



RAPPORT

Miljøsentral ved Lyngflot i Tinn kommune

VURDERING AV SKREDFARE OG SKISSERING AV
SIKRINGSTILTAK

DOK.NR. 20200255-01-R
REV.NR. 0 / 2021-05-18

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten 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.



Prosjekt

Prosjekttittel: Miljøsentral ved Lyngflot i Tinn kommune
Dokumenttittel: Vurdering av skredfare og skissering av sikringstiltak
Dokumentnr.: 20200255-01-R
Dato: 2021-05-18
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Tinn kommune
Kontaktperson: John Sortland
Kontraktreferanse: Oppdragsbekreftelse signert 2021-04-06

for NGI

Prosjektleder: Graham Gilbert
Utarbeidet av: Graham Gilbert
Kontrollert av: Vidar Kveldsvik

Sammendrag og konklusjoner

På oppdrag for Tinn kommune har NGI gjennomført en detaljert vurdering av skredfare i forbindelse med mulig fremtidig etablering av en gjenvinnings- og omlastingsstasjon ved Lyngflot i Tinn kommune. Vurderingen er basert på tidligere skredhendelser, observasjoner gjort under befaringen, simuleringer av skredutløp og kartstudier. Faresoner som tilsvarer kravene til sikkerhetsklassene S1 og S2 i TEK 17 er laget.

Hele det planlagte utbyggingsområdet og tilkomstvei ligger innenfor faresone med nominell årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$ og deler ligger innenfor faresone med nominell årlig sannsynlighet $\geq 1/100$. Steinsprang er i hovedsak dimensjonerende faretype i området. Snøskred og flomskred vurderes også å være aktuelle skredtyper i området. Området ligger delvis innenfor et område vurdert som ustabil fjellparti av Norges geologiske undersøkelse.

Næringsbygg med færre enn 10 medarbeidere er normalt plassert i sikkerhetsklasse S2 (nominell årlig sannsynlighet for skred skal ikke være større enn $1/1000$). Den mest aktuelle sikringsmetoden for å sikre planlagt område for miljøsentralen vurderes å være voll med lengde ca. 300 m. Kostnaden for en 7 m høy voll er grovt estimert til 11 000 000 kr. Muligens vil eventuell detaljprosjektering medføre høyere voll med tilhørende økte kostnader. For tilkomstveien anses det at største nominelle årlige sannsynlighet på $1/50$ vil være tilfredsstillende. I dette tilfellet vil videre sikring av tilkomstveien sannsynligvis ikke være nødvendig.

Innhold

1	Innledning	6
1.1	Forbehold	7
2	Krav til sikkerhet mot skred	8
3	Bakgrunn	8
3.1	Historiske data	8
3.2	Topografi, geologi og vegetasjon	11
3.3	Klima	16
3.4	Observasjoner fra befarings	18
4	Modellkjøring	25
4.1	Flomskred	25
4.2	Steinsprang	27
5	Skredfarevurdering	30
5.1	Steinsprang	30
5.2	Fjellskred	30
5.3	Snøskred	30
5.4	Jordskred	30
5.5	Flomskred	30
5.6	Sørpeskred	30
5.7	Begrunnelse for faresonene	31
6	Sikringsalternativer	31
7	Referanser	34

