


# Skredfarevurdering for planlagd hyttefelt ved Lemonsjøen, Vågå kommune



Sunnfjord Geo Center

Prosjektinformasjon og status		
<b>Dokumentnr.:</b>	<b>Dokumenttittel:</b>	
2016-08-077	Flaum- og skredfarevurdering for planlagt hyttefelt ved Lemonsjøen, Vågå kommune	
<b>Klassifisering:</b>	<b>Revisjon</b>	<b>Distribusjon:</b>
Intern	4 – Legga til 1/5000 faresone	Oppdragsgjevar
<b>Leveransedato:</b>	<b>Status:</b>	<b>Sider:</b>
R 1: 21.11.2016 R 2: 02.07.2018 R 3: 11.07.2018 R 4: 06.03.2020	Godkjend rapport	28
<b>Kontraktør:</b>		
 Sunnfjord Geo Center		
<b>Kontraktørinformasjon:</b>		
SGC Geofare AS Villabyen 3, 6984 Stongfjorden Organisasjonsnummer: 998 899 834 MVA		
<b>Kontaktinformasjon:</b>		
Sunnfjord Geo Center AS Småbakkane 19, 6984 Stongfjorden Tlf.: 577 31 900 Mob.: 982 25 951 E-post: post@sunnfjordgeocenter.no		
<b>Kundeinformasjon:</b>		
Nordplan AS v/ Øyvind Sødal Vågåvegen 35 2680 Vågå Tlf.: 967 97 990 E-post: os@nordplan.no		
<b>Fagområde:</b>	<b>Dokumenttype:</b>	<b>Lokalitet:</b>
Geologi	Skredfarevurdering	Lemonsjøen
<b>Feltarbeid utført av:</b>	<b>Dato for feltarbeid:</b>	<b>Signatur:</b>
Christian Solheim Torkjell Ljone	04.10.2016	Christian Solheim (sign.) Torkjell Ljone (sign.)
<b>Rapport utarbeidd av:</b>	<b>Dato for ferdigstilling:</b>	<b>Signatur:</b>
Rev. 1: Torkjell Ljone Rev. 2: Torkjell Ljone Rev. 3: Torkjell Ljone Rev. 4: Torkjell Ljone	18.11.2016 02.07.2018 11.07.2018 06.03.2020	Torkjell Ljone (sign.) Torkjell Ljone (sign.) Torkjell Ljone (sign.) Torkjell Ljone (sign.)
<b>Rapport kvalitetssikra av:</b>	<b>Godkjend (dato)</b>	<b>Signatur:</b>
Rev. 1: Even Vie Rev. 2: Torkjell Ljone Rev. 3: Even Vie Rev. 4: Even Vie	21.11.2016 02.07.2018 11.07.2018 06.03.2020	Even Vie (sign.) Torkjell Ljone (sign.) Even Vie (sign.) Even Vie (sign.)
<b>Rapport godkjend av:</b>	<b>Godkjend (dato)</b>	<b>Signatur:</b>
Rev. 1: Even Vie (Dagleg leiar) Rev. 2: Even Vie (Dagleg leiar) Rev. 3: Even Vie (Dagleg leiar) Rev. 4: Even Vie (Dagleg leiar)	21.11.2016 11.07.2018 11.07.2018 06.03.2020	Even Vie (sign.) Even Vie (sign.) Even Vie (sign.) Even Vie (sign.)

## SAMANDRAG

Sunnfjord Geo Center har gjennomført skredfarevurdering for eit planområde ved Lemonsjøen i Vågå kommune. Planområdet skal regulerast til hyttefelt med både frittliggande og konsentrert fritidsbustadar. Planområdet ligg i fjellsida like ved Lemonsjø Alpinsenter. Heile planområdet er i terreng med under 25° helling og er dekkja av lauvskog. Det er kartlagd ein dreneringsveg i søraustlege del av planområdet, men denne kan ikkje følgjast oppover i fjellsida. Det er ingen vatn som drenerer ned mot planområdet.

Feltobservasjonane viser at det er eit tynt lausmassedekke i nedste del av planområdet og at dette vert tynnare oppover i fjellsida. Det ligg ein del kantrunda blokker i planområdet, og desse vert i lag med dei andre lausmassane tolka som morenemateriale. Det vert observert små dreneringskanalar i nedre del av planområdet, og desse er truleg turre store delar av året. Ovanfor planområdet er det ein fjellhammar og fleire stadar fjell i dagen. Overflata til berget har god kvalitet, og det er lågt sannsyn for steinsprang/utrasing. Eventuelle utrasingar vil landa like nedanfor, då det er eit relativt flatt parti der. Ovanfor fjellhammaren er det eit område med over 30° helling med enkelte fjellblottingar. Desse vert tolka til å ligga stabilt og vil uansett stoppa like nedanfor der terrenget vert slakare. Dette området er like ovanfor tregrensa og difor eit potensielt losneområde for snøskred. På bakgrunn i det, har vi simulert utløpsdistanse for snøskred frå dette området.

Resultata viser at snøskred kan nå inn i planområdet. Mellom kjeldeområda og planområdet er det lauvskog. Ved å ta omsyn til skogen i simuleringane får snøskred mindre utløp i planområdet. Eigenskapane til skogen er i grenseland for å vera effektiv for bremsing av snøskred, og vi vurderer det som at RAMMS har vektlagt skogen sin bremseeffekt meir enn dei faktiske eigenskapane til skogen. Vi vel difor å ikkje vektlegga skogen sin bremsande eigenskap i vurderinga. På bakgrunn av resultata frå modelleringa og informasjon om tidlegare skredhending har vi utarbeida faresoner for skred med årleg sannsyn  $\geq 1/100$ ,  $\geq 1/1000$  og  $\geq 1/5000$ .

## INNHALDSLISTE

<b>SAMANDRAG .....</b>	<b>2</b>
<b>INNLEIING .....</b>	<b>5</b>
<b>KAPITTEL 1 – OMRÅDESKILDRING .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1. Plassering.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2. Topografi, hydrologi og vegetasjon.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3. Klima.....</b>	<b>8</b>
1.3.1. Klimastatistikk .....	8
1.3.2. Klimaprognosar.....	11
<b>KAPITTEL 2 – GEOLOGI.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. Berggrunnsgeologi .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2. Lausmassegeologi.....</b>	<b>12</b>
<b>KAPITTEL 3 – AKTSEMDSKART OG TIDLEGARE HENDINGAR .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1. Aktsemdskart for flaum, steinsprang og snøskred.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2. Tidlegare skredhendingar.....</b>	<b>16</b>
<b>KAPITTEL 4 – MODELLERING AV SKREDFARE .....</b>	<b>17</b>
<b>KAPITTEL 5 – SKREDFAREVURDERING .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1. Vurdering av skredfare.....</b>	<b>18</b>
<b>5.2. Feltobservasjonar .....</b>	<b>18</b>
<b>5.3. Samanstilling og diskusjon kring skredfare.....</b>	<b>21</b>
5.3.1. Flaum- og jordskred.....	22
5.3.2. Skred frå fast fjell.....	22
Snøskred.....	23
5.3.4. Sørpeskred.....	23
5.4 Faresonekart.....	24
5.5. Føresetnadar for vurderingane .....	24
<b>KAPITTEL 6 – FORSLAG TIL SIKRINGSTILTAK.....</b>	<b>26</b>

<b>6.1. Generelt .....</b>	<b>26</b>
<b>6.2. Sikringstiltak.....</b>	<b>26</b>
<b>KAPITTEL 7 – KONKLUSJONAR .....</b>	<b>27</b>
<b>KAPITTEL 8 – REFERANSAR.....</b>	<b>28</b>
<b>VEDLEGG.....</b>	<b>I</b>
<b>VEDLEGG I – GJENNOMGANG AV TRYGGLEIKSKLASSANE.....</b>	<b>I</b>
<b>VEDLEGG II – KLIMA.....</b>	<b>IV</b>
<b>    Klimastatistikk.....</b>	<b>IV</b>
<b>VEDLEGG III – MODELLERING AV SKREDFARE.....</b>	<b>X</b>
<b>VEDLEGG IV – GENERELT OM DEI ULIKE SKREDTYPANE.....</b>	<b>XIII</b>

## INNLEIING

Sunnfjord Geo Center vart kontakta av Nordplan AS ved Øyvind Sødal for å gjennomføre ei skredfarevurdering i samband med eit framtidig hyttefelt ved Lemonsjøen i Vågå kommune. I denne rapporten vurderer vi fare frå skred i bratt terreng, det vil sei flaum- og jordskred, steinsprang, snø- og sørpeskred. I tillegg har vi laga ein eigen overvassplan med omsyn på ein tohundreårsflaum i dreneringsvegane i planområdet (SGC, 2017). Skredfarerapporten er revidert i 2018 for å gjennomgå vurderingane rundt faren for snøskred og skogen utanfor planområdet. I denne revisjonen har vi tatt med faresoner for skred med årleg sannsyn  $\geq 1/5000$ . Feltarbeidet vart utført den 4. oktober 2016, og resultatane herifrå er supplert med informasjon frå atlas.nve.no, administrert av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). I tillegg er det henta klimadata frå Meteorologisk institutt og kart frå Kartverket og NGU.

I byggtknisk forskrift (TEK17) er tryggleikskrav mot skred definert ut frå kva type byggverk som skal oppførast. Dess fleire personar som vil opphalde seg i eit område, dess mindre nominelt årleg sannsyn for skred kan ein tillate. Byggverk er klassifisert under tre tryggleiksklassar for skredfare; S1, S2 og S3. Lovverket krev at største nominelle årlege sannsyn for skred ikkje skal vere høgare enn 1/100, 1/1000 og 1/5000, respektivt for desse tre klassane (Tabell 1). På bakgrunn av dette går vår skredfarevurdering i hovudsak ut på å dele undersøkingsområdet inn i faresoner som representerer ulike nominelle årlege sannsyn for skred. For flaumfarevurdering er det eit noko annleis system som gjeld. For ei grundigare forklaring til tryggleiksklassene, sjå Vedlegg 1.

Frittstående fritidsbustadar kjem inn under tryggleiksklasse S2 og konsentrerte fritidsbustadar med meir enn 10 einingar kjem inn under tryggleiksklasse S3.

*Tabell 1: Oversikt over dei tre tryggleiksklassane ved plassering av byggverk i skredfarlege område.*

Tryggleiksklasse	Konsekvens	Største nominelle årlege sannsyn	Døme
S1	Liten	1/100	Naust, garasjar
S2	Middels	1/1000	Hus, einestader
S3	Stor	1/5000	Rekkehus, hotell

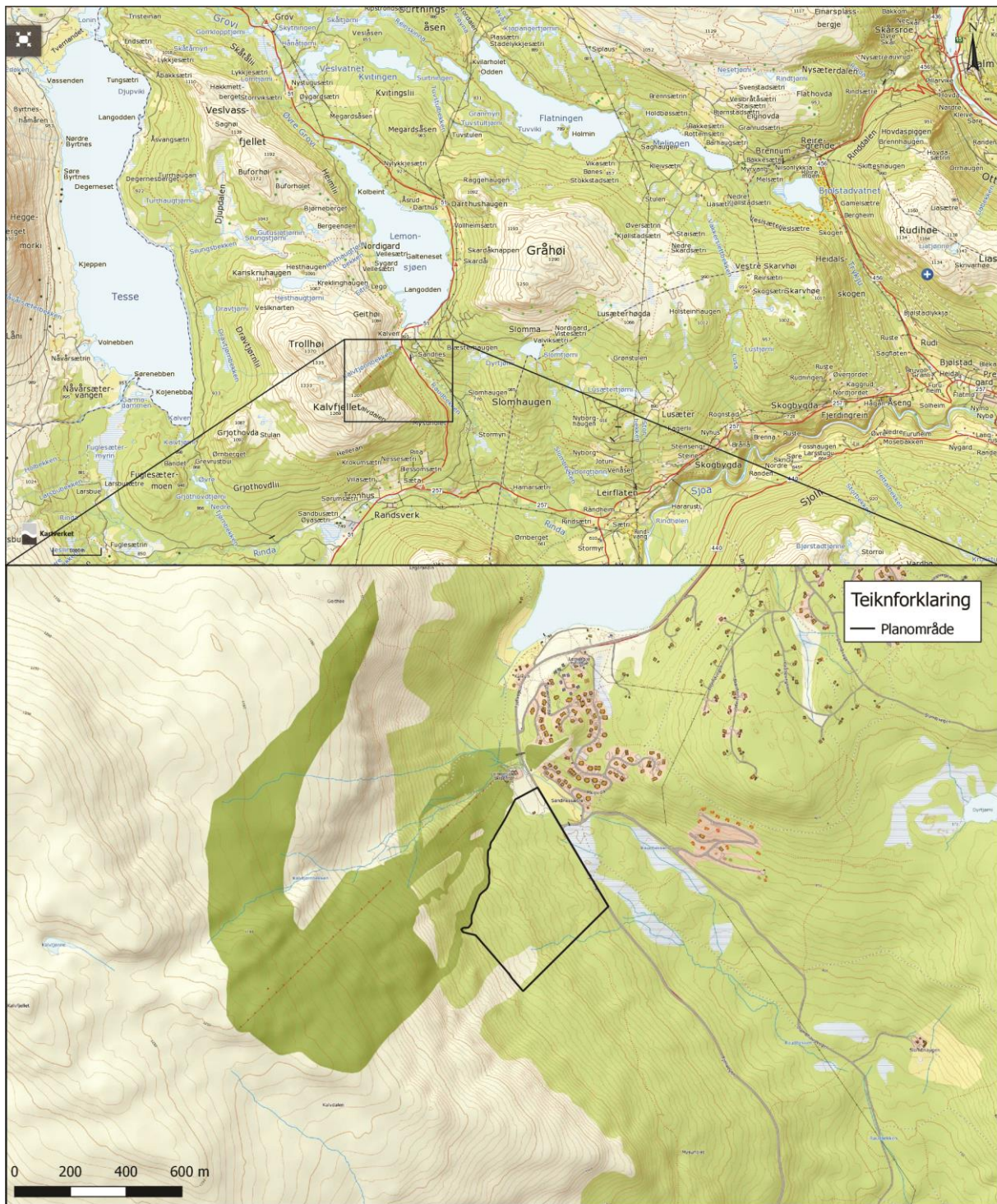
Rapporten er bygd opp av åtte kapittel. Kapittel 1-4 handsamar ekstern bakgrunnsinformasjon (klimadata, eksisterande geologiske kart o.l.), og denne informasjonen vert samanstillt med våre egne feltobservasjonar i Kapittel 5. På bakgrunn av dette vert skredfaren i området vurdert for kvar skredtype. Det er feltobservasjonane som dannar hovudgrunnlaget for dei endelege konklusjonane til SGC. Eksterne data vert berre nytta som eit supplement til desse.

Alle konklusjonar som vert trekt i denne leveranse føreset at menneskelege inngrep i området vil kunne endre dei geologiske og hydrologiske forholda, og dermed også skred- og flaumfaren. Dersom skredfare vert påvist i undersøkingsområdet, vil SGC føreslå sikringstiltak mot skred (Kapittel 6). SGC kan også detaljprosjektera sikringstiltak mot skred der det er naudsynt.

# KAPITTEL 1 – OMRÅDESKILDRING

## 1.1. Plassering

Hyttefeltet ligg like sør for Lemonsjø Alpinsenter ved Lemonsjøen i Vågå kommune. Undersøksområdet vårt består av planområdet og nærmeste fjellsida ovanfor (Figur 1).



Figur 1: Undersøksområdet består av planområdet og fjellsida direkte ovanfor. Basert på kart frå Kartverket.

## 1.2. Topografi, hydrologi og vegetasjon

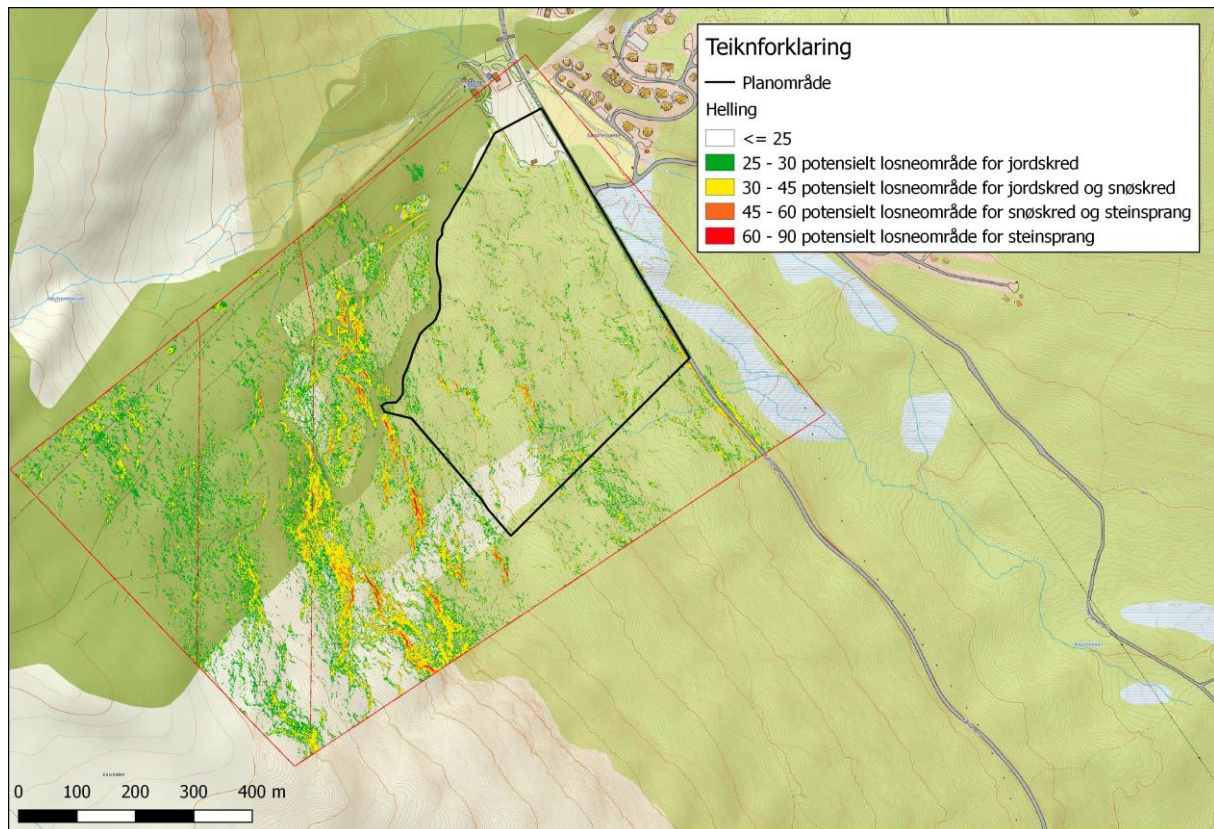
Planområdet grensar til Lemonsjø Alpinsenter i nordvest og strekker seg frå *Fjellvegen* og kring 500 meter oppover i skråninga. Heile planområdet er på kring 194 dekar. Det lægste området i planområdet ligg på kring 850 m o.h. og det høgste på kring 950 m o.h. Fjellsida fortset opp til Kalvfjellet på 1333 m o.h. Flyfoto viser at planområdet er dekket av lauvskog. Tregrensa i området går til kring 1020 m o.h. og ovanfor her er det for det meste bart fjell (Figur 2). Det er kartlagd ein bekk som renn i nordaustlege del av planområdet, og ut i myra på nordaustsida av *Fjellvegen*. Denne bekken kan ikkje følgjast oppover i fjellsida. Hovuddreneringa ned frå fjellet går i fleire bekkar i slalombakken.



