



MASTEROPPGAVE

Konflikter mellom etablert bebyggelse og kartlagte skredfaresoner, og hvordan kommunene håndterer konfliktene

Conflicts between established buildings and mapped landslide hazard zones, and how the municipalities handle the conflicts

Yngvild Skjeldnes

Climate Change Management

Fakultet for ingeniør- og naturvitenskap

Torgeir Opeland Røthe, Paula Hilger og Lisbeth Dahle

7. juni 2022

Konflikter mellom etablert bebyggelse og kartlagte skredfaresoner, og hvordan kommunene håndterer konfliktene

Masteroppgave i Climate Change Management

Forfatter: Yngvild Skjeldnes	Forfatter sign. 
Masteroppgave innlevert: Vår 2022	Åpen masteroppgave
Hovedveileder: Torgeir Opeland Røthe, Paula Hilger Medveileder: Lisbeth Dahle	
Emneord: <ul style="list-style-type: none">- Skredfare- Arealplanlegging- GIS	Antall sider: 68 + Vedlegg: 1 Sogndal, 7. juni, 2022

Dette arbeidet er gjennomført som del av masterprogrammet i Climate Change Management (norsk navn: Planlegging for klimaendringer) ved Institutt for miljø- og naturvitenskap, fakultet for ingeniør- og naturvitenskap, Høgskulen på Vestlandet. Studenten står selv ansvarlig for metodene som er brukt, resultatene som er kommet fram, og konklusjoner og vurderinger i arbeidet.

Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på det toårige masterprogrammet Climate Change Management, og hele fem års utdanning ved Høgskulen på Vestlandet i Sogndal. Det har vært fem lærerike år, der jeg har fått viktig kunnskap om geologi fra bachelorprogrammet Geologi og geofare, og gjennom masterprogrammet lært hvordan klimaet vil påvirke samfunnet i fremtiden. Geofarer og klima henger tett sammen, og bakgrunnen min har vært viktig for å forme denne masteroppgaven.

Jeg vil rette en stor takk til veilederne mine: Paula Hilger, Torgeir Opeland Røthe og Lisbeth Dahle. Paula formet denne oppgaven med meg fra starten, og laget et godt grunnlag for videre arbeid. Torgeir tok over stafettspinnen etter Paula og har kommet med viktige tilbakemeldinger for å utvikle oppgaven videre. Lisbeth har vært med fra start til slutt og hatt gode innspill hele veien. Takk for all hjelp og gode diskusjoner!

I tillegg vil jeg takke Eirik Rygg fra Sogndal kommune, Magnhild Myklebust fra Bremanger kommune og John Ove Rørnes fra Ullensvang kommune for informasjon og tilgang til aktuelle dokumenter.

Til slutt vil jeg også takke venner og familie for mental støtte gjennom hele masterperioden og hjelp med rettskriving av oppgaven.

Sammendrag

Vestland er et av de mest skredutsatte fylkene i Norge, og skredfare er noe Vestlands befolkning lever med hver dag. For å beskytte befolkningen mot skredfare godkjenner kommunen kun ny utbygging i skredsikre områder. Ansvar for å sikre allerede etablert skredutsatt bebyggelse ligger også hos kommunen, men utbygging av sikringstiltak er ikke et lovpålagt krav.

Med denne masteroppgaven ønsker jeg å sette fokus på skredutsatt etablert bebyggelse ved å få et overblikk av konfliktene mellom etablert bebyggelse og kartlagte skredfaresoner, og undersøke hvordan kommunene håndterer skredutsatt bebyggelse. Usikkerhetene rundt grensene til skredfaresonene blir også diskutert, og til slutt muligheten for å bruke sannsynlighetsregning som hjelpemiddel for å rangere konfliktene.

Konfliktene ble identifisert i en GIS-analyse, og deretter ble en dokumentanalyse utført for tre skredutsatte områder for å undersøke hva kommunene har gjort etter konfliktene ble identifisert. I GIS-analysen blir 5 425 bygg identifisert som konflikter med kartlagte skredfaresoner i Vestland, men antallet skredutsatte bygg er trolig en del høyere, da over 200 000 bygg ligger innenfor aktsomhetssonene for skred i bratt terreng i Vestland fylkeskommune. Dokumentanalysen viser at kommunene har et ønske om å sikre den skredutsatte bebyggelsen, der to av tre caser har begynt planlegging av sikringstiltak kort tid etter skredfarekartleggingen ble utført. For kommuner med mange skredutsatte bygg kan en forenklet sannsynlighetsregning være til hjelp for å rangere konfliktene ytterligere enn TEK17.

Videre kartlegging og statlig finansiering er avgjørende for å kunne sikre befolkningen mot skredfare. Det er viktig at arbeidet med skredfarekartlegging fortsetter, slik at flere konflikter kan identifiseres. For å beskytte befolkningen i fremtiden er det også viktig at faresonene blir kartlagt med et godt datagrunnlag, og at en feilmargin blir inkludert for å ta bort noe av usikkerhetene rundt faktorer som klima og vegetasjon. Med flere skredfaresoner blir det lettere for kommunene å identifisere skredutsatte bygg, noe som trolig vil øke ønsket om å utbygge sikringstiltak. Staten har allerede en støtteordning der kommunen kan søke om tilskudd til sikringstiltak gjennom NVE, men dette budsjettet bør økes ytterligere så flere sikringstiltak kan utbygges, slik at befolkningen beskyttes mot skredfare.

Abstract

Vestland county is one of the most landslide prone counties in Norway, and this hazard is something Vestland's population must live with every day. To protect the population from landslides, the municipalities can only approve new buildings in landslide safe areas. The responsibility to protect the already established buildings from landslides lies with the municipalities, but they are not required to build landslide mitigation measures.

With this thesis, I want to set the spotlight on established buildings in landslide prone areas by getting an overview of the conflicts between buildings and landslide hazard zones, and to research how the municipalities deal with landslide prone buildings. The uncertainties of the mapped hazard zones are being discussed, and lastly, I investigate if a probability calculation can be used as a tool to range the conflicts.

The conflicts were identified through a GIS analysis, then three cases were investigated to see how the municipalities have dealt with their conflicts. 5,425 of the buildings in Vestland county were identified as conflicts, but the total number of landslide prone buildings are probably bigger, as 200,000 buildings are located inside the landslide susceptibility zones. The document analysis illustrates that the municipalities want to protect the landslide prone buildings, as two of three cases has started planning landslide mitigation measures shortly after the hazard zones were mapped. For municipalities with many buildings located inside hazard zones, a probability calculation can be helpful for ranging the conflicts.

Further hazard mapping and more governmental funding is crucial to protect the population from landslides. By mapping more landslide hazard zones, more conflicts can be identified. And to keep the population protected in the future it is important to have a good data baseline, including a margin of error to remove some of the uncertainties regarding factors like climate and vegetation. It will be easier for the municipalities to identify landslide prone building with more hazard zones, which might increase the number of landslide mitigation measures being built. The government supports municipalities financially for building mitigation measures, but this budget must be increased to protect the population from landslides.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	III
Figurliste	VI
Tabelliste	X
1 Introduksjon	1
2 Områdebeskrivelse.....	3
2.1 Geografi	3
2.2 Geologi og landskap.....	4
2.2.1 Berggrunnsgeologi.....	4
2.2.2 Kvartærgeologi	5
2.2.3 Landskap.....	7
2.3 Arealbruk og vegetasjon	8
2.4 Klima	9
2.4.1 Dagens klima	9
2.4.2 Fremtidens klima.....	9
3 Teori.....	11
3.1 Skred i bratt terreng	11
3.1.1 Skred i fast fjell	11
3.1.2 Løsmasseskred	12
3.1.3 Snøskred	15
3.1.4 Sørpeskred.....	16
3.2 Kartlegging av skredfare	17

3.2.1	Aktsomhetskart	17
3.2.2	Faresonekart.....	17
3.3	Skredfare i arealplanlegging	18
3.3.1	Plan- og bygningsloven.....	18
3.3.2	ROS-analyse.....	19
3.3.3	TEK17	19
3.3.4	Ny bebyggelse	21
3.3.5	Eksisterende bebyggelse	21
4	Metode	23
4.1	GIS.....	23
4.2	Sannsynlighetsregning	26
4.3	Dokumentanalyse	26
5	Resultater	27
5.1	GIS.....	27
5.1.1	Identifiserte konflikter.....	27
5.1.2	Konflikter innenfor en 10 meter buffersone.....	31
5.2	Case-studier	32
5.2.1	Barnehage i Sogndal, Sogndal kommune.....	32
5.2.2	Sykehjem i Kalvåg, Bremanger kommune.....	41
5.2.3	Boliger i Vikebygd, Ullensvang kommune.....	46
6	Diskusjon	54
6.1	Lokalisering av konflikter	54
6.2	Usikkerhet rundt skredfaresoner	55
6.3	Ansvarsområder	57

6.3.1	Statens ansvar	57
6.3.2	Kommunens ansvar	60
6.3.3	Grunneier og utbyggers ansvar	62
6.4	Rangering av konflikter	63
6.5	Feilkilder og videre arbeid	64
6.5.1	Kategorisering av bygg ifølge TEK17	64
6.5.2	Alderen på konflikter.....	65
6.5.3	10-meters buffersone	65
6.5.4	Klimaendringer og skred	66
6.5.5	Sannsynlighetsregning som rangeringsmetode	66
7	Konklusjon	67
	Referanser	69
	Vedlegg I: Sortering av bygningstyper og TEK17.....	75

Figurliste

Figur 1: Oversiktskart over Sør-Norge, som viser Vestland fylkeskommune innenfor den mørkegrønne linjen.....	3
Figur 2: Forenklet geologisk kart over Vestland fylkeskommune som viser devonske bergarter (gult), kaledonske bergarter (grønt) og grunnfjell (rosa) (NGU, 2022a; Ramberg et al., 2006).	5
Figur 3: Løsmassekart over Vestland fylkeskommune som viser morene- (grønn), forvittrings- (lilla) og skredmateriale (sterk rosa), sammen med bart fjell (lys rosa). Løsmassene avsmeltingsmorene, breelv- og bresjøavsetninger, elve- og bekkeavsetninger, organiske masser og fyllmasser befinner seg også i området, men er ikke synlig i denne målestokken (NGU, 2022b).	6
Figur 4: Høydegradientkart over Vestland fylkeskommune (Kartverket, 2022).....	7

Figur 5: Kart over arealtypene i Vestland fylkeskommune som viser arealtypene bebygd areal og samferdsel (grå), jordbruk (beige), skog (grønn), åpen fastmark (brun), isbre (hvit), ferskvann (lyseblå) og hav (blå) (NIBIO, 2021).....	8
Figur 6: Illustrasjon av skred i fast fjell som viser klassifisering av steinsprang, steinskred og fjellskred, samt utløsningsområdet øverst i fjellsiden og avsetningsområdet nederst i skråningen (Hardeng, 2021).....	11
Figur 7: Illustrasjon som viser a) kanaliserte og b) ikke-kanaliserte jordskred (NVE, 2013a).....	13
Figur 8: Illustrasjon av flomskred (NVE, 2013a).....	14
Figur 9: Illustrasjon av flakskred og løsmasseskred (Leid & Kristensen, 2003).....	15
Figur 10: Analyseområdene for skredfarekartlegging (rødt) som har blitt utført i Vestland fylkeskommune. Analyseområdene dekker omtrent 1% av Vestlands areal (NVE, 2022).	18
Figur 11: Akseptabel plassering av bygg etter sikkerhetsklassene S1, S2 og S3 innenfor skredfaresoner for skred i bratt terreng (NVE, 2020b).....	20
Figur 12: Fordelingen av S3-bygg som ligger innenfor skredfaresonen med årlig sannsynlighet på >1/100.	28
Figur 13: Fordelingen av S3-bygg som ligger innenfor skredfaresonen med årlig sannsynlighet på 1/100-1/1 000.	28
Figur 14: Fordelingen av S3-bygg som ligger innenfor skredfaresonen med årlig sannsynlighet på 1/1 000-1/5 000.....	28
Figur 15: Fordelingen av S2-bygg som ligger innenfor skredfaresonen med årlig sannsynlighet på >1/100.	29
Figur 16: Fordelingen av S2-bygg som ligger innenfor skredfaresonen med årlig sannsynlighet på 1/100-1/1 000.	29
Figur 17: Fordelingen av S1-bygg som ligger innenfor skredfaresonen med årlig sannsynlighet på >1/100.	30
Figur 18: Oversiktskart over konflikter mellom bebyggelse (TEK17) og skredfaresoner vist som punkter. De hvite punktene er bygg i sikkerhetsklassen S1, lyseblå er S2-bygg og mørkeblå punkt er S3-bygg.....	31

Figur 19: Kart over bebyggelse innenfor skredfaresoner for skred i bratt terreng sør i Sogndalsfjóra, Sogndal kommune. Kartet viser skredfaresonene ved årlig sannsynlighet for skred, der $>1/100$ er vist i rød, $1/100 - 1/1\ 000$ er vist i oransje og $1/1\ 000 - 1/5\ 000$ er vist i gul. Konfliktene mellom bebyggelse kategorisert etter TEK17 og skredfaresonene er vist i en skala fra mørk blågrønn til lys blågrønn. Den mørkeste fargen viser bygg med størst konflikt og den lyseste er bygg med minst konflikt. Kyrkjebakken barnehage er illustrert med et svart omriss.	33
Figur 20: Kart over kartleggingsområdet Stedje-Skjeldestad, innenfor den rosa linjen (Grue et al., 2017). En svart sirkel er lagt på kartet for å vise plasseringen av Kyrkjebakken barnehage.....	34
Figur 21: Skredfarekart for jordskred og steinsprang over Stedje i Sogndal. Planområdet Øvre Stedje er vist innenfor den svarte kanten, og Kyrkjebakken barnehage er også illustrert med en pil (Rustad & Nes, 2019).....	36
Figur 22: Posisjonen til eksisterende sikringstiltak. En 1-1,5 meter dyp grøft markert i brunt (Rustad & Nes, 2019).....	37
Figur 23: Posisjonen til eksisterende sikringstiltak. En skredvoll markert i gult. Pilene markerer hvordan vollen vil lede et skred bort fra boligfeltet (Rustad & Nes, 2019).	37
Figur 24: Skredfaresone for skred løsmasseskred og steinsprang med årlig sannsynlighet på over $1/333$ (Rustad & Nes, 2019).	38
Figur 25: Forslag til sikringstiltak i Øvre Stedje. Fordyping av eksisterende grøft og fanggjerd på den østlige og vestlige siden av grøften (Rustad & Nes, 2019).	39
Figur 26: Bilde av grøften og fanggjerdet ovenfor bebyggelsen i Stedje, Sogndal kommune (Foto: Yngvild Skjeldnes).....	40
Figur 27: Kart over bebyggelse innenfor skredfaresoner for skred i bratt terreng i Kalvåg, Bremanger kommune. Kartet viser skredfaresonene ved årlig sannsynlighet for skred, der $>1/100$ er vist i rød, $1/100 - 1/1\ 000$ er vist i oransje og $1/1\ 000 - 1/5\ 000$ er vist i gul. Konfliktene mellom bebyggelse kategorisert etter TEK17 og skredfaresonene er vist i en skala fra mørk blågrønn til lys blågrønn. Den mørkeste fargen viser bygg med størst konflikt og den lyseste er bygg med minst konflikt. Bremanger sykehjem er illustrert med et svart omriss.	41
Figur 28: Kart over kartleggingsområdet Kalvåg, innenfor den blå linjen (Lohne & Molina, 2017). En svart sirkel er lagt på kartet for å vise plasseringen av Bremanger sykehjem.....	42

Figur 29: Lokalisering av fanggjerdar på oversiden av Bremanger sykehjem (Bjørkhaug & Ljone, 2021).....	44
Figur 30: Lokalisering av sikringsone 1, 2 og 3 på oversiden av Bremanger sykehjem (Bjørkhaug & Ljone, 2021).	44
Figur 31: Kart over bebyggelse innenfor skredfaresoner for skred i bratt terreng i Vikebygd, Ullensvang kommune. Kartet viser skredfaresonene ved årlig sannsynlighet for skred, der >1/100 er vist i rødt, 1/100 – 1/1 000 er vist i oransje og 1/1 000 – 1/5 000 er vist i gul. Konfliktene mellom bebyggelse kategorisert etter TEK17 og skredfaresonene er vist i en skala fra mørk blågrønn til lys blågrønn. Den mørkeste fargen viser bygg med størst konflikt og den lyseste er bygg med minst konflikt. Boligene er illustrert med et svart omriss.....	46
Figur 32: Kart over kartleggingsområdet Vikebygd, innenfor den rosa linjen (Kronholm, 2016). De svarte sirklene er lagt på kartet for å vise plasseringen av de identifiserte konfliktene.	47
Figur 33: Kartleggingsområde P1, P2 og P3 for skredfarevurderingen for Nå i Vikebygd (Sandersen et al., 2021). En svart sirkel er lagt på kartet for å vise plasseringen av en av de identifiserte konfliktene.....	49
Figur 34: Eksisterende sikringstiltak over Kvestad gård (Sandersen et al., 2021).	50
Figur 35: Snøskredsimulering i RAMMS fra NGI-rapporten (Sandersen et al., 2021). De svarte sirklene er lagt på kartet for å vise plasseringen av de identifiserte konfliktene.....	51
Figur 36: Flomskredsimulering i RAMMS fra NGI-rapporten (Sandersen et al., 2021). De svarte sirklene er lagt på kartet for å vise plasseringen av de identifiserte konfliktene.	51
Figur 37: Flom- og sørpeskredsimulering i RAMMS fra NGI-rapporten. Simuleringen tar ikke høyde for en mur ovenfor Kvestad, og det kan dermed antas at sørpeskredet blir ledet ut i elva, som illustrert med en rød pil (Sandersen et al., 2021). En svart sirkel er lagt på kartet for å vise plasseringen av en av de identifiserte konfliktene.	52
Figur 38: Faresonekart over P1, P2 og P3 (Sandersen et al., 2021). En svart sirkel er lagt på kartet for å vise plasseringen av en av de identifiserte konfliktene.....	52
Figur 39: Utbetalte tilskudd til sikrings- og miljøtiltak fra NVE fra 2007 til 2021 (blå) (Haugum, 2019; Haugum et al., 2021; Haugum et al., 2020; Haugum et al., 2018; Haugum et al., 2017; Haugum et al., 2016; Haugum et al., 2015; Haugum et al., 2014; Haugum et al., 2022; Haugum et	

al., 2013; Haugum et al., 2009; Haugum et al., 2012; Haugum et al., 2010, 2011; Østvold et al., 2008), og budsjettet for tilskudd til sikrings- og miljøtiltak for 2022 (oransje) (Olje- og energidepartementet & Justis- og beredskapsdepartementet, 2021).59

Tabelliste

Tabell 1: Arealbruk i Vestland fylkeskommune, i prosent (SSB, 2021).	8
Tabell 2: Sikkerhetsklassene for plassering av bygg i skredfaresoner for skred i bratt terreng (TEK17, 2021).	20
Tabell 3: Kategorisering av konflikt mellom bebyggelse og skredfaresoner etter TEK17.	24
Tabell 4: Antall konflikter mellom bygg i kategoriene S1, S2 og S3 og skredfaresonene for skred i bratt terreng i Vestland fylkeskommune.	27
Tabell 5: Antall konflikter mellom bygg i kategoriene S1, S2 og S3 og en 10 meter buffersone rundt de eksisterende skredfaresonene for skred i bratt terreng i Vestland fylkeskommune.	32
Tabell 6: Estimerte sikringsbehov for sikringszone 1, 2 og 3 (Bjørkhaug & Ljone, 2021).	44
Tabell 7: Rangering av konflikter etter TEK17.	63

1 Introduksjon

Skred er en av de farligste naturfarene i Norge, med over 4 000 liv registrert omkomne som følge av skredhendelser gjennom Norges historie. Snøskred er den dødeligste skredfaren, etterfulgt av leir- og jordskred, og fjell- og steinskred (Furseth, 2006). Denne oppgaven vil fokusere på skred i bratt terreng, som inkluderer skredtypene skred i fast fjell, løsmasseskred, snøskred og sørpeskred (Direktoratet for byggkvalitet, 2018).

Vestland fylkeskommune er spesielt utsatt for skred i bratt terreng på grunn av den kontrastrike topografien. Landskapet i Vestland er fylt med høye fjell, dype fjorder og lange dalstrøk (Thorsnæs, 2020), noe som fører til mange bratte skråninger og begrenset utbyggingsareal i flere områder (Drageset, 2020). Det har vært flere skredhendelser i Vestland de siste årene som har resultert i materielle skader på etablert bebyggelse. I 2016 nådde et løsmasseskred et boligbygg i Sogndal (Rustad & Nes, 2019) og i 2017 skylte et flomskred flere hus på fjorden i Utvik (NVE, 2020a). Men noen skredhendelser har også ført til dødsfall. I 2011 traff et sørpeskred et bolighus i Balestrand, der to personer omkom (Sandersen, 2011), og i Osterøy omkom en person etter et jordskred i et boligfelt (NVE, 2017). Skredfare er noe en del av befolkningen i Vestland fylkeskommune lever med hver dag, enten fordi de bor i skredutsatte boliger eller er avhengig av andre skredutsatte bygg.

Arealplanlegging er et av verktøyene som blir brukt for å sikre befolkningen mot skred. Ved utbygging må kommunene sikre at nye bygg blir plassert i skredsikre områder (Eidsvig, 2019), men for skredutsatt etablert bebyggelse er kravene for skredsikring vage. Ansvaret for å sikre skredutsatt bebyggelse ligger hos kommunen, men det er ingen lovgivende krav som sier skredutsatt etablert bebyggelse må sikres (Meld. St. 15 (2011–2012)). Det er derfor opp til kommunene selv å prioritere skredsikring av skredutsatt bebyggelse.

Formålet med denne oppgaven er å sette fokus på skredutsatt etablert bebyggelse i Vestland fylkeskommune, slik at flere skredutsatte bygg kan identifiseres og sikres. Siden 2012 har NVE jobbet systematisk for å kartlegge skredfaresoner i de mest utsatte områdene i landet (Øydvin & Slåtten, 2019), men behovet for faresonekart er fortsatt stort. Det er også et stort behov for å sikre bebyggelsen mot skred, der NVE har estimert at det vil koste 47 milliarder kroner å

skredsikre all skredutsatt bebyggelse i Norge (Wasrud et al., 2021). Det er også essensielt med god arealplanlegging og risiko- og sårbarhetsanalyse fra kommunen, slik at ny bebyggelse bygges utenfor skredutsatt område, og at behov for sikringstiltak identifiseres og prioriteres.

Denne masteroppgaven er todelt, der jeg først vil få et overblikk over situasjonen av skredutsatt bebyggelse, og deretter ser nærmere på tre caser av bebyggelse i skredfasesoner.

Problemstillingene i denne oppgaven er:

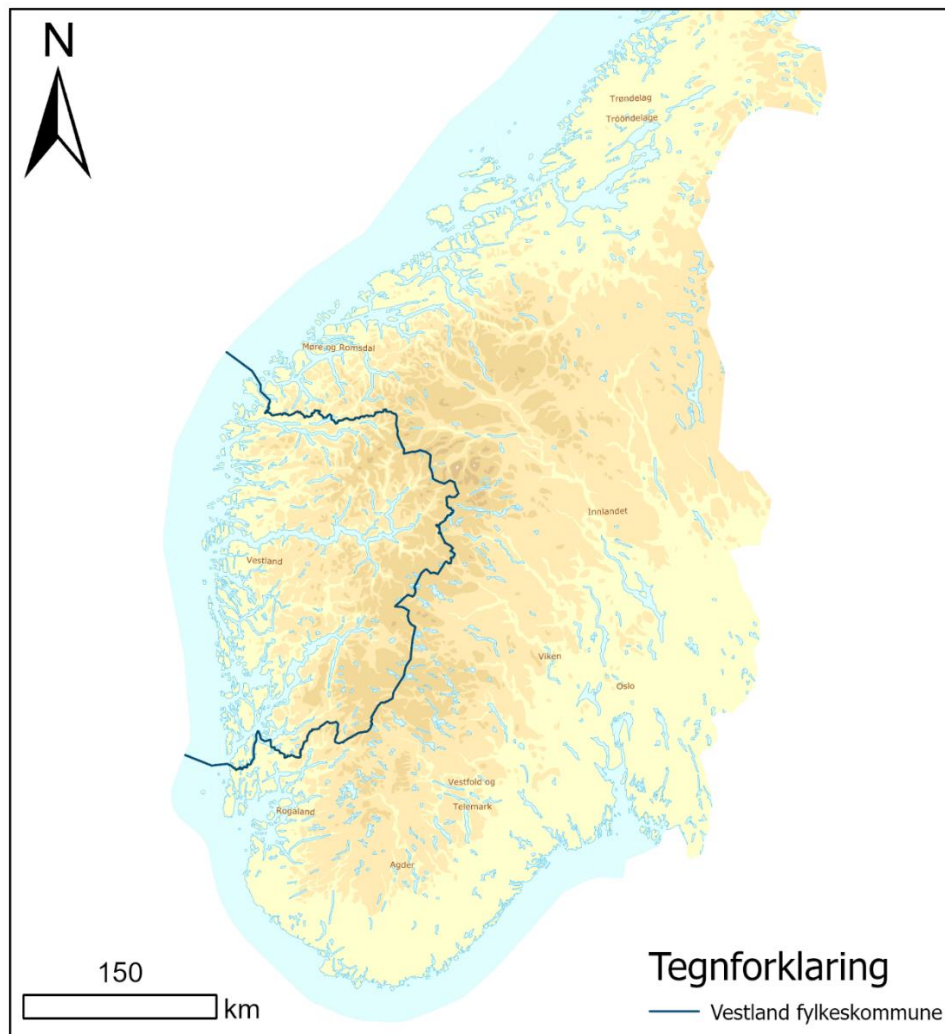
1. *Identifisere skredutsatt bebyggelse i Vestland fylkeskommune.*
 - a. *Hvor mange konflikter er det mellom etablert bebyggelse og skredfasesoner for skred i bratt terreng i Vestland fylkeskommune?*
 - b. *Kan en 10-meters buffersone rundt kartlagte skredfasesoner illustrere usikkerhetene rundt plasseringen av disse fasesonene?*
2. *Undersøke hvordan skredutsatt bebyggelse blir håndtert i kommunene.*
 - a. *Hvordan har de aktuelle kommunene håndtert casene?*
 - b. *Kan en forenklet sannsynlighetsregning hjelpe kommunene med å rangere konfliktene?*

Geografiske informasjonssystemer (GIS), dokumentanalyse og sannsynlighetsregning er metodene som har blitt brukt for å svare på disse problemstillingene. GIS ble brukt for å identifisere hvor mange bygg som er i konflikt med skredfasesoner, og for å lage en buffersone rundt skredfasesonene, slik at usikkerhetene rundt fasesonene ble illustrert. En dokumentanalyse ble utført for tre case-områder, der rapporter og andre dokumenter som omtaler konfliktene ble gjennomgått. Videre ble sannsynlighetsregningen utført for de tre casene, for å kunne rangere de opp mot hverandre som et forslag til rangeringsmetode av konflikter.

2 Områdebeskrivelse

2.1 Geografi

Vestland er en ny fylkeskommune som ble dannet i 2020 som ligger vest i den sørlige delen av Norge (figur 1), bestående av de tidligere fylkeskommunene Hordaland og Sogn og Fjordane. Vestland grenser til flere fylker, Møre og Romsdal i nord, Innlandet, Viken, samt Vestfold og Telemark i øst, og Rogaland i sør. Vestland fylkeskommune har et samlet areal på 34 000 km² som er delt inn i 43 kommuner, med et folketall på over 634 000 innbyggere. Over 50% av befolkningen i Vestland er bosatt i eller rundt Bergensområdet (Thorsnæs, 2020), mens befolkningen ellers er spredt på øyer ved kysten, langs fjordene eller i dype daler (Hordaland fylkeskommune & Sogn og Fjordane fylkeskommune, 2020).



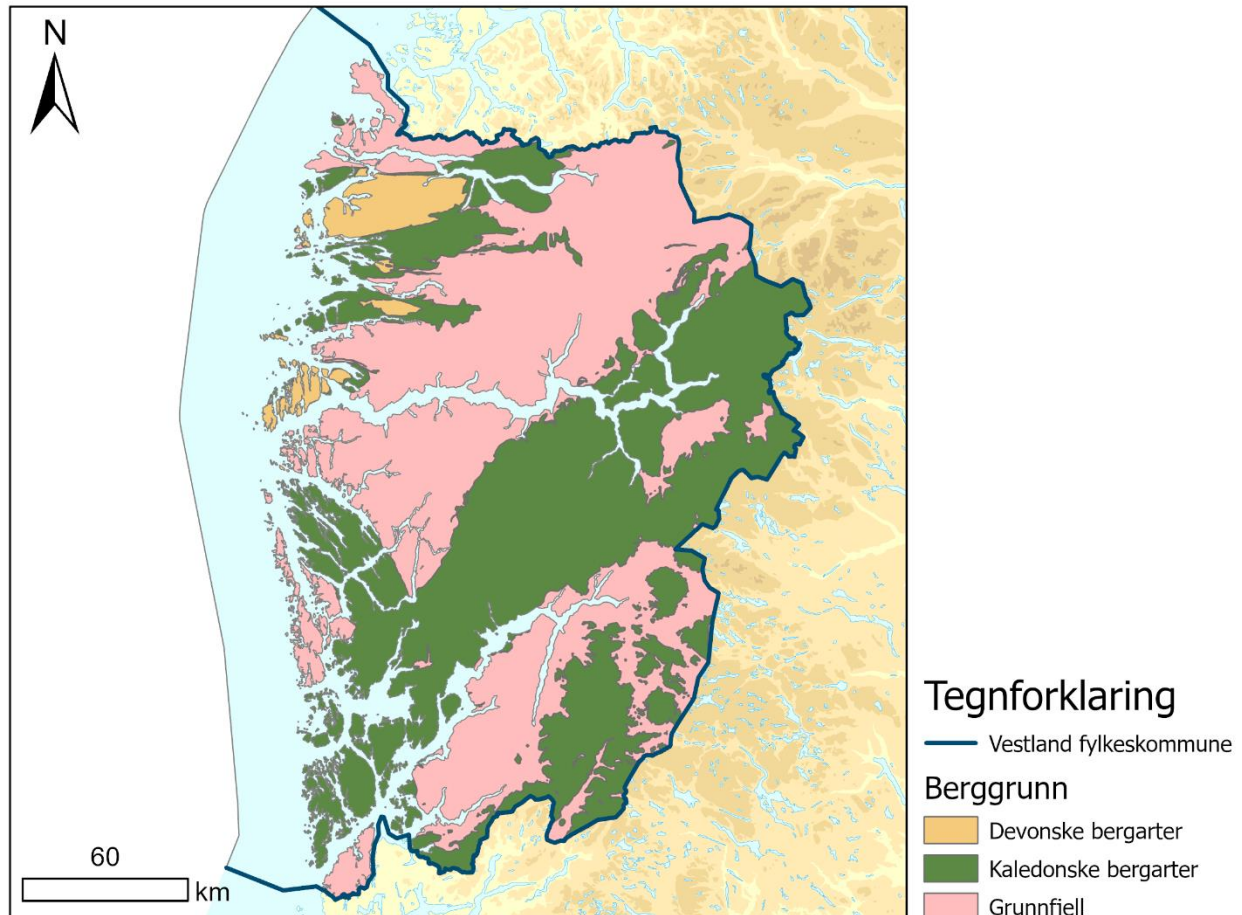
Figur 1: Oversiktskart over Sør-Norge, som viser Vestland fylkeskommune innenfor den mørkegrønne linjen.

