

Til: Hofseth Aqua AS
v/ Nicole Salbuviik
Kopi til:
Dato: 2021-05-06
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /
Dokumentnr.: 20210219-02-TN
Prosjekt: Skredfarevurdering for oppdrettsanlegg i Storfjorden
Prosjektleder: Katrine Mo
Utarbeidet av: Katrine Mo, Frode Sandersen, Peter Gauer
Kontrollert av: Ulrik Domaas

Skredfarevurdering Bugane

Innhold

1	Innledning	2
2	Bakgrunn	4
3	Historiske hendelser	8
4	Klima	9
	4.1 Vind	11
	4.2 Snøavlagring i fjellsiden	11
5	Modellering av snøskred	12
	5.1 Input	12
	5.2 Resultater	14
6	Skredfarevurdering	15
	6.1 Skredfarevurdering av plassering 1	15
	6.2 Skredvurdering av plassering 2	16
	6.3 Andre skredtyper	16
7	Konklusjon	17
8	Referanser	18

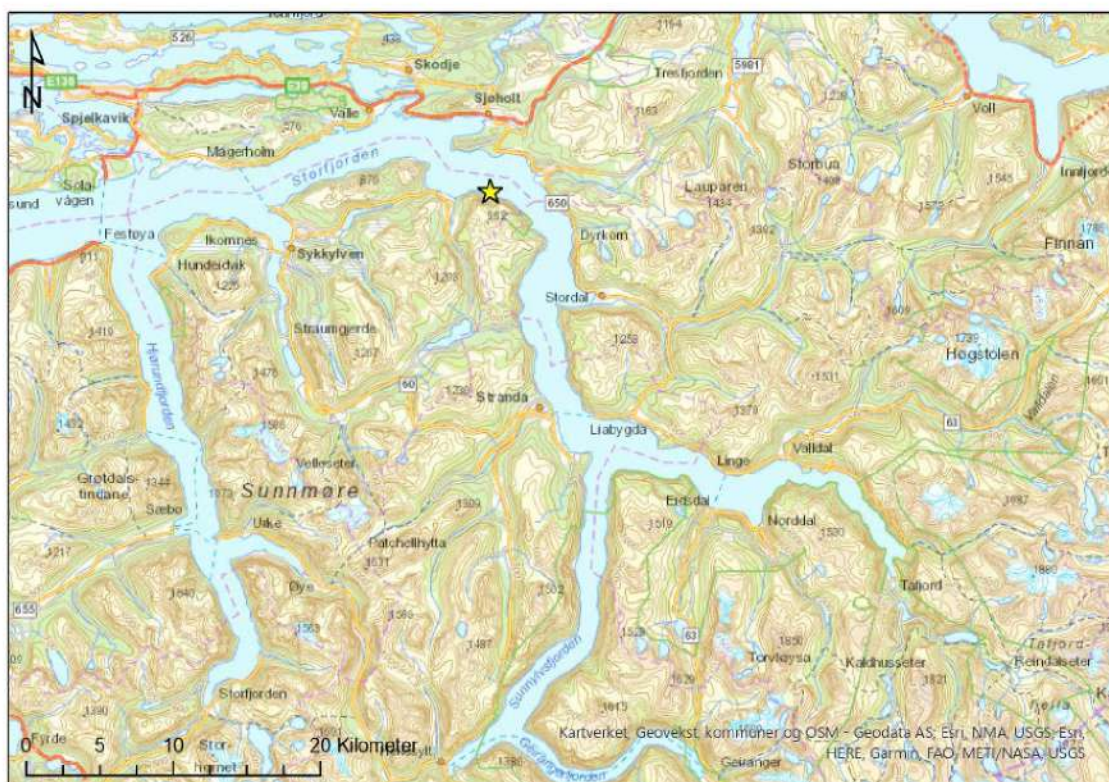
Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NGI er engasjert av Hofseth Aqua AS for å vurdere skredfare for oppdrettsanlegg i Storfjorden. Oppdrettsanlegget vurdert i dette notatet, befinner seg på sørsiden av fjorden, ovenfor Vaksvika. Omtrentlig plassering markert i oversiktskart i Figur 1-1. På bakgrunn av kunnskap om eksisterende skredfare langs fjorden, er det kommet krav om vurdering av skredfare for anlegget.

Det ble gjennom diskusjon mellom oppdragsgiver og NGI, besluttet å gjøre vurderinger for en justert plassering av anlegget. Anlegget er i den nye plasseringen flyttet vekk fra den store snøskredrenna "Storfonna". Det er vurdert to mulige plasseringer i dette notatet.

Det ble besluttet at det kunne gjøres en tilstrekkelig vurdering av skredfare uten befaring. Vurderingen av skredfare er gjort på bakgrunn av eksisterende kartdata, klimadata og modellering av snøskred.



Figur 1-1. Oversiktskart med omtrentlig plassering av anlegget markert.

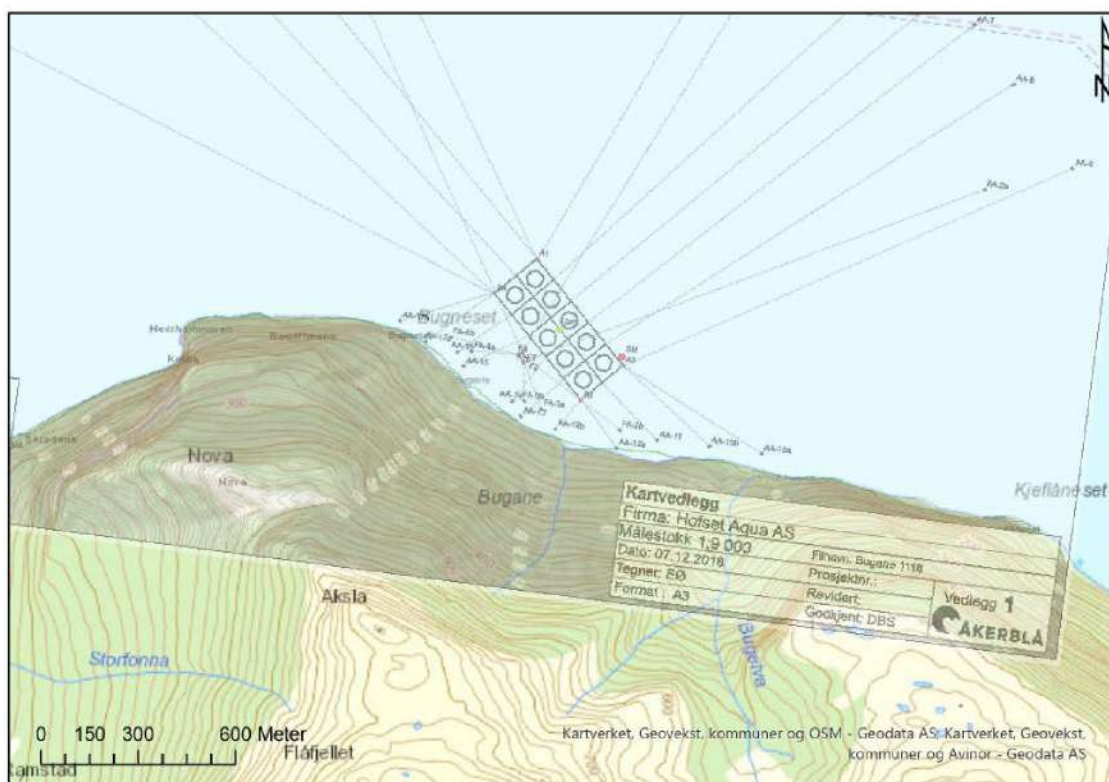
Anlegget er delt opp i lekter med personopphold, merdområde og ankere/fortøyningspunkt. NGI går i vurdering ut ifra at kravene for sikkerhet mot skred tilsvarer S2 i TEK. For ankrene er det ikke tilknyttet en spesifikk sikkerhetsklasse

ettersom disse befinner seg under vann. Det er gjort vurdering av skredfaren basert på NGIs erfaring fra liknende saker. Antatt sikkerhetsklasse er gjort på bakgrunn av erfaring med liknende anlegg, men endelig sikkerhetsklasse fastsettes av kommunen.

