med utgangspunkt i de sveitsiske retningslinjene. Disse retningslinjene er nevnt som en aktuell framgangsmåte for bestemmelse av bruddkanthøyde i NVEs veileder for skredfarevurderinger (NVE, 2020). Den beregnede 3 døgns nedbøren i form av snø for et 1000 års gjentaksintervall er på 175 cm ved stasjonene Fet (735 moh.) og Vivelid (876 moh.). Værstasjonen i Eidfjord har riktignok høyere verdier, noe som ville gi urealistiske skredvolum og utløp. Vi mener derfor Fet og Vivelid bedre representerer forholdene i løsneområdene.

En eventuell ekstrapolering av ekstremnedbørsanalysen til et 5000 års gjentaksintervall vil være innbefattet med enda større usikkerhet enn beregninger for 1000 års gjentaksintervall. Derfor har vi skjønnsmessig økt bruddkanten for et snøskred med 5000 års gjentaksintervall til 200 cm. Parameteroppsett for de ulike løsneområdene er gjengitt i Tabell 2. For snøskred i med de lengste returperiodene, med 1000 års og 5000 års gjentaksintervall, ble det for det meste anvendt friksjonsparametere for store snøskred med 300 (L300) års gjentaksintervall (i mangel på valg av lengre gjentaksintervall i programvaren). Eksempler på flere av beregningsresultatene for mulige 5000 års snøskred er vist i figur 9. Resultatet indikerer at snøskred med årlig sannsynlighet på 1/5000 når inn i den nordvestlige- og sørøstlige delen av kartleggingsområdet. Beregningsresultatet for snøskred med årlig sannsynlighet på 1/1000 (ikke vist i figur) viser noe mindre utbredelse, mens snøskred med årlig sannsynlighet på 1/100 marginalt når inn i deler av kartleggingsområdet. Vi har følgelig vurdert at den årlige sannsynligheten for snøskred i deler av det nordvestlige og det sørøstlige deler av kartleggingsområdet er høyere enn 1/100. Dette gjenspeiles av faresonene dimensjonert av snøskredenes faste masser (Figur 14, Figur 15 og Figur 16).

Tabell 2: Beregningsparametere for ulike scenarier

	Friksjonsparametere		
Løsneområde	1/100	1/1000	1/5000
A	L300	L300	L300
B		L300	L300

C		L300	L300
D	L300	L300	L300
E			L300
F			L300
G			L300
H			L300
I			L300
J			L300
K			L300
L			L300
M	S100	L300 (M300)	L300
N	S100	L300 (M300)	L300
O	S100	L300 (M300)	L300
P		L300 (M300)	L300
Q1		L300	L300
Q2		L300	L300
Q3		L300	L300



Figur 9: Utløsningsområder for snøskred og eksempel på beregnet skredutbredelse og trykk for snøskredets faste masser fra løsneområde A og D, samt løsneområder lengre nord som viste seg å ha utløp like nord for kartleggingsområdet.

4.1.3 Skredvind

Skredvind er mest aktuelt nordvest for Middagsgila (Figur 5), fordi løsneområdene er her er større og dalsida har en topografi som holder skredmassene moderat samlet til de når den bratteste delen av dalsida der snøskredene oppnår stor hastighet, noe som er nødvendig for å skape sterk skredvind. I og ved Middagsgila er løsneområdene betydelig mindre, også ved samtidig utløsning av nærliggende løsneområder, slik at skredvind med skadepotensiale i planområdet ikke er aktuelt å beregne i den sørøstlige delen av planområdet. I et gjel vil

også friksjonen mot underlaget være større, noe som bidrar til lavere skredhastighet og mindre skredvind.

Begrepet *skredvind* brukes om det markerte lufttrykket som ofte oppstår i områder nært skredbaner som store snøskred følger. Når tørrsnøskred oppnår en hastighet på ca. 20 m/s, dannes en *skredsky*, dvs. en suspensjon av snøpartikler på toppen av den faste kjernen av skredet. *Skredskyen* beveger seg nedover fjellsiden med hastigheter i samme størrelsesorden som hastigheten av de faste skredmassene. Grunnet lavere tetthet og manglende friksjon mot bakken forsetter *skredskyen* nedover med stor hastighet selv etter at de faste skredmassene har mistet fart eller stoppet opp. *Skredvinden* er altså lufttrykket som registreres når *skredskyen* passerer, ofte sterkest nedenfor (dvs. foran) fronten av skredet og noe svakere ut på sidene.

Det dynamiske trykket generert av en væske i bevegelse (p_d , i N/m², eller Pa) er:

$$p_d = 1/2 \rho v^2$$

der ρ er densiteten av væsken (i kg/m³) og v er hastigheten (i m/s).

Det er i de siste tiårene gjort en del forskning, inkl. radarbaserte målinger i felt, om det som skjer i de ulike delene av et snøskred i bevegelse. Gauer m.fl. (2008) viser at densiteten (*bulk density*) i skredskyen er opptil 10 kg/m³, som vil si at partiklene suspendert i skredskyen gjør denne opptil 8 ganger tettere enn luft. De tetteste delene av skredskyen er de som ligger nærmest den faste kjernen av skredet, og densiteten i skyen avtar gradvis med avstanden fra kjernen. I dette tilfellet, der kartleggingsområdet ligger i forlengelsen til beregnet utløp av de faste skredmassene, vil skredvindtrykket være høyest i den sørvestlige delen av kartleggingsområdet og avta gradvis i nordøstlig retning.

