

Oppdragsgiver	Navn Mjøsplan AS	Kontaktperson Line Irene Danielsen
Oppdrag	Nummer og navn 19328 Klæbu, Vassfjellet – Skredfarekartlegging for regulering av Vassfjellet Vinterpark	Oppdragsleder Andrea Taurisano
Dokument	Nummer 19328-01-1 Utført av Andrea Taurisano	Dato 2019-08-26 Kontrollert av Kalle Kronholm

## Skredfarekartlegging for Vassfjellet Vinterpark

### Sammendrag

Skred AS har kartlagt skredfare for Vassfjellet Vinterpark. Deler av området er potensielt utsatt for steinsprang, snøskred, samt jord- og flomskred ifølge NVEs aktsomhetskart. Skredfaren er kartlagt på detaljert nivå i forhold til gjeldende sikkerhetskrav i TEK17 §7-3. Alle skredtyper i bratt terreng er vurdert. Fare for flom langs bekkeløp er ikke vurdert.

Det er flere løснеområder for snøskred og noen mulige løснеområder for sørpeskred i den øvre delen av fjellsiden. Alle forholdene tatt i betraktning vurderes disse to skredtypene å være relevante både for faresonen for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/100$  (S1), for den med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  (S2) og i større grad for den med årlig sannsynlighet  $\geq 1/5000$  (S3).

De nedre delene av planområdet ligger trygt utenfor alle faresoner, bortsett fra de kanaliserte bekkeløpene der sjeldne sørpeskred og flomskred kan gå ned.

De øvre delene av planområdet, inkl. eksisterende heisstasjoner og master, berøres av faresonene.

Det er viktig å påpeke at faresonene, med mindre sikkerhetskravet utløses av nye byggetiltak, ikke har praktiske implikasjoner for eksisterende bygninger. Faresonene i seg selv utløser altså ikke plikt til å sikre eller innføre bruksrestriksjoner på eksisterende bygg og infrastrukturer.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>4</b>
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Befaring	5
1.3	Forbehold	5
<b>2</b>	<b>Krav til sikkerhet</b>	<b>6</b>
2.1	Plan- og bygningsloven	6
2.2	Aktuelle krav	7
2.3	Vurderte skredtyper	7
<b>3</b>	<b>Beskrivelse av området</b>	<b>10</b>
3.1	Topografi	10
3.2	Geologi	13
3.3	Vegetasjon	13
3.4	Registrerte skredhendelser	13
3.5	Tidligere skredfareutredninger	14
3.6	Eksisterende skredsikringstiltak	14
3.7	Klimatiske trekk av betydning for skredfare	14
<b>4</b>	<b>Vurdering av skredfare</b>	<b>19</b>
4.1	Snøskred	19
4.2	Sørpeskred	22
4.3	Løsmasseskred	23
4.4	Skred i fast fjell	24
4.5	Faresoner for skred og implikasjoner for planområdet	25
<b>5</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>Referanseliste</b>	<b>28</b>

## Figurer

Figur 1: Lokalisering av det vurderte området, ca. 5 km sørvest for Klæbu sentrum. Kartet viser i tillegg de meteorologiske stasjonene som ble benyttet for klimaanalysene.	4
Figur 2: Kart med beregnet terrenghelning i og ovenfor skianlegget.	10
Figur 3: Skyggekart for fjellsiden ovenfor planområdet (markert i lilla).	11
Figur 4: Dronebilde av mesteparten av planområdet (omtrentlig markert i lilla), sett mot vest.	12
Figur 5: Skjenstadbekken der den er 7 – 8 m nedskjært på kote 270.	12
Figur 6: Skredhendelser registrert på <a href="http://www.atlas.nve.no">www.atlas.nve.no</a> .	14
Figur 7: Månedsnormaler 1961-90 for middeltemperatur. Data fra <a href="http://www.eklima.no">www.eklima.no</a> .	15
Figur 8: Månedsnormaler 1961-90 for nedbør. Data fra <a href="http://www.eklima.no">www.eklima.no</a> .	16
Figur 9: Beregnet 3-døgnsnedbør med ulike gjentakintervaller for vintermånedene desember til april (antatt snø). Data fra <a href="http://www.eklima.no">www.eklima.no</a> .	16

Figur 10: Beregnet 1-døgnsnedbør med ulike gjentaksintervaller for månedene mai til november (antatt regn). Data fra <a href="http://www.eklima.no">www.eklima.no</a> . .....	17
Figur 11: Fremherskende vindretninger i vintermånedene desember til mars, Trondheim - Voll. Figuren er fra <a href="http://www.eklima.no">www.eklima.no</a> .....	17
Figur 12: Løsneområder for snøskred i fjellsiden nord for Tullusvollen. ....	20
Figur 13: Løsneområder for snøskred i fjellsiden sør for Tullusvollen. ....	20
Figur 14: Utvalgte RAMMS resultater. Beregnet maksimalt trykk og utbredelse av snøskred med 1,5 m bruddkant. ....	21
Figur 15: Utvalgte RAMMS resultater. Beregnet maksimalt trykk og utbredelse av sørpeskred fra de mest aktuelle løsneområdene. ....	23
Figur 16: Bratte fjellskrenter i fjellsiden sør for Tullusvollen. Disse er kildeområder for steinsprang, men fare for steinsprang er ikke dimensjonerende for faresonene her. ....	24
Figur 17: Faresoner skred i planområdet. ....	26

## Tabeller

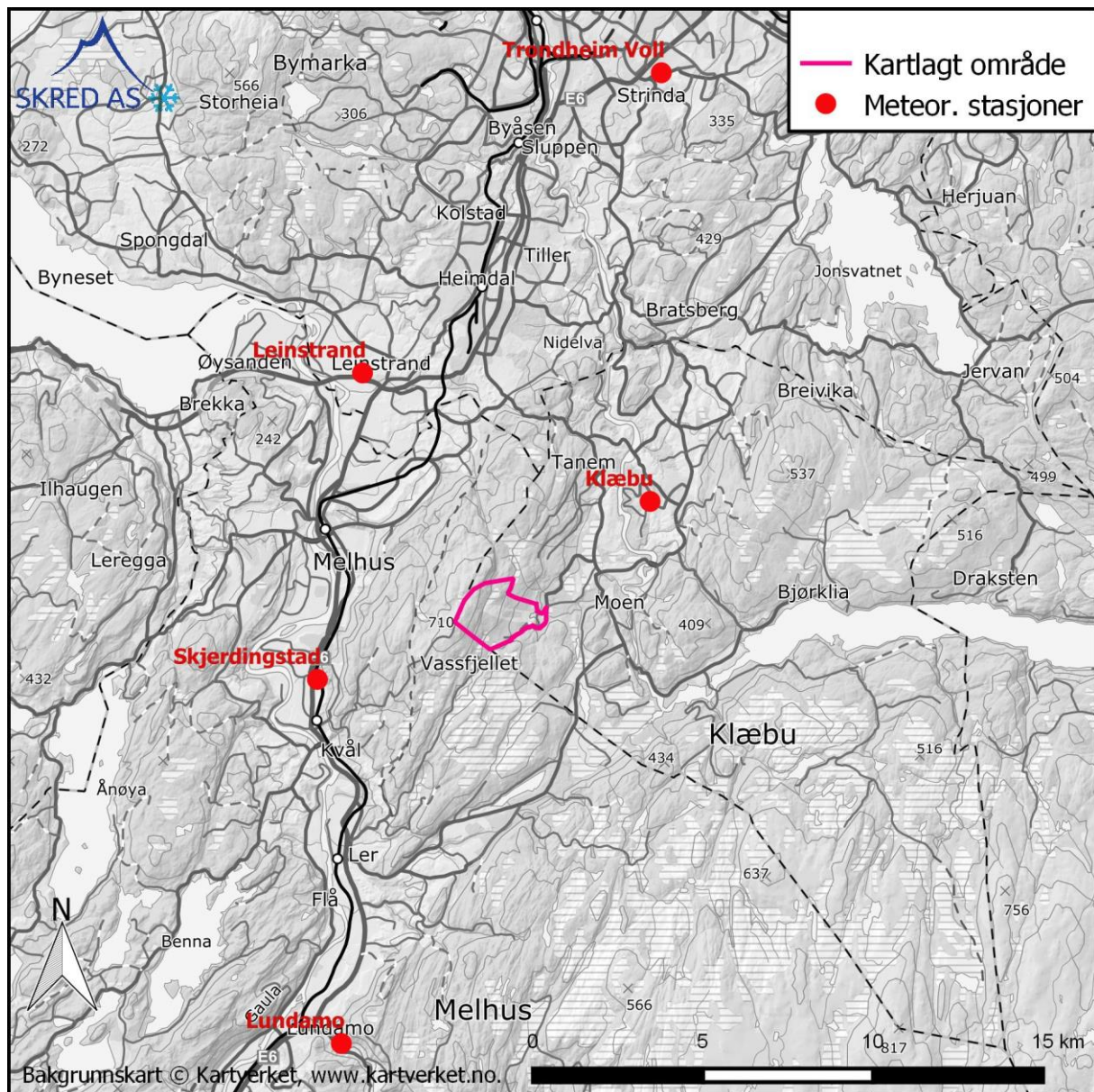
Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2018). ....	6
--	---

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Det arbeides med regulering av et område ved Vassfjellet Vinterpark. Deler av området er potensielt utsatt for steinsprang, snøskred, samt jord- og flomskred ifølge NVEs aktsomhetskart. Skred AS har kartlagt skredfaren på detaljert nivå i forhold til gjeldende sikkerhetskrav i TEK17 §7-3.

Kartleggingsområdet er vist i Figur 1 og mer detaljert i Figur 2 og Figur 4. Figur 1 viser også lokalisering av de meteorologiske stasjonene benyttet for klimaanalysen i avsnitt 3.7.



Figur 1: Lokalisering av det vurderte området, ca. 5 km sørvest for Klæbu sentrum. Kartet viser i tillegg de meteorologiske stasjonene som ble benyttet for klimaanalysene.

## 1.2 Befaring

Den 16.08.2019 var Andrea Taurisano, Skred AS, på befaring i området. Det var høyt skydekke, oppholdsvær og god sikt under befaringen. En drone med 12 Mpx kamera ble benyttet for observasjon av øvre deler av fjellsiden.

## 1.3 Forbehold

Skredfarevurderingen er gjort ut fra terreng og vegetasjon slik de fremkom fra befaringsobservasjoner, tilgjengelige flyfoto og kotegrunnlag på vurderingstidspunktet. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, kan det ha betydning for skred- og flomforholdene. Det kan innebefatte hogst, terrenginngrep i bratt terreng eller fysiske endringer i vassdraget som en konsekvens av erosjon, masseavlagring og menneskelige inngrep. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.