2.2 Geologi og landskap

Geologi og landskap er tett knyttet til hverandre, da geologien i et område kan fortelle mye om hvordan og hvorfor landskapet ser ut som det gjør i dag. Berggrunnen og løsmassene, samt topografien i Vestland sier mye om hvordan landskapet har utviklet seg og blitt formet over tid (Bjarnadóttir, 2021).

2.2.1 Berggrunnsgeologi

Berggrunnen i Vestland kan deles inn i tre hovedkategorier: Devonfeltet, den kaledonske fjellkjeden og grunnfjell (figur 2). Devonfeltet ligger nordvest i Vestland fylkeskommune, ved kysten (Dagestad et al., 2003) og er rester av et sedimentasjonsbasseng om ble dannet i Devontiden for mellom 416 og 359 millioner år siden, og senere har blitt foldet og omgjort (Ramberg et al., 2006). Som et belte fra nordøst til sørvest gjennom fylket ligger restene av den kaledonske fjellkjeden (Dagestad et al., 2003). Den kaledonske fjellkjeden ble dannet for mellom 500 og 405 millioner år siden ved en kollisjon mellom de tidligere kontinentene Baltika (dagens Nord-Europa) og Laurentia (dagens Nord-Amerika), der de baltiske bergartene ble presset under den laurentiske tektoniske platen og omgjort gjennom metamorfose (Ramberg et al., 2006). Både sør og nord for de kaledonske bergartene ligger områder med grunnfjell (Dagestad et al., 2003). Grunnfjellet består av bergarter dannet i prekambrium og representerer de eldste bergartene i Vestland fylkeskommune som ble dannet for over 900 millioner år siden (Ramberg et al., 2006), der gneis og granitt er de vanligste bergartene (Bryhni, 2021).



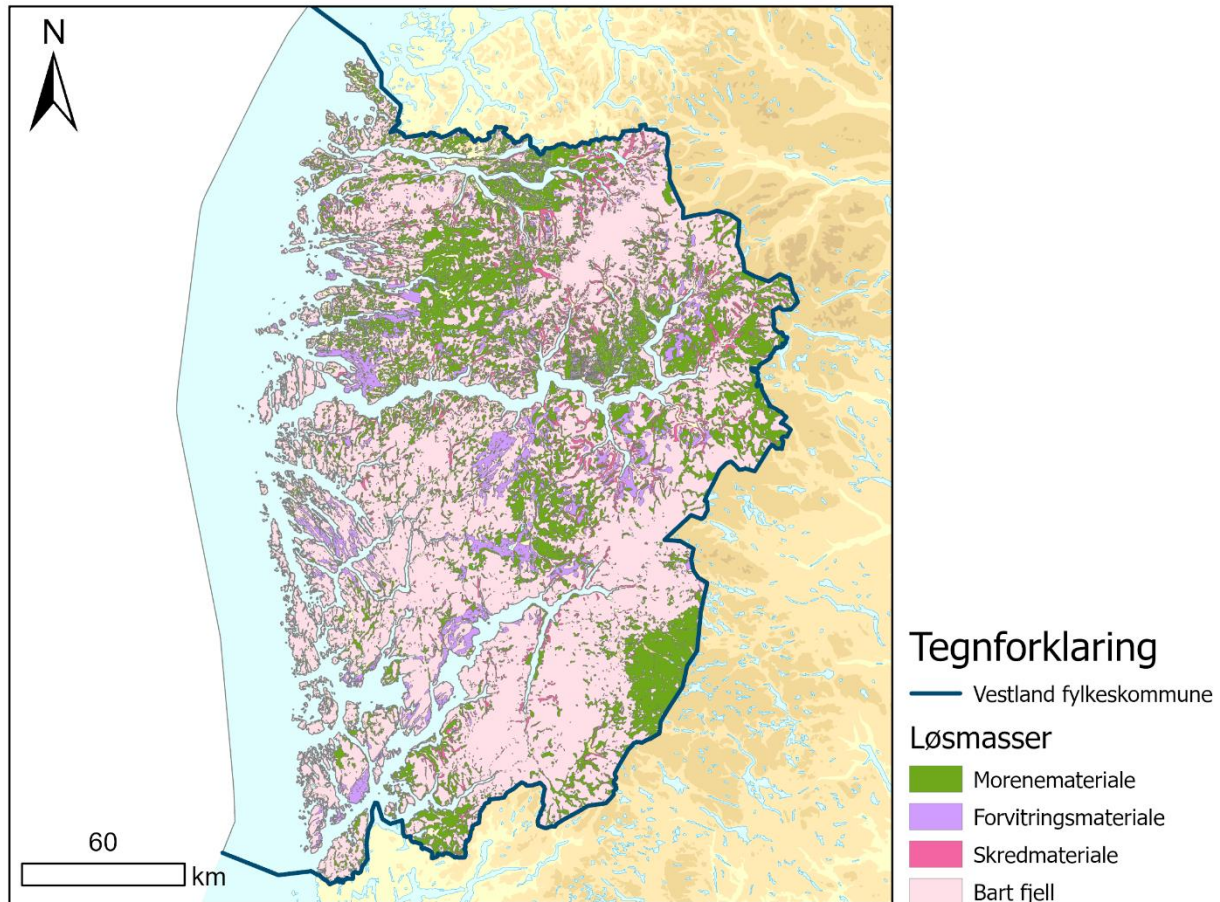
Figur 2: Forenklet geologisk kart over Vestland fylkeskommune som viser devonske bergarter (gult), kaledonske bergarter (grønt) og grunnfjell (rosa) (NGU, 2022a; Ramberg et al., 2006).

2.2.2 Kwartærgeologi

Løsmassene som ligger over berggrunnen stammer i hovedsak fra kvartærtiden, en periode som startet for omtrent 2,6 millioner år siden og varer til i dag (Lyså, 2015). Kwartærperioden kjennetegnes som en tid med svingninger mellom istider og mellomistider, der istidene har hatt stor innvirkning på løsmassene og landskapet som finnes i Vestland fylkeskommune i dag. Under istidene eroderte breene landskapet og avsatte løsmasser i form av morenedekker og -rygger. I mellomistidene har breelvene vært en viktig driver for transport av løsmasser, der sand, grus og leire har blitt fraktet og avsatt av breelvene. Store deler av dagens løsmassedekke er et resultat av den siste istiden, Weichsel, som varte fra 117 000 til 11 700 år siden (Lyså, 2015).

Løsmassedekket i Vestland er variert og består både av morene fra istidene, skredmateriale og nyere materialer fra forvittringsprosesser. Av løsmassene vi finner i Vestland fylkeskommune er det morenematerialer som tar opp mest areal, etterfulgt av forvittringsmateriale og

skredmateriale (figur 3). Det er også mindre områder med avsmeltingsmorene, breelv- og bresjøavsetninger fra mellomistidene, samt nyere elve- og bekkeavsetninger, organiske masser som torv og myr, og menneskeskapte fyllmasser (NGU, 2022b), som ikke er synlig i målestokken til figur 3.

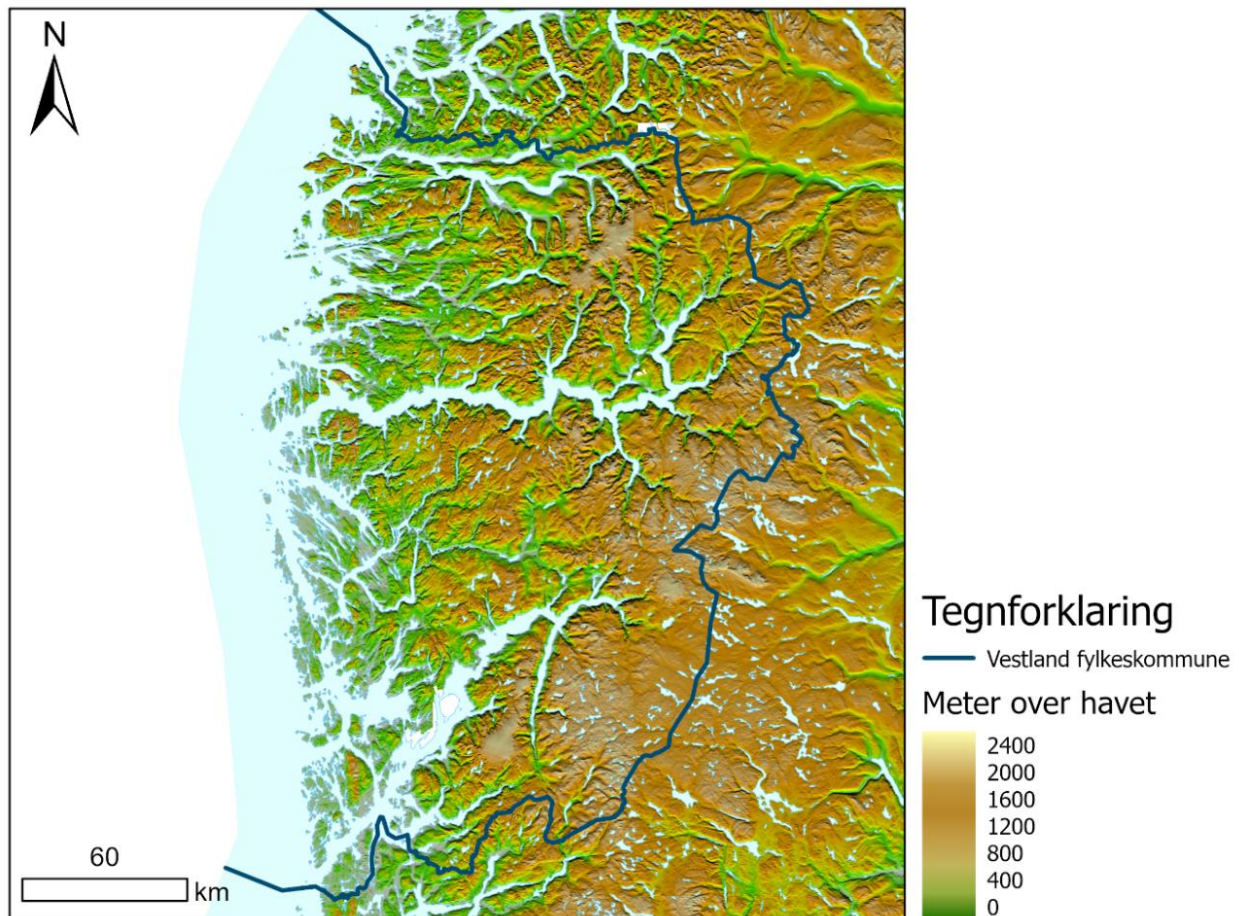


Figur 3: Løsmassekart over Vestland fylkeskommune som viser morene- (grønn), forvittrings- (lilla) og skredmateriale (sterk rosa), sammen med bart fjell (lys rosa). Løsmassene avsmeltingsmorene, breelv- og bresjøavsetninger, elve- og bekkeavsetninger, organiske masser og fyllmasser befinner seg også i området, men er ikke synlig i denne målestokken (NGU, 2022b).

Istidene i Kvartærtiden har også vært nødvendige for å forme landskapet i Vestland. Gjentakende erosjon ved omtrent 40 istider har resultert i dype fjorder og daler, samt formet fjell til tinder og egger (Lyså, 2015). Tyngden av breene har også ført til landhevning etter siste istid, der områdene med tykkeste islag har hevet mest, noe som har skapt høye fjell i Vestland. Landhevningen påvirker fortsatt Vestlands topografi, der hevingen er størst øst i fylket (Romundset, 2021).

2.2.3 Landskap

Landskapet i Vestland fylkeskommune er preget av store topografiske variasjoner og en økende høydegradient mot øst (figur 4). I øst består landskapet av høye fjell, delt opp av daler og fjorder, som fører til at flere områder er omgitt av bratte fjellsider. Lenger vest blir fjellene noe lavere, men dalene og fjordene skaper fortsatt stor topografisk variasjon. Til slutt munner fjordene ut i havet og landskapet brytes opp til et mer åpent øylandskap (Thorsnæs, 2020).



Figur 4: Høydegradientkart over Vestland fylkeskommune (Kartverket, 2022).

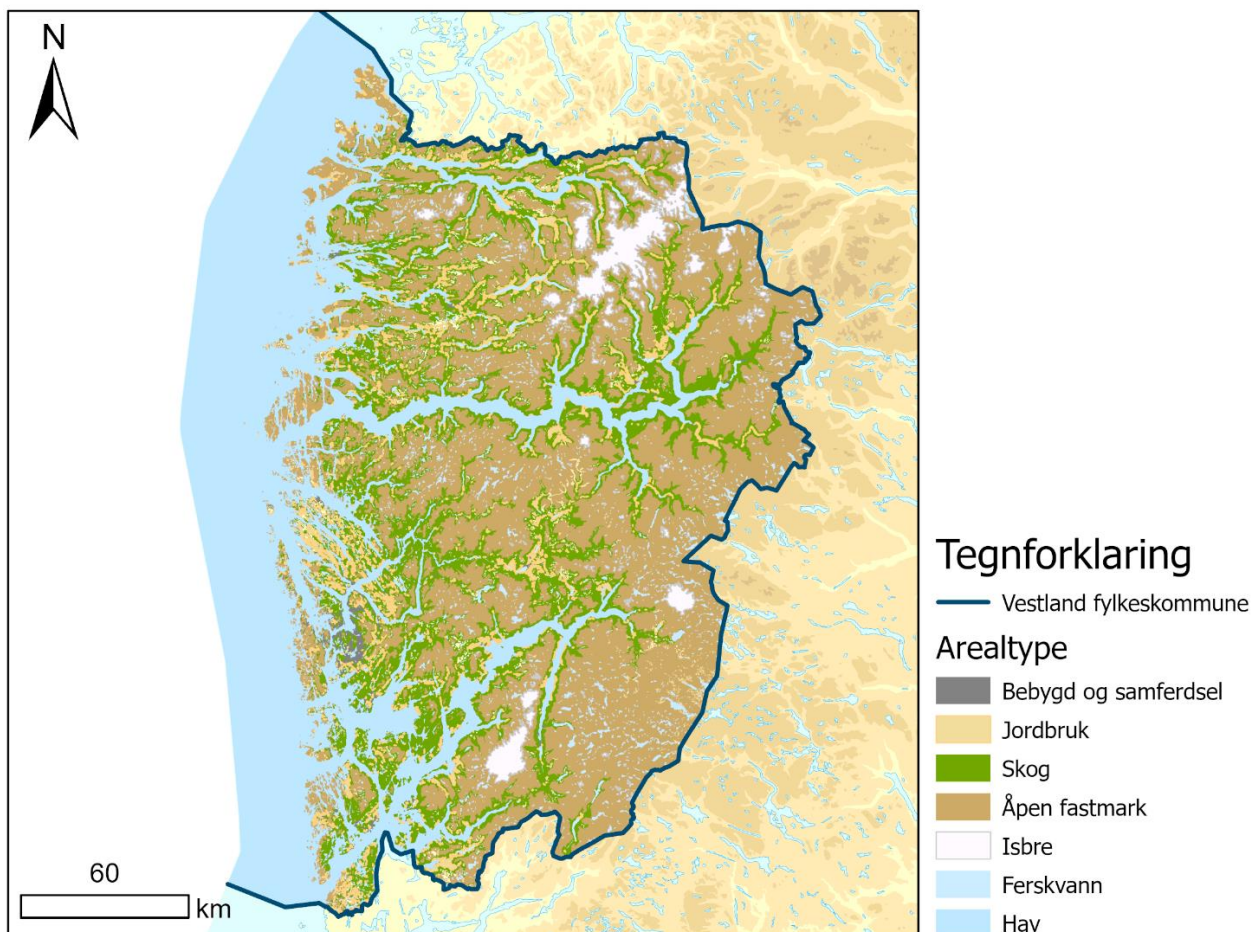
Topografien i Vestland har stor betydning for hvor befolkningen i fylket har valgt å bosette seg. Indre deler av fylket består av smale daler og bratte fjellsider og har lite areal som egner seg til bosetting, noe som har resultert i at flere tettsteder har blitt utviklet nær bratte fjellsider i Vestland (Drageset, 2020).

2.3 Arealbruk og vegetasjon

Vestland fylkeskommune er et variert fylke, både når det kommer til geografi og topografi, men også med tanke på arealbruk og vegetasjon. Naturen står sterkt i fylket, med hele 45% av Vestlands areal er åpen fastmark, 26,3% er skog og 12,9% er bart fjell. Bebygd område utgjør kun 1,7%, og jordbruk 3% (tabell 1) (SSB, 2021). Bebygd område, samt skogs- og jordbruksområdene ligger i hovedsak langs fjordene og kysten (figur 5).

Tabell 1: Arealbruk i Vestland fylkeskommune, i prosent (SSB, 2021).

Fylke	Bebygd område	Jordbruk	Skog	Åpen fastmark	Bart fjell	Våtmark	Ferskvann
Vestland	1,7%	3,0%	26,3%	45,0%	12,9%	1,8%	5,8%



Figur 5: Kart over arealtypene i Vestland fylkeskommune som viser arealtypene bebygd areal og samferdsel (grå), jordbruk (beige), skog (grønn), åpen fastmark (brun), isbre (hvit), ferskvann (lyseblå) og hav (blå) (NIBIO, 2021).

2.4 Klima

Begrepet klima viser til de gjennomsnittlige værforholdene over en tidsperiode på 30 år. Klimanormalen sier noe om blant annet normaltemperaturen og -nedbørsmengden i et område for å få et bilde på typiske værforhold og et grunnlag til å identifisere ekstremvær. Dagens klimanormal ser på gjennomsnittsværet fra 1991 til 2020, men før 2021 var normalen basert på gjennomsnittsværet fra 1961 til 1990 (Meteorologisk institutt, 2021).

2.4.1 Dagens klima

På grunn av den varierende topografien i Vestland fylkeskommune vil det også være en variasjon i klima innad i fylket. Vestland blir derfor delt opp i indre og ytre deler av fylket, samt høyere fjellområder (Thorsnæs, 2020).

Vintertemperaturene i januar og februar er gjennomsnittlig 2 grader i det lave kystområdet, innover i dalstrøkene varierer det mellom 0 og -5 grader, mens på fjellet er temperaturen gjennomsnittlig nede i -10 grader. I juli ligger gjennomsnittstemperaturen på 14-16 grader i lavlandet, mens i områder over 1 000 meter over havet ligger temperaturen på rundt 10 grader (Thorsnæs, 2020).

Vestland er det fylket i Norge med størst årlig nedbørsmengde (Andersen & Pedersen, 2013), noe som preger store deler av området. I de ytre delene av fylket er den årlige nedbørsmengden på omkring 1 500 mm, noen titalls kilometer østover er det rundt 3 000 mm, mens lenger inn i landet synker nedbørsmengden til omtrent 1 000 mm per år. Noen området i indre dalstrøk blir skjermet av fjellet, som Lærdal og Luster, der den årlige nedbørsmengden er på rundt 500 mm (Thorsnæs, 2020).

2.4.2 Fremtidens klima

Klimaet er i endring, og på grunn av den økende mengden klimagasser i atmosfæren vil de klimatiske endringene skje raskere i fremtiden (Hanssen-Bauer et al., 2017).

Temperaturen i Vest-Norge har hatt en gjennomsnittlig stigning med 0,06 grader per tiår mellom 1900 og 2014, og temperaturen vil fortsette å stige i fremtiden. Ved å sammenligne den målte temperaturen fra 1971 til 2000 med de modellerte temperaturene for 2071 til 2100 er det estimert at temperaturen kommer til å stige mellom 1,2 og 3,9 grader i Vest-Norge i løpet av disse

årene. Antallet med dager der gjennomsnittstemperaturen er varmere vil også øke (Hanssen-Bauer et al., 2017).

Vestland er et fylke som allerede har store nedbørsmengder (Thorsnæs, 2020), men med de fremtidige klimaendringene vil nedbørsmengden, nedbørsintensiteten og antall dager med nedbør også øke. Målingene gjort fra 1900 til 2014 viser at nedbørsmengden i Vestland har økt i gjennomsnitt 1,8% per tiår, og økningen i gjennomsnittlig årlig nedbør mellom periodene 1971 til 2000 og 2071 til 2100 er regnet til å være mellom 8% og 17%. På grunn av den økende temperaturen vil en større andel av vinternedbøren komme som regn i stedet for snø, spesielt i kystområdene (Hanssen-Bauer et al., 2017).

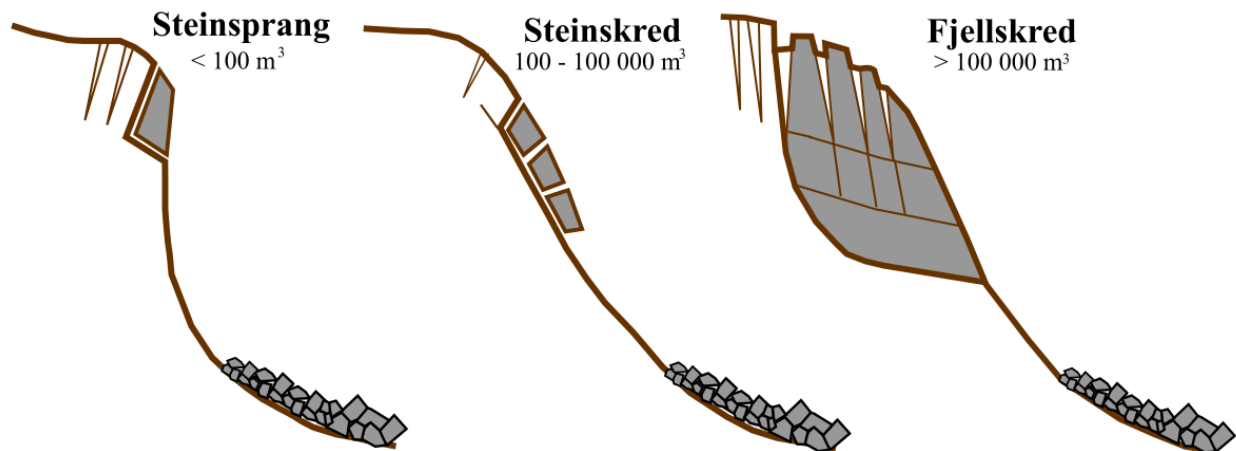
3 Teori

3.1 Skred i bratt terreng

Skred i bratt terreng er et fellesbegrep som omfavner fire kategorier av skred som forekommer i bratt terreng: skred i fast fjell, løsmasseskred, snøskred og sørpeskred (Direktoratet for byggkvalitet, 2018).

3.1.1 Skred i fast fjell

Skred i fast fjell er skred som inneholder materialet stein, og omfatter begrepene steinsprang, steinskred og fjellskred. Skredet blir klassifisert ut ifra det totale volumet av skredhendelsen. Steinsprang har et volum på mindre enn 100 m^3 , og består av én eller flere steinblokker som ofte holder seg intakt etter en skredhendelse. Et steinskred har et volum på mellom 100 og $100\,000 \text{ m}^3$ der flere steinblokker raser ned fjellsiden og blir knust til mindre blokker og steinfragmenter. Når skredet overskrider $100\,000 \text{ m}^3$ vil det et omtales som et fjellskred (Øydvin et al., 2011) (figur 6). Fjellskred inngår ikke i Norges vassdrags- og energidirektoratet (NVE) sin kartlegging av skred i bratt terreng (NVE, 2021a) og er dermed ikke fokusert på i denne masteroppgaven.



Figur 6: Illustrasjon av skred i fast fjell som viser klassifisering av steinsprang, steinskred og fjellskred, samt utløsningsområdet øverst i fjellsiden og avsetningsområdet nederst i skråningen (Hardeng, 2021).

Fjellets egenskaper og topografien i området er avgjørende for hvor steinsprang og steinskred vil forekomme. De geologiske egenskapene til fjellet, som foliasjon, skifrihet og sprekker, viser hvor bergartene er svake og orienteringen til disse svakhetssonene er avgjørende for om et skred kan bli utløst (Høeg et al., 2014). Topografien i området er også en viktig faktor for steinsprang og

steinskred. Disse skredene har ofte utløsningsområde i bratte fjellskrenter med en helning på 40 til 45 grader (Direktoratet for byggkvalitet, 2018), og samsvarer den topografiske helningen med helningen i sprekkflaten, vil sannsynligheten for en skredhendelse stige (Høeg et al., 2014). Avsetningsområdet for steinsprang og steinskred er ofte i nederst i fjellsiden, der det over tid kan samles steinfragmenter langs fjellsiden i en vifteformet ur (Øydvin et al., 2011). I skreduren vil de minste steinfragmentene legge seg øverst og de største blokkene nederst, og muligens nedenfor skreduren (NVE, 2021b).

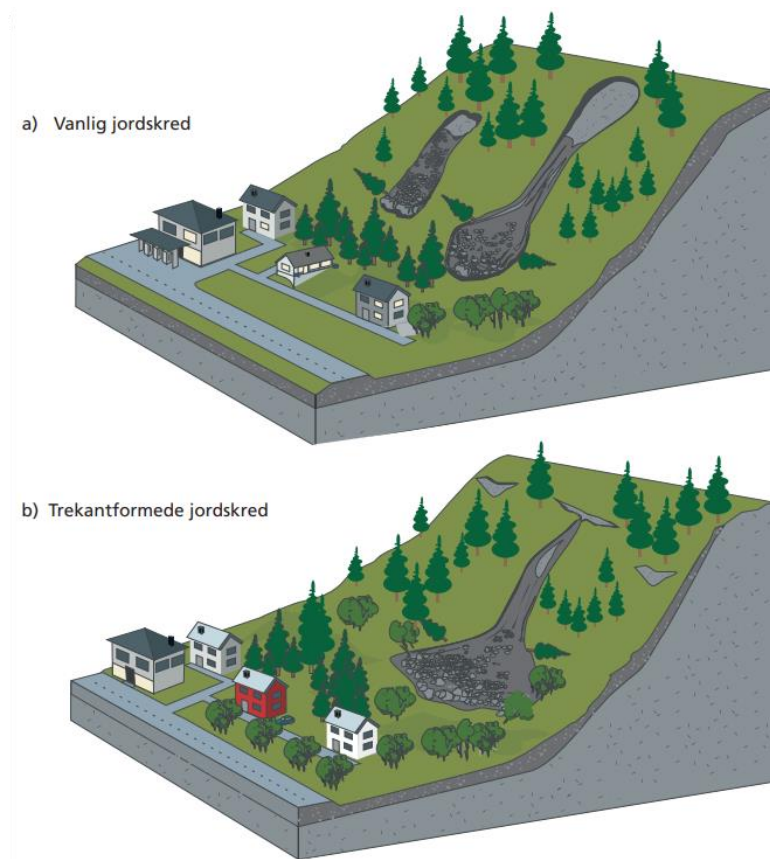
Faren for at steinsprang og steinskred blir utløst er størst på våren og høsten. I disse årstidene vipper temperaturen over og under frysepunktet, noe som gjør at vannet i sprekkene fryser og tiner i syklus. Dette kalles frostforvitring, og fører til at sprekkene utvider seg (Høeg et al., 2014). Store nedbørmengder eller perioder med mye snøsmelting kan også være en utløsende faktor i sprekker der vann ikke kan dreneres bort. Ved tilførsel av store vannmengder i sprekkene vil vanntrykket øke og utvide sprekkene i fjellet (Braathen et al., 2004). Sprekkene kan også bli utvidet om røtter vokser inn i sprekkene, noe som i hovedsak skjer på våren og sommeren da trærne vokser mest (Høeg et al., 2014).

En rekke sikringstiltak kan utføres for å hindre eller redusere konsekvensene av steinsprang og steinskred. For små løse blokker er rensk et godt tiltak, der blokkene manuelt blir rensket ut for å fjerne faren for steinsprang. Større enkeltblokker kan boltes fast i fjellet, slik at de ikke kan falle ut. Løse blokker kan også sikres med nett, der nettet blir boltet fast i fjellet og ligger tett innpå fjellsiden for å ta imot løse blokker. Ved større områder av løse blokker kan armert sprøytebetong være et godt sikringstiltak, hvor fjellsiden dekkes av et minst 10 cm tykt lag av sprøytebetong slik at steinsprang eller steinskred ikke kan utløses. Konsekvensreducerende tiltak kan være å drenere bort vannet i området, slik at vanntrykket i sprekkene ikke øker, eller bygge murer, fangvoller og gjerder slik at blokkene blir stoppet eller bremsset (Høeg et al., 2014).

3.1.2 Løsmasseskred

Løsmasseskred er skred som inneholder løsmasser som jordsmonn og steiner i ulike kornstørrelser, samt vann blandet med massene (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). I NVEs kartlegging for skred i bratt terreng er løsmasseskredene kategorisert som jordskred og flomskred (NVE, 2021a).

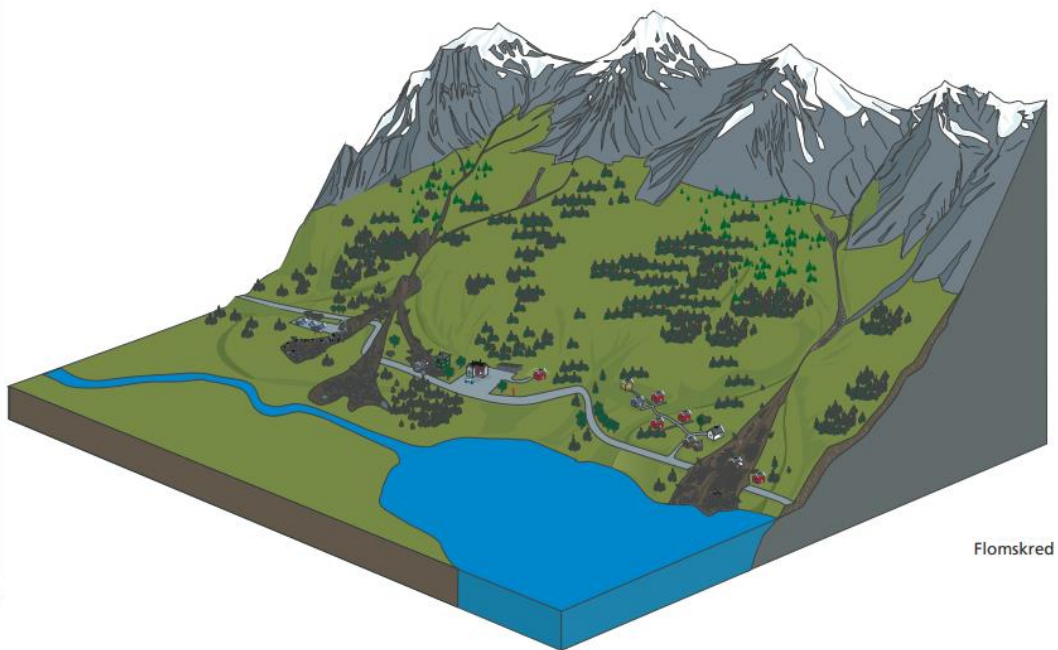
Jordskred utløses i vannmettede løsmasser der skråningen heller over 25 grader. Jordskred kan videre kategoriseres ut ifra om de kanaliseres eller ikke (figur 7). Kanaliserte jordskred forekommer i tykke løsmassedekker, der skredet utløses i en bruddsone og eroderer en kanal gjennom løsmasselaget nedover fjellsiden. Den utgravde kanalen som dannes ved slike skred blir ofte skredbanen til fremtidige skredhendelser (figur 7a). De ikke-kanaliserte jordskredene forekommer i tynnere løsmasselag. Disse skredene løsner ofte på et mindre punkt, før skredet breer seg nedover fjellsiden og slik at skredet får en trekantet form (figur 7b). Begge typene jordskred avsetter løsmassene i en tungelignende form når helningen avtar (Øydvin et al., 2011).



Figur 7: Illustrasjon som viser a) kanaliserte og b) ikke-kanaliserte jordskred (NVE, 2013a).

