

| | | |
|---------------|---|---|
| Oppdragsgiver | Navn Storestølen AS | Kontaktperson Judith Aakre og Tore Holtskog |
| Oppdrag | Nummer og navn 22336 Hol, Storestølen - Mulighetsstudie sikringstiltak mot skred til arealplan | Oppdragsleder Hallvard Skaare Nordbrøden |
| Dokument | Nummer 22336-01-1 Utført av Hallvard Skaare Nordbrøden | Dato 2022-08-24 Kontrollert av Espen Eidsvåg |

| Versjon | Dato | Utført | Kontroll | Beskrivelse |
|---------|------------|--------|----------|-------------|
| 1 | 24-08-2022 | HSN | EE | Original |

Mulighetsstudie sikringstiltak til arealplan

Sammendrag

Skred AS har på oppdrag fra Storestølen AS og Asplan Viak AS gjort en mulighetsstudie for sikringstiltak mot skred for planlagt utbygging av hotell og restaurant på Storestølen Fjellstue, samt nye fritidsboliger. Mulighetsstudien har til hensikt å vurdere behovet for areal, slik at det kan settes av nok areal i arealplanen.

Basert på diskusjon i møte med oppdragsgiver, foreslås det å tilpasse de planlagte byggene til sikkerhetskravene i TEK 17 §7-3 slik at behovet for skredsikring reduseres.

Videre er det vurdert tre ulike metoder for sikringstiltak; tilpasse bygg til å ta opp laster fra snøskred, støtteforbygninger i løseområdet og fangvoll.

Den anbefalte løsningen er å tilpasse bygg til å kunne ta opp laster fra snøskred. Det er imidlertid viktig at det tidlig avklares at utearealet kan nedklassifiseres en sikkerhetsklasse, hvilket det er åpning for i TEK17.

Før utførelse må det defineres dimensjonerende laster fra skred på byggene. For å få minst mulig laster på bygget bør det vurderes om skredfaglig rådgiver skal bistå arkitekt med innspill til prinsipper for utforming av byggene.

Innhold

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Bakgrunn | 5 |
| 1.1 | Innledning | 5 |
| 1.2 | Formål med denne rapporten | 5 |
| 1.3 | Grunnlag | 5 |
| 1.4 | Farekartlegging | 6 |
| 1.5 | Tidligere utredninger sikringstiltak | 6 |
| 2 | Premisser for sikringstiltak, regelverk og veiledere | 7 |
| 2.1 | Plan og bygningsloven | 7 |
| 2.2 | Fare for økt ulempe på omliggende områder | 7 |
| 2.3 | Valg av sikkerhetsnivå etter TEK17 §7-3 | 7 |
| 2.4 | SAK 10 | 8 |
| 2.5 | Benyttede håndbøker og veiledere | 8 |
| 2.6 | Føringer fra oppdragsgiver | 9 |
| 2.7 | Kartgrunnlag | 9 |
| 2.8 | Eiendomsforhold | 9 |
| 2.9 | Reguleringsplan, kommuneplan | 10 |
| 2.10 | Vedlikehold og tilsyn | 10 |
| 2.11 | Miljø-, natur- og kulturverdier | 11 |
| 3 | Topografi og hydrologiske forhold | 12 |
| 4 | Klima | 14 |
| 4.1 | Fra skredfarekartleggingen | 14 |
| 4.2 | Supplerende klimaanalyse | 14 |
| 5 | Dimensjonerende skredscenario | 17 |
| 5.1 | Grunnlag | 17 |
| 5.2 | Resultater og diskusjon | 18 |
| 5.2.1 | 1/1000 | 18 |
| 5.2.2 | 1/5000 | 21 |
| 6 | Tilpasning av de planlagte byggene til kravene i TEK17 §7-3 | 24 |
| 6.1 | Faresoner og sikkerhetsklasser | 24 |
| 6.2 | Innspill fra NVE | 25 |
| 6.3 | Tilpasning av tiltakene | 26 |
| 7 | Alternativ 1: Tilpasse bygg til å motstå laster fra snøskred | 27 |
| 7.1 | Beskrivelse av tiltaket | 27 |
| 7.2 | Laster | 28 |
| 7.3 | Mulighet for reduksjon av trykk | 28 |
| 7.4 | Utforming og arkitektoniske grep | 31 |
| 7.5 | Virkning av tiltaket på faresoner og kostnader | 31 |
| 8 | Alternativ 2: Støtteforbygninger i løseområdet | 32 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 8.1 | Beskrivelse av tiltaket | 32 |
| 8.2 | Dimensjonering og kostnader | 33 |
| 8.3 | Virkning av tiltaket på faresoner | 36 |
| 9 | Alternativ 3: Fangvoll | 38 |
| 9.1 | Beskrivelse av tiltaket | 38 |
| 9.2 | Dimensjonering av høyde | 39 |
| 9.3 | Mengder og kostnader | 41 |
| 9.4 | Ledevoller og økt ulempe for omkringliggende bygg | 42 |
| 9.5 | Virkning av tiltaket på faresoner | 42 |
| 10 | Anbefalt løsning og videre arbeid | 43 |
| 10.1 | Anbefalt løsning | 43 |
| 10.2 | Videre arbeid | 43 |
| 10.3 | Drift og vedlikehold | 43 |
| 11 | Referanser | 44 |

Tabeller

| | |
|--|----|
| Tabell 1: Inputparametere til RAMMS for dimensjonerende skredscenario med årlig sannsynlighet 1/1000. | 20 |
| Tabell 2: Inputparametere til RAMMS for dimensjonerende skredscenario med årlig sannsynlighet 1/5000. | 21 |
| Tabell 3: Forventet trykkreduksjon ved bruk av bremsekjegler. | 31 |
| Tabell 4: Mengder og forventede kostnader for å sikre Salen og Tunet med støtteforbygninger | 33 |
| Tabell 5: Grunnlag for dimensjonering av fangvoll ovenfor den planlagte bebyggelsen for årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000. | 40 |
| Tabell 6: Estimerte nødvendige høyder på en fangvoll for årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000 med både tradisjonell og hydrodynamiske metode | 41 |
| Tabell 7: Foreslåtte høyde på fangvoll for årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000 | 41 |
| Tabell 8: Mengder og kostnader for å sikre med fangvoll for hhv. største årlige sannsynlighet 1/1000 og 1/5000. | 42 |

Figurer

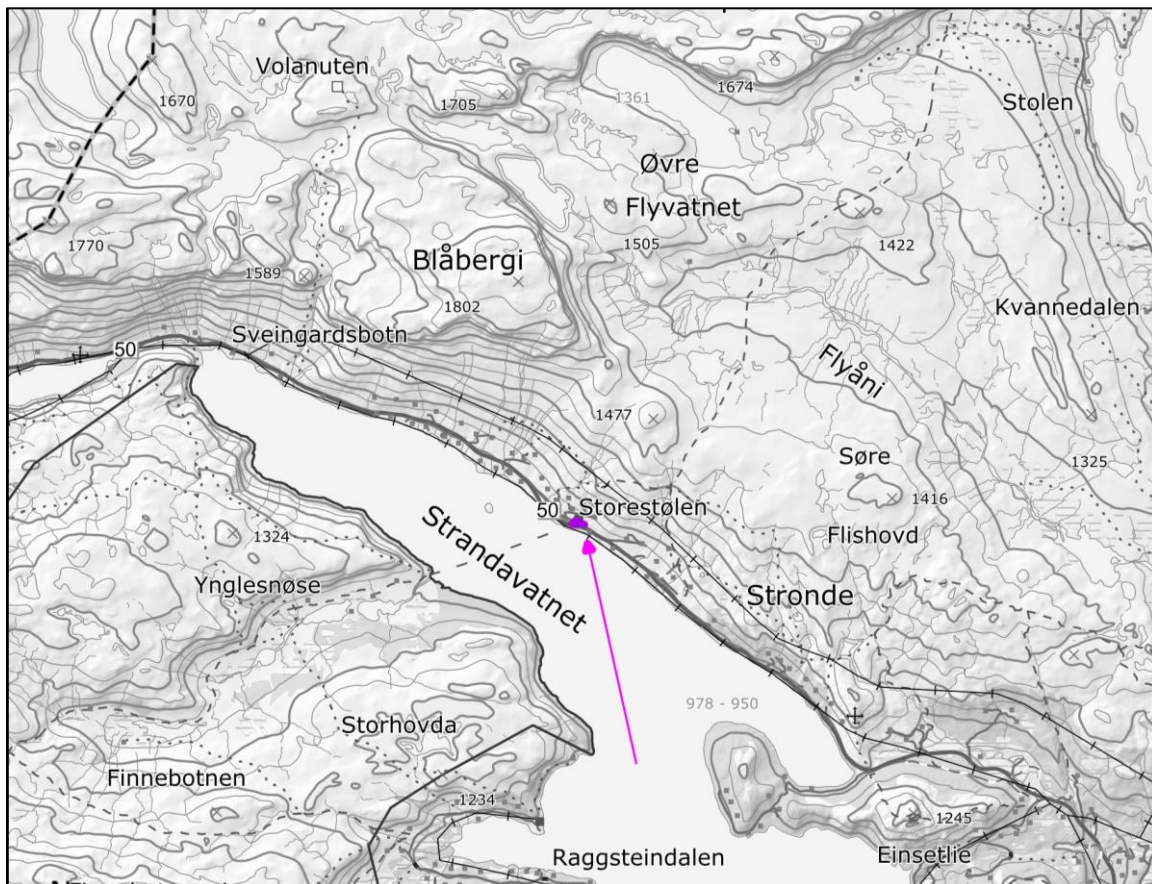
| | |
|---|----|
| Figur 1: Lokalisering av det vurderte området (vist med lilla pil). | 5 |
| Figur 2: Oversikt over området med faresoner for skred | 6 |
| Figur 3: Planlagte tiltak innenfor det vurderte området. | 8 |
| Figur 4: Vurdert område vist med matrikkel, hvor eiendomsgrenser er vist med rødt omriss og rødt og gårds- og bruksnummer med rødt skrift. | 10 |
| Figur 5: Oversikt over det vurderte området med terrenghelning og skyggekart. | 12 |
| Figur 6: Avrenningsanalyse (Multiflow direction) ovenfor det vurderte området. | 13 |

| | |
|---|----|
| Figur 7: Analyse av 3 døgns nysnødybde, dvs. maksimal endring i snødybde over 3 døgn, med fremskrevne returperioder..... | 15 |
| Figur 8: Analyse av maksimal snødybde gjennom en vinter, med fremskrevne returperioder. | 16 |
| Figur 9: Løsneområdet fra skredfarekartleggingen (Blå, prikkete) vist med løsneområdet for dimensjonerende skredscenario (Svart) | 18 |
| Figur 10: Beregningsresultat for dimensjonerende skredscenario med største årlige sannsynlighet 1/1000 (S2). | 19 |
| Figur 11: Beregningsresultat som viser det som kan representere et skred med årlig sannsynlighet 1/1000 fra løsneområdet på ca. 1350 moh. | 20 |
| Figur 12: Beregningsresultat for det som kan representere et dimensjonerende skredscenario med største årlige sannsynlighet 1/5000 (S3). Beregningene er gjort med bruddhøyde 180 cm, 300 års returperiode i RAMMS og skredstørrelse medium. | 22 |
| Figur 13: Beregningsresultat for det som kan representere et dimensjonerende skredscenario med største årlige sannsynlighet 1/5000 (S3). Beregningene er gjort med bruddhøyde 120 cm, 300 års returperiode i RAMMS og skredstørrelse large. ... | 23 |
| Figur 14: De tre planlagte byggene og påbyggene i det vurderte området. I bakgrunn vises faresoner. | 25 |
| Figur 15: Eksempel på bygg som er bygd inn i en skråning slik at snøskred kan passere over taket. Foto: Skred AS | 27 |
| Figur 16: Eksempel på bremsekjegler. Foto: Skred AS..... | 29 |
| Figur 17: Forslag til hvordan bremsekjegler kan plasseres ut for å redusere trykkvirkningen fra snøskred. | 30 |
| Figur 18: Eksempel på støtteforbygninger mot utløsning av snøskred. Foto: Skred AS..... | 32 |
| Figur 19: Forslag til omfang og plassering av støtteforbygninger for å sikre Salen og Tunet mot skred med største årlige sannsynlighet hhv. 1/1000 og 1/5000. | 34 |
| Figur 20: Dimensjonerende skred beregnet fra løsneområde nedenfor og vest for støtteforbygningene med største årlig sannsynlighet 1/1000..... | 35 |
| Figur 21: Dimensjonerende skred beregnet fra løsneområde nedenfor og vest for støtteforbygningene med største årlig sannsynlighet 1/5000..... | 36 |
| Figur 22: Forslag til faresoner etter sikring med støtteforbygninger. | 37 |
| Figur 23: Fangvoll som sikrer bebyggelse mot snøskred. Foto: Skred AS..... | 38 |
| Figur 24: Forslag til plassering av en fangvoll ovenfor de planlagte byggene med stedsangivelse brukt i dimensjoneringen..... | 40 |

1 Bakgrunn

1.1 Innledning

Skred AS utførte i 2020 en skredvurdering (Skred AS, 2020) for Hol kommune over to større områder i Ustedalen og langs Strandavatnet. Kartleggingen omfattet blant annet Storestølen Fjellstue, som er vist i Figur 1. Det ble funnet faresone for skred som dekker hele eiendommen. Det er planer om å bygge ut Storestølen Fjellstue samt å etablere fritidsboliger på naboeiendommen. Det er dermed behov for å etablere fysiske sikringstiltak for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot skred.



Figur 1: Lokalisering av det vurderte området (vist med lilla pil).

1.2 Formål med denne rapporten

Som en del av reguleringsarbeidet er det ønskelig å få vurdert mulige tiltak for å sikre mot skred, samt å få satt av nok areal i reguleringsplanen.

Denne rapporten tar utgangspunkt i detaljnivået for mulighetsstudier som beskrevet av NVEs sikringshåndboka (<https://sikringshandboka.nve.no/sikring-mot-flom-og-erosjon/fase-1-planlegging-av-tiltak-mot-flom-og-erosjon/>).

1.3 Grunnlag

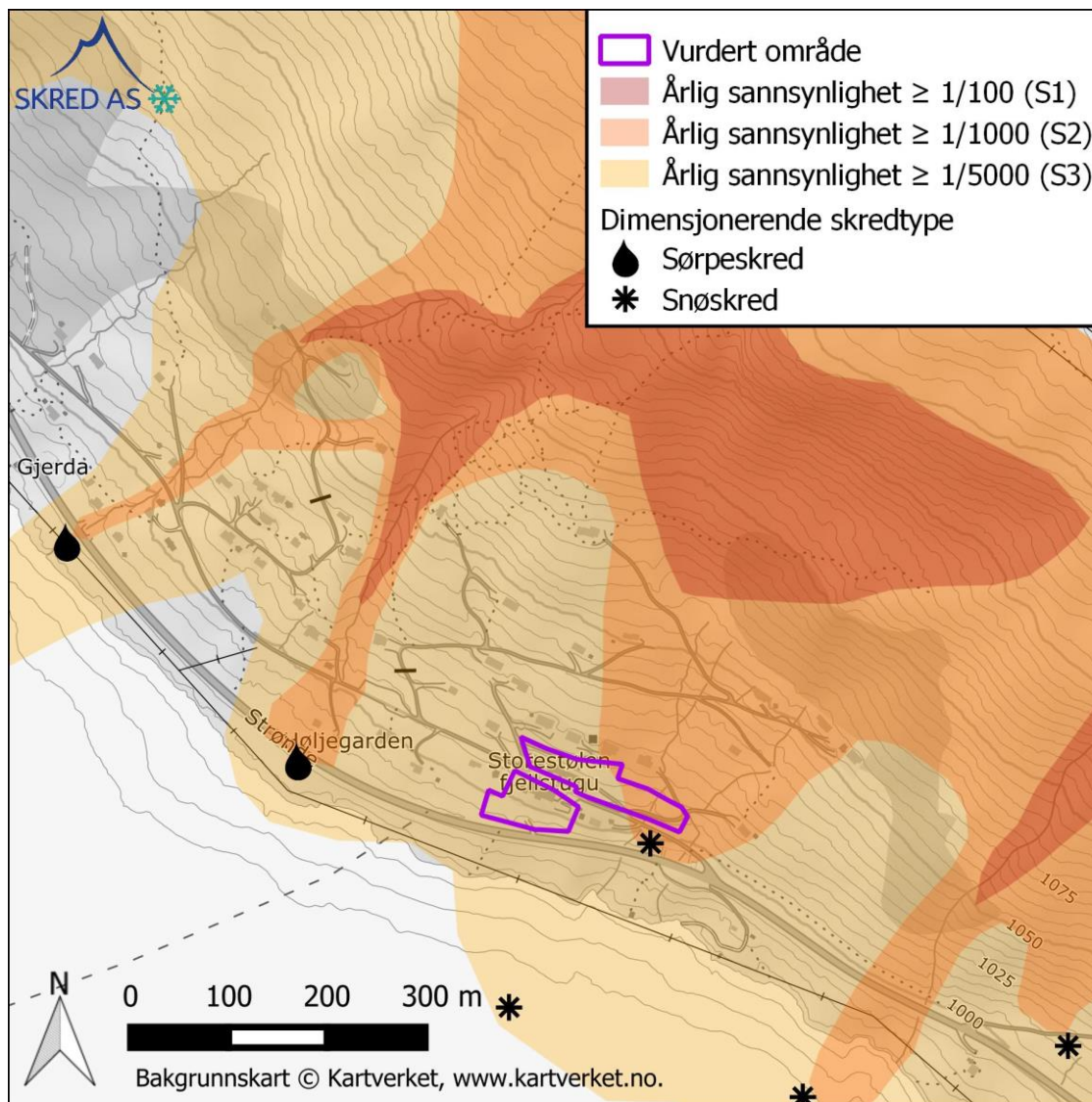
I tillegg til rapporten for kartlegging av skredfare (Skred AS, 2020) har vi benyttet følgende grunnlag:

- Nasjonal høydemodell med 1x1 m oppløsning, som er lagd basert på en terrengmodell med 2 pkt. Oppløsning fra 2017, lastet ned fra hoydedata.no
- Mottatte planforslag for Storestølen, inkl. illustrasjoner og tegninger som viser planlagte tiltak
- Utkast til reguleringsplan for Storestølen Fjellstue samt et planlagt område med fritidsboliger like nordvest for fjellstua.

