

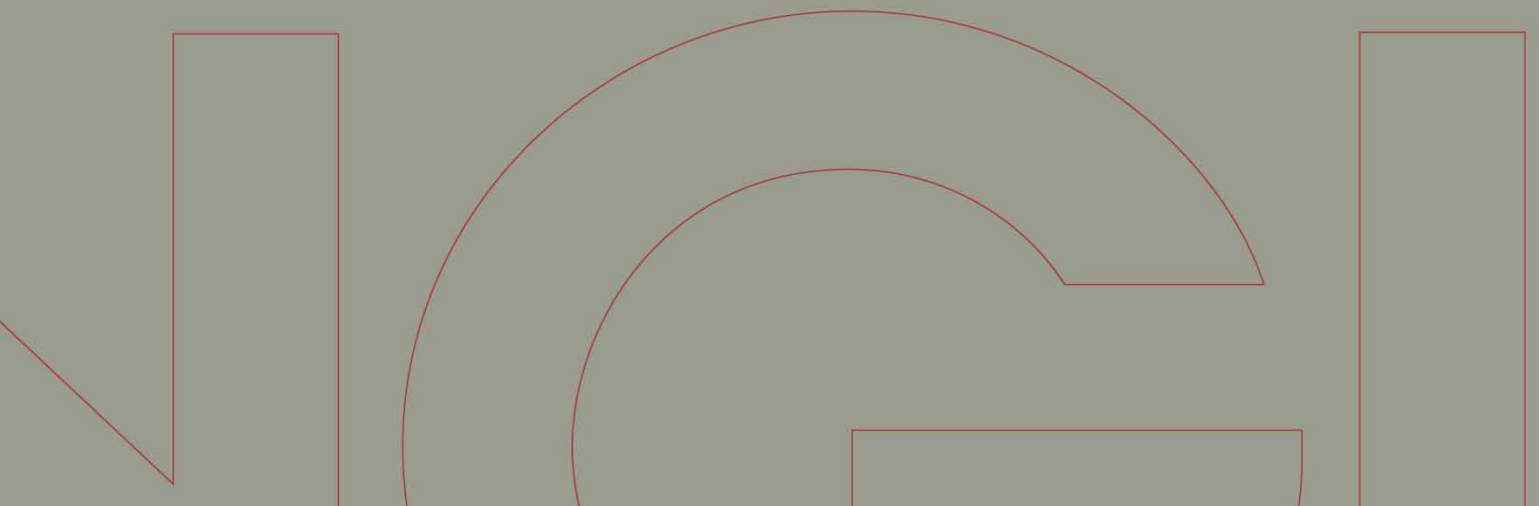


Rapport / Report

Breiset vest, Fagernes, Nord-Aurdal

Faresoner for skred

20110723-00-3-R
15. desember 2011



Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autensiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGL.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGL.



Prosjekt

Prosjekt: Breiset vest, Fagernes, Nord-Aurdal
Dokumentnr.: 20110723-00-3-R
Dokumenttittel: Faresoner for skred
Dato: 15. desember 2011

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pircenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Nord-Aurdal kommune
Oppdragsgivers
kontaktperson: Knut Westerbø
Kontraktreferanse: E-post fra Knut Westerbø datert 2011-09-13

For NGI

Prosjektleder: Kalle Kronholm
Utarbeidet av: Kalle Kronholm
Kontrollert av: Øyvind Høydal

Sammendrag

Nord-Aurdal kommune ønsker å flytte brannstasjonen fra Fagernes sentrum til planområdet Breiset vest. I den forbindelse har NGI vurdert faren for skred mot planområdet. Kravene i lovverket gjør at vi har vurdert faresoner for skred med nominell årlig sannsynlighet på 1/1000 og 1/5000. Vurderingene er gjort på bakgrunn av en befaring, en analyse av klima i området, terrenyanalyse samt utløpsberegninger for de aktuelle skredtypene.

Den vestlige delen av planområdet er berørt av faresoner hovedsakelig forårsaket av steinsprang, men også jordskred. Den østlige delen av planområdet er berørt av faresoner forårsaket av steinsprang. Under forventet fremtidig klima forventer vi at skredfrekvensen i området vil øke litt eller holde seg på dagens nivå. Uansett vil menneskelige inngrep i terrenget ovenfor planområdet ha større konsekvenser for skredfrekvens enn effekten av forventede klimaendringer.

BS EN ISO 9001
Sertifisert av BSI
Reg. No. FS 32989

Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20110723-00-3-R

Dato: 2011-12-15

Side: 4

En detaljert vurdering av tiltak må gjøres i fase 2 i prosjektet, men vi vurderer at områdene kan frigjøres ved for eksempel å bygge en voll eller å installere steinsprangnett, samt å sørge for drenering i forbindelse med terrenginngrep.

Faresonene er vurdert ut ifra vegetasjonen under befaringen. For å opprettholde disse faresonene må det sikres at skogens tetthet samt gjennomsnittlig diameter på trær opprettholdes. Dersom skogen fjernes helt eller delvis vil snøskred være en meget aktuell problemstilling, og faresonen for snøskred vil berøre et større område i den vestlige delen av planområdet.

Innhold



Dokumentnr.: 20110723-00-3-R
Dato: 2011-12-15
Side: 5

1	Innledning	6
1.1	Tidligere vurderinger	7
1.2	Kartdata	7
1.3	Befaring	8
2	Krav til sikkerhet	8
2.1	Skred	8
2.2	Fjellskred med påfølgende flodbølge	9
3	Terreng og vegetasjon	9
4	Klima	10
4.1	Nedbør	11
4.2	Nedbør relatert til vindretning	12
4.3	Fremtidig klima	13
5	Skredfarevurdering	14
5.1	Vurderte skredtyper	14
5.2	Registrerte skredhendelser	15
5.3	Snøskred	15
5.4	Steinsprang	17
5.5	Jordskred	20
5.6	Fjellskred mot Sæbufjorden	20
5.7	Forventet effekt av klimaendringer på skredfrekvens	20
5.8	Faresoner for skred	21
5.9	Forslag til tiltak	21
6	Konklusjon	22

Vedlegg:

Kartbilag

Kart 1: Faresoner for skred med nominell årlig sannsynlighet på 1/1000 og 1/5000.