**Figur 2:** Flyfoto over planområdet (markert med raudt omriss) og områda rundt. Kjelde: Kartverket.

I 2018 og i 2019 er det utført laserskanning frå fly, og i denne revisjonen er dette kartgrunnlaget nytta for å laga terrengmodell. Laserskanninga er på 5 punkt per m<sup>2</sup> i nedre del av fjellsida og 2 punkt per m<sup>2</sup> i øvre del. Ut i frå terrengmodellen er det generert hellingskart. Terrenghellinga er delt inn i potensielle losneområde for ulike skredtypar. Frå kartet (Figur 3) kan vi sjå at heile planområdet har helling under 25°, og er difor for slakt til utløysing av steinsprang, snøskred og lausmasseskred. Også fjellsida oppover mot Kalvfjellet er hellinga for det meste under 25°. Unnataka er nokre avgrensa område som har helling opp mot 45°, og i tillegg enkelte små nesten vertikale fjellhamrar. Flyfoto viser at det er potensielle losneområde for skred ovanfor tregrensa.





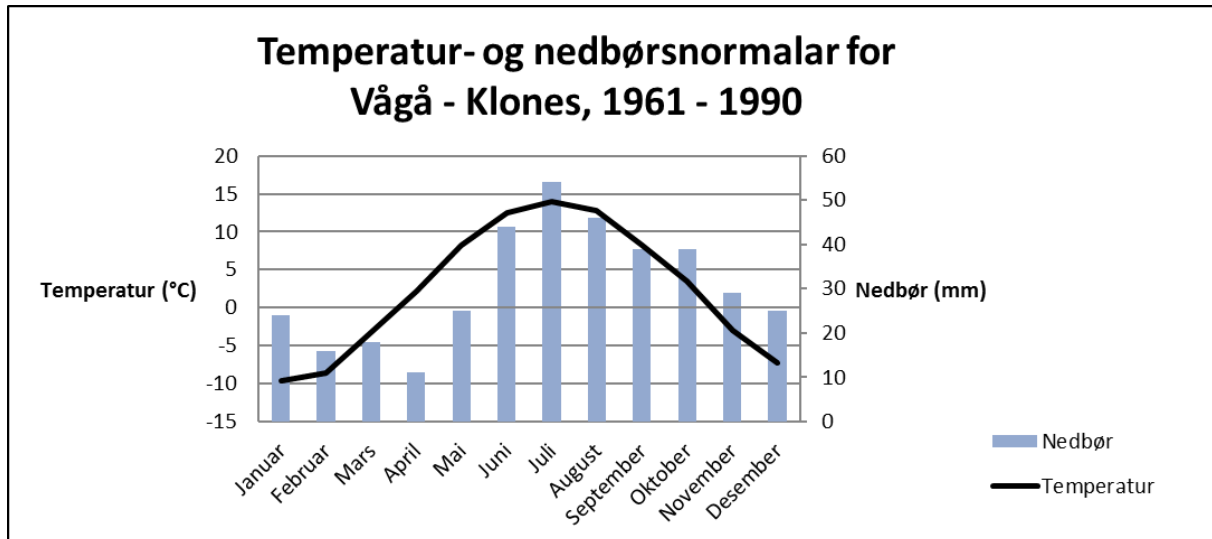
**Figur 3:** Hellingsskart over planområdet (markert med svart omriss) og området rundt. Heile planområdet ligg i eit område der det er under 25° helling. I fjellsida opp mot Kalvfjellet, er hellinga for det meste under 25°, med enkelte avgrensa område med opp mot 45° helling i tillegg til små vertikale fjellhamrar. Basert på kart frå Kartverket.

## 1.3. Klima

### 1.3.1. Klimastatistikk

Skredfare og klima heng tett i saman. Temperatur og nedbør er avgjerande for stabiliteten til lausmassar, vassavrenning, flaumfare, steinsprangfare som følgje av frostsprenging og sjølvsgatt mengde og stabilitet på snø. For å kunne gjere ei tilstrekkeleg skredfarevurdering må ein ta omsyn til gjeldande klimastatistikk, samt oppdaterte prognosar for framtidige klimaendringar.

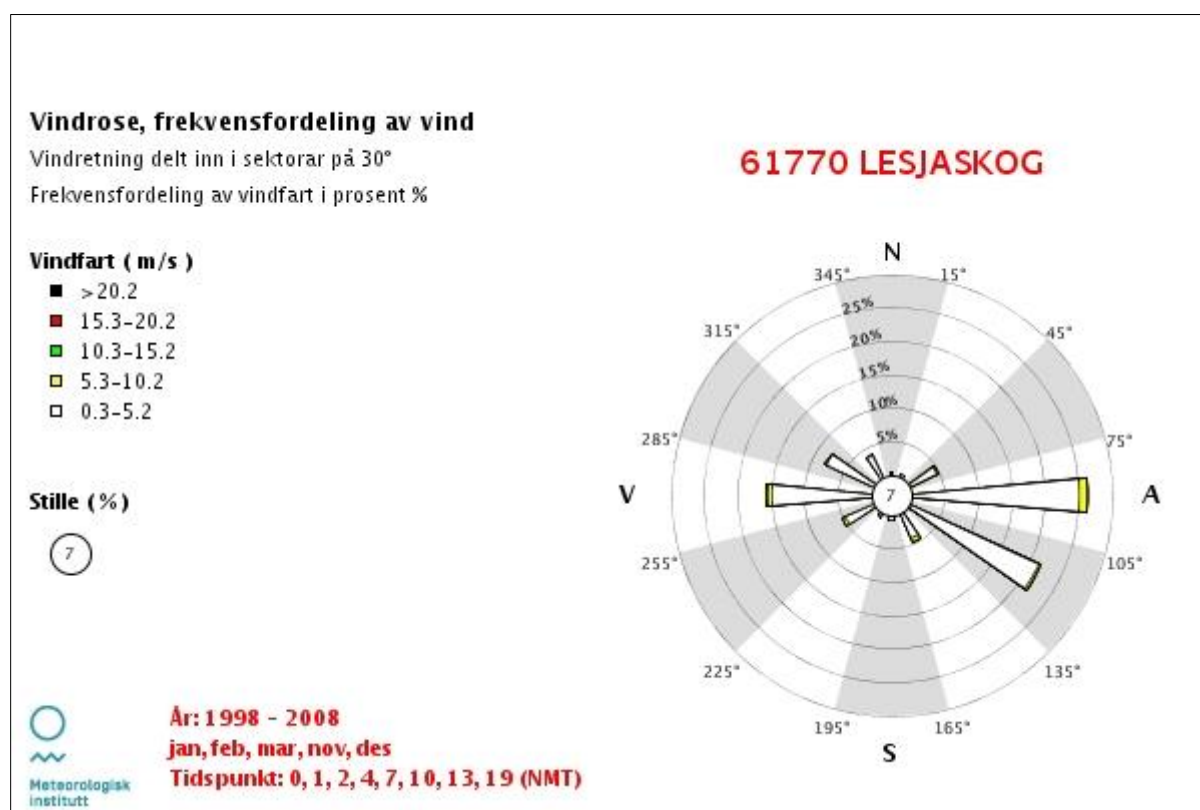
Meteorologisk institutt har hatt operative vêrstasjonar på ulike stader i Oppland i lang tid. Det er her henta temperatur- og nedbørsdata frå stasjonen på Vågå - Klones, stasjon 14600 (370 m o.h.), som starta målingar i 1949. Det er henta data frå førre klimaperiode, 1961 – 1990, og dette gjer ein god peikepinn på klimaet i området i siste del av 1900-talet. Årsnormalen for nedbør i denne perioden har vore 370 mm, noko som er relativt lite nedbør.



**Figur 4:** Temperatur- og nedbørsnormalar frå Meteorologisk institutt. Statistikken er henta frå stasjon 14600 Vågå - Klonas (371 m o.h.) på Klonas i Vågå. Data er henta frå klimaperioden 1961 - 1990 og årsnormalen for nedbør har i løpet av denne perioden vore 370 mm. Årsnormalen for temperatur har vore 2,1 °C gjennom same perioden.

Det er også henta årsnormalar for snø frå NVE. Dette viser at det har vore 100-200 dagar med snø i året ved Lemonsjøen. Normal årsmaksimum av snømengda har vore 100-250 mm (vassekvivalentar) i planområdet og opp mot 500 mm (vassekvivalentar) i fjella rundt. Dette datagrunnlaget er frå klimaperioden 1971-2000.

For ein tiårsperiode er det henta ut frekvensfordeling av vindretning for månadane med moglegheit for nedbør som snø (november-mars). Nærmaste målestasjon med slik informasjon er stasjon 61770 Lesjaskog. Denne viser at dominerande vindretning er frå aust, men at det òg opptrer vind frå vest (Figur 5).



**Figur 5:** Frekvensfordeling av vindretning og vindstyrke for vintermånadane i løpet av ein tiårsperiode, vist i eit vindrosediagram. Ser at det er vind frå aust som dominerer, men at det også opptrer vind frå vest. Kjelde: Meteorologisk institutt.

Skred skjer gjerne under eller etter ekstreme nedbørshendingar. Tabell 2 og Tabell 3 viser høvesvis verdiar for 1-døgns- og 3-døgnsnedbør med gjentaksintervall på 100 og 1000 år. Verdiane er henta frå stasjon 14600 Vågå – Klones, då denne er i nærleiken og har målestatisikk tilbake til 1949. For ein returperiode på 1000 år kan ein forventa 47 mm nedbør i løpet av eitt døgn og 77 mm i løpet av 3 døgn (Gumbel metode). Vi kan sjå ut i frå tabellen at det er mest nedbør om sommar og haust. Største observerte døgnverdi frå denne stasjonen er 32,9 mm (11.07.1976).

**Tabell 2:** 1-døgnsnedbør med gjentaksintervall på 100 og 1000 år. Verdiane er i mm.

Stasjon	Returperiode (år)	Metode	Årsverdi	Vinter	Vår	Sommar	Hhaust
14600 Vågå - Klones 371 m o.h.	100	GUMBEL	38	22	20	36	35
	1000	GUMBEL	48	29	26	47	45
	100	NERC	47	23	21	42	40
	1000	NERC	75	39	35	68	65

**Tabell 3:** 3-døgnsnedbør med gjentakintervall på 100 og 1000 år. Verdiane er i mm.

14600	Returperiode (år)	Metode	Årsverdi	Vinter	Vår	Sommar	Haust
Vågå - Klones	100	GUMBEL	60	39	35	59	49
371 m o.h.	1000	GUMBEL	77	54	47	77	63
14600	100	NERC	67	36	36	63	55
Vågå - Klones	1000	NERC	104	60	60	97	87

Vedlegg II viser detaljane i klimastatistikken for Austlandet

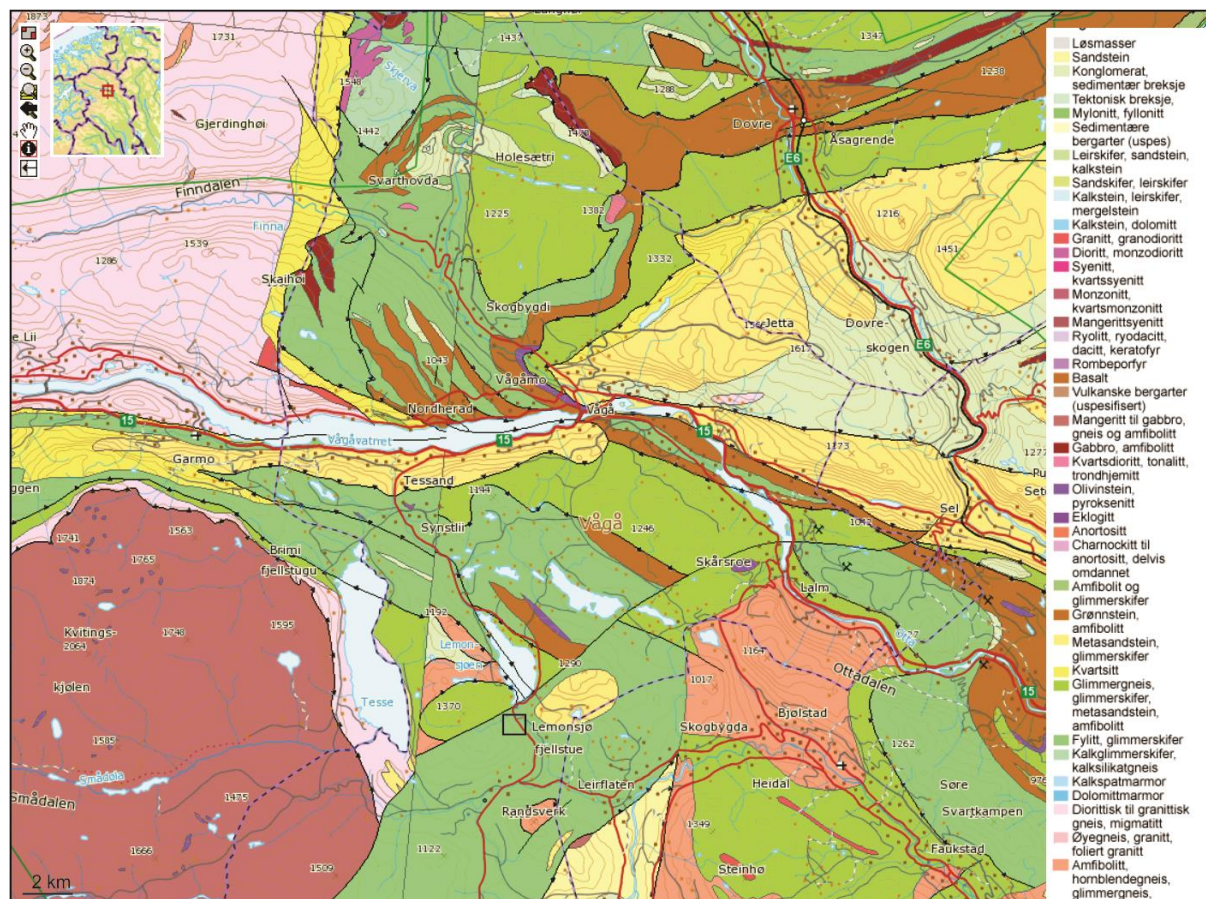
### 1.3.2. Klimaprognosar

Dei store forskingsinstitusjonane sine klimamodellar gjev meir og meir pålitelege prognosar om global klimautvikling i framtida, men modellane har framleis store uvisser, spesielt på regional og lokal skala. Likevel bør ein ta høgde for dei mange resultata som peikar mot ei global oppvarming, med påfølgjande lokale klimatiske endringar. Norsk Klimaservicesenter publiserte i 2016 rapporten *Klimaprofil Oppland*. I dette fylket kan ein forventa ein vesentleg auke i episodar med kraftig nedbør både i intensitet og i førekomst, noko som vil føra til meir overvatn. Det er forventa med fleire og større regnflaumar. Når det gjeld skredfaren, så aukar faren for jord- flaum- og sørpeskred på bakgrunn av større nedbørsmengder.

## KAPITTEL 2 – GEOLOGI

### 2.1. Berggrunnsgeologi

I det undersøkte området er bergarten kartlagd som fyllitt og det er kartlagd ulike gneistypar i nærleiken (Figur 6). Området rundt Vågåmo er dominert av skyvedekker over det prekambriske peneplanet. Lenger vest er området dominert av diorittiske- til granittiske gneisar.