Flomskred inneholder mer vann enn jordskred, og utløses langs eksisterende elve- og bekkeløp i skråninger som heller mellom 25 og 45 grader. Flomskred forekommer ofte ved stor elveerosjon av løsmasser eller som et resultat av et jordskred som har fått større vanntilførsel. Flomskredet eroderer og transporterer store mengder med løsmasser på vei ned fjellsiden langs elve- eller bekkeløpet, før de våte løsmassene avsettes i en vifteform når helningen avtar (figur 8).

Flomskredhendelser kommer ofte i flere bølger fordi løsmassene midlertidig kan demme opp skredløpet, og en ny bølge kommer når denne demningen brytes (NVE, 2013a).



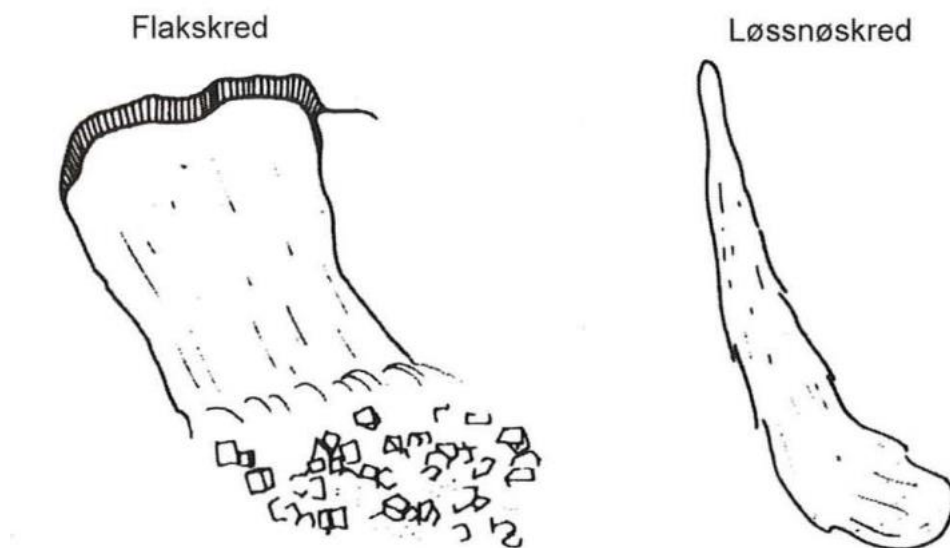
Figur 8: Illustrasjon av flomskred (NVE, 2013a).

Det er flere faktorer som spiller inn for at jord- og flomskred kan bli utløst. For at et løsmasseskred skal bli utløst må fjellet ha riktig helning og en passende topografi som kan lede skredet nedover, samt et løsmassedekke over fjellsiden. Risikoen i de utsatte områdene øker ved store nedbørsmengder eller i perioder med mye snøsmelting. I våte perioder får løsmassene mulighet til å bli vannmettede, noe som øker risikoen for løsmasseskred (NVE, 2013a). Økt nedbør eller snøsmelting vil også øke vannføringen i elver og bekker, som fører til økt erosjon av løsmassene i og rundt elve- og bekkeløp og kan dermed utløse løsmasseskred. Menneskelig aktivitet kan også være en utløsende årsak for løsmasseskred. Ved å hugge store mengder skog vil ikke røttene ta opp samme vannmengde som før, og dreneringen i jorden blir endret, noe som kan gjøre løsmassedekket mer ustabil (Høeg et al., 2014). En annen mulig utløsningsårsak er steinsprang. Poretrykket i løsmassene kan øke ved rask økt vekt på løsmassedekket, som når en steinblokk lander på løsmassene. Når poretrykket i løsmassene øker vil løsmassene bli mer ustabile, noe som kan føre til et løsmasseskred (Myrabø et al., 2014).

Områder som er utsatt for løsmasseskred kan sikres på flere måter. Dreneringsgrøfter er et sikringstiltak for å hindre poretrykkøkning, da det leder vannet bort fra de utsatte løsmassene. Erosjonssikring langs elve- og bekkeløp er også et mulig sikringstiltak, der plastring av skråninger blir utført for å hindre tilførsel av masse gjennom erosjon. Et annet sikringstiltak er å kanalisere elvene og lede skredet bort fra de utsatte områdene, eller ved å bremse skredet i et sedimentasjonsbasseng der vannet skilles fra massene. Alle disse sikringstiltakene kan brukes enten alene eller sammen for å forhindre løsmasseskred eller minimere konsekvensene av mulige skred (Høeg et al., 2014).

3.1.3 Snøskred

Snøskred er skred som inneholder snø og forekommer i skråninger med en helning på 30 til 50 grader (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). Snøskred kan kategoriseres i to grupper: flaskred og løssnøskred (figur 9), der begge kan forekomme i tørre og våte varianter. Flaskred er snøskred der et helt snølag løsner fra et underliggende svakere lag og raser nedover fjellsiden, mens løssnøskred starter på et lite punkt og tar med mer snø på vei nedover, slik at skredet utvikles i en vifteform (Taurisano & Øydvin, 2011).



Figur 9: Illustrasjon av flaskred og løsmasseskred (Leid & Kristensen, 2003).

Det er flere grunner til at snøskred blir utløst, der de fleste er koblet til topografi og værforhold. Store nedbørsmengder i form av snø vil øke faren for snøskred på grunn av tilførselen av snø. Når

nedbøren faller ned som regn, vil dette gjøre snøen mer ustabil ved å øke poretrykket, som også øker snøskredfaren. Måten vind øker faren for snøskred er ved å transportere snø til le-siden av fjellet, som vil øke mengden og tyngden av snø på denne siden slik at risikoen for skred øker. Temperatur er også en viktig faktor når det kommer til snøskredfare. Ved høy temperatur vil bindingene mellom snøkrystallene bli svakere, som øker faren for skred, men ved vedvarende høye temperaturer vil snøkrystallenes bindinger styrkes igjen og faren for snøskred blir dermed mindre (Høeg et al., 2014). Men ved plutselig avkjøling av dette krystalliserte snølaget, og tilføring av nysnø vil snøskredfaren øke igjen, da det krystalliserte snølaget vil fungere som et glideplan for det overliggende snølaget (McElwaine et al., 2000).

Det er en rekke sikringsmetoder som kan benyttes for å hindre og redusere faren for snøskred. For å hindre snøskred kan samleskjermer på toppen av fjellet være en løsning. Skjermene samler opp snø, noe som resulterer i mindre snøakkumulasjon i utløsningsområdet. Snøskred kan også hindres ved å plassere støtteforbygninger i utløsningsområdet, slik at det ikke kan oppstå brudd i snøen (Leid & Kristensen, 2003). Andre sikringstiltak for snøskred er sikringsvoller og murer som stopper eller bremser skredet og leder snømassene bort fra viktig infrastruktur. Ved perioder med høy snøskredfare kan kunstig utløsning av skredet være en mulighet. Kunstig utløsning blir gjort ved å plassere sprengstoff ved utløsningsområdet for at skredet blir utløst. Dette sikringstiltaket blir kun utført i områder som kan sperres, slik at ingen blir skadet (Høeg et al., 2014). Sikringstiltak mot snøskred er dyre, og i mange tilfeller vil det være billigere å flytte utsatt bebyggelse til sikre områder (Leid & Kristensen, 2003).

3.1.4 Sørpeskred

Sørpeskred er en type vått snøskred der snøen er vannmettet, noe som gjør at snøen nesten oppfører seg som en væske, og forekommer ofte i elve- og bekkeløp. På grunn av det høye vanninnholdet kan sørpeskred forekomme i slakere skråninger med helning på ned til 15 grader, og skredene når ofte helt ned til dalbunnene der topografien flater ut, eller ut i sjø eller fjorder (Taurisano & Øydvin, 2011). Sørpeskred eroderer ofte landskapet, slik at skredet vil bestå av en blanding av snø, vann og en økende mengde løsmasser (Myrabø et al., 2014).

Topografi og værforhold er også vesentlig for hvor sørpeskred blir utløst, der store vannmengder i form av nedbør eller snøsmelting oftest er utløsende årsak. For at et sørpeskred skal forekomme

må snøkrystallene være store og løse i forhold til hverandre, noe som skjer etter perioder med kaldt vær. Det er dermed størst fare for sørpeskred når en kald periode etterfølges av en varmere periode (Høeg et al., 2014).

Faren for sørpeskred kan reduseres ved å utføre ulike tiltak. Ved å drenere antatte utløsningsområder kan omfanget av sørpeskredet bli mindre, siden snømassene får mindre tilgang på vann. Det kan også bygges sikringsvoller og murer, slik som for snøskred, for å redusere skredets hastighet og endre retningen til skredmassene (NVE, 2013b).

3.2 Kartlegging av skredfare

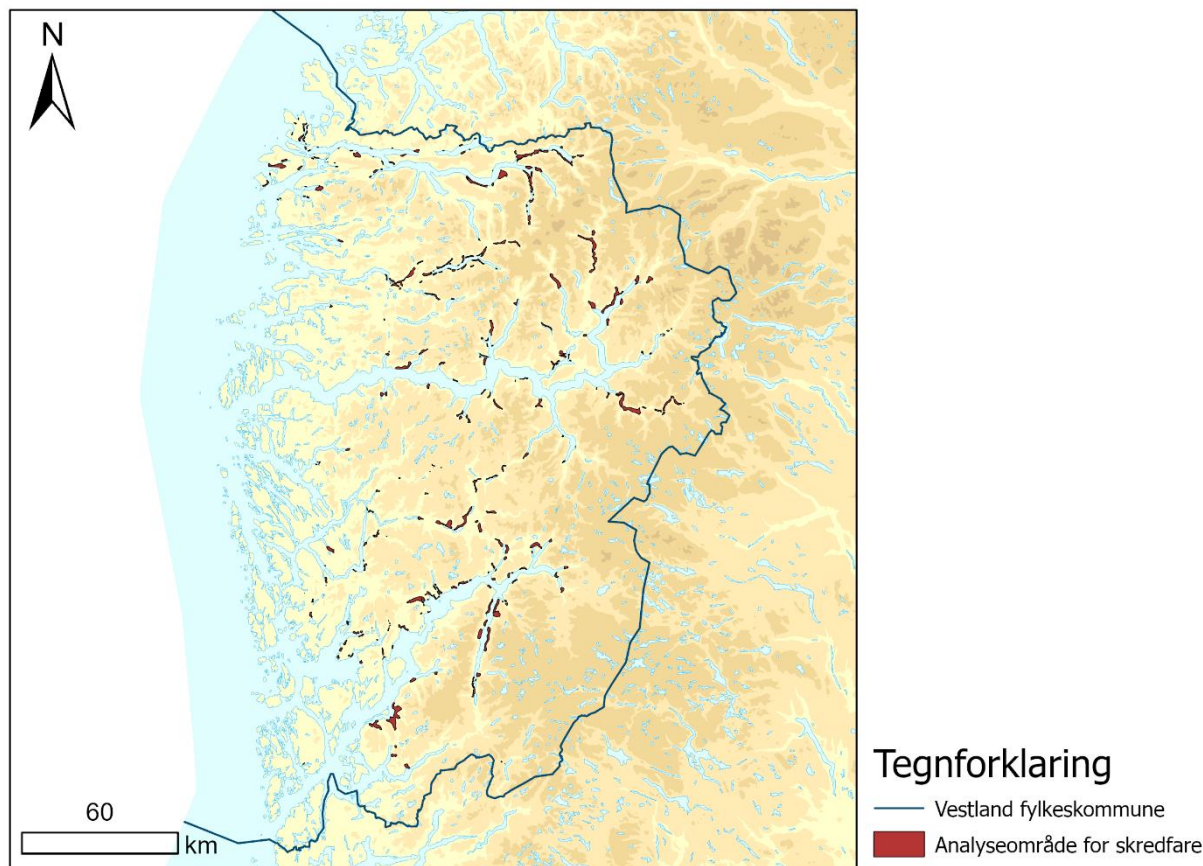
På nasjonalt plan er det olje- og energidepartementet som er den nasjonale myndigheten for skred og flom i Norge, gjennom Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Dette vil si at NVE har ansvaret for å kartlegge den nasjonale skredfaren, ofte i samarbeid med de aktuelle kommunene (Meld. St. 15 (2011–2012)). Denne kartleggingen resulterer i to typer kart: aktsomhetskart og faresonekart.

3.2.1 Aktsomhetskart

Aktsomhetskart er kart som viser områder som potensielt kan være utsatt for skred, basert på data-genererte analyser. Analysene er gjort på landsbasis, slik at aktsomhetskartene gjelder for hele Norge (NVE, 2021a). Siden aktsomhetskart kun er basert på data-analyser vil disse kartene kun fungere som et estimat av skredfaren i området.

3.2.2 Faresonekart

Faresonekart viser den årlige sannsynligheten for skred, og er mye mer detaljerte enn aktsomhetskartene. Ved å utarbeide faresonekart blir lokale forhold tatt hensyn til (NVE, 2021a). Faresonekartet er basert på terrenget, klimaet og vegetasjonen i området (NVE, 2021c), der metoden er en kombinasjon av observasjoner i felt, undersøkelser av skredhistorikk i området og mer avanserte analyser. Resultatet av skredfareutredningen er et detaljert kart som viser den reelle skredfaren i området. Det er ikke utført faresonekart på landsdekkende basis, det er kun utført på enkeltområder (figur 10) (NVE, 2021a). Skredfaresoner kan bli utdaterte om forutsetningene for skred endres, og ansvaret for å få faresonekartene revidert ligger hos grunneier eller utbygger (NVE, 2021c).



Figur 10: Analyseområdene for skredfarekartlegging (rødt) som har blitt utført i Vestland fylkeskommune. Analyseområdene dekker omtrent 1% av Vestlands areal (NVE, 2022).

3.3 Skredfare i arealplanlegging

Kommunen er plan- og bygningsmyndighet, og har ansvaret for å utarbeide arealplaner (Eidsvig, 2019). Den kommunale planleggingen skal foregå på en ansvarlig måte, ved å følge nasjonale lover og retningslinjer som plan- og bygningsloven (PBL) og byggt teknisk forskrift (TEK17), for å beskytte befolkningen mot skred (NVE, 2014).

3.3.1 Plan- og bygningsloven

Plan- og bygningsloven er en lov kommunen, som planmyndighet, må følge og som inneholder bestemmelser om hvordan arealet skal brukes. Loven må benyttes ved utarbeiding av arealplaner eller behandling av byggesaker. Gjennom kommuneplanens arealdel bestemmer og illustrerer kommunen nåværende og fremtidige arealbruk for hele kommunens areal (§§ 11-5, 11-6 og 11-9), der kommunen er delt inn i arealformålene: bebyggelse og anlegg, samferdsel og teknisk

infrastruktur, grønnstruktur, forsvaret, landbruks-, natur- og friluftformål, og bruk og vern av sjø og vassdrag (§ 11-7) (Plan- og bygningsloven, 2008).

En av PBLs hovedoppgaver er å sikre samfunnet ved forebyggende tiltak i planleggingen, der fokuset er på å minimere risikoen for død, helseplager, skader på materiell og viktig infrastruktur (§ 3-1h). For å sikre samfunnssikkerheten er det blant annet krav om risiko- og sårbarhetsanalyse for alle planområder for å undersøke om området er egnet til planlagt utbygging (§ 4-3). Ved identifisering av områder med fare, risiko eller sårbarhet må disse områdene markeres som hensynssoner (§§ 11-8 og 12-6). I noen hensynssoner kan det følge store ulemper av natur- og miljøforhold, som i skredfaresoner, der det i hovedsak er forbud mot utbygging på grunn av manglende sikkerhet. Ved krav om videre undersøkelser for å avklare den reelle faren i området før utbygging kan bebyggelse likevel planlegges innenfor hensynssonene (§ 28-1) (Plan- og bygningsloven, 2008).

3.3.2 ROS-analyse

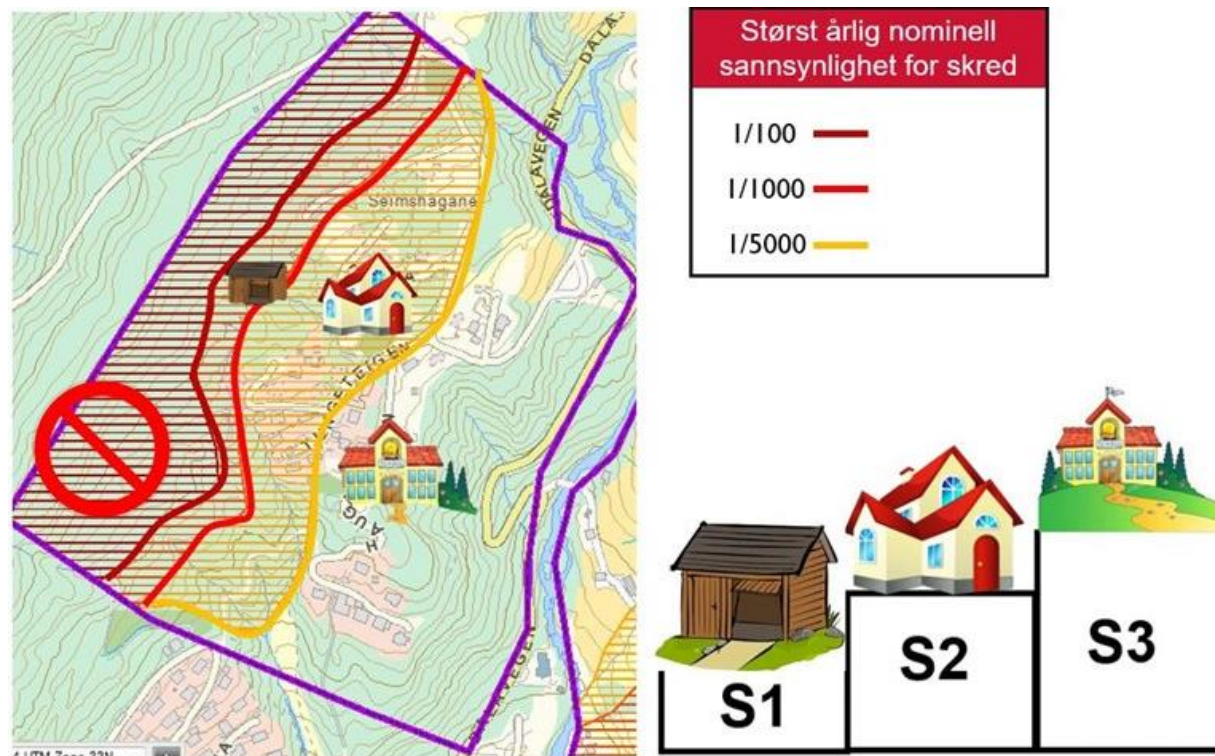
Risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser) er en viktig del av planarbeidet i en kommune, der formålet er å identifisere risiko- og sårbarhet i en helhetlig analyse i kommunen, eller for et spesifikt utbyggingsområde (Eidsvig, 2019). ROS-analysen ble lovpålagt i PBL i 2008 (Dannevig et al., 2013), og analysen tar opp risikoen for ulike kategorier, som blant annet helse, svikt i infrastruktur, ulykker og naturhendelser, som skred (Ølheim et al., 2021). Ved utredning av skredfare i ROS-analyser kan ofte konflikter mellom skredutsatt område og bebyggelse bli identifisert (Eidsvig, 2019).

3.3.3 TEK17

TEK17 § 7-3 stiller krav til hvilke områder bygg kan oppføres lovlig i Norge for å unngå at bygg blir liggende innenfor faresoner for skred i bratt terreng. Dette tar utgangspunkt i de tre skredfarekategoriene for den største årlige sannsynlighet for skredhendelse i kartlagte skredfaresoner 1/100, 1/1 000 og 1/5 000. Byggene blir delt inn i sikkerhetsklasser S1, S2 og S3 ut ifra hvor stor konsekvens det vil få for personsikkerhet, økonomi og andre samfunnsmessige konsekvenser om et skred forekommer. Tabell 2 og figur 11 tar for seg hvor stor skredfare hver sikkerhetsklasse lovlig kan utsettes for ved etablering av nye bygg (TEK17, 2021).

Tabell 2: Sikkerhetsklassene for plassering av bygg i skredfaresoner for skred i bratt terreng (TEK17, 2021).

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlig sannsynlighet
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1 000
S3	Stor	1/5 000



Figur 11: Akseptabel plassering av bygg etter sikkerhetsklassene S1, S2 og S3 innenfor skredfaresoner for skred i bratt terreng (NVE, 2020b).

S1 er sikkerhetsklassen som inneholder bygg med liten konsekvens for personsikkerhet, eller bygg der de samfunnsmessige og økonomiske konsekvensene er lave. Dette er bebyggelse der mennesker vanligvis ikke oppholder seg, som garasjer og små brygger. Nye bygg i sikkerhetsklassen S1 kan ikke bygges i skredfaresoner der den årlige sannsynligheten er mindre enn 1/100, men kan bygges i de andre skredsonene (TEK17, 2021) (figur 11).

For sikkerhetsklassen S2 er konsekvensen satt til medium. Dette er bygg hvor det normalt oppholder seg opp til 25 personer, eller de samfunnsmessige eller økonomiske konsekvensene er høyere enn for S1. Typiske S2-bygg er boliger, mindre overnattingssteder og parkeringshus. Ved etablering av nye bygg kan S2-bygg bygges innenfor skredfaresoner med en årlig sannsynlighet på mellom 1/1 000 og 1/5 000, som vil si den ytterste skredfasonen (TEK17, 2021) (figur 11).

De største konsekvensene ligger i sikkerhetsklassen S3. S3-bygg er bygg med stor økonomisk eller samfunnsmessig verdi, eller bygg der det vanligvis oppholder seg over 25 mennesker. Bygg i sikkerhetsklassen S3 kan være blant annet boliger med 10 eller flere enheter, barnehager, sykehjem og beredskapsinstitusjoner. Bygg i sikkerhetsklassen S3 kan ikke etableres innenfor noen av skredfaresonene, kun utenfor disse områdene (TEK17, 2021) (figur 11).

3.3.4 Ny bebyggelse

Ved etablering av ny bebyggelse blir bestemmelser fra PBL og TEK17 fulgt, for å sikre at de nye byggene blir plassert i områder som er vurdert som sikre (Eidsvig, 2019). Om det ikke er utført skredfarekartlegging i utbyggingsområdet, men det aktuelle området ligger innenfor en aktsomhetsone for skred, må skredfarekartlegging utføres (NVE, 2021a), noe som er utbyggers ansvar (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). Etter eventuell skredfarekartlegging må man følge TEK17, og plassere de nye byggene innenfor soner som er egnet til byggets formål.

3.3.5 Eksisterende bebyggelse

Ved ROS-analyse og skredfarekartlegging blir ofte eksisterende bebyggelse innenfor skredutsatt område identifisert, og for å beskytte disse byggene er sikringstiltak nødvendig (Eidsvig, 2019). Ansvaret for å planlegge, prosjektere og gjennomføre sikringstiltak for skred i bratt terreng ligger hos kommunen. Kommunen leier ofte inn bedrifter med spesialisert kunnskap til å utføre disse oppgavene (NVE, 2021d), noe som kan bli kostbart for kommunen (Neset, 2005). Derfor kan staten gjennom NVE bistå med økonomisk støtte, hvis kommunen søker om det. Hvert år får kommunene mulighet til å søke om økonomisk tilskudd for utbygging av sikringstiltak, der NVE kan betale opptil 80% av kommunenes utgifter (NVE, 2021d). I 2021 ble 40 tiltak med økonomisk støtte fra NVE utført, der nesten halvparten av disse var haste- eller krisetiltak (Haugum et al., 2022).

Det er ingen lovgivning som krever at etablert bebyggelse innenfor skredfaresoner må sikres med skredsikrende tiltak (Eidsvig, 2019). Naturskadeloven § 20 sier «Kommunen plikter å treffe forholdsregler mot naturskader slik som bestemt i plan- og bygningsloven § 11-8 tredje ledd bokstav a og § 28-1, samt ved nødvendige sikringstiltak.» (Naturskadeloven, 2017). Dette betyr at kommunen må følge PBL, der faresoner setter bestemmelser om hvor ny bebyggelse kan

plasseres (§ 11-8a), og at kommunene enten må kreve utbygging av sikringstiltak eller forby bruksendring eller utbygging av eiendom på en skredfarlig tomt (§ 28-1). Den siste delen av naturskadeloven § 20 «[...] samt ved nødvendige sikringstiltak» sier noe om kommunens ansvar for sikring av eksisterende bebyggelse, men det er vagt hva som menes med nødvendig sikringstiltak. Derfor er dette opp til kommunen selv for tolkning, og kan resultere i at kommuner har forskjellig praksis for skredsikring av etablert bebyggelse (Meld. St. 15 (2011–2012)).

Om sikringstiltak har blitt utbygd, er det grunneiers ansvar for å vedlikeholde tiltakene, slik at den tidligere skredutsatte bebyggelsen vil fortsette å være sikret i fremtiden. For å sikre at vedlikeholdet blir utført bør dette avtales med grunneier på forhånd, før sikringstiltaket blir bygget. Ved utskiftning i eierskap er det viktig at dette ansvaret formidles videre til de nye eierne, slik at vedlikeholdsarbeidet videreføres (Direktoratet for byggkvalitet, 2018).

4 Metode

Problemstillingene i denne oppgaven er todelt, der jeg først ønsket å få et overblikk over situasjonen i Vestland ved å bruke GIS, og bruke en forenklet sannsynlighetsregning for å rangere konfliktene opp mot hverandre, før jeg vil se nærmere på hvordan skredutsatt bebyggelse blir håndtert gjennom en dokumentanalyse.

4.1 GIS

Det første målet for denne masteroppgaven er å identifisere konfliktene mellom bebyggelse og skredfaresonene og få en oversikt over skredutsatt bebyggelse i Vestland fylkeskommune. Til å utføre denne oppgaven har jeg brukt GIS-programvaren *ArcGIS Pro*.

Konflikter mellom eksisterende bebyggelse og skredfaresonene i Vestland fylkeskommune ble identifisert basert på FKB-data. FKB-datasettet inneholder bygningsdata, der posisjonen og informasjon om bygningstypen ligger inne for hver polygon, med noen unntak. Tallet som identifiserer bygningstypen ble brukt for å kategorisere byggene til S1-, S2- eller S3-bygg, etter TEK17, der jeg brukte en kategorisering som NVE har benyttet seg av tidligere (vedlegg I). For å kategorisere all bebyggelse i Vestland etter TEK17, ble verktøyet *Definition Query* tatt i bruk. *Definition Query* er et verktøy som brukes for å lage en definisjon for en rekke verdier innenfor et lag (Esri, u.d.-a). Dette verktøyet ble brukt for FKB-laget, der verdiene av bygningskoder ble bruk til å lage de tre definisjonene «S1», «S2» og «S3». Ved å lage et nytt felt kalt «TEK17» i lagets attributt-tabell, kunne bygningpolygonene bli navngitt og kategorisert ved å aktivere *Definition Query* «S1», som markerte S1-byggene, velge *Calculate Field* for TEK17-feltet og navngi de markerte byggene «S1». Denne metoden ble gjentatt for definisjonene «S2» og «S3», og resulterte i et lag der bygningene i Vestland fylkeskommune var kategorisert etter TEK17.

For å identifisere bygninger som er i konflikt med skredfaresoner i Vestland fylkeskommune, ble det utført en overlagsanalyse ved å bruke verktøyet *Intersect*. *Intersect* er en analyse som analyserer hvor to lag overlapper, og resulterer i et lag som viser hvilke funksjoner fra det ene laget som overlapper med det underliggende laget (Esri, u.d.-b). I overlagsanalysen ville jeg finne ut hvilke bygg som ligger innenfor kartlagte skredfaresoner i Vestland, og brukte dermed laget bygg definert etter TEK17 sammen med NVEs skredfarekart for skred i bratt terreng over Vestland

i analysen. Uten videre justeringer resulterte overlagsanalysen i et lag som inneholdt bygningene som er lokalisert innenfor skredfasonene, der disse bygningene er potensielle konflikter. For å identifisere hvilke bygg som er i konflikt med skredfasonene av de potensielle konfliktene ble *Symbology* endret for *Intersect*-laget, ved å velge feltene «TEK17» og «årlig skredsannsynlighet» under *Unique Values*. Bygg som ikke var i konflikt med skredfasonene ble fjernet (tabell 3), slik at *Intersect*-laget kun inneholdt bygg i konflikt med skredfasonene. Videre ble byggene rangert i *Symbology* ved å endre rekkefølgen innad i laget: S3 i >1/100, S3 i 1/100 – 1/1 000, S3 i 1/1 000 – 1/5 000, S2 i >1/100, S2 i 1/100 – 1/1 000, S1 i >1/100, der S3 i >1/100 har størst konflikt og S1 i >1/100 har minst konflikt.

Tabell 3: Kategorisering av konflikt mellom bebyggelse og skredfasoner etter TEK17.

	S3	S2	S1
> 1/100	Bygg i konflikt	Bygg i konflikt	Bygg i konflikt
1/100 – 1/1 000	Bygg i konflikt	Bygg i konflikt	Ikke konflikt
1/1 000 – 1/5 000	Bygg i konflikt	Ikke konflikt	Ikke konflikt

På grunn av overlappende skredfasoner ble bygg i fasonene med årlig sannsynlighet på >1/100 og 1/100 – 1/1 000 lagt til flere ganger etter *Intersect*-analysen. For å få en oversikt over hvor mange konflikter det er mellom skredfasonene og bebyggelsen i Vestland måtte disse overlappende byggene fjernes, noe som ble utført ved å bruke verktøyet *Delete Identical*. Dette verktøyet fjerner identiske funksjoner for et spesifisert felt (Esri, u.d.-c), og ble i dette tilfellet brukt for å slette funksjoner med like areal. Dette resulterte i et *Intersect*-lag av potensielt skredutsatt bebyggelse der ingen bygg var duplisert. Videre ble *Select by attributes* brukt for å telle antall konflikter i hver skredfason. Ved å velge S3 og >1/100 ble alle S3-bygg innenfor skredfasonen >1/100 markert og telt, noe som ble gjentatt for de andre konfliktene (tabell 3). Denne metoden identifiserte hvor mange S3-, S2- eller S1-bygg som var lokalisert innenfor en bestemt skredfason, men siden flere av byggene lå innenfor flere skredfasoner ble det totale antallet konflikter høyere enn antallet bygg i konflikt med skredfasonene.

For å identifisere hvor mange bygninger som er i konflikt med skredfasonene ble verktøyet *Delete Identical* brukt for å slette like data i attributt-tabellen. «LokalId»-feltet i attributt-tabellen inneholder identiteten til hvert bygg, og ved å slette de identiske identitetene ble resultatet antall

bygg som befinner seg innenfor de kartlagte skredfaresonene. *Select by Attributes* ble brukt som tidligere for å telle antall bygg som er i konflikt med skredfaresonene.

Lokaliseringen av konfliktene mellom eksisterende bebyggelse og skredfaresoner for skred i bratt terreng ble visualisert ved bruk av verktøyet *Feature to Point*. Dette verktøyet gjorde om bygg-polygonene til punkt (Esri, u.d.-d), slik at de ble synlige på et regionalt nivå.

Antall bygg innenfor aktsomhetssonene for skred i bratt terreng i Vestland fylkeskommune ble også identifisert, for å få et overblikk over hvor mange bygg som i teorien kan være utsatt for skred. Aktsomhetskartene for jord- og flomskred, steinsprang og snøskred ble slått sammen til ett lag ved hjelp av verktøyet *Merge* (Esri, u.d.-e). Videre ble en overlagsanalyse av aktsomhetsområdene og bebyggelsen utført ved å bruke *Intersect*, for å identifisere hvilke bygg som befinner seg innenfor aktsomhetssonene. For å få et antall på hvor mange bygg som ligger innenfor aktsomhetssonene i Vestland fylkeskommune ble *Delete Identical* brukt for «LokalId»-feltet, på samme måte som for å telle bygg innenfor skredfaresonene.