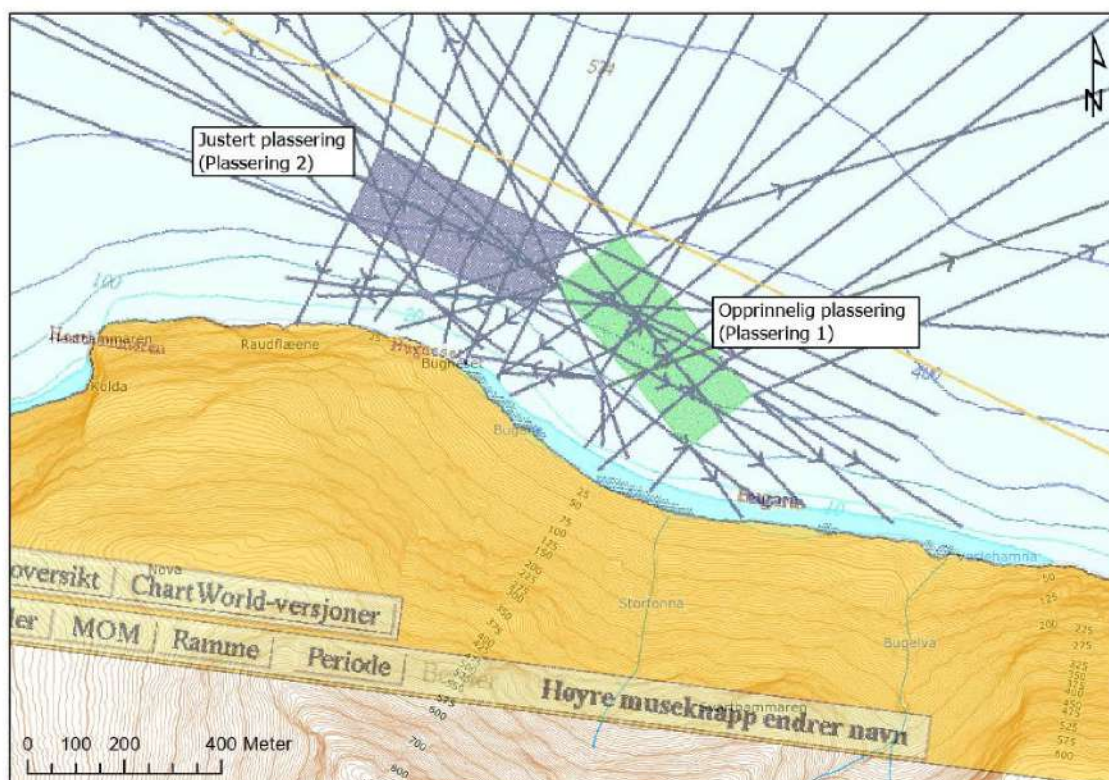
I tillegg til TEK 17 krav for byggverk, stiller arbeidsmiljøloven krav om sikkerhet for skred under arbeider. [Forskrift om utførelse av arbeid, bruk av arbeidsutstyr og tilhørende tekniske krav \(forskrift om utførelse av arbeid\) - Lovdata.](#)

To tegninger av anleggsplassering tilsendt fra Hofseth Aqua er georeferert inn i NGIs kartsystem, og presentert i Figur 1-2 og Figur 1-3. For plassering 1 er korteste avstand mellom ankere og fjellside noen få meter for to av ankerene, og ellers over 20 meter. Korteste avstand mellom lekter og fjellside er ca. 160 meter. Korteste avstand fra merder til fjellside er ca. 130 meter.

For plassering 2 er korteste avstand mellom ankere og fjellside omtrentlig tilsvarende som for plassering 1. Korteste avstand mellom lekter og fjellside er ca. 100 meter. Korteste avstand fra merder til fjellside er ca. 160 meter.



Figur 1-2. Plassering 1 som etter diskusjon ble besluttet flyttet.



Figur 1-3. Ny plassering av anlegget (Plassering 2), med opprinnelig plassering (Plassering 1) markert i grønn.

2 Bakgrunn

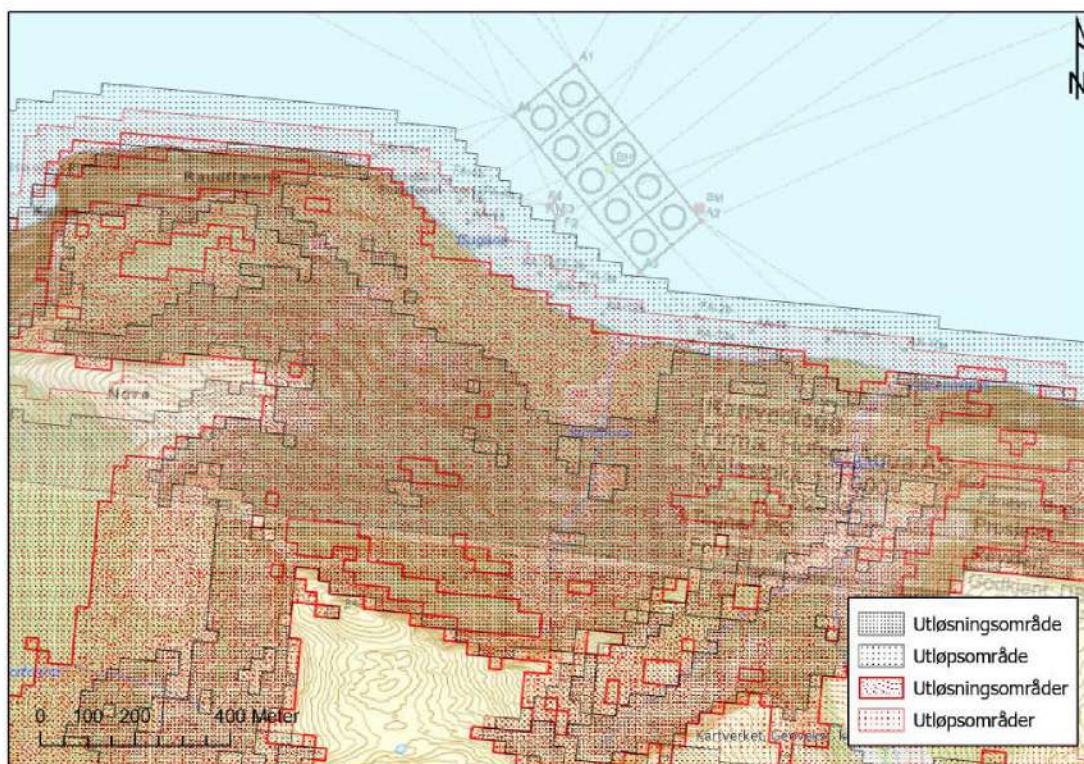
Ankerene i begge plasseringene ligger innenfor NVEs aktsomhetskart for steinsprang og snøskred (Figur 2-1). Disse kartene er svært grove, og er kun basert på en grov terrengmodell. Detaljer i terrenget, klima og vegetasjon er ikke inkludert. Området er ikke inkludert i NGIs aktsomhetskart for snø og steinskred. Disse kartene fungerer dårlig for arealer utenfor land.

Fjellsida ovenfor anlegget i plassering 1 er dominert av to store skålformasjoner som er over 30 grader bratt fra sjøkanten og helt opp til Aksla (ca. 850 moh). Kart med helning over fjellsiden er inkludert i Figur 2-2. Ovenfor Aksla er terrenget relativt flatt. I Skyggerelieffkart kan en se flere skredrenner i skålformasjonene. De to tydeligste rennene er markert i Figur 2-3. Disse renneformasjonene er også synlige i flybilder (Figur 2-4 og Figur 2-5).