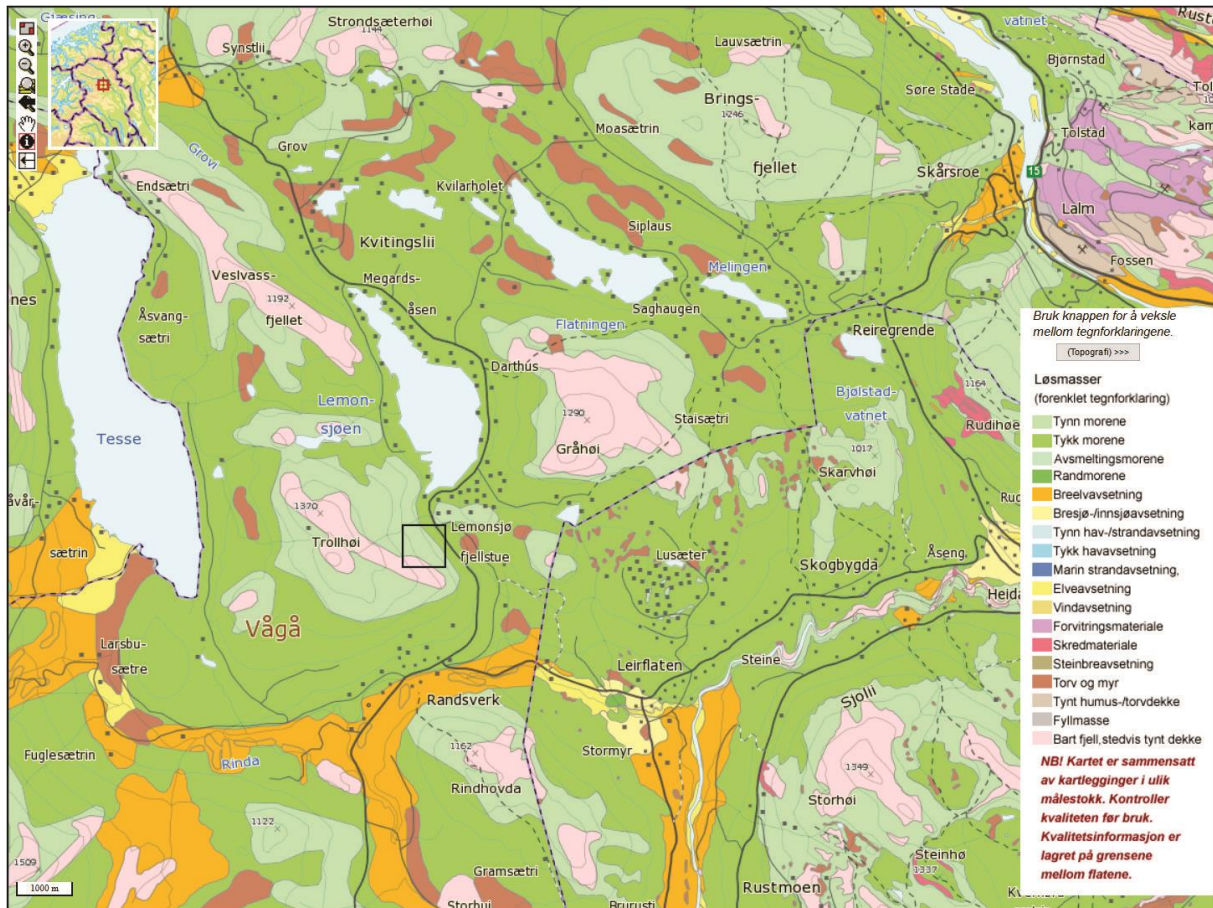


Figur 6: Berggrunnskart over Vågåmo og områda rundt. I det undersøkte området er det kartlagd fyllitt. Kjelde: NGU.

### 2.2. Lausmassegeologi

For 2,6 millionar år sidan byrja epoken kvartær, ein periode kor den nordlege halvkula var prega av om lag 40-50 istider. Breane som dekkja store delar av Noreg under desse kuldeperiodane grov ut dalar og fjordar og danna det landskapet vi har i dag. Innlandsisen under siste istida hadde si maksimale utbreiing for om lag 20 000 år sidan. Etter kvart som innlandsisen smelta attende dei følgjande tusenåra, blottla den morenemateriale og smeltevassavsetjingar i dei fleste ller og dalstrøk.

NGU sitt kart frå undersøkingsområdet, viser at det er kartlagd tjukk moreneavsetjing i dei nedste delane av planområdet og tynn moreneavsetjing i fjellsida. (Figur 7). Fleire stadar i Vågå er det kartlagd breelvasetjingar, som stammar frå nedsmeltinga av førre istid. Slike avsetjingar kan vera ustabile dersom dei ligg i bratt terreng. Det er ikkje kartlagd breelvasetjingar i eller ovanfor planområdet.



**Figur 7:** Lausmassekart frå undersøkingområdet. Forutan eit lite område med tykk moreneavsetjing nedst i planområdet, er lausmassane i planområdet kartlagd som tynn moreneavsetjing. Basert på kart frå NGU.

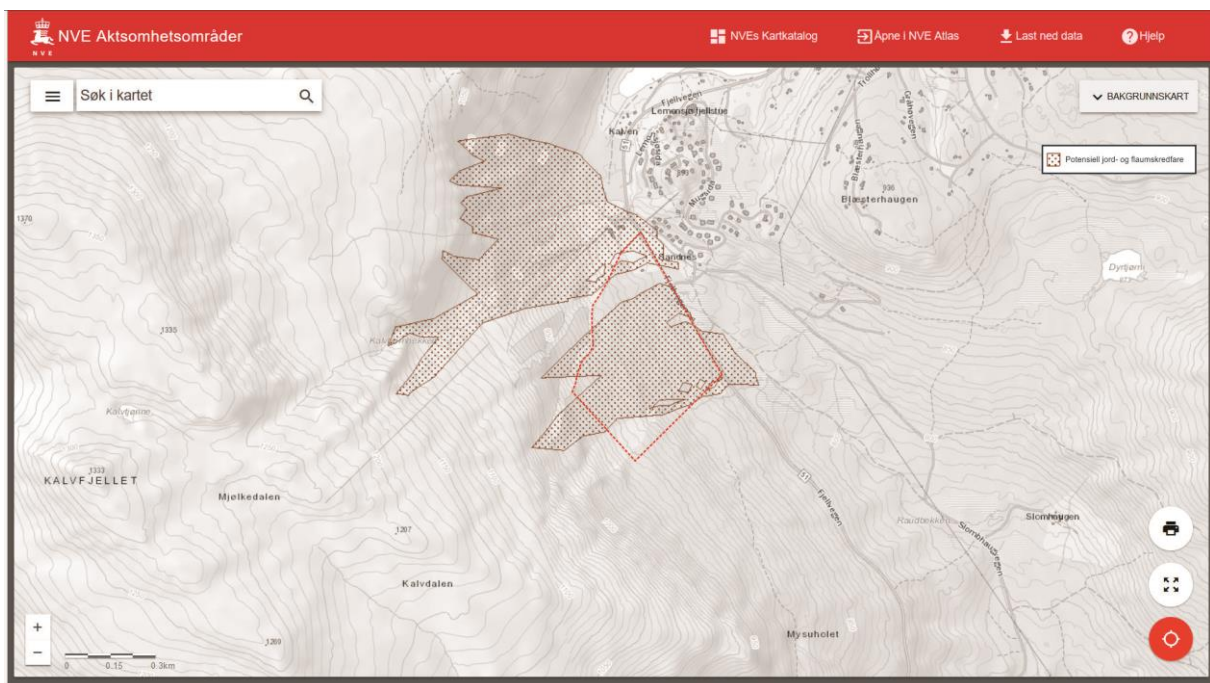
## KAPITTEL 3 – AKTSEMDSKART OG TIDLEGARE HENDINGAR

### 3.1. Aktsemdskart for flaum, steinsprang og snøskred

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) er ansvarlig for aktsemdskart for flaum, steinsprang, snøskred og flaum- og jordskred på <http://www.skrednett.no>. Tenesta er utarbeidd i samarbeid med Norges geologiske undersøkelse (NGU), Statens vegvesen, Jernbaneverket og Forsvarets militærgeografiske tjeneste.

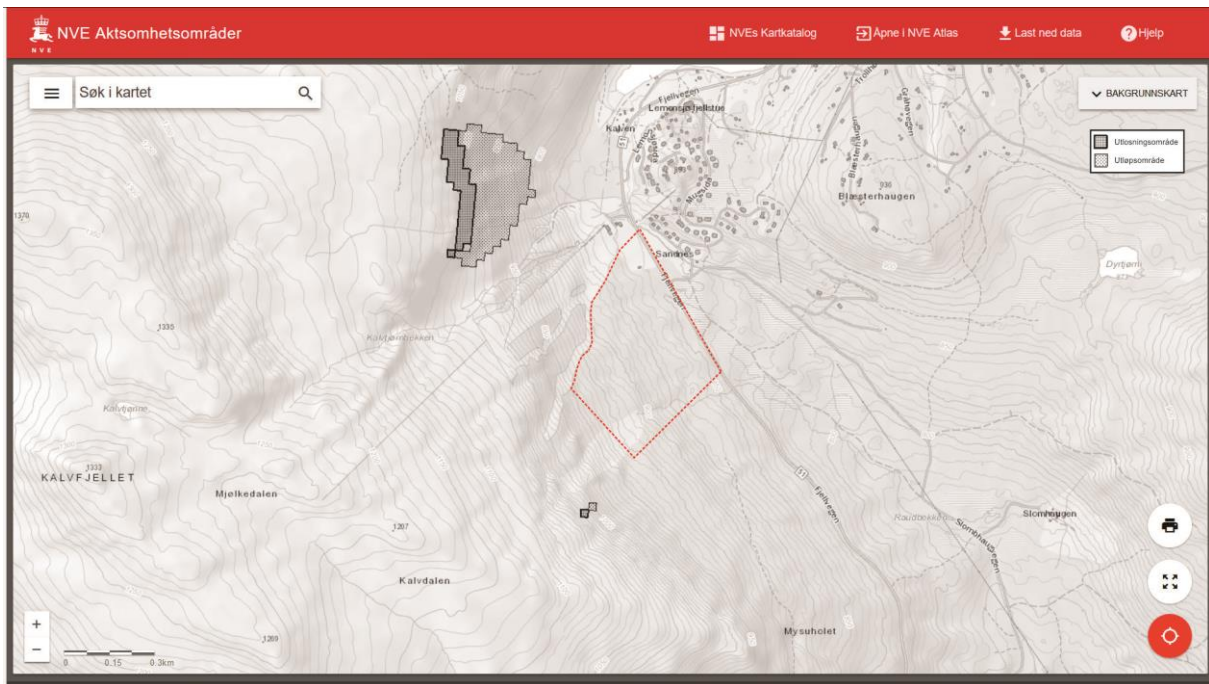
Aktsemdskarta for flaum-/jordskred viser potensielle aktsemdsområde. Aktsemdskarta for steinsprang og snøskred viser potensielle utløysingsområde (kjeldeområde) og utløpsområde (rekkevidda av potensielle skred). Karta er utarbeidd ved bruk av ein datamodell som identifiserer moglege utløysingsområde for steinsprang og snøskred ut frå hellinga på fjellsida. For kvart utløysingsområde vert utløpsområdet for steinsprang og snøskred utrekna. Denne kartdatabasen er utelukkande basert på datamodellering og ingen feltobservasjonar er lagde til grunn. Det er derfor ikkje teke omsyn til viktige faktorar som klima, vegetasjon og berggrunn, og meir detaljerte faresonekart må utarbeidast for å kunne seie noko om sannsynet for steinsprang og snøskred. Aktsemdskarta kan difor ikkje brukast direkte i reguleringsplanar eller i byggesaker for å avgjere om eit areal/område tilfredsstillar krav til tryggleik mot naturfarar, jamfør *føreskrift om tekniske krav til byggverk*, kap. 7, § 7-3 (Direktoratet for byggkvalitet, 2015). Karta gjev likevel ein god indikasjon på kvar topografien tilseier at ytterlegare undersøkingar bør gjennomførast.

Aktsemdskartet for jord- og flaumskred (Figur 8) viser at det er fare for denne type skred i store delar av planområdet og i tillegg i sjølve alpinanlegget utanfor planområdet.



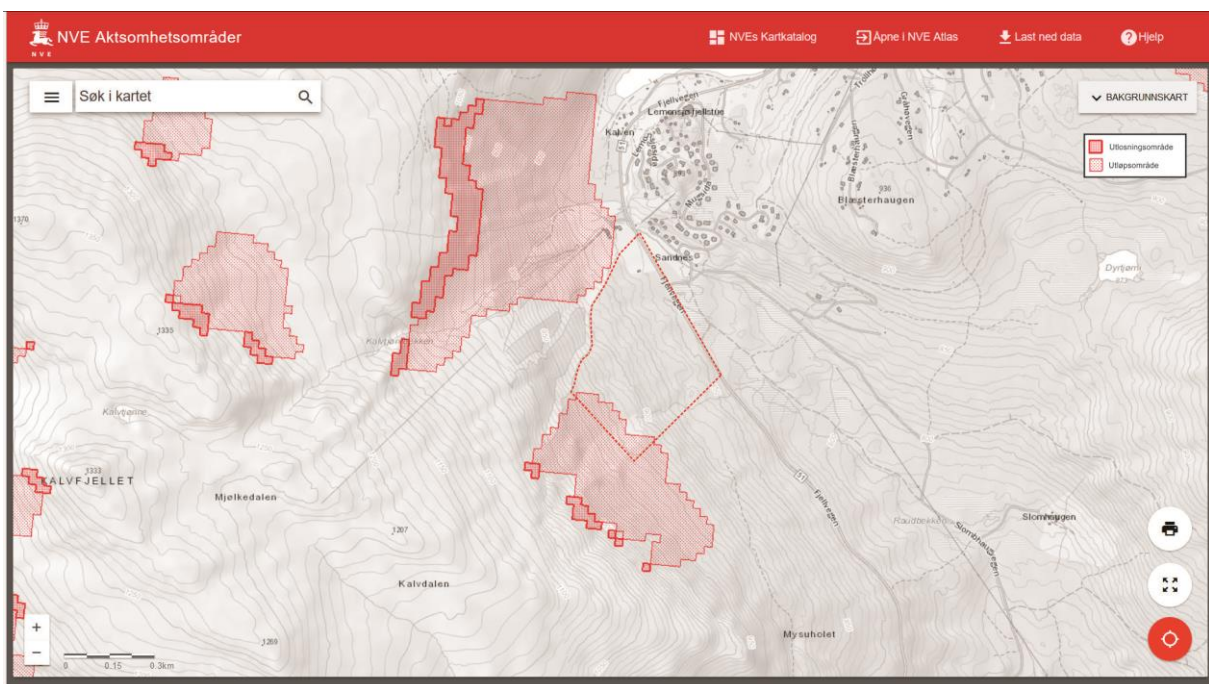
**Figur 8:** Aktsemdskart for flaum- og jordskred ved undersøkingsområdet. Basert på kart frå NVE m.fl.

Aktsemdskartet for steinsprang (Figur 9) viser at det ikkje er potensielle losneområder i eller ovanfor planområdet. Det nærmaste potensielle kjeldeområdet for steinsprang er like nord for alpinanlegget.



**Figur 9:** Aktsemdskart for steinsprang ved undersøkingsområdet. Basert på kart frå NVE m.fl.

Aktsemdskartet for snøskred (Figur 10) viser at det er potensiell fare for snøskred frå eit lite avgrensa område ovanfor planområdet, og at utløpslengda til snøskred frå dette området vil akkurat nå inn i planområdet.



**Figur 10:** Aktsemdskart for snøskred ved undersøkingsområdet. Basert på kart frå NVE m.fl.



### 3.2. Tidlegare skredhendingar

På si nettside har NVE m.fl. også ei oversikt over tidlegare skred i Noreg. Det er ikkje registrert skredhendingar i eller ovanfor planområdet. På nordsida av alpinanlegget er det registrert seks tørre flakskred, frå 2015 til 2018. Dei aller fleste av desse skreda er utløyst av skigåarar og i fylgje skildring på i NVE sin database og i media har utløpslengda vore relativt kort. Vi er i tillegg kjent med at det gjekk eit snøskred 14. januar 2017 same området. Dette snøskredet vart også utløyst av skigåarar.

Frå flyfoto tatt i 1964 og 1968 ser ein at det er eit område der det ikkje er skog, som strekk seg inn i planområdet (Figur 11). Her har det sannsynlegvis losna eit snøskred frå fjellsida ovanfor og dette har rydda vekk skogen i utløpsområdet. Som ein ser frå flyfotoet var det mindre skog i fjellsida på 60-talet, enn det er i dag. Skredbana ser ein igjen på Kartverket sine kart, ved at det er markert som utan vegetasjon. Nyare flyfoto og feltobservasjonar viser at dette området no er dekkja av lauvskog.



**Figur 11:** Flyfoto frå 1964 viser eit område utan skog som strekk seg kring 130 m inn i dagens planområdet. Ser frå flyfotoet at det er mindre snø i fjellsida enn det som er tilfelle i dag.

## **KAPITTEL 4 – MODELLERING AV SKREDFARE**

Der det er kjeldeområde for steinsprang og snøskred er det vanleg å modellere utløpslengder for å lettare å kunne fastsetja faresoner. Hellingskartet, flyfoto og feltobservasjonane viser at det er eit avgrensa område som er bratt nok til utløysing av snøskred, og som i tillegg ikkje er dekkja av skog. På bakgrunn av dette har vi simulert utløpslengde for snøskred med programmet RAMMS. Simuleringa er vist i vedlegg III og resultatata vert drøfta i Kap. 5.3.3. Sidan det ikkje er kjeldeområde for steinsprang i eller i nærleiken av planområdet, er det heller ikkje gjort modelleringar på dette.

## KAPITTEL 5 – SKREDFAREVURDERING

### 5.1. Vurdering av skredfare

Aktsemdkarta til NVE m.fl. viste at det er fare for jord- og flaumskred og snøskred ned mot planområdet ved Lemonsjøen, og i tillegg at det er potensiell fare for flaum i nordvestlege del av planområdet, ved parkeringsplassen til alpinanlegget.

Dette er som nemnd berre matematiske modelleringar basert på terrenggradientar, ofte med ekvidistanse på 20 m, noko som gjev ei forholdsvis låg kartoppløysing. I modelleringa er det heller ikkje teke omsyn til viktige faktorar som vegetasjon, drenering, klima, lausmassar, bergartstype og sprekkesystem. Risikoen for at massar (jord, stein, snø, etc.) skal kome i rørsle, dessutan akkumulasjonspotensiale for snø og vatn er også avgjerande faktorar, som krev nærare undersøking for å få kartlagd skredfaren på ein tilfredsstillande måte. Det vart difor gjennomført feltarbeid for å gjere ei heilskapleg vurdering av den reelle skredfaren.

For at det skal kunne gå skred må det:

- 1) finnast rasfarleg materiale.
- 2) vere tilstrekkeleg bratt i terrenget, slik at raset kan løysast ut og utvikle seg.
- 3) finnast ein mekanisme som set materialet i rørsle. Desse mekanismane er ofte knytt til ekstreme situasjonar som endrar stabiliteten i massane.

### 5.2. Feltobservasjonar

Feltarbeidet vart utført den 3. oktober 2016 av Christian Solheim og Torkjell Ljone frå Sunnfjord Geo Center AS. Registreringskartet (Figur 16) viser observasjonane som er relevante for skredfarevurderinga.