For å illustrere usikkerhetene rundt plassering av grensene til kartlagte skredfaresoner ble det lagt på en 10 meters buffersone rundt de eksisterende faresonene ved å bruke verktøyet *Buffer* (Esri, u.d.-f). Buffersonen gir et inntrykk av hvor mange bygg som ligger på grensen til skredfaresonen og som kan være skredutsatt. For å identifisere hvor mange konflikter som ligger innenfor buffersonene ble *Intersect* brukt for bygningsdataene og buffersone-laget. Bygningene som ikke er i konflikt med skredfaresonene ble fjernet (tabell 3) og *Select by Attributes* ble brukt for å telle antall konflikter. Økningen av konflikter, ved å legge til en 10 meter buffersone, ble regnet ut ved å trekke fra antallet konflikter innenfor de kartlagte skredfaresonene. Denne buffersonen fungerer kun som et estimat av flere grunner. *Buffer*-verktøyet tar ikke hensyn til topografien og realistiske skredbaner, innenfor buffersonene vil det derfor være områder som ikke er eller vil bli skredutsatt i fremtiden. Valget av en buffersone på 10 meter er også et grovt estimat. Faresoner har blitt kartlagt av forskjellige personer og på ulike tider med ulikt kunnskapsgrunnlag, og usikkerheten rundt hver enkelt faresone vil dermed variere. Derfor har jeg valgt 10 meter for å vise generell usikkerhet rundt grensene til skredfaresoner for hele regionen.

4.2 Sannsynlighetsregning

For å få forståelse av hvor utsatt de ulike eksemplene av konflikter er, regnet jeg ut grove estimat av sannsynligheten for at byggene er i bruk ved en skredhendelse for de tre utvalgte eksemplene. Sannsynlighetsregningen tar utgangspunkt i skredfaresonen som byggene befinner seg i og hvor stor del av året bygget er tatt i bruk. Resultatet av denne utregningen blir et estimat på den årlige sannsynligheten for at det aktuelle bygget er i bruk ved en skredhendelse.

Årlig sannsynlighet for skred · Årlig bruk av bygg

4.3 Dokumentanalyse

Sikring av skredutsatt bebyggelse er kommunens ansvar, men det er ikke direkte lovpålagt å utføre sikringstiltak. Derfor ville jeg se nærmere på noen eksempler av skredutsatt bebyggelse i ulike kommuner i Vestland for å undersøke hvordan disse konfliktene har blitt kartlagt og håndtert. Ved å undersøke konfliktene i GIS utmerket tre områder seg: en barnehage i Sogndal kommune, et sykehjem i Bremanger kommune, og flere bolighus i Ullensvang kommune. Disse tre kommunene ble dermed kontaktet for å få tilgang til planer, rapporter og annen informasjon som omtaler konfliktene og muligens hvordan disse konfliktene har blitt håndtert.

5 Resultater

5.1 GIS

Analysene utført i *ArcGIS Pro* resulterte i identifisering og oppsummering av konfliktene mellom skredfaresonene for skred i bratt terreng og bebyggelsen i Vestland fylkeskommune, og ved hjelp av disse analysene har tre eksempler av konflikter blitt valgt ut for å bli undersøkt videre.

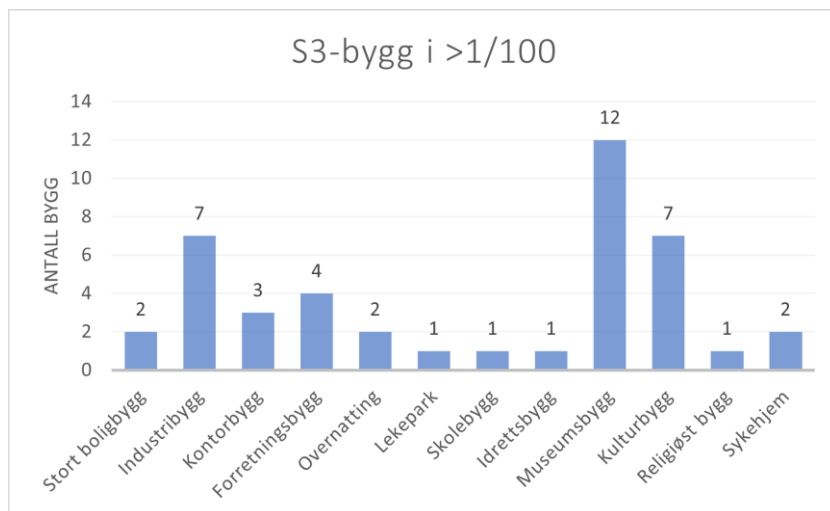
5.1.1 Identifiserte konflikter

Overlagsanalysen mellom skredfaresonene for skred i bratt terreng og bebyggelse i Vestland fylkeskommune gjorde det mulig å identifisere hvor mange konflikter det er mellom bebyggelse og skredfaresoner i Vestland. For sikkerhetsklassen S3 ble 43 bygg identifisert i skredfaresonen >1/100, 170 for skredfaresonene 1/100 - 1/1 000, og 382 for skredfaresonen 1/1 000 - 1/5 000. For S2 ble flere konflikter observert. 1 338 for >1/100, og 6 176 for 1/100 - 1/1 000. Til slutt, for S1 ble 425 konflikter identifisert for skredfaresonen >1/100 (tabell 4). Totalt er det identifisert 8 534 konflikter, men siden flere bygg har blitt telt flere ganger utgjør disse konfliktene 5 425 bygg som er i konflikt med skredfaresoner.

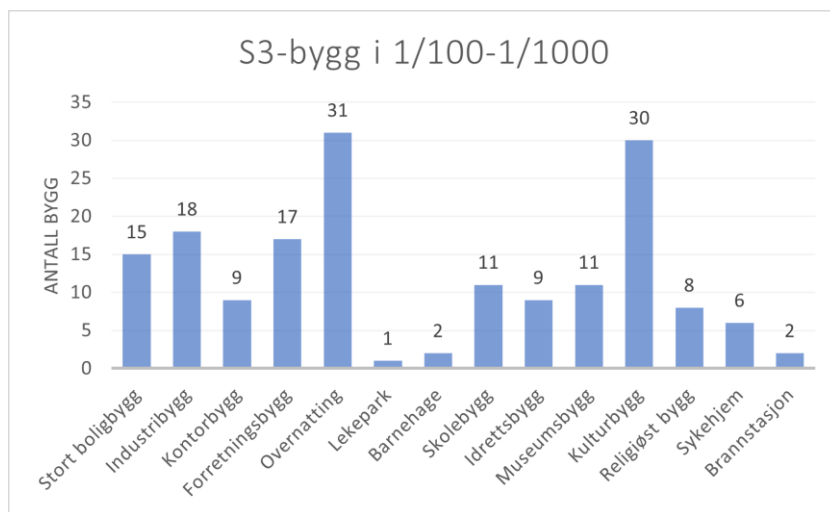
Tabell 4: Antall konflikter mellom bygg i kategoriene S1, S2 og S3 og skredfaresonene for skred i bratt terreng i Vestland fylkeskommune.

Sikkerhetsklasse	S3			S2		S1
Skredfaresoner	>1/100	1/100 – 1/1 000	1/1 000 – 1/5 000	>1/100	1/100 – 1/1 000	>1/100
Antall konflikter i skredfaresoner	43	170	382	1 338	6 176	425

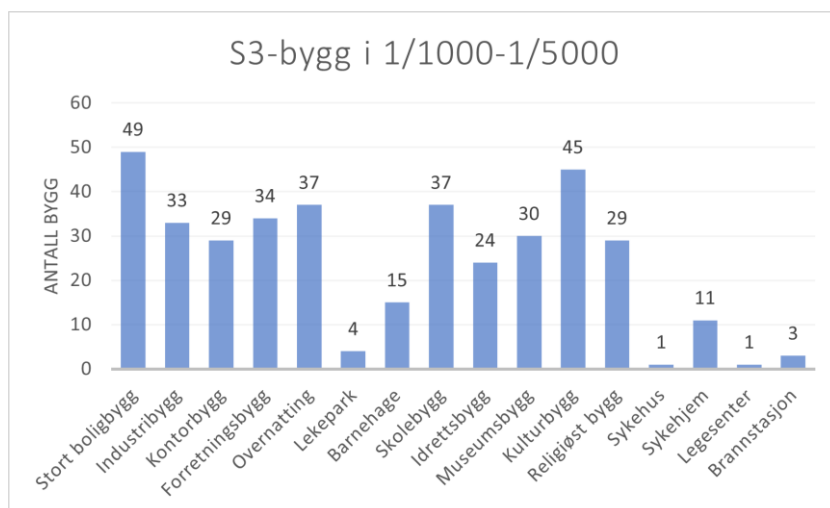
For S3-bygg er det stor variasjon i hvilke bygningstyper som befinner seg inne i skredfaresoner for skred i bratt terreng. I skredfaresonen med årlig sannsynlighet på over 1/100 er det flest bygg som tilhører museum (figur 12), mens for 1/100 - 1/1 000-faresonen er det overnattingsbygninger og ulike kulturbygg det er flest av (figur 13). I 1/1 000 - 1/5 000-faresonen er det flest store boligbygg som er i konflikt med skredfaresonene, etterfulgt av kulturbygg, skolebygg og overnattingsbygg (figur 14).



Figur 12: Fordelingen av S3-bygg som ligger innenfor skredfaresonen med årlig sannsynlighet på >1/100.

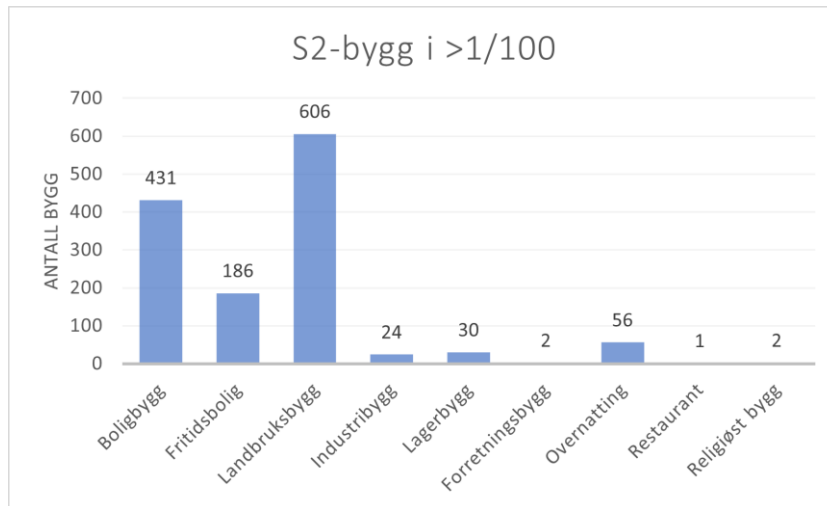


Figur 13: Fordelingen av S3-bygg som ligger innenfor skredfaresonen med årlig sannsynlighet på 1/100-1/1 000.

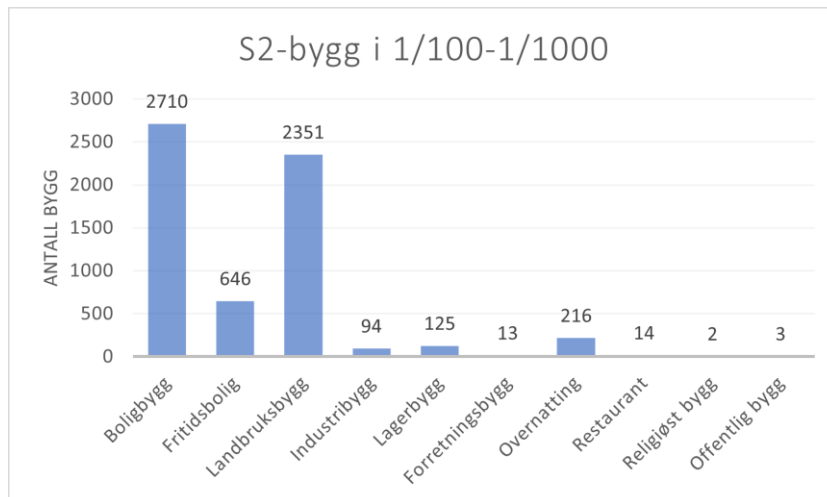


Figur 14: Fordelingen av S3-bygg som ligger innenfor skredfaresonen med årlig sannsynlighet på 1/1 000-1/5 000.

Når det kommer til S2-bygg som er i konflikt med skredfaresoner, er det tydelig noen bygningstyper som skiller seg ut. Boligbygg, fritidsboliger og bygg som tilhører landbruk utgjør den største andelen av konflikter mellom etablert bebyggelse og skredfaresoner i Vestland fylkeskommune (figur 15 og 16).

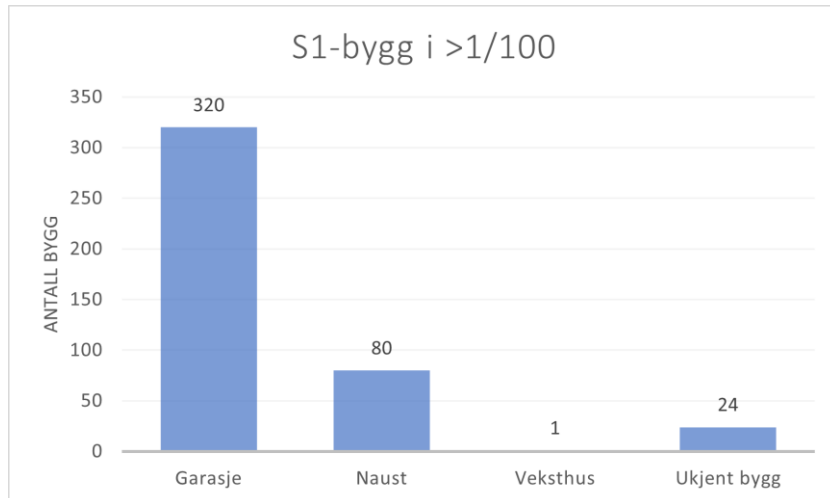


Figur 15: Fordelingen av S2-bygg som ligger innenfor skredfaresonen med årlig sannsynlighet på >1/100.



Figur 16: Fordelingen av S2-bygg som ligger innenfor skredfaresonen med årlig sannsynlighet på 1/100-1/1 000.

Av S1-byggene som er i konflikt med skredfaresonene er det flest garasjer som er utsatt (figur 17).

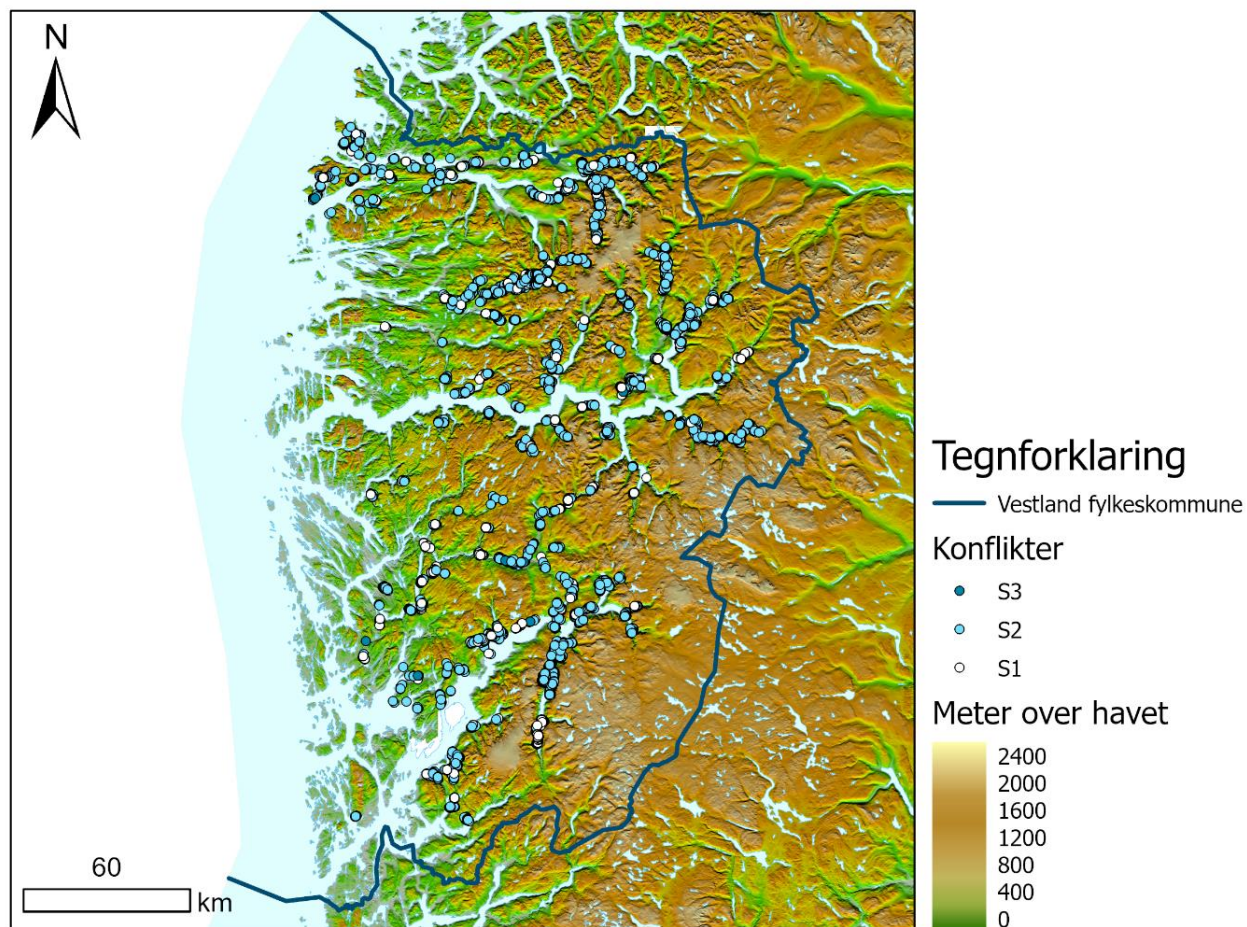


Figur 17: Fordelingen av S1-bygg som ligger innenfor skredfaresonen med årlig sannsynlighet på >1/100.

For å få et overblikk av omfanget av konfliktene innad i fylket, må man sette tallene i et større perspektiv. I Vestland ligger 29 934 bygg innenfor kartlagte skredfaresoner, og 5 425 av disse byggene er i konflikt med skredfaresonene. Dette vil si at 18% av byggene innenfor faresonene for skred i bratt terreng i Vestland er i konflikt med skredfaresonene, etter kategoriseringen av sikkerhetsklassene i TEK17. Totalt er det 677 292 bygg i Vestland fylkeskommune, der byggene som er i konflikt med skredfaresonene utgjør 0,8%.

Aktsonhetssonene for skred i bratt terreng viser områder som kan være utsatt for skred, basert på datagenererte modeller av topografien, og sier noe om hvilke områder som kan være utsatt for skred. Aktsonhetssonene i Vestland inneholder 204 297 bygg, noe som utgjør omtrent 30% av byggene innenfor fylkesgrensene.

De 5 425 byggene som er i konflikt med skredfaresoner er lokalisert nokså spredt utover fylket, men det er betydelig færre konflikter i ytre deler av fylket enn lenger inn i landet. Det er også mange konflikter nord i fylket, og flertallet av konfliktene ligger langs daler og fjorder (figur 18).



Figur 18: Oversiktskart over konflikter mellom bebyggelse (TEK17) og skredfaresoner vist som punkter. De hvite punktene er bygg i sikkerhetsklassen S1, lyseblå er S2-bygg og mørkeblå punkt er S3-bygg.

5.1.2 Konflikter innenfor en 10 meter buffersone

Det ble også gjort en overlagsanalyse for skredfaresonene som inkluderer en buffersone på 10 meter. Her ble det identifisert langt flere konflikter mellom skredfaresonene og bebyggelsen i Vestland fylkeskommune. For S3, S2 og S1 i $>1/100$ resulterte buffersonen i en økning på over 100%, mens økningen er lavere enn 50% for S3 i $1/100 - 1/1\ 000$ og $1/1\ 000 - 1/5\ 000$, samt S2 i $1/100 - 1/1\ 000$ (tabell 5). Lokaliseringen av konfliktene innad i fylket endres ikke ved å legge på en 10 meters buffersone.

Tabell 5: Antall konflikter mellom bygg i kategoriene S1, S2 og S3 og en 10 meter buffersone rundt de eksisterende skredfaresonene for skred i bratt terreng i Vestland fylkeskommune.

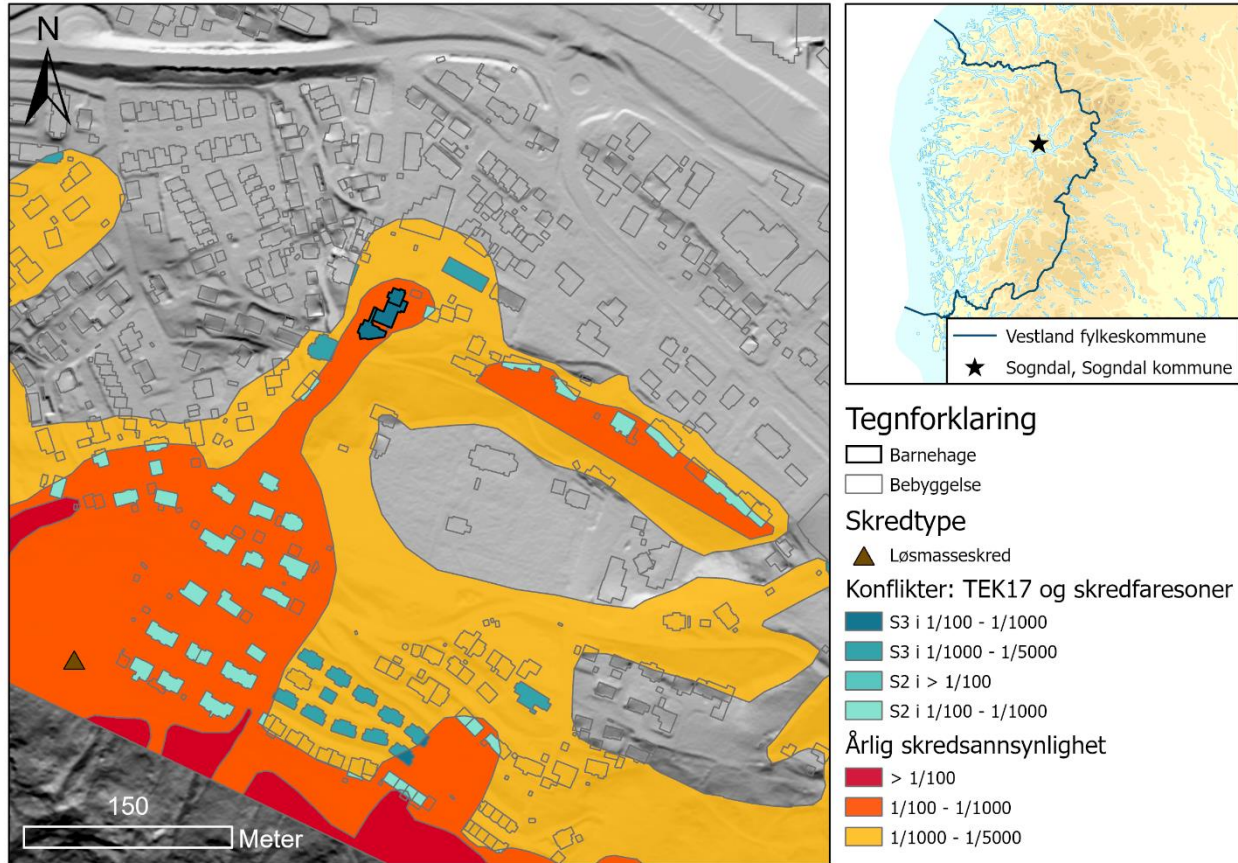
Sikkerhetsklasse	S3			S2		S1
	>1/100	1/100 – 1/1 000	1/1 000 – 1/5 000	>1/100	1/100 – 1/1 000	>1/100
Skredfaresoner	>1/100	1/100 – 1/1 000	1/1 000 – 1/5 000	>1/100	1/100 – 1/1 000	>1/100
Antall konflikter i skredfaresoner med en buffersone på 10 meter	98	253	439	3 030	8 606	915
Økning av antall konflikter	55	82	57	1 692	2 430	490
Prosent økning av konflikter	128%	48%	15%	127%	40%	115%

5.2 Case-studier

For å undersøke hvordan skredutsatt bebyggelse blir håndtert av kommunene, har jeg valgt å se nærmere på tre konflikter i ulike områder i Vestland fylkeskommune: en barnehage i Sogndal, et sykehjem i Kalvåg og en rekke boliger i Vikebygd. Disse tre konfliktene ble valgt for å vise tre ulike, men samfunnsviktige bygningstyper som er utsatt for ulike skredtyper. For hver case ble en forenklet sannsynlighetsregning utført, for å si noe om hvor stor faren for menneskeskader er ved en skredhendelse. Det blir også utført en dokumentanalyse av planer, rapporter og andre aktuelle dokumenter som omtaler casene.

5.2.1 Barnehage i Sogndal, Sogndal kommune

Et av eksemplene av konflikter mellom bebyggelse og skredfaresoner fra Vestland fylkeskommune er Kyrkjebakken barnehage i Sogndal som er utsatt for løsmasseskred (Grue et al., 2017). Barnehager er kategorisert som S3-bygg etter TEK17 (vedlegg I) og ligger innenfor skredfaresonen med årlig sannsynlighet på mellom 1/100 og 1/1 000 (figur 19). Barnehagen ble bygd i 1991 (Menes, 2021), og etter PBL og TEK17 kunne ikke en ny barnehage blitt etablert i dette området.



Figur 19: Kart over bebyggelse innenfor skredfaresoner for skred i bratt terreng sør i Sogndalsfjøra, Sogndal kommune. Kartet viser skredfaresonene ved årlig sannsynlighet for skred, der >1/100 er vist i rød, 1/100 – 1/1 000 er vist i oransje og 1/1 000 – 1/5 000 er vist i gul. Konfliktene mellom bebyggelse kategorisert etter TEK17 og skredfaresonene er vist i en skala fra mørk blågrønn til lys blågrønn. Den mørkeste fargen viser bygg med størst konflikt og den lyseste er bygg med minst konflikt. Kyrkjebakken barnehage er illustrert med et svart omriss.

5.2.1.1 Sannsynlighetsregning

Kyrkjebakken barnehage ligger innenfor skredfaresonen der den årlige sannsynligheten for en skredhendelse er mellom 1/100 og 1/1 000, men barnehager er bygg som kun er i bruk deler av døgnet. Barnehagen holder åpent ni timer hver hverdag (Sogndal kommune, u.d.), og jeg har tatt utgangspunkt i at barnehagen er åpen 239 dager i året. Disse dagene er estimert ut ifra hvor mange arbeidsdager det var i 2021 (254 dager (Centiga, 2021)), ekskludert 10 dager sommerstengt og 5 dager planleggingsdager. Ved disse beregningene er barnehagen åpen 25% av året.

$$9 \text{ timer} \cdot 239 \text{ dager i året} = 2\,151 \text{ timer åpent per år}$$

$$\frac{2\,151 \text{ timer åpent per år}}{8\,760 \text{ timer i ett år}} = 0,25$$

Den årlige sannsynligheten for at en skredhendelse skal nå Kyrkjebakken barnehage er mellom 0,01% og 0,001%, som resulterer i en estimert årlig sannsynlighet på mellom 0,25% til 0,025% for at en skredhendelse inntreffer i åpningstiden til barnehagen.

$$0,01 \cdot 0,25 = 0,0025 = 0,25\%$$

$$0,001 \cdot 0,25 = 0,00025 = 0,025\%$$

5.2.1.2 Dokumentanalyse

«Skredfarekartlegging i Sogndal kommune» Rapport fra NVE, 2017

I 2017 ble NVEs rapport «Skredfarekartlegging i Sogndal kommune» publisert, og denne rapporten omhandler flere områder som har blitt kartlagt for skredfare i Sogndal kommune. Området som inkluderer Kyrkjebakken barnehage blir omtalt i rapporten som «Stedje-Skjeldestad» (Grue et al., 2017), og ligger sør i Sogndal (figur 20).



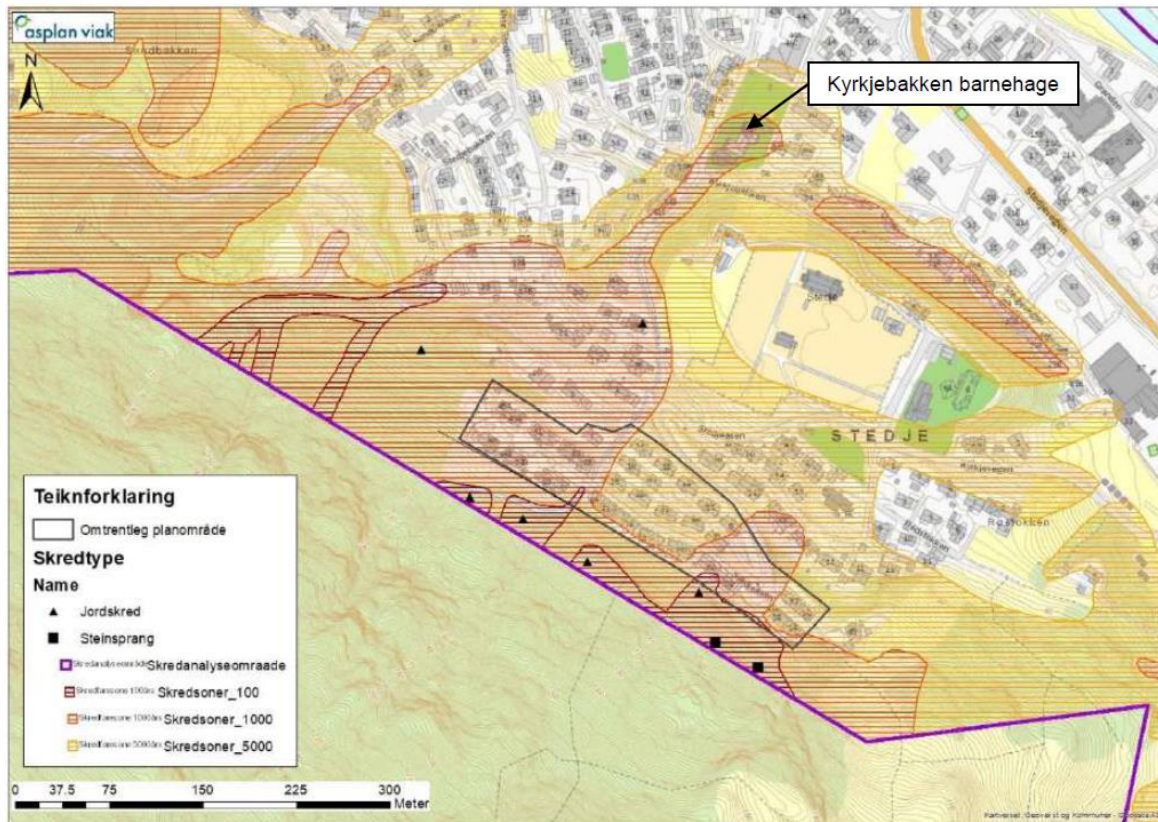
Figur 20: Kart over kartleggingsområdet Stedje-Skjeldestad, innenfor den rosa linjen (Grue et al., 2017). En svart sirkel er lagt på kartet for å vise plasseringen av Kyrkjebakken barnehage.