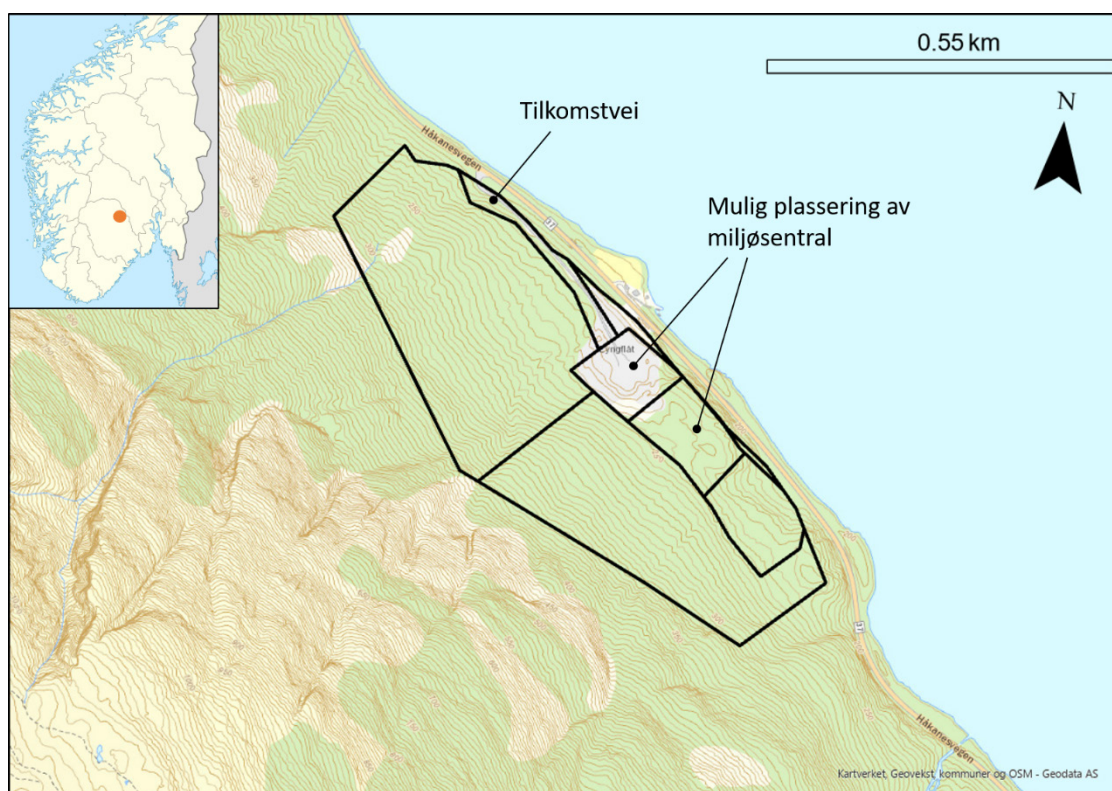
Vedlegg

Vedlegg A Faresonekart

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

På oppdrag fra Tinn kommune har NGI vurdert og kartlagt skredfare i forbindelse med mulig fremtidig etablering av en gjenvinning og omlastingsstasjon ved Lyngflot i Tinn kommune. I tilknytning til miljøsentralen er det også planlagt tilkomstvei fra Håkanesvegen. Området som er vurdert er vist i Figur 1-1. Er oversiktsbilde, tatt fra østsiden av Tinnsjø, er vist i Figur 1-2 og viser omtrentlig plassering av det aktuelle området i terrenget.



Figur 1-1 Lokalisering av det aktuelle området ved Lyngflot.



Figur 1-2 Oversiktsbilde over det aktuelle området (rød polygon) ved østvendt side av Håkånesfjellet.

1.1 Forbehold

Vurderingen er gjort på bakgrunn av dagens terreng- og vegetasjonsforhold. Klimaendringer og menneskelige inngrep i terreng og vegetasjon i det tilgrensende området til planområdet, for eksempel etablering av skogsveg, snauhogst og skogplanting, kan endre forutsetningene for vurderingene. Dette gjelder særlig i områder brattere enn 30° .

Metodikken for å bestemme skredfaresoner omfatter til dels kvalitative vurderinger i tillegg til kvantitative beregningsmetoder og kan generelt ikke oppfattes som endelige, men kan bli endret i lys av nye opplysninger og kunnskap.

2 Krav til sikkerhet mot skred

Plan- og bygningsloven med tilhørende forskrift (TEK17) stiller krav til sikkerhet mot skred. 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

Næringsbygg med mer enn 10 medarbeidere er normalt plassert i sikkerhetsklasse S3, mens bygg med opphold til færre medarbeidere er plassert i S2. Vi har fått opplyst av Tinn kommune at antall medarbeidere ikke vil bli flere enn 10, følgelig har vi vurdert skredfare etter kravet for sikkerhetsklasse S2.