Nedre deler av planområdet ligger i aktsomhetssone for flom, men flomfare i henhold til TEK17 §7-3 er ikke etterspurt av oppdragsgiver og derfor ikke vurdert.

Vurderingene i denne rapporten har fokus på skred av betydning for det pågående planarbeidet. Utløsning av snøskred ifb. ferdsel, samt ski- / scooterkjøring kan forekomme i mange lokale brattheng som ikke er vurdert som løснеområder av betydning i denne sammenhengen.

Informasjon om tidligere skredhendelser er viktig for vurderingene. Dersom det kommer mer informasjon om tidligere hendelser, bør det tas med i betraktningene.



## 2 Krav til sikkerhet

### 2.1 Plan- og bygningsloven

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

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

Byggteknisk forskrift Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-3 definerer krav til sikkerhet mot skred for nybygg og tilhørende uteareal (tabell 1). Sannsynligheten i tabellen angir den årlige sannsynligheten for skredskader av betydning, dvs. skred med intensitet som kan medføre fare for liv og helse og/eller større materielle skader. I veilederen til TEK17 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for skred (DiBK, 2018).

*Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2018).*

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

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

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

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

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

Kravet til sikkerhet for uteareal tilhørende bygninger, skal i utgangspunktet være lik kravet til bygningen. Allikevel åpner lovverket for å redusere sikkerhetsnivået til uteareal med en

klasse, dersom dette vil gi tilfredsstillende sikkerhet for tilhørende uteareal. Momenter som må vurderes i denne sammenheng er blant annet eksponeringstiden for personer og antall personer som oppholder seg på utearealet.

## 2.2 Aktuelle krav

Det er kommunen, ev. i dialog med tiltakshaveren, som bestemmer sikkerhetsklassen de ulike delene av anlegget skal plasseres i, samt eventuelle andre krav til drift av anlegget.

Når det gjelder sikkerhetskrav fra Plan- og bygningsloven / TEK17, beskrevet i avsnitt 2.1, antar vi at ulike deler av vinterparken faller innenfor ulike sikkerhetsklasser i TEK17:

- Restaurant / cafe' med plass til over 25 personer inkl. ansatte, antas å falle under sikkerhetsklasse S3, der den årlige sannsynligheten for skader ikke må overskride 1/5000.
- Skiheisers topp- og bunnstasjoner og andre bygg med plass til opptil 25 personer antas å falle under sikkerhetsklasse S2, der den årlige sannsynligheten for skader ikke må overskride 1/1000.
- Tekniske lokaler og andre ubemannede bygninger antas å falle innenfor sikkerhetsklasse S1, der den årlige sannsynligheten for skader ikke må overskride 1/100.
- Sikkerhet for nedfartsløypene er ikke regulert av TEK17, men faller trolig under arbeidsmiljøloven for de som jobber i anlegget, og under produktkontrollloven for skikjørrere i nedfartsløypene. For disse typer arealbruk er det ingen konkrete krav til sikkerhet mot skred.

Vi har derfor kartlagt skredfare i forhold til kravene for sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 i TEK17.

## 2.3 Vurderte skredtyper

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

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

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

### 2.3.1.1 Snøskred og sørpeskred

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

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

#### *2.3.1.1 Skred i fast fjell*

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

#### *2.3.1.2 Jordskred og flomskred*

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

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

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

#### *2.3.1.3 Skredfare og klimaendringer*

Spesielle værforhold er en dokumentert utløsende faktor for de fleste typer skred, og forekomsten av disse skredtypene vil naturlig bli påvirket dersom klimaet utvikler seg slik at ekstremt vær inntreffer oftere. Generelt vil et varmere og våtere klima kunne påvirke frekvensen av jordskred, flomskred, snøskred og sørpeskred, men i hvilken grad skredaktiviteten vil endres i hver landsdel er uvisst.

På [www.klimatilpasning.no](http://www.klimatilpasning.no) gis det følgende hovedfunn for forventet endring i skredfare for Oppland:

- Årstemperaturen i Trøndelag øker med ca. 4 °C (mest om vinteren)
- Årsnedbøren øker med ca. 20 % (mest om høst)



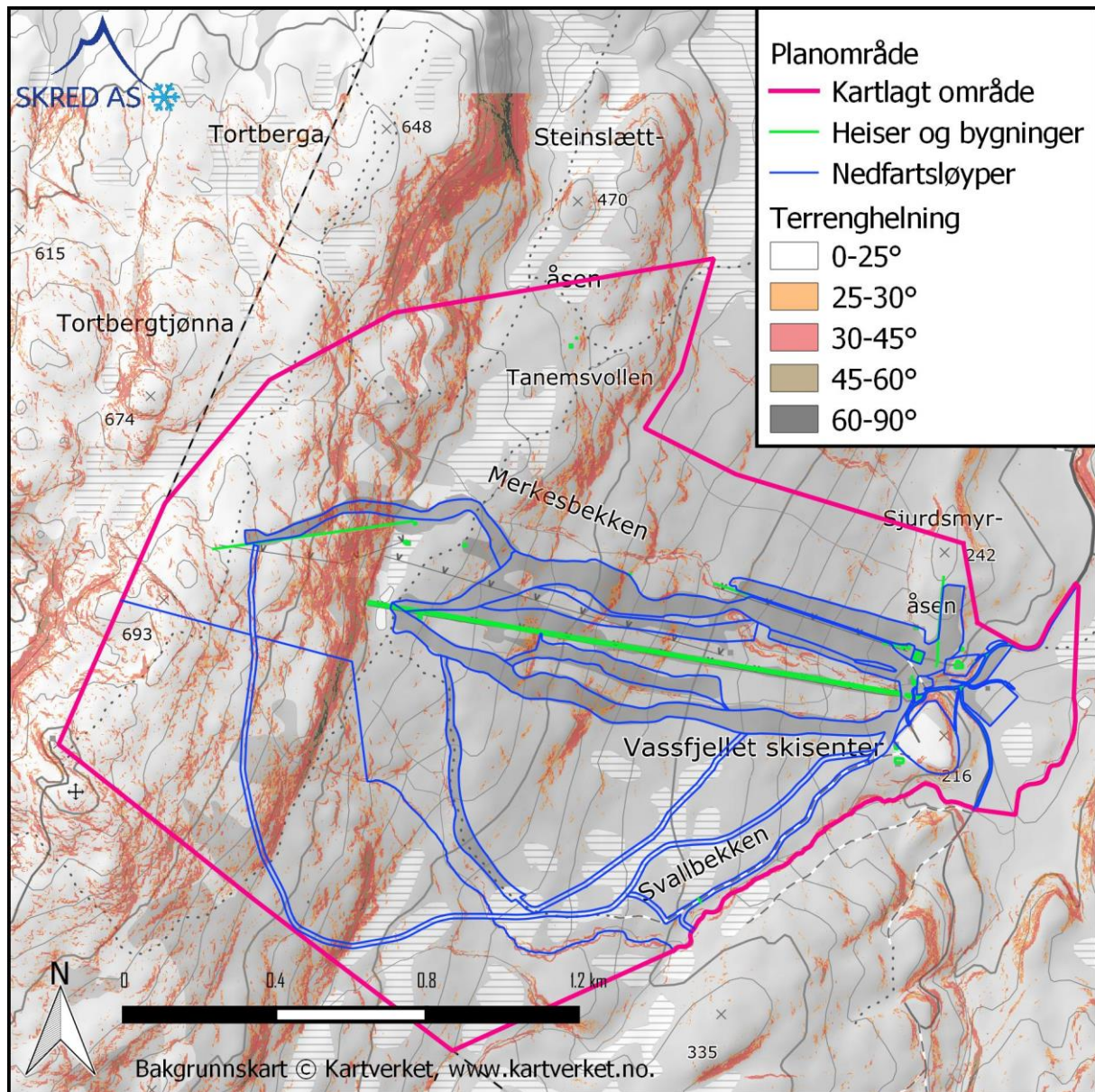
- Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet, og dette vil føre til mer overvann.
- Det forventes flere og større regnflommer, mens snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret
- Klimaendringene kan på kort sikt føre til økt fare for snøskred bl.a. på grunn av mer regn på snødekket underlag. På lenger sikt vil snømengdene bli så redusert at faren for snøskred vil avta.

Det er ikke mulig å beregne et «klimapåslag» for skredstørrelse eller skredutløp og så bruke dette i skredfarekartlegging. Klimautviklingen inngår dermed i en rekke usikkerhetsmomenter som det ikke finnes verktøy for å kvantifisere, men som vurderes skjønnsmessig når en utreder eller kartlegger skredfare.

### 3 Beskrivelse av området

#### 3.1 Topografi

Terrenganalysen er basert på LiDAR data fra 2015. Fra disse er det generert en terrengmodell med celler på 1 m x 1 m. Kart med terrenghelning er vist i figur 2.



Figur 2: Kart med beregnet terrenghelning i og ovenfor skianlegget.