1.4 Farekartlegging

Skredfarekartleggingen konkluderte med at østlige deler av det vurderte området ikke tilfredstilte aktuelle krav til sikkerhet mot skred i sikkerhetsklasse S2. Ingen deler av området tilfredstiller kravene til sikkerhet mot skred i sikkerhetsklasse S3.

Dimensjonerende skredtype er snøskred. Faresonene som ble utarbeidet er gjengitt i Figur 2.



Figur 2: Oversikt over området med faresoner for skred

1.5 Tidligere utredninger sikringstiltak

Vi kjenner ikke til andre utredninger av sikringstiltak av relevans for det vurderte området.

2 Premisser for sikringstiltak, regelverk og veiledere

2.1 Plan og bygningsloven

Plan og bygningslovens kapittel 28 *krav til sikker byggegrunn* sier at

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

For beskrivelse av krav til sikkerhet viser vi til byggteknisk forskrift (TEK 17).

Naturpåkjenninger er omtalt i §7 hvor sikkerhet mot skred i §7-3 er relevant for dette arbeidet.

Foruten kravene gitt i TEK 17 §7-3 har vi lagt til grunn DIBK temaveileder *Utbygging i fareområder* (DiBK, 2022) for arbeidene.

2.2 Fare for økt ulempe på omliggende områder

Nabolovens §2 fastsetter at

«Ingen må ha, gjera eller setja i verk noko som urimeleg eller uturvande er til skade eller ulempe på granneeigedom. Inn under ulempe går òg at noko må reknast for farleg»

Da det er en del nærliggende bebyggelse til de vurderte tomtene vil enkelte typer sikringstiltak kunne gi endrede skredforhold på naboeiendom. For eksempel om et tiltak øker utløpslengden nedstrøms. Dersom slike løsninger vurderes som aktuelt, vil det bli vurdert spesielt i mulighetsstudien.

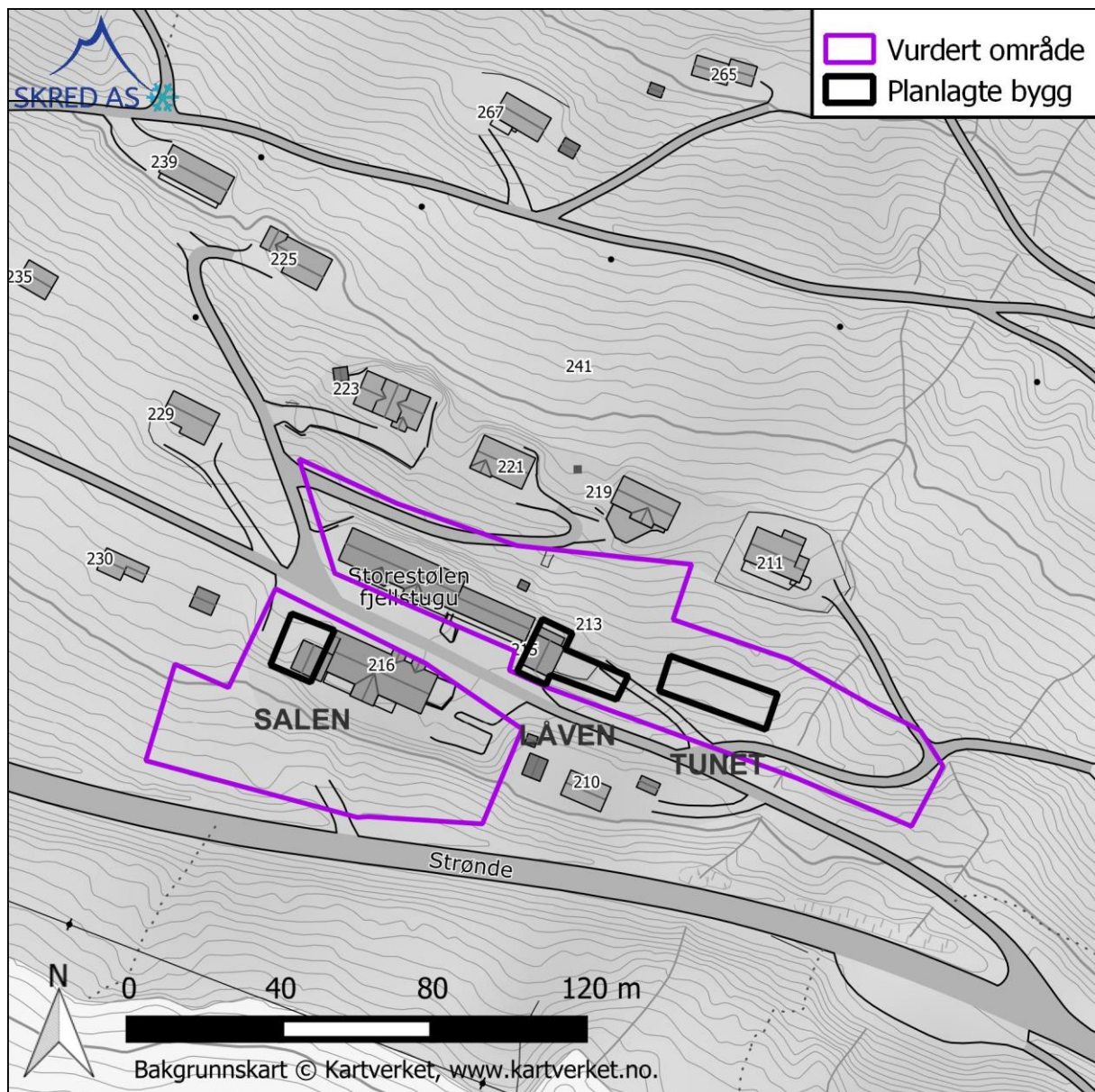
2.3 Valg av sikkerhetsnivå etter TEK17 §7-3

Figur 3 viser de tre planlagte tiltakene. Det som planlegges innenfor de tre avgrensede områdene er

- **SALEN.** Påbygg på eksisterende bygg. Salen skal tilrettelegges som et oppholdsrom og til bespisning. Dagens bruk er frokost-/matsal samt kjøkken, og faller inn under sikkerhetsklasse S3.
- **LÅVEN.** Påbygg på eksisterende bygg. Det skal etableres 8-10 dobbeltrom/leiligheter. Dagens bygg er hotellrom og faller inn under sikkerhetsklasse S3.
- **TUNET.** Etablering av et leilighetsbygg eller fritidsboliger. Foreløpig er det planlagt 12 boenheter som gjør at tiltaket faller inn under sikkerhetsklasse S3.

Basert på den planlagte bruken er det behov for sikringstiltak mot skred for alle de tre planlagte byggene og påbyggene, slik at tilfredsstillende lav sikkerhet mot skred kan oppnås.

I dialog med oppdragsgiver er det diskutert muligheten for å endre tiltakene noe slik at en kan legge til grunn en lavere sikkerhetsklasse for TUNET og Låven. Se kap. 6 for drøfting av dette.



Figur 3: Planlagte tiltak innenfor det vurderte området.

2.4 SAK 10

De foreslåtte sikringstiltakene vil være søknadspliktige etter SAK 10. I senere fase må tiltakene derfor omsøkes og behandles etter SAK 10.

2.5 Benyttede håndbøker og veiledere

Foruten kravene i plan- og bygningsloven (PBL) og byggteknisk forskrift (TEK 17) har vi støttet oss på

- De delene av NVEs sikringshåndboka (NVE, 2022) som er publisert og relevante, i all hovedsak faseinndeling og overordnede prinsipper
- NVE veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng (NVE, 2020)

- Statens vegvesens håndbøker, blant annet V138 Veger og snøskred (Statens vegvesen, 2014)

Ved dimensjonering av sikringstiltakene mot skred har vi benyttet en del internasjonale retningslinjer som støtte, i mangel på relevante utfyllende retningslinjer og regelverk i Norge:

- SLFs defense structures in avalanche starting zones (SLF, 2007)
- The design of avalanche protection dams (Johannesson, Gauer, Issler, & Lied, 2009)
- De østeriske retningslinjene for skred ONR 24805 og 24806 (ONR, 2010; ONR, 2011)
- The technical avalanche protection handbook (Rudolf-Miklau, Mears, & Sauermoser, 2015)

2.6 Føringer fra oppdragsgiver

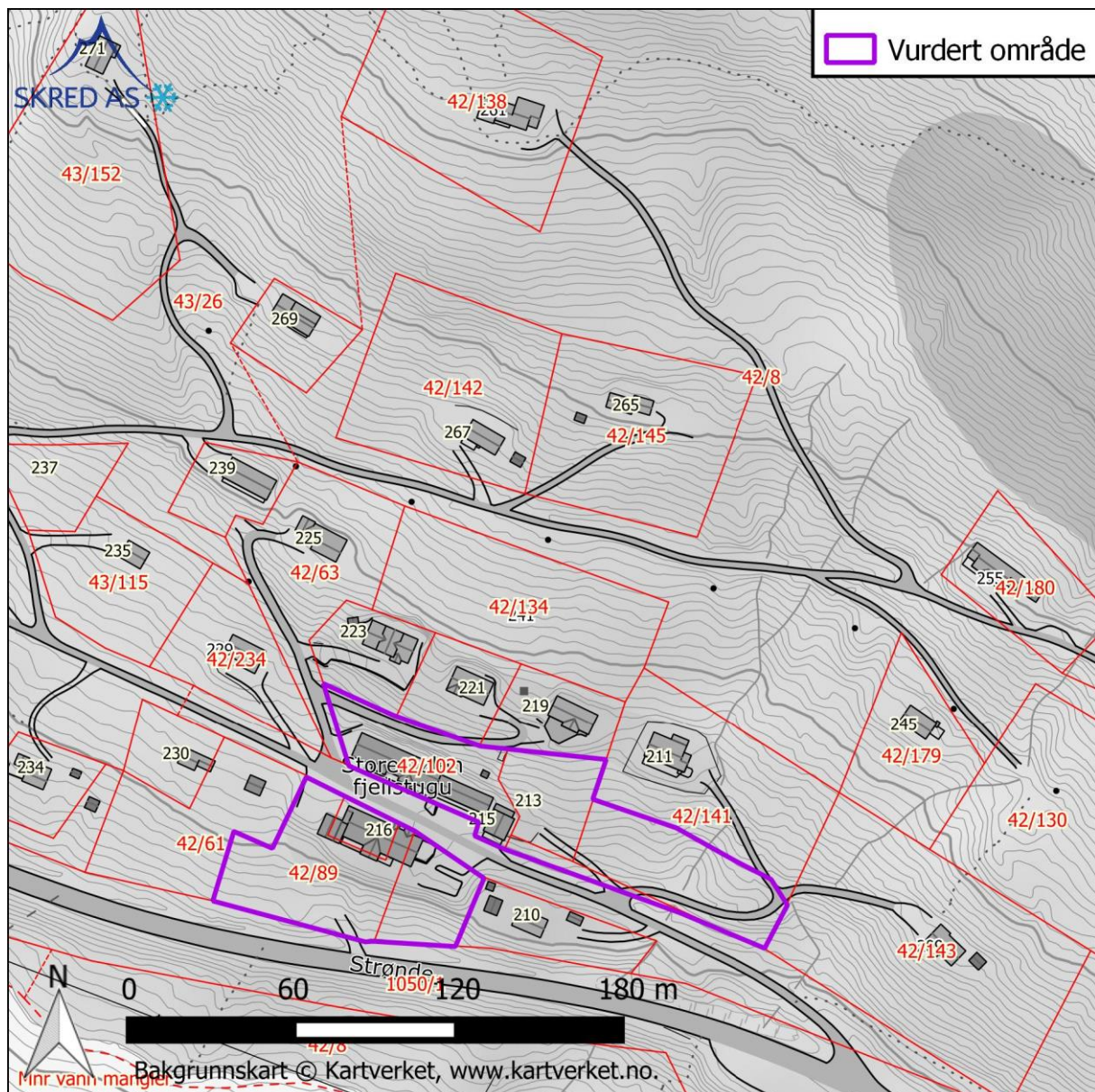
Vi har ikke fått noe spesielle føringer fra oppdragsgiver ut over det som er beskrevet om de planlagte byggene i kap. 2.3 samt drøfting om tilpasning av de planlagte byggene til sikkerhetsklasser i kap. 6.

2.7 Kartgrunnlag

Ifm. vurderingene har vi benyttet siste tilgjengelige kartgrunnlag på www.hoydedata.no, dataene ble hentet inn i flere omganger frem til 2017. Vi har benyttet nasjonal høydemodell med 1 m x 1 m oppløsning basert på laserdata.

2.8 Eiendomsforhold

Det er en rekke ulike eiendommer inne i det vurderte området og i umiddelbar nærhet ovenfor de aktuelle eiendommene. På dette stadiet har vi ikke tatt hensyn til eiendomsgrenser ved forslag til plassering av de ulike sikringstiltakene, slik at evt. endringer kan implementeres i arealplanen. For tiltak som eventuelt skal etableres på annen manns grunn vil det måtte inngås grunneieravtaler.



Figur 4: Vurdert område vist med matrikkel, hvor eiendomsgrenser er vist med rødt omriss og rødt og gårds- og bruksnummer med rød skrift.

2.9 Reguleringsplan, kommuneplan

Denne vurderingen er for å ivareta sikkerhet mot flom og skred ifb. utarbeidelse av reguleringsplan. Vi forutsetter derfor at øvrige fagområder, interesser, mm håndteres av oppdragsgiver.

2.10 Vedlikehold og tilsyn

Vi er ikke kjent med planlagte eieforhold for de foreslåtte tiltakene etter endt utbygging.

DIBKs veileder Utbygging i fareområder (DiBK, 2022) beskriver i kap. 9.3 dokumentasjon for drift og vedlikehold av sikringstiltak. I veilederen påpekes det at en løsning som sikrer fremtidig vedlikehold må være på plass før byggetillatelse gis, hvis sikringstiltaket krever vedlikehold for at sikkerhetsnivået skal opprettholdes.

Vi vil kort kommentere behovet for vedlikehold dersom det vurderes å være nødvendig for å opprettholde sikkerhetsnivået. Ved valg av endelig sikringsløsning, bør slike hensyn tas med i betraktningene. Det gjelder spesielt i saker hvor den aktuelle eiendommen skal omsettes og overføres til en eller flere aktører, som for eksempel utbygging av et område for boliger eller fritidsboliger.