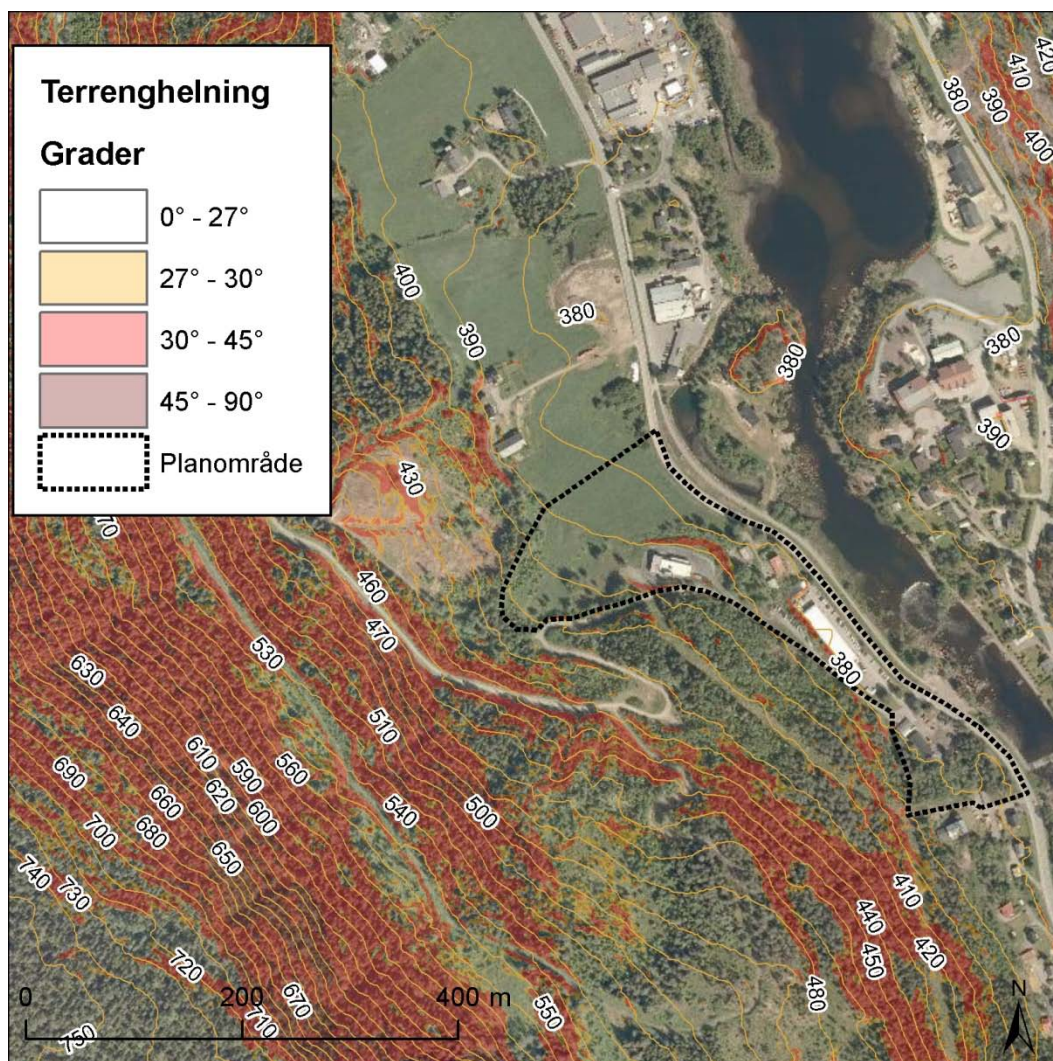
Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NGI har i oppdrag for Nord-Aurdal kommune gjennomført en vurdering av fare for skred og flom for reguleringsplanen Breiset vest (Figur 1, Figur 2). Anledningen er at kommunen ønsker å flytte brannstasjonen fra sentrum til planområdet. NGIs bidrag skal brukes som bakgrunn for en ROS analyse. Kommunen skal gjennomføre denne analysen og det vil derfor bli utarbeidet en rapport som beskriver hvordan man kan bruke innholdet i denne rapporten i ROS analysen. Denne rapporten beskriver vurderingene gjort i forhold til skred. En senere rapport beskriver faresoner for flom.



Figur 1: Oversiktskart med indikasjon av planområdet. Blå trekant indikerer plassering av klimastasjon 23160 Åbjørsbråten som er brukt til utarbeidelse av klimastatistikk.



Figur 2: Planområdet og terrengheldning for fjellsiden ovenfor planområdet.

1.1 Tidligere vurderinger

Planområdet ligger innenfor utløpsområdet i aktsomhetskartet for snøskred og deler av planområdet ligger innenfor utløpsområdet i aktsomhetskartet for steinsprang (kart.dsb.no). Det har ifølge våre opplysninger ikke tidligere vært gjennomført skredvurderinger innenfor planområdet.

1.2 Kartdata

Det er benyttet kartdata levert fra kommunen. Disse består av data fra FKB databasen inkludert høydekurver med 1 m koter. Fra dette kotegrunnet og fra enkelte punktbaserte høyder bygde vi en triangulert høydemodell og derfra en raster-basert digital terrengmodell (DTM) med 5 m celledimensjon. Helningsvinkel og utløpsberegninger er foretatt med denne DTM.

1.3 Befaring

Befaring i området ble foretatt 2011-09-26 av Øyvind Høydal og Kalle Kronholm, NGI. I forkant av befaringen var det møte med involverte i kommunen.

2 Krav til sikkerhet

Oppdragsgiver har opplyst at det planlegges å flytte brannstasjonen inn i planområdet. Krav til sikkerhet mot skred og flom er gitt i plan- og bygningsloven (PBL) samt tilhørende regelverk, blant annet Veiledning om tekniske krav til byggverk (TEK10).

2.1 Skred

Kravene til sikkerhet mot skred er beskrevet i TEK10, §7-3:

- (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 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde.

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	liten	1/100
S2	middels	1/1000
S3	stor	1/5000

Til første ledd er det beskrevet følgende (TEK10, §7-3(1)):

Kravet gjelder byggverk hvor konsekvensene av en skredhendelse vil være særlig stor og gi uakseptable konsekvenser for samfunnet. Hvilke byggverk som vil falle inn under denne bestemmelsen vil være avhengig av skredtype og størrelse samt skadefenomenets type.

Kravet gjelder for eksempel bygninger som har nasjonal eller regional betydning for beredskap og krisehåndtering, slik som regionsykehus, regionale/nasjonale beredskapsinstitusjoner og lignende.

Til andre ledd står det følgende for sikkerhetsklasse S3 (TEK10, §7-3(2)):

Sikkerhetsklasse S3 omfatter tiltak der konsekvensen av en skredhendelse er stor. I dette ligger det eksempelvis byggverk der det normalt oppholder seg anslagsvis

over 10 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 med tre enheter eller mer, boligblokker, brakkerigger, næringsbygg, større driftsbygninger, skoler, barnehager, lokale beredskapsinstitusjoner, overnattingssteder og publikumsbygg.

For bygninger som inngår i sikkerhetsklasse S3 kan det vurderes å redusere kravet til sikkerhet for tilhørende uteareal til sikkerhetsnivået som er angitt for sikkerhetsklasse S2 (1/1000), dersom dette vil gi tilfredsstillende sikkerhet for tilhørende uteareal. Momenter som må vurderes i denne sammenheng er eksponeringstiden for personer, antall personer som oppholder seg på utearealet, mv.

Dersom brannstasjonen er av nasjonal eller regional betydning skal den derfor ikke ligge innenfor skredutsatt område. Dersom brannstasjonen vurderes å være av lokal betydning kan den ligge innenfor skredfarlig område, men må tilfredsstillende kravene til sikkerhet mot skred i sikkerhetsklasse S3. Det vil si at den nominelle årlige sannsynlighet for skred må være mindre eller lik 1/5000 for bygg og tilhørende uteareal. For utearealet kan det vurderes å redusere kravet slik at nominelle årlige sannsynlighet for skred må være mindre eller lik 1/1000.

På bakgrunn av dette har vi vurdert faren for skred i planområdet og tegnet inn grenser for skred med nominell årlig sannsynlighet for skred på 1/5000 og 1/1000. Det vil være opp til kommunen å vurdere hvilke krav til sikkerhet som skal følges.

2.2 Fjellskred med påfølgende flodbølge

Fjellskred med påfølgende flodbølge (sekundærvirkning av skred) har spesielle unntak som er beskrevet i TEK10, §7-4. Vi har derfor også gjennomført en grov vurdering av faren for fjellskred med påfølgende flodbølge.

3 Terreng og vegetasjon

Beskrivelsen av terreng og vegetasjon bygger på observasjoner gjort under feltbefaringen, berggrunnskart og løsmassekart (www.ngu.no) samt den digitale terrengmodellen. En oversikt over det vurderte området er vist i Figur 2 og Figur 3.



Figur 3: Deler av fjellsiden over planområdet. Deler av fjellsiden med fjell i dagen er indikert med rødt.