Planområdet ligg i utmark med slak helling og er dekkja av lauvskog, for det meste bjørk. Det er eit tynt lag med lausmassar som vert tynnare oppover i skråninga. Ved alpinanlegget der det er gjort gravearbeid kan ein sjå i lausmassane at blokkene er delvis runda, med alt frå sand til små blokker, og dette vert tolka som morenemateriale. I planområdet ligg det også blokker av ulik storleik spreidd omkring og dette vert også tolka som morenemateriale som har smelta ut av isen under nedsmeltinga av siste istid (Figur 12).



**Figur 12:** A: Bilete som representerer store delar av planområdet. Slakt terreng, med lite lausmassar og blokker tolka som morenemateriale spreidd omkring. B: Planområdet sett ovanfor i skråninga viser at heile planområdet er dekkja av lauvskog.

I dei nedre delane av planområdet vart det observert små dreneringskanalar. Desse kunne ikkje fylgjast samanhengande oppover i skråninga. Under synfaringa var desse enten turre eller hadde stillestående vatn. Under kraftige nedbørsperiodar vil truleg mykje av vatnet drenera som overflatevatn, og i det tynne jordlaget. Dei observerte kanalane er grunne, typisk under 40 cm, og gjekk for det meste på fast fjell. Under kraftige nedbørsperiodar vil det vera lite lausmassar som vatnet kan erodera i, og ta med seg (Figur 13).



**Figur 13:** A og B: I nedre del av planområdet vart det observert små dreneringsvegar, som enten var turre eller hadde stillestående vatn under synfaringa.

Ovanfor planområdet vert terrenget noko brattare og her er det ein fjellhammar og mindre fjellblottingar. Fjellhammaren er opptil 7 m høg på det høgste. Fjellet er fyllitt og overflata på fjellet er lite oppsprukke, utan nokre dominerande sprekkeplan. Det er observert enkelte små blokker med ferske overflater, som er tolka som steinsprang/utrasing. Desse ligg heilt tett inntil fjellhammaren, der terrenget er relativt flatt. Dei små fjellblottingane har også stabil overflate, og det er lågt sannsyn for utrasing av større blokker her. Hellinga i dette området er ikkje bratt nok til at steinsprang/utrasingar vil bevega seg nedover mot planområdet (Figur 14).

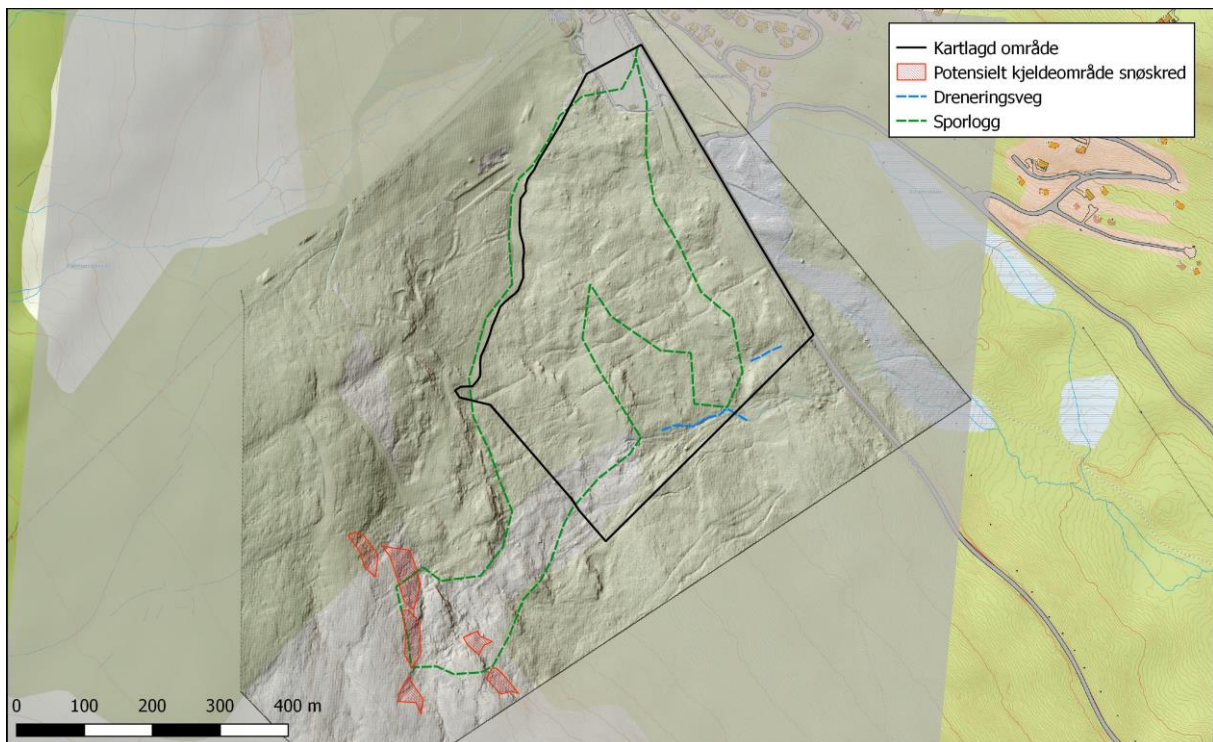


*Figur 14: Fjellhammar i skråninga ovanfor planområdet. Fjelloverflata er stabil og terrenget nedanfor er relativt flatt.*

Vidare oppover i skråninga vert terrenget brattare, og dette er det brattaste området i fjellsida. Hellinga vert målt til rundt  $36^\circ$  på det brattaste, mens terrengmodellen viser at det enkelte stadar er opp mot  $45^\circ$ . Vidare oppover i fjellsida vert skråninga slakkare igjen, og det er eit avgrensa område som har over  $30^\circ$  helling. Dette er i området like ovanfor tregrensa, og her også er det enkelte moreneblokker og fjell i dagen. Der det er fjell i dagen er overflata stabil og det vert ikkje observert teikn til steinsprang. Det vert heller ikkje observert spor etter verken snøskred eller jordskred i, eller nedanfor det bratte området.



**Figur 15:** A og B: I fjellsida kring 200 meter ovanfor planområdet er det eit avgrensa område med helling over 30° og utan skog. Her er det enkelte moreneblokker og fjell i dagen. Fjelloverflata er stabil, og det er ingen teikn til tidlegare steinsprang, jordskred eller snøskred.



**Figur 16:** Registreringskart som viser observasjonar relevante for skredfarevurderinga. Skyggerelieffkart frå terrengmodell er lagt over. Basert på kart frå Kartverket.

### 5.3. Samanstilling og diskusjon kring skredfare

Nedanfor følgjer ei samanstilling mellom alle innhenta data og ein diskusjon kring faren for dei ulike skredtypene. For dei skredtypene det vert påvist fare for er det utarbeidd eit faresonekart som viser grensene i høve til dei tre tryggleiksklassene (Vedlegg I). For ei generell utgreiing om dei ulike skredtypene sjå Vedlegg IV.

### 5.3.1. Flaum- og jordskred

Lausmasseskred vert ofte utløyst i samband med kraftig nedbør, og særleg flaumskred føl renner i terrenget. På karta til Kartverket (Kap. 1.2.) er det markert ein dreneringskanal i sørlege del av planområdet, men denne kan ikkje følgjast oppover i fjellsida. Klimastatistikken (Kap 1.3.1) viser at årsnormalen for nedbør for førre klimaperiode er på 370 mm, noko som er relativt lite nedbør. Klimaprognosane (Kap 1.3.2) viser at ein kan forventa ein kraftig auke i episodar med kraftig nedbør fram mot år 2100. Lausmassekartet (Figur 7) viser at det er eit tynt morenedekke i planområdet, og dette vert stadfesta av feltobservasjonane. Lausmassedekket er tynt i nedre del av området, og dei små bekkane renn for det meste på fast fjell. Oppover i fjellsida vert lausmassedekket endå tynnare. Aktsemdkartet (Figur 8) viser at det er aktsemdområde for lausmasseskred i store delar av planområdet, og at lausmasseskreda startar i det bratte området ovanfor planområdet. Feltobservasjonane viste at dette området består for det meste av bart fjell, med svært lite lausmassar, og er difor ikkje eit losneområde for lausmasseskred. Hellingskartet (Figur 7) viser i tillegg at det ikkje er andre stader i, eller ovanfor planområdet, som er bratt nok til utløysing av jordskred. Det er heller ingen renneformer eller bekkekanalar som er typiske for flaumskred. Det var ingen teikn til erosjon i dreneringsvegane som vart observert. Nedslagsfeltet for nedbør er lite og mykje av nedbøren vil gå gjennom planområdet som overflatevatn.

Lite nedslagsfelt, lite nedbør, ingen samanhengande dreneringsvegar, lite lausmassar og låg helling i planområdet gjer faren for flaum- og jordskred liten. Vi vurderer at sannsynet for flaum- og jordskred er lågare enn 1/5000 i heile planområdet.

Den planlagde utbygginga vil endra dei naturlege dreneringsvegane og overflatevatn kan føra til problem. Det er difor viktig med god drenering gjennom heile planområdet. SGC har laga ein overvassplan med utgangspunkt i ein tohundreårsflaum (SGC, 2017).

### 5.3.2. Skred frå fast fjell

Hellingskartet (Kap. 1.2.) viser at det ikkje er nokre område med helling over 45° i eller ovanfor planområdet, og at mesteparten av fjellsida og heile planområdet har under 25° helling. Aktsemdkartet til NVE m.fl. (Kap. 3.1.) viser at det er fare for steinsprang frå eit lite punkt ovanfor planområdet, men at eventuelle steinsprang herifrå stoppar like nedanfor. Feltobservasjonane (Kap 5.2.) viste at det var ein fjellhammar ovanfor planområdet. Overflata til fjellet var av god kvalitet og faren for utrasing herifrå er liten. I tillegg er det relativt flatt like nedanfor fjellhammaren, så eventuelle steinsprang/utrasingar vil stoppe med ein gong. Ovanfor fjellhammaren er det eit område med over 30° helling med enkelte fjellblottingar. Desse viste heller ingen teikn på ustabile parti, og i tillegg er terrenget for slakt til utrasing og transport av blokker. I planområdet vart det observert fleire kantrunda blokker, og desse er tolka som morenemateriale.

På bakgrunn av dette konkluderer vi med at sannsynet for steinsprang/steinskred inn i planområdet er lågare enn 1/5000 per år.

### 5.3.3 Snøskred

Hellingskartet (Figur 3) viser at det er nokre avgrensa område i skråninga ovanfor planområdet som har over  $30^\circ$  helling, som betyr at terrenget er slakt nok til at snø kan akkumulera, og bratt nok til at snøskred kan utløysast (Lied & Kristensen, 2003). Aktsemdkartet til NVE m.fl. (Figur 10) viser liknande resultat og viser at utløpslengda til potensielle snøskred går akkurat inn på planområdet. Flyfoto (Figur 2) og feltobservasjonane (Kap. 5.2.) viser at det potensielle losneområdet er like ovanfor tregrensa, og at heile planområdet, og området mellom planområdet og kjeldeområdet, er dekkja av lauvskog. Feltobservasjonane viste det er kring  $36^\circ$  på det brattaste i skråninga, mens terrengmodellen viser enkelte avgrensa område med helling opp mot  $45^\circ$ . Skredhistorikken (Kap. 3.2.) viser at det har gått fleire turre flakskred i terreng som høyrer til alpinanlegget. Losneområda der desse skreda har gått er større enn dei som er ovanfor planområdet. Ut i frå gamle flyfoto har det truleg gått eit snøskred ned i planområdet ikkje så lenge før 1964. Flyfotoa viser også at det var mindre skog i fjellsida på den tida, enn det er i dag. Sidan det er eit område som er bratt nok til utløysing av snøskred, og heller ikkje er dekkja av skog har vi simulert utløpsdistanse frå potensielle snøskred herifrå med programmet RAMMS (Vedlegg III). Ved hjelp av terrengmodell har vi lokalisert 6 potensielle kjeldeområde ovanfor planområdet. Desse er vendt mot aust og mot dominerande vindretning. Vind frå vest vil kunne akkumulera snø i dette området, men det er ikkje bratt nok til skavldanning. Vi har vald å bruka 1,0 og 1,5 m som brothøgda for snøskred, med bakgrunn i klimastatistikk. Vi har simulert snøskred som tar omsyn til skogen mellom det kartlagde området og kjeldeområdet, og simuleringar som ikkje gjer det. Resultata frå simuleringane som tar omsyn til skogen viser at snøskred akkurat når inn planområdet, og at skadepotensialet er lågare. Ved å ikkje ta omsyn til skogen viser simuleringane at middels og store snøskred med brothøgda 1,0 og 1,5 m vil nå inn i planområdet, i området der bekken renn. I det same løpet til skredet som gjekk før 1964. Det eine losneområdet er eit lite område i slalombakken, snøskred herifrå vurderer me som svært lite sannsynleg og dette området er berre tatt med i vurdering av snøskred med årleg sannsyn  $\geq 1/5000$ . Simuleringane viser elles utløp frå alle kjeldeområda samtidig.

RAMMS-simuleringane vektlegg den bremsande effekten til skogen mykje, så utløpslengdene aukar betrakteleg når ein ikkje tek omsyn til skog i området mellom losneområde og planområdet. Lauvskogen i dette området består hovudsakleg av bjørk, og diameter i brysthøgda DBH er i grenseland for det som trengst for å vera effektivt som bremsande på snøskred. Basert på tidlegare skredhending, skogen sin DBH, mangel på skog i losneområdet, og at det skal byggast hytter heilt opp i utløpsområde, vel vi å ikkje ta omsyn til skogen sin bremsande effekt i snøskredvurderinga.

Ut i frå simuleringane og skredhistorikken i området har vi generert faresoner for skred med årleg sannsyn  $\geq 1/100$ ,  $\geq 1/1000$  og  $\geq 1/5000$ , der snøskred er dimensjonerande skredtype. Dette er vist i faresonekartet (Figur 17).

### 5.3.4 Sørpeskred

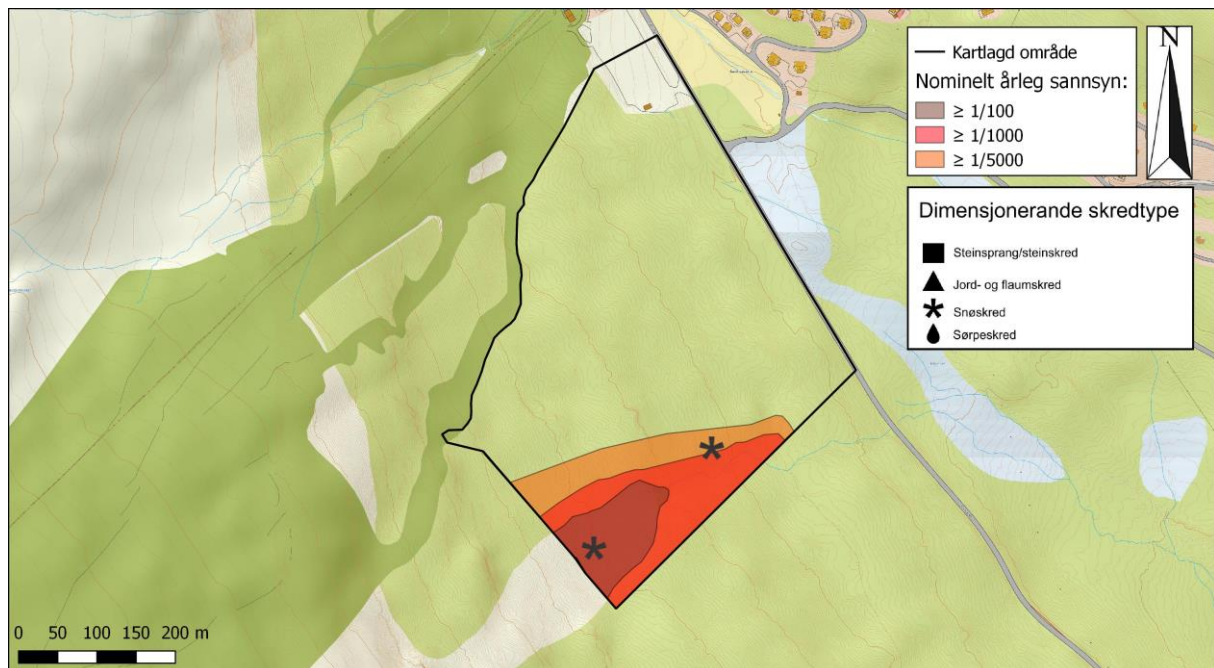
Sørpeskred er avhengig av akkumulasjon av snø i tillegg til vassføring. På karta til Kartverket (Kap. 1.2.) er det registrert ein dreneringsveg som renn i søraustlege del av planområdet. Denne



kan ikkje følgjast oppover i fjellsida, og det er heller ingen vatn eller myrar i fjellsida som drenerer ned mot planområdet. Feltarbeidet (Kap 5.2.) viste at det er fleire små bekkar i nedre del av planområdet, og at dei ikkje kan følgjast samanhengande oppover i fjellsida. Dette er truleg turre store delar av året. Nedslagsfeltet er lite og det må truleg vera sterk snøsmelting og/eller kraftig nedbør for at det i det heile skal renna vatn i bekkefara. Sørpeskred føl ofte renner i terrenget der det vert akkumulert større snømengder og i tillegg er dreneringsveg for vatn. Det er ingen slike terrengformer i undersøkingsområdet. Klimastatistikken (Kap. 1.3.1.) viser at det er relativt lite nedbør i området og at vintrane er turre, og det er dimed mindre sannsynleg med vêromslag og kraftig nedbør på nysnø. Sørpeskred er vanlegast i område langs kysten der det er milde vintrar. I NVE sin skredatabase er det heller ikkje registrert sørpeskred i Vågå kommune.

På bakgrunn av dette konkluderer vi med årleg sannsyn for sørpeskred i planområde er lågare enn 1/5000.

#### 5.4 Faresonekart



**Figur 17:** Faresonekart for planområdet på Lemonsjøen. Snøskred vil nå inn i søraustlege del av planområdet. Faresonekartlegginga gjeld innafor planområdet, her markert som kartlagt område.