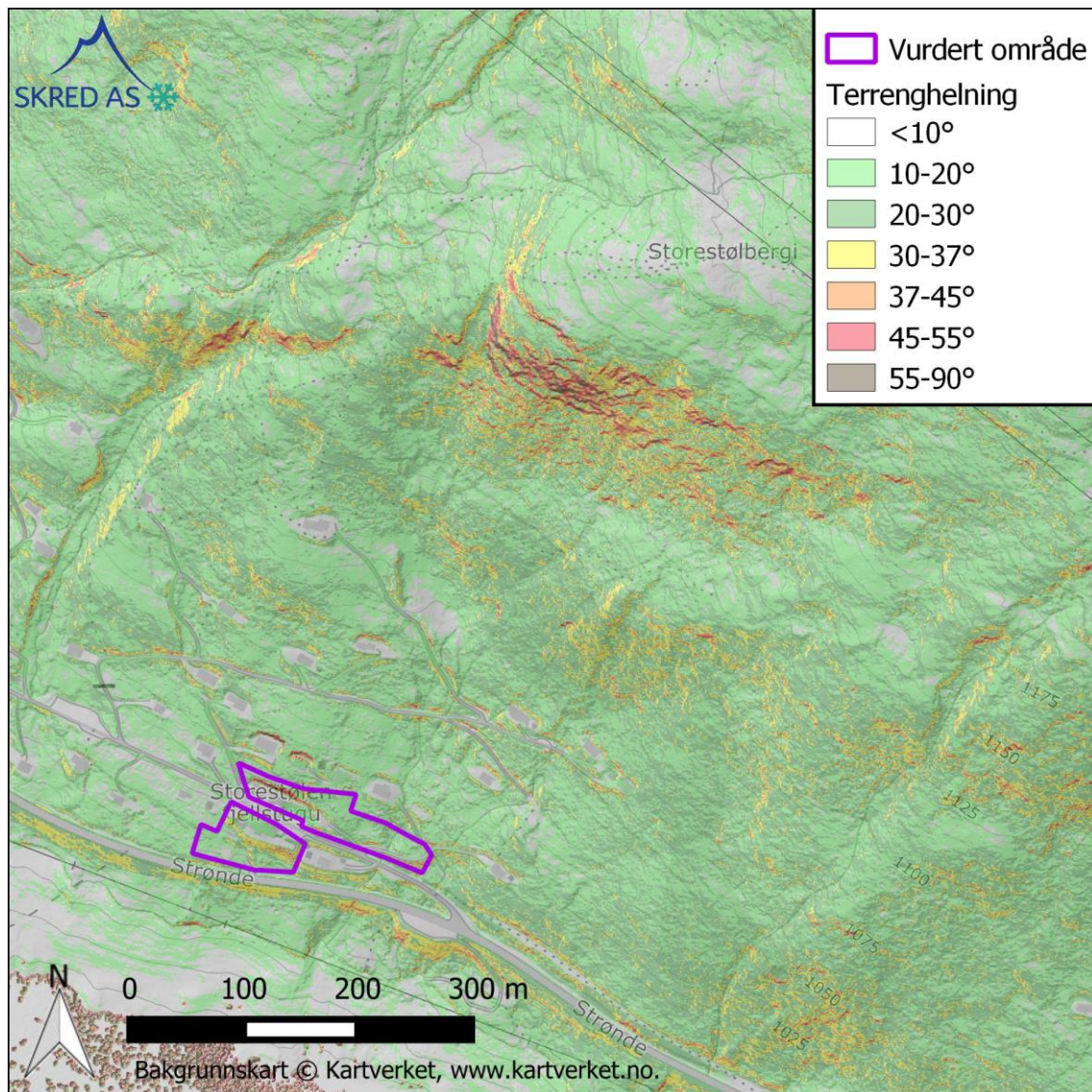
2.11 Miljø-, natur- og kulturverdier

Det er som del av arbeidet ikke videre undersøkt hvilke andre hensyn som vil kunne påvirke mulighetsrommet for etablering av sikringstiltak. Eksempelvis registrerte naturvernområder, naturtyper, arter av regional eller nasjonal forvaltningsinteresse, eller kulturminner. Dette er forhold som normalt må utredes i forbindelse med reguleringsplan.

Det forutsettes at oppdragsgiver eller andre engasjerte fagmiljø selv vurderer behovet for andre relevante utredninger.

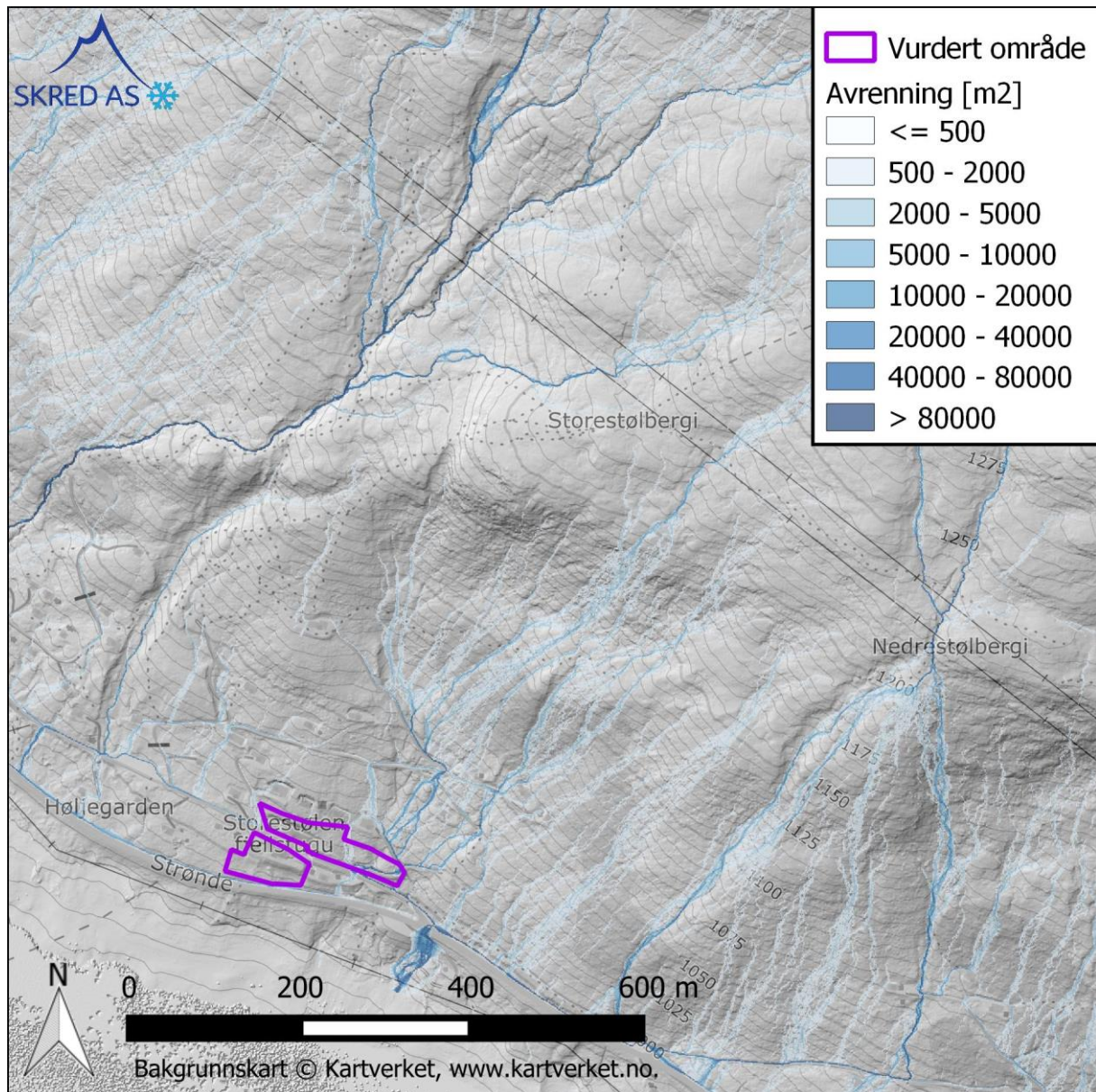
3 Topografi og hydrologiske forhold

Det vurderte området ligger i bunnen av en fjellside som strekker seg opp fra like ovenfor Strandavatnet 978. moh. til Nørdre Flishovd 1477 moh. (Figur 5). Fra det vurderte området på ca. 1000 moh. skråner terrenget med en helning på 10-20° til 1070 moh. Videre oppover stiger terrenget med helning 20-30 til 1110 moh., hvorpå helningen blir 30-60° til 1200 moh. før det avtar til slakere enn 10° mot kollen Storestølbergi.



Figur 5: Oversikt over det vurderte området med terrenghelning og skyggekart.

Det er flere bekker og nedskjæringer i området, men få virkelig store og tydelige nedskjæringer av relevans for det vurderte området. Figur 6 viser en avrenningsanalyse som identifiserer vannveier i fjellsiden. Noe vann dreneres ned mot østenden av det vurderte området.



Figur 6: Avrenningsanalyse (Multiflow direction) ovenfor det vurderte området.

4 Klima

4.1 Fra skredfarekartleggingen

I skredfarekartleggingen ble det utarbeidet en klimaanalyse basert på historiske data fra målestasjoner. Vi oppsummerer kort funnene, for ytterligere detaljer se skredfarevurderingen.

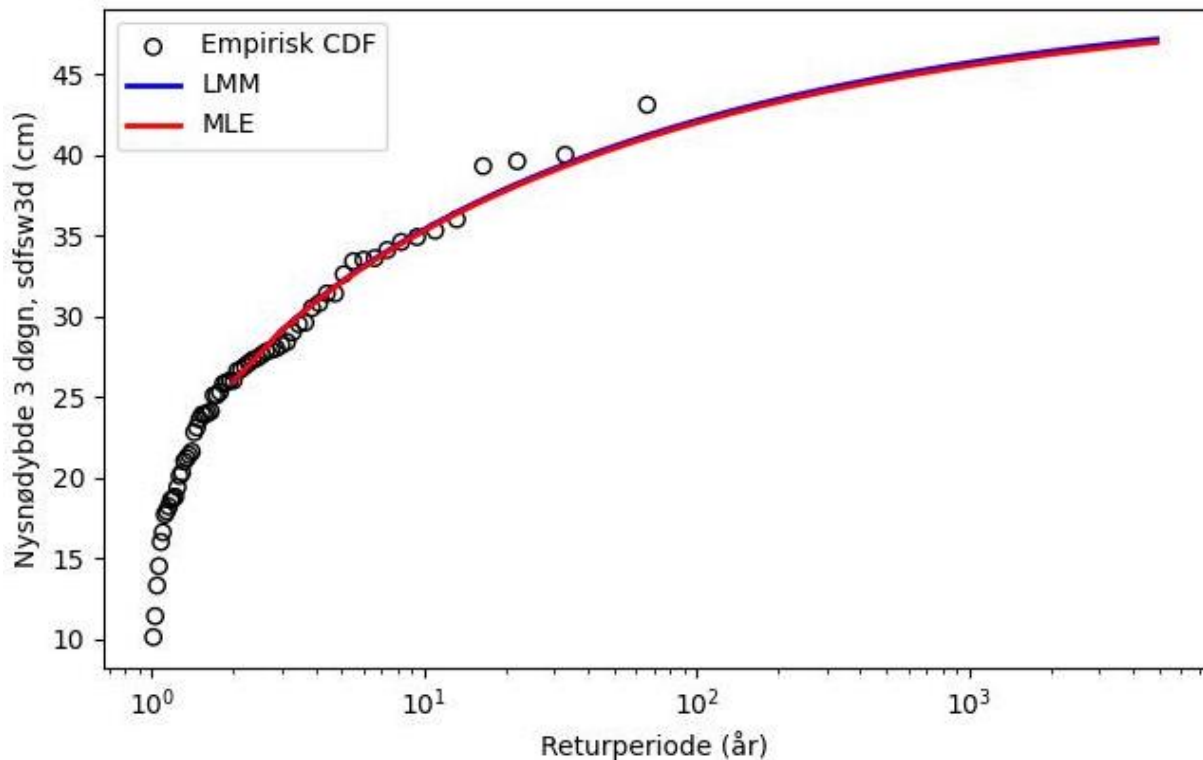
- Årsnedbør er mellom 560 og 799 mm på de utvalgte stasjonene. Dette er relativt lite gitt høyden stasjonene ligger i (700-1000 moh.) og betyr at det er et tørt innenlandsklima.
- 3 døgns nedbør vinterstid med 1000 års gjentaksintervall er på 70 – 105 mm, dvs. ca. 70 – 100 cm snø.
- Fremherskende vindretninger vinterstid er fra VSV-VNV, som bekreftes at stemmer godt med lokalkunnskap.

4.2 Supplerende klimaanalyse

Vi har gjort en supplerende klimaanalyse for å kunne vurdere klimatiske trekk av betydning for sikringstiltakene. Analysen er gjort ved studie av griddede, dvs. interpolerte, data fra xgeo.no. Dataene bygger på måleserier fra 1957, som er noe kortere dataserie enn analysene basert på punktmålinger i skredfarevurderingen. Dataperioden har for kort måleserie til å gi pålitelig indikasjon på returperioder større enn 1000 år, men indikerer også større returperioder. Siden dataene er interpolerte, gir de en verdifull indikasjon på topografiens påvirkning på klimatiske trekk som stasjonsdata i mange tilfeller ikke gir et godt bilde av. Dataene er hentet ut fra en gridcelle a 1 km x 1 km på gjennomsnittlig høyde 1264 moh.

Figur 7 viser en analyse av 3 døgns nysnødybde (nysnøtilvekst), dvs. faktisk endring i snødybde over 3 dager. Det tar dermed hensyn til sammensynking av snødekket. Verdier for hhv. 100 og 1000 års returperiode er 42 og 45 cm nysnøtilvekst.

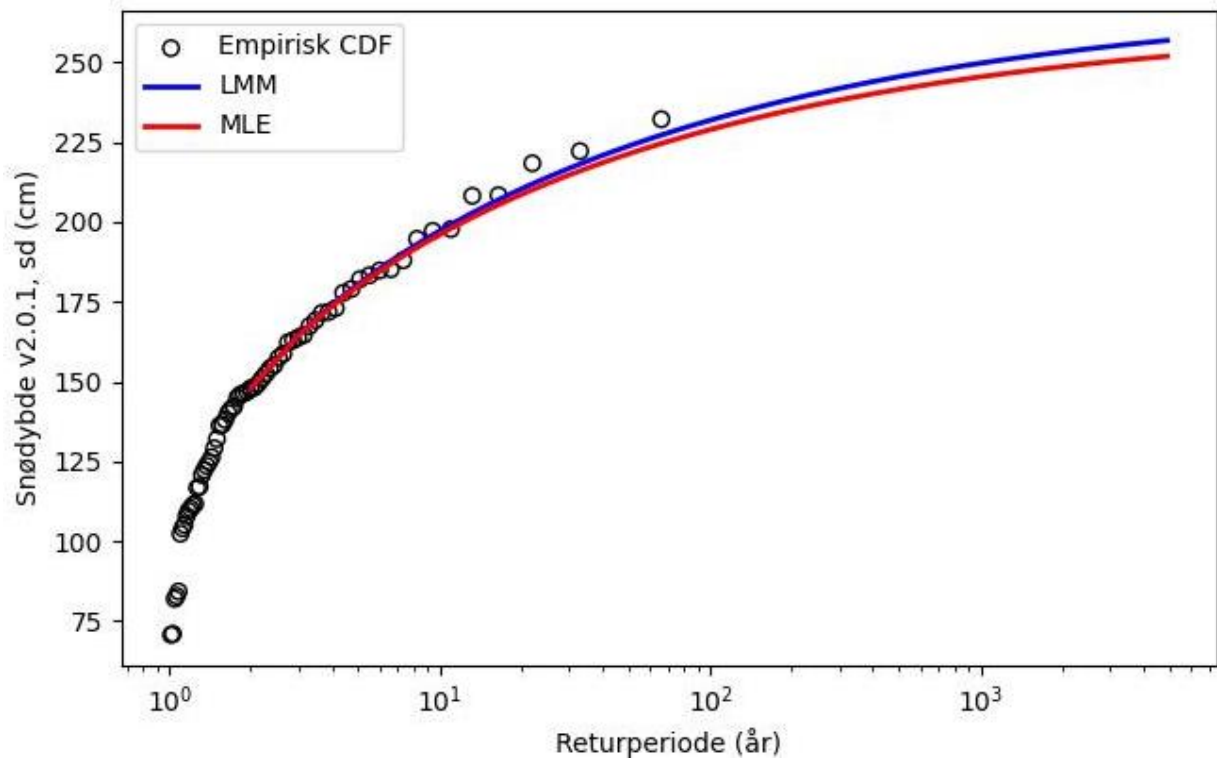
Nysnødybde 3 døgn (sdfsw3d)



Figur 7: Analyse av 3 døgns nysnødybde, dvs. maksimal endring i snødybde over 3 døgn, med fremskrevne returperioder.