Sikkerhetsklasse for tilkomstveien fra nord vurderes i henhold til Håndbok N200 Vegbygging, Tabell 208.1 "Sikkerhet for skredsannsynlighet på veg". Det anses at største nominelle årlige sannsynlighet på 1/50 vil være tilfredsstillende. Ferdigbestemmelse av sikkerhetsklasse for tilkomstveien bør utføres i senere fase.

3 Bakgrunn

3.1 Historiske data

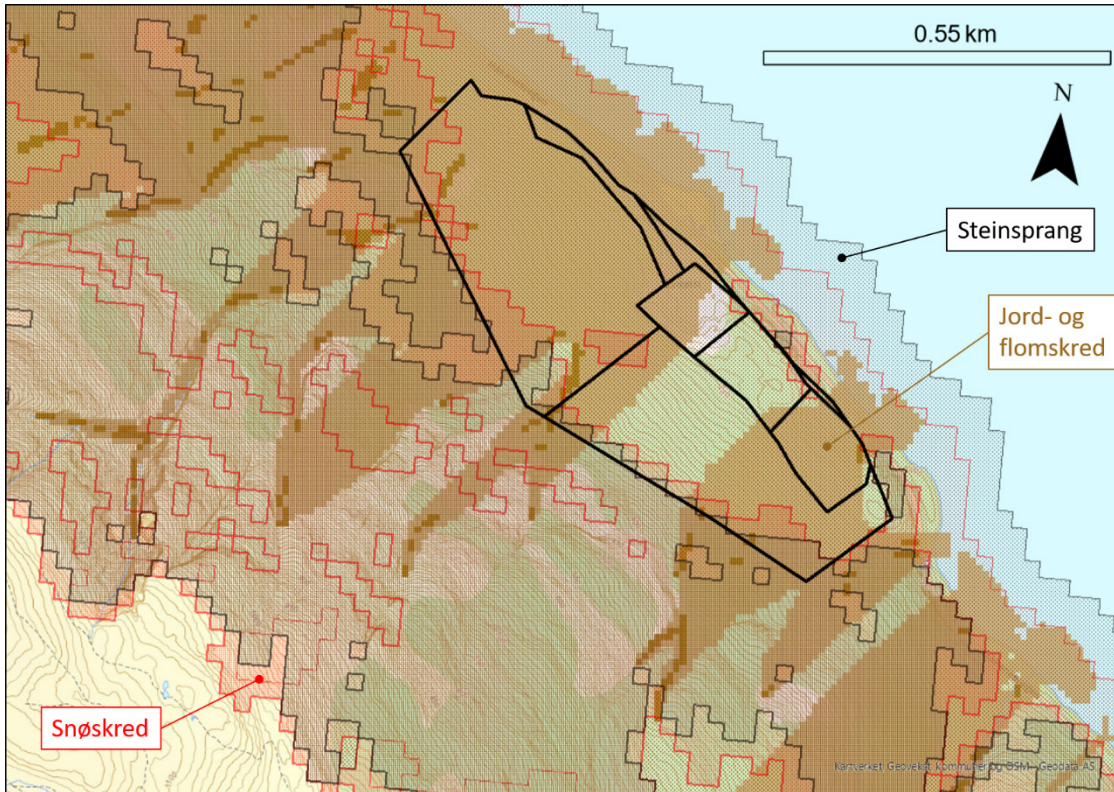
3.1.1 Tidligere rapporter

NGI har utarbeidet et teknisk notat som omhandler vurdering av skredfare i det aktuelle området tidligere /1/. Tidligere vurderingen av sannsynlighet for skred ble utført i 2001 og var tilknyttet planer om å etablere skytebaner i området, samt parkeringsplasser, en bygning, og go-kart bane. Området ble på den tiden befart av NGI. Hovedkonklusjon var at største nominell årlig sannsynlighet der bygningen var planlagt var et sted mellom 0,01 (1/100) og 0,001 (1/1000). Steinsprang ble vurdert som dimensjonerende skredfaretypen.