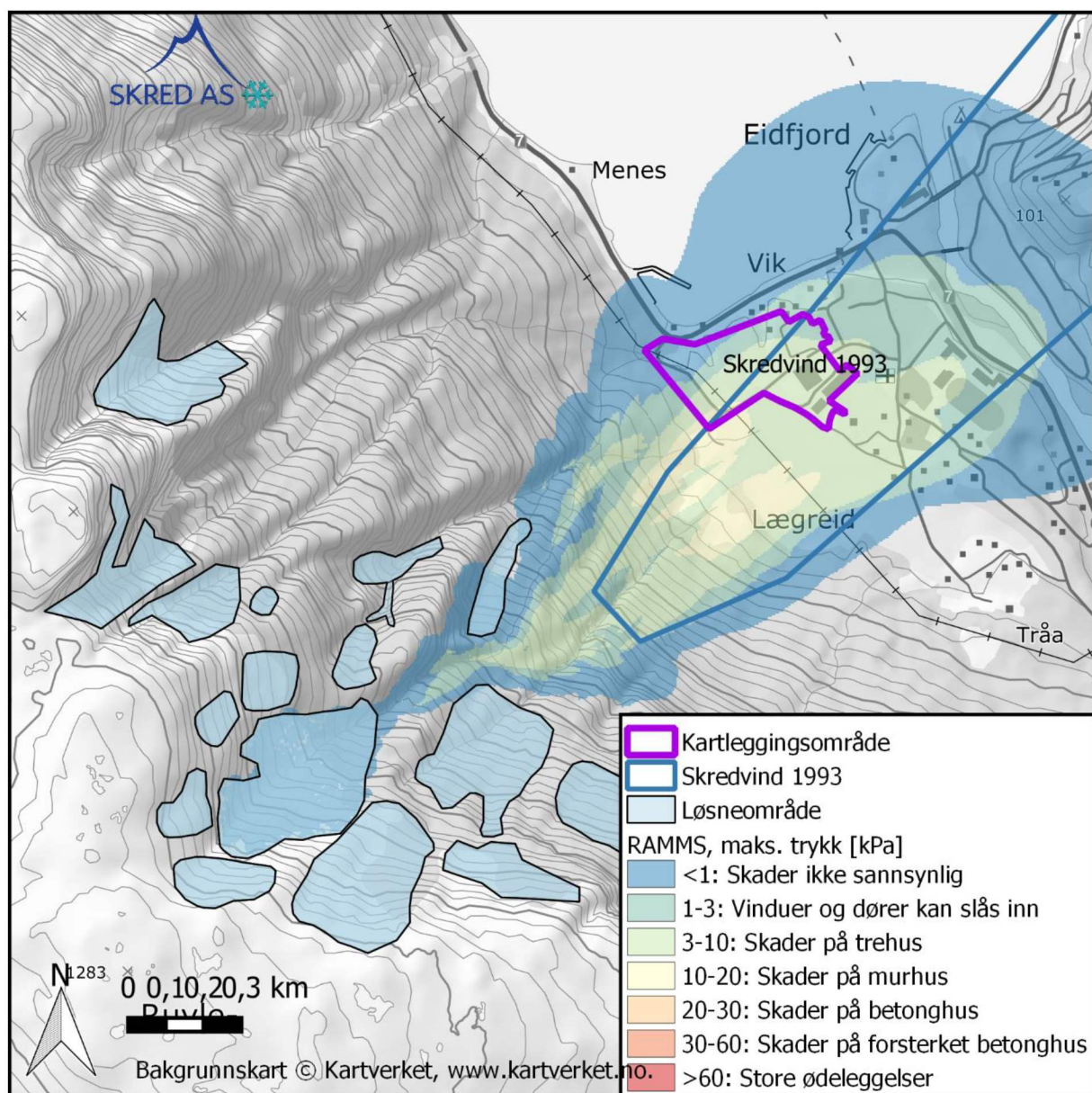
Hastigheten av skredskyen er usikker, men vurderes konservativt ikke å kunne være høyere enn den største hastigheten som de faste skredmassene oppnår i skredbanen. Dette er på ca. 45 m/s for et simulert 1/1000-scenario.

Formelen ovenfor gir da et dynamisk trykk på ca. 10,25 kN/m² (eller kPa) ved brannstasjonen for et 1/1000-scenario, omtrent der skredvinden i 1993 flyttet på en konteiner. Dette bør ses på som et grovt anslag da det er usikkerhet ved både hastigheten på skredvinden og tettheten på skredskyen. Både hastigheten og tettheten vil, som beskrevet ovenfor, avta fra SV mot NØ. I tillegg kan det nevnes at skredvindtrykket er lavere i le av områder som robuste bygninger (brannstasjonen og den gamle steinskirka) og markerte hauger i terrenget, som Esmarhaug.

Det finnes i skrivende stund ingen validerte programverktøy for nøyaktig beregning av kreftene fra skredvind. En utvidet versjon av RAMMS-programvaren (RAMMS::Extended), som skal gjøre det mulig å anslå skredvindkreftene, er under utvikling. Vi har tilgang til en beta-utgave av modellen og har benyttet den for å beregne skredvind i det aktuelle området. Valget av flere viktige inngangsparametere er ennå ikke underbygd av tilstrekkelig forskning, og det er derfor usikkerhet i resultatet. Inngangsparameterne er satt iht.

anbefalinger av utvikleren. Med de gitte inngangsparameterne viser modellen et skredvindtrykk på opptil 10 kN/m² (eller kPa) i kartleggingsområdet (Figur 10) ved en snøskredhendelse med en årlig sannsynlighet på 1/1000, som er tilnærmet likt verdien beregnet med den enklere tilnærmingen ovenfor. Vi har informasjon fra skredvindhendelsen i 1993 der en kontainer ble flyttet/veltet av skredvinden like ved dagens brannstasjon. Disse opplysningene ble brukt som grunnlag for kalibrering av modellen, og beregninger indikerer at skredvindbelastningen var i intervallet 0,6 - 5,5 kPa.

Etter en samlet vurdering av de nevnte forhold vurderes den årlige sannsynligheten for skredvind i den nordvestlige halvdelen av kartleggingsområdet til høyere enn 1/100. Dette gjenspeiles av faresonene dimensjonert av skredvind (Figur 14, Figur 15 og Figur 16).