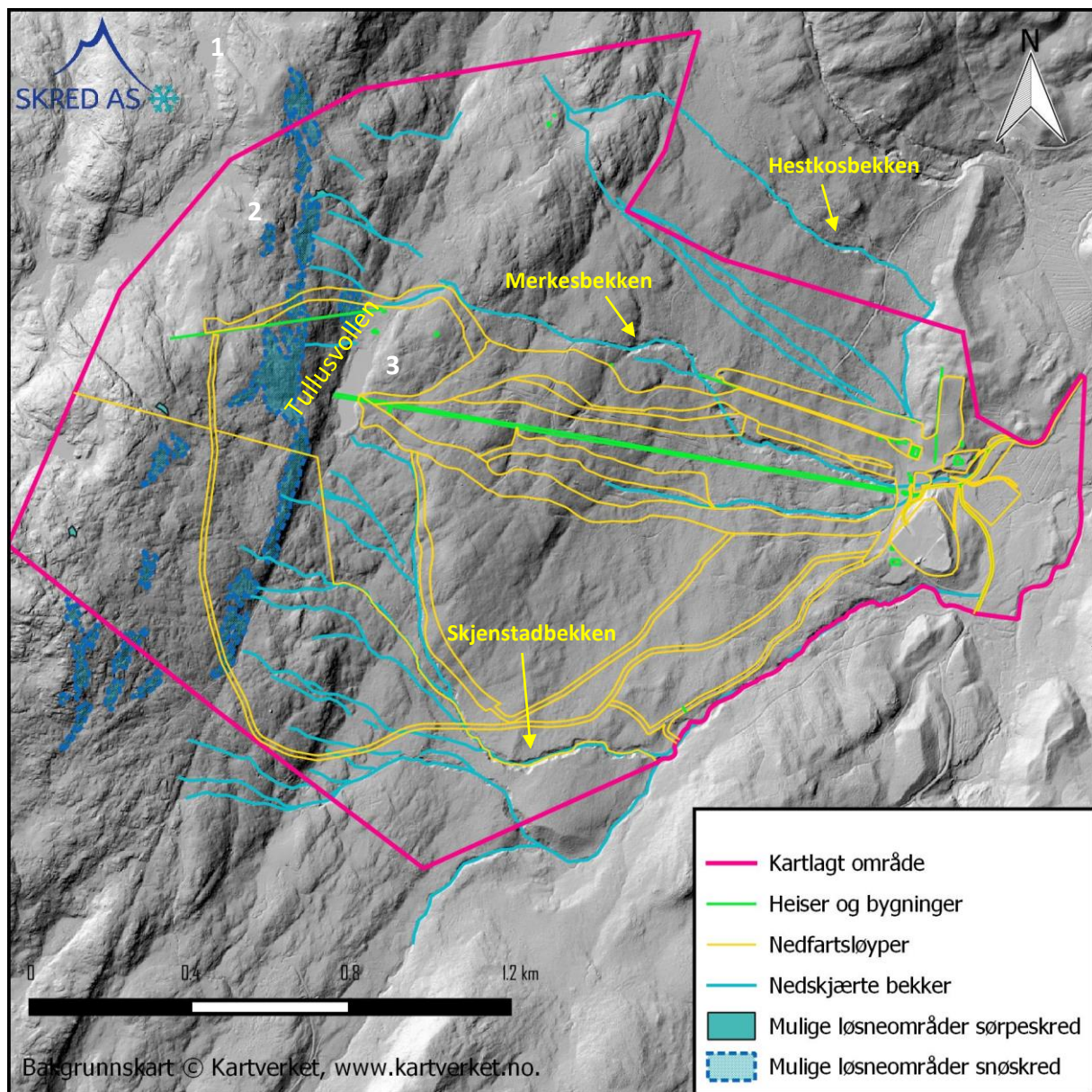
Planområdet ligger på østsiden av Vassfjellet og strekker seg fra ca. 180 – 200 moh. ved parkeringsplassene til 650 – 700 moh. rett under fjelltoppen. Fjellsiden har altså en høydeforskjell på ca. 500 m og er i gjennomsnitt slakere enn 15 - 20°. Spesielt innenfor et belte som stryker i SV - NØ retning, mellom ca. 450 og 600 moh., er det imidlertid mye terreng brattere enn 25 - 30°. Terreng med en slik helning er relevant for snøskred- og



jordskredfarevurderingen. I det samme området er det også enkelte lokale skrenter brattere enn  $45^\circ$ , som også er relevante for steinsprangfarevurderingen. Det finnes i tillegg mange andre lokale terrengpartier som er brattere enn  $25 - 30^\circ$ , både i den øvre og den nedre delen av fjellsiden. Disse er generelt veldig små og mindre sammenhengende enn det bratte partiet mellom 450 – 600 moh.

Avrenningen i den relevante delen av fjellsiden skjer hovedsakelig ved tre vassdrag: Skjenstadbekken i sør, Merkesbekken i midtre del av planområdet og Hestkosbekken i nord. Disse har erodert seg flere meter (stedvis 10 m) ned i både løsmassedecke og fjell, trolig betinget av strukturelle svakhetssoner i bergmassen (Figur 5).

Det er i tillegg noen mindre bekker. De fleste av disse er vist i Figur 3.



Figur 3: Skyggekart for fjellsiden ovenfor planområdet (markert i lilla).





Figur 4: Dronebilde av mesteparten av planområdet (omtrentlig markert i lilla), sett mot vest.



Figur 5: Skjenstadbekken der den er 7 – 8 m nedskjært på kote 270.



### 3.2 Geologi

Ifølge NGUs berggrunnkart i 1:50 000 (NGU, 2019) består fjellsiden opptil ca. 420 moh. av gråvakke med siltstein og fyllitt. Mellom den høyden og toppen av Vassfjellet er det kartlagt konglomerat og diabas.

Ifølge NGUs løsmassekart i 1:50.000 er mesteparten av fjellsiden opptil ca. 450 – 500 moh. dekket av tynn morene, med unntak av noen myrområder der det er kartlagt torv. I den øvre delen av Vassfjellet er det stort sett bart fjell.

### 3.3 Vegetasjon

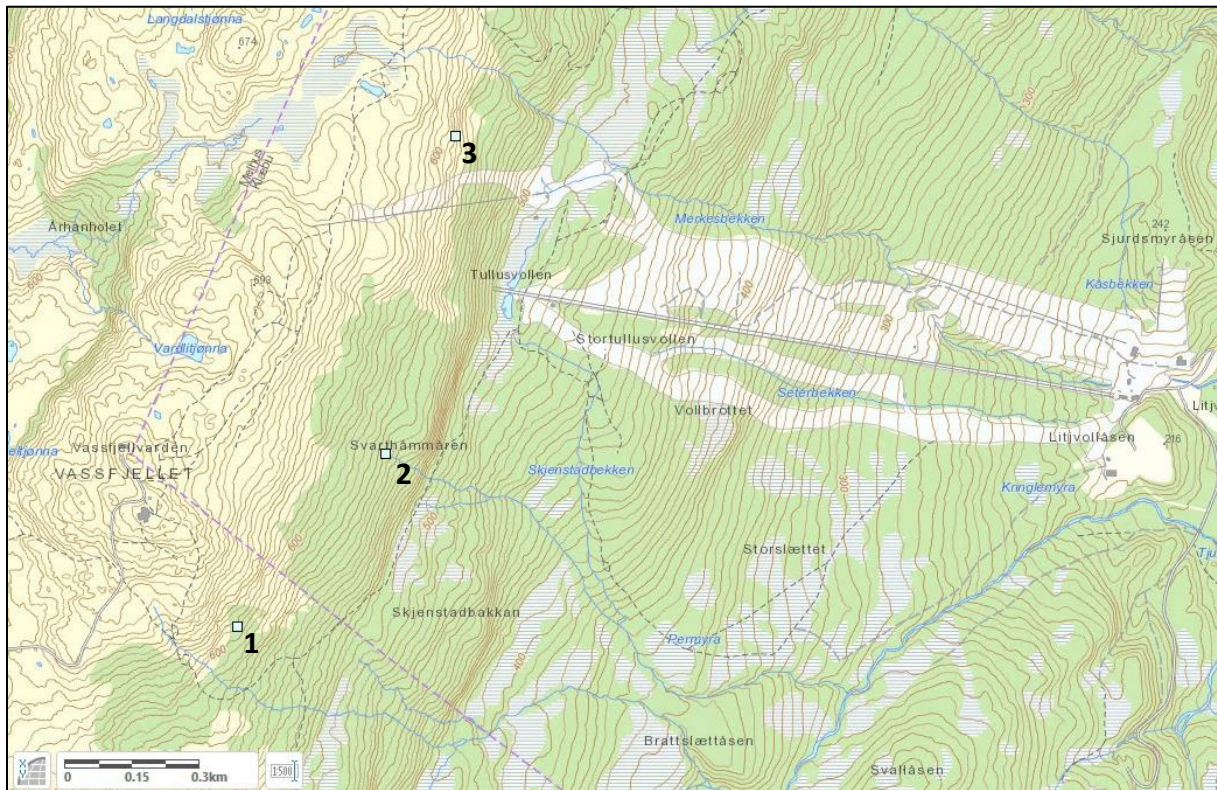
Fjellsiden er dekket av blandet skog (furu, gran og lauvtrær) opptil ca. kote 500. Skogdekket er imidlertid ikke sammenhengende, men avbrutt av både heistraseer og nedfartsløyper, samt flere myrområder.

Området er dekket av mange serier flyfotoer fra 1947 til 2017. Sammenligning av bildene viser ingen endringer av betydning i vegetasjonen, utover hogst foretatt ifb. etablering av skianlegget i 1980-tallet. Bildene viser ingen typiske tegn på at større snøskred skal ha gått ned i skogen.

### 3.4 Registrerte skredhendelser

I nasjonal skreddatabase (NVE, 2018) er det registrert tre snøskredhendelser i umiddelbar nærhet av det kartlagte området (Figur 6, med nummerering iht. lista nedenfor):

- 1) «Vassfjellet. Onsdag den 7. februar 1968 vart lærarstudent Harald Sæther, 26 år gammal, frå Melhus drepen av eit snøskred. Han var på jakttur og vart sakna om kvelden. Det vart sett i gang ein stor leiteaksjon, det blir opplyst i avisa at 600 mann var med på leitinga, hundar, Røde kors og fleire helikopter. Leiteaksjonen varte heilt til ca. kl.11.00 laurdag den 10.2. då han vart funnen død i eit snøskred i Vassfjellet. Manglar informasjon om nærare lokalisering».
- 2) «Vassfjellet. Den 29. februar 2004 vart ein 25 år gammal mann teken av eit snøskred ca. 500 meter frå toppheisområdet ved Vassfjellet skisenter. Han vart berga ut og send til sjukehuset med alvorlege skadar i brystområdet, men ikkje livstruande. Han dreiv med laussnøkjøring på ski. Manglar informasjon om nærare lokalisering.»
- 3) «Vassfjellet, 20. januar 2016. Fjernutløst av skikjører. ca 40graders heng hvor skredet gikk.»



Figur 6: Skredhendelser registrert på [www.atlas.nve.no](http://www.atlas.nve.no).

### 3.5 Tidligere skredfareutredninger

Skred AS har i de siste årene utført mange skredfarekartleggingsoppdrag i sørlige deler av Trøndelag, men ingen i nærhet av Vassfjellet.

Vi er heller ikke kjent med detaljerte skredfarevurderinger der utført av andre konsulenter.

### 3.6 Eksisterende skredsikringstiltak

Ingen sikringstiltak er registrert i nasjonal skredatabase (NVE, 2019) eller observert under befaringen.