#### 5.5. Føresetnadar for vurderingane

Vår skredfarevurdering er gjort med utgangspunkt i noverande, naturgjevne forhold. Eventuelle menneskelege inngrep i området i framtida kan endre desse og då vil også graden av skredfare kunne verta endra. I området mellom planområdet og det potensielle losneområdet for snøskred, er det lauvskog. Sidan den veks heilt opp til losneområdet som i tillegg er relativt lite i utstrekning oppover fjellsida, vurderer vi skogen til å ha ein bremsande effekt på snøskred. Vi har brukt skogen i enkelte av RAMMS-simuleringane. Resultata viser at RAMMS vektlegg skogen mellom losneområdet, og kjeldeområdet mykje, noko ein ser på utløpslengda. Utan å ta

omsyn til skog vil snøskred nå inn i planområdet og med skog vert utløpslengda og skadepotensialet redusert. Ut i frå tidlegare skredhending og skogen sin DBH, vel vi å ikkje ta omsyn til skogen sine bremsande eigenskapar i snøskredvurderingane.

Det vil uansett vera ein fordel å oppretthalde skogen i dette området då den har positive eigenskapar også med tanke på overvatn i planområdet, då mykje av nedbøren frå fjellsida ovanfor, renn gjennom dette området før det når inn i planområdet.

## **KAPITTEL 6 – FORSLAG TIL SIKRINGSTILTAK**

### **6.1. Generelt**

Skred vert vanlegvis inndelt i tre fasar/områder:

- 1) utløysingsområdet, der skredmassane losnar og kjem i rørslé
- 2) skredløpet, som er bana skredet følgjer
- 3) utløpsområdet, som er det arealet skredet legg seg når energien er oppbrukt

Ved sikring mot skred er det mogleg å gjere inngrep i alle desse tre fasane, for å forhindre skadar på bygg. Kva for sikringsmetodar som bør nyttast er ei avveging mellom skredfare, kostnad og lokale, praktiske føresetnader/utfordringar for skredsikring (f.eks. tilgjengelegheit for anleggsmaskiner o.l.).

### **6.2. Sikringstiltak**

Skredfarevurderinga (Kap 5.) viser at det er fare for snøskred i søraustlege del av planområdet. I vår førre revisjon hadde me med forslag til sikringstiltak i form av støtteforbyggingar i losneområdet. Sidan den gong er reguleringsplanen endra slik at det ikkje er fritidsbustadar innanfor faresonene. Dersom det likevel vert aktuelt med sikringstiltak vil støtteforbyggingar vera beste løysing, og SGC kan utføra detaljprosjektering av sikringstiltak.

Under bygginga av hyttfeltet vil det vera viktig å ha fokus på drenering. Hytter og tilkomstvegar kan føra til at vatnet tar nye vegar, og kan potensielt føra til skade på bygningar og vegar. Kulvertar/gjennomføringar bør dimensjonast stort med tanke på intense nedbørs- og smelteperiodar, og bør utformast slik at det ikkje vert demma opp vatn og snø. Dersom det er mogeleg vil opne kanalar og gjennomføring med bru vera det beste alternativet. SGC har laga ein eigen overvassplan for planområdet.

## **KAPITTEL 7 – KONKLUSJONAR**

Sunnfjord Geo Center si skredfarevurdering ved planområdet ved Lemonsjøen i Vågå kommune viser at årleg sannsyn for skred frå bratt terreng er høgare enn 1/100 i delar av planområdet. For å oppfylle krava til TEK17 må frittståande fritidsbustadar plasserast utanfor faresone med årleg sannsyn  $\geq 1/1000$  og konsentrert fritidsbustad med meir enn 10 einingar må plasserast utanfor faresone med årleg sannsyn  $\geq 1/5000$ . Det vil òg vera mogeleg å sikra planområdet med å bygga støtreførebyggingar i losneområdet.

## KAPITTEL 8 – REFERANSAR

Hanssen-Bauer I., Førland E.J., Haddeland I., Hisdal H., Nesje A., Nilsen J.E.Ø, Sandvend S., Sandø A.B., Sorteberg A., og Ådlandsvik B. 2015: Klima i Norge 2100 – Kunnskapsgrunnlag for Klimatilpasning. Norsk Klimaservicesenter 2/2015. Utgitt av Miljødirektoratet

Hestnes, E. 1998: *Slushflow hazard-where, why and when? 25 years of experience with slushflow consulting and research*. Annals of Glaciology 26, s. 370-376.

Highland, L. M., Bobrowsky, P. 2008: *The landslide handbook – A guide to understanding landslides*. U. S. Geological Survey Circular 1325. Reston.

Lied, K., Kristensen, K. 2003: *Snøskred. Håndbok om snøskred (Norsk utgave)*. Vett & Viten AS. Høvik.

Nordplan AS, 2016. *Detaljregulering Vågå kommune Fjellsida Lemonsjøen*. Datert 21.02.2016

Norsk Klimaservicesenter, 2016: *Klimaprofil Oppland*

Ramberg, I.B., Bryhni, I., Nøttvedt, A. og Rangnes, K. 2013 (red.): Landet blir til – Norges geologi. 2. utgåve. Trondheim. Norsk Geologisk Forening, s. 656.

Statens Vegvesen, 2014. *Håndbok V138. Veger og snøskred*.

Sunnfjord Geo Center, 2017. *Overvassplan for hyttefelt ved Lemonsjøen*. Notat

Terzaghi, K. 1962: *Stability of steep slopes on hard unweathered rock*. Geotechnique 12, s. 251-270.

### **Internettidsider:**

#### Kart, satellittbileter og topografiske profil:

Kartverket, <http://www.norgeskart.no>

#### Geologiske data:

Norges geologiske undersøkelse <http://www.ngu.no>

#### Klima:

Meteorologisk institutt, <http://www.met.no>

<http://www.senorge.no>

<http://www.yr.no>

Norsk klimaservicesenter <http://klimaservicesenter.no>

#### Skredkart:

Norges vassdrags- og energidirektorat <http://www.skrednett.no>

#### Føreskrifter:

Direktoratet for byggkvalitet <http://www.lovddata.no>

# VEDLEGG

## VEDLEGG I – GJENNOMGANG AV TRYGGLEIKSKLASSANE

I Plan- og byggingslova, føreskrift om tekniske krav til byggverk, kap. 7, § 7-3 (Direktoratet for byggkvalitet, 2012/Byggteknisk forskrift TEK10) er tryggleikskrav definert ut frå ulike typar bygningar:

### § 7-3. Sikkerhet mot skred

(1) Byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område.

(2) For byggverk i skredfareområde skal sikkerhetsklasse for skred fastsettes. Byggverk og tilhørende uteareal skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred, herunder sekundærvirkninger av skred, slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen nedenfor ikke overskrides.

**Tabell 4:** Oversikt over dei tre tryggleiksklassane for skred, i følgje Plan- og byggingslova (TEK10).

Tryggleiksklasse for skred/flaum	Konsekvens	Største nominelle årlege sannsyn	Døme
S1	Liten	1/100	Naust, garasjar
S2	Middels	1/1000	Hus, einbustader
S3	Stor	1/5000	Rekkehus, hotell

**Tabell 5:** Oversikt over dei tre tryggleiksklassane for flaum, i følgje Plan- og byggingslova (TEK10).

Tryggleiksklasse for skred/flaum	Konsekvens	Største nominelle årlege sannsyn	Døme
F1	Liten	1/20	Naust, garasjar
F2	Middels	1/200	Hotell, bustadhus
F3	Stor	1/1000	Sjukehus

Det eksisterer altså tre tryggleiksklassar (Figur 18 og Figur 19) som er definert ut frå konsekvensen av ei skredhending:

### Tryggleiksklasse 1 (S1/F1)

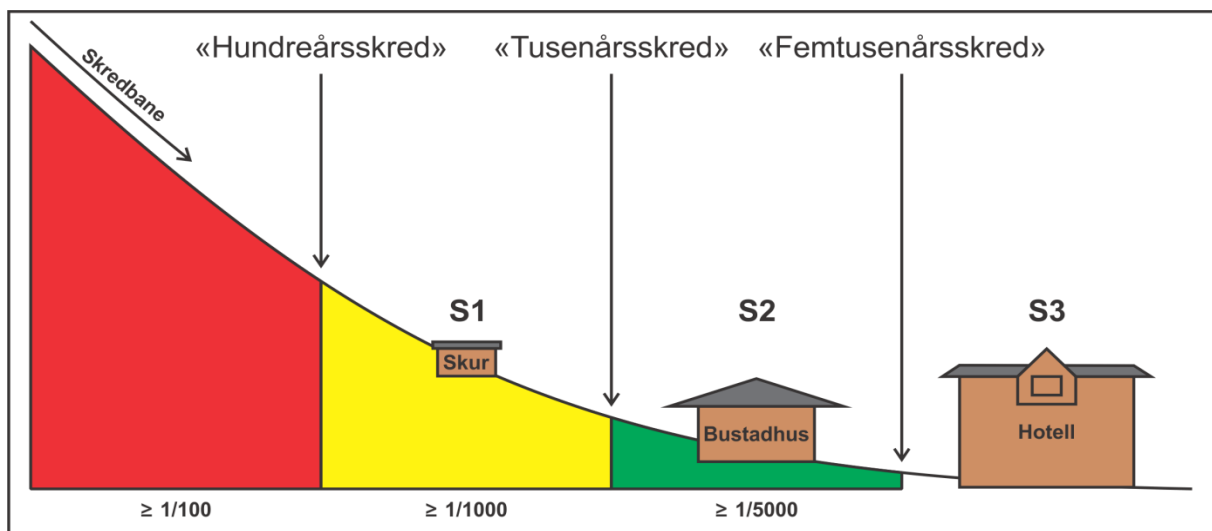
Denne tryggleiksklassen har det minste kravet for sikring og den omfattar bygningar der det normalt ikkje vil opphalde seg folk til ei kvar til. Dette gjeld til dømes garasjar og naust (Tabell 4 og Tabell 5). Opphaldstid av personar er kort og difor er konsekvensen vanlegvis liten. Ved oppføring av bygg i kategorien S1 er kravet at det nominelle årlege sannsynet for skred ikkje skal vere større enn 1/100. I prinsippet betyr dette at denne bygningstypen må plasserast utanfor utløpsdistansen til «hundreårsskredet». Dersom skredfarevurderinga viser at det vil kunne gå skred hyppigare enn dette må tomta/bygningane sikrast mot skred. For flaum i slike område er kravet sett til eit største nominelle årleg sannsyn på 1/20. Ein kan difor tillate ein høgare flaumfrekvens enn skredfrekvens.

## Tryggleiksklasse 2 (S2/F2)

For skred gjeld denne tryggleiksklassen (S2) for bygningar der opptil 25 personar oppheld seg meir eller mindre permanent. Eit typisk døme på dette er einebustader og tomannsbustader (Tabell 4 og Tabell 5). For slike bygningar er kravet at det nominelle årlege sannsynet for skred ikkje skal vere større enn 1/1000. I prinsippet betyr dette at denne bygningstypen må plasserast utanfor utløpsdistansen til «tusenårsskredet». Dersom skredfarevurderinga viser at det vil kunne gå skred hyppigare enn dette må tomta/bygningane sikrast. For flaum i slike områder er kravet sett til eit største nominelle årlege sannsyn på 1/200. For flaum (F2) inkluderer denne tryggleiksklassen område også der meir enn 25 personar vil opphalde seg, til dømes skular, bustadblokker og hotell. For uteareal i tilknytning til evaluerte byggverk som klassifiserast under S2/F2 kan kravet til tryggleik reduserast til tryggleiksnivået for tryggleiksklasse 1 (1/100). Dette fordi faren for liv og helse i samband med skred normalt vil vere vesentlig lågare for personar som oppheld seg utandørs.

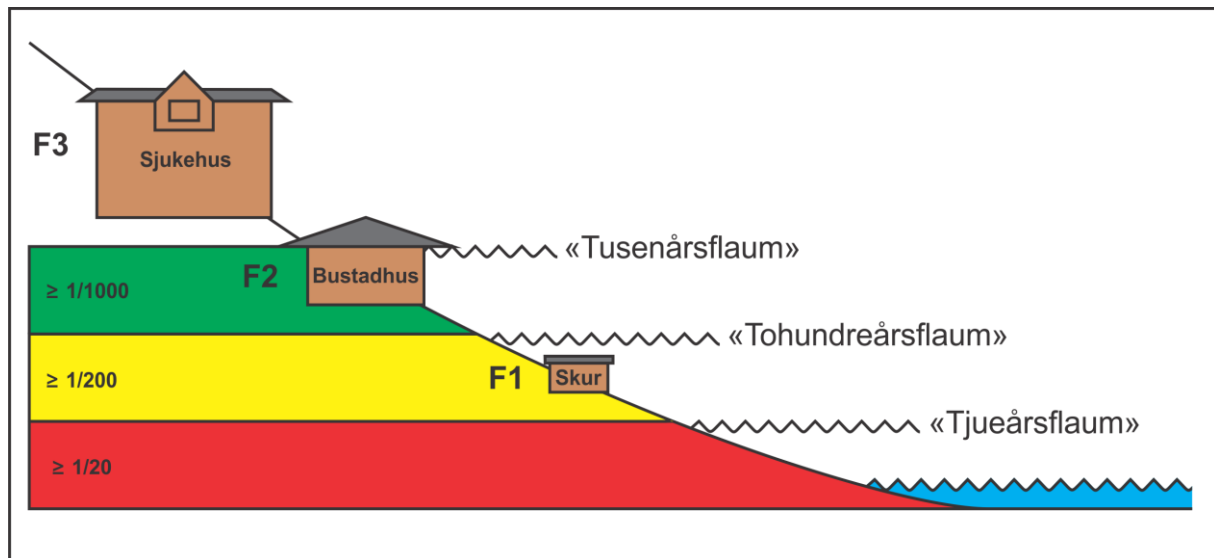
## Tryggleiksklasse 3 (S3/F3)

For skred (S3) gjeld denne tryggleiksklassen dersom meir enn 25 personar oppheld seg permanent i eit område. Dette gjeld til dømes bustadblokker, rekkehus, store kontorbygningar, kjøpesenter og hotell (Tabell 4 og Tabell 5). I desse tilfella vil konsekvensen ved ei skredhending vere stor og kravet til slike områder er at det nominelle årlege sannsynet for skred ikkje skal vere større enn 1/5000. Slike bygningar skal altså plasserast utanfor utløpsområdet til «femtusenårsskredet». For flaum (F3) i slike områder er kravet sett til eit største nominelle årlege sannsyn på 1/1000, og F3 gjeld for byggverk for spesielt sårbare grupper, eller med kritiske samfunns- og beredskapsfunksjonar, som sjukeheimar og sjukehus. Også for S3/F3 kan det vurderast å redusere tilhøyrande uteareal for dei aktuelle bygningane til S2/F2, sidan eksponeringstida og derfor risikoen for personar som held seg utandørs er lågare.



**Figur 18:** Prinsippkisse for tryggleiksklassar og faresoner. I det raude området vil det gå «årvisse» skred med ei sannsynleg hyppigheit høgare enn 1/100. «Hundreårsskredet» vil derfor i teorien stanse ved nedre grense av denne sona. Bygg i tryggleiksklasse 1 (S1) kan derfor plasserast utanfor dette området utan at ein treng sikringstiltak. Tilsvarande gjeld for bygg i S2 og S3 som må plasserast utanfor nedre grense for respektivt «tusenårsskred» og «femtusenårsskred».





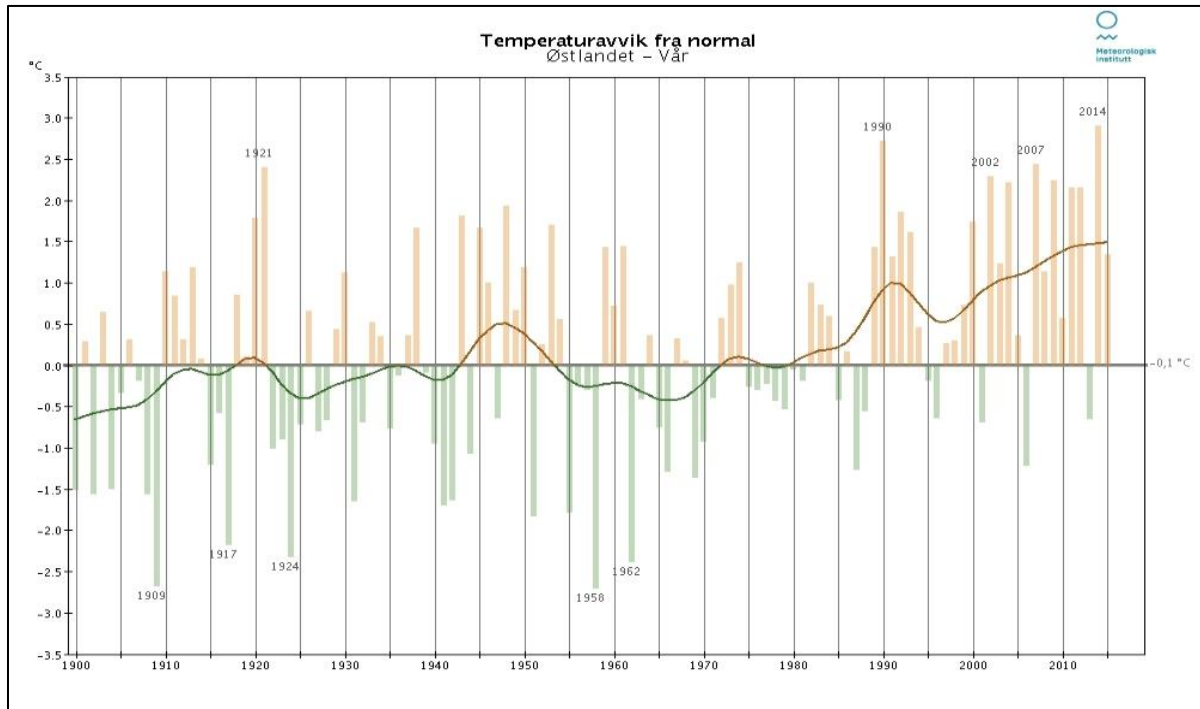
**Figur 19:** Figuren viser tryggleiksklassar og faresonar for flaum. Desse følgjer same prinsippet som for skred, men ein tillèt her noko høgare nominelt årleg sannsyn. I F3 ligg bygg som har kritiske samfunns- og beredskapsfunksjonar.