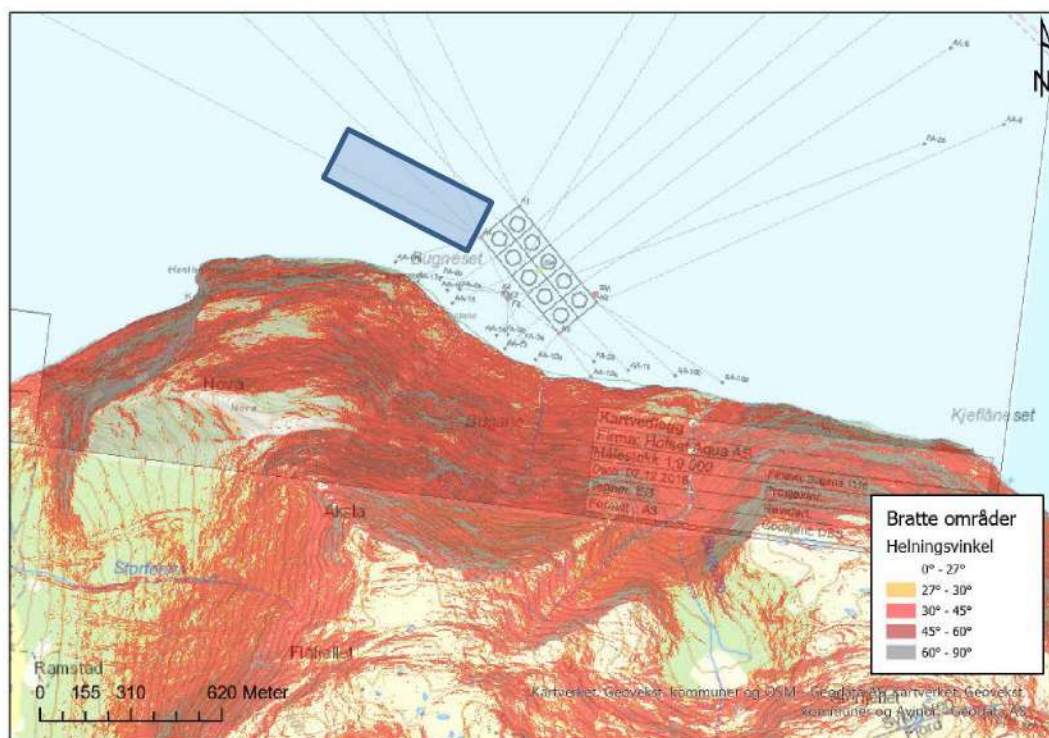
Lengre vest og ut av skålformasjonene ved Storfonna er terrenget annerledes. Fra sjøkanten og opp til ca 200 moh er terrenget bratt (over 60 grader). Ovenfor dette er det en utflating på med ca 100 m lengde (målt N-S), før terrenget igjen går over i et brattere parti mellom 30-45 grader. Dette partiet flater så ut igjen ved 450 moh, på høyde med toppen Nova. Over dette er terrenget igjen brattere, men en ryggformasjon som går opp

mot 800 moh gjør at fallretningen på skredmasser i dette området går inn i skålformasjonen.

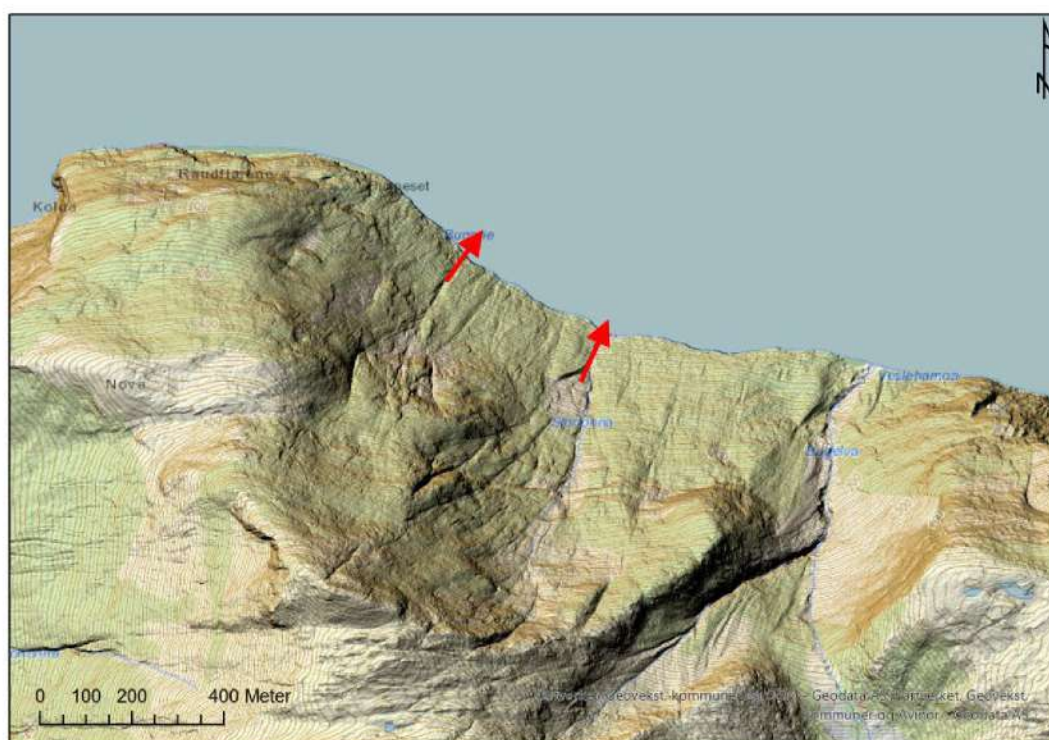
Det er noe skog i området som er synlig på flybilder. Dette er antatt bjørkeskog, og den er relativt tynn. Det kan antydes en fortetting av skogen fra flybilder fra 2007 og 2013, men dette er usikkert. Skog som vokser opp i skredbanene vil imidlertid ødelegges hver gang det går store og sjeldne skred. Helikopterbilde av fjellsiden i Figur 2-6.



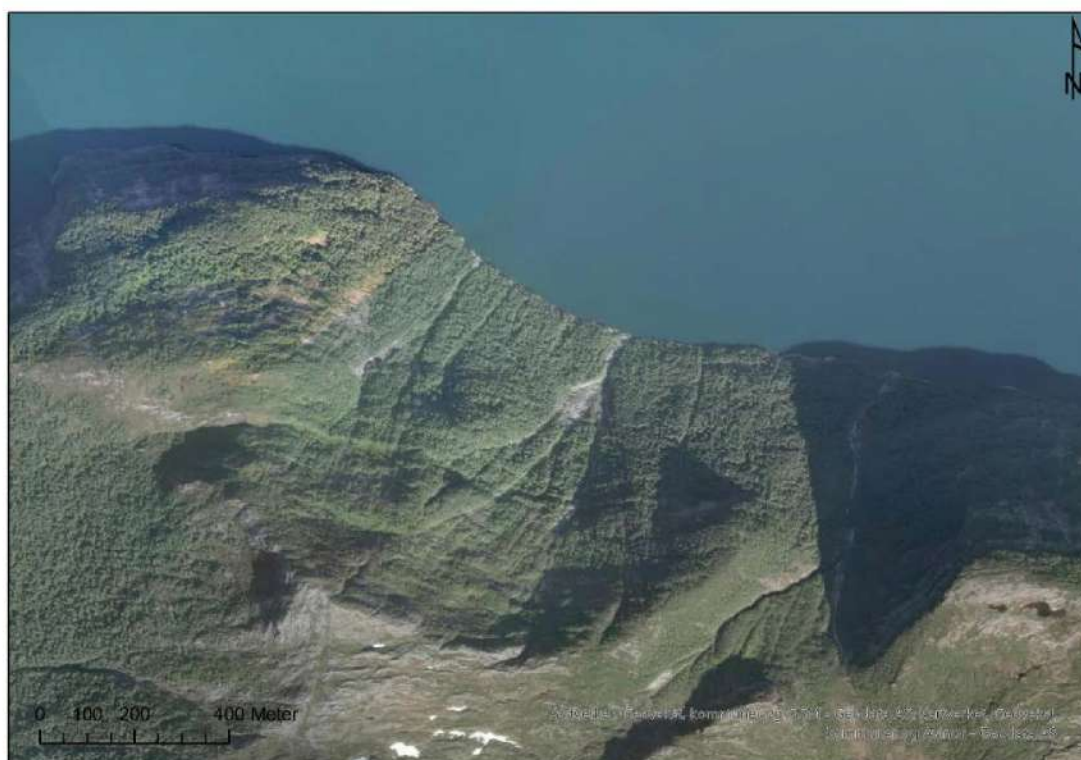
Figur 2-1. Aktsomhetssoner for snøskred (rød) og steinsprang (sort).