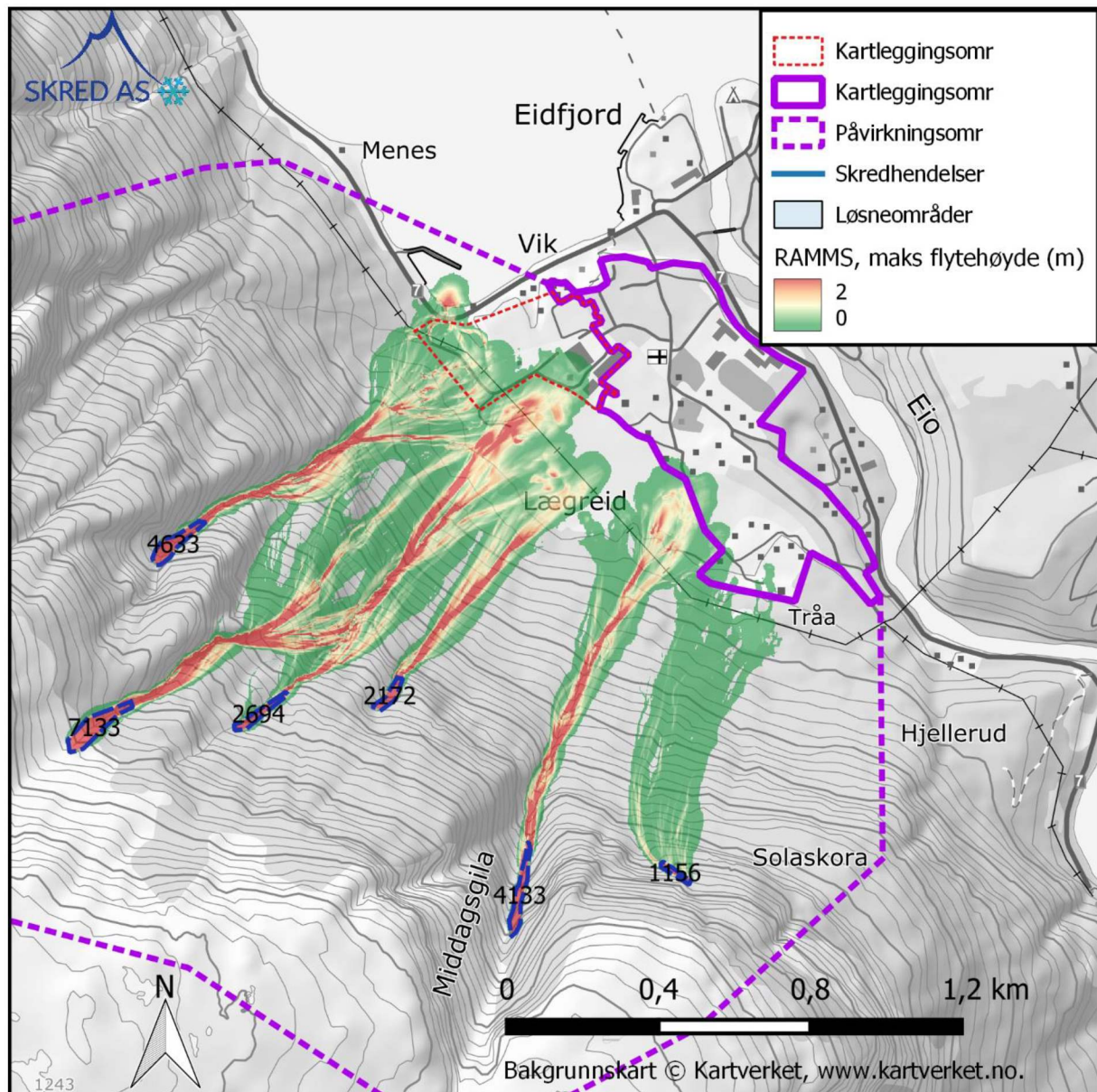
Figur 10: Et eksempel på en skredvindsimulering i kartleggingsområdet.

4.2 Sørpeskred

Sørpeskred kan oppstå under ulike terrengsettinger og hydrologiske forhold og utløses etter forskjellige mekanismer. I likhet med andre skred styrt av høyt vanninnhold (flomskred) har sørpeskred tendens til å følge forsenkede terrengpartier som bekkeløp og raviner.

Sørpeskred i fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet vil i all hovedsak utløses i forsenkningene langs bekkene. Dette da det i forsenkningene er lite skog, samt at tilstrekkelige snømengder kan akkumuleres og vannmettes fra et nedbørfelt oppstrøms av en viss størrelse. Utløsningsområdene er relativt bratte til denne skredtypen å være, men et tilstrekkelig stort oppstrøms nedbørfelt kan sammen med snøskred og utglidninger fra skredutsatt sideterreng langs gjel og bekkeløp over kote 450 gi oppdemmingseffekter med påfølgende dambrudd, og utløse sørpeskred flere steder i dalsida over planområdet. Spesielt aktuelt er dette lengst nordvest der planområdet er svært nær dalsida, men i størst grad ved Middagsgila. Der går det omtrent årlig sørpeskred ned på skredvifta, og de siste tiåra har det vært hendelser som har nådd litt utpå innmarka nedenfor skredvifta (*Figur 4*).

At våtsnøskred går over til mindre sørpeskred i forsenkninger og gjel i dalsida, kan heller ikke utelukkes. Heller ikke en direkte utløsning av mindre sørpeskred som en konsekvens av kraftig regn på snødekket dalside, kan utelukkes. Disse mekanismene er mest sannsynlige langs etablerte skredbaner, bekkeløp og gjel, som Grjotsdølbekken og Middagsgila, og langs bekkene på begge sider av Ulvskjafnuten. Det kan likevel ikke helt utelukkes i andre forsenkninger nesten hvor som helst i dalsiden.



Figur 11: Et eksempel på en simulering av sørpeskred med årlig sannsynlighet på 1/1000. Simuleringene fra de to løsneområdene lengst mot nordvest er overestimert i så vidt bratt terreng og tilsvarer trolig skredhendelser med lavere årlig sannsynlighet enn 1/5000. Bruddkanthøyden er 2 m og friksjonsparameterne er satt iht. NVE (2020) for sørpeskred med årlig sannsynlighet 1/1000 ($M_y = 0,05$ og $K_{si} = 3000 \text{ m/s}^2$), og løsneområdenes utstrekning er påført figuren. Justert for helning blir utløst volum i Middagsgila dermed 13000 m^3 .

Vår vurdering er at mindre sørpeskred for det meste vil ha et skadepotensial som raskt avtar etter at massene eventuelt har passert foten av skredviftene, noe som underbygges av modelleringsresultater (Figur 11). Beregningene viser også at større sørpeskred fra Middagsgila kan nå planområdet og bebyggelsen ved Lægreid, og her er det omtrent årlige sørpeskredhendelser med utløp ned på skredvifta i forlengelsen av gjelet. Mer vannholdige masser med liten flytehode kan trolig fortsette lenger ut på flat mark, men med begrenset skadepotensial. Dette er illustrert med beregninger gjennomført med programvaren RAMMS

flomskredmodul (Christen mfl., 2010). Beregningene er utført med friksjonsparametere tilpasset sørpeskredynamikken, og justert for ulike gjentakintervall (NVE, 2021). De beregnede utløpene av sørpeskred følger for det meste bekkeløpene og gjel i dalsiden. Om sørpeskred utløses i forsenkninger sørøst for Ulvskjafntuten vil sørpeskredene stoppe et lite stykke ut på Lægreidflata, før massene når kartleggingsområdet. Om sørpeskred utløses ved Ulvskjafntuten, kan sørpeskredmassene nå inn i kartleggingsområdets vestlige del.

Vi mener etter en samlet vurdering at den årlige sannsynligheten for at sørpeskred når kartleggingsområdet er høyere enn 1/1000, men mindre enn 1/100, i kartleggingsområdets vestlige del og ved Lægreid.

4.3 Løsmasseskred

Løsmasseskred er godt kjent i den aktuelle dalsiden, med to kjente skredhendelser med utløp av skredmasser på store deler av innmarka til Lægreid-gårdene (Figur 5). Det var ferske spor etter flomskred på deler av vifteavsetningene ved befaring. Den reelle foten av disse viftene kan dessuten antas å ligge lenger ut under dalbunnen enn viftenes synlige fot. Dette da strandforskyvningskurven for området indikerer at hoveddelen av Lægreidflata kan indirekte dateres til ca. 5000-8000 år, avsatt som et delta like under datidens havnivå. Skredavsetninger på denne flata kan derfor trolig bare være yngre enn 5000-8000 år.