Som Figur 18 og Figur 19 viser er det talet på personar som normalt vil opphalde seg i eit hus, som avgjer krav til tryggleiksklasse. For enkelte typar bygningar krev lovverket at det ikkje skal vere sannsyn for skred eller flaum i det heile teke. Dette gjeld til dømes sjukehus eller bygningar der ein produserer og lagrar miljøfarlege kjemikaliar.

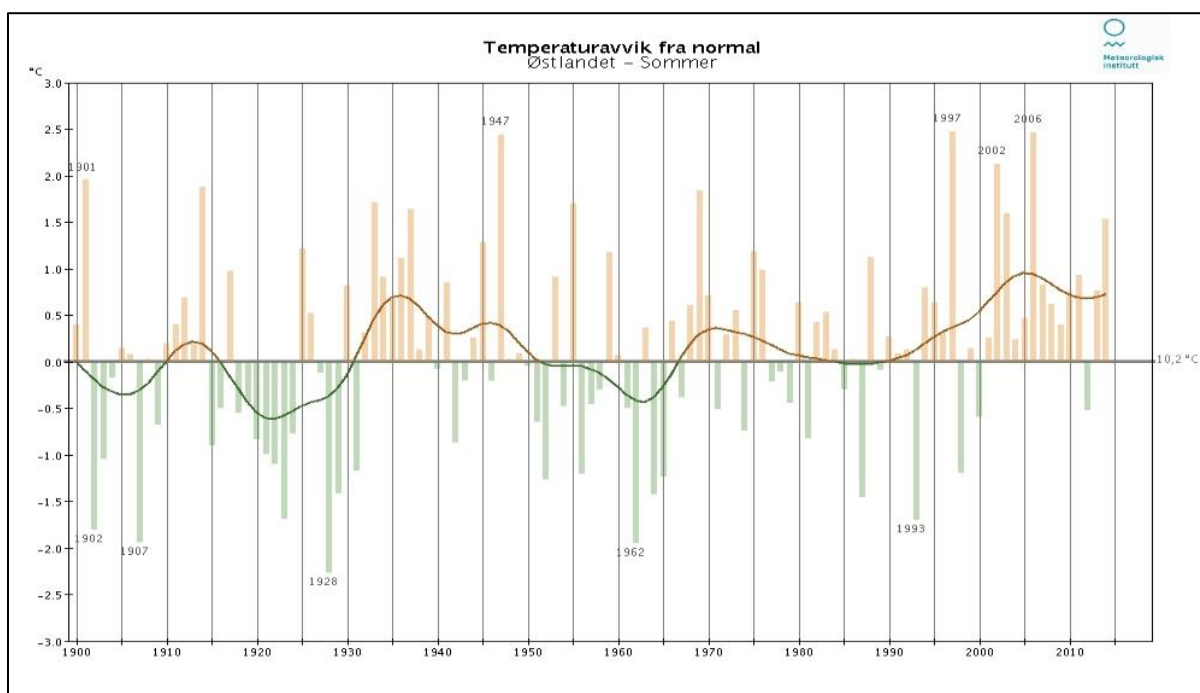
## VEDLEGG II – KLIMA

### Klimastatistikk

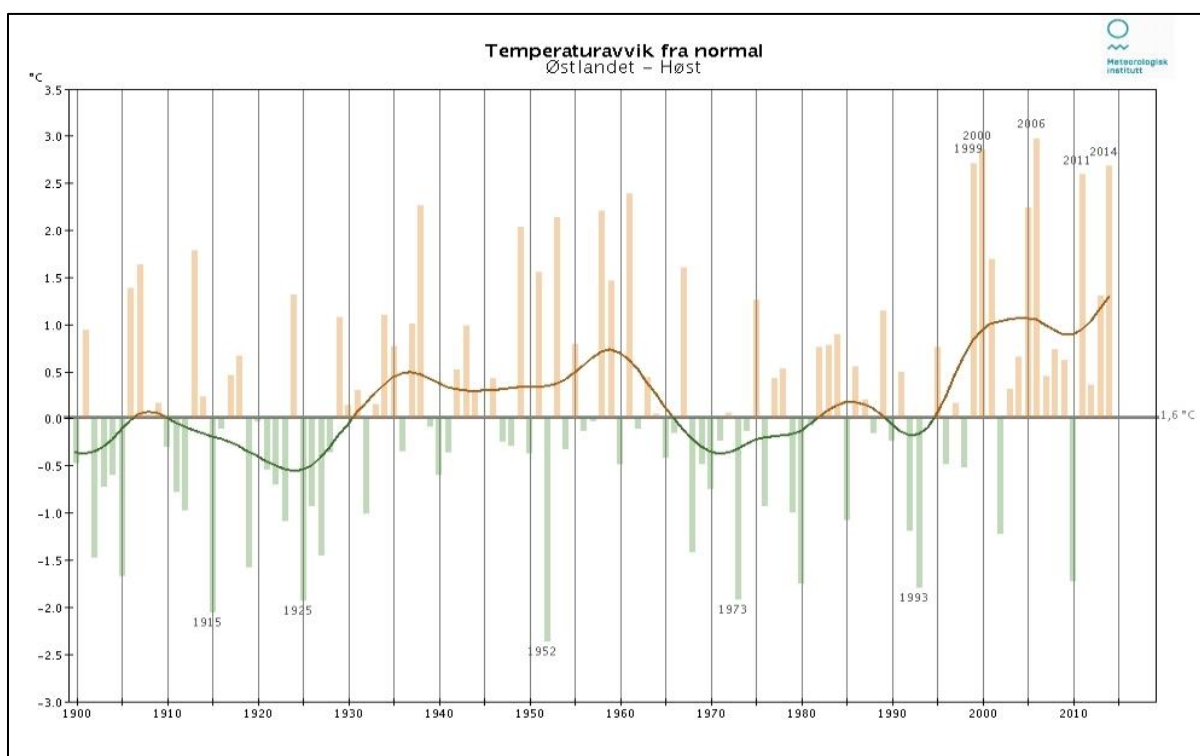
Nedanfor følger Meteorologisk institutt sin klimastatistikk for Austlandet, frå 1900 til 2014.



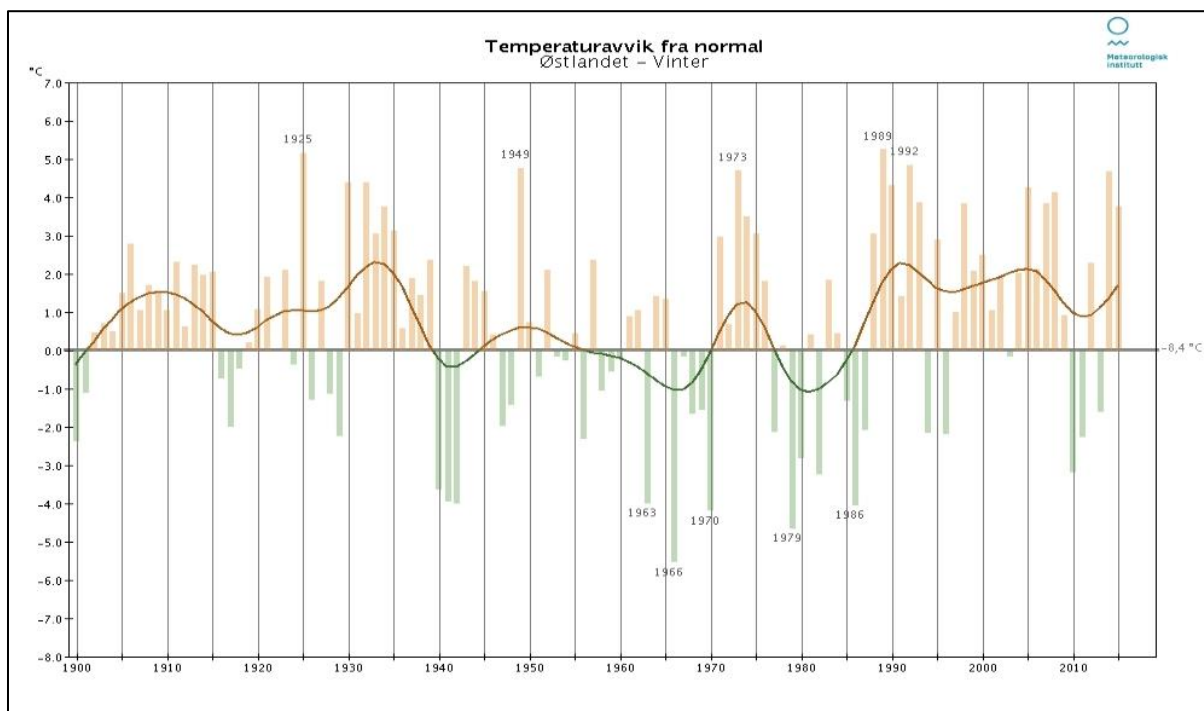
**Figur 20:** Vårtemperaturen på Austlandet 1900-2014. Denne har stige sidan 1980. Dei varmaste vårane var i 1921, -90, -02, -07 og -14. Kjelde: Meteorologisk institutt.



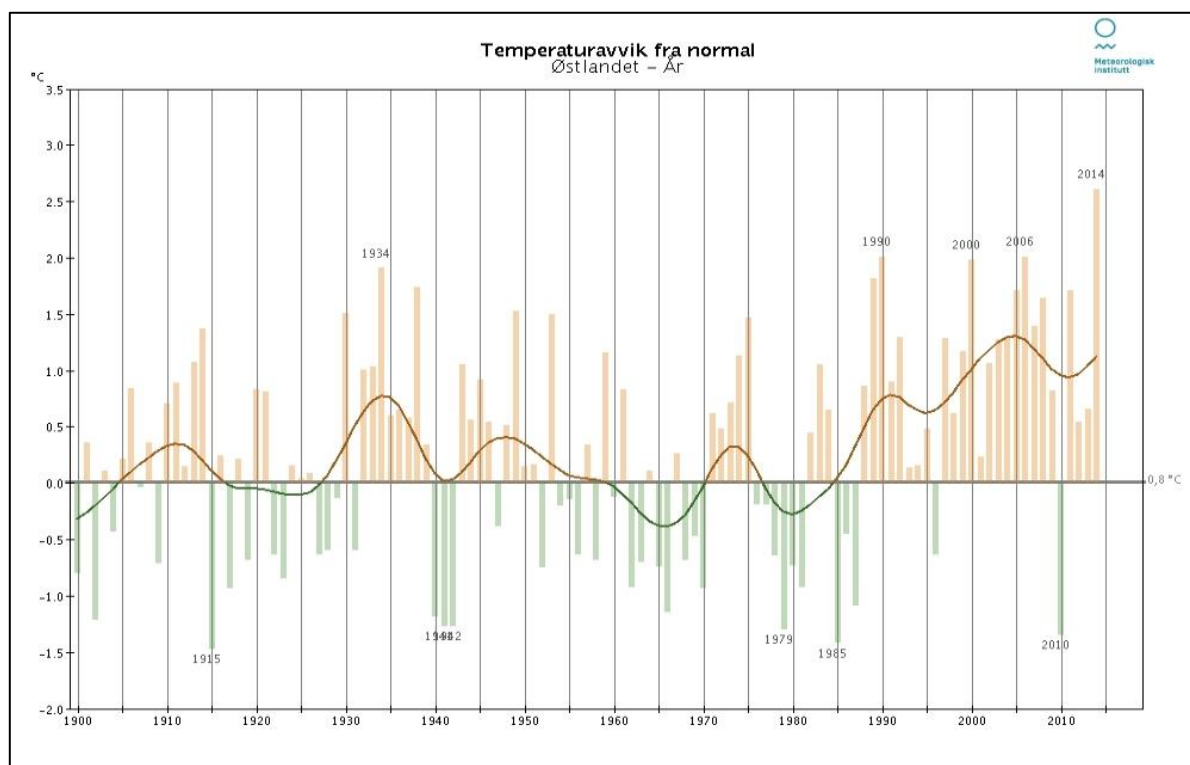
**Figur 21:** Sommertemperaturen på Austlandet 1900-2014. Dei varmaste sommarterperaturane var på 1930- og 40-talet (1947 var det varmaste året) og etter 1995. Dei varmaste åra var 1997, 2002 og 2006. Dei kaldaste somrane var i 1902, 1907, 1928, 1962 og 1993. Kjelde: Meteorologisk institutt.



**Figur 22:** Hausttemperaturen på Austlandet 1900-2014. Haustane var generelt kjølege tidleg på 1900-talet, med ein periode tidleg på 1920-talet som den kaldaste. Frå 1933 til 1966 var hausttemperaturane over normalen, medan haustane var kjølege på 1970-talet. Etter 1999 har det vore fleire milde haustar, t.d. i 1999, 2000, 2006, 2011 og 2014 Kjelde: Meteorologisk institutt.

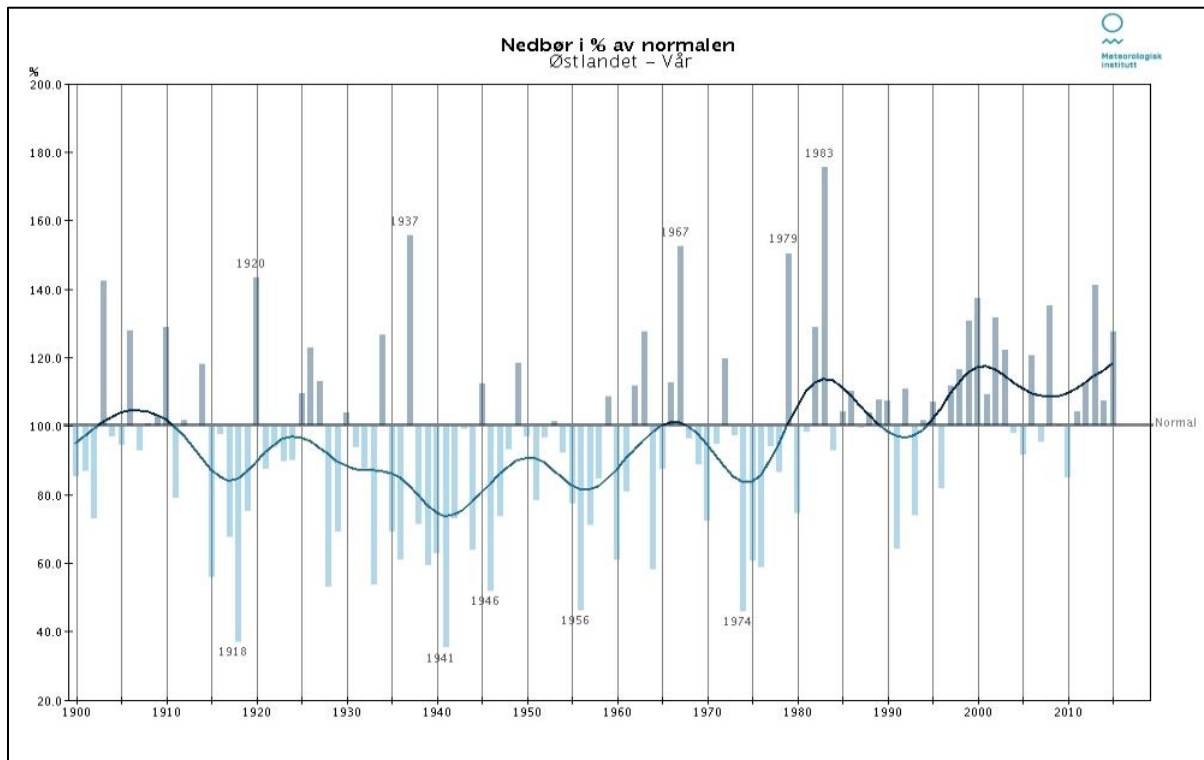


**Figur 23:** Vintertemperaturen på Austlandet 1900-2014. Når det gjeld vintertemperaturen på Austlandet, var det generelt milde vintrar rundt 1910 og gjennom store deler 1930-talet. Dei fyrste vintrane på 1940-talet var derimot uvanleg kalde. Det var fleire kalde vintrar i perioden 1955-1970 og 1977-1987. Milde vintrar var det på byrjinga av 1970-talet og slutten av 1980- og byrjinga av 1990-talet Dei kaldaste åra var 1963, 1966, 1970, 1979 og 1986. Det var milde vintrar i 1925, 1949, 1973, 1989 og 1992. Kjelde: Meteorologisk institutt.