### 3.7 Klimatiske trekk av betydning for skredfare

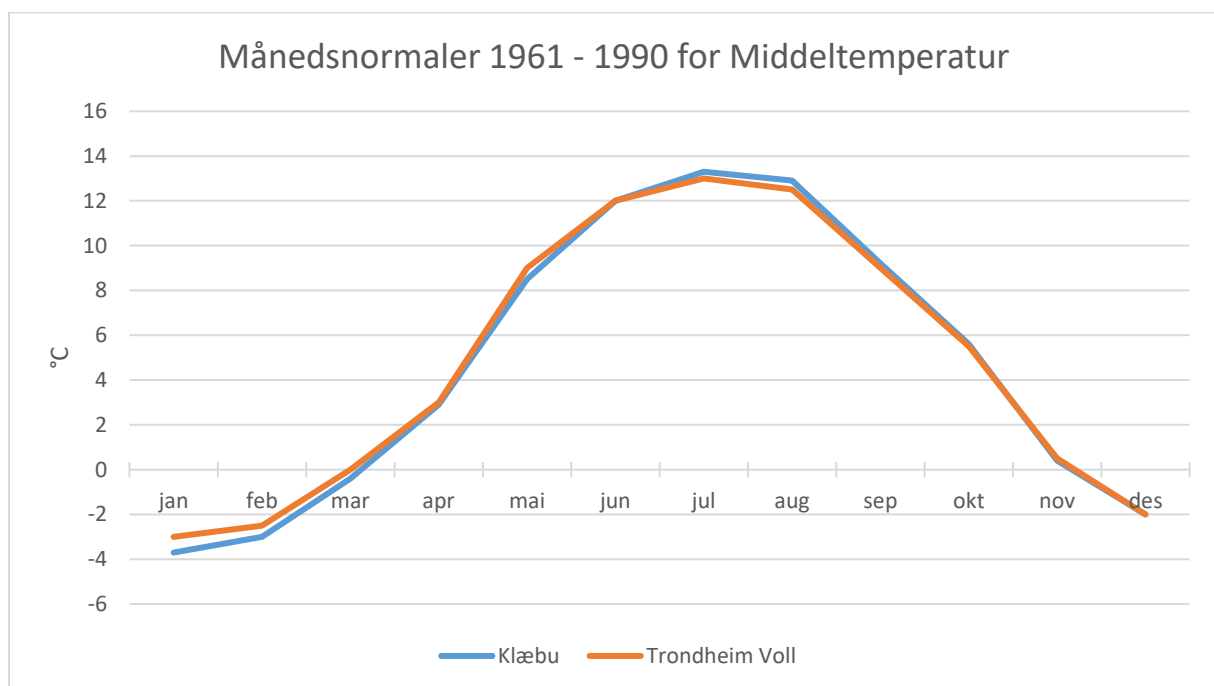
Vi har utført en analyse av områdets klimatiske trekk med størst betydning for skredfarevurderingen. Analysen er gjort på bakgrunn av data fra Meteorologisk institutt (eklima.no). En utfordring er at de meteorologiske stasjonene har for korte dataserier og i noen tilfeller ligger for langt fra det vurderte området til å gi representative og robuste analyseresultater. Resultatene av analysen anses derfor som usikre, men gir allikevel den mest objektive informasjon om klimaforholdene i området.

Plasseringen av stasjonene er vist i Figur 1. Stasjonene har temperatur- og nedbørsmålinger som startet i 1960-tallet, bortsett fra Trondheim Voll som ble etablert i 1923.

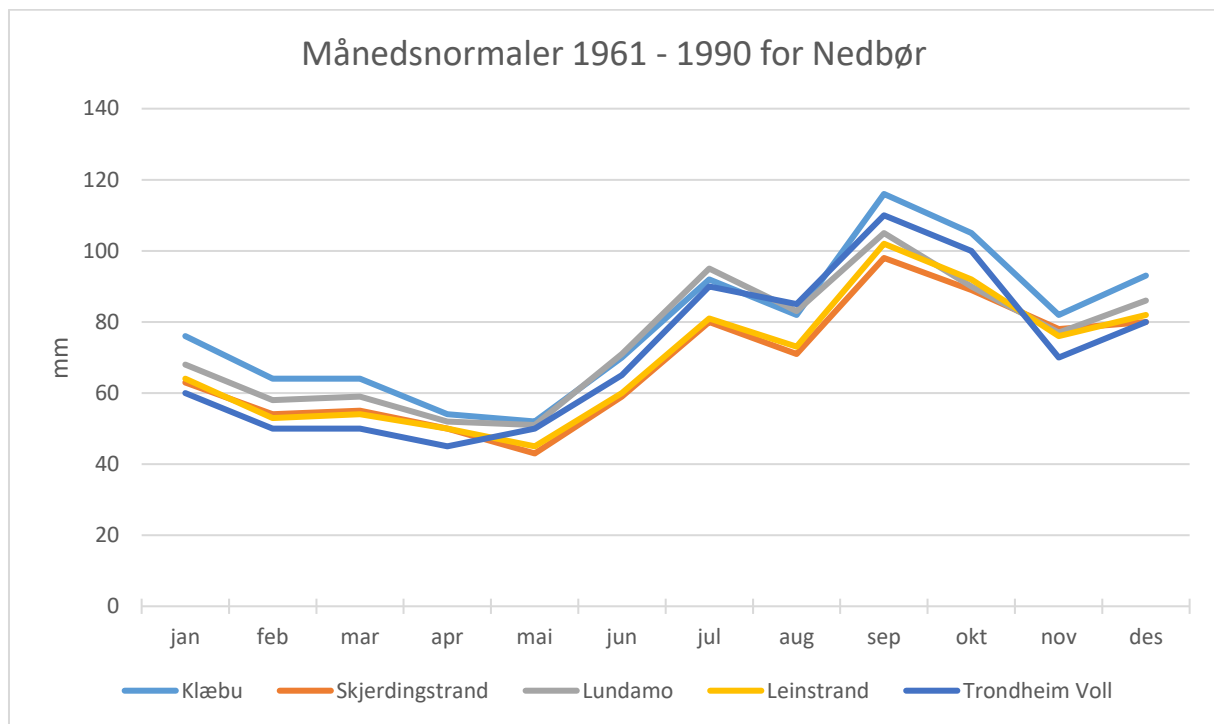


Stasjonene har normale middeltemperaturer som vist i Figur 7 og en normal årsnedbør mellom 820 og 950 mm fordelt over årets 12 måneder som vist i figur 8. Med disse nedbørmengdene er området hverken spesielt nedbørsrikt eller tørt, sammenlignet med for eksempel Vestlandet (typisk årsnedbør på 1500 – 3000 mm/år) eller innlandsstrøk (typisk bare 500 – 600 mm/år).

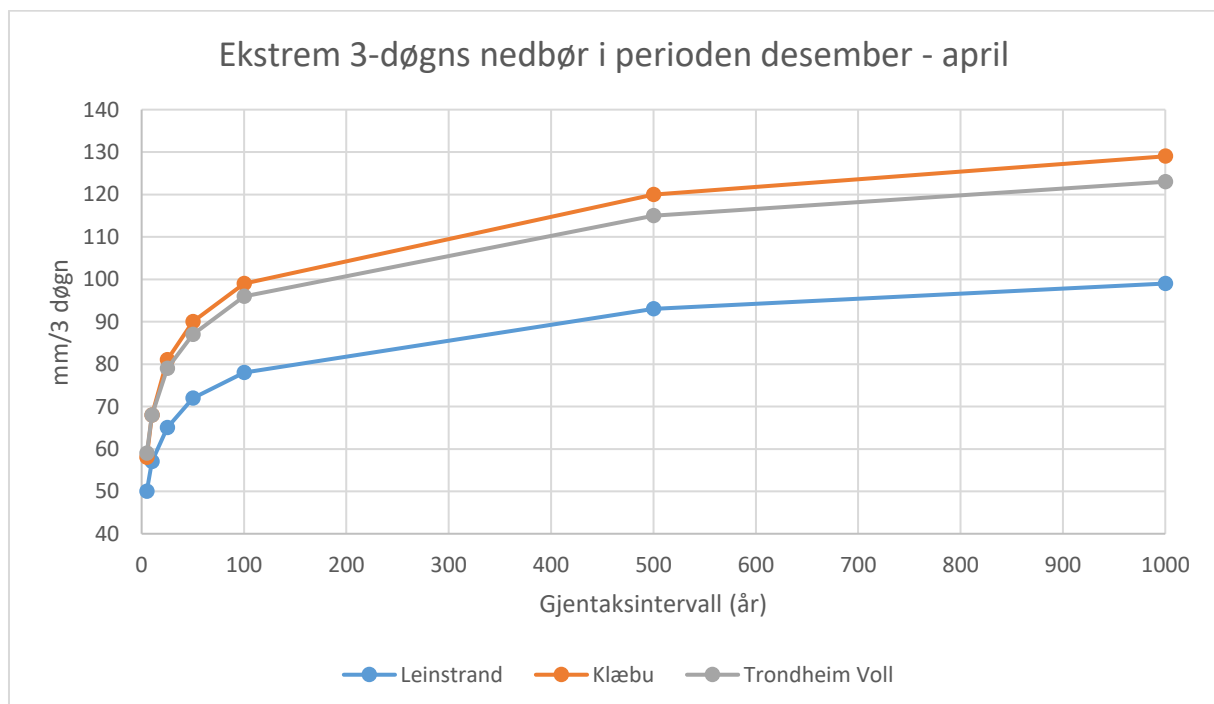
For snøskredfarevurderingen er det imidlertid mye viktigere å analysere ekstreme snøfall enn normale nedbørsverdier. Fokuset er spesielt på 3-døgns snøfall med lange gjentaksintervaller. Nedbør som faller i fjellet over 500 moh. mellom desember og april, antas her å komme i form av snø. For disse vintermånedene og ved de benyttede stasjonene ligger den beregnede 3-døgns nedbør med 1000 års gjentaksintervall mellom ca. 100 og 130 mm, tilsvarende ca. 100 – 130 cm nysnø (figur 9). Dette blir benyttet som utgangspunkt for modellering av store, sjeldne snøskred. Videre viser figur 11 at fremherskende vindretninger i vintermånedene er mellom SV og V. Lokal kunnskap indikerer at store snøfall i området forekommer med sørvestlig til nordvestlig vind.