Terrenget i og ovenfor planområdet går fra ca. kote 380 nederst ved Neselva og opp til omkring kote 770 mot toppen av Fodnesåsen. Nederst i planområdet fra kote 380 til kote 400 er terrenget relativt slakt og jordsmonnet består av et relativt mektig morenedekke. Mellom kote 400 og 420 blir terrenget gradvis brattere, morenedekket blir tynnere og det er relativ tett skog, hovedsakelig gran. Ovenfor den sørøstlige delen av planområdet er det en bratt skråning fra kote 420 til 470. Skråningen har en helning på 30-45° og er hovedsakelig bevokst med gran. Ovenfor den nordvestlige delen av planområdet ligger det en bratt skråning mellom kote 440 og kote 530. Helningen er stedvis over 45°. Skråningen er dekket av et tynt morenedekke og er bevokst med gran. Nedenfor den sørøstlige delen av skråningen har terrenget tydelige renner i fallretningen. Mellom kote 530 og kote 560 blir terrenget slakere, med helninger på rundt 30°. Det er et tynt morenedekke og hovedsakelig granskog. Mellom kote 560 og kote 700 blir terrenget igjen brattere, med helning stedvis over 45°. Her er det tynt morenedekke og i den sørøstlige delen av det bratte området er det enkelte tydelige forsenkninger med bart fjell (Figur 3). Nedenfor forsenkningene med bart fjell ligger en mindre ur. Fjellet består av sandstein og har en antatt tetthet på 2600 kg m⁻³.

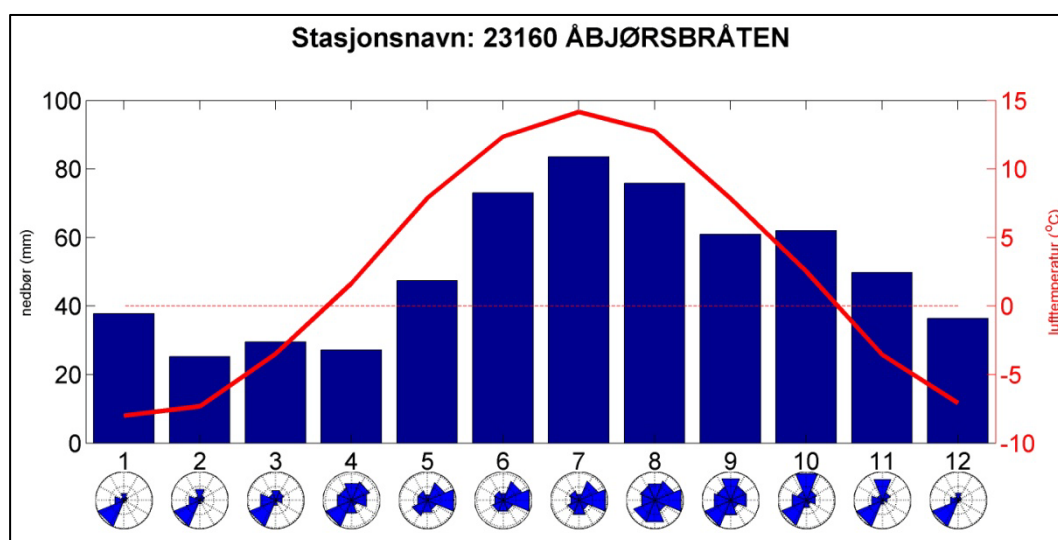
4 Klima

Klimastatistikk er utarbeidet for met.no stasjon 23160 Åbjørsbråten (639 m, i omtrent samme høyde som fjellsiden over planområdet) samt 23850 Tyinkrysset

(864 m). Åbjørsbråten ligger omtrent 8 km sørøst for planområdet (Figur 1) og har vært i drift fra 1954 til i dag. Stasjonen er trolig representativ for nedbør ved planområdet. Vindretningen ved stasjonen er mindre representativ for planområdet på grunn av terrengeffekter. For å få vindretninger som er mer representative for høydevind har vi benyttet data fra 23850 Tyinkrysset. Denne stasjonen har data fra 1989 til 1996 og ligger omtrent 60 km nordvest for planområdet.

4.1 Nedbør

Årsnedbør for stasjon 23160 Åbjørsbråten er 608 mm. Størstedelen av nedbøren kommer i sommerhalvåret (Figur 4). De fem høyeste verdier for nedbør på ett døgn er vist i Tabell 2. De fem største registrerte snødybder er vist i Tabell 3.



Figur 4: Nedbør, temperatur og vindretning per måned for Åbjørsbråten.

Tabell 2: De fem største verdier for registrert døgnnedbør for stasjon 23160 Åbjørsbråten.

	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des
1	23,0	24,8	17,2	16,4	40,2	59,1	81,7	68,1	40,5	55,0	50,5	18,0
	03.01. 1992	27.02. 1989	18.03. 1961	14.04. 1999	27.05. 1963	28.06. 1960	13.07. 1993	14.08. 1994	23.09. 2003	11.10. 2000	11.11. 1961	02.12. 2007
2	22,4	18,7	14,4	16,0	29,1	40,7	52,7	41,4	36,2	44,7	29,5	17,4
	25.01. 2009	07.02. 1961	12.03. 2008	30.04. 1964	29.05. 1984	24.06. 1964	20.07. 1968	01.08. 1989	08.09. 1958	10.10. 1964	08.11. 2000	22.12. 1967
3	17,6	15,3	13,9	15,4	27,7	37,1	39,5	37,1	34,2	35,2	25,8	15,5
	29.01. 1975	11.02. 1980	23.03. 1992	21.04. 1969	29.05. 2007	29.06. 1999	07.07. 2008	14.08. 2003	07.09. 1985	18.10. 1980	22.11. 2000	05.12. 1976
4	15,9	14,8	13,8	15,3	26,8	35,8	34,1	35,9	31,4	34,9	22,0	15,4
	15.01. 1989	04.02. 1993	28.03. 1972	08.04. 1982	29.05. 2002	07.06. 1995	20.07. 1985	09.08. 1963	03.09. 1955	12.10. 2000	06.11. 1973	08.12. 1977
5	15,7	13,0	13,4	14,7	25,1	34,0	33,8	32,7	30,7	33,6	21,2	15,3
	06.01. 1958	07.02. 1973	05.03. 1978	20.04. 1985	23.05. 1954	29.06. 2010	15.07. 1984	11.08. 1954	09.09. 1958	15.10. 1964	10.11. 1974	15.12. 1962

Tabell 3: De fem største verdier for registrert snødybde for stasjon 23160 Åbjørsbråten.