Figur 8 viser en analyse av maksimal snødybde på flatmark gjennom en vinter med fremskrevne returperioder. Analysen indikerer at maksimal snødybde for hhv. 100 og 1000 års returperiode kan være 230 og 250 cm. Verdt å merke seg er at maksimal empirisk interpolert verdi, dvs. interpolert basert på et statistisk grunnlag for den aktuelle vinteren, er ca. 220 cm i 1999/2000. Også i 1989/90 er den empiriske verdien nært 100 års verdien, ca. 215 cm.

Snødybde v2.0.1 (sd)



Figur 8: Analyse av maksimal snødybde gjennom en vinter, med fremskrevne returperioder.

5 Dimensjonerende skredscenario

5.1 Grunnlag

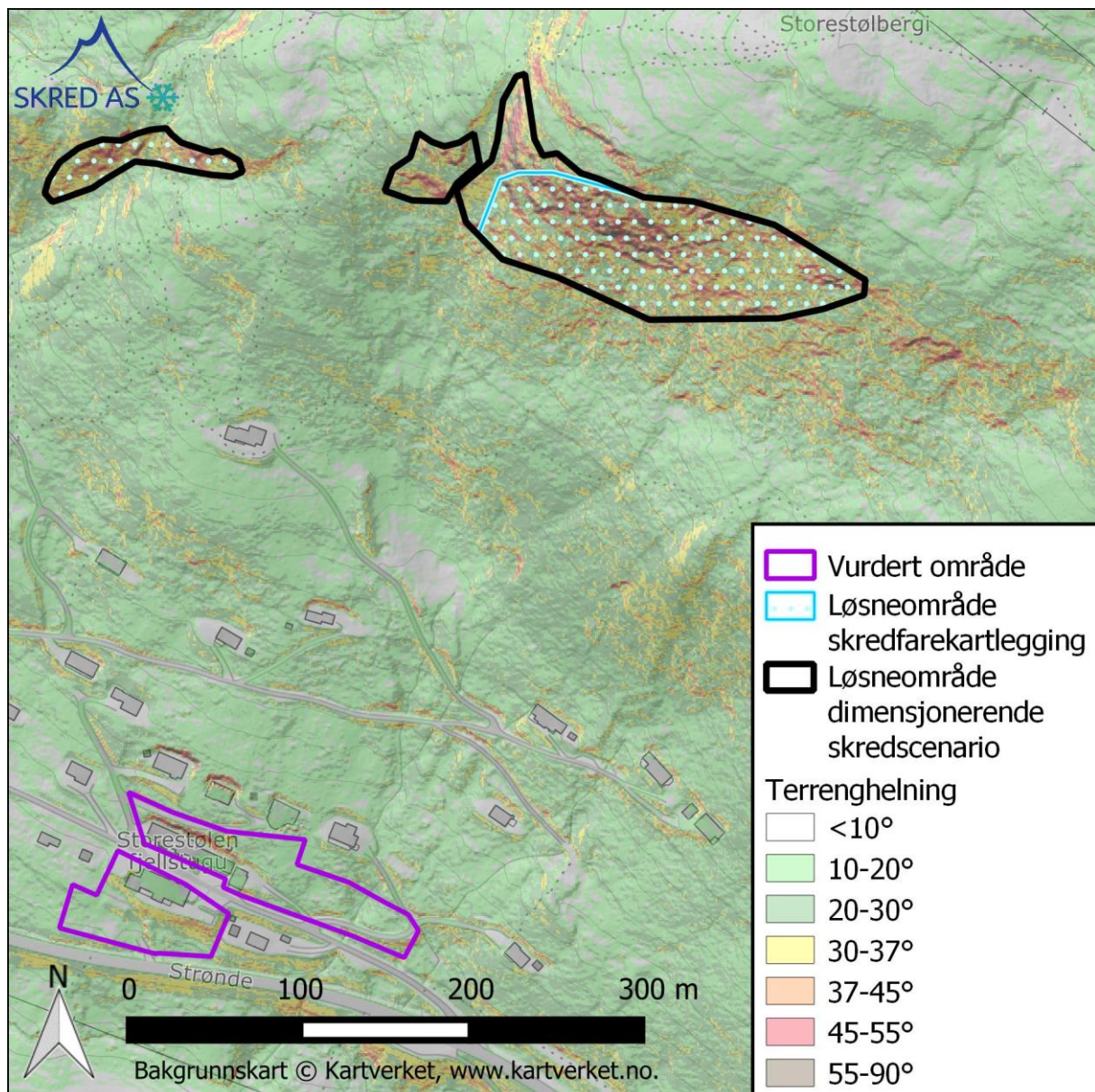
Som grunnlag for dimensjonering av sikringstiltakene har vi tatt utgangspunkt beregningene av skredutløp som er gjort i forbindelse med skredfarekartleggingen og supplerende, mer detaljerte modellkjøringer. Modellkjøringene er gjort med den velutprøvde dynamiske modellen RAMMS::AVALANCHE (RAMMS), versjon 1.7.20.

Fra skredfarekartleggingen har beregningene tatt utgangspunkt i at det ble brukt:

- 3 døgns vinternedbør som snø varierer mellom 70 og 105 cm.
- 50% tillegg til 3 døgns nedbør for å ta høyde for snødrift.
- At dette gir bruddhøyde for løsneområder er 1,0 for mindre løsneområder, og 1,6 m større og/eller konkave løsneområder.
- Modellkjøringer med friksjonsparametere tilsvarende både *medium* og *large* er kjørt for løsneområdene, uavhengig av volumet det er modellert med.
- Høydenivå 1000/500 som bedre representerer norske forhold enn standardverdiene (Haaland, 2015).
- Det er ikke utført beregninger eller vurdering av bruddhøyde/skredvolum for gjentaksintervall 1/5000.

De supplerende beregningene tar utgangspunkt i:

- Noe utvidet løsneområde mot vest sammenliknet med skredfarevurderingen (Figur 9). Det tar hensyn til snøakkumulasjon i den konkave formasjonen vest av Storestølbergi i le for vestlige vindretninger.
- Å forsøke å oppnå samsvar mellom faresoner og supplerende beregninger, spesielt for faresone med største årlige sannsynlighet 1/5000 som det ikke er presentert resultater eller inputparametere for i skredfarekartleggingen.
- Det vi mener best representerer et dimensjonerende skred med returperiode hhv. 1/1000 og 1/5000. Dette vil være en mer detaljert vurdering enn det som gjøres ved utarbeidelse av faresoner, og vil dermed kunne avvike fra beregninger og faresoner som presenteres i skredfarevurderingen.



Figur 9: Løsneområdet fra skredfarekartleggingen (Blå, prikkete) vist med løsneområdet for dimensjonerende skredscenario (Svart)

5.2 Resultater og diskusjon

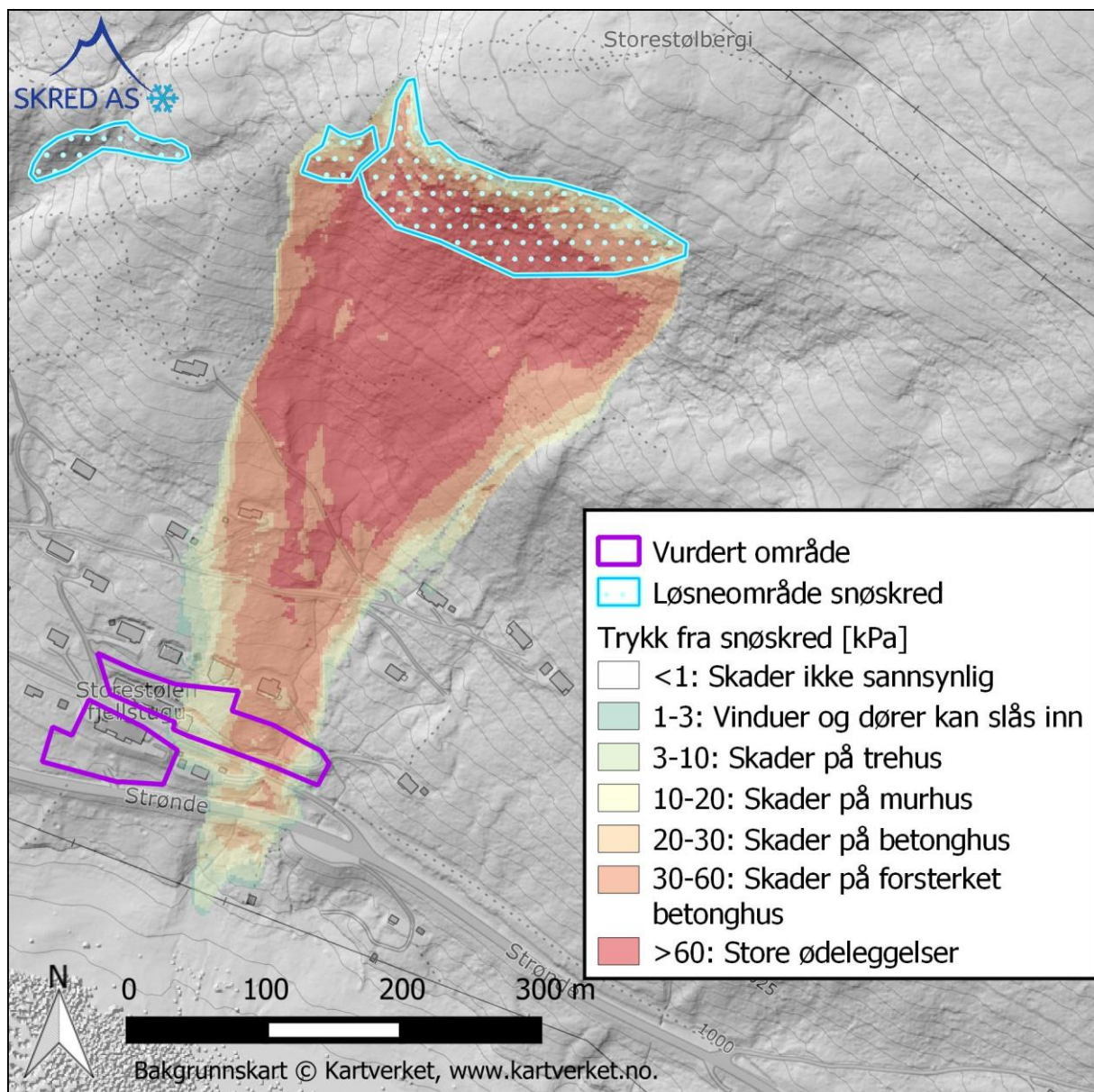
Figur 10 til Figur 13 viser resultater fra det vi vurderer kan representere dimensjonerende skredscenarioer med hhv. 1/1000 (Figur 10) og 1/5000 (Figur 12 og Figur 13).

5.2.1 1/1000

Resultatene i Figur 10 viser det vi vurderer at kan representere et dimensjonerende skredscenario med årlig sannsynlighet 1/1000. Resultatene er basert på parameterne vist i Tabell 1. Disse samsvarer med det som er lagt til grunn for modellberegningene som skredfarevurderingen støtter seg på, med unntak av at skredstørrelsen er endret fra *medium* i skredfarevurderingen til *small*. Dette gir lavere hastigheter og utløpslengder. Vi mener det er realistisk å legge til grunn for vurdering av sikringstiltak i den aktuelle skredbanen, blant

annet fordi resultatene viser lengre utløp enn faresone med største årlige sannsynlighet 1/1000 (S2).

Modellresultater er imidlertid bare en av flere faktorer som faresonene fastsettes basert på, og kritisk tolkning av resultater fra slike modeller er en viktig del av en slik vurdering. Studie av modellresultatene viser at utløpet sør for vegen Strønde i all hovedsak har lav flyte høyde og så vidt passerer vegen før massene akselererer igjen i skråningen sør for vegen. Denne ytterdelen av utløpet er lagt lite vekt på i fastsettelsen av faresonene, og også ved valg av dimensjonerende skredscenario.

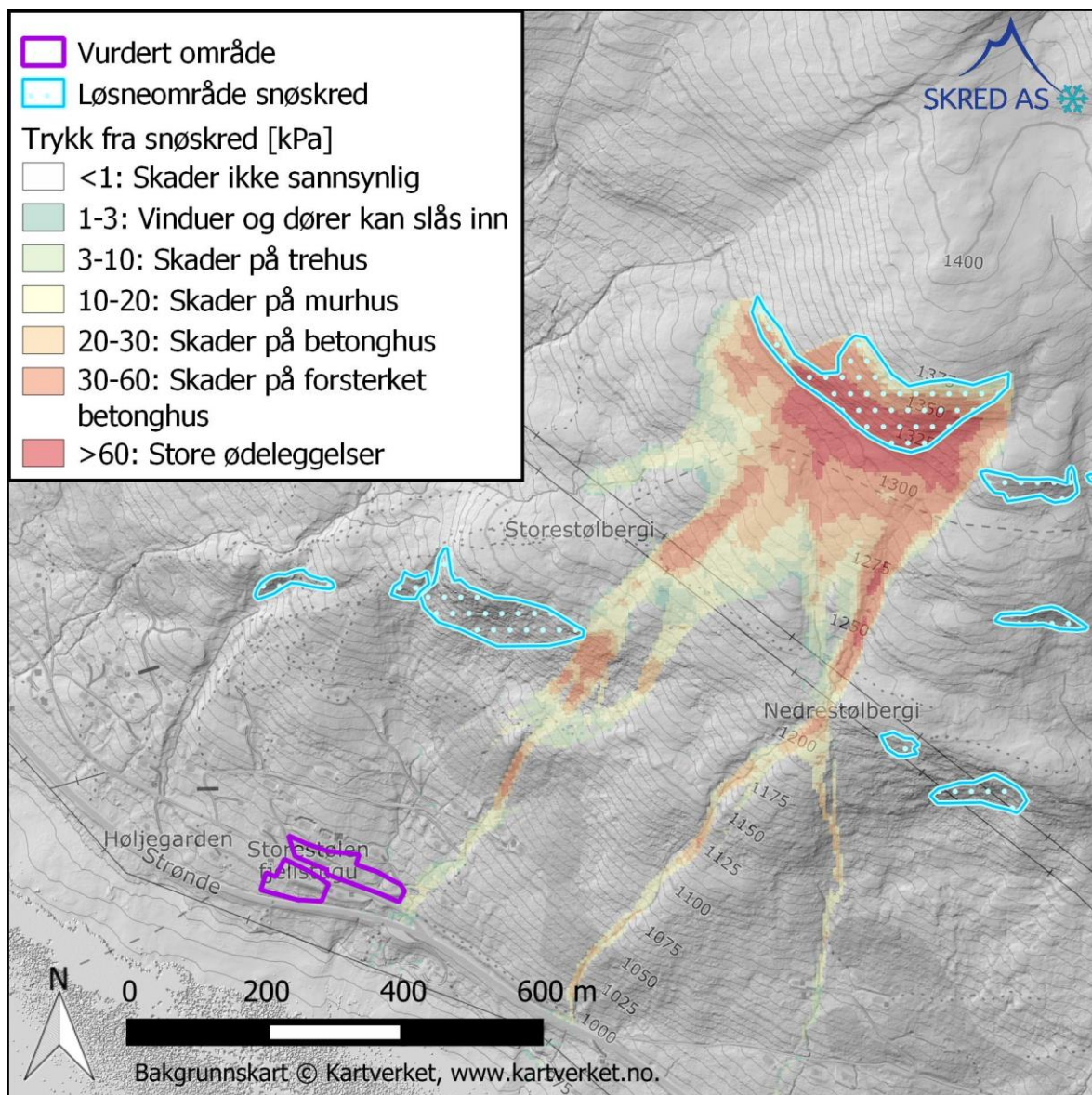


Figur 10: Beregningsresultat for dimensjonerende skredscenario med største årlige sannsynlighet 1/1000 (S2).