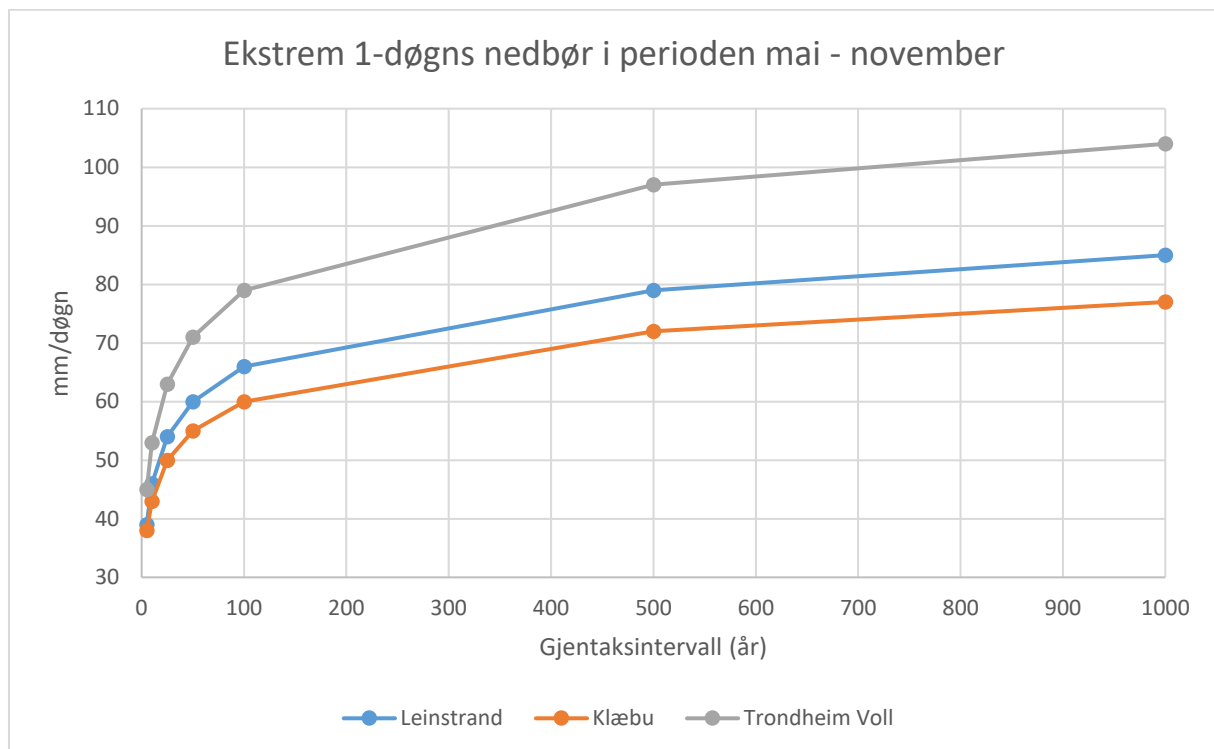
Figur 7: Månedsnormaler 1961-90 for middeltemperatur. Data fra [www.eklima.no](http://www.eklima.no).



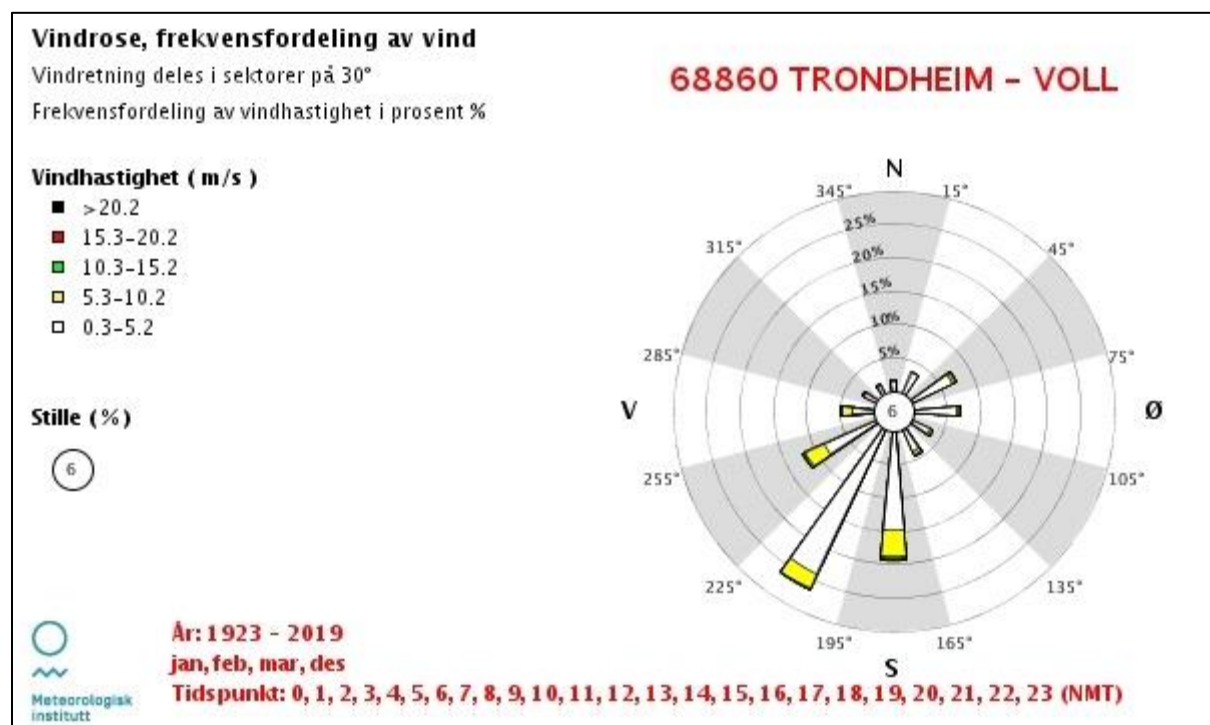
Figur 8: Månedsnormaler 1961-90 for nedbør. Data fra [www.eklima.no](http://www.eklima.no).



Figur 9: Beregnet 3-døgnsnedbør med ulike gjentaksintervaller for vintermånedene desember til april (antatt snø). Data fra [www.eklima.no](http://www.eklima.no).



Figur 10: Beregnet 1-døgnsnedbør med ulike gjentaksintervaller for månedene mai til november (antatt regn). Data fra [www.eklima.no](http://www.eklima.no).



Figur 11: Fremherskende vindretninger i vintermånedene desember til mars, Trondheim - Voll. Figuren er fra [www.eklima.no](http://www.eklima.no).

Lignende analyser, men med fokus på nedbør som kommer i form av regn, er gjort for å skaffe bedre grunnlag for vurdering av jord- og flomskredfare (Figur 10).

Studier utført i Norge (Sandersen m.fl., 1996) indikerer at løsmasseskred generelt løses ut ved døggnedbør på min. 8 % av gjennomsnittlig årlig nedbør. I det vurderte området betyr det døggnedbør på 65 – 76 mm. En ekstremverdianalyse lik den ovenfor presentert for snøfall, men utført for nedbør som antas å komme i form av regn, viser at gjentaksintervallet for en slik døggnedbør er på 50 – 100 år i Trondheim og Leinstrand, og på 1000 år i Klæbu.

Sannsynligheten for at en nedbør potensielt i stand til å utløse løsmasseskred forekommer, er ikke er det samme som sannsynligheten for at skred faktisk utløses. Det siste avhenger av mange flere forhold enn nedbørintensitet, og blant alle de forholdene er terrenget viktigst.

## 4 Vurdering av skredfare

### 4.1 Snøskred

Fjellsiden der Vassfjellet Vinterpark ligger, inneholder flere potensielle løснеområder for snøskred, dvs. terrengpartier som er både brattere enn 28 - 30° og uten skog. Disse terrengpartiene, omtrentlig markert i Figur 12 og Figur 13, ligger mellom 500 og 600 moh., i le for SV- til NV-vind. De kan derfor akkumulere fokksnø i tillegg til snø fra direkte snøfall. Disse elementene gjør de aktuelle bratthengene til plausible utløsningsområder for snøskred. Dette bekreftes av at flere snøskred gjennom årene har vært utløst på østsiden av Vassfjellet.

I tillegg til løснеområder mellom kote 500 og kote 600 er det noen betydelig mindre brattheng uten skog langs etablerte nedfartsløyper og heistraseer, samt noen brattheng i Vassfjellets øverste del (dvs. ovenfor alpinanlegget).

I den aktuelle fjellsiden er det oss bekjent bare historikk for mindre snøskred, som i noen tilfeller har vært utløst eller fjernutløst av mennesker og i minst en anledning har kostet menneskeliv, men som ikke nødvendigvis har gått langt ned i skogen eller gjort skader i alpinanlegget. Tidsintervallet dekket av tilgjengelig historikk er imidlertid begrenset til ca. 50 år. Manglende historikk for større snøskred i en så kort periode er av begrenset verdi når skredfaren skal vurderes i forhold til gjeldende TEK17-krav, der relevante gjentaksintervaller er på 100, 1000 og 5000 år.

Ettersom de topografiske og klimatiske forholdene ligger til rette for det, må utløsning av snøskred antas å være mulig fra alle de mest plausible løснеområdene, under sjeldne vær- og snøforhold.