Det er ikke kartlagt morenemasser i dalsiden, men det er kartlagt skredavsetninger i den nedre delen under kote 200, samt en del løsmasser langs bekkeløp og i gjel høyere oppe i dalsiden. Siden terrenget er meget bratt, kan skredavsetninger remobiliseres. Dette kan skje ved sørpeskred, i forbindelse med kraftig regn og/eller intens snøsmelting, eller om steinsprang treffer vannmettede løsmasser. Dette er mest aktuelt i bekkeløp og gjel med bratte og oppsprukne bergsider med hyppige steinsprang. Sannsynligheten for en slik utløsningsmekanisme vurderes å være stor nok til å ha betydning for 1000 års og 5000 års skred, og i særdeleshet i Middagsgila. Skredviften nedafor Middagsgila er stor og det er opplagte ferske skredmasser på denne, men det er også noen mindre vifteavsetninger nedafor raviner nedskåret i terrassekanten ved uthusene ved Tråa (Figur 6). Disse mindre vifteavsetningene hadde ved befaring ikke tegn til fersk massetransport. Ettersom det ikke er ravinedannelse oppe på terrasseflaten kan raviner og vifter trolig knyttes til utglidninger, erosjon og massetransport ved tidligere flomhendelser med drenering ned ravinene (Figur 3) og sørpeskred (Figur 11), og ikke fra store flomskred fra den løsmassefattige dalsida over terrasseflatene.

Ettersom flomskred i de aller fleste tilfeller følger samme løp som sørpeskred, samt har kortere utløp grunnet høyere intern friksjon, har vi ikke inkludert en figur som viser modellering av løsmasseskred i rapporten.

At skredmasser fra de to kjente skredhendelsene dekket til innmarka ved Lægreid-gårdene, betyr ikke nødvendigvis at skredintensiteten ved Lægreid var høy. Ofte er det slik at de finere skredmassene mister energi da de flyter utover flater, og hastighet og intensitet avtar slik at det ikke påføres betydelig mekanisk skade, men innmark kan dekkes til og gjøre denne ubrukelig i lang tid. Det er sannsynlig at dette kan ha skjedd ved de to skredhendelsene,

ettersom det ikke nevnes skader på bygninger og tap av liv i nedtegnelsene, men at innmarka ble overlagret av skredmasser.

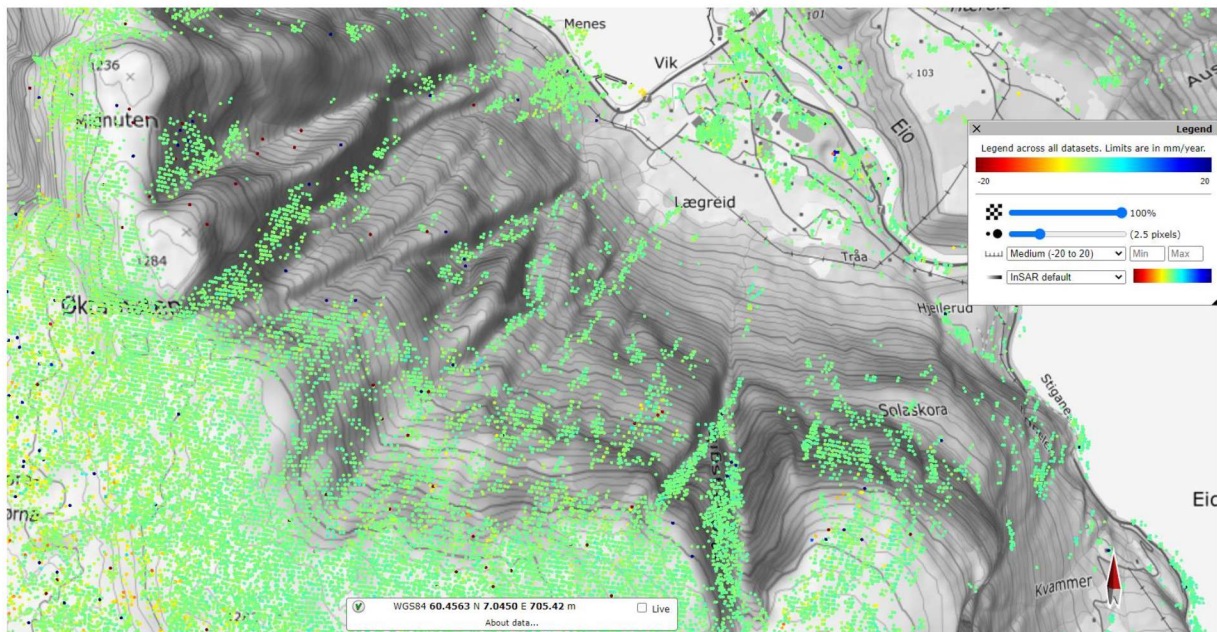
Mindre jordskred og utglidninger er vurdert i den 5-10 meter høye løsmasseskråningen nedafor Øvrehagen 12-69. Her er det ingen tegn til avrenning (Figur 3), utglidninger eller raviner som en kan se f.eks. i løsmasseskråningene over Tråa som kan antas å ha omtrent samme kornfordeling og stabilitet. Få bekker og grøfter på terrasseflatene indikerer god infiltrasjon og/eller små nedbørfelt, noe avrenningsanalysen indikerer (Figur 3), og skråningen er skogdekt. Enkelte spredte, runde blokker er observert i foten av skråningen, samt noen få oppstikkende blokker i løsmasseskråningen. Alt dette indikerer svært lav sannsynlighet for skred og utglidninger med stort skadepotensiale i denne terrasseskråningen. Vi mener sannsynligheten for jordskred med betydelig skadepotensiale er lavere enn 1/5000 i denne skråningen.

Vi mener derfor etter en samlet vurdering at løsmasseskred ikke er en dimensjonerende skredtype i kartleggingsområdet, men kan i noen grad komme innenfor nordøstlig deler av planområdet, ved Lægreid og ved Tråa i sørøst med begrenset intensitet.

4.4 Skred i fast fjell (steinsprang og steinskred)

Store deler av dalsiden er mulige kildeområder for steinsprang (Figur 6). Det er kjent steinskredhistorikk fra Ulvsjafntuten i 1945. Det er fortsatt store avløste bergpartier i tilknytning til denne. InSAR-målinger (Interferometrisk Syntetisk Apertur Radar) viser at det ikke er stor bevegelse i større områder i dalsiden (Figur 12), men det påpekes at karttjenesten har grov oppløsning og at det ikke vises bevegelse selv for bergpartier av steinskredstørrelse (100-100 000 m³).