NVE-rapporten har en grundig beskrivelse av Stedje-Skjeldestad-området. Topografien i området er beskrevet som flatt i dalbunnen nord i kartleggingsområdet, og stigende i flere bratte skråninger mot sør. Det ligger flere elveterrasser mellom 30 og 130 moh. med elver og raviner som skjærer gjennom terrassene. Terrenget stiger videre til 625 moh. til Stedjeåsen på den østlige siden og 705 moh. til Skardsbøfjellet på den vestlige siden. I de bratteste partiene av fjellsidene, ved 250 til 350 moh., varierer helningsgraden mellom 25 og 45 grader. Store deler av dalsiden er dekket av skog, med noen få arr fra tidligere skredhendelser, og dalsidene består av tykke moreneavsetninger og delvis uravsetninger (Grue et al., 2017).

Rapporten tar også for seg en vurdering av skredfaren i området. Historisk har det vært flere skredhendelser i Stedje-Skjeldestad-området, der det er meldt om flere løsmasseskred, steinsprang, snøskred og sørpeskred mellom årene 1743 og 2016. Ved en videre vurdering blir faren for løsmasseskred sett på som en reell fare i Stedje-området over Kyrkjebakken barnehage, spesielt i perioder med intens nedbør. Ved modelleringer gjort i RAMMS viste det seg at store flomskred kan nå langt ned i boligfeltet og helt ned til Kyrkjebakken barnehage. Da rapporten ble skrevet var de eneste sikringstiltakene i området grøfter med dybde på 1 til 1,5 meter på oversiden av boligfeltet i Stedje-området, men disse er ikke dype nok for å stoppe store løsmasseskred fra å nå det bebygde området. Rapporten fraråder flatehogst av skogen i dalsiden, da dette kan øke skredfaren for løsmasseskred og snøskred i området. For å sikre byggene i Stedje foreslår NVE å lage den eksisterende grøften dypere og plassere flomskredgjerder på toppen av vollen (Grue et al., 2017).

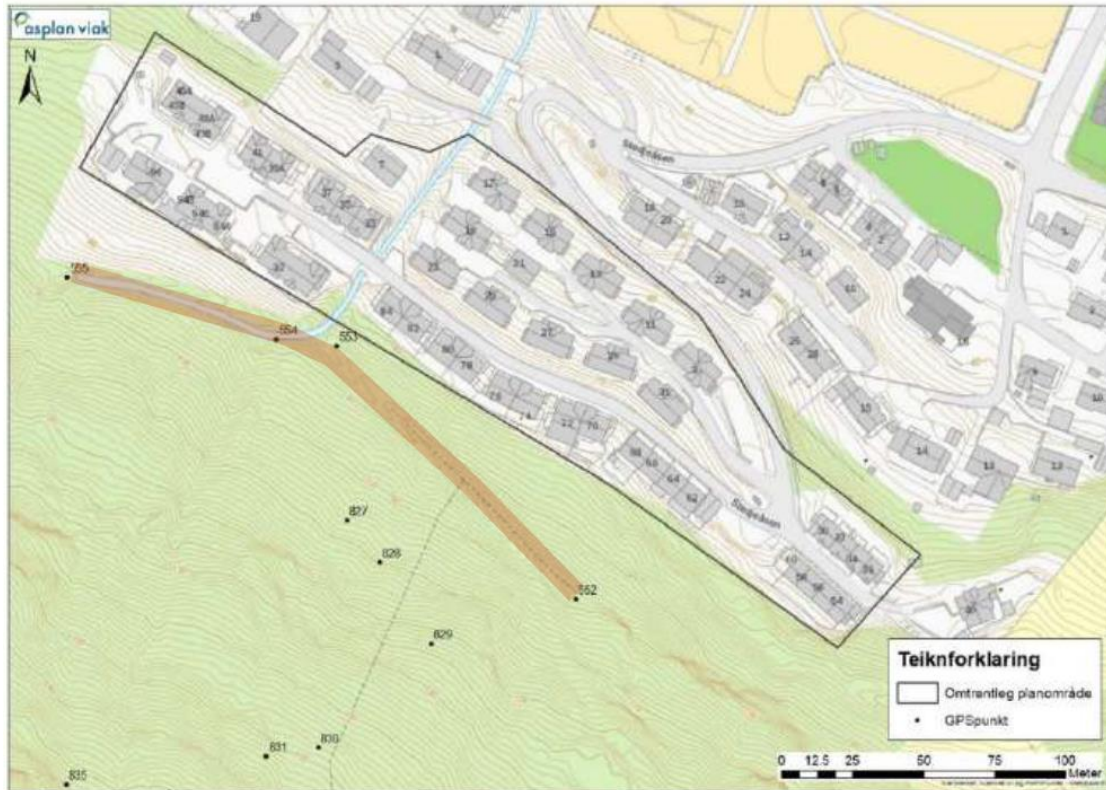
«Sikring av eksisterende busetning Øvre Stedje, Sogndal kommune» Rapport fra Asplan Viak, 2019

Etter skredfare-rapporten fra NVE ble publisert i 2017 fikk Asplan Viak i oppdrag av Sogndal kommune å dimensjonere sikringstiltak for Øvre Stedje i Sogndal. Sikringstiltakene skal i hovedsak beskytte bebyggelsen som ligger innenfor skredfaresonene med årlig sannsynlighet på over 1/333. Denne bebyggelsen ligger øverst i Stedje-området og skal sikres mot løsmasseskred og steinsprang. Rapporten fokuserer på boligfeltet i Stedje, men undersøker også beskyttelsesgraden av sikringstiltakene for Kyrkjebakken barnehage, som ligger lenger nord i området (Rustad & Nes, 2019) (figur 21).

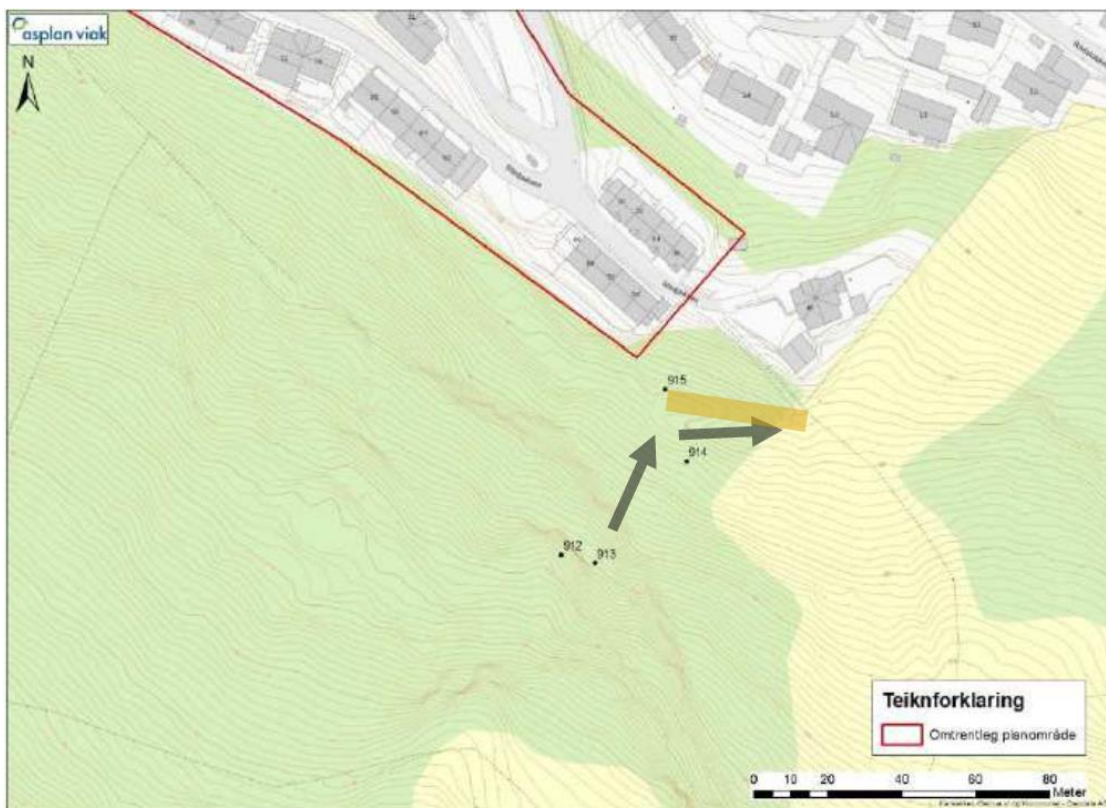


Figur 21: Skredfarekart for jordskred og steinsprang over Stedje i Sogndal. Planområdet Øvre Stedje er vist innenfor den svarte kanten, og Kyrkjebakken barnehage er også illustrert med en pil (Rustad & Nes, 2019).

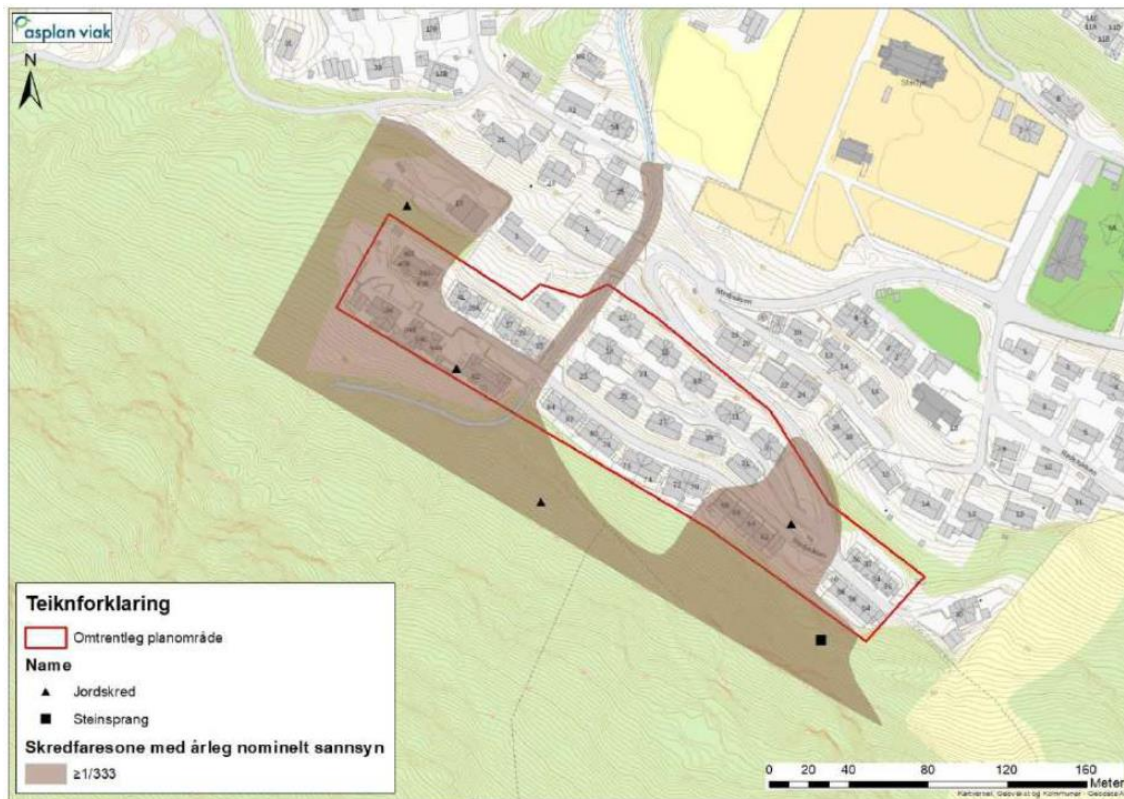
Det ble gjort en grundig vurdering av området, med blant annet befarings og simulering av skredhendelser, som ble brukt for å dimensjonere sikringstiltakene til et 333-årsskred. På befarings ble flere raviner og dreneringsområder identifisert, som kan lede vann og masser nedover fjellsiden, samt noen områder med tykt løsmassedekke. Det ble funnet spor av tidligere skredhendelser, blant annet et løsmasseskred fra 2016 som gikk ned til den øverste bebyggelsen øst i planområdet. Det ble også observert en skrent som kan utløse steinsprang ovenfor bebyggelsen i øst. De eksisterende sikringstiltakene i Stedje ble også kartlagt av Asplan Viak, der det er en 1 til 1,5 meter dyp grøft ovenfor den vestlige delen av boligområdet som ble bygd etter anbefalinger fra 1988 (figur 22), og en ledevoll på østsiden av boligfeltet (figur 23). For å kartlegge en skredfarezone for skred med årlig sannsynlighet på over 1/133, ble datasimuleringer av løsmasseskred utført for området. Simuleringene ble utført for fire utløsningsområder, der alle simuleringene for 333-årsskred gikk inn i det definerte planområdet. Basert på simuleringene, befarings, historiske skredhendelser, samt NVE-rapporten fra 2017 ble et 1/333-faresonekart utviklet (Rustad & Nes, 2019) (figur 24).



Figur 22: Posisjonen til eksisterende sikringstiltak. En 1-1,5 meter dyp grøft markert i brunt (Rustad & Nes, 2019).

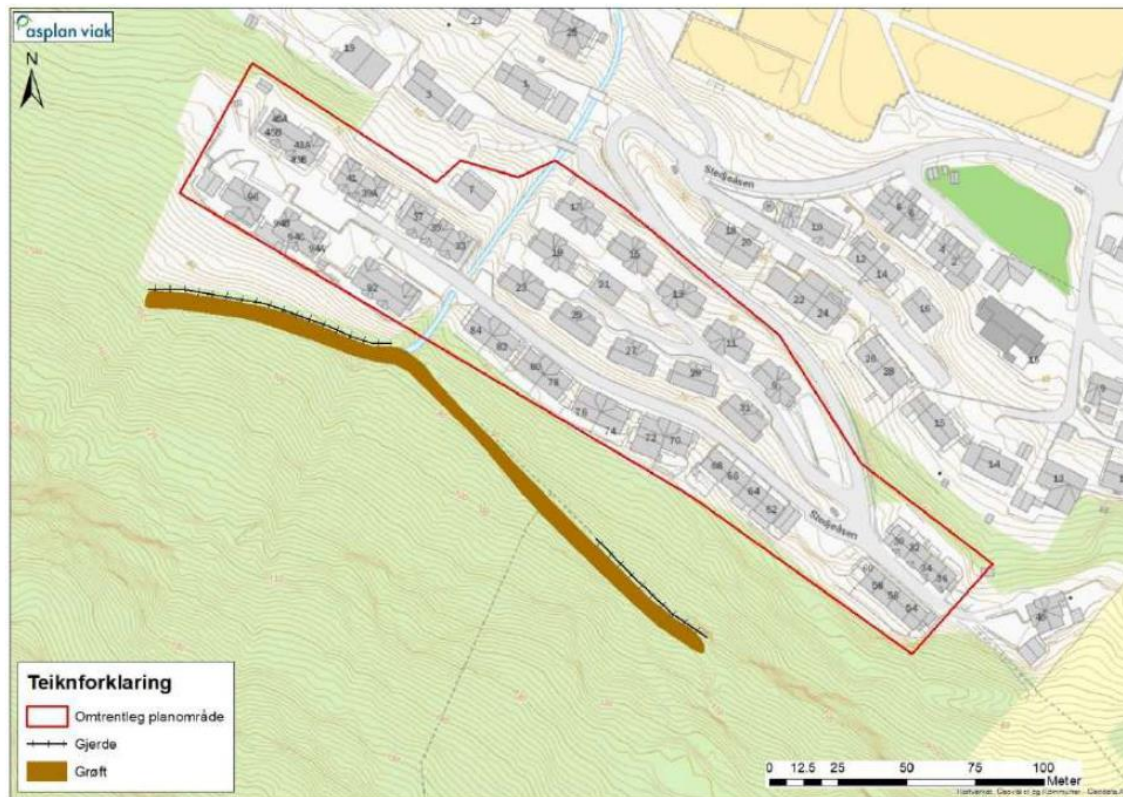


Figur 23: Posisjonen til eksisterende sikringstiltak. En skredvoll markert i gult. Pilene markerer hvordan vollen vil lede et skred bort fra boligfeltet (Rustad & Nes, 2019).



Figur 24: Skredfaresone for skred løsmasseskred og steinsprang med årlig sannsynlighet på over 1/333 (Rustad & Nes, 2019).

Basert på 1/333-faresonen, kom Asplan Viak med forslag til sikringstiltak for Øvre Stedje. Dette forslaget består av å lage den eksisterende grøften på vestsiden ovenfor planområdet dypere, med en høyde på 2 til 2,5 meter, samt bygge fanggjerdene på hver side av grøften (figur 25). Grøften er dimensjonert til å stå imot masser på opp til 2 200 m² ved et fremtidig løsmasseskred, og bør ha en helning slik at vannet fra skredet kan dreneres mot bekkeløp i området. Fanggjerdene er foreslått plassert på hver side av grøften, der den østlige siden bør tåle 80kPa og den vestlige 40kPa (Rustad & Nes, 2019).



Figur 25: Forslag til sikringstiltak i Øvre Stedje. Fordypning av eksisterende grøft og fanggjerdje på den østlige og vestlige siden av grøften (Rustad & Nes, 2019).

Asplan Viak fikk også i oppdrag av Sogndal kommune å undersøke om de planlagte sikringstiltakene ville redusere skredfaren ved Kyrkjebakken barnehage. Dette ble undersøkt ved å simulere et løsmasseskred i RAMMS, der det ble lagt inn en voll på 3 meter der de planlagte sikringstiltakene er plassert. Ut ifra disse simuleringene konkluderte Asplan Viak med at sikkerheten rundt barnehagen vil øke ved utbygging av disse sikringstiltakene, men det vil fortsatt være en risiko ved en skredhendelse. For å øke sikkerheten betydelig rundt barnehagen og boligene nedenfor det definerte planområdet i denne rapporten, anbefaler Asplan Viak å vurdere dette nærmere i et nytt prosjekt (Rustad & Nes, 2019).

«Tilsagn om tilskot til gjennomføring av skredsikring i Stedjeåsen, Sogndal kommune, Vestland fylke»
Brev fra NVE, 2020

I 2019 søkte Sogndal kommune om økonomisk støtte fra NVE for å utbygge sikringstiltaket, noe som NVE godtok i 2020. I et brev fra NVE til Sogndal kommune, sier de at de er villige til å dekke 80% av utgiftene innenfor en økonomisk ramme på litt over 4 millioner kroner (Leifseth & Edvardsen, 2020).

Nåværende status

Under kartlaget «Sikringstiltak» i NVE Atlas ligger sikringstiltaket tegnet inn på kartet, der det står at byggingen av tiltaket er startet. Denne linjen ble tegnet inn på kartet i januar 2020, og ble sist oppdatert i desember 2021 (NVE, 2021e).

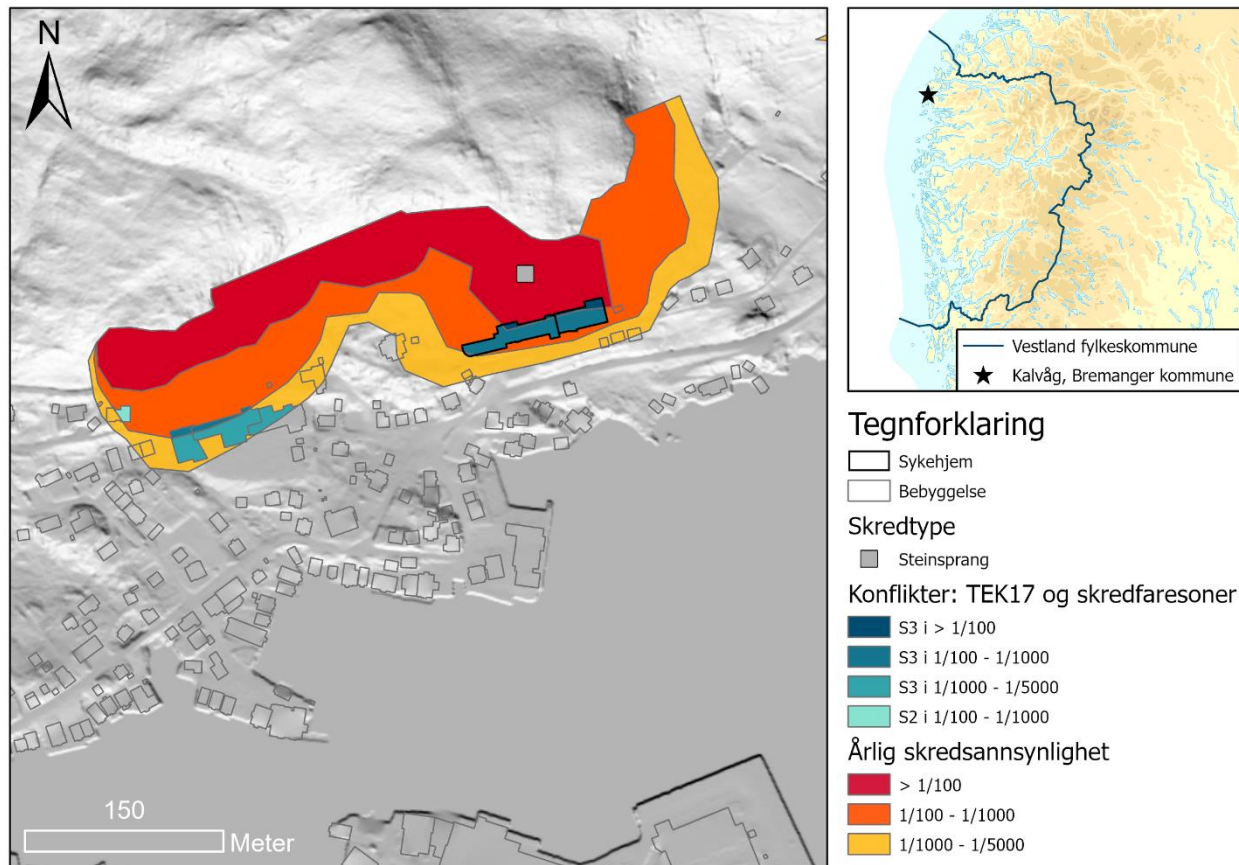
På en kort befaringsgjort i slutten av mai 2022 kunne jeg se at fanggjerdene er satt opp og at grøften er gravd dypere. Det kan dermed antas at utbyggingen av sikringstiltaket er ferdig (figur 26).



Figur 26: Bilde av grøften og fanggjerdet ovenfor bebyggelsen i Stedje, Sogndal kommune (Foto: Yngvild Skjeldnes).

5.2.2 Sykehjem i Kalvåg, Bremanger kommune

I Kalvåg er det identifisert et S3-bygg som ligger innenfor skredfaresoner for steinsprang (Lohne & Molina, 2017). Dette S3-bygget er Bremanger sykehjem som ble bygd i 1996 (Proff, u.d.) og ligger innenfor skredfaresonene 1/100 til 1/1 000 og så vidt i >1/100 på nordsiden av bygget (figur 27). I likhet med barnehagen i Sogndal kan ikke et nytt sykehjem etableres i dette området, etter PBL og TEK17.



Figur 27: Kart over bebyggelse innenfor skredfaresoner for skred i bratt terreng i Kalvåg, Bremanger kommune. Kartet viser skredfaresonene ved årlig sannsynlighet for skred, der >1/100 er vist i rød, 1/100 – 1/1 000 er vist i oransje og 1/1 000 – 1/5 000 er vist i gul. Konflikten mellom bebyggelse kategorisert etter TEK17 og skredfaresonene er vist i en skala fra mørk blågrønn til lys blågrønn. Den mørkeste fargen viser bygg med størst konflikt og den lyseste er bygg med minst konflikt. Bremanger sykehjem er illustrert med et svart omriss.

5.2.2.1 Sannsynlighetsregning

Sykehjemmet i Kalvåg ligger i hovedsak innenfor skredfaresonen 1/100 til 1/1 000, men i motsetning til barnehager er det mennesker på sykehjem hele døgnet (Braut, 2018). På grunnlag av dette har jeg estimert at sykehjemmet i Bremanger er tatt i bruk 100% av året, og dermed er sannsynligheten for at det er mennesker til stede under en skredhendelse også 100%.

Sannsynligheten for at en skredhendelse inntreffer mens sykehjemmet er i bruk vil derfor være det samme som den årlige sannsynligheten for skred, mellom 1% til 0,1%.

$$0,01 \cdot 1 = 0,01 = 1\%$$

$$0,001 \cdot 1 = 0,001 = 0,1\%$$

5.2.2.2 Dokumentanalyse

«Skredfarekartlegging i Bremanger kommune» Rapport fra NVE, 2017

I NVEs rapport «Skredfarekartlegging i Bremanger kommune» fra 2017 blir skredfaren i Kalvåg beskrevet. Bremanger sykehjem er lokalisert vest innenfor dette kartleggingsområdet (Lohne & Molina, 2017) (figur 28).



Figur 28: Kart over kartleggingsområdet Kalvåg, innenfor den blå linjen (Lohne & Molina, 2017). En svart sirkel er lagt på kartet for å vise plasseringen av Bremanger sykehjem.

Rapporten beskriver kartleggingsområdet der skredfaren blir undersøkt. Området ligger lavt ved sjøen, og topografien stiger noe innover i landet. Det er lite løsmasser innenfor kartleggingsområdet, med unntak av skråningen på oversiden av sykehjemmet der det har blitt identifisert urmasse og bergskrenter med flere løse blokker. Det er registrert to steinspranghendelser innenfor kartleggingsområdet, ett i 1899 og ett i 2012. På grunn av de løse blokkene på oversiden av sykehjemmet regnes dette bygget som utsatt for steinsprang. Selv om

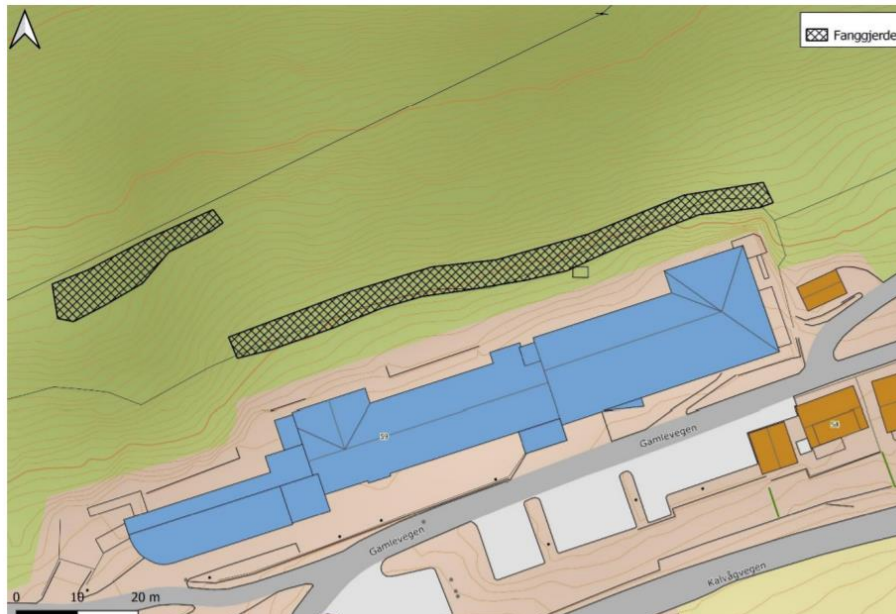
bergskrentene er lave, som fører til kort utløpslengde ved et steinsprang, er avstanden mellom skrenten og sykehjemmet kort, og rapporten konkluderer dermed med at Bremanger sykehjem bør sikres mot steinsprang (Lohne & Molina, 2017).

«Detaljprosjektering av skredsikringstiltak ved Bremanger sjukeheim» Rapport fra Sunnfjord Geo Center, 2021

For å undersøke hvilke sikringstiltak som er aktuelle for å sikre Bremanger sykehjem mot steinsprang ble Sunnfjord Geo Center leid inn av Bremanger kommune. Sunnfjord Geo Center publiserte i 2021 en detaljprosjektering av skredsikringstiltak ved Bremanger sykehjem. Området rundt sykehjemmet ble undersøkt nærmere for å bestemme hvilke skredsikringstiltak som er nødvendige, samt hvor tiltakene bør plasseres. Skråningen på oversiden av sykehjemmet er bratt, med en helning på opptil 60 grader, og på befaring ble det observert en blanding av steinsprangmasser, løsmassedekke og bart fjell i skråningen, samt spredt skogsvegetasjon. I skjæringen rett bak sykehjemmet ble det også identifisert flere områder med løse småblokker, som kan rase ned på sykehjemmets uteområde. Det ble også observert to sprekkesett, der det ene har et fall på 70 grader i østlig retning, mens det andre har et fall på 40 grader mot sør. Skråningen er blottlagt på den sørlige siden, slik at sprekkesettene er ideelle for steinsprang i dette området. Sunnfjord Geo Center utførte modellering av skredhendelser i programmet *RocFall*, der de regnet ut rekkevidde, spranghøyde, hastighet og energi ved steinspranghendelser. Disse utregningene og modelleringene ble grunnlaget for hvilke sikringstiltak som ble valgt, og hvor disse tiltakene ble plassert (Bjørkhaug & Ljone, 2021).

I detaljprosjekteringen til Sunnfjord Geo Center ble flere sikringstiltak planlagt for å sikre Bremanger sykehjem. To fanggjerder skal plasseres ovenfor sykehjemmet, ett på 95 meter som skal dekke for østsiden, mens det andre på 32 meter skal stå høyere opp på vestsiden (figur 29). Gjerdene skal ha en overlapp, og begge skal kunne tåle steinsprang med en energi opp til 1 000 kJ. For de andre sikringstiltakene er området delt opp i tre soner (figur 30) med forskjellige sikringsbehov (tabell 6). I sone 1 er det planlagt rensk, det skal boltes inn 10 bolter på 2,4 meter og et sikringsnett på 200 m² skal installeres. For sone 2 er det planlagt å bolte inn 5 bolter på 2,4 meter, samt bruke et bånd for å sikre større løse blokker. I sone 3 er det planlagt rensk og 5 bolter

på 2,4 meter. Det er også åpent for at flere sikringstiltak kan bli nødvendig for de tre sonene, og all sikringen skal bli godkjent av en geolog før ferdigstilling (Bjørkhaug & Ljone, 2021).



Figur 29: Lokalisering av fanggjerdje på oversiden av Bremanger sykehjem (Bjørkhaug & Ljone, 2021).



Figur 30: Lokalisering av sikringszone 1, 2 og 3 på oversiden av Bremanger sykehjem (Bjørkhaug & Ljone, 2021).

Tabell 6: Estimerte sikringsbehov for sikringszone 1, 2 og 3 (Bjørkhaug & Ljone, 2021).