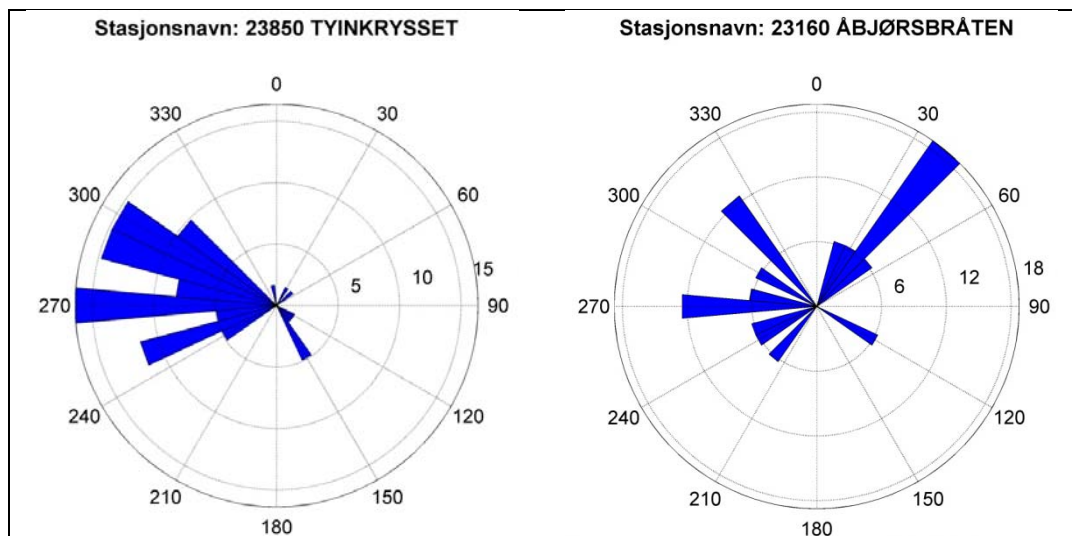
	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des
1	107	115	122	129	67	3	0	0	12	51	214*	102
	20.01. 1969	19.02. 1988	05.03. 1960	01.04. 1988	01.05. 1967	06.06. 1957	01.07. 1954	01.08. 1954	29.09. 1973	28.10. 1980	14.11. 1954	29.12. 1959
2	107	113	122	126	66	3	0	0	7	45	73	100
	23.01. 1969	20.02. 1988	10.03. 1988	02.04. 1988	02.05. 1967	01.06. 1964	02.07. 1954	02.08. 1954	30.09. 1973	22.10. 1976	26.11. 1960	30.12. 1959
3	105	112	122	125	66	0	0	0	4	41	70	97
	19.01. 1969	28.02. 1967	31.03. 1988	03.04. 1988	03.05. 1967	01.06. 1954	03.07. 1954	03.08. 1954	22.09. 1969	18.10. 1980	27.11. 1960	28.12. 1959
4	105	112	121	123	64	0	0	0	4	41	67	97
	22.01. 1969	23.02. 1988	13.03. 1960	04.04. 1988	01.05. 1988	02.06. 1954	04.07. 1954	04.08. 1954	24.09. 1991	29.10. 1980	28.11. 1960	31.12. 1959
5	105	112	121	119	63	0	0	0	4	40	67	90
	31.01. 1975	21.02. 1988	09.03. 1988	05.04. 1988	04.05. 1967	03.06. 1954	05.07. 1954	05.08. 1954	22.09. 1978	23.10. 1976	21.11. 1980	27.12. 1959

* Denne observasjonen er trolig ikke riktig.

Til tross for at området er i et relativt nedbørfattig distrikt av Norge, så viser de observerte og statistiske verdier at det kan komme betydelige nedbørmengder på kort tid i området. Disse vil ofte være assosiert med konvektive hendelser som gir store lokale forskjeller i nedbør. I vinterperioden er det ikke uvanlig at det er mer enn 1 m snø på bakken.

4.2 Nedbør relatert til vindretning

Spesielt for snøskred spiller vinden en viktig rolle for sannsynligheten for at skred skal løsne i en fjellside. Observasjoner av vind ved stasjon 23160 Åbjørsbråten er preget av lokale vindforhold. Vi har derfor i tillegg benyttet stasjon 23850 Tyinkrysset til tross for at denne har kortere tidsserie. Analysen for stasjon 23850 Tyinkrysset viser at den fremherskende vindretning er fra vest både i situasjoner uten og med nedbør (Figur 5). Ved stasjon 23160 Åbjørsbråten er det større variasjon i vindretningen i situasjoner med større nedbørmengder som snø (Figur 5). Ved planområdet vurderer vi derfor at større nedbørmengder i vintersesongen hovedsakelig vil komme med vind fra vest, men at større nedbørmengder som snø også kan komme med andre vindretninger og i situasjoner med lite vind. Den fremherskende vindretning fra vestlig sektor vil føre til transport av snø ut i skråninger vendt mot øst, men vind fra andre retninger kan også transportere snø.



Figur 5: Vindrose for situasjoner med større nedbørmengder (>20 mm på ett døgn) som snø (lufttemperatur < 1 °C) ved stasjon 23850 Tyinkrysset og 23160 Åbjørsbråten.

4.3 Fremtidig klima

Til denne vurdering har vi brukt erfaring fra to forskningsprosjekt der NGI har vært involvert, GeoExtreme og SafeLand. Begge prosjekter har hatt som delmål å belyse fremtidige klimaendringer og relasjonen til skredfrekvens. Følgende klimaelementer er viktige i forhold til skred: temperatur, gjennomsnittlig nedbør, ekstremnedbør samt vind. Vi har her beskrevet forventet klimautvikling over de neste 100 år. Det må bemerkes at disse fremskrivningene er forbundet med store usikkerheter.

De fleste klimamodeller viser at det blir varmere i størsteparten av Norge. Graden av oppvarming er usikker, men hovedsakelig de nordlige deler av landet vil bli berørt. I den her vurderte del av landet vil det trolig bli varmere, men hvor mye er usikkert. Dette betyr at vintersesongen vil bli kortere, med færre døgn med snø på bakken. Dermed vil også sesongen for snøskred bli kortere.

Årsnedbøren vil øke i noen deler av landet, mens den vil avta i andre deler av landet. De fleste modeller viser at det hovedsakelig er langs kysten at årsnedbøren vil øke, mens deler av landet lengst vekk fra kysten vil oppleve en minking i årsnedbør eller ingen endring. Den her vurderte delen av landet vil trolig oppleve liten endring i årsnedbør, eller muligens en liten økning.

Nedbør i ekstreme situasjoner har to komponenter; 1) mengden av nedbør som kommer i de ekstreme situasjoner og 2) antall dager med slike situasjoner. Hovedparten av de anvendte klimamodellene viser at både nedbørmengdene i ekstreme nedbørsituasjoner og antall dager med ekstrem nedbør vil øke i denne delen av landet. Omfanget av økningen er noe mer usikker, men i vintersesongen kan det ventes opp imot en fordobling av antall hendelser med ekstreme

nedbørssituasjoner. I sommersesongen ventes en vesentlig mindre økning i antall dager. Nedbørmengdene i de mest ekstreme situasjonene vil øke i størrelsesorden 10 % i alle årstider.

Det foreligger ennå ikke brukbare fremskrivninger av vindhastighet og vindstyrke.

5 Skredfarevurdering

Vi har vurdert følgende skredtyper: snøskred, sørpeskred, jordskred, flomskred og steinsprang. I tillegg har vi vurdert faren for fjellskred ut i Sæbufjorden og derav følgende flodbølge mot planområdet.

5.1 Vurderte skredtyper

Terrenget ovenfor planområdet ligger spesielt godt til rette for snøskred, steinsprang og jordskred. Disse dimensjonerende skredtypene er beskrevet i detalj under. Sørpeskred anser vi som sjeldne i planområdet fordi det umiddelbart over planområdet ikke ligger flate områder på Fodnesåsen der sørpe vil kunne samles. Våte snøskred vil kunne forekomme, men det vil ikke være så store vannmengder i snøen som i sørpeskred. Det er mulig at jordskred som løsner vil kunne få en bevegelse som flomskred i situasjoner med stor metningsgrad, store nedbørmengder og stor snøsmelting, men vi vil her beskrive dette sammen med jordskred.

5.1.1 *Snøskred*

Snøskred kan utløses fra områder brattere enn 30° og er vanligvis betinget av rask tilførsel av store snømengder. Mengden av snø som trengs for å utløse snøskred er avhengig av hvor bratt utløsningsområdet er, styrken av det svakeste sjikt i snødekket og av temperaturforløp.

Rekkevidden og hastigheten av snøskred er betinget av lokaltopografien langs skredbanen, underlagets ruhet, snødekkets sammensetning, og av skredmassens volum. For å vurdere rekkevidden av snøskred har vi benyttet en dynamisk modell (PCM) samt en empirisk modell (alfa-beta).