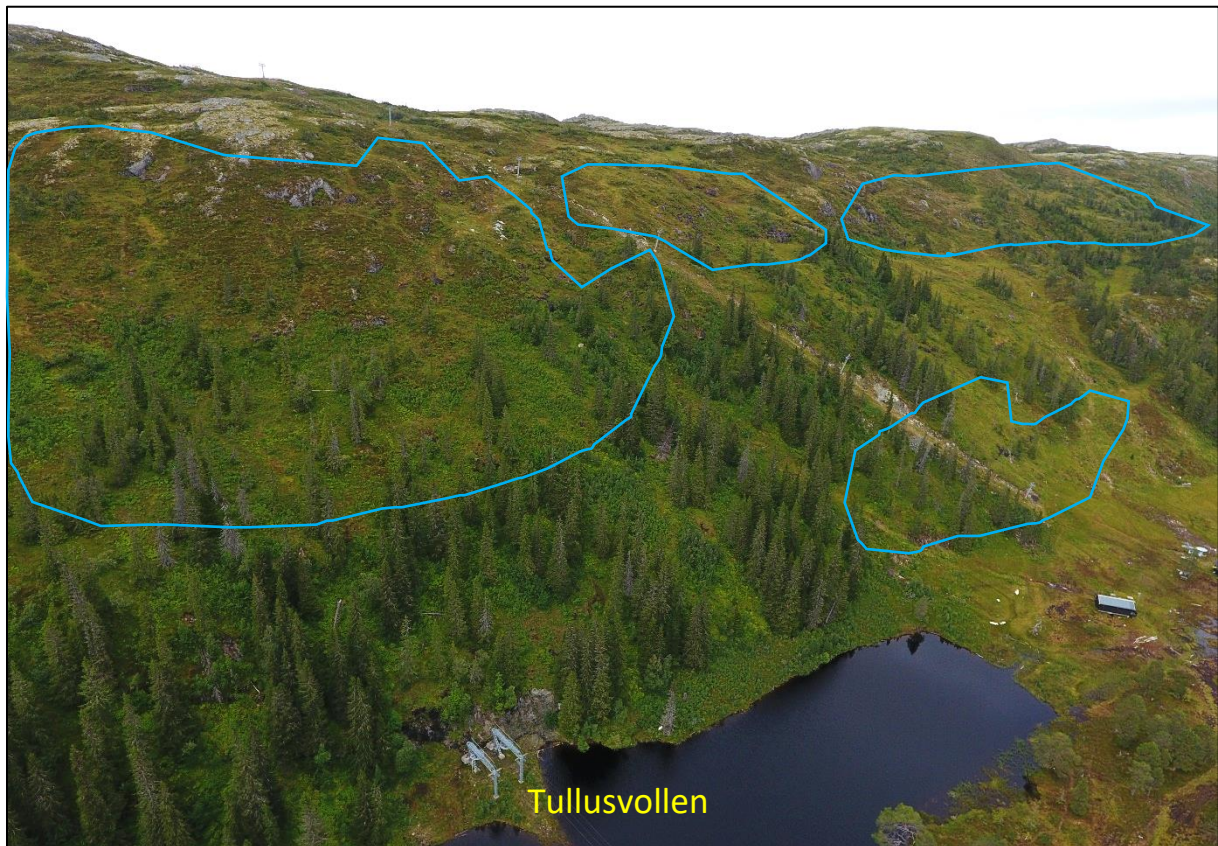
Vi har utført modellering av snøskredutløp med den vel utprøvde programvaren RAMMS (Christen m.fl., 2010). I mangel på norske retningslinjer er bruddkanthøyden bestemt med utgangspunkt i de sveitsiske retningslinjene: Det beregnede 3 døgns snøfall med 1000 års gjentaksintervall, her på ca. 130 cm, brukes som utgangspunkt, med justeringer for å ta i betraktning høyden av løснеområdene og effekten av vinden på snøakkumulasjonen.

Det er utført flere modelleringsforsøk, med bruddkanthøyder på 1 m, 1,5 m og 2 m. Dette tilsvarer utløste volumer fra ca. 1500 – 3000 m<sup>3</sup> for de minste løснеområdene til ca. 20.000 – 40.000 m<sup>3</sup> for det største løśnieområdet, som ligger rett ovenfor Tullusvollen.

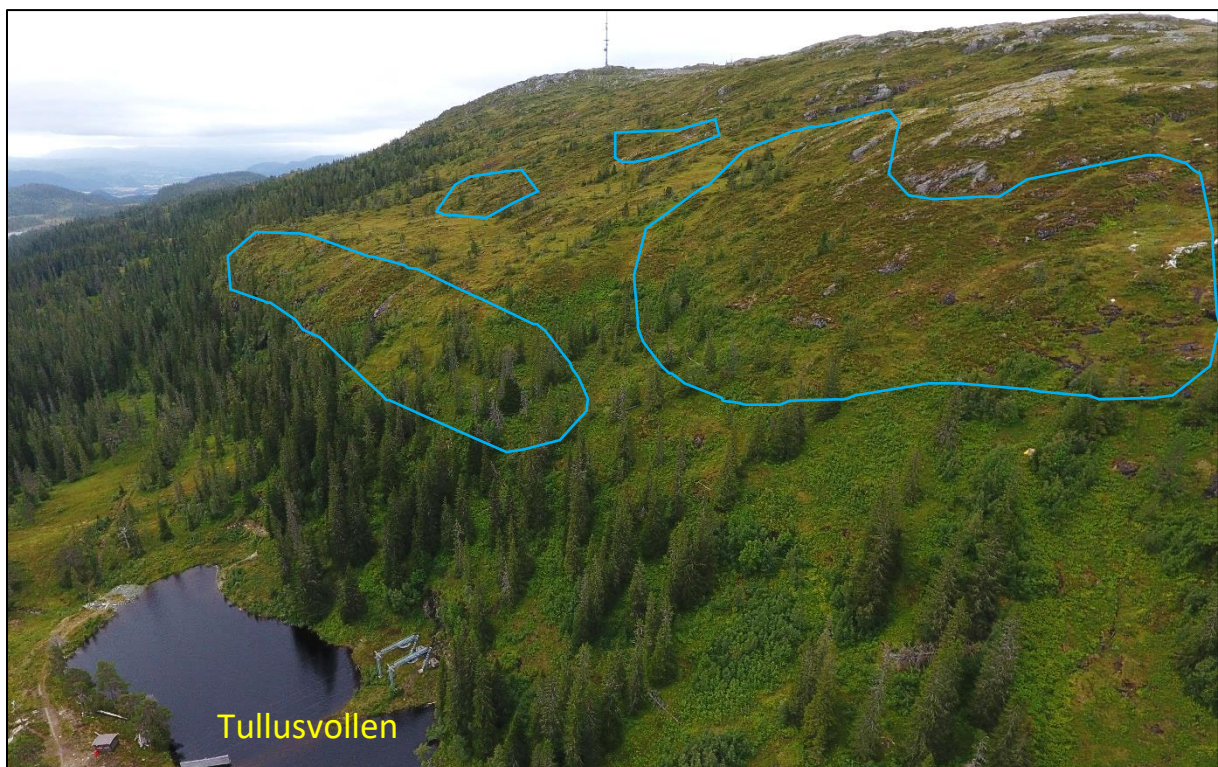
Anvendte friksjonsparametere tilsvarer skred av størrelse «medium» til «large», og gjentaksintervall på 100 til 300 år. I lyset av de forutsatte volumene nevnt ovenfor, vil det i totalvurderingen legges større vekt på resultater av modellkjøringer som forutsetter «medium»-størrelse enn på de som forutsetter «large»-størrelse.

Utvalgte resultater av utført modellering, som viser skred av «medium»-størrelse og 1,5 m bruddkant, er vist i Figur 14.



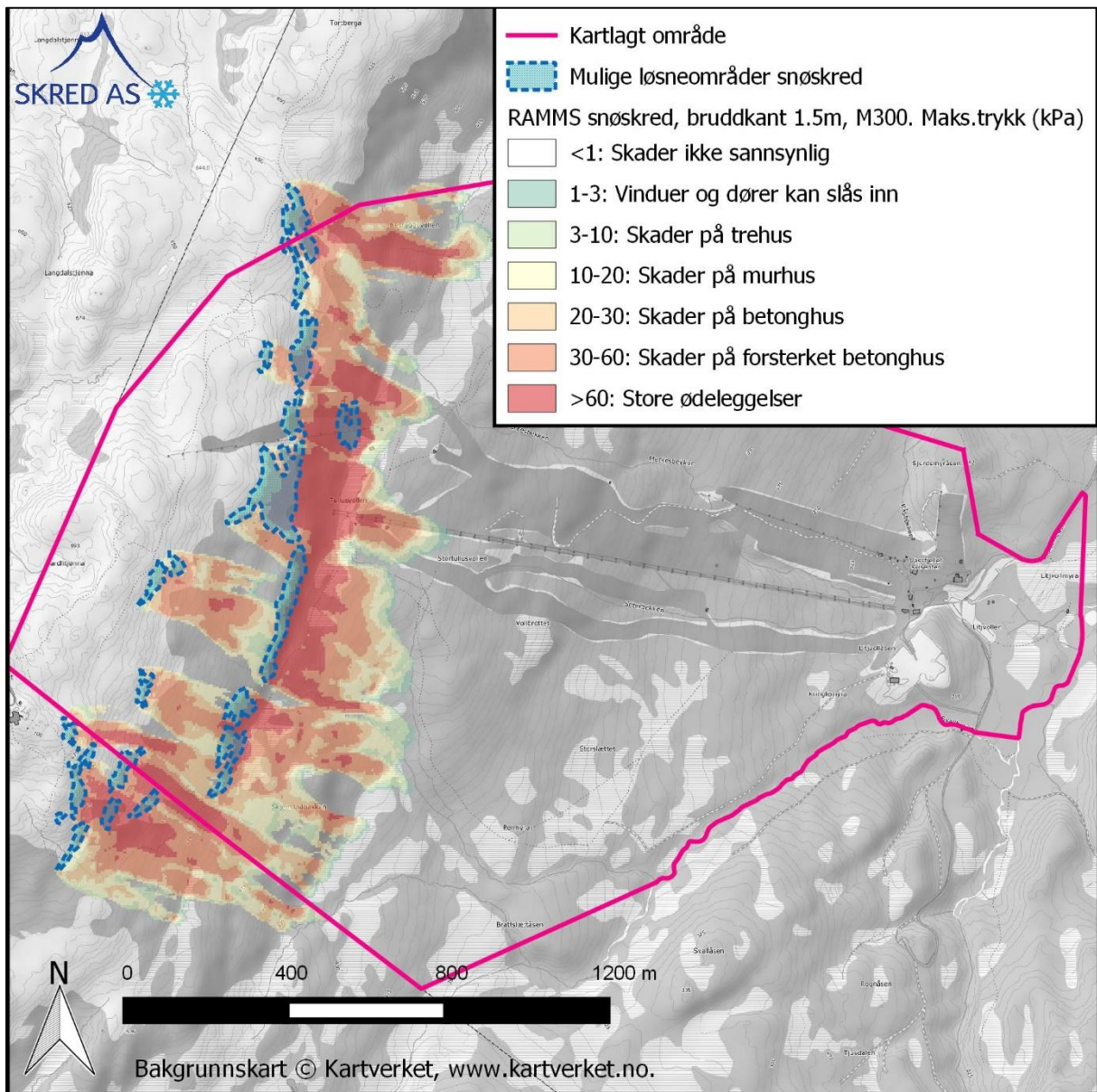


Figur 12: Løsneområder for snøskred i fjellsiden nord for Tullusvollen.



Figur 13: Løsneområder for snøskred i fjellsiden sør for Tullusvollen.





Figur 14: Utvalgte RAMMS resultater. Beregnet maksimalt trykk og utbredelse av snøskred med 1,5 m bruddkant.

Like nedenfor det bratte terrengbeltet med mulige løsneområder for snøskred er det en markert utflating i terrenget («Tullusvollen»), med blant annet et vatn. Resultater av modellering viser at snøskred fra mindre løsneområder stort sett vil stoppe opp på denne avsatsen i terrenget.