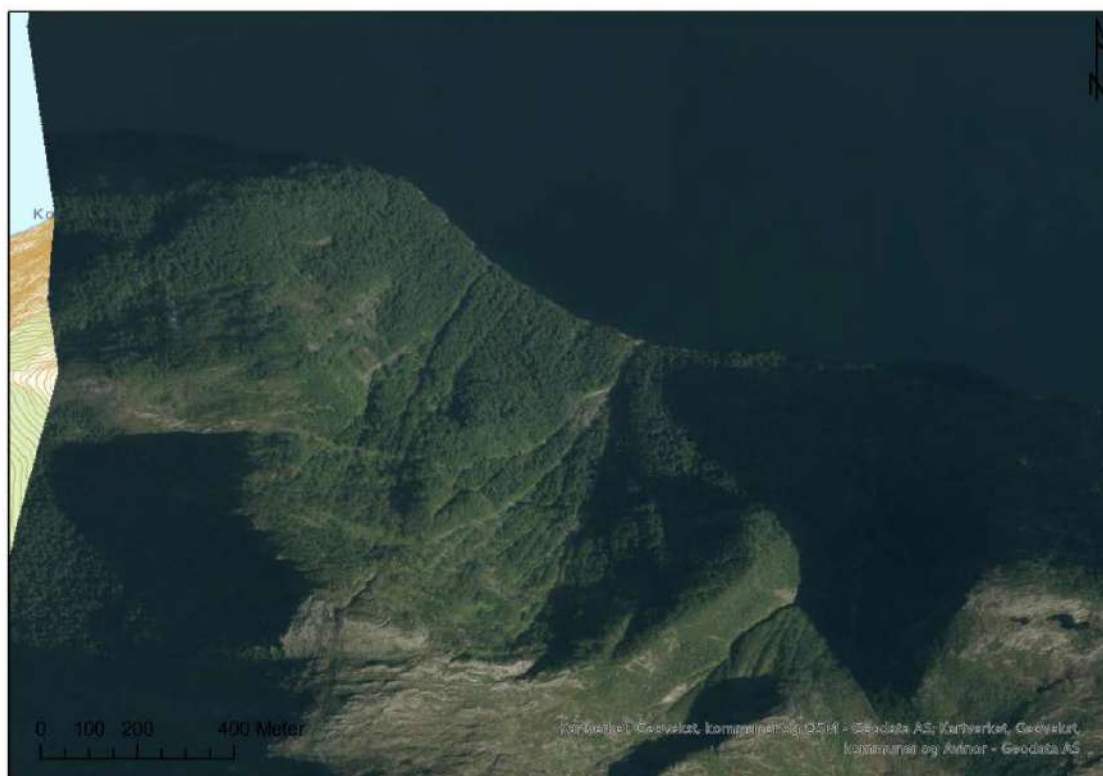
Figur 2-2. Helningskart. Det er store sammenhengende partier med bratt terreng. Plassering nr 2 omtrentlig markert i blå.



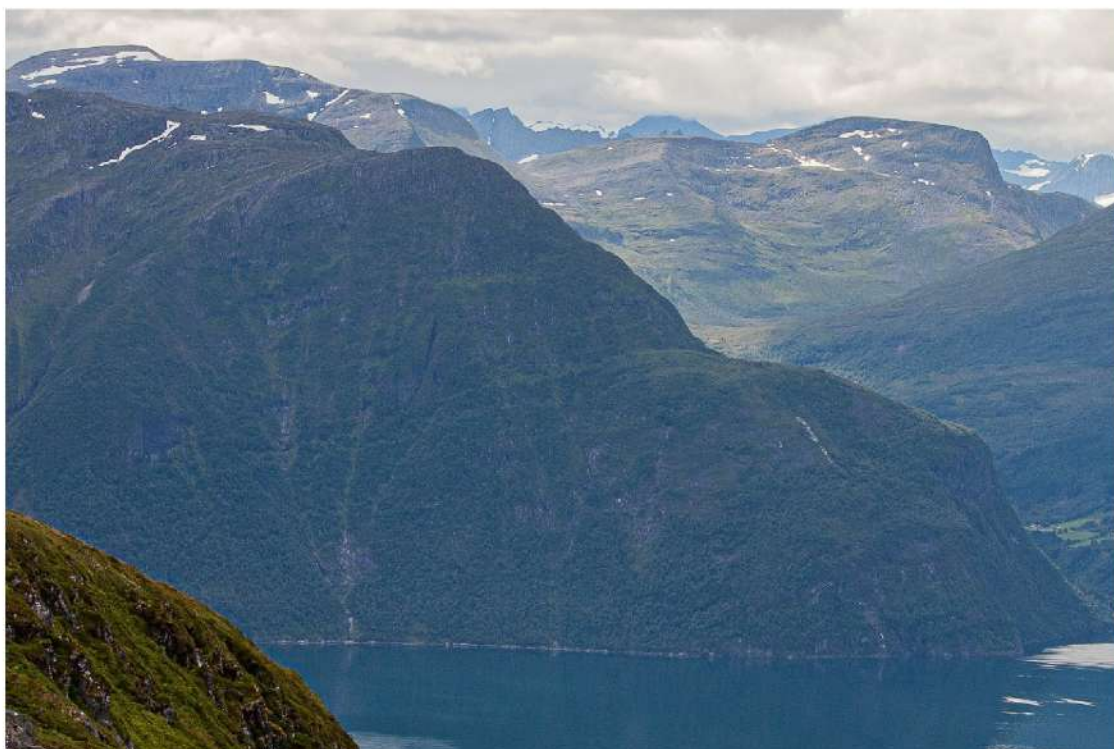
Figur 2-3. Skyggerelieffkart viser tydelige renneformasjoner ned Storfonna og vest for Storfonna.



Figur 2-4. Flybilder 2007, det er tydelige spor i vegetasjonen.



Figur 2-5. Flybilder 2013, spor i vegetasjonen synlige.



Figur 2-6. Helikopterbilde av fjellsiden. Foto (Ulrik Domaas).

3 Historiske hendelser

Det er ingen registrerte skredhendelser i området, da det hovedsakelig ligger utenfor allfarvei, og skred sannsynligvis ikke blir observert.

Stedsnavn på områder, kan ofte gi informasjon om historisk skredaktivitet, og navnet Storfonna gir informasjon om at store skred går ned denne renna.

En gjennomgang av historiske flybilder viser at det i flere tilfeller ligger snø avsetninger fra snøskredhendelser i renna ved Storfonna, mens området rundt i hovedsak er snøfritt.

Det er ikke observert spor i flybilder etter større nylige hendelser i skog for det vestre partiet som er vurdert for plassering 2, men skogen viser også her spor etter mindre hendelser. Det er likevel en usikkerhet knyttet til dette, da det vil være vanskelig å se skade på bjørkeskog ut fra flybilder, spesielt sommerstid.