5.1.2 *Steinsprang*

Steinsprang forekommer vanligvis i bratte oppsprukne fjellpartier der terrenghelningen er større enn 40-45°. Steinsprangene utløses ofte fra steile sprekker og overheng som har utviklet seg over lang tid pga forvitring. Det vanligste er mindre utfall på noen fåtalls kubikkmeter, men større steinskred kan også forekomme selv om disse er sjeldnere enn steinsprang. Steinsprang forekommer helst om våren og høsten, enten som følge av frysing/tinging og rotsprengning eller pga. store nedbørmengder som fører til høyt vanntrykk i sprekke i fjellet. Frittliggende blokker kan også bli satt i bevegelse av slike prosesser.

Rekkevidden og hastigheten av steinsprang er avhengig av utfallsvolum, formen på utfallsblokker, lokaltopografien langs banen og underlagets ruhet. I tillegg til erfaring har vi benyttet den stokastisk-deterministiske modellen Rockyfor3d til å vurdere rekkevidden av steinsprang. Inngangsparametrene til modellen ble vurdert under feltbefaringen.

5.1.3 *Jordskred*

Jordskred utløses i bratte fjellsider der det ligger løsmasser og hvor terrenget er brattere enn 30°. Flomskred som følger bekker og elver kan bli utløst i løp med helning helt ned mot 10°. Jord- og flomskred blir gjerne utløst etter langvarig nedbør, eller etter korte, men intense regnskyl. Sterk snøsmelting kan også føre til utløsning av slike skred, men da oftest i kombinasjon med regn.

Rekkevidden av jordskred har vi vurdert ut ifra terrenget og basert på erfaring. Det finnes i dag ingen pålitelige regneverktøy til å beregne rekkevidde av jordskred.

5.2 Registrerte skredhendelser

I den nasjonale skreddatabasen er det registrert skredhendelser i området rundt Fagernes (www.skrednett.no). Det er registrert snøskred med omkomne ved Rye (1786) og ved Sørumseie (1903). Det er også registrert steinsprang (Lihagen, 1974) og jordskred ved Fodnes Midtre (1966), Granheim Søre (1789) og Nørdre Kvåle (1740). Jordskredet ved Fodnes ligger omtrent 1,5 km sørvest for planområdet, på motsatt side av Fodnesåsen.

Eneste skredhendelse vi har opplysning om i det vurderte området er et mindre vått snøskred som ble observert våren 2010. Skredet gikk ned på dyrket mark i området mellom den nordlige avgrensningen av planområdet og sør for låven på garden umiddelbart nord for planområdet. Det er usikkert hvor langt oppe skredet løsnet. En ur nedenfor de bratte partiene i fjellsiden ovenfor planområdet tyder på tidligere steinsprang herfra.

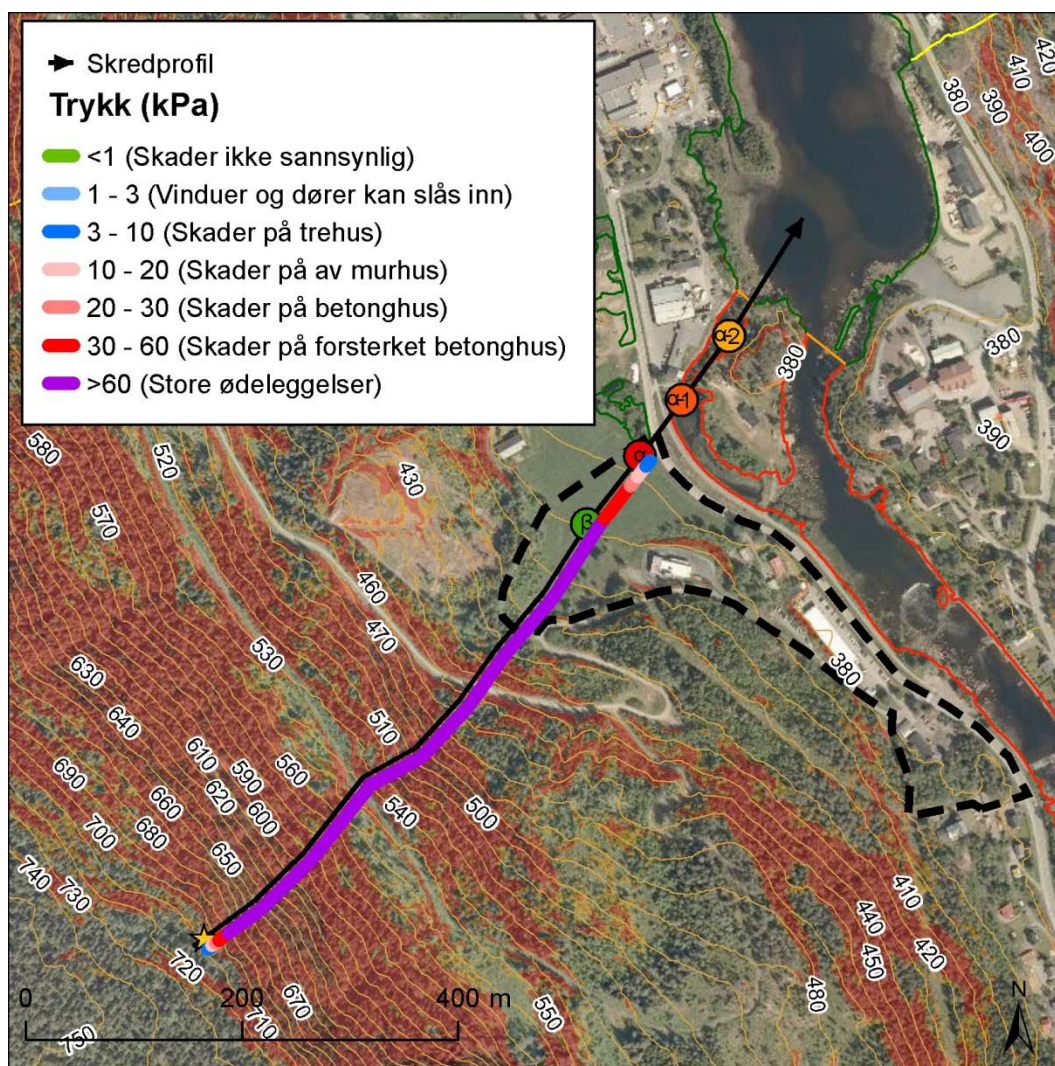
5.3 Snøskred

Store deler av terrenget ovenfor den vestlige delen av planområdet er bratt nok til at det kan løsne snøskred når en ser bort i fra vegetasjonen. Fjellsiden ligger dessuten delvis i le for fremherskende vindretning fra vestlig sektor. Dersom snøskred løsner i fjellsiden ovenfor den vestlige delen av planområdet vil skredmassene ledes ned mot planområdet på grunn av en forsenkning i terrenget. Ovenfor den østlige delen av planområdet er det også et område som er bratt nok til at snøskred kan løsne, men her vil skredvolum være mer begrenset og terrenget vil ikke i så stor grad lede skredmassene ned mot planområdet.

Vi kan ikke utelukke at mindre snøskred kan løsne fra områder uten tett skog i fjellsiden. Dette gjelder spesielt forsenkningene mellom kote 700 og kote 570 med

bart fjell (Figur 3). Mindre skred herfra vil bare kunne bevege seg inn i planområdet i ytterst sjeldne tilfeller, og vil ikke være av betydning for sannsynlighet for skred i forhold til steinsprang.