Bergmassen i dalsiden har generelt flere veldefinerte sprekkeretninger som danner bratte glideplan, sva og utkilinger. Utenom skredavsetningen etter steinskredet i 1945 og helt sørøst i påvirkningsområdet, er det svært begrensede mengder skredblokkmateriale utover Lægreidflata. Dette er dyrket mark og det antas at det har vært fjernet skredblokker, både med håndmakt og dynamitt, samt andre terrenginngrep som har fjernet spor etter steinsprang.



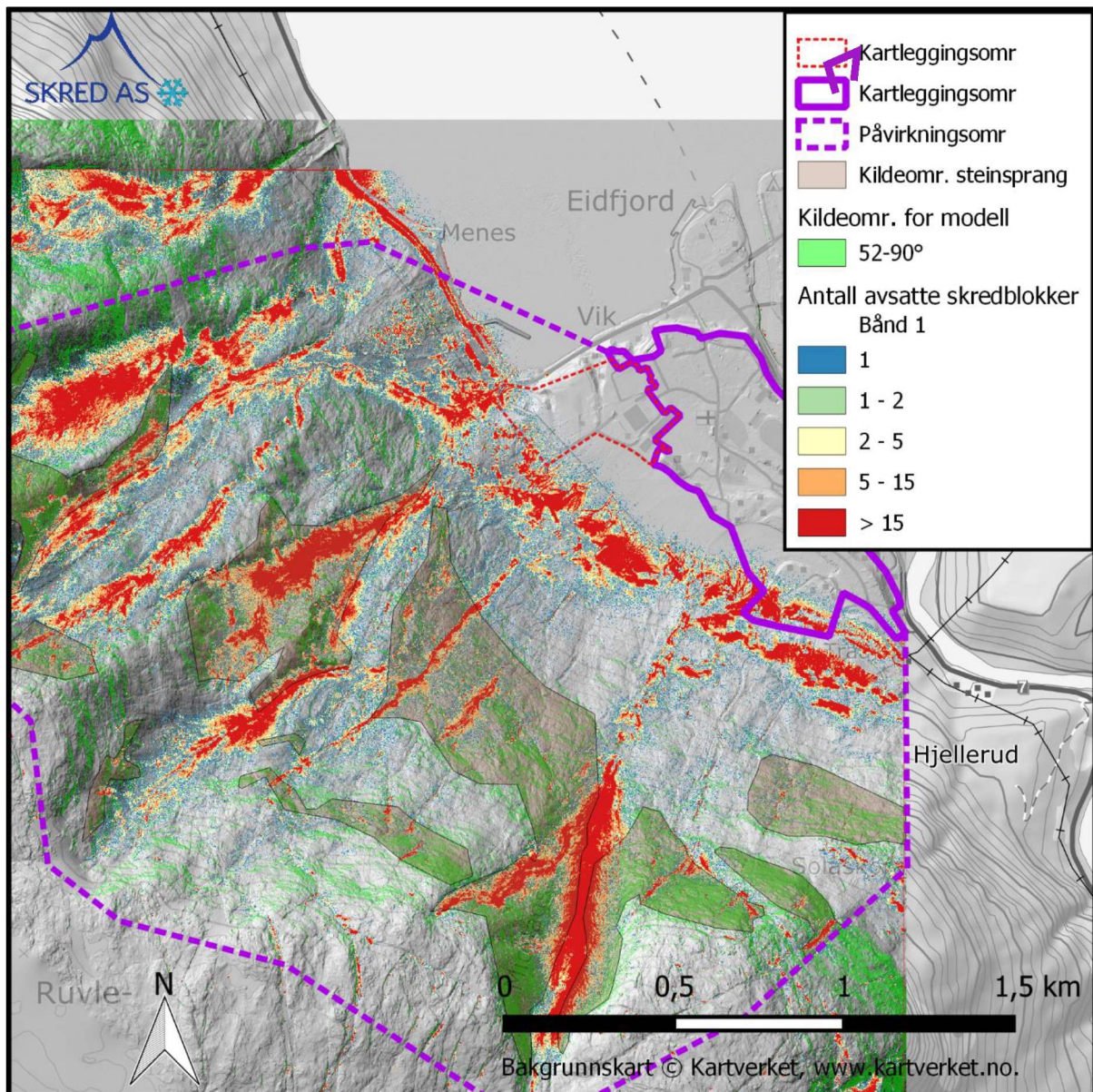
Figur 12: Skjermdump fra NGU sin INSAR hjemmeside (<https://insar.ngu.no/>), som viser endring i mm per år.

I et forsøk på å modellere potensiell rekkevidde av steinsprang og steinskred, er den vel utprøvde programvaren Rockyfor3D (Dorren, 2015) tatt i bruk. Det ble benyttet 100 blokker pr. celle, «rapid automatic simulation», en terrengmodell på 2 m x 2 m oppløsning. Friksjonsparameterne settes da automatisk basert på terrenghelning. Disse friksjonsparameterne er erfaringsmessig lave, som gir konservative utløpslengder. Spesielt i områder med høy ruhet, slik som i grov steinsprangur. Alle områder brattere enn ca. 52° settes til kildeområder. Det ble benyttet rektangulære blokker på mellom 1 m³ og 27 m³.

Figur 13 viser et eksempel på et konservativt beregningsresultat med blokker på 27 m³. Beregningsresultatet viser at blokkene kan nå inn i kartleggingsområdets nordvestlige og sørvestlige del, der det er kartlagt steinskred- og steinsprangavsetninger (Figur 6). Beregningsresultatet viser at blokkene med lengst utløp i nordvest stemmer god overens med utbredelsen av den kartlagte steinskredavsetningen, mens det i sørøst er en del lenger utløp enn der det er registrert skredblokker (Figur 13), som øst for Tråa der det ser ut til å ikke være ryddet blokker fra marka (Figur 6).

Modelleringsresultatet vurderes derfor i noen grad å være representativt for både steinskred og steinsprang med svært lange utløp, og representere steinskred og steinsprang med en årlig sannsynlighet på 1/5000. Modellberegningen viser tydelig at en stor del av skredblokkene avsettes i forsenkninger i dalsida og kan senere bli remobilisert som løsmasseskred som antydnet i Avsnitt 4.3.

Etter en samlet vurdering av bl.a. simuleringer og kjent steinskredhistorikk mener vi den årlige sannsynligheten for at blokker kommer inn i kartleggingsområdet til noe større enn 1/5000 i den nordvestlige og sørøstlige delen av kartleggingsområdet.