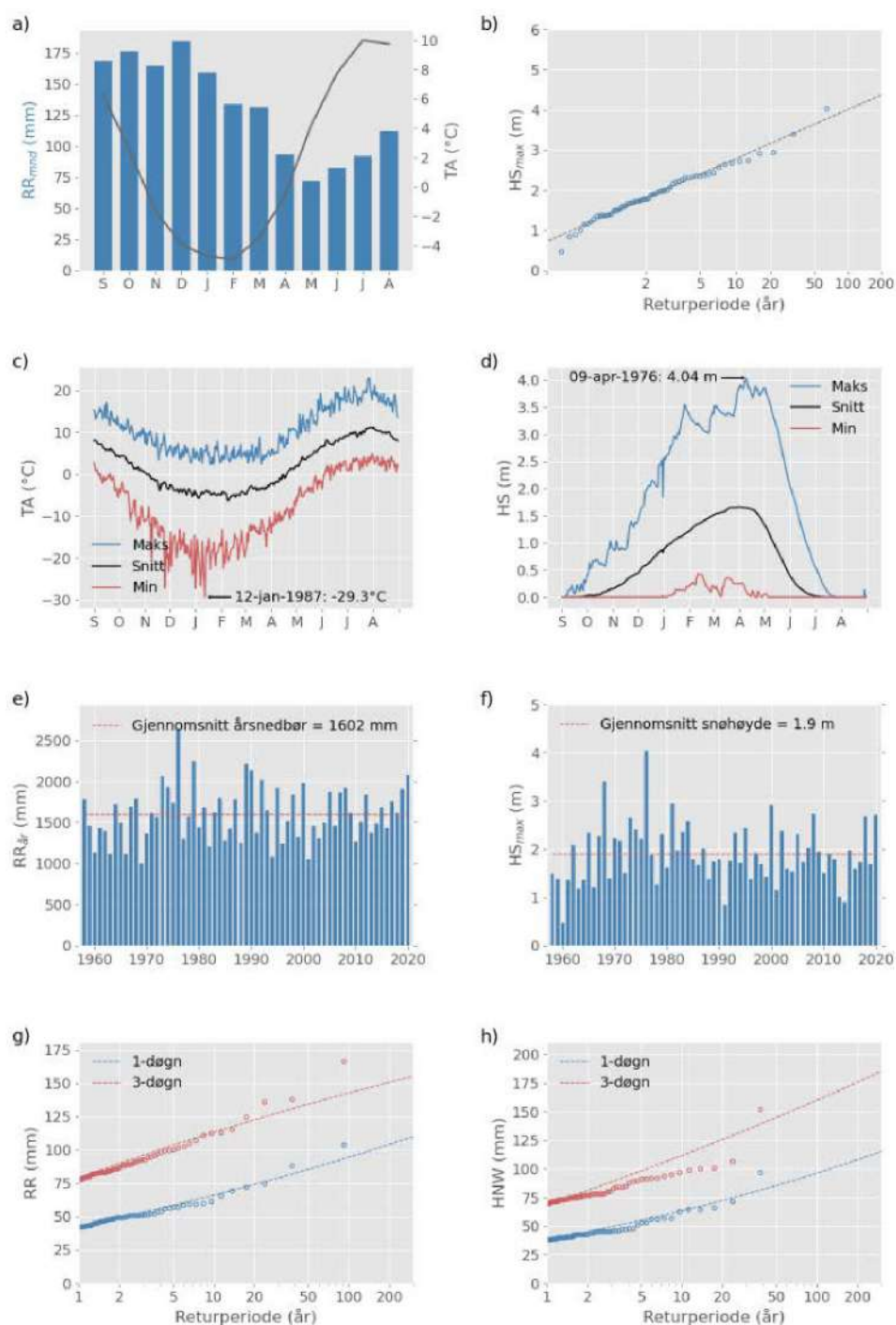
4 Klima

Interpolerte klimadata fra SeNorge-datasettet (Lussana et al., 2016; Saloranta, 2014) for normalperioden 1981 - 2010 viser at normal årsnedbør i det undersøkte området er ca. 1591 mm, hvor ca. 983 mm kommer om vinteren. Årsmiddeltemperatur i området er 1.7 °C og døgnmiddeltemperaturen varierer normalt fra -18.5 °C til 16.3 °C. Gjennomsnittlig snøhøyde er 193 cm og maksimal snøhøyde siste 50 år er 404 cm. Antall dager med snø på bakken er i gjennomsnitt 230. 300 års returperiode for 3 døgns nysnøtilvekst brukes ofte som et estimat på bruddhøyde for skred. For den aktuelle fjellsiden tilsvarer for eksempel 100 års returperiode for 3 døgn nysnøtilvekst ca. 150 cm (Figur 4-1).

Ved å bruke de maksimale nedbør- og snøhøydeverdiene i de interpolerte dataene kan man estimere forventet 1000-års nedbør og 300-års snøhøyde for området. I dette området er 1000-års nedbør beregnet å være 129 mm/døgn, og 300-års snøhøyde 4.0 meter. Dette er estimater basert på korte observasjonsperioder og statistiske usikkerheter.

Klimafremskrivninger (Hanssen-Bauer et al., 2015) for Norges fastland frem mot år 2100 viser at man kan forvente en økning i nedbørmengdene på mellom 8 % (scenario 1, RCP 4.5) og 15 % (scenario 2, RCP 8.5). Endringen om vinteren er henholdsvis 0 % og 8 % for de to scenariene. Temperaturen vil øke med mellom 2.4 °C og 3.7 °C. Dette har også en effekt på snødekket, som er forventet å minke med mellom -71 % og -91 %. Antall dager med snø på bakken er forventet å reduseres med henholdsvis -94 og -134 dager for de to scenariene.

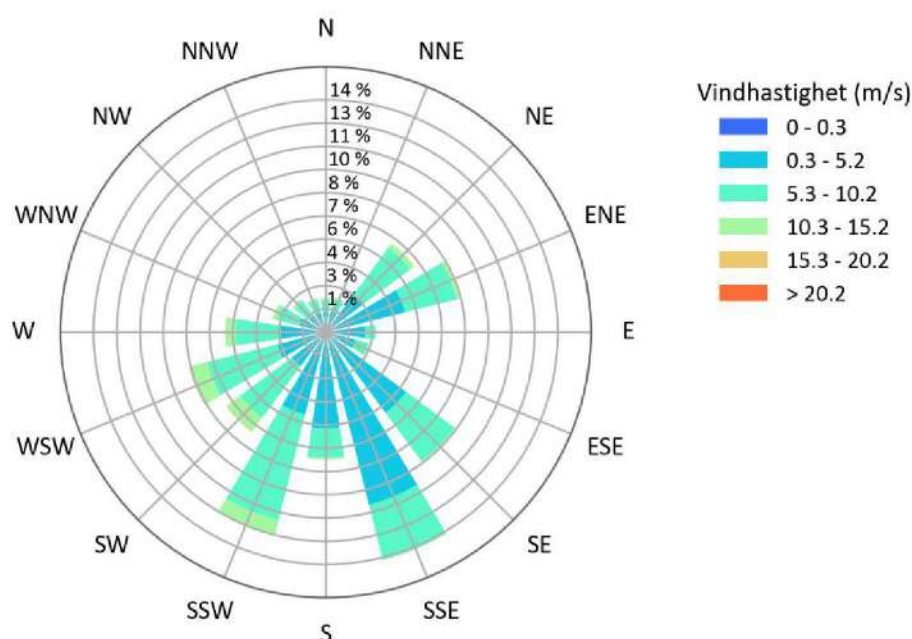
Høyde på valgt gridcelle (der data er hentet fra) er toppen av Aksla (788 moh).



Figur 4-1. Dataperiode: 1958 – 2015. a) Månedsnedbør og –lufttemperatur, b) returverdier (gumbelfordeling) for årlig maks snøhøyde. Daglig minimum, maksimum og gjennomsnittlig lufttemperatur (c) og snøhøyde (d). Tidsserier av årsnedbør (e) og årlig maks snøhøyde (f). Returverdier (peak over threshold) for 1- og 3-døgns nedbør (g) og nysnøtilvekst (h).