Med dagens vegetasjon er det lite sannsynlig at større snøskred vil løsne i fjellsiden ovenfor planområdet, men dersom vegetasjonen fjernes vil dette endres. Terrenget vil da ligge meget godt til rette for større snøskred. Klimaet gjør at disse ikke vil være hyppige, men slike skred vil ha stor betydning for faresonene i planområdet. Foreløpige beregninger viser at snøskred fra fjellsiden sørvest for den vestlige delen av planområdet vil kunne nå ut til hovedveien Rv51 (Figur 6).



Figur 6: Potensielle løснеområder for snøskred er indikert med oransje (>27°), rød (>30°) og brun (>45°). Skogen er kritisk for å sikre at løsnefrekvensen fra disse områdene forblir liten. Skredbane samt utløpslengde og trykk er angitt for et større snøskred som kunne løsne dersom det ikke var skog i fjellsiden. Skredet ville kunne nå frem til Rv51 og faresonen ville berøre den vestlige delen av planområdet (stiplet linje).

For snøskred konkluderer vi følgende:

- Mindre snøskred kan løsne i fjellsiden ovenfor den vestlige delen av planområdet, men er ikke av større betydning for faresonene.
- Dagens vegetasjon i fjellsiden er avgjørende for at større skred er sjeldne og at disse ikke er av betydning for faresonene i planområdet.
- Dersom skogen fjernes fra fjellsiden vil en stor del av den vestlige delen av planområdet berøres av faresoner for snøskred.
- Faren for snøskred er vurdert for dagens vegetasjon. Tettheten av skog samt størrelsen på trær må opprettholdes for å beholde dagens farenivå for snøskred. Dette krever tiltak som diskutert i avsnitt 5.9.

5.4 Steinsprang

I fjellsiden ovenfor planområdet er det to typer potensielle utfallsområder for stein: A) terreng brattere enn omtrent 45° og med bart fjell, og B) bratt terreng med tynt moredekk med større løse blokker på toppen.

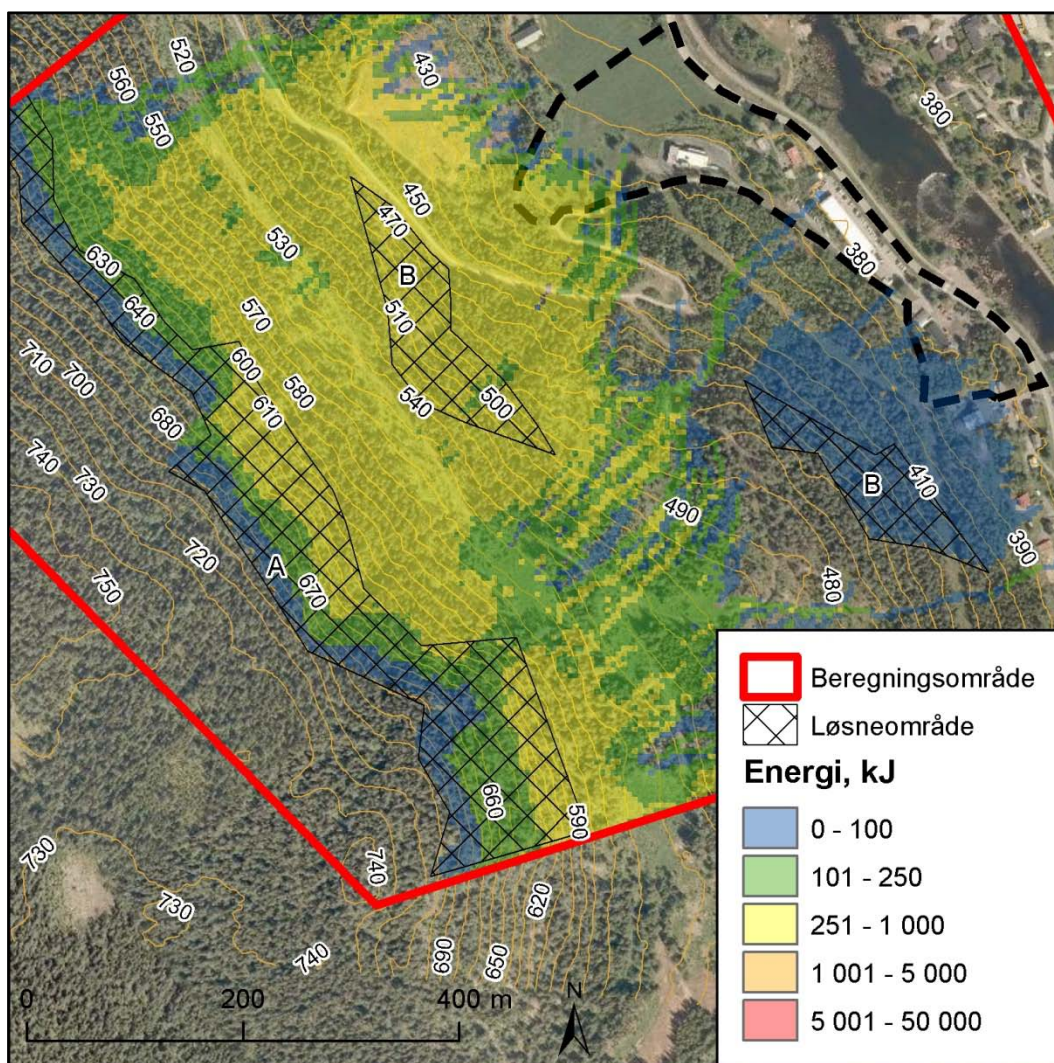
De potensielle utfallsområdene fra bart fjell er begrenset til den øverste brattkanten i fjellsiden ovenfor planområdet (Figur 9). En ur nedenfor de mest oppsprukne partiene er tegn på tidligere steinsprangaktivitet. Vi vurderer at blokker herfra i ytterst sjeldne tilfeller vil ha volum opp mot 1 m³, men at blokkene oftest er mindre, typisk rundt 0,5 m³. Det ble ikke observert noe tydelig sprekkemønster i utfallsområdene. Generelle forvittringsprosesser, frostsprengning samt rotvelt er trolig de prosessene som bidrar mest aktivt til å løsne blokker fra områdene med bart fjell.

Større deler av fjellsiden over planområdet er bratte nok til at løse blokker på toppen av morenedekket vil begynne å rulle dersom de bringes i bevegelse av for eksempel rotvelt, menneskelig aktivitet eller sig. Et eksempel på en løs blokk er vist i Figur 7. Blokker som kommer i bevegelse i dette terrenget vil ikke oppnå så store hastigheter i begynnelsen av rullingen som tilsvarende blokker som løsner fra bratt, bart fjell. De vil derfor lettere kunne stoppes av trær og ujevnheter i terrenget, men allikevel må det tas høyde for disse blokkene i vurderingen av faresoner. Vi har ikke kartlagt enkeltblokker som kan løsne, men har valgt en probabilistisk tilnærming der vi forventer utfall av et visst antall blokker innenfor et gitt område over en tidsperiode.



Figur 7: Løs blokk på toppen av morenedekket observert i terrenget over planområdet. Blokken er på rundt 1 m³.

Beregninger av utløpslengder for steinsprang er foretatt med steinsprangmodellen Rockyfor3d (<http://ecorisq.org/en/products.html>). Inngangsparametre er vurdert fra observasjoner gjort under feltbefaring, på bakgrunn av flybilder og terreng samt erfaring med modellen. Disse data tas vare på av NGI men kan leveres hvis det er av interesse. Et eksempel på beregningsresultater er vist i Figur 8.



Figur 8: Løsneområder og beregnet 95 % persentil av energien av blokker. Typen av utfall innenfor hvert løsneområde (A og B) er beskrevet i teksten. Den vestlige delen av planområdet kan i sjeldne tilfeller nås av blokker med relativ høy energi. Den østlige delen av planområdet kan nås av blokker med relativ begrenset energi.