	Rensk	Bolter 2,4 m	Bolter 3 m +	Sikringsnett	Bånd
Sone 1	Ja	10 stk.	Ved behov	200 m ²	Ved behov
Sone 2	-	5 stk.	Ved behov	Ved behov	3 m
Sone 3	Ja	5 stk.	Ved behov	Ved behov	Ved behov

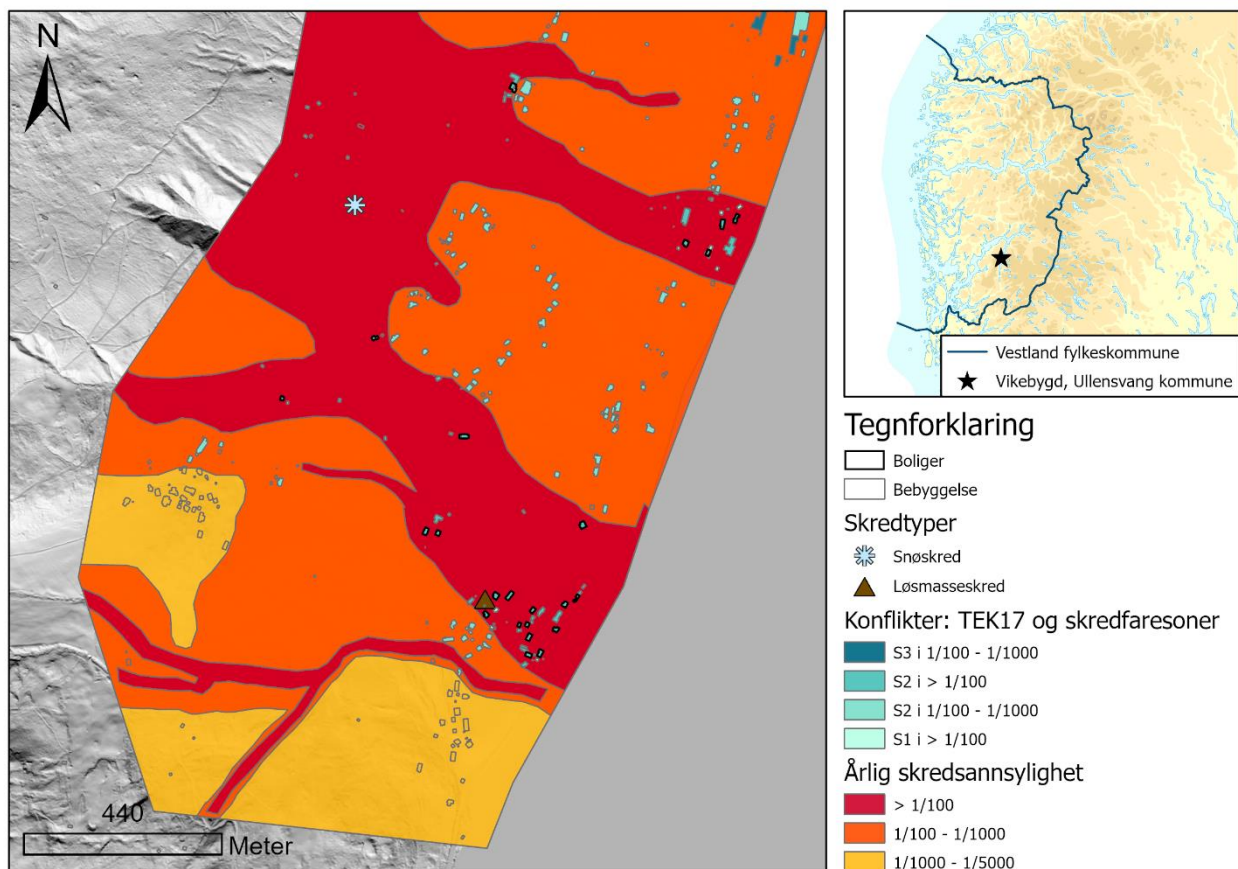
Kommentar fra kommunen

Kommunen har søkt om tilskudd for prosjektering av sikringstiltaket, men fikk avslag på denne søknaden. De fikk likevel utført prosjektering på egen regning.

I år har kommunen sendt inn en ny søknad til NVE om tilskudd til utføring av sikringstiltaket, som de ikke har fått svar på enda. Utbyggingen av sikringstiltaket er derfor ikke påbegynt, men kommunen har satt av penger til prosjektet (Bremanger kommune, 2020).

5.2.3 Boliger i Vikebygd, Ullensvang kommune

Det siste eksempelet av bebyggelse innenfor skredfaresoner i Vestland fylkeskommune befinner seg i Vikebygd, Ullensvang kommune. I dette området ligger det en rekke boliger innenfor skredfaresoner for snøskred og delvis løsmasseskred med over 1/100 i årlig sannsynlighet (Kronholm, 2016). Bolighus er kategorisert som S2 etter TEK17 (vedlegg I), som vil si at nye boliger kun kan etableres innenfor skredfaresonen med årlig sannsynlighet på 1/1 000 til 1/5 000. Disse boligene er dermed i konflikt med skredfaresonen (figur 31).



Figur 31: Kart over bebyggelse innenfor skredfaresoner for skred i bratt terreng i Vikebygd, Ullensvang kommune. Kartet viser skredfaresonene ved årlig sannsynlighet for skred, der >1/100 er vist i rød, 1/100 – 1/1 000 er vist i oransje og 1/1 000 – 1/5 000 er vist i gul. Konfliktene mellom bebyggelse kategorisert etter TEK17 og skredfaresonene er vist i en skala fra mørk blågrønn til lys blågrønn. Den mørkeste fargen viser bygg med størst konflikt og den lyseste er bygg med minst konflikt. Boligene er illustrert med et svart omriss.

5.2.3.1 Sannsynlighetsregning

Boligene i Vikebygd ligger innenfor skredfaresonen med årlig sannsynlighet på over 1/100, men når det kommer til bolighus er det vanskelig å estimere hvor stor del av året boligene er i bruk. Noen vil være mye borte fra bolighusene, i arbeidstiden, helger og ferier, mens andre bruker

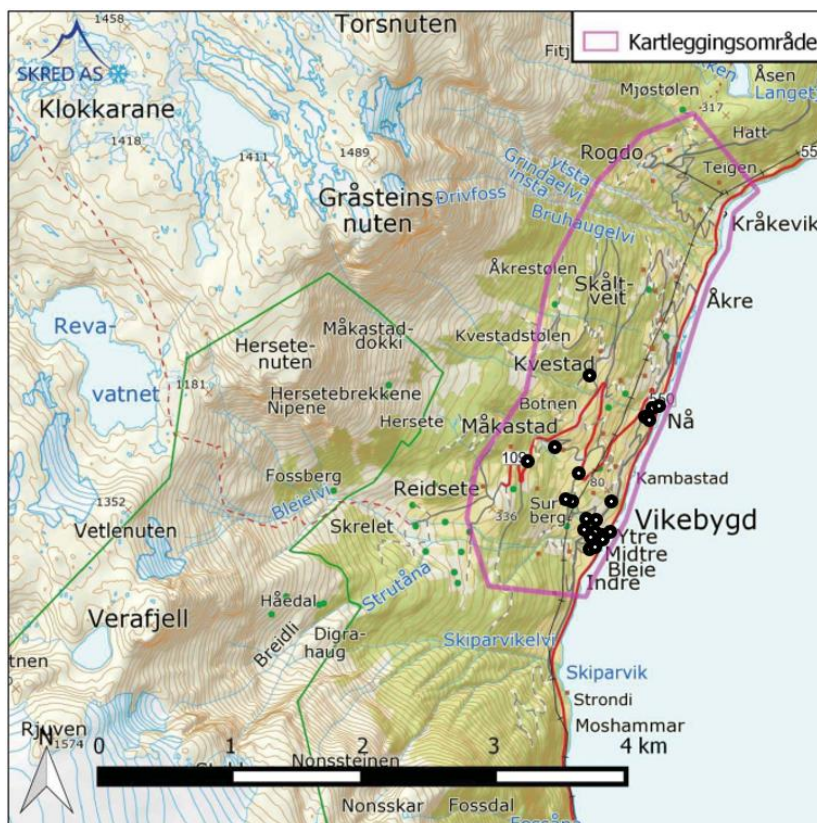
hjemmet mer, enten de er pensjonister, har hjemmekontor eller av andre grunner er mye hjemme. Flere av bolighusene kategorisert som konflikter i Vikebygd er tilhørende gårdsbruk, og det kan dermed estimeres at bolighusene blir brukt mye. På grunn av det store spennet i folks hverdag, og at jeg ikke har noe datagrunnlag for å si noe om hvor mye befolkningen i Vikebygd holder seg hjemme, har jeg tatt utgangspunkt i at boligene er i bruk 100% av året. Om det er mennesker til stede i bolighusene 100% av året, vil sannsynligheten for at boligene er i bruk ved en skredhendelse være det samme som sannsynligheten for skred, over 1% per år.

$$0,01 \cdot 1 = 0,01 = 1\%$$

5.2.3.2 Dokumentanalyse

«Skredfarekartlegging i Vikebygd, Ullensvang herad» Rapport fra NVE, 2016

I 2016 kom NVE-rapporten «Skredfarekartlegging i Vikebygd, Ullensvang herad», der Vikebygd-området har blitt undersøkt og skredfarekartlagt (Kronholm, 2016). Dette området inkluderer boligbyggene som er identifisert som konflikter (figur 32).



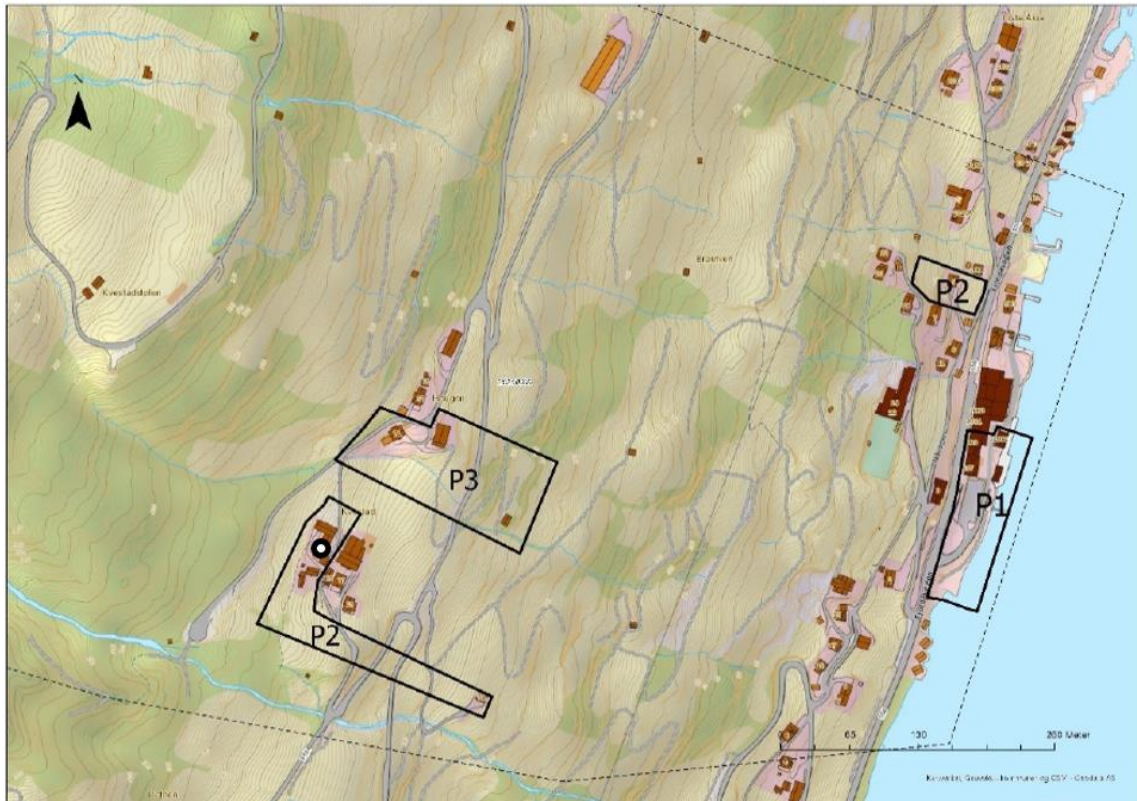
Figur 32: Kart over kartleggingsområdet Vikebygd, innenfor den rosa linjen (Kronholm, 2016). De svarte sirkelene er lagt på kartet for å vise plasseringen av de identifiserte konflikten.

I rapporten er kartleggingsområdet og mulige utløsningsområder beskrevet. Terrenget i kartleggingsområdet er nokså slakt, med en helning stort sett under 20 grader, med noen brattere skrenter på 30 til 45 grader. Utenfor kartleggingsområdet stiger terrenget fra 500 moh. til høye fjell på omkring 1 500 moh. Det finnes skog i kartleggingsområdet over boligfeltene og opp til omtrent 600 meters høyde, men lavere i kartleggingsområdet er landskapet preget av åkere og landbruk. Løsmassene i området er hovedsakelig morenemasser, med innslag av elveavsetninger fra Bleielvi og skredavsetninger på undersiden av Gråsteinsnuten og Hersetenuten. Det er også observert flere raviner innenfor kartleggingsområdet (Kronholm, 2016).

De aktuelle skredtypene for Vikebygd-området er i hovedsak snøskred, men det er også en fare for løsmasseskred langs elvene. Historiske data viser flere skredhendelser, der det eldste dokumenterte skredet er et snøskred i 1592 og de nyeste var en rekke løsmasseskred i 2011 som ble utløst av stormen Dagmar. Snøskred har gjort stor skade på boliger, uthus og fjøs gjennom tidene, og har tatt liv av både dyr og mennesker, mens løsmasseskred har gjort mest skade på jord, åkere og veier. For å beregne hvilke områder som er utsatt for snøskred ble programvaren *RAMMS* brukt, og resultatet viste at hele kartleggingsområdet er utsatt for snøskred. Modelleringene i *RAMMS* har tatt hensyn til vegetasjonen i området, og for de aktuelle utløsningsområdene er det ikke skogdekke. Det ble ikke utført kartlegging av faresoner til løsmasseskred, da faren for snøskred er ansett som størst innenfor dette området. NVE-rapporten skriver i sammendraget at bebyggelsen som ligger innenfor årlig sannsynlighet på over 1/100 bør vurderes nærmere og muligens sikres (Kronholm, 2016).

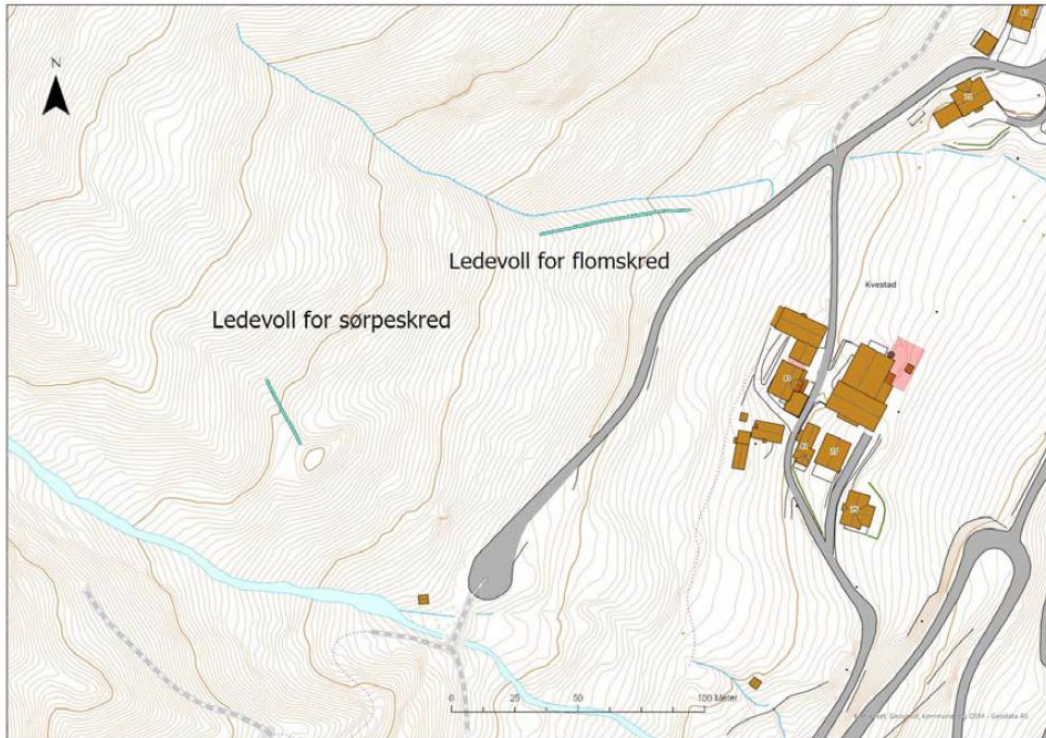
«Skredfarevurdering Vikebygd, Nå, Ullensvang» Rapport fra NGI, 2021

I en rapport fra NGI i 2021 ble det utført en mer detaljert skredfarevurdering for bolighusene i området Nå i Vikebygd, for å vurdere ny utbygging og bruksendringer innenfor dette området. Kartleggingen er utført i fire mindre områder som er navngitt: P1, P2 og P3 (Sandersen et al., 2021). Av boligbyggene som ble identifisert i GIS-analysen, ligger en bolig (Kvestad gård) innenfor ett av disse kartleggingsområdene (figur 33).



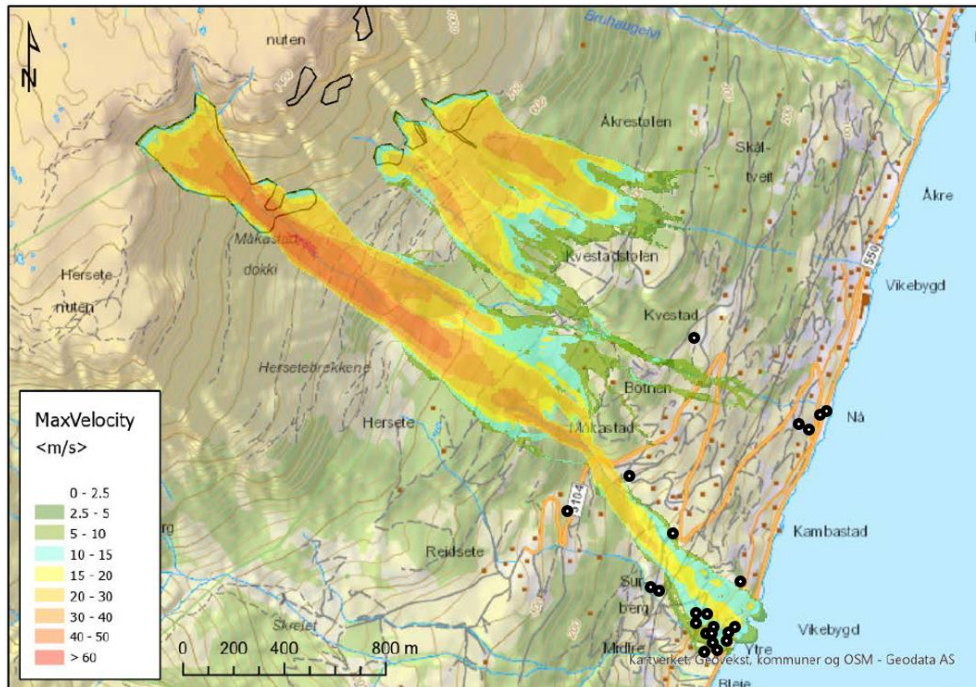
Figur 33: Kartleggingsområde P1, P2 og P3 for skredfarevurderingen for Nå i Vikebygd (Sandersen et al., 2021). En svart sirkel er lagt på kartet for å vise plasseringen av en av de identifiserte konfliktene.

Ovenfor Kvestad gård er det observert to ledevoller som fungerer som sikringstiltak for sørpe- og flomskred. Nord for gården er det en ledevoll på sørsiden av en bekk, der det har tidligere vært en flomskred-hendelse. Ledevollen er 60 til 70 meter lang, og det er usikkert når dette sikringstiltaket ble bygget. Det ble også observert en ledevoll sør for gården som ble bygget i 1808 for å lede sørpeskred bort fra gården (Sandersen et al., 2021) (figur 34).

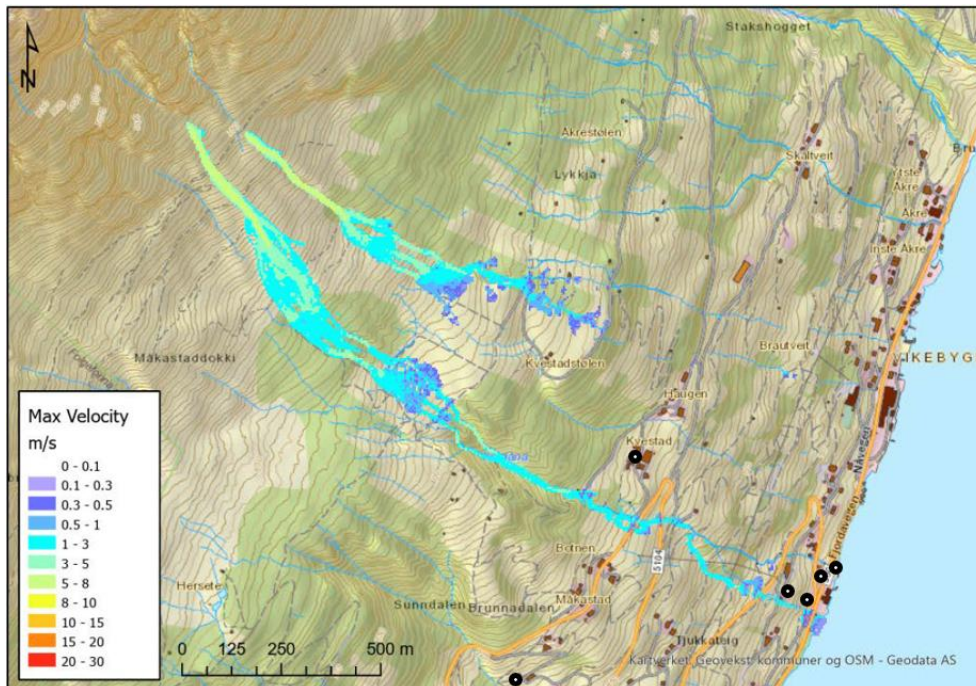


Figur 34: Eksisterende sikringstiltak over Kvestad gård (Sandersen et al., 2021).

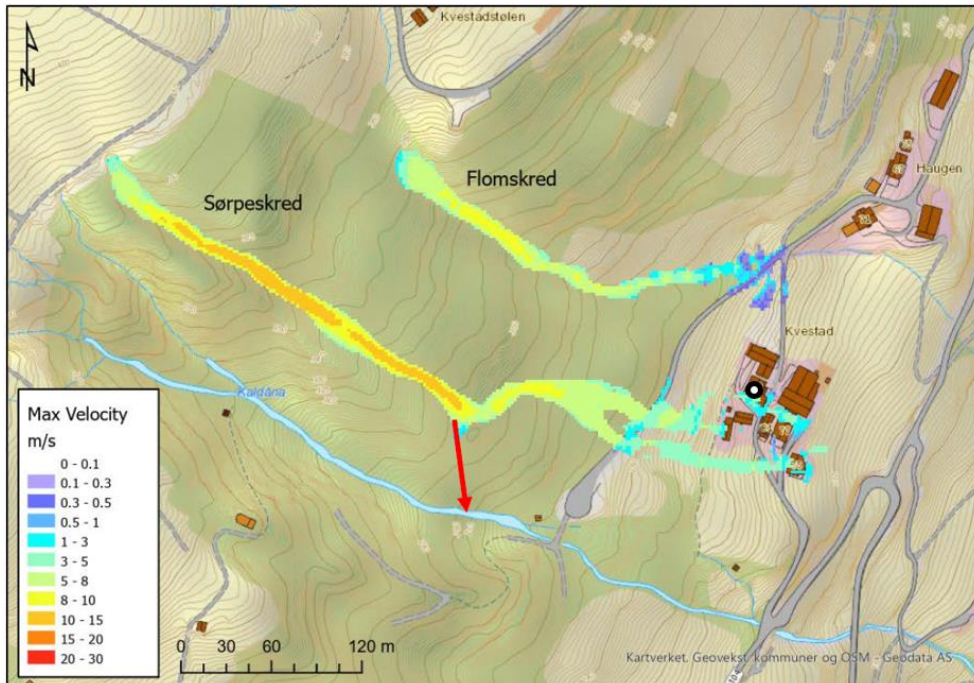
Ved NGIs skredfarevurderingen ble det utredet fare for alle typene av skred i bratt terreng, og faren for snøskred (figur 35), flomskred (figur 36 og 37) og sørpeskred (figur 37) ble simulert i RAMMS. Snøskred er skredtypen som vil ramme de største områdene i Vikebygd, men ut ifra simulasjonene vil mulige snøskred forekomme i større grad i den sørlige delen av Vikebygd, mens Nå-området, som er fokuset av denne rapporten, ikke er like utsatt. Flertallet av bolighusene som ble identifisert ligger innenfor det mest snøskredutsatte området i sør (figur 35). For flomskred ble det identifisert tre mulige utløsningsområder, der to ligger i fjellsiden (figur 36), mens det tredje ligger noen hundre meter i overkant av Kvestad gård (figur 37). Simuleringene viser at områdene P1, P2 og P3 ligger trygt med tanke på flomskred (figur 36 og 37). Faren for sørpeskred ble også vurdert over Kvestad gård, der rapporten kommenterer at simuleringene ikke er nøyaktige nok. Skredsimuleringen har ikke tatt hensyn til ledemuren på oversiden av gården. NGI har likevel tatt hensyn til de observerte sikringstiltakene og konkluderte med at sørpeskred vil bli ledet ut i elven mot sør, slik at Kvestad gård er sikret mot sørpeskred (Sandersen et al., 2021) (figur 37).



Figur 35: Snøskredsimulering i RAMMS fra NGI-rapporten (Sandersen et al., 2021). De svarte sirlkene er lagt på kartet for å vise plasseringen av de identifiserte konfliktene.

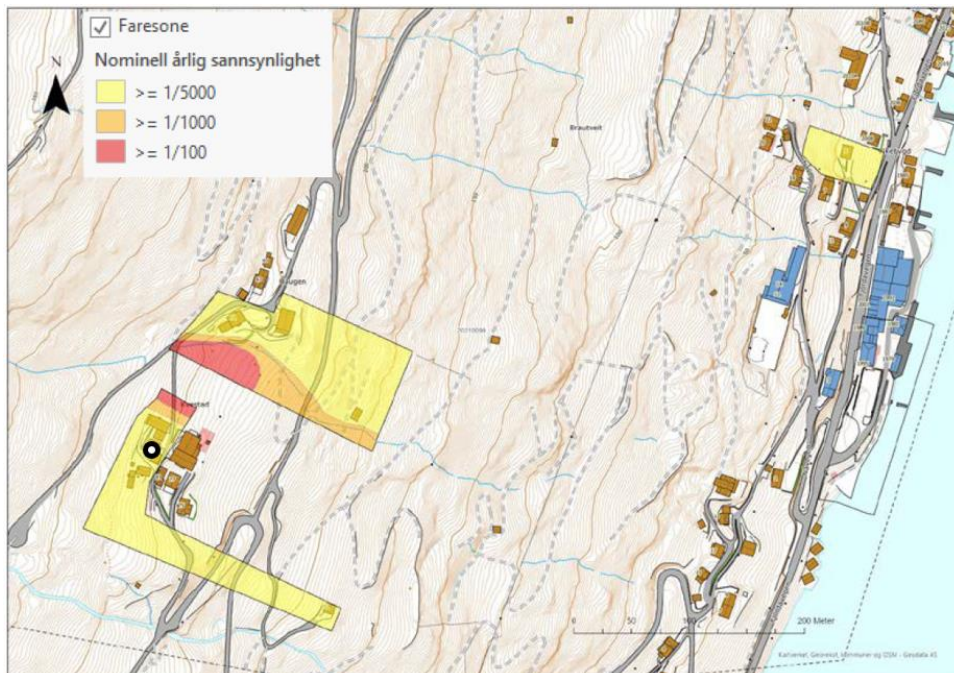


Figur 36: Flomskredsimulering i RAMMS fra NGI-rapporten (Sandersen et al., 2021). De svarte sirlkene er lagt på kartet for å vise plasseringen av de identifiserte konfliktene.



Figur 37: Flom- og sørpeskredsimulering i RAMMS fra NGI-rapporten. Simuleringen tar ikke høyde for en mur ovenfor Kvestad, og det kan dermed antas at sørpeskredet blir ledet ut i elva, som illustrert med en rød pil (Sandersen et al., 2021). En svart sirkel er lagt på kartet for å vise plasseringen av en av de identifiserte konfliktena.

Resultatet av NGI-rapporten ble et detaljert faresonekart for kartleggingsområdene P1, P2 og P3. Ifølge denne kartleggingen ligger både de eksisterende og planlagte byggene innenfor sikre områder, etter TEK17 (Sandersen et al., 2021) (figur 38).



Figur 38: Faresonekart over P1, P2 og P3 (Sandersen et al., 2021). En svart sirkel er lagt på kartet for å vise plasseringen av en av de identifiserte konfliktena.

Kommentar fra kommunen

Kommunen har startet arbeidet med en mer detaljert faresonekartlegging, siden de har to motstridende faresonekart i området. De ønsker også å se på mulige sikringstiltak for området, og har jobber mot å få sendt inn en søknad om støtte til sikringstiltak til NVE i løpet av året.

6 Diskusjon

Problemstillingene for denne oppgaven er å identifisere skredutsatt bebyggelse i Vestland fylkeskommune, og å undersøke hvordan skredutsatt bebyggelse blir håndtert av kommunene. For å svare på disse problemstillingene vil lokaliseringen av konfliktene og usikkerheten rundt grensesettingen av skredfaresonene bli diskutert, samt diskutere de ulike ansvarsområdene for skredfare og skredsikring, og vurdere hvordan konflikter kan rangeres ved hjelp av sannsynlighetsregning. Oppgavens feilkilder og forslag til videre arbeid blir også gjort greie for mot slutten av diskusjonen.

6.1 Lokalisering av konflikter

Vestland er ett av de mest skredutsatte fylkene i Norge (Riksrevisjonen, 2022), og resultatene fra GIS-analysen viser at 5 425 av byggene i fylket er i konflikt med skredfaresoner for skred i bratt terreng. Disse byggene utgjør 18% av bebyggelsen som ligger innenfor de kartlagte skredfaresonene, og 0,8% av det totale antallet bygg i Vestland fylkeskommune. Flertallet av konfliktene er lokalisert i fylkets indre dalstrøk, noe som gjenspeiler hvilke områder som er faresonekartlagt i Vestland fylke.

Faren for skred i bratt terreng vil være størst i områder med bratt topografi, og denne typen topografi ser vi mer av i de faresonekartlagte områdene. Faresoner blir ofte kartlagt på grunn av planlagt utbygging av ny bebyggelse som ligger innenfor aktsomhetsområder for skred i bratt terreng (NVE, 2021a), og på grunn av den bratte topografien i indre Vestland er det flere faresonekart i disse områdene. Store områder med bratt topografi utsetter store areal for en skredrisiko, som gjør at mange etablerte bygg blir utsatt for skred. I tillegg gir topografien i indre deler av fylket lite tilgjengelig utbyggingsareal på grunn av bratte fjellsider og smale dalfører. Mangel på utbyggingsareal i indre Vestland resulterer dermed i en stor andel skredutsatt bebyggelse og flere områder med faresonekart enn ytre deler av fylket.

Alderen på bebyggelsen har også en viktig rolle i å forklare hvorfor det finnes etablert bebyggelse i konflikt med skredfaresoner i Vestland. På nasjonalt plan er 75% av all bebyggelse innenfor naturfareutsatte områder bygd før 1985, da det kom krav om å ivareta naturfare, og hele 93% av byggene ble bygd før TEK10 ble vedtatt i 2010 (Riksrevisjonen, 2022). Utbygging i en periode uten

nok kunnskap om skredfare og et stort behov for utbygging har resultert i etablert bebyggelse i skredutsatte områder flere steder i Vestland. Dette gjenspeiles i barnehagen i Sogndal og sykehjemmet i Kalvåg, som begge ble bygd på 90-tallet og som i dag er i konflikt med skredfasesoner. I dag sikrer PBL, TEK17 og Naturfareloven at ny bebyggelse skal bygges på trygg grunn, som kan forklare hvorfor det er lite ny bebyggelse innenfor kartlagte skredfasesoner.

Kartlegging av faresonekart for skred i bratt terreng er kun utført for noen av de mange utbygde områdene i Vestland fylkeskommune, og det reelle antallet av skredutsatt etablert bebyggelse er dermed ukjent. Antall bygg som ligger innenfor aktsomhetskartene for skred i bratt terreng gir et anslag på hvor stor del av den etablerte bebyggelsen i Vestland som er utsatt for skred i bratt terreng. Hele 30% av byggene i Vestland ligger innenfor de datagenererte aktsomhetssonene. I virkeligheten vil prosentandelen av skredutsatt bygg være mindre, siden aktsomhetskartene ikke får med alle viktige detaljer som må tas til betraktning ved skredrisikovurdering. I en rapport fra NVE blir sikringsbehovet for skredutsatte bygg estimert, der 23 000 bygg i Region Vest er beregnet som bygg med sikringsbehov, og omtrent 9 000 av disse ligger innenfor kartlagte skredfasesoner (Wasrud et al., 2021). Region Vest består av fylkene Vestland og Møre og Romsdal (NVE, u.d.), og det er ikke spesifisert hvor stor andel av disse byggene som ligger innenfor Vestlands fylkesgrenser. Likevel sier antallet bygg med sikringsbehov og bygg i aktsomhetssoner noe om behovet for videre skredfarekartlegging, slik at flere konflikter kan identifiseres og sikres.