4.1 Vind

Høydevinden vil ha innvirkning på transporten av fokksnø ut iden aktuelle fjellsiden ovenfor anlegget. Nærmeste værstasjon som måler vind og som er lite påvirket av topografiske føringer er Vigra 40 km nordvest for anlegget. Hoved vindretning er fra sørlig sektor, mens den sterkeste vinden gjerne kommer fra sørvestlig retning (Figur 4-2).



Figur 4-2. Vindrose for stasjonsnummer 60990 Vigra (met.no).

Sørlige vinder er gjerne forbundet med nedbør som regn i lavereliggende strøk vinterstid, og nedbør som snø kommer vanligvis med vind fra sektoren vest-nord.

4.2 Snøavlagring i fjellsiden

Klimaanalysen indikerer at det kan legges seg opp flere meter snø i fjellområdene på høyde med Aksla. Skålformasjonene nord og nordøst for Aksla ligger godt til rette for ekstra avlagring av vindtransportert snø, men snøavlagringen vil være mindre på ryggen som ligger i nordvestlig retning ut fra toppen og nord for Nova (Figur 4-3). Dette har stor betydning for størrelsen på skredene. Kryssavlagring på grunn av sørlig vind etter et snøfall kan øke snøhøyden i nordlige aspekter.

Disse forhold er hensyntatt ved valg av bruddhøyde i simulering av snøskred med modelleringsverktøyet RAMMS beskrevet i kapittel 5.



Figur 4-3. Område som ligger særlig til rette for avlagring av vindtransportert snø.

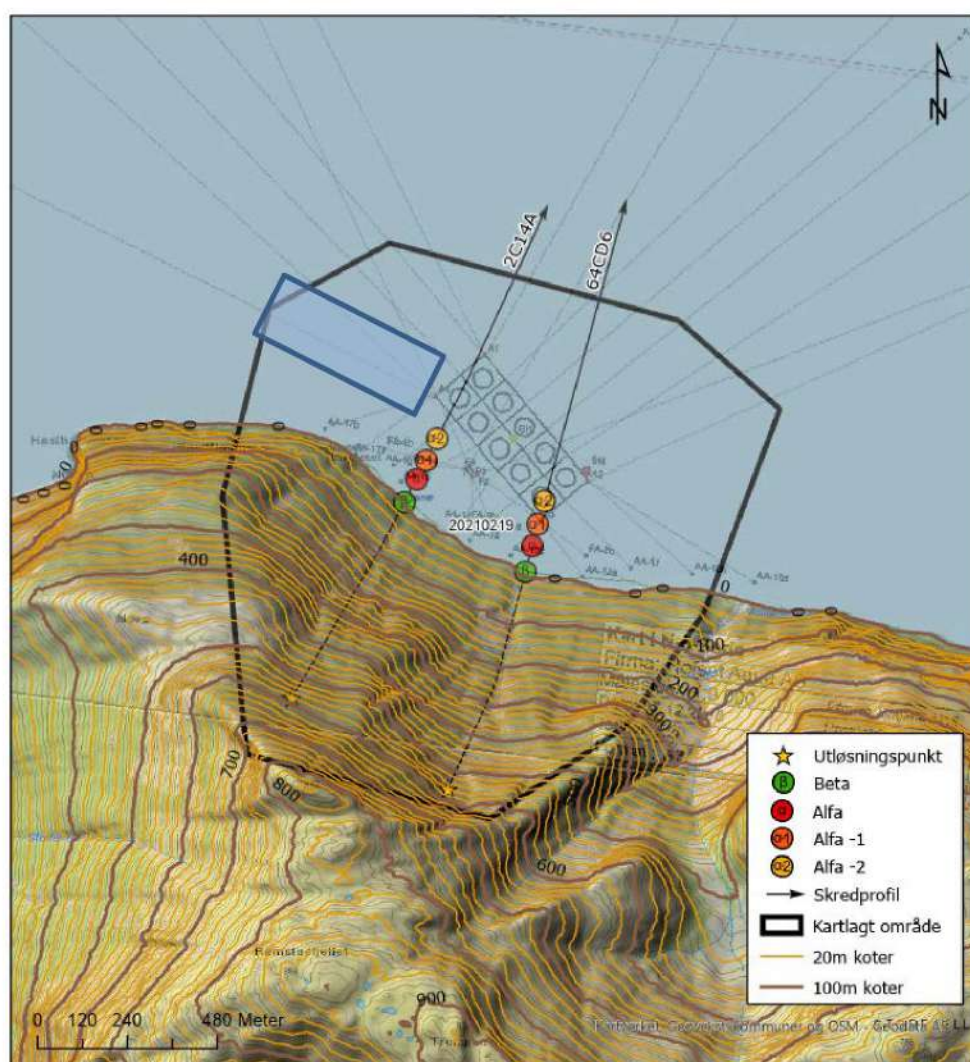
5 Modellering av snøskred

5.1 Input

Snøskred er dimensjonerende faretype for området med planlagte plasseringer av anlegg. Snøskred utløses vanligvis der terrenget er mellom 30° til 55° bratt. En oversikt over potensielle utløsningsområder for snøskred er gitt i Figur 5-3. Figur 5-1 viser et

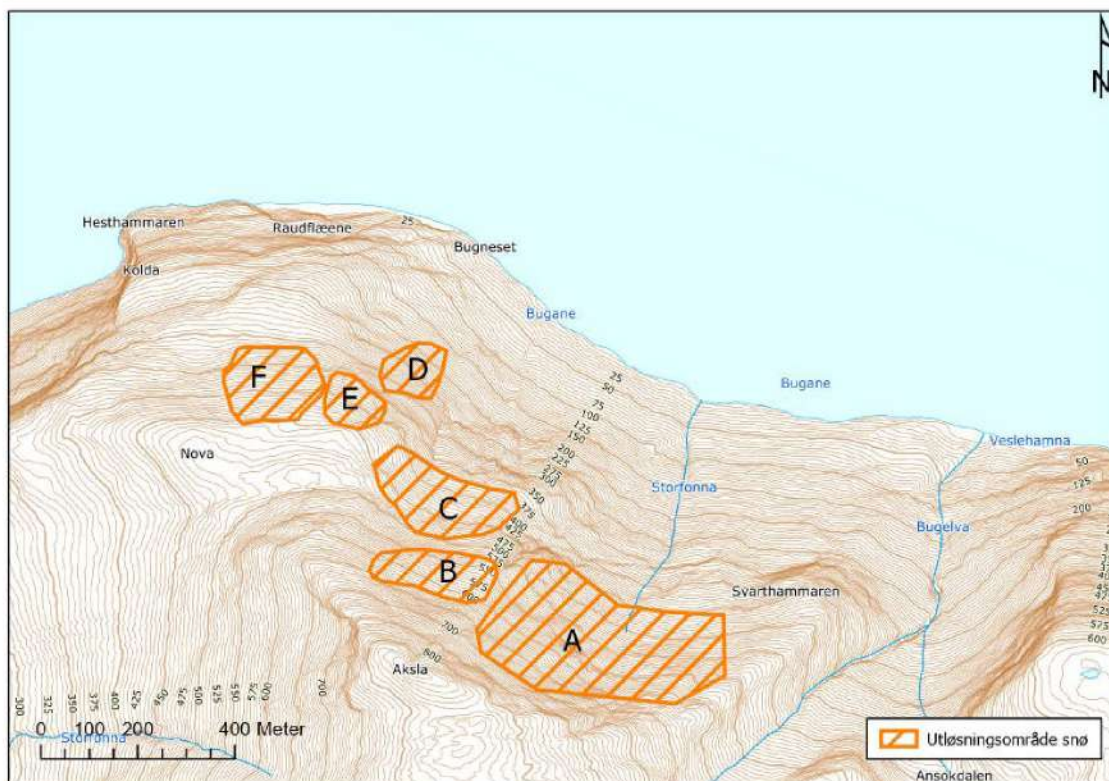
utvalg av beregninger for snøskred med den statistiske alfa-beta modellen (Lied og Bakkehøi, 1980). Statistisk sett kan en forvente at sjeldne skred (returperiode med størrelsesorden 100 år) går ned til alfa-punkt (røde punkt på Figur 5-1). Beregningen inkluderer ikke skredvind.