Tabell 1: Inputparametere til RAMMS for dimensjonerende skredscenario med årlig sannsynlighet 1/1000.

| Returperiode | Skredvolum | Bruddhøyde | Skredstr. ramms | Returperiode ramms | |
|--------------|------------|------------|-----------------|--------------------|--|
| 1/1000 (S2) | 20 000 | 100 cm | Small | 300 | |

Snøskred som løsner i det store sydvendte løsneområdet på ca. 1350 m høyde (nordvest for skredbanen vist i Figur 10) kan nå østre enden av det vurderte området, dvs. inn mot Tunet. Et beregningsresultat som kan representere største årlige sannsynlighet 1/1000 er vist i Figur 11. Resultatene viser at skred herfra bare så vidt vil påvirke det vurderte området, og har betydelig lavere hastighet og trykk enn det dimensjonerende skredscenarioet (Figur 10).



Figur 11: Beregningsresultat som viser det som kan representere et skred med årlig sannsynlighet 1/1000 fra løsneområdet på ca. 1350 moh.

5.2.2 1/5000

Resultatene for det vi vurderer at kan representere et dimensjonerende skredscenario med returperiode 1/5000 er vist i Figur 12 og Figur 13.

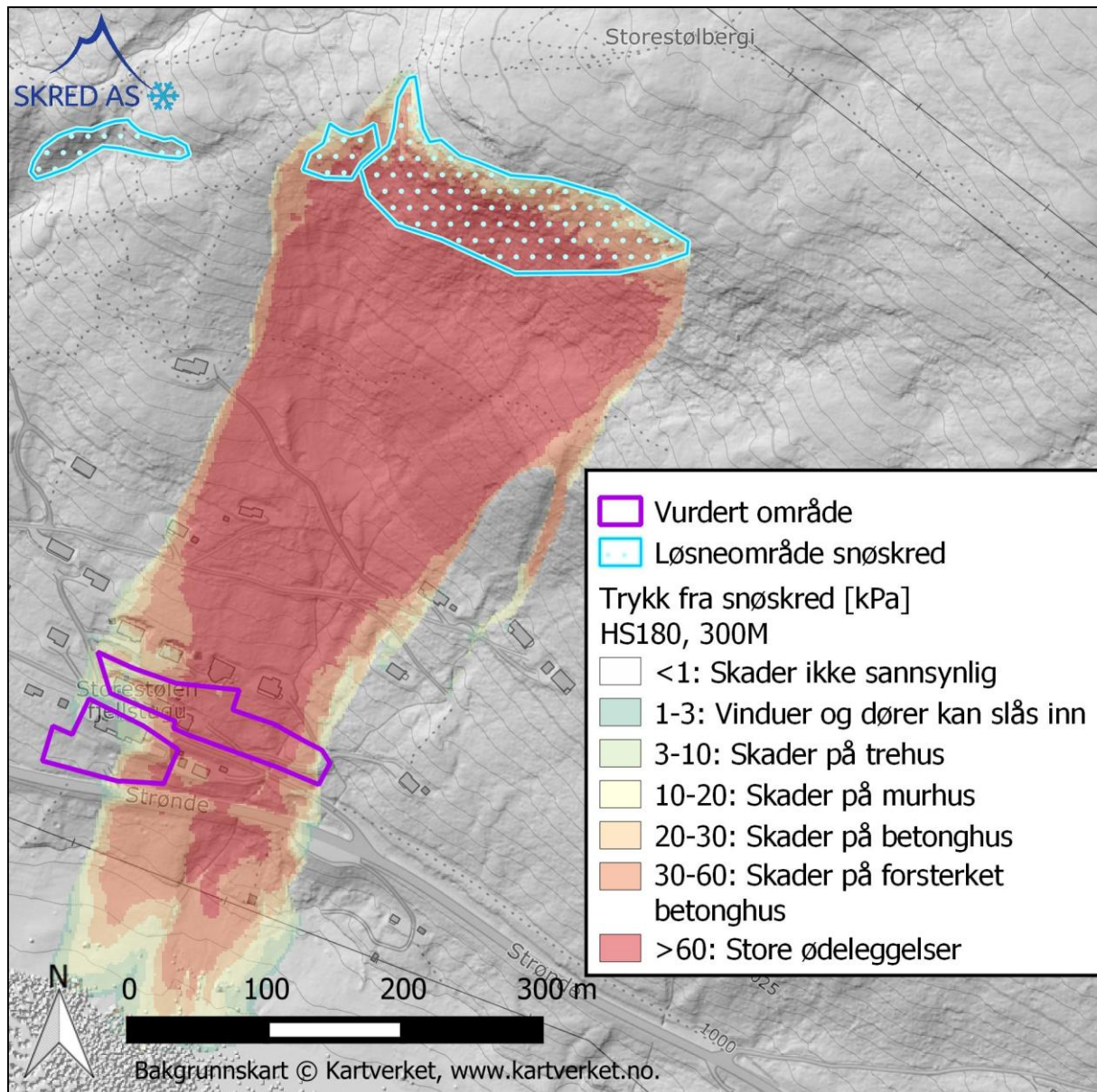
Vurdering av snøskred med svært store returperioder lar seg ikke ene og alene baseres på klimastatistikk og kjente hendelser, men må også tillegges faglig skjønn. I skredfarevurderingen beskrives ikke input til modellresultatene faresonene er basert på. I valg av dimensjonerende scenario har vi lagt vekt på at det er store henteflater for snødrift. I tillegg ligger løsnedområdet i le for vind fra N-NV, som også kan ligge i le for mye vinterstid selv om dominerende vindretning vinterstid er VSV-VNV. Dette kan gi potensielt store bruddhøyder i denne type terreng, selv om 3 døgns nysnøtilvekst indikerer relativt beskjeden økning i snødybde.

Vi har også lagt vekt på at det på høyfjellet i Norge er kjent at skred kan ha lengre utløp enn både statistiske og dynamiske modeller med standardisert metode for beregning kan indikere. Vi har blant annet erfaring med at skred på høyfjellet bedre kan beskrives med lavere friksjonsparametere i RAMMS enn det som er standard. Noe av bakgrunnen for det er at friksjonsparametere i RAMMS er kalibrert etter hendelser i alpelandene hvor snøegenskapene kan variere noe fra det norske, maritime klimaet.

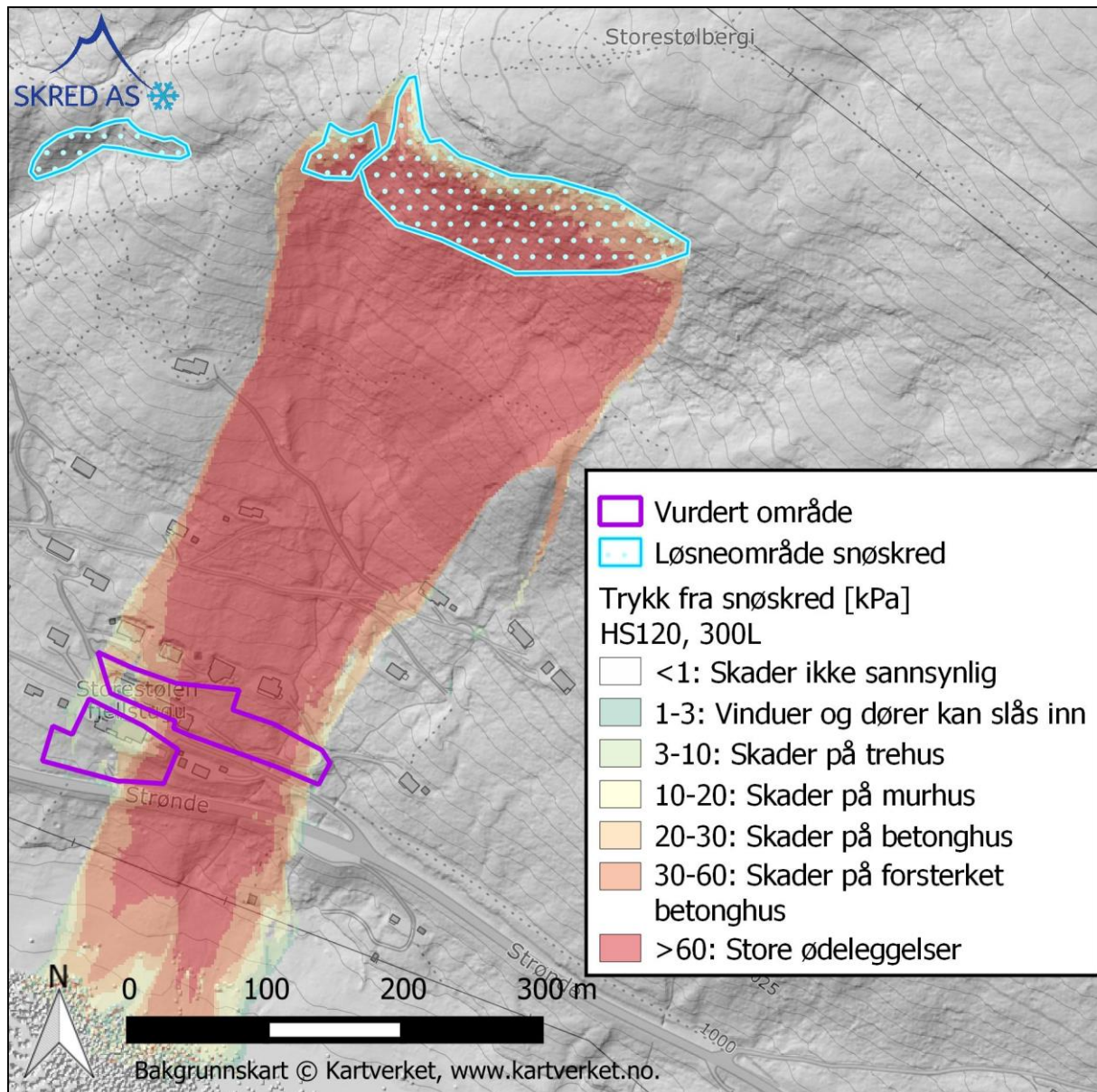
Vi har derfor valgt å bruke to ulike modellresultater som dimensjonerende skredscenario for 1/5000 for å ta høyde for usikkerhet for snøskred med store returperioder. Et scenario har realistisk skredstørrelse, dvs friksjonsverdier, i RAMMS med relativt stor bruddhøyde og dermed volum. Og ett har lavere bruddhøyde og skredvolum, men lavere friksjonsverdier. Resultatene viser i stor grad den samme forventede skredutbredelse og hastighet. Vi har i noen grad lagt vekt på utbredelsen av faresonene fra skredfarevurderingen, men vurderer at utbredelsen av faresonene mot vest er noe konservativ. Dette legges vekt på ved forslag til sikringstiltak hvor vi støtter oss på verdier fra modellresultatene.

Tabell 2: Inputparametere til RAMMS for dimensjonerende skredscenario med årlig sannsynlighet 1/5000.

| Returperiode | Skredvolum | Bruddhøyde | Skredstr. ramms | Returperiode ramms |
|--------------------|------------|------------|-----------------|--------------------|
| 1/5000 (S3) | 37 000 | 180 | Medium | 300 |
| 1/5000 (S3) | 25 000 | 120 | Large | 300 |



Figur 12: Beregningsresultat for det som kan representere et dimensjonerende skredscenario med største årlige sannsynlighet 1/5000 (S3). Beregningene er gjort med bruddhøyde 180 cm, 300 års returperiode i RAMMS og skredstørrelse medium.



Figur 13: Beregningsresultat for det som kan representere et dimensjonerende skredscenario med største årlige sannsynlighet 1/5000 (S3). Beregningene er gjort med bruddhøyde 120 cm, 300 års returperiode i RAMMS og skredstørrelse large.

6 Tilpasning av de planlagte byggene til kravene i TEK17 §7-3

6.1 Faresoner og sikkerhetsklasser

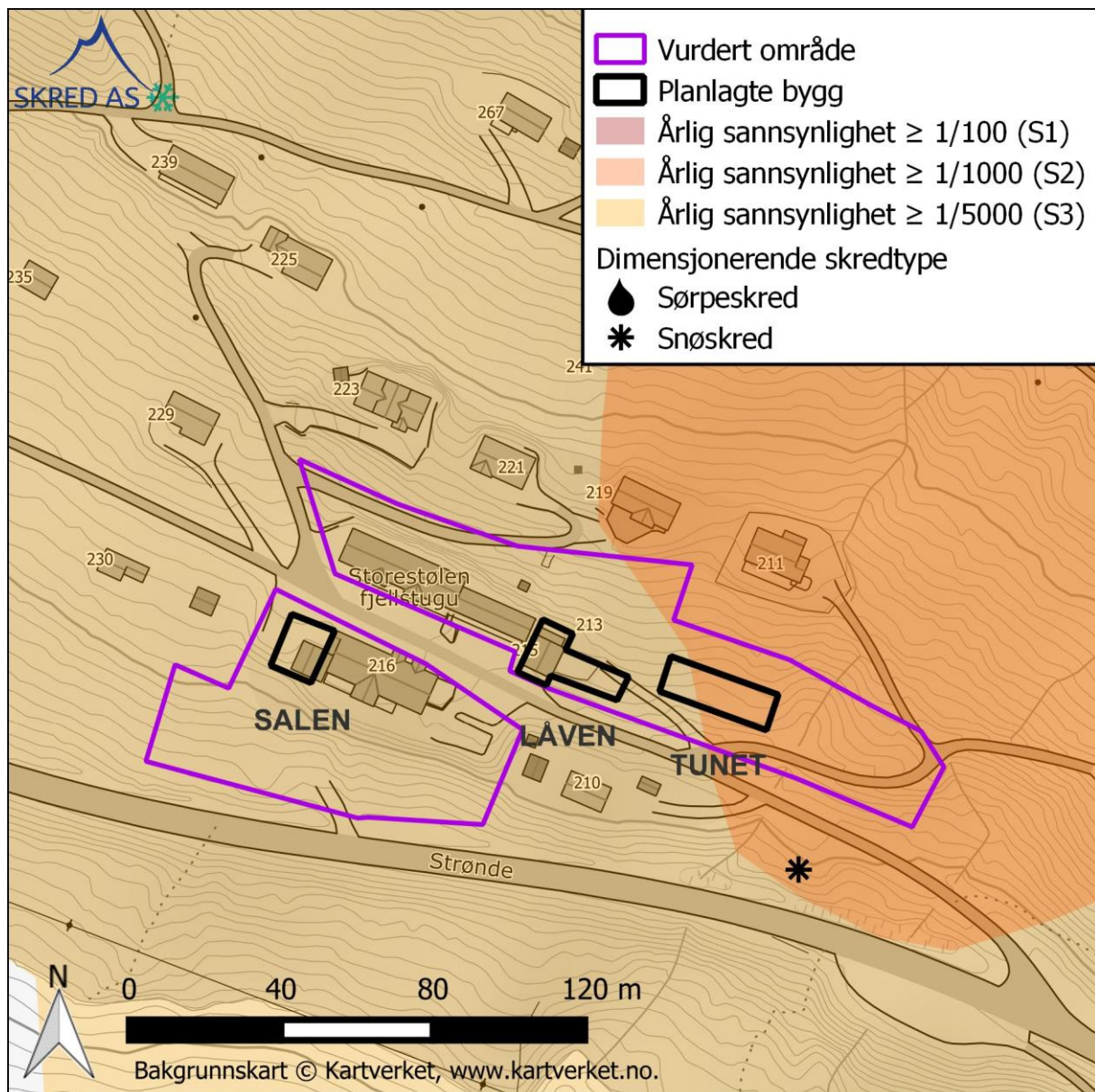
Dagens og planlagt fremtidig bruk for tiltakene som ønskes bygd gir som omtalt i kap. 2.3 følgende sikkerhetsklasser

- **SALEN.** Påbygg på eksisterende bygg. Salen skal tilrettelegges som et oppholdsrom og til bespisning. Dagens bruk er frokost-/matsal samt kjøkken, og faller inn under sikkerhetsklasse S3.
- **LÅVEN.** Påbygg på eksisterende bygg. Det skal etableres 8-10 dobbeltrom/leiligheter. Dagens bygg er hotellrom og faller inn under sikkerhetsklasse S3.
- **TUNET.** Etablering av et leilighetsbygg eller fritidsboliger. Foreløpig er det planlagt 12 boenheter som gjør at tiltaket faller inn under sikkerhetsklasse S3.

Som vist i Figur 14 ligger byggene innenfor følgende faresoner

- **SALEN.** Innenfor faresone med største årlige sannsynlighet 1/5000
- **LÅVEN.** Innenfor faresone med største årlige sannsynlighet 1/5000
- **TUNET.** Delvis innenfor faresone med største årlige sannsynlighet 1/1000 og helt innenfor faresone med største årlige sannsynlighet 1/5000

Dette betyr at samtlige tiltak krever sikring mot skred for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot skred iht. sikkerhetskravene i TEK 17 § 7-3.