Beregningsresultatene sammenstillet med våre vurderinger fra feltbefaringen viser følgende:

- Steinsprang kan i sjeldne tilfeller nå inn i den øverste delen av den vestlige delen av planområdet. Energien i blokkene øverst i området kan være betydelig, men avtar raskt når terrenget blir slakere og mykere på jordet. Dersom man ønsker å benytte dette området må det iverksettes tiltak. Dette er grovt beskrevet i avsnitt 5.9.
- Steinsprang kan i meget sjeldne tilfeller nå inn i den østlige delen av planområdet. Her vil energien i blokkene være begrenset og relativ enkle tiltak kan iverksettes som beskrevet grovt i avsnitt 5.9.

5.5 Jordskred

Det ble ikke observert ferske jordskred under befaringen, men det er registrert jordskred på den sørvestlige siden av Fodnes åsen. Det relativt tynne løsmassedekke over fjell tilsier også at intens nedbør eventuelt kombinert med intens snøsmelting kan føre til høyt porevannstrykk med mulig utløsning av jordskred. Jordskred som løsner kan bevege seg som flomskred langs forsenkninger i terrenget.

Det er mest sannsynlig at jordskred vil løsne i det relativt bratte partiet mellom kote 570 og kote 700 sørvest for den vestlige delen av planområdet. Dersom jordskred løsner herfra vil de følge terrengets fall nedover mot den vestlige delen av planområdet. Vi har ingen metoder til å kvantifisere utbredelsen av skredmasse, men vurderer følgende:

- Grove masser vil hovedsakelig avsettes ovenfor planområdet mens vann og fine masser vil kunne nå inn i planområdet.
- Det lite sannsynlig at det vil oppstå skade på grunn av trykk på eventuelle bygninger som følge av jordskred, men man må ta høyde for at vann og fine masser kan bevege seg inn i området.
- Den vestlige delen av planområdet er berørt av faresoner som delvis skyldes jordskred.
- Dersom vegetasjonen i fjellsiden fjernes vil sannsynligheten for jordskred øke.
- Tilfredsstillende sikkerhet kan trolig oppnås med forholdsvis enkle tiltak som beskrevet i avsnitt 5.9.

5.6 Fjellskred mot Sæbufjorden

Dersom fjellskred treffer Sæbufjorden vil det kunne forårsake en flodbølge med oppskylling av bølge i planområdet. En vurdering av terreng fra kart og tidligere befaringer tilsier at sannsynligheten for fjellskred mot Sæbufjorden er meget liten. Dersom et fjellskred løsner, når Sæbufjorden og danner en flodbølge, skal bølgen gå mange 100 m ned fjorden og elven. Ved Osen skal bølgen bevege seg gjennom et smalt område og heretter er det trolig en del grunne områder før bølgen når planområdet. Faren for flodbølge forårsaket av fjellskred er dermed ubetydelig i forhold til faren for flom og skred mot planområdet.

5.7 Forventet effekt av klimaendringer på skredfrekvens

Fremskrivningene av klimaet beskrevet i avsnitt 4.3 gjør at vi forventer følgende effekt på skredfrekvensen i det undersøkte området:

- Økt temperatur gjør at vegetasjon får bedre vekstvilkår. Dette kan bety økt tetthet av skog og økt diameter på stammer. Men de naturlige variasjoner er trolig vesentlig mindre enn variasjoner som følge av menneskelige inngrep som for eksempel hogst. Økt tetthet og diameter på skog kan bety følgende:
 - o Færre steinsprang når ned i planområdet.
 - o Færre jordskred løsner og færre når ned i planområdet.

- Sannsynligheten for at snøskred skal løsne avtar.
- Økt temperatur kan føre til at det blir færre dager med snø på bakken og dermed vil sannsynligheten for snøskred avta. Derimot kan sannsynligheten for våte snøskred øke. Disse har kortere utløpslengde enn tørre snøskred.
- Sannsynligheten for sørpeskred kan øke, men vi anser uansett dette for usannsynlig ned i planområdet.
- Større årsnedbør kan føre til flere dager med våte jordbunnsforhold. Dette kan bety at det skal mindre kraftige nedbørhendelser til for å løse ut jordskred.
- Flere dager med ekstreme nedbørhendelser og mer nedbør i de ekstreme hendelsene vil føre til økt sannsynlighet for snøskred og jordskred og til dels steinsprang.

Samlet vil vi forvente at skredfrekvensen vil øke litt eller forbli uendret i området, men det er meget store usikkerheter forbundet med dette. Dessuten kan menneskelige inngrep i terrenget ovenfor planområdet trolig føre til vesentlig større endringer i fremtidig skredfrekvens enn de som er betinget av klimaendring. Eksempler på menneskelige inngrep er hogst av skog og bygging eller vedlikehold av veier i fjellsiden over planområdet. For sikkerhet mot skred i planområdet er det derfor viktigere å styre menneskelige inngrep i terrenget ovenfor planområdet enn å vurdere effektene av klimaendringer.

5.8 Faresoner for skred

Faresoner for skred under vegetasjonsforholdene under befaringen er vist i Kart 1. Faresonene berører planområdet i følgende områder:

- Vest: Her vil steinsprang kunne nå inn i planområdet. Finkornet materiale fra jordskred vil også kunne nå inn i området, men dette vil ha mindre skadepotensial og er derfor ikke så viktig som steinsprang i vurdering av endelige faregrenser.
- Mot øst: Steinsprang vil kunne nå inn i planområdet.
- Faresoner som skyldes snøskred berører ikke planområdet med dagens vegetasjon, men dersom vegetasjonen fjernes helt eller delvis vil en faresone for snøskred berøre et relativt stort areal i den vestlige delen av planområdet.

5.9 Forslag til tiltak

Forslag til tiltak for arealet berørt av faresoner innenfor planområdet er grovt beskrevet her. En detaljert beskrivelse av aktuelle tiltak kan gjennomføres i fase 2 av prosjektet.

Følgende tiltak bør gjennomføres dersom man ønsker å benytte planområdet til område for brannstasjon:

- Det bør sikres at skogens tetthet opprettholdes og at den gjennomsnittlige diameter på stammer ikke avtar. Dette er kritisk for å opprettholde

faresonene beskrevet i denne rapporten. For å beskytte best mulig må skogen pleies slik at den er i kontinuerlig vekst. Det kan for eksempel tenkes at man kan avvirke skogen i 10 m breie belter langs kotene og med stor avstand mellom hver avvirket stripe. Snauhogst vil gi relativ store endringer i forventet skredfrekvens, spesielt for snøskred. Området som bør sikres ivaretatt på riktig måte er indikert i Figur 9.

- Dersom skogen fjernes i større flater må det iverksettes strakstiltak for å opprettholde faresonene beskrevet i denne rapporten.
- Det bør sikres at menneskelige inngrep i dreneringssystemet i fjellsiden ovenfor planområdet, for eksempel skogsveier, gjennomføres med tanke på den naturlige dreneringen før inngrep. Det gjøres for eksempel ved å sikre at vann om nødvendig ledes inn i deler av terrenget der det allerede er naturlig drenering.
- Eventuelle steinsprang i den vestlige delen av planområdet kan trolig stoppes med en voll av løsmasser eller steinsprangnett.
- Eventuelle steinsprang i den østlige delen av planområdet kan trolig stoppes med en voll av løsmasser eller steinsprangnett.
- Fine masser fra jordskred som når ned i vestlige delen av planområdet kan trolig ledes mot nord ved å etablere drenering og eventuelt en lav ledevoll samtidig med opparbeiding av terrenget.