Figur 13: Eksempel på beregnet utløp for steinsprang som viser hvor blokker blir avsatt etter at 100 blokker er utløst fra hver celle på 2 m x 2 m av dalsida som er brattere enn 52 grader (rektangulære blokker på 27 m³).

4.5 Faresoner for skred

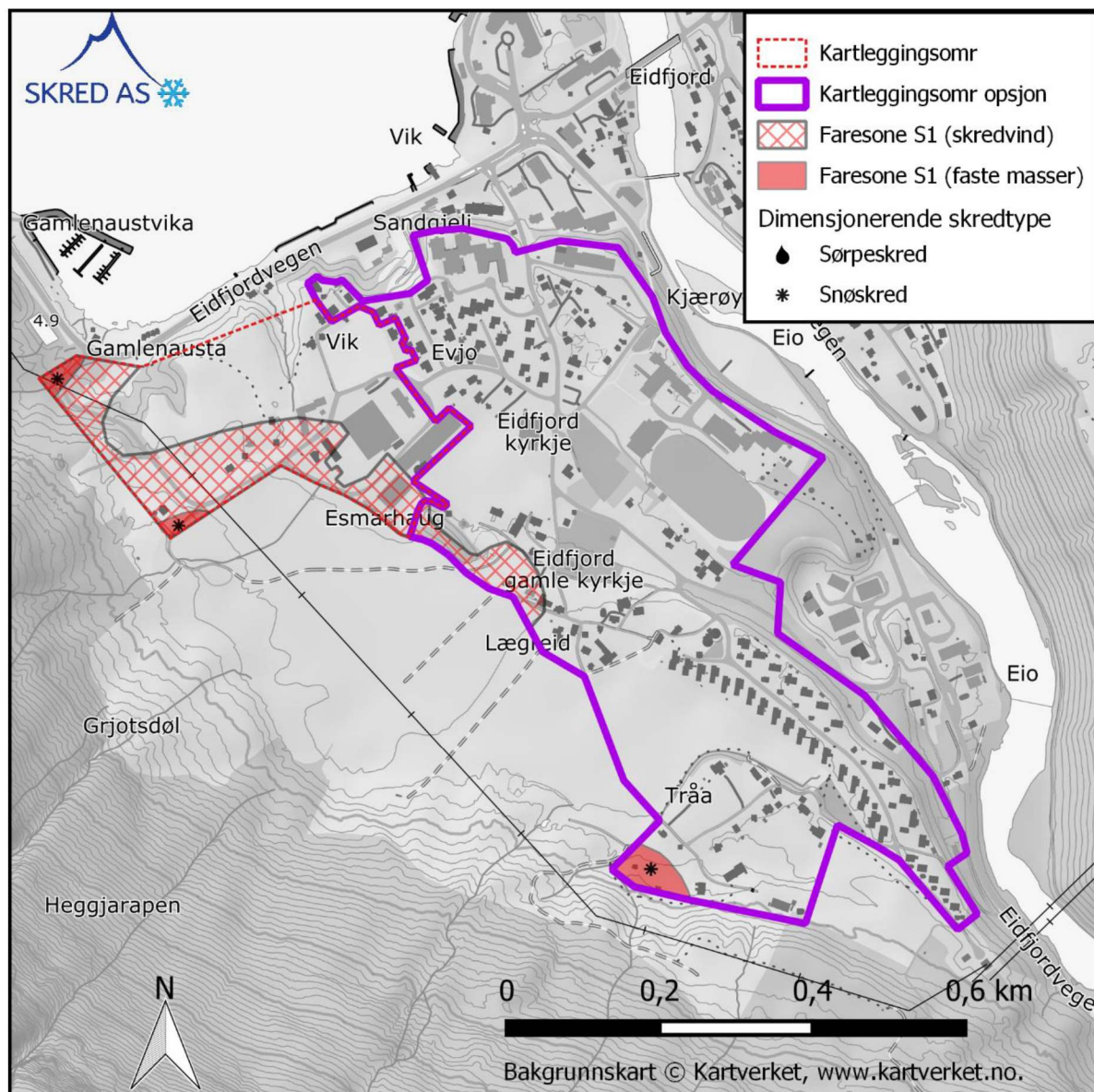
Det er faresoner med årlig sannsynlighet større enn 1/100, 1/1000 og 1/5000 i kartleggingsområdet (Figur 14, Figur 15 og Figur 16). Alle skredtyper som forekommer i bratt terreng, er aktuelle i dalsiden, men det er snøskred, skredvind og sørpeskred som er dimensjonerende for faresonene.

Skred AS kjenner til at brannstasjonen på GBnr. 5/104 er dimensjonert for å tåle et skredvindtrykk på 10 kPa, som er dimensjonerende trykk fra skredvind med årlig sannsynlighet på 1/1000 på brannstasjonstomten (Skred AS, 2020), og det gjelder trolig også