Figur 14: De tre planlagte byggene og påbyggene i det vurderte området. I bakgrunn vises faresoner.

6.2 Innspill fra NVE

I forbindelse med vurdering av aktuelle sikkerhetsklasser har vi vært i direkte kontakt med NVE vedrørende deres tolkning av TEK17 §7-3 med veileder for utvalgte punkter av relevans for denne vurderingen. Kort oppsummert er NVEs tolkning og praktisering av TEK17 som følger:

- Ved påbygg på eksisterende bygg må hele bygget sikres mot skred
- Det er ingen grense for hvor nært to bygg kan stå hverandre for at de vurderes som to separate bygg, såfremt de er strukturelt adskilt.
- Hvis det skal bygges en forbindelse mellom to bygg som fortsatt skal vurderes som to separate bygg, vil det legges vekt på utformingen av forbindelsen. For eksempel en

overdekket, uoppvarmet svalgang vil trolig ikke vurderes som en strukturell kobling mellom byggene

- Effekten av ovenforliggende bygg sin bremsende effekt på skred er sammensatt. Det kan være mulig vurdere effekten av ovenforliggende bygg, men det må samtidig argumenteres med hvor plausibelt det er at byggene blir stående og hva konsekvensen av det eventuelt er. I betraktingen bør det derfor være med byggemetode (betong- eller trebygg), hvor mange bygg det er snakk om (flere bygg gir mindre sannsynlighet for at alle blir borte) og om det er sannsynlig at byggene blir bygd opp igjen for å gjenopprette bidraget til skredsikringen dersom de rammes av skred.

Disse vurderingene er tatt hensyn til ved utarbeidelse av mulighetsstudien. Angående effekten av eksisterende bygg ovenfor på skred, har vi valgt å ikke legge vekt på dette. Det begrunnes med at byggene ligger innenfor faresone med største årlige sannsynlighet 1/1000, at de er fritidsboliger av tre og at det i praksis bare er en rad som beskytter de vurderte områdene. At byggene er innenfor faresone 1/1000 tilsier at det er lite sannsynlig at de gjenoppbygges på samme sted.

6.3 Tilpasning av tiltakene

I møte 11.08.2022 ble det diskutert mulige tilpasninger på de planlagte tiltakene for å få dem plassert i en lavere sikkerhetsklasse. Følgende ble diskutert og legges til grunn i det videre arbeidet med de foreslåtte sikringstiltakene i kap. 7 - 9.

SALEN. Den planlagte fremtidige bruken og påbyggingen gjør at det ikke er mulig å tilpasse bygget til å havne i en lavere sikkerhetsklasse. Det kan være mulig å tilpasse utforming på en måte som muliggjør å ta opp laster fra skred i bygget. Tidligere dialog med NVE tilsier at også eksisterende bygg må sikres ved påbygg, noe som også utløser krav om sikring av dagens bygningsmasse.

LÅVEN. Den planlagte bruken med 8-10 rom/leiligheten bygd på eksisterende bygg gjør at det faller i sikkerhetsklasse S3. Det kan være mulig å bygge Låven som et separat bygg plassert nært dagens bygg. Dette gjør at Låven havner i sikkerhetsklasse S2, såfremt det ikke blir flere enn 10 boenheter (rom eller leiligheter). En slipper dermed å sikre også dagens bygningsmasse ved å gjøre det arkitektoniske grepet.

TUNET. Det er mulig å endre planen for Tunet sånn at de 12 boenhetene ikke henger sammen. Hvis maksimalt 10 boenheter henger sammen havner tiltaket i sikkerhetsklasse S2. Skredsikring må fortsatt gjøres, men en lavere sikkerhetsklasse gjør at tiltakene blir enklere på grunn av lavere skredintensitet for dimensjonerende skred.

7 Alternativ 1: Tilpasse bygg til å motstå laster fra snøskred

7.1 Beskrivelse av tiltaket

Bygg kan tilpasses og dimensjoneres slik at laster fra snøskred ikke vil utgjøre fare for personer som oppholder seg i bygget eller føre til større materielle skader. Slik tilpasning kan gjøres ved arkitektoniske grep som reduserer belastningen fra skred og ved forsterkning av byggverket. I de fleste tilfeller vil en gjøre begge deler hvis mulig. Eksempler på arkitektoniske tilpasninger kan være å bygge inn bygget i en skråning (Figur 15) og å utforme bygget slik at lasten virker minst mulig ugunstig på byggverket. Takutstikk, vinduer og dører vendt mot skredet bør unngås eller minimeres, men det avhenger av lastene fra skredet.



Figur 15: Eksempel på bygg som er bygd inn i en skråning slik at snøskred kan passere over taket. Foto: Skred AS

DiBK åpner for at byggverk kan dimensjoneres for å motstå krefter fra skred i temaveileder Utbygging i fareområder (DiBK, 2022) såfremt skredlastene ikke er for store. Maksimal skredlast bør ikke være større enn anslagsvis 50 – 60 kPa.

En forutsetning for at en skal kunne tilpasse bygget til laster fra skred er at utearealet kan settes i en lavere sikkerhetsklasse enn selve bygget, noe TEK17 §7-3 åpner for. Momenter som må vurderes i en slik sammenheng er eksponeringstid for personer og antall personer som oppholder seg på utearealet. For å gå videre med en løsning hvor bygget tilpasses laster fra snøskred bør muligheten for nedklassifisering av utearealet avklares med kommunen.

7.2 Laster

Lastene fra skred avhenger av geometrien til bygget. Det vil kunne oppstå både trykkklaster mot en vegg vendt mot skredet, friksjon langs tak og vegger, last fra avsatt skredsnø og sug som kan oppstå på tak og vegger. De oppgitte lastene baserer seg på en vertikal vegg som vender mot skredet, og er dermed det største lasten som kan forventes på en bakvegg. Trykkverdien vil bare være i denne størrelsesorden over skredets flyte høyde, og avta mot 0 til toppen av skredets klatrehøyde.

I en evt. senere fase må derfor lastene vurderes ut fra ønsket geometri for byggene, gjerne i samråd med RIB.

TUNET

Resultatene fra dimensjonerende skredscenario med årlig sannsynlighet 1/1000 indikerer at trykket fra skred kan forventes å være i størrelsesorden 30 kPa med flyte høyde 0,5-0,1 m og hastighet 10 m/s.

SALEN

Resultatene fra dimensjonerende skredscenario med årlig sannsynlighet 1/5000 varierer mellom de to scenarioene, og er raskt avtagende fordi bygget ligger i ytterkant av skredutbredelsen i beregningene. Basert på tolkning av resultatene legger vi skjønnsmessig til grunn at trykket fra skred kan forventes å være i størrelsesorden 15 kPa med flyte høyde 0,5 m og hastighet 7 m/s.

7.3 Mulighet for reduksjon av trykk

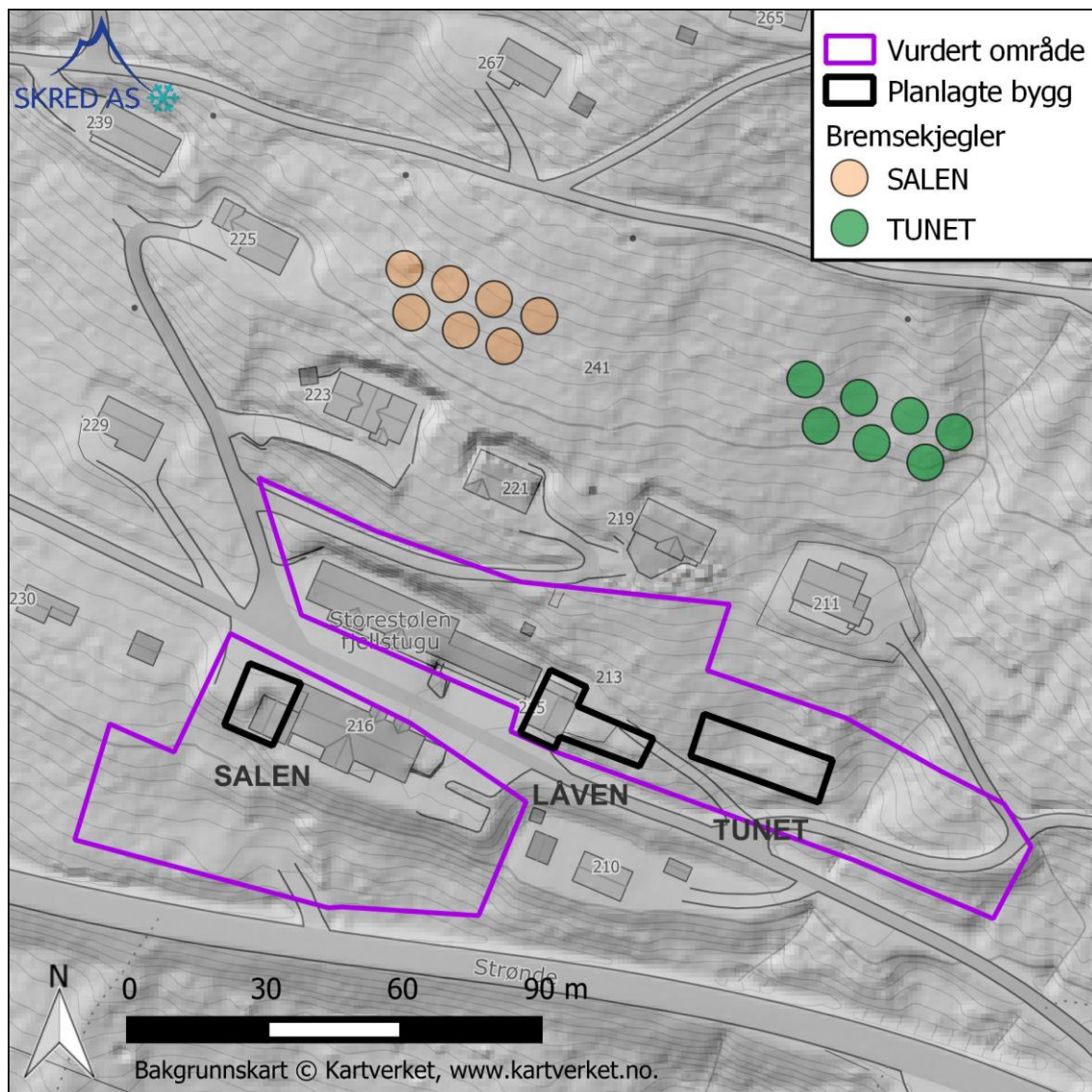
Trykket kan reduseres ved å bygge såkalte bremsekjegler (Figur 16) i utløpssonen for å redusere hastigheten til skredet. En kan grovt anta en 20 % reduksjon i hastighet for 1 rad og 30 % for 2 rader (Rudolf-Miklau, Mears, & Sauermoser, 2015). Dette gir en vesentlig reduksjon i trykk fordi trykket regnes ut fra kvadratet av hastigheten; $P = \rho v^2$.



Figur 16: Eksempel på bremsekjegler. Foto: Skred AS

Kjeglene må ha høyde minst 3 ganger flyte høyden, generell helning 1:1 og helning 60° mot skredet, og plasseres med maksimal avstand tilsvarende kronebredden (Rudolf-Miklau, Mears, & Sauermoser, 2015). For Tunet og Salen tilsier det dermed hhv. 3 og 1,5 m høye bremsekjegler. På grunn av avsetning av drivsnø rundt kjeglene vil de måtte bygges vesentlig høyere enn 1,5 m for å ha effekt. Vi foreslår 4 m høye kjegler.

Et grovt utkast til hvordan bremsekjegler kan plasseres og omfang er vist i Figur 17. Et estimat tilsier at det kan være behov for 7 stk. for hhv. Tunet og Salen.



Figur 17: Forslag til hvordan bremsekjegler kan plasseres ut for å redusere trykkvirkningen fra snøskred.

Basert på trykkverdiene og hastigheter fra kap. 7.2 kan en anta omtrentlige trykkverdier for 1 og 2 rader med bremsekjegler som vist i Tabell 3.

Tabell 3: Forventet trykkreduksjon ved bruk av bremsekjegler.

| Dimensjoneringskriterier | Tunet | | Salen | |
|--------------------------|-------|-----|-------|-----|
| Hastighet uten kjegler | 10 | m/s | 7 | m/s |
| Trykk uten kjegler | 30 | kPa | 15 | kPa |
| Hastighet 1 rad kjegler | 8 | m/s | 5,6 | m/s |
| Trykk 1 rad kjegler | 19 | kPa | 9 | kPa |
| Hastighet 2 rad kjegler | 7 | m/s | 4,9 | m/s |
| Trykk 2 rad kjegler | 15 | kPa | 7 | kPa |

7.4 Utforming og arkitektoniske grep

Utforming av byggene er viktig hvis det er ønskelig å redusere lastene fra snøskred. Det er en rekke grep som kan gjøres, for eksempel

- Bygge bygget helt eller delvis inn i bakken som vist i Figur 15
- Orienterer bygget så det fungerer som en plog mot skredretningen

Det er også viktig å vurdere plassering, størrelse og styrke til vinduer og dører. Mindre vinduer som trykkes inn utgjør liten fare for liv og bare små økonomiske konsekvenser. Større vindusflater og dører som trykkes inn kan imidlertid fylle bygg med snø og gi stor fare for liv og helse. Plassering og dimensjonering av vinduer og dører bør derfor vurderes spesielt av arkitekten, gjerne i samråd med skredsakkyndig.

7.5 Virkning av tiltaket på faresoner og kostnader

Faresonene vil forbli uendret med mindre det bygges bremsekjegler. Bremsekjegler vil begrense utløpslengden til skred noe og vil dermed kunne korte inn faresonene noen titalls meter.

Vi har ikke kostnadsberegnet tiltaket da de vil avhenge av valgt løsning for utforming og dimensjonering av byggene, som vanskelig lar seg kvantifisere på nåværende tidspunkt.

8 Alternativ 2: Støtteforbygninger i løsneområdet

8.1 Beskrivelse av tiltaket

Støtteforbygninger (Figur 18) er stålkonstruksjoner som plasseres i løsneområde for snøskred for å hindre utløsning av skred. De dimensjoneres for å tåle belastningen fra sigende snø, og plasseres med en avstand som tar hensyn til terrenghelning og belastning fra glidning og kryp i snøen.



Figur 18: Eksempel på støtteforbygninger mot utløsning av snøskred. Foto: Skred AS

Støtteforbygninger har tradisjonelt i relativt liten grad vært brukt i Norge, men har i økende grad blitt tatt i bruk det siste tiåret. Alpelandene har imidlertid lang erfaring med støtteforbygninger, og har over tiden høstet mye erfaring. Det finnes ikke noen norsk veileder eller håndbok som i detalj beskriver hvordan støtteforbygninger skal prosjekteres. Det er derfor vanlig å bruke de sveitsiske retningslinjene (SLF, 2007) ved prosjektering av støtteforbygninger, hvilket vi også har lagt til grunn.

De sveitsiske retningslinjene skiller mellom vertikal snødybde (H_k) og tykkelsen av flaket som kan løsne (D_k). Vertikal snøhøyde vil tilsvare målt snødybde på bakken, mens tykkelsen av flaket vil være snødybde på bakken justert for helningen i løsneområder; $D_k = H_k \cdot \cos(\alpha)$.