6 Konklusjon

I forhold til lovverket mener vi følgende krav til sikkerhet er gjeldende for en brannstasjon i planområdet:

- Kommunen må vurdere om brannstasjonen er av nasjonal, regional eller lokal betydning, siden dette er avgjørende for sikkerhetskrav mot skred.
- Nasjonal eller regional betydning: Brannstasjonen skal ikke ligge innenfor skredutsatt område.
- Lokal betydning: Brannstasjonen kan ligge innenfor skredfarlig område, men må tilfredsstille kravene til sikkerhet mot skred i sikkerhetsklasse S3. Det betyr at maksimal årlig sannsynlighet for skred er 1/5000 for bygg og tilhørende uteareal. For utearealet kan det vurderes å redusere kravet slik at maksimal årlig sannsynlighet for skred er 1/1000.

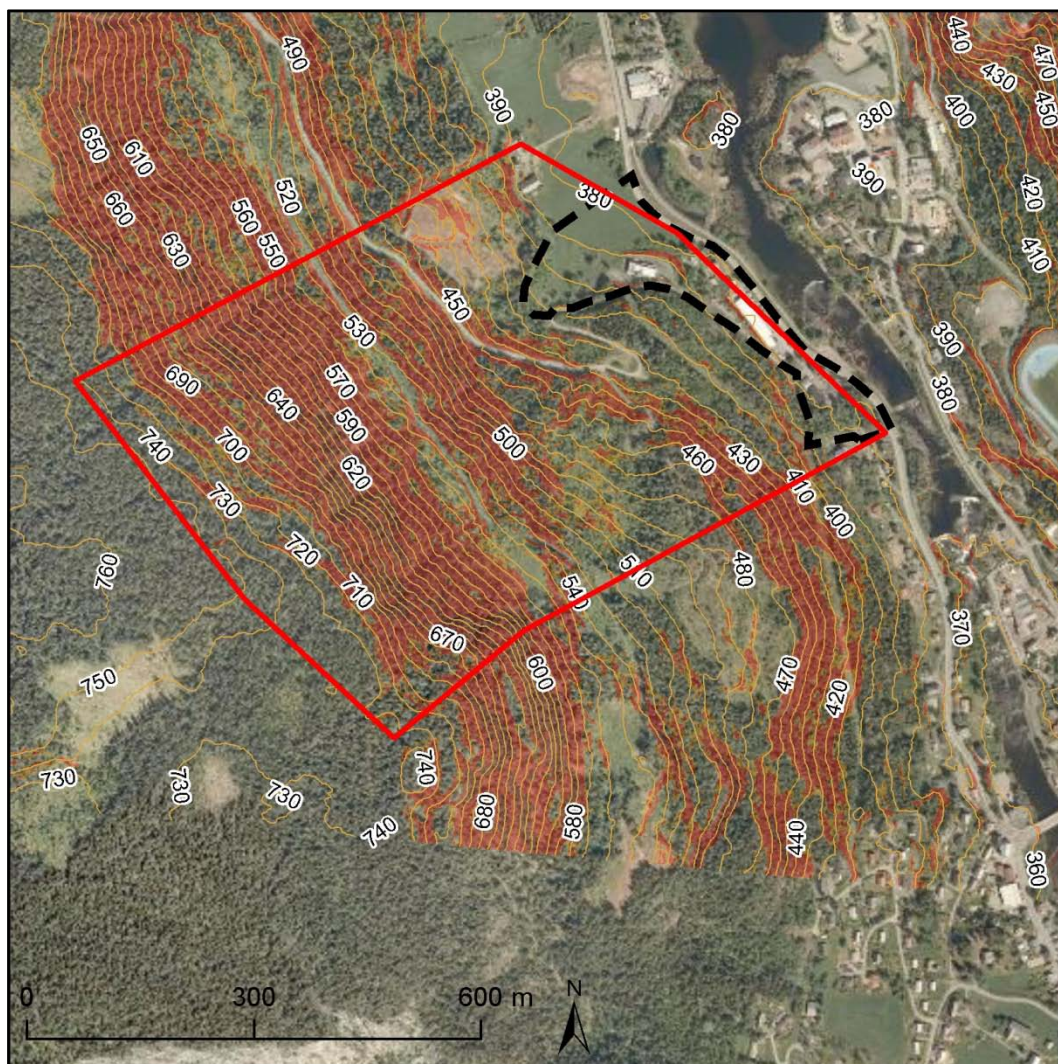
På bakgrunn av undersøkelser og beregninger beskrevet over har vi følgende konklusjoner med tanke på faresoner:

- Faresoner for skred er vist i Kart 1.
- I den østlige delen av planområdet er faresonen betinget av steinsprang.
- I den vestlige delen av planområdet er faresonen hovedsakelig betinget av steinsprang, men også fine masser fra jordskred.

Siden faresonene strekker seg inn i planområdet har vi følgende konklusjoner med tanke på tiltak som kan iverksettes:

- Detaljerte vurderinger av design og dimensjonering av sikringstiltak må eventuelt gjøres i fase 2 av prosjektet.

- Skogen ovenfor planområdet må ivaretas slik at tetthet og diameter av stammer ikke avtar i forhold til dagens skog. Hvis skogen fjernes helt eller delvis vil det ha store konsekvenser for faresonen i den vestlige delen av planområdet.
- Menneskelige inngrep i den naturlige drenering i fjellsiden ovenfor planområdet, for eksempel skogsveier, bør holdes på et minimum. Hvis slike inngrep er nødvendige må de gjennomføres med tanke på eksisterende naturlig drenering.
- Steinsprang mot øst i planområdet kan trolig stoppes med enkle tiltak.
- Steinsprang mot vest i planområdet kan trolig stoppes med relativt enkle tiltak.
- Finkornet materiale fra jordskred vest i planområdet kan trolig ledes vekk fra planlagt bebyggelse ved å etablere drenering og eventuelt en lav ledevoll i forbindelse med opparbeiding av terrenget.



Figur 9: Området indikert med rød farge viser hvor skogens tetthet og gjennomsnittlig diameter på trær er kritisk for at faresonene i denne rapporten er gjeldende.




Kartbilag

Kart 1: Faresoner for skred med nominell årlig sannsynlighet på 1/1000 og 1/5000.






Kartforklaring


 Vurdert område

Faresone

Nominell årlig frekvens

-  $\geq 1/5000$
-  $\geq 1/1000$
-  Koter, 5 m

Målestokk (A3): 1:2 000 Datum: WGS84, Kartprojeksjon: UTM33N

Nord-Aurdal kommune		
Breiset vest, Fagernes	Prosjektnr. 20110723	Kart nr. 1
Faresoner for skred med nominell årlig sannsynlighet på 1/1000 og 1/5000.	Utført KaK	Dato 2011-11-28
	Kontrollert OAH	
	Godkjent KaK	

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information									
Dokumenttittel/Document title Faresoner for skred			Dokument nr/Document No. 20110723-00-3-R						
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date 2011-12-15					
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited		Rev.nr./Rev.No.					
<input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited							
		<input type="checkbox"/> Ingen/None							
Oppdragsgiver/Client Nord-Aurdal kommune									
Emneord/Keywords Snøskred, jordskred, steinsprang, ROS, sikkerhetsklasse									
Stedfesting/Geographical information									
Land, fylke/Country, County Norge, Oppland				Havområde/Offshore area					
Kommune/Municipality Nord-Aurdal				Felt navn/Field name					
Sted/Location Fagernes				Sted/Location					
Kartblad/Map 1616 I Tisleia				Felt, blokknr./Field, Block No.					
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32V 0511698Ø 6761781N									
Dokumentkontroll/Document control									
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001									
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:		Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:		Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:		Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:	
0	Originaldokument	KaK		OAH					
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date		Sign. Prosjektleder/Project Manager					

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002 og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no



Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd. Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr. 5096 05 01281 /IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989