6.2 Usikkerhet rundt skredfasesoner

Skredfasesoner viser kartlagte soner markert med årlig sannsynlighet for skred med bestemte grenser, men i denne oppgaven vil jeg diskutere usikkerhetene rundt disse bastante sonene. I GIS-analysen ble det lagt en 10 meters buffersoner rundt de kartlagte skredfasesonene for å illustrere usikkerheten rundt de kartlagte skredfasesonene, og hvilke bygg som kan være eller som i fremtiden vil bli skredutsatt. Resultatene viser at det er en stor økning i antall konflikter når buffersonen blir lagt på skredfasesonene. Økningen er spesielt stor for S2-bygg innenfor buffersonen, og innenfor 10 meter fra >1/100-fasesonene er det over en dobling av konflikter for alle sikkerhetsklassene. Disse resultatene viser at det er mange bygg som ligger tett på fasesonene, spesielt i de hyppigste skredsonene, som ville blitt regnet som konflikter om skredfasesonene strakk seg 10 meter lenger.

Når skredfaresoner blir kartlagt er det flere faktorer som spiller inn for å bestemme hvor skredfaresonene skal ligge. Terrenget, klimaet og vegetasjonen i området er faktorene skredfarekartleggingen tar utgangspunkt i når de bestemmer skredfaresonene (NVE, 2021c), og det er viktig at disse faktorene stemmer med realiteten for å få frem den reelle skredfaren. I dokumentanalysen for case-området i Ullensvang kommune kommer det frem at ett område har to motstridende faresonekart. For dette tilfellet må en tredje skredfarekartlegging bli utført for å identifisere den reelle skredfaren. Om det skjer endringer i faktorene vil skredfaren endres, og skredfaresonene blir utdaterte. Utdaterte faresoner er fortsatt gyldige (NVE, 2021c), slik at ny bebyggelse lovlig kan bli bygget rett utenfor de utdaterte sonene og muligens bli identifisert som konflikter ved en oppdatert faresonekartlegging på et senere tidspunkt. For å unngå at et område blir skredfaresonekartlagt flere ganger er det viktig at en grundig skredfarevurdering blir utført, der alle aktuelle faktorer blir tatt med i beregningen, i tillegg til en feilmargin for å legge til usikkerhet rundt faktorene.

En av faktorene som er viktig ved skredfarekartlegging er klima, men det er usikkerheter rundt hvordan klimaet vil påvirke skredfaren i fremtiden. Med varmere temperaturer og lengre, samt mer intense nedbørsperioder, vil fremtidens skredfare bli påvirket (Hanssen-Bauer et al., 2017). For løsmasseskred vil økt nedbørsmengde føre til hyppigere skredhendelser (Sandersen et al., 1996), spesielt etter tørkeperioder (Handwerger et al., 2019) eller skogbranner (Rengers et al., 2020) da løsmassene blir mer ustabile. Økt nedbørsmengde vil også ha en innvirkning på snøskredfaren i Vestland fylkeskommune. I nær fremtid vil snøskredfaren øke, fordi store deler av vinternedbøren vil fortsette å falle som snø i fjellene, og med økt nedbør vil snøakkumulasjonen øke. Det er også forventet våtere snøskred, siden temperaturen generelt vil stige (Laute & Beylich, 2018), og færre tørre snøskred (Hanssen-Bauer et al., 2017). For steinsprang og steinskred vil ikke klimaet ha like stor påvirkning på frekvensen av skredhendelser, men ved ekstremnedbør kan vanntrykket i fjellsprekkene øke og føre til utløsning av skred (Sandersen et al., 1996).

Klimaet vil ha en innvirkning på skredfaren, men hvor stor påvirkning det vil ha på skredfaresonene er usikkert. Hvordan fremtidens klima vil påvirke skred i bratt terreng blir tatt opp i en av NVEs retningslinjer fra 2014. I denne rapporten blir klimaendringenes påvirkning på

skred anerkjent, der mindre løsmasseskred og snøskred er forventet å forekomme hyppigere i fremtiden. Når det kommer til store skredhendelser mener NVE at endringer i klimaet ikke vil ha stort innvirkning på hyppigheten, og at det dermed ikke er nødvendig å legge til et klimapåslag på skredfaresoner. De argumenterer med at et klimapåslag ikke vil utgjøre en stor forskjell i utbredelsen av skredfaresonene fordi det blir en liten faktor sammenlignet med de andre faktorene som spiller inn i skredfarekartleggingen (NVE, 2014). Likevel vil klimaendringene føre til usikkerheter rundt hvor skredhendelser vil forekomme, siden skred kan bli utløst i helt nye områder der det aldri har forekommet skred tidligere (Hanssen-Bauer et al., 2017). Å inkludere en sikkerhetsfaktor i faresonekartleggingen kan derfor være lurt i fremtidige skredfarekartlegginger, for å fjerne noe av usikkerheten rundt klimaendringene.

6.3 Ansvarsområder

Ansvaret for skredutsatte områder er fordelt mellom staten, kommunen og grunneiere eller utbyggere, der NVE er den nasjonale skredmyndigheten (Øydvin & Slåtten, 2019) og kommunen er plan- og bygningsmyndighet (Eidsvig, 2019).

6.3.1 Statens ansvar

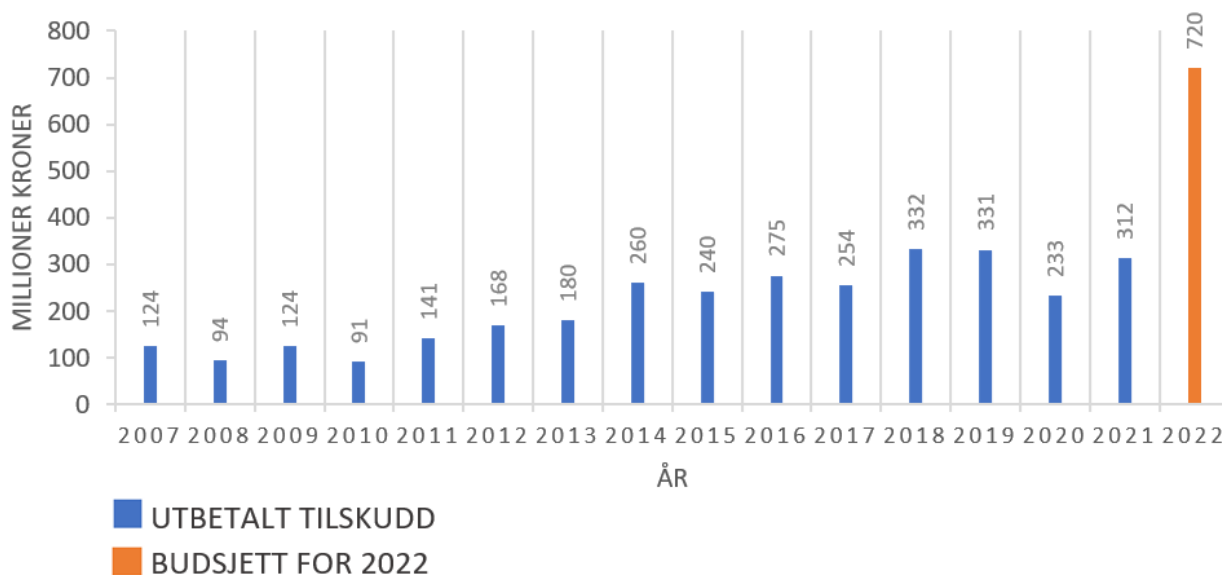
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) er den nasjonale skredmyndigheten og har ansvaret for å utarbeide aktsomhets- og faresonekart for skred i Norge. Faresonene for skred i bratt terreng blir i hovedsak kartlagt for planlagte utbyggingsområder slik at ny bebyggelse blir plassert utenfor skredfare, men blir sjeldnere kartlagt for områder uten utbyggingsplaner. Om flere områder med etablert bebyggelse hadde blitt kartlagt, ville sikringsbehovet av konflikter vært lettere å identifisere, og det hadde blitt tydeligere for kommunene hvor ny utbygging ikke kan utbygges. Mangelen på skredfaresoner i Norge ses dermed på som alvorlig (Riksrevisjonen, 2022).

Behovet for flere og bedre skredfaresoner blir også understreket av NVE. Tidligere har det vært stor forskjell i kvaliteten til skredfaresonekart, noe som har resultert i motstridende faresoner for samme område. Derfor har NVE jobbet med å lage en ny standard for hvordan faresonekartlegging skal utføres (Øydvin & Slåtten, 2019), som resulterte i dokumentet «Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng». Denne veilederen tar blant annet for seg hvordan en skredfareutredning kan bestilles og hvordan selve utredningen av skredfare blir utført

(NVE, 2020c). Den nye kartleggingsstandarden vil gjøre skredfaresonene bedre i fremtiden, og veilederen vil også gjøre det lettere å bestille utredning av nye skredfaresoner.

NVE har også ansvaret for å fordele tilskudd til kommuner som ønsker å utbygge sikringstiltak til skredutsatt bebyggelse. Hvert år kan kommunene sende inn søknader for å få tilskudd til sikringstiltak, der fristen er 1. juli (NVE, 2021d). NVE velger ut tiltak de kan gi tilskudd ettersom hvor stort budsjett staten har gitt dem. Den utbetalte summen av tilskudd til sikrings- og miljøtiltak varierer fra år til år, men etter 2013 ble det en tydelig stigning i utbetalingsbeløpet (figur 39). En mulig forklaring av denne stigningen er at NVE startet en systematisk skredfarekartlegging av de mest utsatte områdene i landet i 2012, der faresonekartene ble sendt direkte til de aktuelle kommunene (Øydvin & Slåtten, 2019). Økt skredfarekartlegging har gjort kommunene mer oppmerksom på skredutsatt bebyggelse, noe som kan ha ført til at flere kommuner har søkt om tilskudd til sikkerhetstiltak, og dermed har tilskuddsbudsjettet økt etter etterspørselen. En enda større økning skjer mellom 2021 og 2022, der budsjettet for 2022 ligger på 720 millioner kroner (Olje- og energidepartementet & Justis- og beredskapsdepartementet, 2021), noe som er over en dobling av det utbetalte beløpet fra 2021 (Haugum et al., 2022) (figur 39). Leirskredet i Gjerdrum i 2020 er en av grunnene til økningen av budsjettet, da denne skredhendelsen understrekte hvor sårbare vi er mot naturfarer, og at sikringstiltak er nødvendig for å beskytte befolkningen (Olje- og energidepartementet & Justis- og beredskapsdepartementet, 2021).

SIKRINGS- OG MILJØTILTAK



Figur 39: Utbetalte tilskudd til sikrings- og miljøtiltak fra NVE fra 2007 til 2021 (blå) (Haugum, 2019; Haugum et al., 2021; Haugum et al., 2020; Haugum et al., 2018; Haugum et al., 2017; Haugum et al., 2016; Haugum et al., 2015; Haugum et al., 2014; Haugum et al., 2022; Haugum et al., 2013; Haugum et al., 2009; Haugum et al., 2012; Haugum et al., 2010, 2011; Østvold et al., 2008), og budsjettet for tilskudd til sikrings- og miljøtiltak for 2022 (oransje) (Olje- og energidepartementet & Justis- og beredskapsdepartementet, 2021).

I 2021 ble 40 sikringstiltak utført, der omtrent halvparten av disse tiltakene var haste- eller krisetiltak, mens en fjerdedel var forebyggende tiltak for skred i bratt terreng (Haugum et al., 2022). Haste- og krisetiltak er viktig for å rydde opp og sikre områder etter hendelser med naturfare, men det kan spares mye penger ved å bygge flere forebyggende skredsikringstiltak. Ved å øke budsjettet ytterligere kan NVE fokusere mer på forebyggende tiltak, slik at antallet av fremtidens haste- og krisetiltak vil reduseres, da flere områder vil være sikret mot skred. Ved forebyggende tiltak vil materielle skader bli mindre, og i tillegg vil befolkningen være tryggere (Aall et al., 2015).

NVE har estimert at sikring av all skredutsatt bebyggelse av betydning i Norge vil koste omtrent 47 milliarder kroner (Wasrud et al., 2021). For å sette denne summen i perspektiv vil det ta over 250 år å beskytte den skredutsatte bebyggelsen, forutsatt at NVEs årlige tilskuddsbudsjett holder seg på 720 millioner kroner og at skredsikringen utgjør en fjerdedel av denne summen. En videre økning i NVEs tilskuddsbudsjett, samt et større fokus på forebyggende tiltak, er derfor viktig slik at flere sikringstiltak kan bli bygget og at den etablerte bebyggelsen raskere skal bli beskyttet.

6.3.2 Kommunens ansvar

Som plan- og bygningsmyndighet er det kommunens ansvar å sikre at ny bebyggelse ligger i skredsikre områder, men når det kommer til å sikre den eksisterende bebyggelsen som er utsatt for skred er lovverket for vagt (Meld. St. 15 (2011–2012); Riksrevisjonen, 2022). Siden det ikke er satt et lovgivende krav om at etablert bebyggelse i skredutsatt område må sikres er det mulig at skredsikring ikke blir prioritert av kommunen og befolkningens sikkerhet blir dermed ikke ivarettatt. En stor andel av konfliktene mellom etablert bebyggelse og kartlagte skredfaresoner i Vestland fylkeskommune er bolighus, noe som understreker hvor viktig utbyggingen av sikringstiltak er.

Siden 2012 har NVE kartlagt faresoner for skred i bratt terreng for områder med ekstra utsatt etablert bebyggelse og sendt disse kartene direkte til de aktuelle kommunene (Øydvin & Slåtten, 2019). Med flere skredfarekartlagte områder blir det lettere for kommunene å identifisere skredutsatt bebyggelse, og flere kommuner ønsker dermed å bygge sikringstiltak for å beskytte disse byggene. At NVEs tilskuddsbudsjett for planlegging og utbygging av sikringstiltak har økt de siste årene hjelper også kommunene å bygge flere sikringstiltak, da finansiering og tilgang til ressurser er avgjørende for å sikre den etablerte bebyggelsen mot skredfare.

Dokumentanalysen av de tre case-områdene gir et innblikk i hvordan skredutsatt bebyggelse håndteres av kommuner i Vestland. For casene i Sogndal og Bremanger kommune, som ble faresonekartlagt i 2017, har begge kommunene søkt om tilskudd fra NVE. Sogndal kommune fikk godkjent tilskudd til prosjektering og utføring, og har kommet i gang med utbyggingen av sikringstiltaket. Bremanger kommune fikk derimot avslag på tilskudd til prosjektering fra NVE, men utførte prosjektering av tiltaket på eget budsjett. Bremanger kommune har ikke startet bygningsarbeidet av tiltaket enda, men har søkt om tilskudd fra NVE til utbyggingen. Både Sogndal og Bremanger har vært nokså raske med å planlegge sikringstiltak i de skredutsatte områdene etter at NVE kartla dem, noe som viser viktigheten av skredfarekartlegging for å identifisere skredutsatte bygg.

Når det kommer til den tredje casen, i Ullensvang kommune, har kommunen et ønske om å bygge sikringstiltak i området, men på grunn av to motstridende faresonekart har ikke prosjekteringen av tiltakene startet enda. Med de to motstridende kartene er det vanskelig å si hva den reelle faren er, og det er dermed nødvendig med en tredje faresonekartlegging for området. Når den nye skredfarekartleggingen er utført har kommunen et ønske om å starte prosessen med å planlegge og utbygge sikringstiltak. Ullensvang kommune har også satt som mål å søke om tilskudd for sikringstiltak fra NVE innen sommeren. Selv om Ullensvang kommune ikke har planlagt sikringstiltak enda, viser den tredje skredfarekartleggingen at de tar skredutsatt bebyggelse på alvor, og at de har et ønske om å planlegge sikringstiltakene med et godt datagrunnlag i bunn.

Kommunens planarbeid er viktig for å beskytte befolkningen mot skred, og for å beskytte befolkningen i fremtiden må klimaendringer tas hensyn til. En rapport Riksrevisjonen kom med i 2022 setter lys på myndighetenes tilpassing til et fremtidig klima, der kommunens arbeid blir tatt opp som et viktig tema (Riksrevisjonen, 2022). I Norge er det få kommuner som vurderer naturfare i lys av fremtidige klimaendringer. Kun 29% av norske kommuner har vurdert naturfare med et tidsperspektiv på 50 år i sine helhetlige ROS-analyser. I tillegg er det bare 38% av kommunene som har satt lys på sammenhengen mellom naturhendelser og klimaendringer 50 år frem i tid eller lenger i den overordnede arealplanleggingen. Mange kommuner har gamle arealplaner, der 40% av kommunene i Norge ikke har oppdatert arealplanen sin de siste fem årene, og 15% har arealplaner fra 2009 eller tidligere. Siden nye krav og ny kunnskap ikke er inkludert i eldre arealplaner vil disse planene være et dårlig utgangspunkt for planlegging av ny bebyggelse, og man kan risikere at ny bebyggelse også blir skredutsatt. Eldre vedtatte planer kan også føre til utbygging i skredutsatt område om risikoen for naturfare har blitt identifisert innenfor planområdet etter planen ble vedtatt. Kun et fåtall av kommunene i Norge opphever disse utbyggingsplanene, som resulterer i ny bebyggelse i skredutsatt område (Riksrevisjonen, 2022). For å sikre ny bebyggelse mot skredrisiko i fremtiden bør kommunene derfor oppdatere arealplanene sine hyppigere, slik at de ikke blir utdatert og setter befolkningen i unødvendig fare.

6.3.3 Grunneier og utbyggers ansvar

Selv om store deler av ansvaret for skredfare ligger hos staten og fylket, har også grunneier og utbygger flere viktige ansvar når det kommer til å sikre bebyggelse mot skred. For utbygging av ny bebyggelse er det utbygger som er ansvarlig for at skredfaresoner blir kartlagt hvis utbyggingsområdet ligger innenfor en aktsomhetssone for skred i bratt terreng (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). Kartlegging av flere skredfaresoner er med på å sikre at ny bebyggelse ikke blir bygd innenfor skredfaresoner, og kommunen får i tillegg identifisert flere konflikter mellom etablert bebyggelse og skredfaresoner.

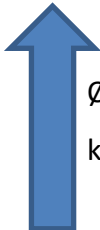
Om skredfaresoner er utdaterte og trenger å bli revidert er det utbygger eller grunneiers ansvar å få revidert skredfaresonene. Skredfaresoner er utviklet basert på topografi, klima og vegetasjonen i kartleggingsområdet, og de som kartlegger området bruker den kunnskapen som er tilgjengelig på det tidspunktet. Over tid kan alle disse faktorene endres, og dermed endres forutsetningene til skredfarekartleggingen. Eksempel på dette kan være at endring i vegetasjon, som ved flatehogst i potensielt utløsningsområde, store endringer i klima, eller ny kunnskap og metodikk for skredfarekartlegging. Når forutsetningen for kartleggingen endres vil faresonene fortsatt være gyldige, men kartene vil være utdaterte og burde helst bli oppdatert for å sikre den utsatte bebyggelsen (NVE, 2021c). Utbyggere og grunneiere er ikke spesialister i skredfare, og endringer i forutsetningene kan derfor være vanskelig å identifisere av de ansvarlige. Den manglende kunnskapen kan resultere i at eierne ikke ser behovet for revidering av de eksisterende faresonekartene, slik at skredfaresonene ikke viser den reelle skredfaren i området.

Når det kommer til å sikre etablert bebyggelse har grunneier også ansvaret for å vedlikeholde utbygde sikringstiltak (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). Ved eierskifte eller dårlig kommunikasjon mellom de aktuelle partene kan vedlikeholdsarbeidet bli glemt, noe som gjør at den sikrede bebyggelsen igjen kan bli utsatt for skred over tid. En løsning på dette problemet kan være å ha en kommunal oversikt over sikringstiltakene og hvor ofte det skal utføres vedlikeholdsarbeid, slik som Årdal kommune har gjort (Årdal kommune, u.d.). Denne oversikten inneholder viktig informasjon om sikringstiltakene, hvilke år tiltaket skal inspiseres og hva slags vedlikeholdsarbeid som er nødvendig. Med en slik oversikt vil vedlikeholdsarbeidet bli sikret, og den beskyttede bebyggelse vil fortsette å være beskyttet.

6.4 Rangering av konflikter

Rangering av konflikter mellom etablert bebyggelse og skredfaresoner er et nyttig verktøy for å vurdere hvilke bygg som får størst konsekvens ved en skredhendelse. Ved å følge TEK17 kan konflikter mellom etablert bebyggelse og skredfaresoner rangeres etter sikkerhetsklassene S3, S2 og S1, og etter hvilke skredfaresoner disse sikkerhetsklassene er i konflikt med (TEK17, 2021). S3-bygg er rangert som bygg der konsekvensen av et skred blir store, og dermed vil disse byggene være øverst på listen, og deretter rangert etter hvilken skredfaresone bygget befinner seg i. S3 i 1/1 000 - 1/5 000-faresonen vil derfor bli rangert høyere enn ett S2-bygg i >1/100-faresonen, selv om skred teoretisk sett vil forekomme hyppigere i >1/100-faresonen (tabell 7).

Tabell 7: Rangering av konflikter etter TEK17.

S3 i >1/100	 Økende konsekvens
S3 i 1/100 – 1/1000	
S3 i 1/1000 – 1/5000	
S2 i >1/100	
S2 i 1/100-1/1000	
S1 i >1/100	

Innenfor sikkerhetsklassene S3, S2 og S1 er det ulike bygningstyper med ulike formål, som også kan rangeres etter ulik konsekvens. I denne masteroppgaven har jeg regnet ut et grovt estimat av sannsynligheten for at mennesker befinner seg i byggene for tre ulike områder, og denne typen sannsynlighetsregning kan brukes til å rangere bygningstypene innenfor en sikkerhetsklasse. Sykehjemmet i Kalvåg og barnehagen i Sogndal er begge S3-bygg som befinner seg i skredfaresonen med årlig sannsynlighet på 1/100 - 1/1 000. Selv om disse byggene er rangert med samme konsekvens etter tabell 7, er det stor forskjell i hvor mye disse byggene er i bruk. Sykehjemmet er døgnåpent, noe som vil si at det er mennesker der 100% av tiden, mens barnehagen er kun åpen 25% av året. I dette tilfellet vil sykehjemmet i Kalvåg rangeres som et bygg med større konsekvens enn barnehagen i Sogndal. Denne sannsynlighetsregningen er kun et estimat, men kalkulasjonen kan likevel være et hjelpemiddel for kommunen når det kommer til å rangere konflikter opp mot hverandre ved planlegging av skredsikringstiltak.

Sannsynlighetsregningen fungerer bedre for noen bygg enn andre. Eksempelene med barnehagen og sykehjemmet viser to gode eksempler av hvordan sannsynlighetsregningen kan brukes, mens resultatet fra boligene i Vikebygd er mer vage. Barnehager og sykehjem er bebyggelse med tydelige åpningstider, der man har en oversikt over hvor mye bygget er i bruk i løpet av en periode. For boliger er det store variasjoner for hvor mye byggene brukes, siden folk har ulike rutiner og levemåter. Derfor egner ikke denne rangeringsmetoden seg for boligbygg eller annen bebyggelse med uforutsigbar bruk, men passer bedre for offentlige bygg eller annen bebyggelse med tydelige åpningstider.

Prioriteringen av sikringstiltak er kommunens ansvar, og det er opp til kommunen selv å velge hvilke bygg som burde prioriteres for sikring. Noen kommuner vil ha få konflikter mellom etablert bebyggelse og skredfaresoner, og har dermed ikke behov for en videre rangering av konfliktene, mens andre kommuner har så mange konflikter at det kan være vanskelig å prioritere. For de spesielt skredutsatte kommunene kan den forenklete sannsynlighetsregningen fungere som en veileder for å forstå hvilke bygg som er mest utsatt med tanke på personskader.

6.5 Feilkilder og videre arbeid

Deler av resultatene i denne oppgaven er estimater, for å forstå det store bildet av konflikter mellom etablert bebyggelse og skredfaresoner i Vestland fylkeskommune. Estimater gir ikke et nøyaktig resultat og kan følge med seg flere feilkilder, men gir også et grunnlag for videre arbeid der man kan gå mer i dybden på ett tema for få et mer nøyaktige resultat.

6.5.1 Kategorisering av bygg ifølge TEK17

Kategoriseringen av bygningstyper i de tre sikkerhetsklassene for skred i TEK17 kan føre til et noe unøyaktig resultat. Selv om bygg kan kategoriseres etter bygningstyper er det ikke en satt fasit på hvilke bygningstyper som tilhører de tre sikkerhetsklassene for skred i TEK17. En bygningstype kan ha store variasjoner i hvor mange mennesker som befinner seg i bygget, noe som kan variere graden av konsekvens ved en skredhendelse. Studentboliger er et eksempel på et slikt bygg. Mange studentboliger er større blokker der mange studenter bor, noe som tydelig kategoriserer bygget som et S3-bygg. Men noen studentboliger er mindre, der det bor under 25 studenter, noe som vil kategorisere disse boligene for S2-bygg. I GIS-analysen til denne oppgaven har

studentboliger kun blitt kategorisert som S3-bygg, som følger den generelle kategoriseringen som NVE bruker (vedlegg I). For å gjøre kategoriseringen av konflikter mellom etablert bebyggelse og kartlagte skredfaresoner enda mer nøyaktig burde kategoriseringen av sikkerhetsklassene for skred utføres manuelt for bygg der sikkerhetsklassene kan variere. I denne oppgaven ble den manuelle kategoriseringen et for stort og tidskrevende arbeid å utføre på et regionalt nivå, men for mindre områder kan det være en aktuell metode for å få en mer presis analyse.

6.5.2 Alderen på konflikter

Følger man dagens lovverk kan ikke nye bygg etableres innenfor bestemte skredfaresoner, men likevel er 18% av bebyggelsen innenfor de kartlagte skredfaresonene regnet som konflikter. En av grunnene til dette kan være alderen på byggene, at de ble etablert i en periode der skredfare ikke var i fokus ved utbygging. Fra 2008 kom kravet om ROS-analyse, der kommunene må se på risikoen og sårbarheten i kommunen, med identifisering av skredfare som en del av analysen. Både barnehagen i Sogndal og sykehjemmet i Bremanger ble bygget før denne loven kom, noe som vil si at planleggerne ikke hadde det samme kunnskapsgrunnlaget de har i dag. Med tilgang til et datasett som inneholder byggeår på bebyggelsen i Vestland fylkeskommune kunne man kjørt en ny GIS-analyse for å undersøke hvor mange konflikter som ble bygget før 2008, og eventuelt hvor mange som ble bygget senere. Resultatet av en slik analyse ville sagt noe om ROS-analysen har hatt en effekt på lokasjonen til nyere utbygging, om nye bygg har blitt bygget innenfor skredfaresoner etter 2008 eller om skredfaresonene hovedsakelig består av bygg som ble etablert før 2008.

6.5.3 10-meters buffersone

For å illustrere usikkerhetene rundt plasseringen av skredfaresonene ble en 10-meters buffersone lagt rundt de kartlagte faresonene som en ekstra feilmargin. Denne analysen viser hvor mange bygg som ville blitt regnet som konflikter om skredfaresonene strakk seg 10 meter lenger, men buffersonen tar ikke hensyn til naturlige skredbaner i landskapet og resultatet vil derfor inneholde bygg som ligger i skredsikre områder. Analysen illustrerer usikkerhetene rundt plasseringen av faresonene på et regionalt nivå, men kan ikke si så mye om feilmarginene til individuelle skredfaresoner. Feilmarginene for hver enkelt skredfaresone burde baseres på faktorer som

topografien og estimert fremtidig klima, som vil variere i ulike områder og omfanget av feilmarginene vil dermed variere for ulike skredfasesoner.

6.5.4 Klimaendringer og skred

Hvordan klimaet vil påvirke skredfaren i fremtiden er et viktig tema å forske videre på, for å forstå hvilke områder som kan bli skredutsatt. En god forståelse av hvordan skred blir påvirket av klimaendringer er nødvendig for å få skredfarekart som kan vare lenge, og med mer kunnskap vil kvaliteten på faresonekartene øke. For å minimere usikkerhetene rundt klimaendringer burde det derfor forskes mer på hvordan klimaet vil påvirke skredfaren i fremtiden gjennom klimamodeller, der regionale forskjeller også burde tas hensyn til.

6.5.5 Sannsynlighetsregning som rangeringsmetode

Metoden for sannsynlighetsregning kan brukes for å rangere bygg med tydelige åpningstider, men fungerer ikke så bra for andre bygg som boliger eller samfunnsviktige bygg der det sjelden oppholder seg mennesker. For skredutsatte boliger er det umulig å si noe om hvor mye byggene er i bruk uten å overvåke menneskene som bor i bygget. I tillegg er det en stor variasjon i menneskers rutiner, noe som gjør det vanskelig å forutsi hvor mye boligene blir tatt i bruk. En annen svakhet med å kategorisere bygg etter hvor mye de blir tatt i bruk er at samfunnsviktige bygg med lite eller ingen bemanning, som vannforsyning- eller renseanlegg. Disse byggene vil bli rangert lavere på listen over konflikter fordi faren for at mennesker blir utsatt for skred er mindre, men om disse byggene blir utsatt for skred kan de likevel ha store samfunnsmessige konsekvenser. For å videreutvikle rangeringsmetoden kan en faktor for konsekvensen av samfunnsviktige bygg også legges inn i kalkuleringen.

Sannsynlighetsregningen er laget som et hjelpemiddel kommunen kan bruke til å skille ut de største konfliktene mellom etablert bebyggelse og skredfasesoner, for å prioritere hvilke bygninger som burde sikres først. Kommunen sitter også på mye lokal kunnskap om hvilke bygninger som er viktig innad i deres kommune, som ikke nødvendigvis kan skilles ut ved å se på byggets åpningstider. Denne kunnskapen må kommunen selvfølgelig ta til betraktning når sikringstiltak skal prioriteres, men sannsynlighetsregningen kan være til hjelp for å skille ut døgnåpne institusjoner.

7 Konklusjon

Første del av denne masteroppgaven gir oss et overblikk over situasjonen mellom etablert bebyggelse og skredfaresoner i Vestland fylkeskommune. Resultatene fra GIS-analysen viser at 5 425 bygg er i konflikt med de kartlagte skredfaresonene i Vestland fylkeskommune, men det totale antallet skredutsatte bygg er trolig en del høyere. Det er ikke utført faresonekartlegging for hele Vestland, men de mange aktsomhetssonene for skred i bratt terreng indikerer at behovet for ytterligere skredfarekartlegging er stort.

Usikkerhetene rundt skredfaresonenes plassering er også et punkt som blir diskutert i denne oppgaven, og som blir illustrert med en 10-meters buffersone. Skredfaresonene blir kartlagt basert på terrenget, klimaet og vegetasjonen i kartleggingsområdene, og faresonene blir markert med tydelige linjer på et kart. Det er derfor usikkert hvor store feilmarginer som er tatt med i beregningen av faresonene, noe som også kan variere for ulike kartleggingsområder. I tillegg kan det skje endringer i terrenget, klimaet og vegetasjonen som endrer skredfaren slik at flere bygg blir skredutsatt, som resulterer i ugyldige faresoner. Det er derfor viktig at skredfarekartlegging blir utført med et godt datagrunnlag og at det blir forsket mer på hvordan klimaet vil påvirke skredfaren i fremtiden. Ved å ta hensyn til klimaendringene i kartleggingsprosessen, samt legge til en ekstra feilmargin, vil faresonekartene være gyldige langt frem i tid. En 10-meters buffersone fungerer for å illustrere usikkerhetene og feilmarginer ved skredfarekartlegging på regionalt nivå, men for hver enkelt skredfaresone bør feilmarginen justeres etter forholdene.