8.2 Dimensjonering og kostnader

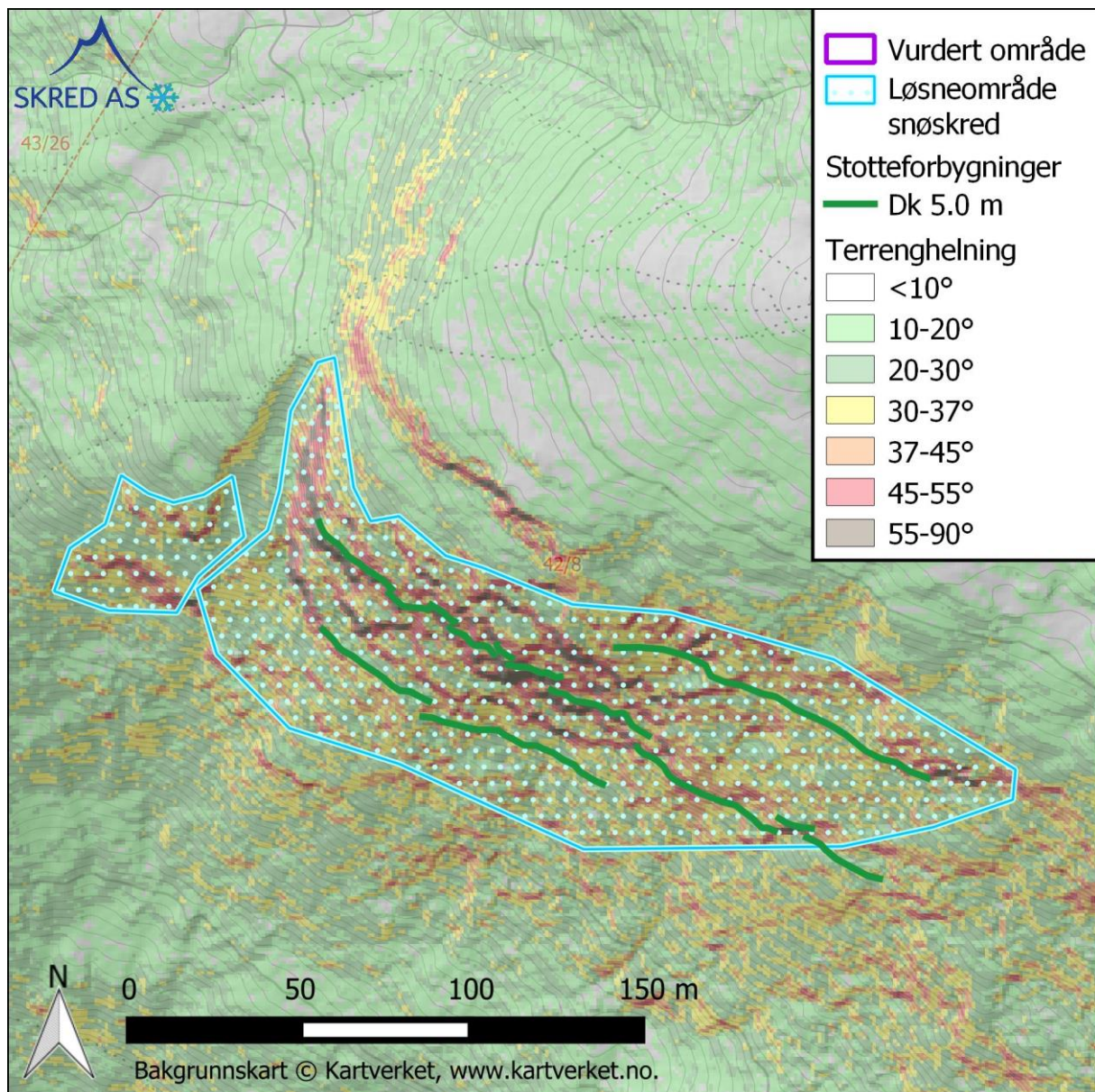
Klimaanalysen som tilsier maksimal snødybde på bakken målt vertikalt (H_k) på ca. 250 cm med gjentaksintervall 1/1000. Det tilsier ca. 200 cm målt normalt på terrengoverflaten (D_k) i det aktuelle løseområdet. Erfaring fra området samt studie av vinddata og terreng tilsier at det kan forventes store mengder snødrift i området. Støtteforbygninger samler også svært mye snø på grunn av turbulens rundt bordene i forbygningene. Vi har derfor lagt til grunn D_k 5.0 m for sikring opp til både årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000. For 1/1000 kan lavere høyde vurderes i en mer detaljert vurdering i senere fase.

Figur 19 viser et forslag til omfang og plassering av støtteforbygninger for å sikre både Salen og Tunet til et sikkerhetsnivå hvor årlig sannsynlighet for skred er lavere enn 1/5000. Forslaget vil ikke sikre Låven til 1/5000, i så fall må det minst en rad til nedenfor de foreslåtte støtteforbygningene. Forslaget til sikring er grovt og må detaljeres i en evt. senere fase, noe som kan føre til endring i mengder og dermed kostnader.

Tabell 4 oppsummerer omtrentlige mengder samt forventet kostnad. Kostnadene baserer seg på prisinnspill fra entreprenører i et liknende prosjekt sommeren 2022, og tar dermed hensyn til den store prisutviklingen på stålmaterialer de siste årene.

Tabell 4: Mengder og forventede kostnader for å sikre Salen og Tunet med støtteforbygninger.

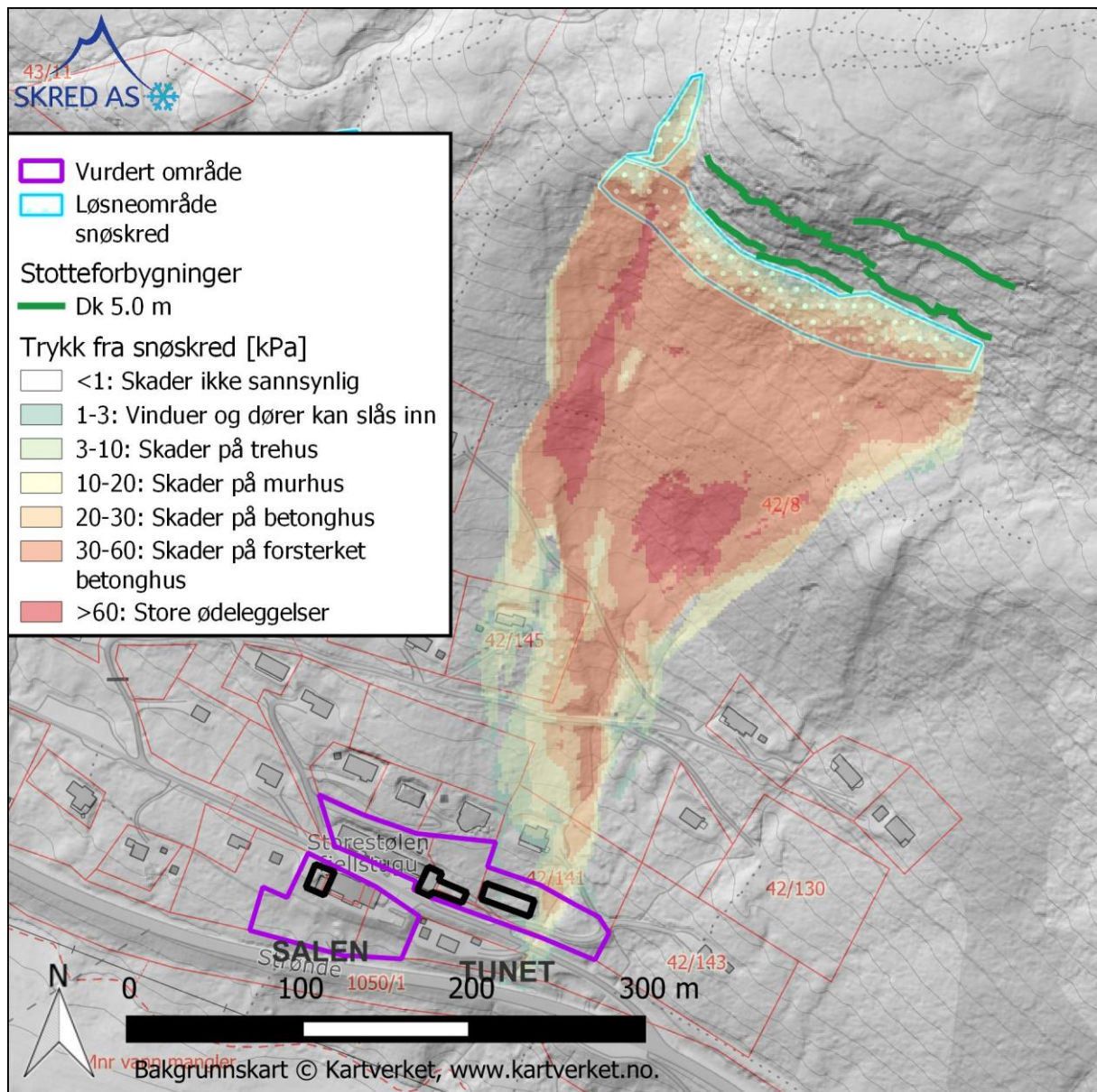
| Støtteforbygning | Lengde | Pris per m ekskl. mva | Pris ekskl. mva. | Kommentar |
|------------------|--------|-----------------------|------------------|--|
| D_k 5.0 m | 400 m | 35 000,- | 14 000 000,- | Entreprisekostnad inkl. rigg. Prosjektering og BH kost kommer i tillegg. |



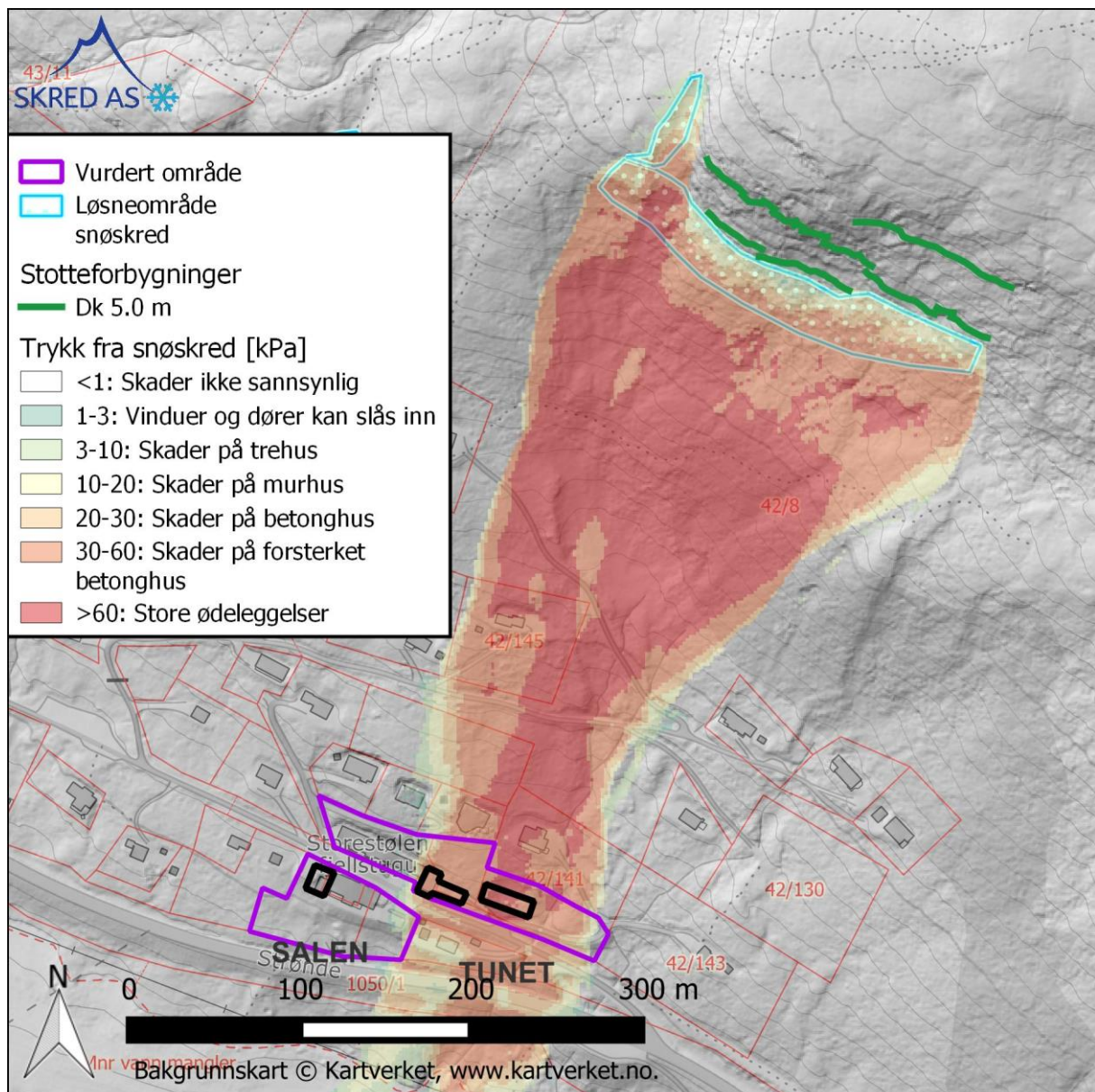
Figur 19: Forslag til omfang og plassering av støtteforbygninger for å sikre Salen og Tunet mot skred med største årlige sannsynlighet hhv. 1/1000 og 1/5000.

Figur 20 og Figur 21 viser dimensjonerende skred beregnet fra løsneområder som vurderes å være realistiske etter bygging av støtteforbygninger. Løsneområdet er trukket noe lengre ned enn det som er lagt til grunn for dimensjonerende skredscenario. Det er gjort for å ta høyde for økt avsetning av snø som følge av at støtteforbygningenes gjør at det avsettes mer snø nedenfor (SLF, 2007). I vest er løsneområdet avgrenset noe mindre mot nordøst enn det dimensjonerende skredscenarioet. Det er gjort fordi deler av skråningen nord for øverste rad støttforbygning vurderes å være et lite representativt løsneområde etter støttforbygningene er bygd. Bla. fordi delen ligger i lo for dominerende vindretninger, er

bratt og at støtteforbygningene hindrer sideveis forplantning av snøskred som først løsner i den sydvendte delen av løснеområdet.



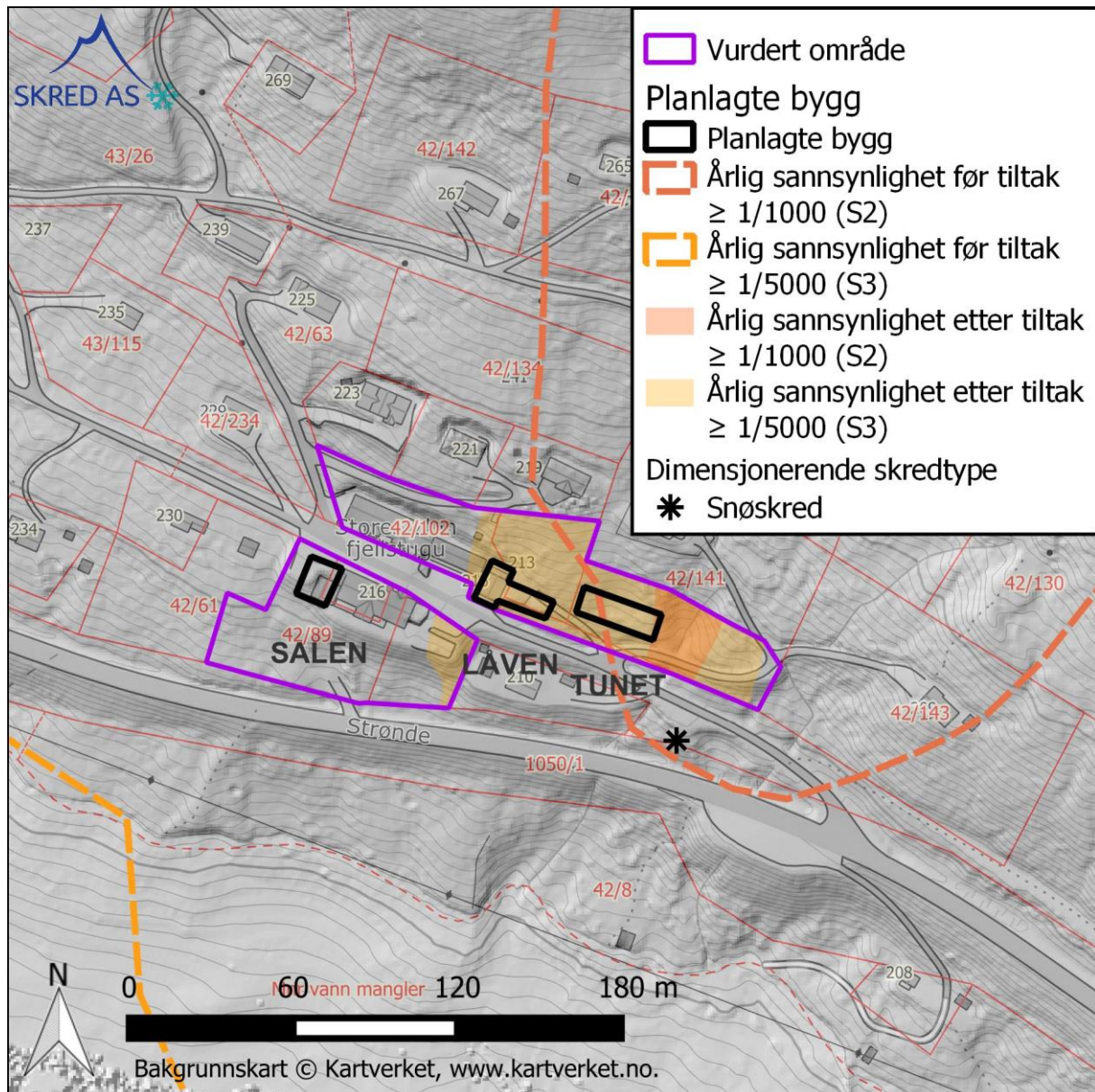
Figur 20: Dimensjonerende skred beregnet fra løснеområde nedenfor og vest for støtteforbygningene med største årlig sannsynlighet 1/1000



Figur 21: Dimensjonerende skred beregnet fra løsneområde nedenfor og vest for støtteforbygningene med største årlig sannsynlighet 1/5000

8.3 Virkning av tiltaket på faresoner

Figur 22 viser et forslag til hvordan faresonene kan se ut etter sikring med støtteforbygninger ut fra det skisserte omfanget. Endelige faresoner vil kunne bli annerledes ved endring av omfanget sikring. Endelige faresoner bør tegnes etter detaljprosjektering og bygging basert på as built data.