Snøskred fra de større løsneområdene, inkludert det rett ovenfor Tullusvollen, kan imidlertid forsere avsatsen og fortsette nedover i skogen til ca. kote 450. Forutsetningene som ligger bak denne modellkjøringen (Figur 14), representerer omtrent det vi mener er et mulig 1000 års skredscenario.

Resultater av andre modellkjøringer, som forutsetter skred av «large»-størrelse (ikke vist i figur), indikerer at snøskred fra løснеområdet ovenfor Tullusvollen kan gå ned til ca. kote 300, mens skred fra de øvre løsnakeområdene ville stoppe mellom kote 360 – 400. Et så langt skredutløp mener vi kan representere 5000 års snøskred og legges derfor kun vekt på ved tegning av faresonen for sikkerhetsklasse S3.

## 4.2 Sørpeskred

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

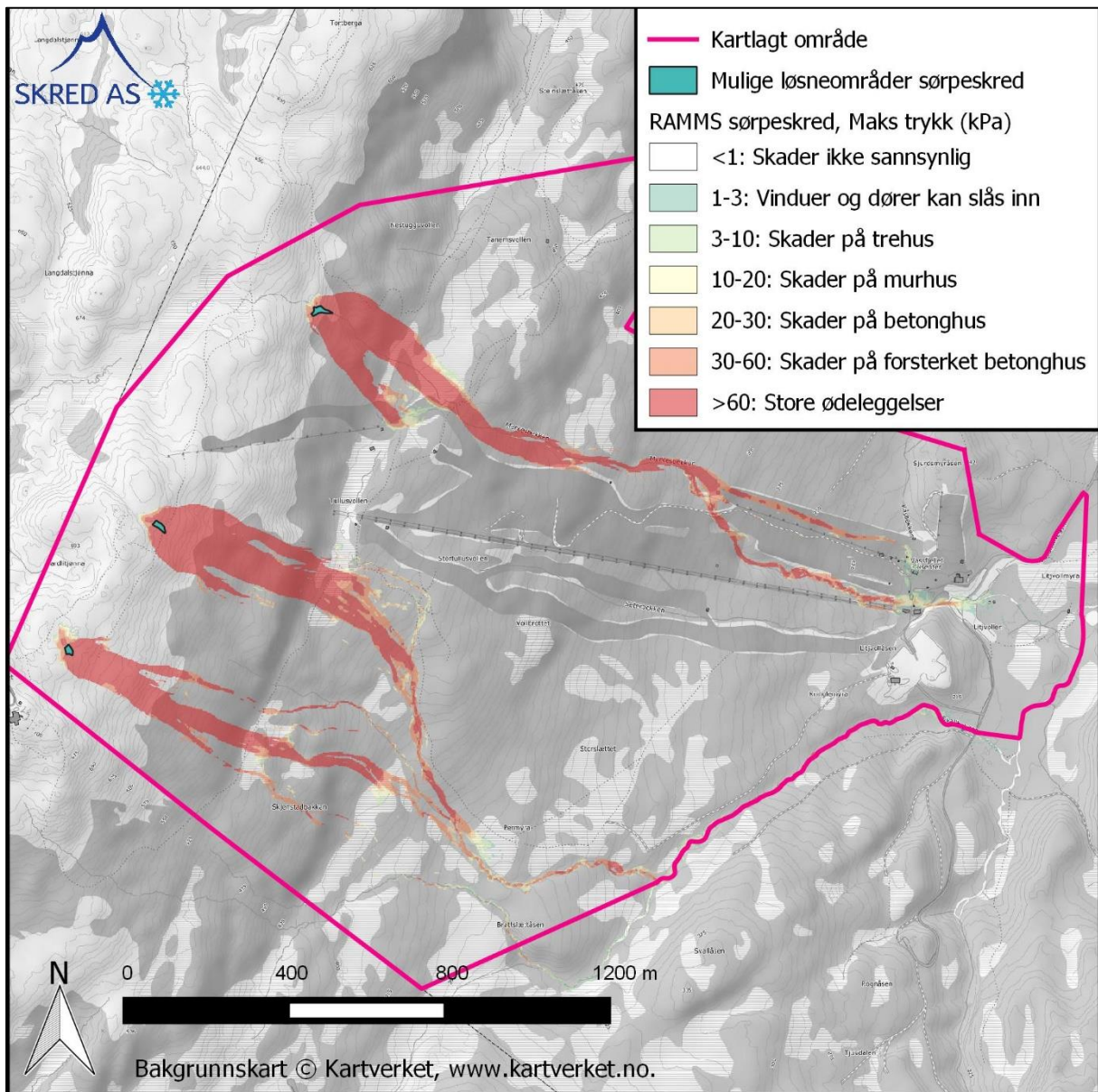
Erfaringen i Norge er at sørpeskred utløses lettere dersom snødekket, når mye vann tilføres av kraftig regn eller smelting, har en ustabil struktur, f.eks. med vedvarende svake lag. Vassfjellet ligger i et relativt kystnært område, med mulighet for temperatursvingninger over og under frysepunktet og forekomst av regn selv vinterstid. Erfaringsmessig gir et maritimt klima litt lavere sannsynlighet for at snødekket bevarer en ugunstig vinterlig lagdeling, med vedvarende svake lag, ut våren. På den andre siden gir det økt hyppighet av de utløsende forholdene, dvs. intenst regn eller smelting når bakken fortsatt er snødekket. Basert på klimaanalysen kan vi ikke utelukke at de klimatiske forutsetningene ligger til rette for utløsning av sørpeskred med lav årlig sannsynlighet. Mangel på kjente sørpeskredhendelser er heller ikke nok til å utelukke denne skredtypen.

Den vurderte fjellsiden har flere partier som i teorien er egnet for utløsning av sørpeskred, som høytliggende, flate eller konkave myrområder der betydelige snømengder kan akkumuleres og senere bli vannmettet. Mulige løsnakeområder for sørpeskred finnes i nedslagsfeltet av både Skjenstadbekken og Merkesbekken (Figur 2 og Figur 3), som begge går ned gjennom det kartlagte planområdet.

Vi har forsøkt å modellere det mulige utløpet av dimensjonerende sørpeskred ved hjelp av programvaren RAMMS::Debris flow. Det er benyttet en terrengmodell med horisontal oppløsning på 2 m x 2m. Løsnakeområdene er tegnet skjønnsmessig i de aktuelle bekkene, men utløsning er prinsipielt mulig både lenger opp og lenger nede langs bekkeløpene. Vi har forutsatt utløste volumer på mellom ca. 1.000 og 8.000 m<sup>3</sup>. Til sammenligning er dette ca. 10 - 50 ganger mindre enn sørpeskredet som i mai 2018 gikk ned ved Landlaupet i Storlidalen (Oppdal kommune). Der ligger terrenget imidlertid betydelig bedre til rette for store sørpeskred enn det gjør på Vassfjellet.

Modelleringsresultater (Figur 15) indikerer at eventuelle sørpeskred i stor grad vil følge bekkeløpene nedover, noe som er mulig da disse er relativt dypt nedskjært i fjellsiden (Figur 5). Den årlige sannsynligheten for de modellerte scenarioene vurderes imidlertid å være lavere enn 1/100. Dette vil si at modelleringsresultatene i Figur 15 kun har betydning for 1000 års og 5000 års skredfaresone.





Figur 15: Utvalgte RAMMS resultater. Beregnet maksimalt trykk og utbredelse av sørpeskred fra de mest aktuelle løснеområdene.

### 4.3 Løsmasseskred

Løsmasseskred, derunder jordskred og flomskred, vurderes også ut fra samspillet mellom topografiske, hydrologiske og klimatiske forhold. Klimaanalysen presentert i slutten av kapittel 3, har vist at meteorologiske forhold teoretisk i stand til å utløse jord- og flomskred, forekommer i dette området hvert 50. til 1000. år (avhengig av hvilken stasjon en anvender).

Vi har også gjort flybildestudie og terrengeanalyse ved hjelp av skyggekartet vist i Figur 3. På skyggekartet, som viser terrengoverflaten i høy oppløsning uten vegetasjonen, ser vi ikke tegn på jordskred i den aktuelle fjellsiden. Det er ingen tydelige «sår» i de bratte terrengpartiene og ingen typiske akkumulasjonsformer i foten av de bratte skråningene. Ifølge NGUs løsmassekart og våre dronebaserte observasjoner ligger berget nesten i dagen,

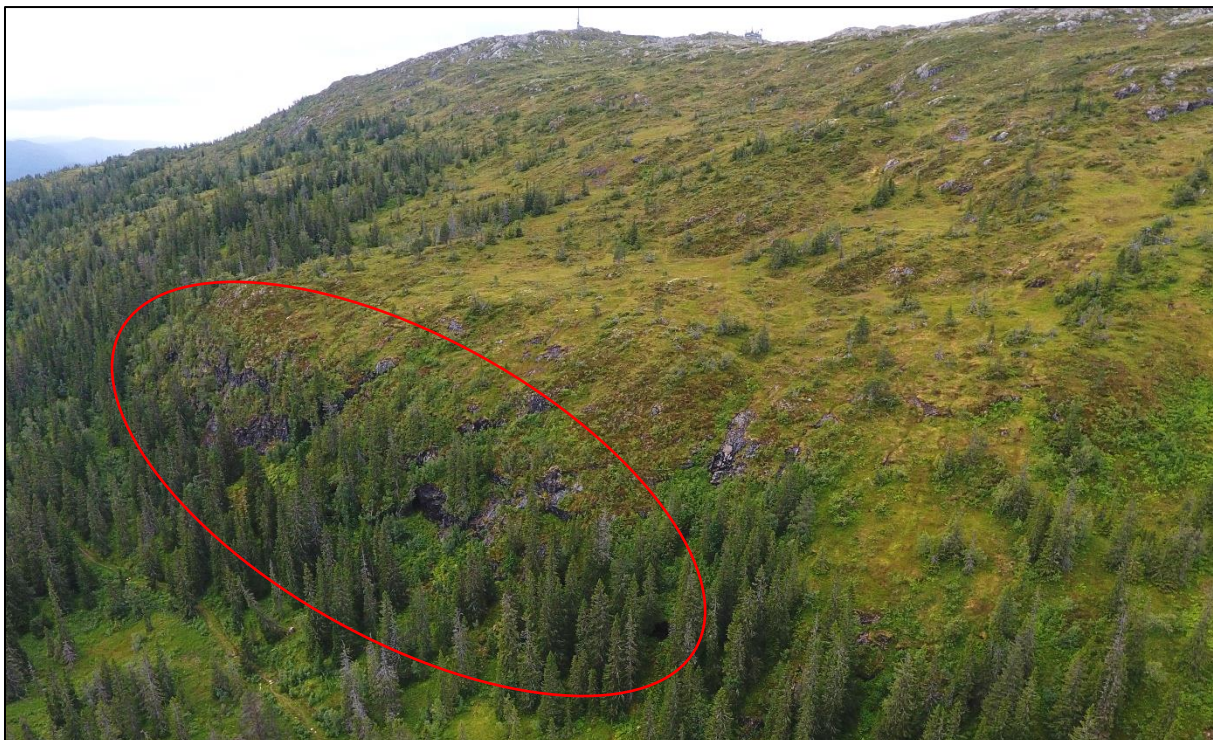
eller under et tynt torvlag, de fleste steder der terrenget er bratt. Utfra disse elementene vurderer vi at den årlige sannsynligheten for jordskred i fjellsiden er lavere enn 1/5000.