Den andre delen av denne masteroppgaven ser på hvordan skredutsatt bebyggelse blir håndtert, med spesielt fokus på hvordan kommunene håndterer konfliktene. Selv om kommunen ikke er lovpålagt å sikre skredutsatt bebyggelse, er det likevel kommunens ansvar å beskytte befolkningen mot naturfarer. Ved å se på de tre casene i Sogndal, Bremanger og Ullensvang kommune tar alle kommunene skredfaren på alvor, men de er i ulike stadier i tiltaksprosessen. Sogndal kommune er trolig ferdig med sikringstiltaket, Bremanger kommune har prosjektert for tiltaket, mens Ullensvang kommune for øyeblikket jobber med en ny faresonekartlegging for å ha et godt datagrunnlag til prosjekteringen av fremtidige tiltak. Resultatene fra dokumentanalysen viser hvor viktig skredfarekartlegging er for å identifisere skredutsatt bebyggelse, da både Sogndal og Bremanger startet prosjektering av sikringstiltak kort tid etter de fikk tilsendt skredfaresonene.

Tilskuddsordningen for økonomisk støtte til planlegging og utbygging av sikringstiltak er også avgjørende for å få etablert nye tiltak, da det blir dyrt for kommunene å finansiere dette selv.

Når det kommer til å prioritere hvilke skredutsatte bygg som burde sikres først kan en forenklet sannsynlighetsregning være til hjelp, om det er mange konflikter i en kommune. For noen kommuner vil kategoriseringen i TEK17 gi nok informasjon om hvilke bygg som vil få størst konsekvens ved en skredhendelse, og det er dermed ikke behov for en videre kategorisering av byggene. Men i kommuner der det er mange skredutsatte bygg kan en enkel sannsynlighetsregning, basert på hvor mye byggene er i bruk, hjelpe kommunene til å se hvor konsekvensene er størst. Ved å bruke denne sannsynlighetsregningen, sammen med lokal kunnskap om byggene, kan kommuner med mange konflikter lettere lage en prioriteringsliste for hvilke bygg som burde sikres først.

Med denne masteroppgaven ønsker jeg å sette lys på skredutsatt bebyggelse i Vestland fylkeskommune, og understreke behovet på videre skredfarekartlegging og et økende budsjett til NVEs tilskuddsordning. Deler av befolkningen i Vestland fylkeskommune lever med skredfare hver dag. For å beskytte disse menneskene mot skred må kommunen vite hvilke bygg som er skredutsatt, planlegge og utbygge sikringstiltak, og passe på at sikringstiltakene blir vedlikeholdt. God planlegging og finansiering er derfor essensielt for å kunne sikre befolkningen mot skred, slik at omfanget av materielle skader og dødsfall som følge av fremtidige skredhendelser blir minimert.

Referanser

- Andersen, A. S., & Pedersen, K. (2013). *Norges våtteste og tørreste steder*. YR.
<https://www.yr.no/artikkel/norges-vateteste-og-torreste-steder-1.11125446>
- Bjarnadóttir, L. R. (2021). *Landskapsutvikling*. NGU. <https://www.ngu.no/emne/landskapsutvikling>
- Bjørkhaug, E., & Ljone, T. (2021). *Detaljprosjektering av skredsikringstiltak ved Bremanger sjukeheim (2020-11-240B)*. Sunnfjord Geo Center.
- Braut, G. S. (2018). *Sykehjem*. Store norske leksikon. <https://sml.snl.no/sykehjem>
- Bremanger kommune. (2020). *Budsjett 2021 - Handlingsplan 2021-2024*.
<https://bremanger.kommune.no/f/p2/i68ca7fba-ca75-497b-b7e4-aa004a6a590c/budsjett-og-okonomiplan-2021-2024-fsk-sitt-framlegg-20201112.pdf>
- Bryhni, I. (2021). *Geologi og landformer i Norge*. Store norske leksikon.
https://snl.no/Geologi_og_landformer_i_Norge
- Braathen, A., Blikra, L. H., Berg, S. S., & Karlsen, F. (2004). Rock-slope failures in Norway; type, geometry, deformation mechanisms and stability. *Norsk Geografisk Tidsskrift*, 84, 67-88.
https://nig.geologi.no/images/NJG_articles/NJG_84_67-88.pdf
- Centiga. (2021). *Hvor mange arbeidsdager er det i en måned?* <https://centiga.no/blogg/hvor-mange-arbeidsdager-i-en-maned/>
- Dagestad, A., Hansen, L., & Braathe, A. (2003). *Hydrauliske egenskaper i løsmasser og fjell sett i sammenheng med EU-direktivet for deponering av avfall (NGU Rapport 2003.016)*. NGU.
https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2003/2003_016.pdf
- Dannevig, H., Groven, K., Aall, C., & Brevik, R. (2013). *Kva kan vi lære av historiske naturskadehendingar for betre tilpassing til klimaendringar?* (8/2013). Vestlandsforskning.
https://vestforsk.no/sites/default/files/migrate_files/vf-rapport-8-2013-historiske-naturskadehendingar.pdf
- Direktoratet for byggkvalitet. (2018). *Utbygging i fareområder*. https://dibk.no/globalassets/42.-byggesak-og-tilsyn/temaveiledninger/utbygging-i-fareomrader_bokmal_lastet-ned-19.11.18.pdf
- Drageset, A. (2020). Gravspråk i et fjordlandskap. *Heimen*, 57(1), 6-22.
<https://doi.org/10.18261/issn.1894-3195-2020-01-02>
- Eidsvig, U. (2019). *Håndtering av skredrisiko (KLIMA 2050 Rapport Nr. 13)*. SINTEF.
https://www.sintefbok.no/book/index/1207/haandtering_av_skredrisiko
- Esri. (u.d.-a). *Filter features with definition queries*. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/definition-query.htm>
- Esri. (u.d.-b). *Intersect (Analysis)*. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/analysis/intersect.htm>
- Esri. (u.d.-c). *Delete Identical (Data Management)*. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/data-management/delete-identical.htm>
- Esri. (u.d.-d). *Feature To Point (Data Management)*. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/data-management/feature-to-point.htm>
- Esri. (u.d.-e). *Merge (Data Management)*. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/data-management/merge.htm>
- Esri. (u.d.-f). *Buffer (Analysis)*. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/analysis/buffer.htm>
- Furseth, A. (2006). *Snøskredulykker i Norge*. Tun forlag.
- Grue, H. G., Henriksen, H., & Kronholm, K. (2017). *Skredfarekartlegging i Sogndal kommune (Rapport nr 35-2017)*. NVE. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2017/rapport2017_35.pdf

- Handwerger, A. L., Huang, M.-H., Fielding, E. J., Booth, A. M., & Bürgmann, R. (2019). A shift from drought to extreme rainfall drives a stable landslide to catastrophic failure. *Scientific Reports*, 9(1569), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38300-0>
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J. E. Ø., S. Sandven, Sandø, A. B., Sorteberg, A., & Ådlandsvik, B. (2017). *Climate in Norway 2100 – a knowledge base for climate adaptation* (1/2017). NCCS. https://www.researchgate.net/profile/Ingjerd-Haddeland/publication/316922280_Climate_in_Norway_2100/links/59194fab4585152e19a24c98/Climate-in-Norway-2100.pdf
- Hardeng, J. (2021). *Skred i fast fjell*. Store norske leksikon. https://snl.no/skred_fra_fast_fjell
- Haugum, A. (2019). *Årsrapport for sikrings- og miljøtiltak 2018* (Rapport nr. 30-2019). NVE. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019_30.pdf
- Haugum, A., Bergbjørn, K., Bergheim, J., Bjordal, A., Edvardsen, S.-M., Eggen, I., Fivelstad, I., Granheim, T. J., Hagen, G. B., Haugen, E. E. D., Hiller, P. H., Hønsi, J. E., Johnsen, M., Langset, H. R., Muldsvor, A. J., Vebjørn Opdahl, Røhr, P. C., Schjelderup, N. N., Anders Skalleberg, . . . Wasrud, J. (2021). *Årsrapport for sikrings- og miljøtiltak 2020* (NVE Rapport nr. 23/2021). NVE. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2021/rapport2021_23.pdf
- Haugum, A., Bergheim, J., Bjordal, A., Carm, K., Edvardsen, S.-M., Fivelstad, I., Granheim, T., Haarseth, O.-A., Jerstad, S. A., Johnsen, I., Johnsen, M., Leirvik, T., Lillemork, C., Midtun, Y., Mikkelsen, O.-A., Muldsvor, A., Røhr, P. C., Rørvik, M. C. R., Schjelderup, N. N., . . . Aalstad, G. H. (2020). *Årsrapport for sikrings- og miljøtiltak 2019* (NVE Rapport nr. 15/2020). NVE. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2020/rapport2020_15.pdf
- Haugum, A., Bergheim, J., Bjordal, A., Edvardsen, S.-M., Fivelstad, I., Granheim, T., Helgås, G., Hønsi, J. E., Haarseth, O.-A., Jerstad, S. A., Johnsen, I., Johnsen, M., Leirvik, T., Midtun, Y., Mikkelsen, O.-A., Muldsvor, A., Nestegard, C. A., Røhr, P. C., Sandvik, M., . . . Aalstad, G. H. (2018). *Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak 2017* (Rapport nr. 65-2018). NVE. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2018/rapport2018_65.pdf
- Haugum, A., Bergheim, J., Bjordal, A., Edvardsen, S.-M., Fivelstad, I., Helgås, G., Haarseth, O.-A., Johnsen, M., Langsethagen, J., Leirvik, T., Midtun, Y., Mikkelsen, O.-A., Mobæk, A., Muldsvor, A., Nestegard, C. A., Nordvi, S., Sandvik, M., Traae, E., & Vågane, S. A. (2017). *Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak 2016* (Rapport nr. 58-17). NVE. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2017/rapport2017_58.pdf
- Haugum, A., Bergheim, J., Bjordal, A., Edvardsen, S.-M., Fivelstad, I., Hoseth, K. A., Haarseth, O.-A., Johnsen, M., Langsethagen, J., Leirvik, T., Midtun, Y., Mikkelsen, O.-A., Mobæk, A., Muldsvor, A., Nestegard, C. A., Nordvi, S., Traae, E., & Vågane, S. A. (2016). *Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak 2015* (Rapport nr. 57-16). NVE. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_57.pdf
- Haugum, A., Bergheim, J., Bjordal, A., Fivelstad, I., Hoseth, K. A., Haarseth, O.-A., Jevne, B., Johnsen, M., Langsethagen, J., Lavoll, I., Leirvik, T., Midtun, Y., Mobæk, A., Nordvi, S., Nordvik, H. L., Odberg, M. M., Traae, E., Vågane, S. A., & Aalstad, G. H. (2015). *Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak 2014* (Rapport nr. 45-15). NVE. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_45.pdf
- Haugum, A., Hoseth, K. A., Johnsen, M., Lavoll, I., Mobæk, A., Myhre, M., Traae, E., & Vågane, S. A. (2014). *Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak 2013* (Rapport nr. 53-14). NVE. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_53.pdf
- Haugum, A., Nikolaisen, R. U., Johnsen, M. E. H., Røhr, P. C., Traae, E., & Langset, H. R. (2022). *Årsrapport for sikrings- og miljøtiltak 2021* (NVE Rapport nr. 12/2022). NVE. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2022/rapport2022_12.pdf

- Haugum, A., Traae, E., Johnsen, M., Lavoll, I., Hoseth, K. A., Røhr, P. C., & Myhre, M. (2013). *Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak i 2012* (Rapport nr. 47-13). NVE.
http://publikasjoner.nve.no/rapport/2013/rapport2013_47.pdf
- Haugum, A., Øvre, R., Traae, E., Johnsen, M., Lavold, I., Hoseth, K. A., & Fergus, T. (2009). *Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak i 2008* (Rapport nr. 8-09). NVE.
http://publikasjoner.nve.no/rapport/2009/rapport2009_08.pdf
- Haugum, A., Øvre, R., Traae, E., Johnsen, M., Lavoll, I., & Hoseth, K. A. (2012). *Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak i 2011* (Rapport nr. 24-11). NVE.
http://publikasjoner.nve.no/rapport/2012/rapport2012_24.pdf
- Haugum, A., Øvre, R., Traae, E., Johnsen, M., Lavoll, I., Hoseth, K. A., & Fergus, T. (2010). *Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak i 2009* (Rapport nr. 11-10). NVE.
http://publikasjoner.nve.no/rapport/2010/rapport2010_11.pdf
- Haugum, A., Øvre, R., Traae, E., Johnsen, M., Lavoll, I., Hoseth, K. A., & Fergus, T. (2011). *Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak i 2010* (Rapport nr. 20-2011). NVE.
http://publikasjoner.nve.no/rapport/2011/rapport2011_20.pdf
- Hordaland fylkeskommune, & Sogn og Fjordane fylkeskommune. (2020). *Vestland - Statistikk og utviklingstrekk*. <https://www.vestlandfylke.no/globalassets/planlegging/regional-planstrategi/vestland-statistikk-og-utviklingstrekk.pdf>
- Høeg, K., Lied, K., & Karlsrud, K. (2014). *Skred: skredfare og sikringstiltak: praktiske erfaringer og teoretiske prinsipper*. NGI Universitetsforlaget.
- Kartverket. (2022). *DTM50. Høydedata*. <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>
- Kronholm, K. (2016). *Skredfarekartlegging i Vikebygd, Ullensvang herad* (Rapport nr 22-2016). NVE.
http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_22.pdf
- Laute, K., & Beylich, A. A. (2018). Potential effects of climate change on future snow avalanche activity in western Norway deduced from meteorological data. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 100(2), 163-184. <https://doi.org/10.1080/04353676.2018.1425622>
- Leid, K., & Kristensen, K. (2003). *Snøskred - Håndbok om snøskred*. Vett og Viten.
<https://www.ngi.no/Tjenester/Fagekspertise/Snoeskred/snoskred.no2/Laer-om-snoeskred>
- Leifseth, A. B., & Edvardsen, S.-M. (2020). *Tilsagn om tilskot til gjennomføring av skredsikring i Stedjeåsen, Sogndal kommune, Vestland fylke* (20556). NVE.
- Lohne, Ø. S., & Molina, F. X. Y. (2017). *Skredfarekartlegging i Bremanger kommune* (Rapport nr 28-2017). NVE. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2017/rapport2017_28.pdf
- Lyså, A. (2015). *Kvartærgeologi*. NGU. <https://www.ngu.no/emne/kvart%C3%A6rgeologi>
- McElwaine, J., Hachikubo, A., Nemoto, M., Kaihara, T., Yamada, T., & Nishimura, K. (2000). Observations and simulations of the formation of the faceted snow crystals in the weak-layer of the 1998 Niseko Haru no Taki avalanche. *Cold Regions Science and Technology*, 31(3), 235-247.
[https://doi.org/10.1016/S0165-232X\(00\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0165-232X(00)00018-5)
- Meld. St. 15 (2011–2012). *Hvordan leve med farene – om flom og skred*. Olje- og energidepartementet.
<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld-st-15-20112012/id676526/?ch=1>
- Menes, H. V. (2021). *Kyrkjebakken barnehage feirar 30 år*. Sogndal kommune.
<https://www.sogndal.kommune.no/kyrkjubakken-barnehage-feira-30-aar.6414141-491787.html>
- Meteorologisk institutt. (2021). *Ny normal i klimaforskning*. <https://www.met.no/vaer-og-klima/ny-normal-i-klimaforskningen>
- Myrabø, S., Stalsberg, K., Fergus, T., Larsen, J. O., & Bjordal, H. (2014). *Flom- og sørpeskred* (Håndbok V139). Statens vegvesen. <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-v139-121214.pdf>
- Naturskadeloven. (2017). *Lov om sikring mot naturskader* (LOV-2014-08-15-59). Lovdata.
<https://lovdata.no/lov/1994-03-25-7/§20>

- Neset, N. (2005). *Fornuftig bruk av konsulentttjenester?* (Revisjonsrapport). N. R. distriktsrevisjon. https://www.nkrf.no/filarkiv/File/Alle_rapporter_i_pdf/Nedre_Romerike_distriktsrevisjon/RAPPORT_KONSULENTTJENESTER_SKEDSMO.pdf
- NGU. (2022a). *Berggrunn N250*. Geonorge. <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/berggrunn-n250/7c39be66-77b6-4b74-b58d-53b6bee90067>
- NGU. (2022b). *Løsmasser*. Geonorge. <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/loesmasser/3de4ddf6-d6b8-4398-8222-f5c47791a757>
- NIBIO. (2021). *Arealressurskart - AR250 - Arealtyper*. Geonorge. <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/arealressurskart-ar250-arealtyper/de72929c-b250-461a-85d8-2557a2597ab4>
- NVE. (2013a). *Jordskred og flomskred* (Faktaark 5-13). http://publikasjoner.nve.no/faktaark/2013/faktaark2013_05.pdf
- NVE. (2013b). *Hva er sørpeskred?* (Faktaark 6-13). http://publikasjoner.nve.no/faktaark/2013/faktaark2013_06.pdf
- NVE. (2014). *Flaum- og skredfare i arealplanar* (Retningslinjer nr. 2/2011). http://publikasjoner.nve.no/retningslinjer/2011/retningslinjer2011_02.pdf
- NVE. (2017). *Jordskred*. NVE Atlas. <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas&layerTheme=null&scale=1250&basemap=¢er=-22945.636248546714%2C6741768.003613117&layers=0cgclD>
- NVE. (2020a). *Utvik, Brulandselven*. NVE Atlas. <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas&layerTheme=null&scale=20000&basemap=¢er=53301.091699225806%2C6881539.6812791815&layers=0cgclD>
- NVE. (2020b). *Hvordan utføres en skredfareutredning?* <https://veileder-skredfareutredning-bratt-terreng.nve.no/hvordan-utfore-en-skredfareutredning/fase-2-utfore-oppdrag/>
- NVE. (2020c). *Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng*. <https://veileder-skredfareutredning-bratt-terreng.nve.no/>
- NVE. (2021a). *Om kartlegging av skredfare i bratt terreng*. <https://www.nve.no/naturfare/utredning-av-naturfare/om-kart-og-kartlegging-av-naturfare/om-kartlegging-av-skredfare-i-bratt-terreng/>
- NVE. (2021b). *Steg 3: Vurdering av utløp*. <https://veileder-skredfareutredning-bratt-terreng.nve.no/hvordan-utfore-en-skredfareutredning/fase-2-utfore-oppdrag/prosedyre-steinsprang/steg-3-vurdering-av-utlop/>
- NVE. (2021c). *Holdbarhet og revisjon av skredfareutredninger*. <https://veileder-skredfareutredning-bratt-terreng.nve.no/holdbarhet-og-revisjon-av-skredfareutredninger/?ref=mainmenu>
- NVE. (2021d). *Søke om tilskot til planlegging og gjennomføring av tiltak*. <https://www.nve.no/naturfare/sikringstiltak/soke-om-tilskot-til-planlegging-og-gjennomforing-av-tiltak/>
- NVE. (2021e). *Stedjeåsen - Skredsikring - Tilskot*. NVE Atlas. <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas&layerTheme=null&scale=1250&basemap=¢er=76054.62850000011%2C6813495.475299999&layers=2s4LFq>
- NVE. (2022). *Skredfaresoner*. Geonorge. <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/skredfaresoner/b2d5aaf8-79ac-40f3-9cd6-fdc30bc42ea1>
- NVE. (u.d.). *Forvaltningsområder*. <https://temakart.nve.no/link/?link=forvaltningsomrader>
- Olje- og energidepartementet, & Justis- og beredskapsdepartementet. (2021). *Regjeringen gir mer penger til flom- og skredsikring*. Regjeringen. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/regjeringen-gir-mer-penger-til-flom-og-skredsikring/id2884655/>
- Plan- og bygningsloven. (2008). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling* (LOV-2008-06-27-71). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>

- Proff. (u.d.). *Bremanger sjukeheim*. <https://www.proff.no/selskap/bremanger-sjukeheim/kalv%C3%A5g/pleie-og-omsorgstjenester/IG401R310K7/>
- Ramberg, I. B., Bryhni, I., & Nøttvedt, A. (2006). *Landet blir til*. Norsk Geologisk Forening.
- Rengers, F. K., McGuire, L. A., Oakley, N. S., Kean, J. W., Staley, D. M., & Tang, H. (2020). Landslides after wildfire: initiation, magnitude, and mobility. *Landslides*, 17(11), 2631-2641. <https://doi.org/10.1007/s10346-020-01506-3>
- Riksrevisjonen. (2022). *Riksrevisjonens undersøkelse av myndighetenes arbeid med å tilpasse infrastruktur og bebyggelse til et klima i endring* (Dokument 3:6 (2021–2022)). <https://www.riksrevisjonen.no/globalassets/rapporter/no-2021-2022/dokument-3-6-2021-2022-undersokelse-av-myndighetenes-arbeid-med-klimatilpasning-av-bebyggelse-og-infrastruktur.pdf>
- Romundset, A. (2021). *Landheving og havnivåendringer*. NGU. <https://www.ngu.no/fagomrade/landheving-og-havniv%C3%A5endringer>
- Rustad, B. K., & Nes, S. (2019). *Sikring av eksisterende busetnad Øvre Stedje, Sogndal kommune* (616411-01). Asplan Viak.
- Sandersen, F. (2011). *Skredulykke Tuftadalen, Balestrand*. NGI.
- Sandersen, F., Hestnes, E., Lied, K., & Bakkehøy, S. (1996). The influence of meteorological factors on the initiation of debris flows, rockfalls, rockslides and rockmass stability. *Publikasjon - Norges Geologiske Institutt*, 201, 97-114. https://www.researchgate.net/publication/289962522_The_influence_of_meteorological_factors_on_the_initiation_of_debris_flows_rockfalls_rockslides_and_rockmass_stability
- Sandersen, F., Mo, K., & Domaas, U. (2021). *Skredfarevurdering Vikebygd, Nå, Ullensvang* (20210099-01-R). NGI.
- Sogndal kommune. (u.d.). *Kyrkjebakken barnehage*. <https://www.sogndal.kommune.no/kyrkjebakken-barnehage.537173.nn.html>
- SSB. (2021). *Arealressurser etter hovedklasser. Fylker. Prosent*. Statistisk sentralbyrå. <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/areal/statistikk/arealbruk-og-arealressurser>
- Taurisano, A., & Øydvin, E. K. (2011). *Plan for skredfarekartlegging - Delrapport snøskred og sørpeskred* (Rapport nr 18/2011). NVE. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2011/rapport2011_18.pdf
- TEK17. (2021). *Byggtekningsk forskrift*. Direktoratet for byggkvalitet. <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/7/7-3/>
- Thorsnæs, G. (2020). *Vestland*. Store norske leksikon. <https://snl.no/Vestland>
- Wasrud, J., Kalsnes, B., Solheim, A., Sverdrup-Thygeson, K., Dingsør-Dehlin, F., Indrevær, K., & Bergbjørn, K. (2021). *Flom og skred – sikringsbehov for eksisterende bebyggelse (FOSS)* (NVE Rapport nr. 20/2021). NVE. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2021/rapport2021_20.pdf
- Ølheim, S., Hermansen, T. A., Medby, K. H., Erstad, C., & Syversen, J. (2021). *Sogndal kommune - Heilskapleg risiko- og sårbarheitsanalyse* (5207199-ROS-01). Norconsult. <https://nyesogndal.custompublish.com/ato/esa62/document/1-heilskapleg-ros-analyse.210000007402d210000006778.f0a3f3819e.pdf>
- Østvold, H. M., Øvre, R., Traae, E., Johnsen, M., Lavold, I., Hoseth, K. A., & Fergus, T. (2008). *Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak i 2007* (Rapport nr. 10-08). NVE. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2008/rapport2008_10.pdf
- Øydvin, E. K., Devoli, G., Bargel, T. H., Wiig, T., Taurisano, A., Berg, H., Eikenæs, O., Lyche, E., Fergus, T., Kvakland, M. R., Wasrud, J., Helle, T. E., Orvedal, K., Peereboom, I. O., Andersen, Ø. B., Hermanns, R., Høst, J., Hansen, L., Bunkholt, H., . . . Stalsberg, K. (2011). *Plan for skredfarekartlegging: Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi* (NVE Rapport nr. 14/2011). NVE. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2011/rapport2011_14.pdf

- Øydvin, E. K., & Slåtten, M. S. (2019). *NVE vil øke kvaliteten på faresonekartlegging av skredfare*. NVE. <https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-skred-og-vassdrag/nve-vil-oke-kvaliteten-pa-faresonekartlegging-av-skredfare/>
- Aall, C., Baltruszewicz, M., Groven, K., Almås, A.-J., & Vagstad, F. (2015). *Føre-var, etter-snar eller på-stedet-hvil?* (Vestlandsforskningsrapport nr. 4/2015). Vestlandsforskning. https://vestforsk.no/sites/default/files/migrate_files/vf-rapport-4-2015-forebygging-av-naturskade-endelig.pdf
- Årdal kommune. (u.d.). *Skredsikring*. <https://www.ardal.kommune.no/tenester/samfunnstryggleik-og-beredskap/fjell-skred-og-flaum/skredsikring/>

Vedlegg I: Sortering av bygningstyper og TEK17

Bygningstype	Bygningskode	Sikkerhetsklasse for skred
Enebolig	111	S2
Enebolig m/hybel/sokkelleil.	112	S2
Våningshus	113	S2
Del av tomannsbolig-vertikal	121	S2
Tomannsbolig; horisontaldelt	122	S2
Del av våningh.tomannsb/vert	123	S2
Våningsh. tomannsb./horisont.	124	S2
Del av rekkeh. m/3-4 boliger	131	S2
Del av kjede/atr.h innt.4 bol.	133	S2
Terrassehus	135	S3
Andre småhus med 3-4 boliger	136	S2
Stort frittl. boligbygg på 2 etasjer	141	S2
Stort frittl. boligbygg på 3 og 4 etasj.	142	S3
Stort frittl. boligbygg på 5 -> etasjer	143	S3
Stort sammenh.boligbygg på 2 etasjer	144	S3
Stort sammenh.boligbygg på 3 og 4 et	145	S3
Stort sammenh.boligbygg på 5 -> etasjer eller over (5 boliger eller mer)	146	S3
Bo- og servicesenter	151	S3
Studenthjem/studentboliger	152	S3
Annen bygning for bofellesskap	159	S2
Fritidsbygg	161	S2
Helårsb.benyttes som fritidsb.	162	S2
Våningh. benyttes som fritidsb	163	S2
Seterhus; sel; rorbu og lignende	171	S2
Skogs- og utmarkskoie; gamle	172	S2
Garasje; uthus anneks til bolig	181	S1
Garasje; uth. anneks til fritidb	182	S1
Naust; båthus; sjøbu	183	S1
Kombinert bolig < annet areal	192	S2
Boligbrakker	193	S2
Annen boligb.(Eks sekundærbolig reindr.)	199	S2
Fabrikkbygning	211	S2
Verkstedbygning	212	S2
Produksjonshall	213	S2
Bygning for renseanlegg	214	S3
Bygning for avfallshåndtering	215	S2

Bygn. for vannfors. bla. pumpest	216	S3
Annen industribygning	219	S2
Mindre kraftstasjon	222	S2
Mindre transform.stasj./kiosk	224	S2
Lagerhall	231	S2
Kjøle- og fryselager	232	S2
Annen lagerbygning	239	S2
Hus for dyr/landbr.lager/silo	241	S2
Landbruksgarasje/redskapshus	242	S1
Veksthus	243	S1
Driftsb. fiske/fangst/oppdr	244	S2
Naust/redskapshus for fiske	245	S1
Annen fiskeri- og fangstbygn.	248	S2
Annen landbruksbygning	249	S2
Kontor- og adm.bygning; rådhus	311	S3
Bankbygning; posthus	312	S2
Radio og TV-hus	313	S3
Annen kontorbygning	319	S3
Kjøpesenter; varehus	321	S3
Butikk/forretningsbygning	322	S3
Bensinstasjon	323	S2
Annen forretningsbygning	329	S2
Messe- og kongressbygning	330	S3
Eksp.bygn. flyterm. kontr.tårn	411	S3
Jernbane- og T-banestasjon	412	S3
Godsterminal	415	S3
Postterminal	416	S3
Annen eksp. og terminalbygning	419	S3
AM-stasjon (kortbølggestasjon)	424	S1
Parkeringshus	431	S2
Bussgar.; trikke-lokomotivstall	432	S2
Flyhangar	433	S2
Annen garasje-/hangarbygning	439	S2
Biltilsynsbygning	441	S3
Vakt-/bombygn.tollst.; bilvekt	443	S2
Annen veg- og trafikktilsynsbygning	449	S2
Annen samf. og kom.bygn	490	S2
Hotellbygning	511	S3
Motellbygning	512	S3
Annen hotellbygning	519	S3

Hospits; pensjonat	521	S3
Vandre-feriehem; turisthytte	522	S3
Appartement	523	S2
Camping-/utleiehytte	524	S2
Annen bygning for overnatting	529	S2
Restaurantbygning; kafébygning	531	S2
Sentralkjøkken; kantinebygning	532	S3
Gatekjøkken; kioskbygning	533	S2
Annen restaurantbygning	539	S2
Annen hotell og rest.bygn	590	S3
Lekepark	611	S3
Barnehage	612	S3
Barneskole	613	S3
Ungdomsskole	614	S3
Kombinert barne- og ungdomsskole	615	S3
Videregående skole	616	S3
Annen skolebygning	619	S3
Univ./høgskole m/auditor.leses	621	S3
Spesialbygning	622	S3
Labratoriebygning	623	S3
Annen universitet/høgskolebygning	629	S3
Museum; kunstgalleri	641	S3
Bibliotek; mediatek	642	S3
Zoologisk/botanisk hage (byg.)	643	S3
Annen museum/biblioteksbygning	649	S3
Idrettshall	651	S3
Ishall	652	S3
Svømmehall	653	S3
Tribune og idrettsgarderobe	654	S3
Helsestudio	655	S3
Annen idrettsbygning	659	S3
Kino/teater/opera/konsertbygning	661	S3
Samfunnshus; grendehus	662	S3
Diskotek	663	S3
Annet kulturhus	669	S3
Kirke; kapell	671	S3
Bedehus; menighetshus	672	S3
Kremat.; gravkapell; bårerhus	673	S2
Synagoge; moske	674	S3
Kloster	675	S3

Annen bygn. for religiøs akt.	679	S3
Lokalsykehus	711	S3
Sentralsykehus	712	S3
Region-; universitetssykehus	713	S3
Spesialsykehus	714	S3
Annet sykehus	719	S3
Sykehjem	721	S3
Bo- og behandlingssenter; aldershjem	722	S3
Rehabiliter.institusjon.kurbad	723	S3
Annet sykehjem	729	S3
Klinikk; legekontor/legesenter	731	S3
Helse-/sosialsent. helsestasj.	732	S3
Annen primærhelsebygning	739	S3
Landsfengsel	811	S3
Hjelpefengsel; kretsfengsel	812	S3
Arbeidskoloni	813	S3
Politistasjon	821	S3
Brannstasjon; ambulansestasjon	822	S3
Fyrstasjon; losstasjon	823	S2
Monument	830	S1
Offentlig toalett	840	S2
Annet fengsel-/ beredskapsbyg. mv.	890	S3
Ukjent bygningstype	999	S1