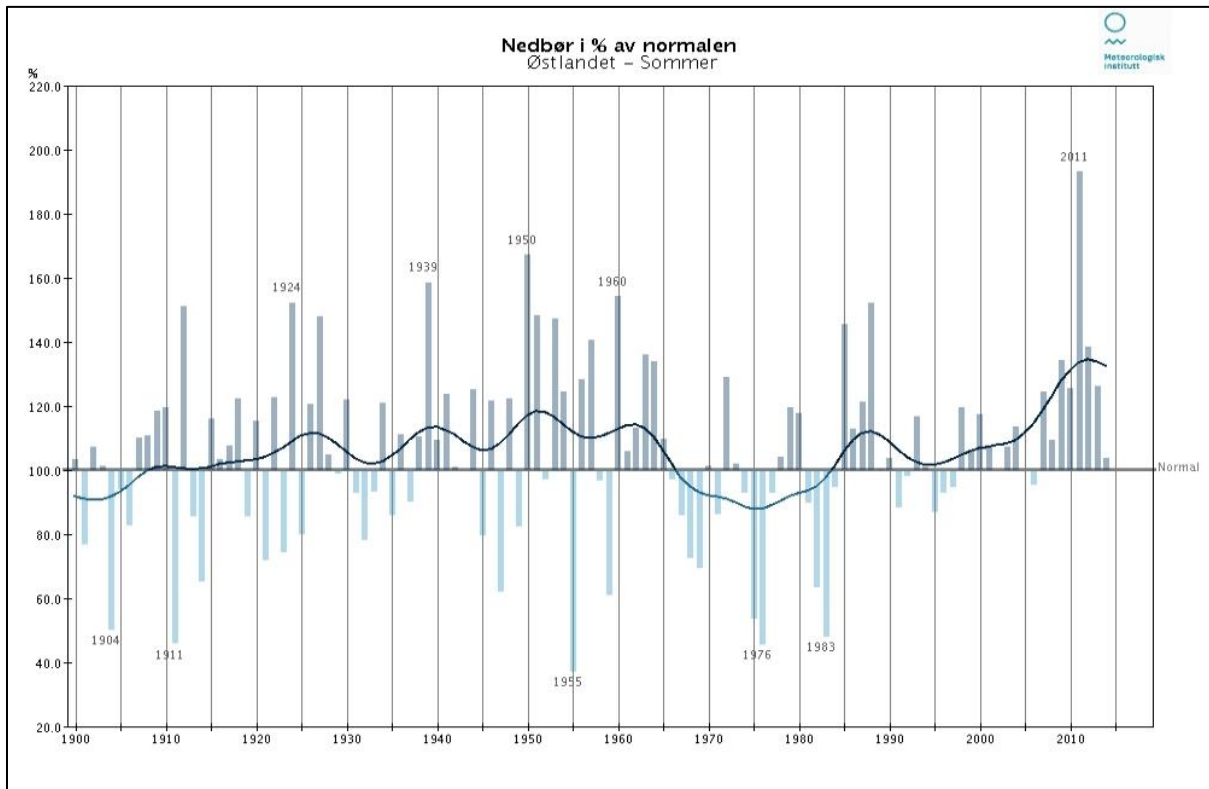


**Figur 24:** Årsmiddeltemperaturen på Austlandet 1900-2014. Målingar frå Austlandet syner at årsmiddeltemperaturen var over normalen i periodane 1906-1915, 1929-1939, 1944-1960, 1970-1976 og etter 1987. Den varmaste perioden har vore etter

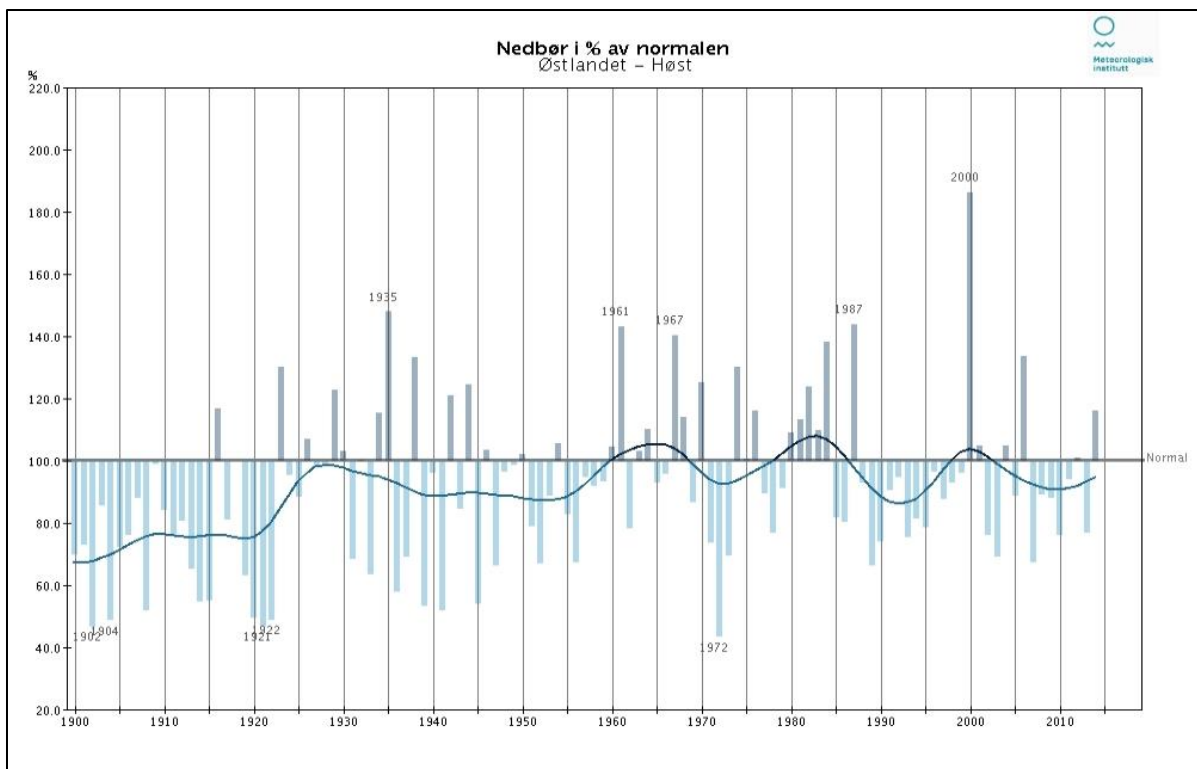
2000 og det varmeste året var i 2014, då årsmiddeltemperaturen var 2,5°C over normalen. Dei kaldaste åra sett under eitt var 1915, 1941, 1942, 1979, 1985 og 2010. Kjelde: Meteorologisk institutt.



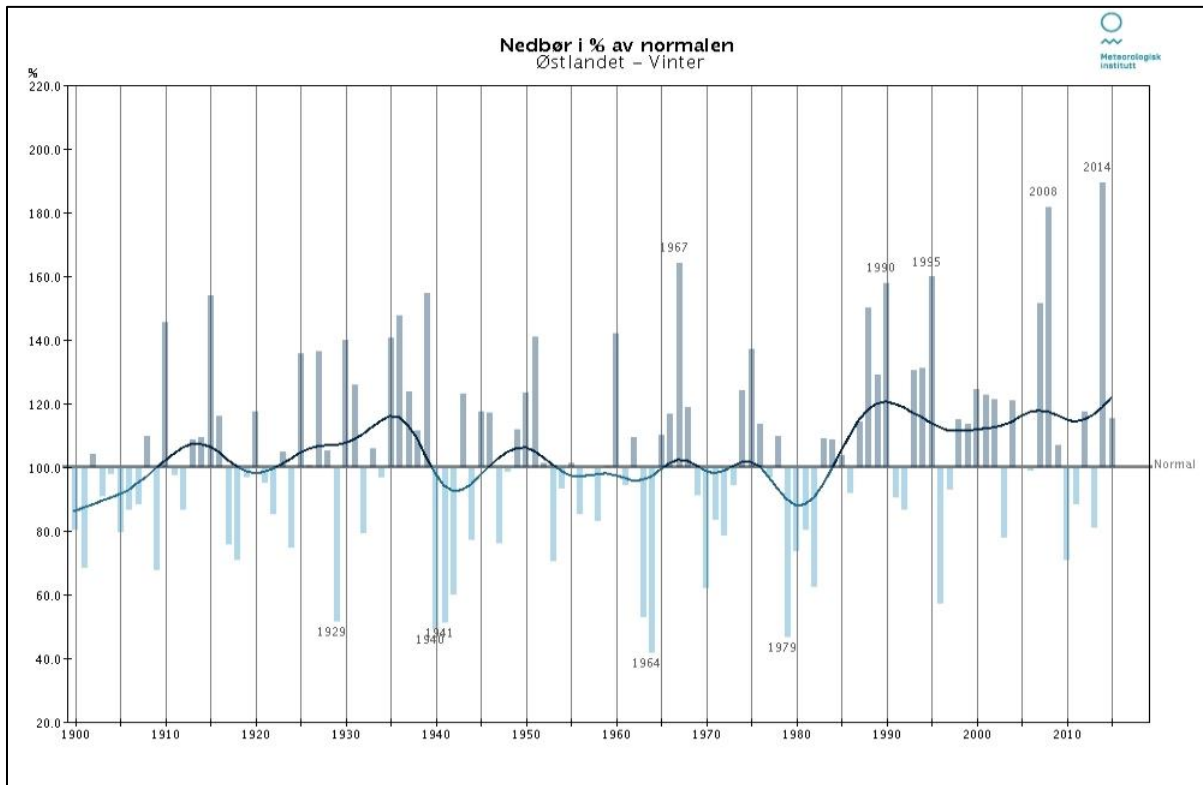
**Figur 25:** Vårnedbøren på Austlandet 1900-2014. Ein legg merke til dei nedbørsfattige vårane på 1920- 1930- og 1940-talet. Dei våtaste vårane var i 1920, 1937, 1967, 1979 og 1983. Kjelde: Meteorologisk institutt.



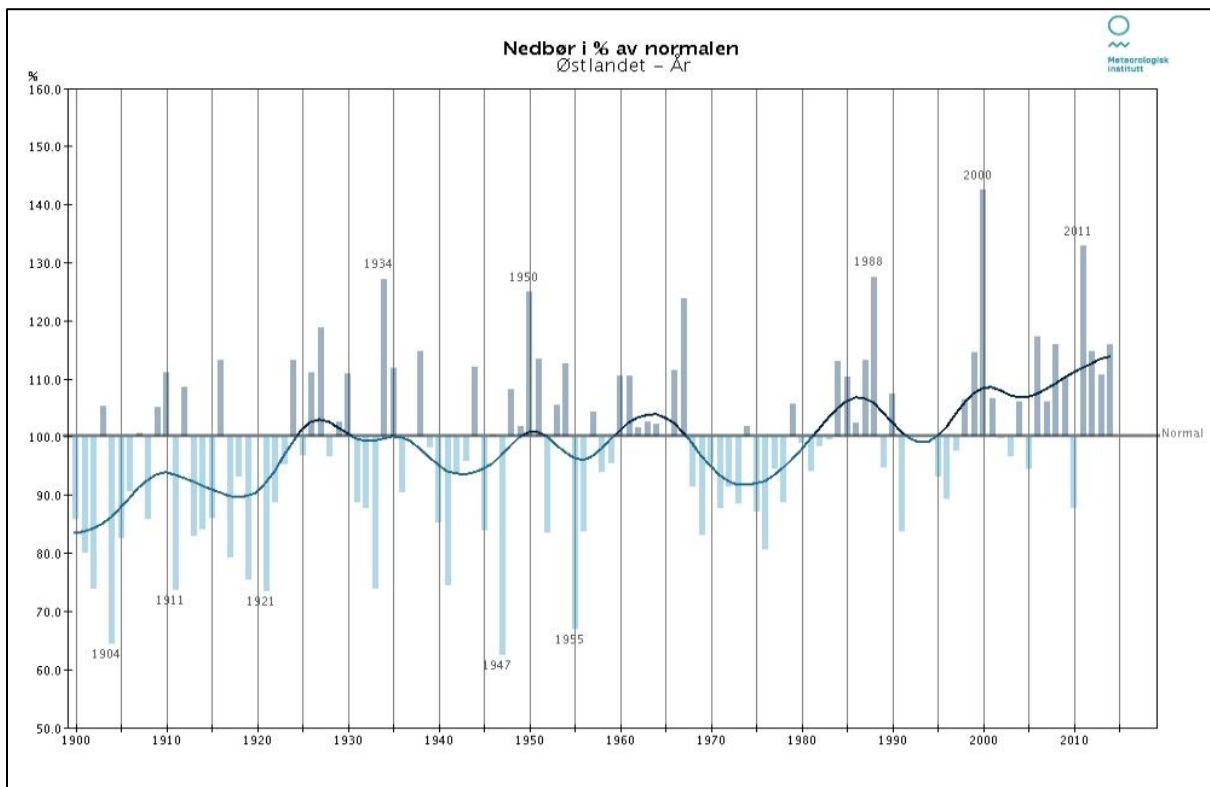
**Figur 26:** Sommarnedbøren på Austlandet 1900-2014. 1904, 1911, 1955, 1976 og 1983 skil seg ut med tørre somrar, medan 1924, 1939, 1950, 1960 og 2011 skil seg ut med våte somrar. Kjelde: Meteorologisk institutt.



**Figur 27:** Haustnedbøren på Austlandet 1900-2014. Frå 1900 til byrjinga av 1960-talet var det svært nedbørsfattige haustar. 1925, 1961, 1967, 1987 og 2000 skil seg ut med våte haustar. Kjelde: Meteorologisk institutt.



**Figur 28:** Vinternedbøren på Austlandet 1900-2014. Frå slutten av 1980-talet til i dag har det generelt vore våte vintrar, med 2014 som våtaste vinter. Kjelde: Meteorologisk institutt.



**Figur 29:** Årsnedbøren på Austlandet 1900-2014. Årsnedbøren har auka med rundt 20 prosent frå 1900 til i dag. Dei mest nedbørsrike åra var 1934, 1950, 1988, 2000 og 2011. Dei mest nedbørsfattige åra var 1904, 1911, 1921, 1947 og 1996. Ser ein på sesongnedbøren, viser datasettet store mellomårlege og sesongmessige variasjonar. Kjelde: Meteorologisk institutt.

## VEDLEGG III – MODELLERING AV SKREDFARE

Til å modellera utløpslenger og utbreiing av snøskred har vi nytta snøskredmodulen til RAMMS. Programvara gjev todimensjonal modellering av snøskred i tredimensjonalt terreng, og er utvikla i Sveits.

Som kartgrunnlag har me nytta terrengmodell baser på laserskannig og denne er justert til ei oppløysing på 5 m for å ta omsyn til at det er snø i terrenget når eventuelle snøskred skjer.

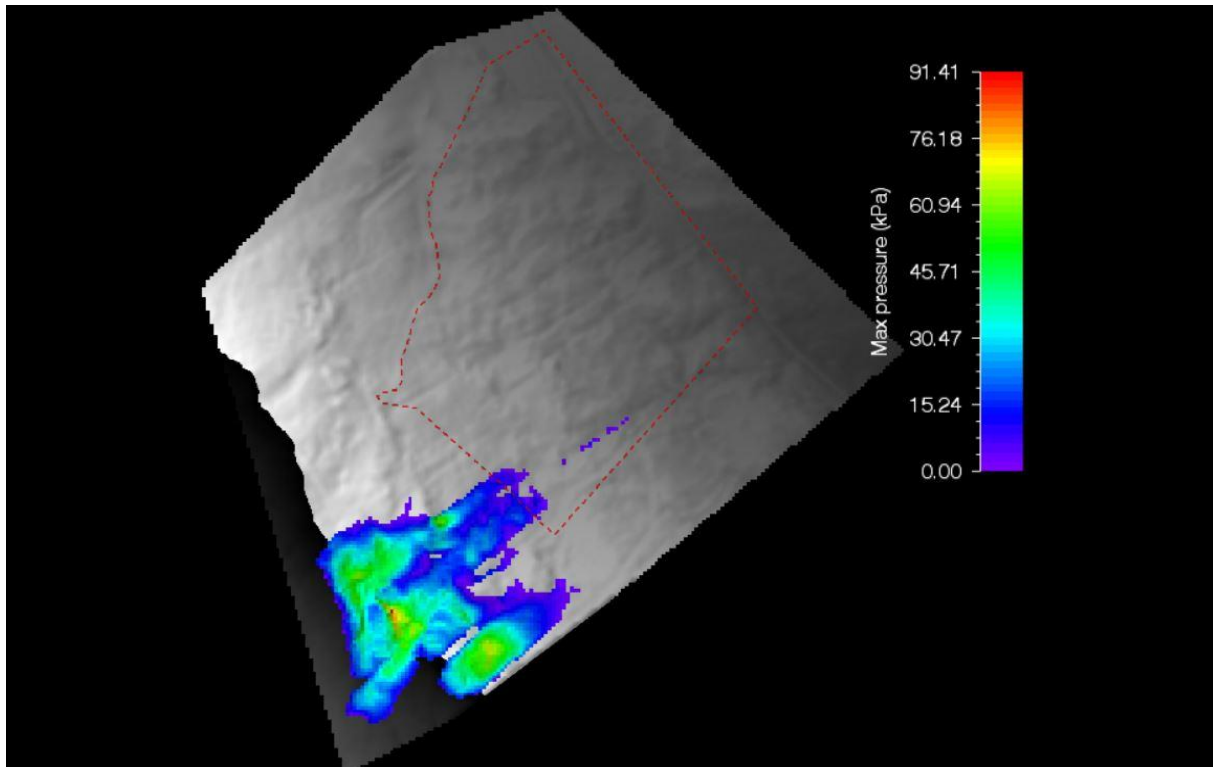
Klimastatistikken viser at ein kan forventa å få 39 mm og 60 mm nedbør med 1000-års returintervall for høvesvis 1- og 3- døgnsnedbør om vinteren. Ein mm nedbør som regn svarar typisk til ein cm nedbør som snø. Vi har vald å variera brothøgde mellom 1,0 – 1,5 m, for å ta omsyn til snøakkumulasjon med vind, usikre returintervalldata og også for å ta høgde for klimastatistikken med tanke på målt snødjupne i området. Kjeldeområda er vald ut i frå terrenganalyse i GIS. Vi har simulert både med og utan skog i området mellom det kartlagde området og kjeldeområdet, og brukt RAMMS sine eigenskapar for skog. Tabell 6 viser parametraner som er nytta i modelleringane.

Resultata er vist i Figur 30, Figur 31 og Figur 32 og viser at endring i brothøgde frå 1,0 til 1,5 ikkje påverkar utløpet i særleg grad. Det er val av friksjonsparametrar som har mest å seie for utløpssona til snøskred. Ved å leggja inn skog mellom losneområde og planområde vert utløpssona og skadepotensialet til snøskred redusert.