Bekkene nevnt i avsnitt 3.1. renner for det meste på fjellet, men det er observert en del løst steinmateriale i bekkeløpene. Under spesielle forhold, eks. dersom falne trær demmer opp et bekkeløp og materialer akkumuleres der, med etterfølgende flom, kan man ikke helt utelukke at flomskred kan oppstå. De nedre delene av fjellsiden er imidlertid veldig slake, og utløpet og sidespredning av eventuelle flomskred ventes ikke å bli større enn det som er beregnet for sørpeskred.

#### 4.4 Skred i fast fjell

Utfall av steinblokker krever skrenter med blottet fjell og helning på minst 40 - 45°. I det vurderte planområdet viser terrenngmodellen med 1 x 1 m oppløsning flere mindre partier med slik helning. De største potensielle kildeområder for steinsprang er fjellskrenter som ligger mellom 500 – 550 moh. i den sørlige delen av planområdet (Figur 16). Det ligger ikke steinur av betydning nedenfor disse skrentene, noe som tilsier liten steinsprangaktivitet. Disse skrentene og det teoretiske utløpet av steinsprang derfra ligger dessuten godt innenfor det mulige utløpet av eventuelle snøskred, som har høyere sannsynlighet for å oppstå.

Steinsprang er derfor ikke blant de dimensjonerende skredtypene i det vurderte området.



*Figur 16: Bratte fjellskrenter i fjellsiden sør for Tullusvollen. Disse er kildeområder for steinsprang, men fare for steinsprang er ikke dimensjonerende for faresonene her.*



#### 4.5 Faresoner for skred og implikasjoner for planområdet

Det er tegnet faresoner for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/100$ ,  $\geq 1/1000$  og  $\geq 1/5000$  i planområdet. Faresonene er vist i Figur 17.

Faresonene er dimensjonert av snøskred og sørpeskred.

Faresonene viser arealene som ikke tilfredsstillende gjeldende sikkerhetskrav til nye bygninger i de tre ulike sikkerhetsklassene (TEK17 §7-3).

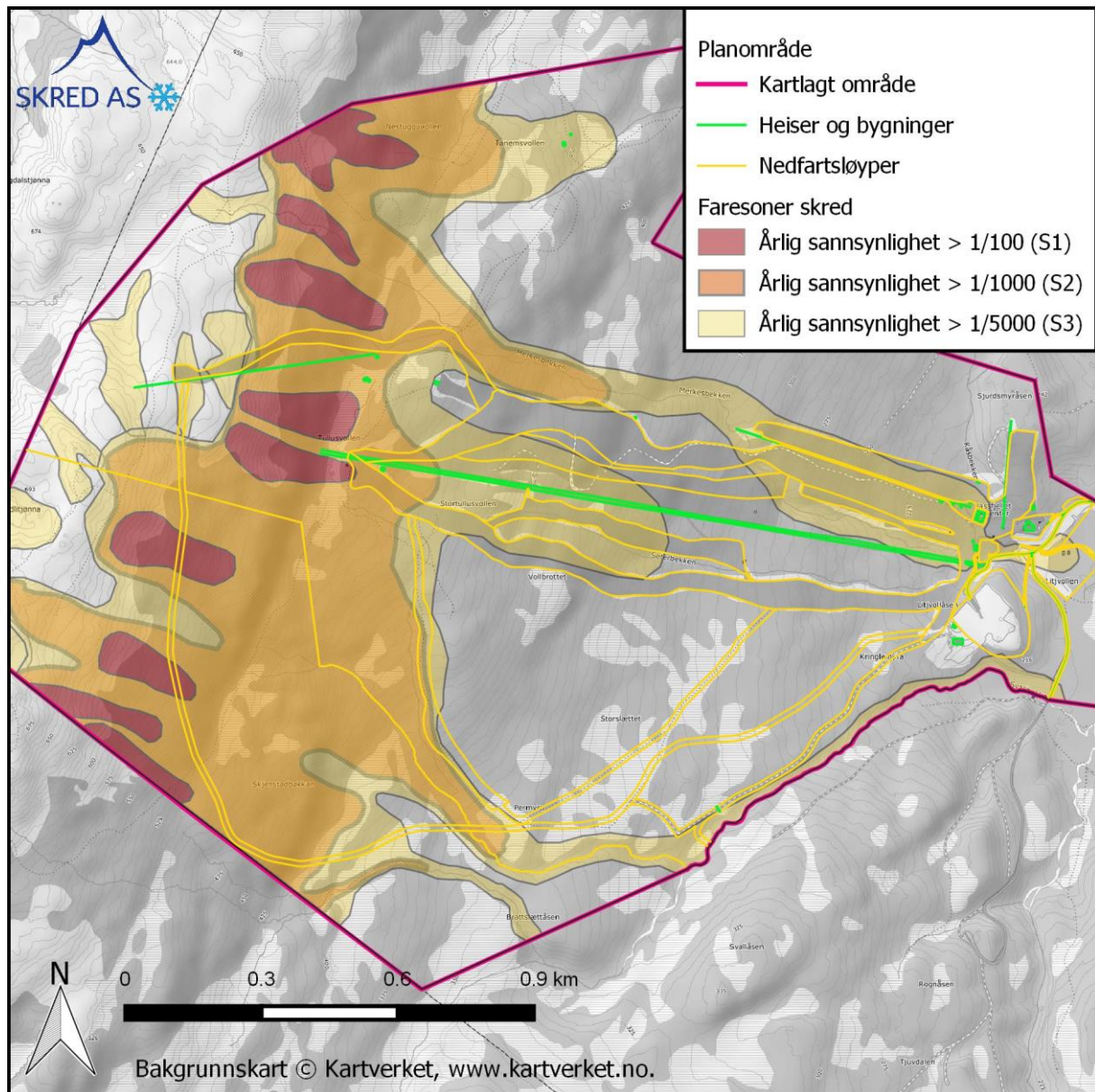
Ingen nye bygninger kan oppføres innenfor 100-års faresone uten at det blir nødvendig med sikringstiltak.

Garasjer, redskapsbygg og andre tekniske lokaler uten vesentlig personopphold, samt tilbygg og påbygg opp til 50 m<sup>2</sup> til eksisterende bygg, kan oppføres utenfor faresonen for 100 års skred (S1). For tilbygg og påbygg gjelder at disse må ha liten konsekvens for personsikkerhet og ikke omfatter etablering av ny bruksenhet.

Nye bygg som tilrettelegges for opphold av opptil 25 personer, skal plasseres utenfor 1000 års faresone (S2), mens eventuelle nye bygg for mer enn 25 personer skal plasseres utenfor 5000 års faresone (S3).

Med mindre sikkerhetskravet utløses av nye byggetiltak, har faresonene normalt ikke praktiske implikasjoner for eksisterende bygninger. Faresonene i seg selv utløser altså ikke plikt til å sikre eller bruksrestriksjoner på eksisterende bygg og infrastrukturer.

Dersom det bli aktuelt å sikre deler av alpinanlegget, slik at faresonene reduseres, kan Skred AS bistå med design og dimensjonering av sikringstiltak mot skred. Disse vil for eksempel kunne være av type støtteforbygninger for å hindre snøskredutløsning eller plog- / ledevoller for å lede skred vekk fra viktige deler av anlegget.



Figur 17: Faresoner skred i planområdet.



## 5 Konklusjon

Alle skredtyper i bratt terreng er vurdert ved Vassfjellet Vinterpark.

Det er flere løsneområder for snøskred og noen mulige løsneområder for sørpeskred i den øvre delen av fjellsiden. Alle forholdene tatt i betraktning vurderes disse to skredtypene å være relevante både for faresonen for skred med årlig sannsynlighet  $\geq 1/100$  (S1), for den med årlig sannsynlighet  $\geq 1/1000$  (S2) og i større grad for den med årlig sannsynlighet  $\geq 1/5000$  (S3).

De nedre delene av planområdet ligger trygt utenfor alle faresoner, bortsett fra de kanaliserte bekkeløpene der sjeldne sørpeskred og flomskred kan gå ned.

De øvre delene av planområdet, inkl. eksisterende heisstasjoner og master, berøres i ulik grad av faresonene.

Det er viktig å påpeke at faresonene, med mindre sikkerhetskravet utløses av nye byggetiltak, ikke har praktiske implikasjoner for eksisterende bygninger. Faresonene i seg selv utløser altså ikke plikt til å sikre eller bruksrestriksjoner på eksisterende bygg og infrastrukturer.

Det er også viktig å bemerke at vurderingene i denne rapporten har hatt fokus på skred av betydning for det pågående planarbeidet. Utløsning av snøskred ifb. ferdsel under ugunstige snøforhold kan for eksempel forekomme i mange lokale brattheng som ikke er vurdert som løsneområder av betydning i denne sammenhengen.

## 6 Referanseliste

Christen, M., Kowalski, J., Bartelt, P., 2010. RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. Cold Regions Science and Technology 63, 1-2.

DiBK, 2018. Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17) [WWW Document]. Hjemmeside. URL <http://dibk.no/no/BYGGEREGLER/Gjeldende-byggeregler/Veiledning-om-tekniske-krav-til-byggverk/>

NGI, 2006. Skiheis Vangslia Oppdal. Skredvurderinger og sikringstiltak. Rapport nr. 20061605-1.

NGI, 2015. Reguleringsområde Vangslia i Oppdal. Vurdering av fare for snøskred mot planlagt hyttefelt. Rapport nr. 20150490-01.