Tabell 5-1 viser modellparametere som ble brukt i utvalgte modellkjøringer med RAMMS. Vurdering av bruddhøyde og volum er basert på klimastatistikk og potensielle løснеområder for snøskred.



Figur 5-1. Beregning med Alfa- beta.

Simulering er delt inn i løснеområdene A – F og presentert i Figur 5-3. Input parametere er presentert i Tabell 5-2.



Figur 5-2 Løsneområder brukt i simuleringen

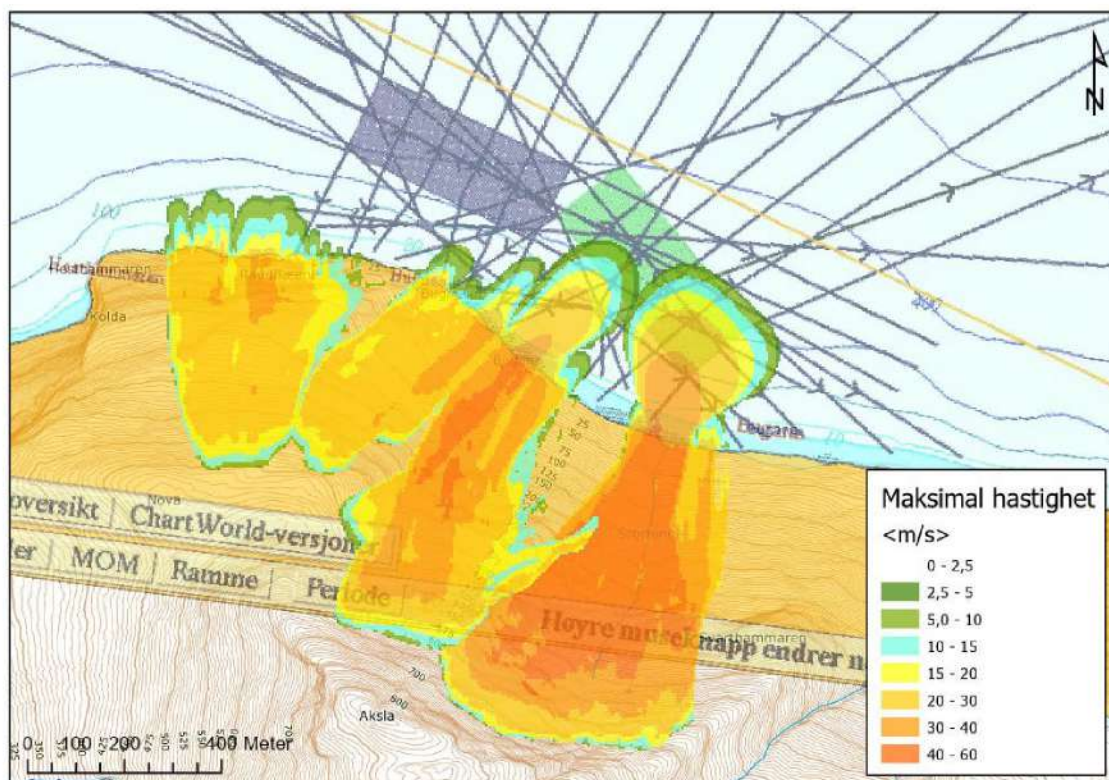
Tabell 5-1. Parametere brukt i simulering. Standard verdier er tilpasser norske forhold med variasjon i friksjonsparametere basert på høyde over havet.

Utløsningsområde	Bruddhøyde (m)	Volum (m ³)	μ (-)	ξ (m s ⁻²)
A	1.3	211 000	0.3	7500
B	1.3	37 379	Standard	Standard
C	1.3	57 836	Standard	Standard
D	1	17 822	Standard	Standard
E	0.8	10 680	Standard	Standard
F	1	36 504	Standard	Standard

5.2 Resultater

Modelleringsresultater i RAMMS viser at snøskred treffer vannkanten med en hastighet rundt 30-40 m/s. Observasjoner fra tidligere hendelser der store skred går på vannet, viser at skredmasser kan gå langt ut i vannet. Plassering 1 ligger i bevegelsesretningen av to store skredbaner, og det antas at skredmasser vil kunne treffe anlegget med denne plasseringen.

Ved plassering 2 blir ikke anlegget truffet av faste skredmasser ifølge modelleringen. Det er likevel potensiale for skredvind, spesielt fra løснеområder A, B og C. Potensialet for skredvind, er størst mot østre del av anlegget. Figur 5-3 viser beregnet maksimal hastighet i RAMMS.



Figur 5-3. Utløp av snøskred som viser maksimal hastighet på faste skredmasser i simuleringen.

6 Skredfarevurdering

6.1 Skredfarevurdering av plassering 1

Snøskred er dimensjonerende skredtype i området. Det er potensiale for store snøskred i området, med retning mot anlegget. Beregning av et skredscenario viser at faste skredmasser kan treffe anlegget og trykket kan bli ødeleggende. Sannsynlighet for et slikt skred er høyere enn 1/1000. I tillegg til sterke krefter fra de faste skredmassene, er det også potensiale for skredvind som kan påføre skade.

Vi antar at det vil kunne bli utløst snøskred som kan føre til skade på personer som oppholder seg utendørs og skade på anlegget rundt hvert 10. år i gjennomsnitt.

Det er flere eksempler på at snøskred kan nå ut over vann, og NGI har erfaring med liknende anlegg, som har blitt ødelagt med større avstand mellom land og anlegg enn ved Bugane.

6.2 Skredvurdering av plassering 2

Snøskred er dimensjonerende skredtype i området. Det er potensiale for store snøskred i området, men disse vil ikke ha retning direkte mot anlegget. Flyttingen vestover og ut av treffområdet fra Storfonna, gjør at skredene man må ta hensyn til i planleggingen er mindre i størrelse og intensitet.

Beregning av et skredscenario viser at faste skredmasser ikke vil treffe anlegget i plassering 2 i et 1/1000 scenario. Likevel er potensiale for skredvind til stede, spesielt mot østlig del av merdene. På bakgrunn av dette, er det anbefalt en ytterligere justering av anlegget. Foreslått justering er mot NV og er nærmere beskrevet i kapittel 7.

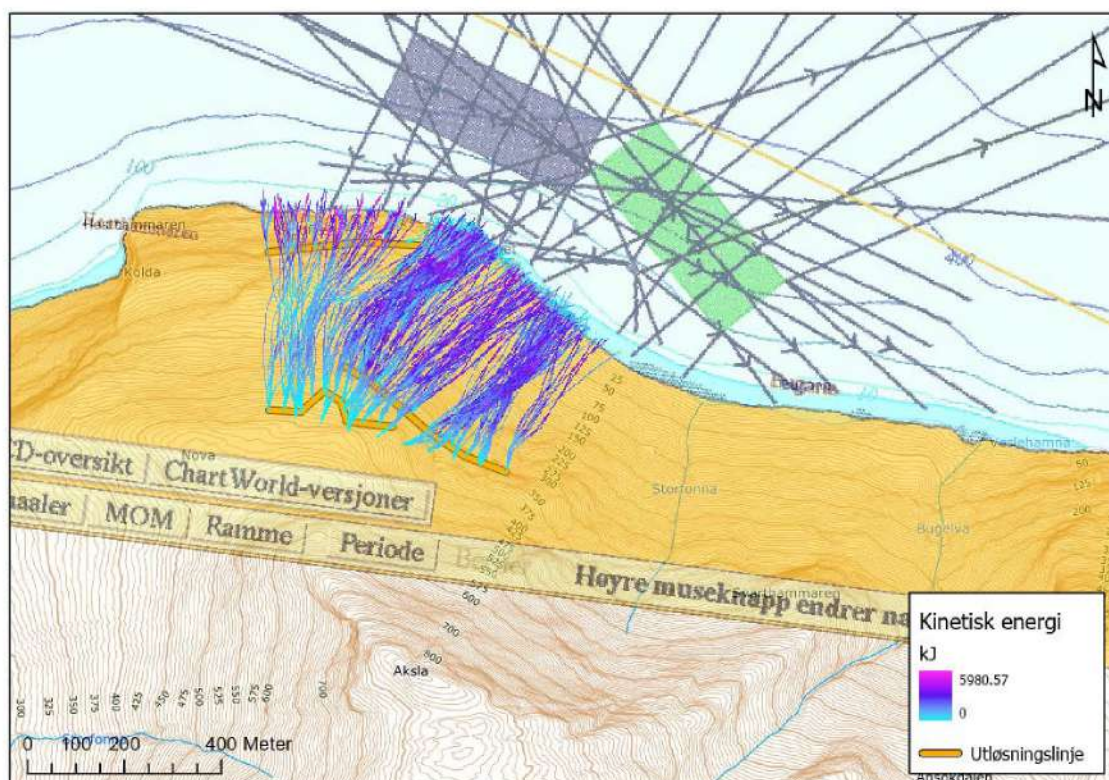
Det er også potensiale for 2-3 meter høye bølger som en sekundærvirkning av snøskred som går i fjorden. I tillegg vil skredsnøen bre seg ut i fjorden og kan drive inn i merdene. Det er neppe noe stor fare forbundet med dette.