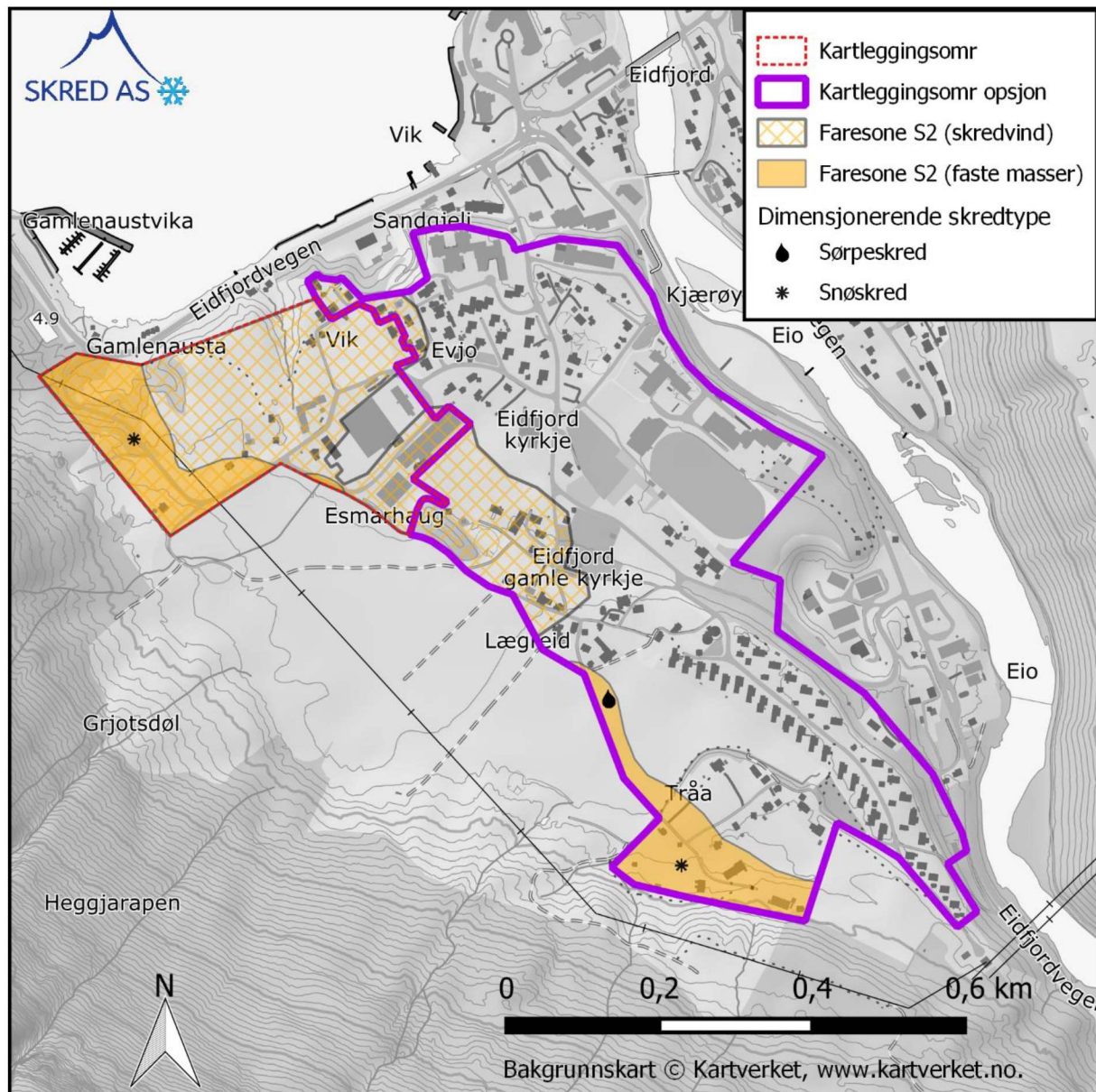
den solide steinkirka. Faresonene med årlig sannsynlighet 1/100 og 1/1000 stopper derfor ved disse bygningene, mens faresonen med årlig sannsynlighet 1/5000 passerer.

Skred AS kjenner ikke til hva de andre bygningene i området tåler. De antas likevel å ha noe reduserende effekt for skredvinden på lesiden av disse bygningene. For eksempel L-bygget på GBnr. 5/104 og steinkirka vil ha noe effekt på bygninger bakenfor.

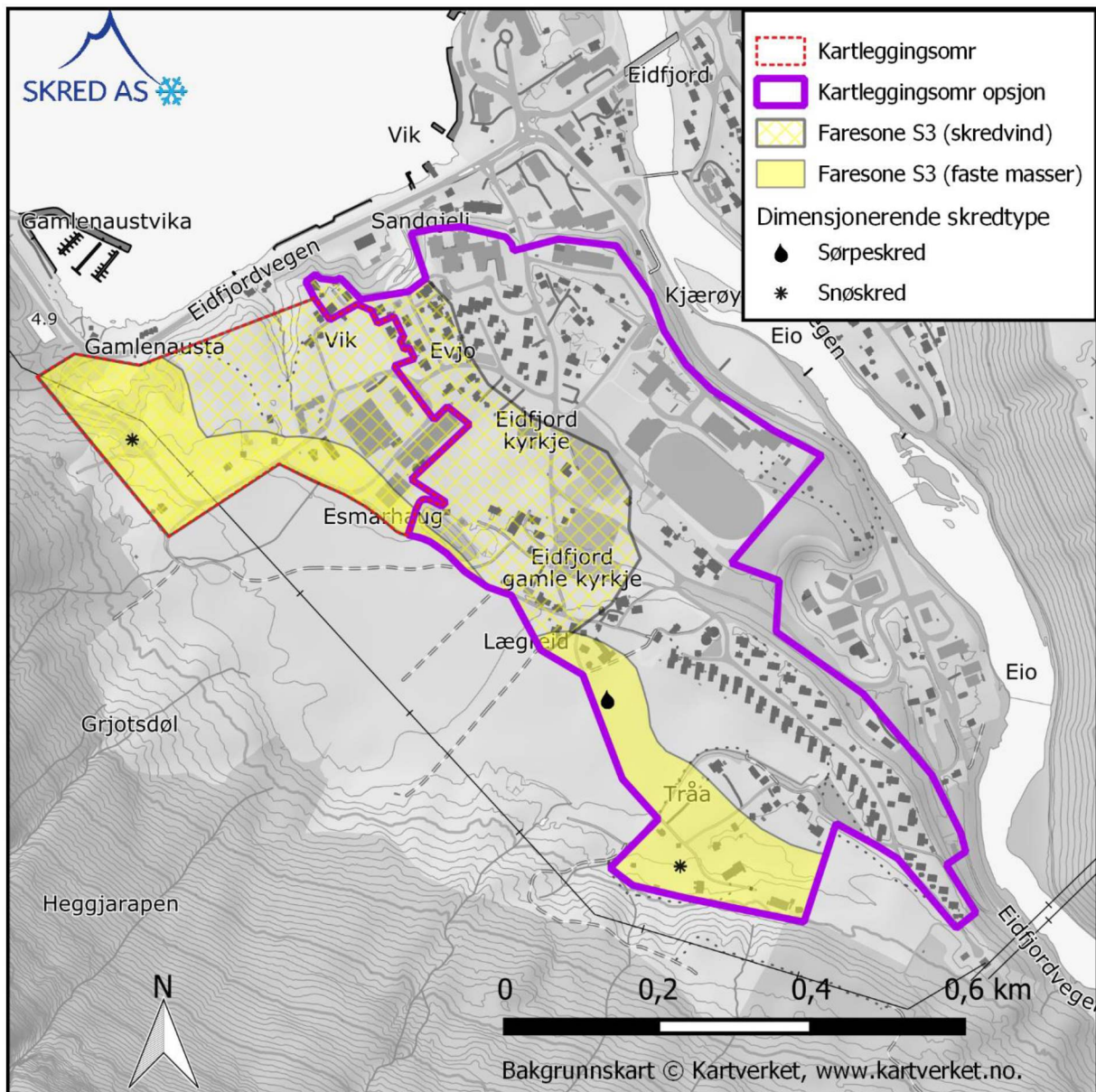
Skredvindberegningene (uten bygninger) så langt fra kildeområdene er usikre, men de indikerer at trykket fra skredvind er på ca. 3-6 kPa i fremre avgrensning der de skredvindgenererte faresonene er tegnet inn for de ulike sannsynlighetene. Erfaringer fra skredvindhendelser indikerer at første husrekke mot skredvinden tar av mye av vindenergien og styrer vinden opp og til sidene. Bygninger kan med høy sannsynlighet dimensjoneres/konstrueres mot slikt trykk (kap. 5.2), og bygges det flere bygninger i et skredvindutsatt område vil bygningene nærmest skredvinden ta av for en stor del av lastene for bygningene som oppføres på lesiden.