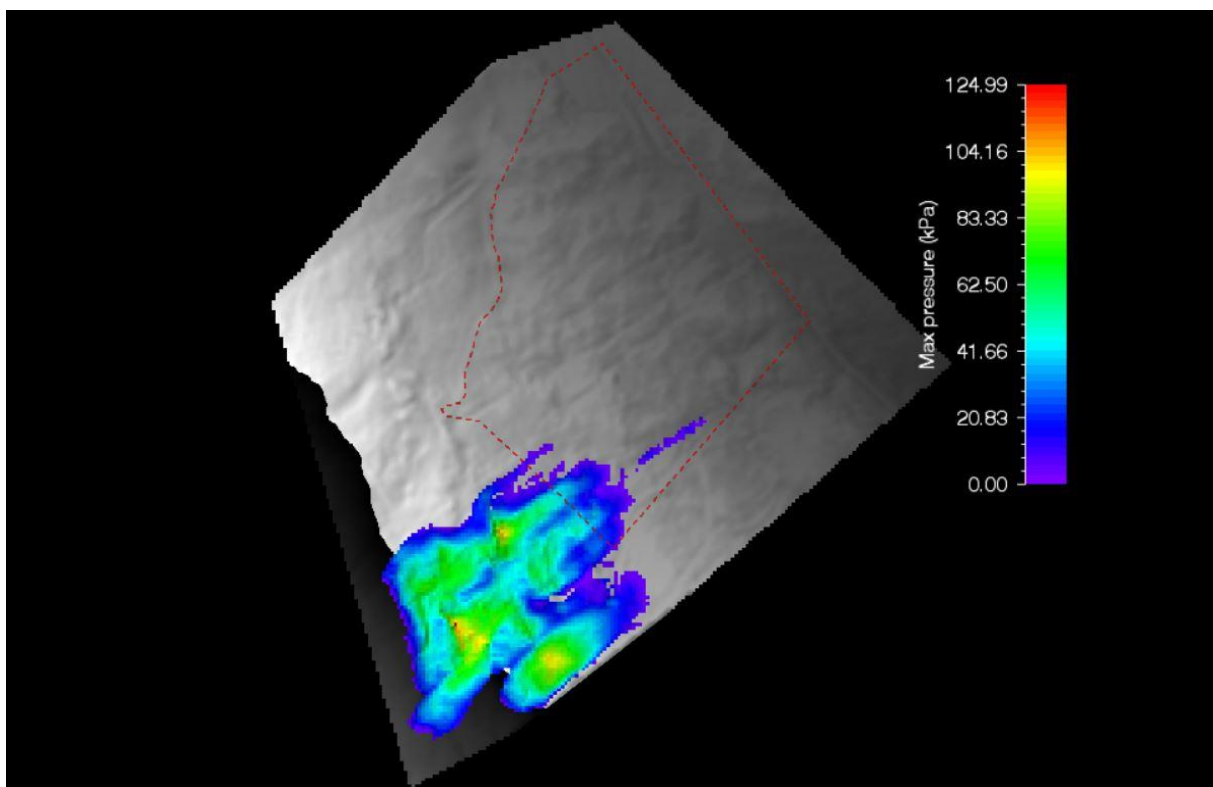
*Tabell 6: Oversikt over parametrar som er nytta i simuleringane*

<b>Storleik</b>	<b>Returperiode (år)</b>	<b>Brothøgde (m)</b>	<b>Oppløysing terrengmodell (m)</b>	<b>Volum (m<sup>3</sup>)</b>
S/M/L	300	1,0 – 1,5	5	8000 - 14300

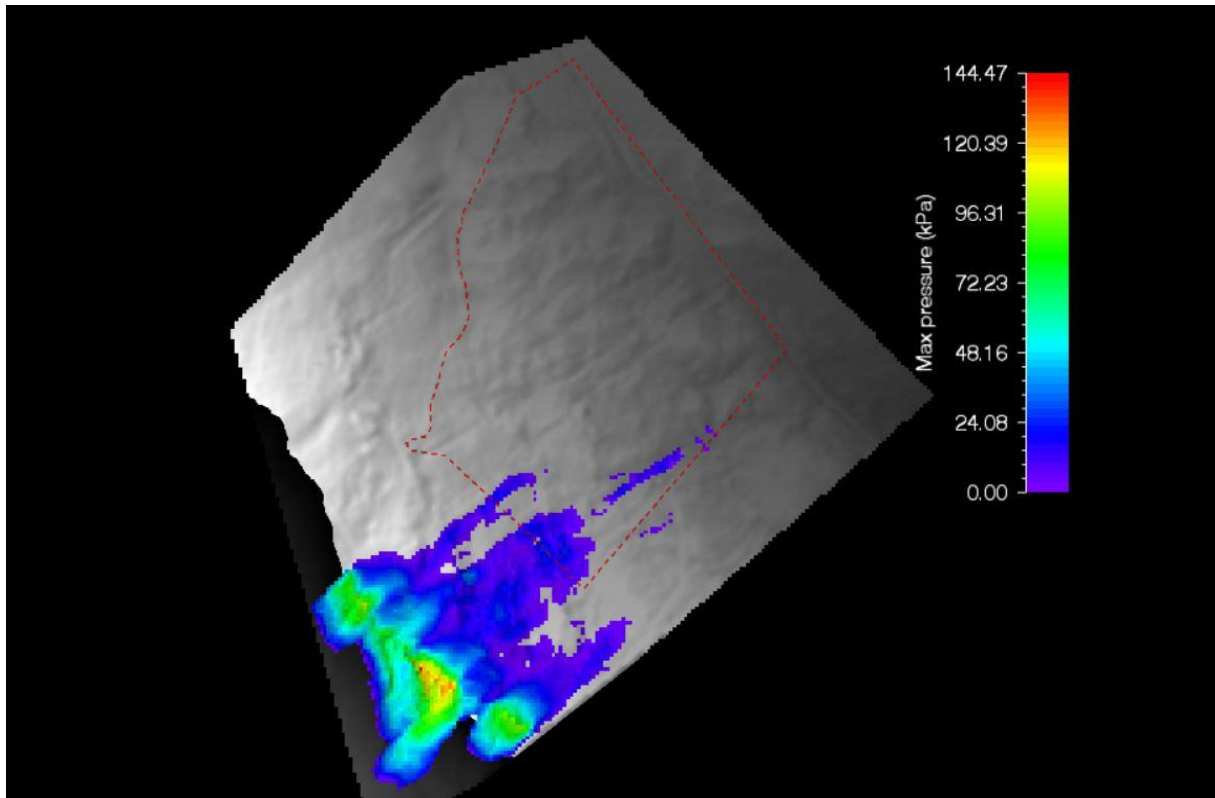




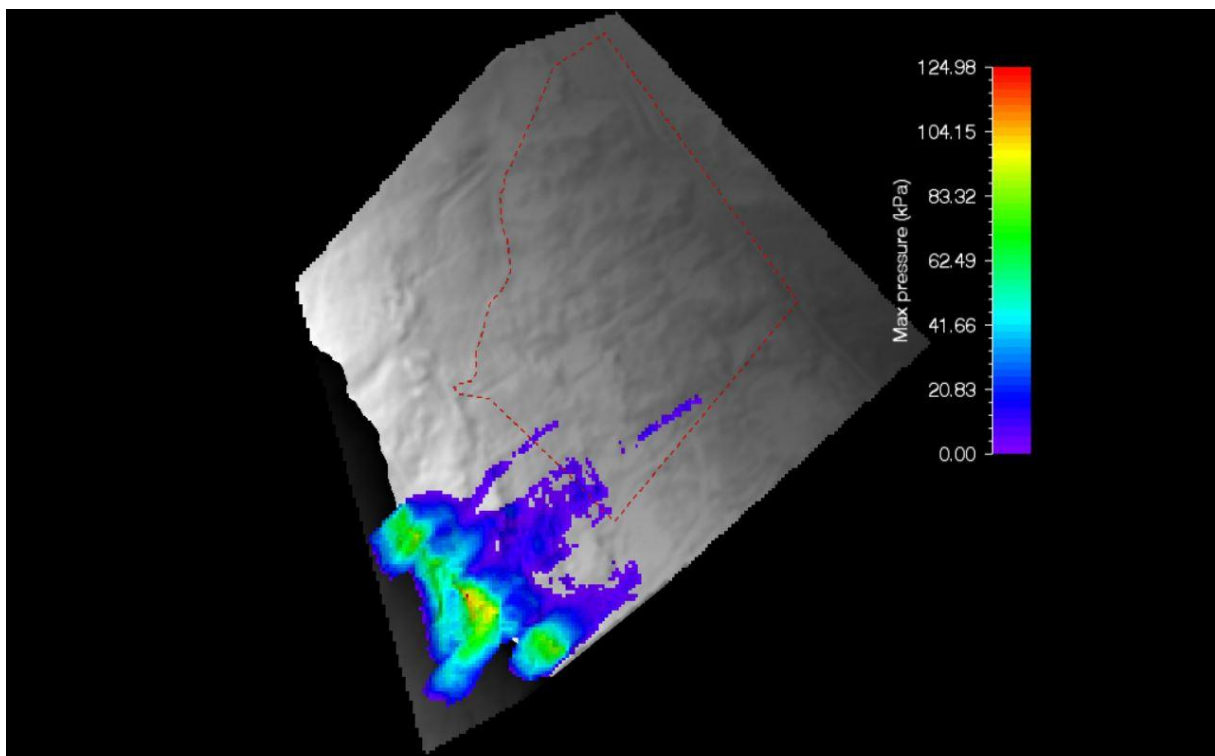
**Figur 30:** Resultat frå snøskredmodulen til RAMMS. Det er simulert for lite snøskred med 300 års returinterval på terrenngmodell med 5 m oppløysing og brothøgð 1,0 m, frå 5 kjeldeområde. Den stipla linja markerer planområdet. Simuleringa tar ikkje omsyn til skog.



**Figur 31:** Resultat frå snøskredmodulen til RAMMS. Det er simulert for middels snøskred med 300 års returinterval på terrenngmodell med 5 m oppløysing og brothøgð 1,5 m, frå 5 kjeldeområde. Den stipla linja markerer planområdet. Simuleringa tar ikkje omsyn til skog.



**Figur 32:** : Resultat frå snøskredmodulen til RAMMS. Det er simulert for stort snøskred med 300 års returinterval på terrenngmodell med 5 m oppløysing og brothøgnd 1,5 m, frå 6 kjeldeområde. Den stipla linja markerer planområdet. Simuleringa tar ikkje omsyn til skog.



**Figur 33:** Resultat frå snøskredmodulen til RAMMS. Det er simulert for middels snøskred med 300 års returinterval på terrenngmodell med 5 m oppløysing og brothøgnd 1,5 m, frå 6 kjeldeområde. Den stipla linja markerer planområdet. Simuleringa tar omsyn til skog.

## VEDLEGG IV – GENERELT OM DEI ULIKE SKREDTYPANE

### Lausmasseskred

Dei fire skredtypane jordskred, massestraum, flaumskred og flaum kan alle klassifiserast som lausmasseskred og vert skjønsmessig definert ut frå aukande vassinnhald. Jordskred kan i teorien vere heilt tørre og flaumar kan i teorien førekome utan innhald av sediment.

Jordskred er massar av stein, grus, sand og jord med varierende innhald av vatn som kjem i rørsle. Dei vert normalt utløyst i skråningar med ein gradient over  $30^\circ$ , men i områder utan skog kan det utløysast jordras i skråningar ned mot  $25^\circ$ . Jordras opptrer i fjellsider med større eller mindre lommer av lausmassar. Det er mange faktorar som kan bidra til at lausmassane i ei fjellside vert ustabile slik at rasfaren aukar. Ein del prosessar er naturlege, slik som forvitring, som gjer det øvste jordlaget lausare, men menneskelege inngrep kan også i stor grad påverke jordsmonnet sin stabilitet. Dømer på det siste er:

- 1) Flatehogst (tap eller svekking av vegetasjon kan også oppstå naturleg. Dette vil vere uheldig fordi røter ofte bidreg til å halde lausmassane på plass)
- 2) Overbeiting
- 3) Vegbygging
- 4) Drenerings-, grave- og sprengingsarbeid

Alle dei nemnde elementa kan føre til svekking av lausmassane si styrke, men som regel må det ei ekstra belastning til for å utløyse ras. Jordskjelv kan utgjera ei slik belastning, men dette er ikkje rekna som ein stor fare i Noreg og på Vestlandet, som ligg over 1000 km frå næraste store tektonisk aktive område. Berre mindre jordskjelv påvisast regionalt i Sør-Noreg, men desse har vist seg å ha liten eller ingen påverknad på utløysing av skred. Ein meir reell belastning kjem av stor tilføring av vatn i form av regn, smeltevatn med ekstrem avrenning og auka tilsig av grunnvatn (<http://www.ngi.no>).

Massestraum er ei rask masserørsle med mykje vatn som vert utløyst i kløfter og bekefar. Flaumskred er eit liknande fenomen, men har eit høgare innhald av vatn enn massestraumar. Hastigheita på begge desse skredtypane kan vere svært høg, og dette gjer at dei kan verte svært øydeleggande. Massestraumar og flaumskred er føresaka av store mengder overflatevatn grunna ekstreme nedbørsmengder eller rask snøsmelting, som eroderer og mobiliserer lausmassar og/eller blokker i bratte skråningar (Highland og Bobrowsky, 2008).

### Skred frå fast fjell

Skred frå fast fjell kan sorterast i tre kategoriar:

- 1) Fjellskred: Bergmassar over  $100\,000\text{ m}^3$ , som losnar frå fjellsider.
- 2) Steinskred: Bergmassar på  $100\text{-}100\,000\text{ m}^3$ , som losnar frå fjellsider.
- 3) Steinsprang: Bergmassar under  $100\text{ m}^3$  som losnar frå fjellsider.

Steinskred treng ikkje nødvendigvis å losne berre frå fast fjell. Også lause enkeltblokker som ligg i urer og lier kan rase vidare dersom dei vert utsett for ein ny og/eller annan utløysingsmekanisme. Steinskred- og steinsprangvifter har vanlegvis ein rasvinkel på omlag 40-45°. Det vil seie at bergskrentar og lausmasseskråningar normalt må vere steilare enn 45° for at steinskred eller steinsprang kan førekome.

Utløysingsmekanismar for steinsprang er kraftig nedbør som aukar porevasstrykket, eventuelt rotsprenging og rotvelte, samt frostsprenging der vatn fryser til is i sprekkar og utvidar seg og dermed sprengjer laus blokker når isen smeltar igjen. Den mest effektive temperaturen for frostsprenging er mellom -3 °C og -5 °C (Terzaghi, 1962). Termisk ekspansjon er ein annan mogleg årsak. Når fjellet vert varma opp utvidar det seg, og for kvar gong det så avkjøler seg att flyttast blokka litt, til den til slutt fell ut.

## **Snøskred**

Ein skil vanlegvis mellom to ulike typar snøskred; lausnøskred og flakskred. I tillegg førekjem sørpeskred, der porene i snøen er fylt med vatn, og desse har difor andre eigenskapar enn eit vanleg snøskred.

Snøskred førekjem i bratt terreng med hellingar større enn 30° og utan tett skog. Dei fleste snøskred inntreff med hellingar mellom 30 og 45°. Terreng som er utsett for snøskred er område som ligg i le for vinden og har former som samlar snø. Dette gjeld for eksempel større botnar, opne skåleformer og innsøkk, bratte elvegjel og skar. Svaberg og konvekse parti, altså område med strekkespenningar i snøen, er også utsette. Snødekket vert ustabil ved 2 mm nedbør (tilsvarar 2 cm snø) per time. Om det er mindre enn 2 mm nedbør per time vil snøkrystallane normalt sintre og feste seg etter kvart som dei fell. Ved 50 cm snø byrjar terrengdekket å verte utjamna slik at friksjonen mot terrenget vert nedsett.

Som regel må ein ha ei helling på over 45° for at eit lausnøskred skal verte utløyst (Lied & Kristensen, 2003). Slike skred vert ofte utløyst under, eller rett etter eit intenst snøfall i bratt terreng. Då vil snødjupna auke så raskt at snøkrystallane lenger nede i snødekket kollapsar og kjem i rørsle. Solskin og regn kan også vere ein utløysande faktor for slike skred. Dei startar alltid frå eit punkt og breiar seg utover og nedover i ei skråning, samtidig som stadig meir snø vert dratt med i skredet.

Flakskred inntreff i lagdelt snø der større eller mindre flak av for eksempel fokksnø glir ut samstundes langs eit underliggande svakare lag i snøpakken (Lied & Kristensen, 2003). Det svakare laget kan vere begerkrystallar som vert danna i kaldt vær, rimlag, nysnø eller hagl. I flakskred finn ein alltid eit fastare snølag øvst, som glir ut langs eit lag definert som glidesjikt med mindre styrke. Glidesjiktet ligg igjen over eit fastare lag som kallast eit glideplan. I enkelte tilfeller kan bakken sjølv utgjere glideplanet.

Faren for utløysing av skred aukar med tilveksten av nysnø, og sannsynet for skred er større ved raskare akkumulasjon. I tillegg er vindstyrke og -retning viktige faktorar, samt det faktum at vindtransportert snø vanlegvis utgjer den største delen av snøakkumulasjonen. Ein annan viktig faktor er temperatur. Rask temperaturstiging gjev ustabil snødekke på grunn av nedsett

fastleik i snøen. Lange kuldeperiodar gjev gode vilkår for danninga av begerkrystallar. Slike skred kan utløysast i områder der hellinga på terrenget er over 30° (Lied & Kristensen, 2003). Under uvanlige vêrforhold kan denne type skred verte utløyst i slakare hellingar.

### **Sørpeskred**

Dette er skred med ei blanding av snø og vatn. Slike skred kan utløysast på hellingar heilt ned mot 4°. Det er fjellsider vendt mot framherskande vindretningar som er mest utsette. Det er i desse fjellssidene ein får mest nedbør, og fordi varmetilføringa frå lufta her er størst, får ein den mest intense snøsmeltinga. Slike skred vert utløyste av høgt vasstrykk i snødekket og tilføringa av vatn overstig då avrenninga. Det skal mykje vatn til for å utløyse sørpeskred, og dei vert ofte utløyste under intense nedbørsperiodar saman med snøsmelting. Nysnø eller grovkorna lauspakka snø er mest utsett då desse absorberer mykje vatn (Lied & Kristensen, 2003).

Om ein har fjellgrunn, is eller frosen grunn under snøen, får ikkje vatnet drenere vekk, noko som aukar faren for sørpeskred. Kraftig regn kan også føre til sørpeskred til alle tider på vinteren. Faren er derfor spesielt høg i områder der regn er vanleg gjennom vinterhalvåret, slik som på Vestlandet. Bekkeløp og grunne forseinkingar er dei mest vanlege startområda for sørpeskred, men også myrer, dreneringskanalar, innsjøar og opne skråningar er potensielle utløysingsområde (Hestnes, 1998).