Figur 22: Forslag til faresoner etter sikring med støtteforbygninger.

9 Alternativ 3: Fangvoll

9.1 Beskrivelse av tiltaket

En fangvoll (Figur 23) er en konstruksjon som plasseres normalt på skredretningen, og har til hensikt å stoppe skred. Skredvoller kan også bygges som ledevoller som har til hensikt å lede skredene ut mot siden og dermed bort fra objektet som skal sikres. Ledevoller kan imidlertid øke utløpslengden til skred, og økt ulempe for omkringliggende eiendommer må derfor alltid vurderes.



Figur 23: Fangvoll som sikrer bebyggelse mot snøskred. Foto: Skred AS.

Vollens geometri må alltid tilpasses aktuell skredtype. Støtsiden, dvs. siden som vender mot skredet, bør for snøskred bygges så nært vertikalt som mulig (Johannesson, Gauer, Issler, & Lied, 2009; Statens vegvesen, 2014; Rudolf-Miklau, Mears, & Sauermoser, 2015). Baksiden kan bygges slak med fylling av løsmasser, eller bratt hvis det er begrenset med plass. Sistnevnte øker kostnadene for vollen, men reduserer behovet for fylling.

Fasadematerialet på støtsiden kan bestå av gabionkasser, tørrmur, geotekstiler eller i noen tilfeller betongelementer. Ofte vil det være behov for jordarmering fra fasaden og inn i fyllingen.

9.2 Dimensjonering av høyde

For å estimere nødvendig høyde på en fangvoll har vi estimert nødvendig høyde med den klassiske formelen for klatrehøyde (energihøyde) fra skred (Salm, 1990; Statens vegvesen, 2014; Rudolf-Miklau, Mears, & Sauermoser, 2015) og den hydrodynamiske metoden basert på sjokkteori (Johannesson, Gauer, Issler, & Lied, 2009).

Nødvendig høyde på bakveggen (H_v) estimeres fra formelen:

$$H_v = h_k + h_f + h_s + h_a$$

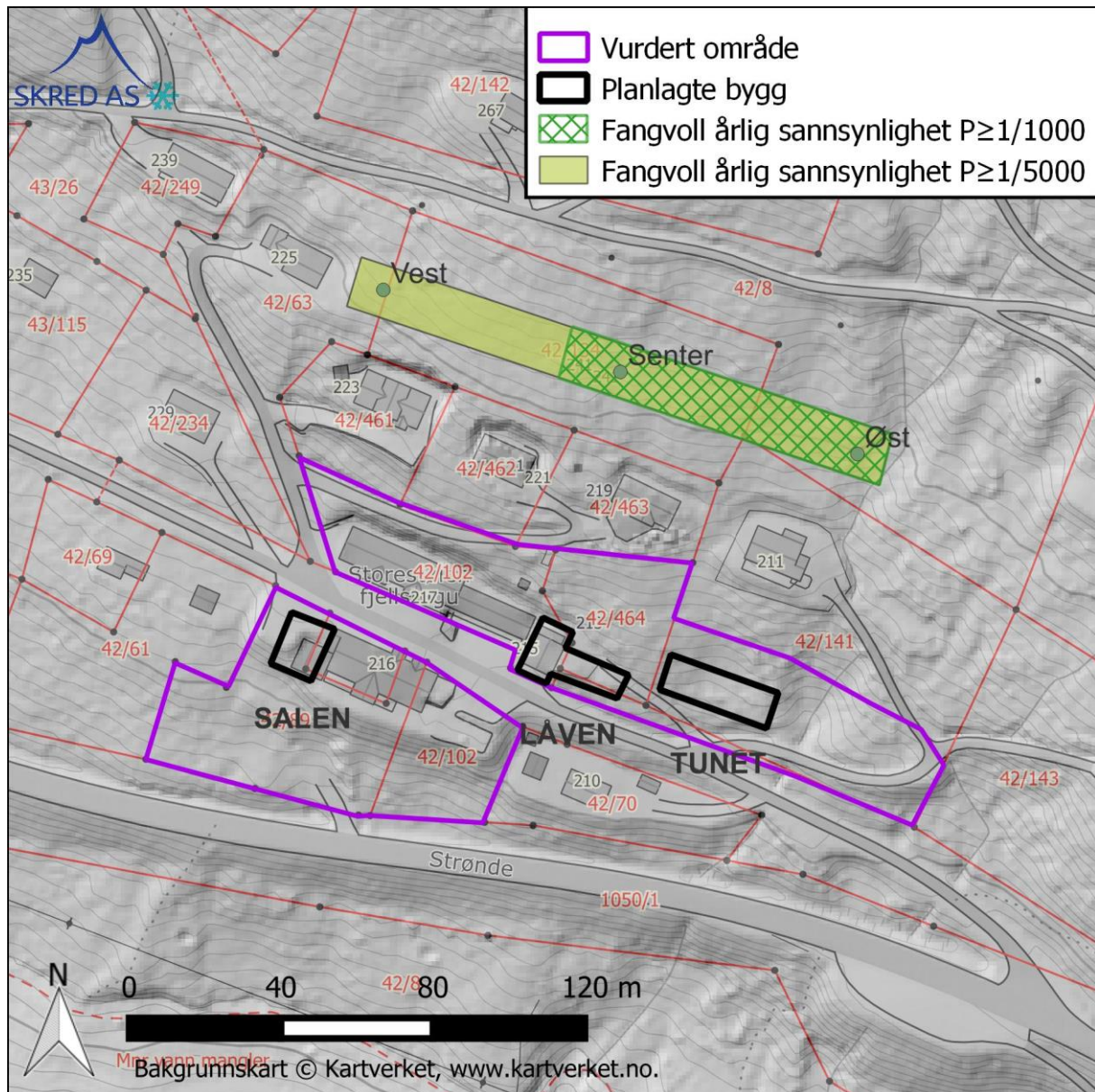
Der

- h_k : klatrehøyden (energihøyden). Ulike formler for de to metodene.
- λ : en empirisk verdi som velges ut fra hvor tungt og vått skredet er, brukes i tradisjonell metode (Salm, 1990)
- h_f : Flyteøyden til skredet
- h_s : Snøhøyden på bakken foran veggen
- h_a : Avsatt skredsnø på bakken fra tidligere hendelser.

I dette tilfellet har vi gjort følgende antagelser

- Vi antar mindre enn en skredhendelse per år, dvs. $h_a = 0$.
- Vi antar at den empiriske koeffisienten $\lambda = 1.5$ i tråd med (Salm, 1990)
- Vi antar at snø på bakken foran vollen er $h_s = 1,5$ m

Figur 24 viser et forslag til plassering av fangvollen med stedsangivelse brukt videre i dimensjoneringen og teksten. Dimensjonerende skred har ulik hastighet og flyteøyde langs den foreslåtte vollen. Dermed kan dimensjonerende parametere og høyder differensieres. Fra dimensjonerende skredscenario har vi dermed estimert dimensjoneringsgrunnlaget vist i Tabell 5.



Figur 24: Forslag til plassering av en fangvoll ovenfor de planlagte byggene med stedsangivelse brukt i dimensjoneringen.

Tabell 5: Grunnlag for dimensjonering av fangvoll ovenfor den planlagte bebyggelsen for årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000.

| Returperiode | Vest | | Senter | | Øst | |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Hastighet [m/s] | Flyte­høyde [m] | Hastighet [m/s] | Flyte­høyde [m] | Hastighet [m/s] | Flyte­høyde [m] |
| 1/1000 | - | - | 10 | 1,0 | 12 | 2,0 |
| 1/5000 | 12 | 0,5 | 20 | 2,5 | 15 | 3,0 |

Verdiene i Tabell 5 gir nødvendig høyde beregnet med begge metoder for de forskjellige delene av vollen som oppsummert i Tabell 6.

Tabell 6: Estimerte nødvendige høyder på en fangvoll for årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000 med både tradisjonell og hydrodynamiske metode

| Returperiode | Høyde vest [m] | | Høyde senter [m] | | Høyde øst [m] | |
|--------------|----------------|--------|------------------|--------|---------------|--------|
| | Trad. | Hydro. | Trad. | Hydro. | Trad. | Hydro. |
| 1/1000 | | | 5,9 | 6,8 | 8,4 | 8,5 |
| 1/5000 | 6,9 | 7,9 | 17,6 | 20,7 | 12,1 | 12,2 |

Ut fra de beregnede verdiene i Tabell 6 har vi foreslått nødvendige høyder i Tabell 7. Forslaget legger vekt på at det er en del avstand mellom vollen og byggene som skal sikres, samt hvor delen vollen er plassert sammenliknet med forventet skredutbredelse.

Tabell 7: Foreslåtte høyde på fangvoll for årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000

| Returperiode | Høyde vest [m] | Høyde senter [m] | Høyde øst [m] |
|--------------|----------------|------------------|---------------|
| 1/1000 | | 6,0 | 8,5 |
| 1/5000 | 6,0 | 18,0 | 12,0 |

I tillegg til høyde er det viktig at vollene prosjekteres sånn at det er tilstrekkelig magasinkapasitet for avlagring av snø, slik at snø ikke flyter over. Ut fra dimensjonerende skredvolum i Tabell 1 og Tabell 2 må gjennomsnittlig magasinkapasitet være hhv. 220 m³/m og 170-250 m³/m for årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000, hvis en antar at hele skredvolumet når vollen. Vurderingen tar ikke hensyn til redusert volum som følge av økning i densiteten i utløpssonen.

9.3 Mengder og kostnader

Det er skilt på lengde for årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000 fordi bredden av dimensjonerende skred er forskjellig (Figur 24). Vår vurdering er at en voll som skal sikre til årlig sannsynlighet 1/1000 vil måtte være om lag 90 m, mens det tilsvarende for 1/5000 er behov for ca. 150 m.

Kostnader for skredvoller avhenger i stor grad av tilgang på masser og terrenget på stedet. Det er dermed vanskelig å estimere kostnader på et tidlig stadium. Vi er ikke kjent med at det er bygd fangvoll med høyde over 14 m med bratt støttside i Norge, og sammenlikningsgrunnlaget for priser er dermed lite. I Tabell 8 har vi forsøkt å estimere nødvendige kostnader for voller basert på de foreslåtte høydene i Tabell 7. Prisene er vedheftet betydelig usikkerhet.

Tabell 8: Mengder og kostnader for å sikre med fangvoll for hhv. største årlige sannsynlighet 1/1000 og 1/5000.

| Returperiode | Lengde [m] | Enhetskostnad ekskl. mva. | Pris ekskl. mva. | Kommentar/grunnlag |
|--------------|------------|---------------------------|------------------|---|
| 1/1000 | 90 | 40 000 kr/m | 3 600 000 kr | Pris tar utgangspunkt i tall fra FOSS (NVE, 2021) |
| 1/5000 | 150 | 100 000 kr/m | 15 000 000 kr | Pris tar utgangspunkt i skredvoll Fjordgård (2020), 14 m høyde, 480 m lengde, 46 mill. ekskl. mva. totalcost. |

9.4 Ledevoller og økt ulempe for omkringliggende bygg

Vi har vurdert en løsning med ledevoll. En slik løsning krever at skredmassene kan ledes til sides til et område hvor det er akseptabelt at utløpslengden øker. Det kan være mulig å sikre Tunet med en ledevoll, men alle de planlagte byggene lar seg vanskelig sikre med en ledevoll av plasshensyn. Hvis Tunet skal sikres må det være aksept for at utløpslengde for skred øker, og dermed et annet areal dekkes av faresoner enn i dag. Trolig blir denne faresonen større på annen manns grunn.

9.5 Virkning av tiltaket på faresoner

Faresonene etter tiltak vil avhenge av om sikringen skal dimensjoneres for største årlige sannsynlighet 1/1000 eller 1/5000.

Hvis 1/5000 legges til grunn, dvs. en høy voll, vil både faresone med største årlige sannsynlighet 1/1000 og 1/5000 i sin helhet fjernes fra det vurderte området.

Hvis 1/1000, dvs. en lav voll, legges til grunn vil dimensjonerende skred for 1/5000 kunne passere over vollen fordi skredhastigheten er vesentlig større og gå vest for vollen fordi forventet skred er bredere. Basert på foreslått lengde og høyde for den lave vollen vurderer vi at faresone med største årlige sannsynlighet 1/5000 fortsatt vil dekke hele det vurderte området. Faresone med største årlige sannsynlighet 1/1000 vil i sin helhet fjernes.

Faresonene er ikke tegnet i figur.

10 Anbefalt løsning og videre arbeid

10.1 Anbefalt løsning

Basert på funnene i mulighetsstudien vurderer vi det som mest hensiktsmessig å tilpasse prosjektet som beskrevet i kap. 6 for å redusere behovet for skredsikring. Ved valg av sikringsløsning fremstår det som mest hensiktsmessig å tilpasse bygg til skredlaster, både for å redusere kostnadene og arealbruken knyttet til skredsikring.

Hvis byggene skal tilpasses skredlaster er det i en tidlig fase viktig å avklare om uteareal kan nedklassifiseres slik TEK 17 §7-3 åpner for.

10.2 Videre arbeid

Hvis byggene skal tilpasses laster fra skred bør det gjøres i fellesskap mellom arkitekt, RIB og skredfaglig rådgiver (RISK) slik at løsningen for de enkelte byggene kan optimaliseres. RISK vil måtte definere dimensjonerende laster ut fra foreslått arkitektur og plassering, og bør komme med innspill til optimalisering av utforming hvis aktuelt.

10.3 Drift og vedlikehold

Det er ikke vurdert at de foreslåtte tiltakene har behov for drift og vedlikehold for å opprettholde sikkerhetsnivået, jfr. DiBKs veileder utbygging i fareområder, såfremt tiltakene dimensjoneres og bygges i tråd med Norsk Standard.

11 Referanser

Christen, M. (2011). RAMMS::Debris flow.

DiBK. (2022). *Temaveileder: Utbygging i fareområder. Internettside*
<https://dibk.no/saksbehandling-tilsyn-og-kontroll/temaveiledning-utbygging-i-fareomrader/>, sist besøkt 19.08.2022.

Haaland, G. O. (2015). *Sammenligning av modelleringsverktøy for norske snøskred*. NVE.

Johannesson, T., Gauer, P., Issler, P., & Lied, K. (2009). *The design of avalanche protection dams*.

NVE. (2020). *VEILEDER FOR UTREDNING AV SIKKERHET MOT SKRED I BRATT TERRENG, UTREDNING AV SKREDFARE I REGULERINGSPLAN OG BYGGESAK*. NVE.

NVE. (2021). *Flom og skred – sikringsbehov for eksisterende bebyggelse (FOSS)*.

NVE. (2022). *Sikringshåndboka, skred i bratt terreng*.

ONR. (2010). *24805:2010 06 01 Permanent technical avalanche protection - Terms, definitions, static and dynamical load assumptions*.

ONR. (2011). *ONR 24806. Permanent technical avalanche protection - Design of structures*.

Rudolf-Miklau, Mears, & Sauermoser. (2015). *The Technical Avalanche Protection Handbook*.

Salm, e. a. (1990). *Berechnung von Fließlawinen*.

Skred AS. (2020). *Skredfarekartlegging i Hol kommune. Skred AS rapport 20229-01-1*.

SLF. (2007). *Defense Structures in Avalanche Starting Zones*.

Statens vegvesen. (2014). *V138 Veger og Snøskred*.