Figur 14: Faresoner for skred i bratt terreng med årlig sannsynlighet på 1/100. De faste snøskredmassene er vist med heldekkende farge, mens skredvind er vist med rutet skravur.



Figur 15: Faresoner for skred i bratt terreng med årlig sannsynlighet på 1/1000. De faste snøskredmassene er vist med heldekkende farge, mens skredvind er vist med rutet skravur.



Figur 16: Faresoner for skred i bratt terreng med årlig sannsynlighet på 1/5000. De faste snøskredmassene er vist med heldekkende farge, mens skredvind er vist med rutet skravur.

5 Muligheter for å redusere faresonene eller bygge innenfor faresonene

Siden deler av kartleggingsområdet er dekket av faresoner må det etableres sikringstiltak dersom det skal bygges tiltak innfor faresonene. Aktuelle sikringstiltak kan være fysiske sikringstiltak for å stoppe de faste snøskredmassene før de når tiltakene eller dimensjonerende bygninger til å tåle skredlastene. Sistnevnte er spesielt aktuelt i områder der skredvind er dimensjonerende skredtype.

5.1 Fysiske sikringstiltak mot faste snøskredmasser

Siden det er snøskred fra store løснеområder som er dimensjonerende for faresonene, er sannsynligvis fang-, -plog eller ledevoller de mest hensiktsmessige sikringstiltakene. Slike tiltak vil i de fleste tilfeller også føre til tilfredsstillende sikkerhet mot skredvind.

5.2 Anbefalinger til en skredvindtilpasset prosjektering av bygninger

Trykket fra skredvinden på et tiltak avhenger av flere forhold. Blant annet hvor tiltaket plasseres (kraftigst skredvind nærme dalsida) og det eksponerte arealet, dvs. arealet og vinkel på vegg(e) som treffes direkte av skredvinden.

Det er derfor en fordel om byggene kan tegnes med en form som i seg selv reduserer lastene fra skredvind og muligheten for skader. Dette betyr utforming med lavest mulig profil og uten tak-utstikk mot fjellsiden i sørvest. Uansett form, kan man designe bygg for å tåle lastene anslått ovenfor. Det kan for eksempel innebære konstruksjoner i betong, stål, stein eller gabioner fylt med stein.

Dører og vinduer mot sørvest må være dimensjonert for å tåle de beregnede lastene, størrelse og materialbruk på disse vil spille en vesentlig rolle. Punktlaster fra objekter som mindre stein og trevirke som flyr gjennom lufta med skredvinden må også vurderes.

I likhet med annen sterk vind, vil også skredvind utsette bygg for flere laster enn den normale lasten mot veggen som er direkte eksponert mot vinden, blant annet sug på tak, sidevegger og levegg. Disse bør beregnes iht. anbefalingene fra Byggforsk (2003).

5.3 Redusere sikkerhetsklassen for uteareal

Dersom tiltakene dimensjoneres mot skredvindtrykket, slik at det tilfredsstillende kravene til sikkerhet mot skred i definert sikkerhetsklasse, er fortsatt utearealet innenfor faresonen tilhørende sikkerhetsklassen. Skred AS har i flere tilfeller anbefalt at sikkerhetsklassen for utearealet kan reduseres en klasse sammenlignet med tiltaket. Dette er nå blitt inkludert i TEK17 (DiBK, 2018), der det står:

For bygninger som inngår i sikkerhetsklasse S2 kan kravet til sikkerhet for tilhørende uteareal reduseres til sikkerhetsnivået som er angitt for sikkerhetsklasse S1 (1/100). Dette fordi eksponeringstiden for personer, og dermed faren for liv og helse, normalt vil være vesentlig lavere utenfor bygningene.

Skred AS anbefaler følgelig at utearealet faller i en sikkerhetsklasse lavere enn selve tiltaket. Dette da det vil være betydelig mindre personopphold her i forhold til inne i tiltaket.

6 Konklusjon

Det er faresoner med årlig sannsynlighet større enn 1/100, 1/1000 og 1/5000 i området. Alle skredtyper som forekommer i bratt terreng, er aktuelle i dalsiden, men det er snøskred og skredvind som er dimensjonerende for faresonene.

I de deler av kartleggingsområdet som er dekket av faresoner må det etableres sikringstiltak dersom det skal bygges i området. Aktuelle sikringstiltak kan være fysiske sikringstiltak for å stoppe de faste snøskredmassene før de når tiltakene eller dimensjonere bygninger til å tåle skredvindtrykket. Sistnevnte er spesielt aktuelt i områder der skredvind er dimensjonerende skredtype, slik som i større deler av kartleggingsområdet.

Dersom tiltak dimensjoneres mot skredvindtrykket, anbefaler Skred AS at utearealet faller i en sikkerhetsklasse lavere enn selve tiltaket. Dette da det vil være betydelig mindre personopphold her i forhold til inne i tiltaket.

7 Referanser

- DiBK. (2018). *Byggeteknisk forskrift med veiledning (TEK 17)*.
- Kartverket. (2021). *Høydedata*. Hentet fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>
- Kartverket. (2021). *Norge i Bilder: Historiske flyfoto*.
- Multiconsult. (2015). *Kartlegging av skredfare, Menes-Vik-Lægreid*.
- NGI. (2018). *NVE rapport 5-2018 - Skredfarekartlegging i Eidfjord, Ulvik og Granvin kommuner*.
- NGU. (2021a). *Nasjonal begrunnsdatabase*. Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>
- NGU. (2021b). *Nasjonal løsmassedatabase*. Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- NVE. (2021). *NVE-rapport 9-2021: "Bruk av RAMMS::Debrisflow på kjente sørpeskredhendelser"*. NVE.
- NVE. (2020). *Sikkerhet mot skred i bratt terreng - utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak*. Versjon datert 12.11.2020. Webområde hentet fra <https://www.nve.no/veileder-skredfareutredning-bratt-terreng>. Hentet fra <https://www.nve.no/skredfarekartlegging/startsidene/?ref=mainmenu>
- NVE. (2021). *NVE Atlas*. Hentet fra <https://atlas.nve.no/>
- Skred AS. (2020). *Skredfarevurdering for Gamlenaustvegen i Eidfjord*.
- Skred AS. (2021). *21336 Eidfjord, Lægreid - Kartlegging av faresoner for skred*.