6.3 Andre skredtyper

Det er potensiale for løsmasseskred i renna ved storfonna, men disse er vurdert å ville ha betydelig mindre påvirkning for anlegget enn snøskred. Det er potensiale for steinsprang i området, men terrenget legger ikke til rette for ekstreme sprang eller flogstein.

I forbindelse med oppdatert plassering av anlegget, lengre mot vest enn opprinnelig planlagt, er det gjennomført en modellering i RAMMS steinsprang (Figur 6-1). Det er inkludert 500 blokker med volum på 1 m³ sluppet fra flere potensielle løsneområder. Terrenget er inkludert med terrengparameter "medium hard" grunnet vegetasjon og tilstedeværelse av noe løsmasse. Resultatet viser at blokker spretter og ruller langs land og stopper raskt i sjøen, og stemmer godt overens med NGIs tolkning av steinsprangbevegelser i terrenget.

Noen ankerfester og barduner nære land kan potensielt få skader fra treff av steinblokker. At flere fester ødelegges eller skades av skred samtidig vurderes som svært lite sannsynlig. Vi er innforstått med at dette er sett på som akseptabel risiko og ikke avgjørende for innfestingen av merdene.

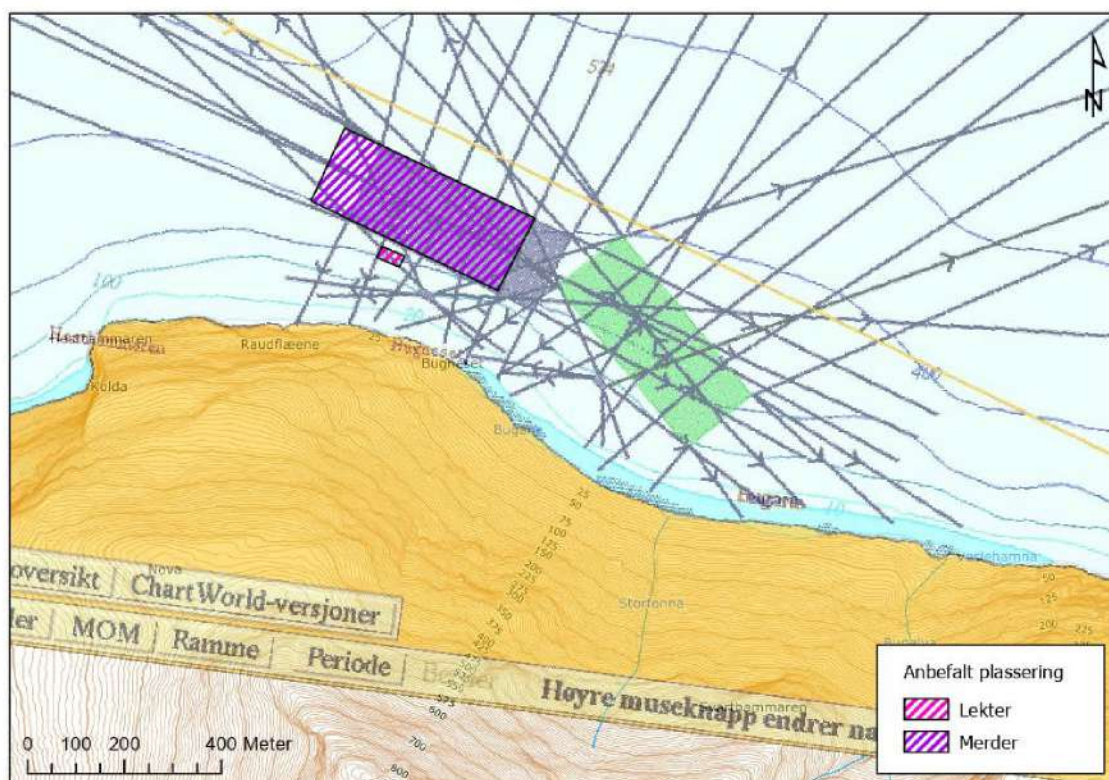


Figur 6-1. Modellering av steinsprang viser at utløpene stopper i sjøen i god avstand til anlegget.

7 Konklusjon

Anlegget tilfredsstiller ikke S2 i TEK 17 med justert plassering "Plassering 2" eller opprinnelig plassering "Plassering 1". En ytterligere flytting av anlegget mot nord-vest, presentert i Figur 7-1, vil forbedre sikkerheten mot skred, og denne plasseringen vurderes å tilfredsstille sikkerhet mot skred for klasse S2, dersom sekundærvirkningene (bølger) er tilstrekkelig dimensjonert for. Snøskyen vil fortsatt kunne nå anlegget, men trykkvirkningene er ikke forventet til å bli større enn 1 kPa.

Sekundærvirkninger fra snøskred er i dette tilfellet bølger. Det er lite erfaring med beregning av bølgehøyde fra slike skred, men en bølgehøyde på 2-3 meter antas å være mulig i et 1/1000 scenario.



Figur 7-1. Anbefalt plassering av lekter og merder.

8 Referanser

Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. & Ådlandsvik B. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015.

Lussana C., Tveito O.E. & Uboldi F. (2016). seNorge v2.0: an observational gridded dataset of temperature for Norway. MET-report 14/2016.

Saloranta T. (2014). New version (v.1.1.1) of the seNorge snow model and snow maps for Norway. NVE Report 06/2014.

Disclaimer

Skredfarevurderingene gjelder så lenge vesentlige endringer i forutsetningene for vurderingene ikke forekommer. (Eksempler på vesentlige endringer er endringer i Plan og Bygningslovens krav, nye opplysninger om historiske eller nyere skred, endringer i klima, terreng eller vegetasjon, anlegg av ny infrastruktur, etc.). Oppdragsgiver må til

enhver tid vurdere om forutsetningene er endret, for i så fall å få utført en revidert kartlegging.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Skredfarevurdering Bugane		Dokumentnr./Document no. 20210219-02-TN
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical note	Oppdragsgiver/Client Hofseth Aqua AS	Dato/Date 2021-05-06
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr. & dato/Rev.no. & date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Snøskred, skredfare		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Møre og Romsdal	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Sykkylven	Feltnavn/Field name
Sted/Location Bugane	Sted/Location
Kartblad/Map 085N	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 33N Øst: 78881.28 Nord: 6949150.46	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:
0	Originaldokument	2021-05-05 Katrine Mo	2021-05-06 Ulrik Domaas		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 7. mai 2021	Prosjektleder/Project Manager Katrine Mo
--	---------------------------------	--

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within 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 following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentsiteten 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 NGI.

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 NGI.