3.1.2 Aktsomhetskart

Det aktuelle området er dekket av NVEs aktsomhetskart for steinsprang og snøskred. Store deler av området er dekket av aktsomhetskartet for jord- og flomskred (Figur 3-1). Aktsomhetssonene fra NVE er generert automatisk basert på en grov terrengmodell med

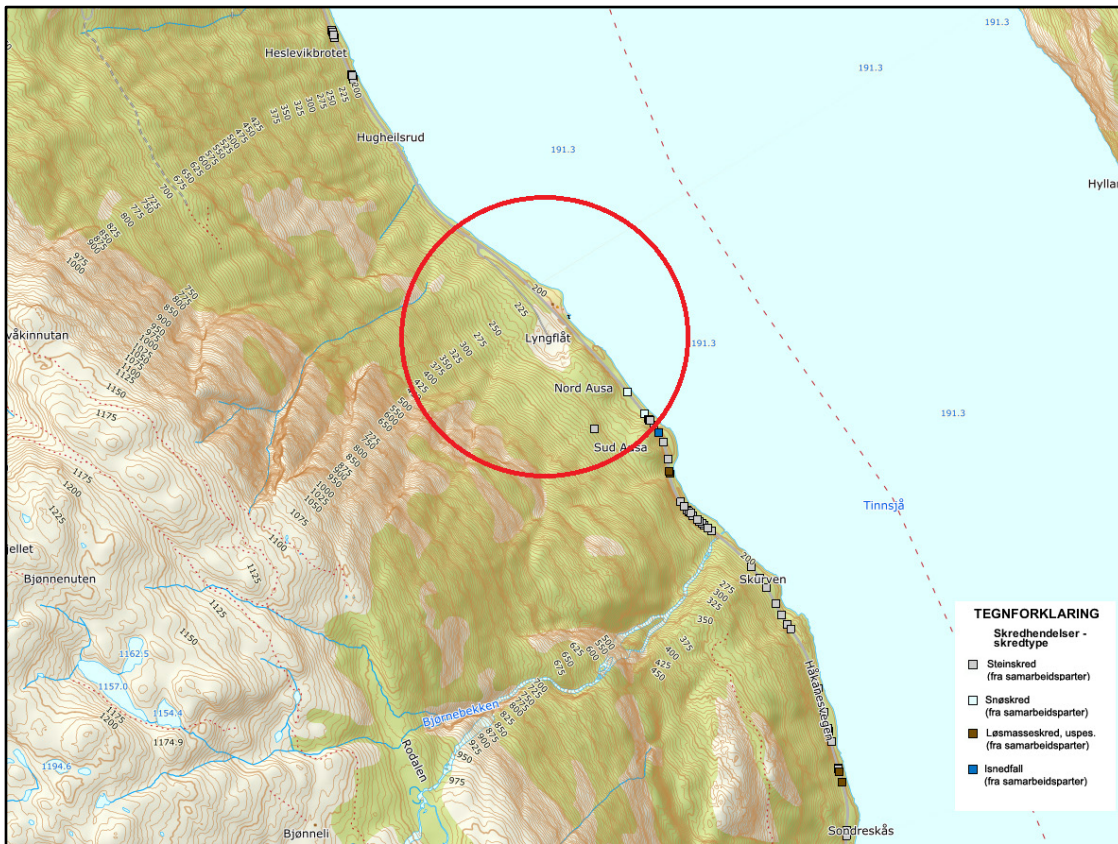
10 m (jord- og flomskred) eller 20 m (snøskred og steinsprang) oppløsning, uten å ta hensyn til vegetasjon eller klimaforhold, og uten befarings i terrenget.



Figur 3-1 NVEs aktsomhetskart for steinsprang (svart), snøskred (rød) og jord- og flomskred (brun).

3.1.3 Skredhendelser

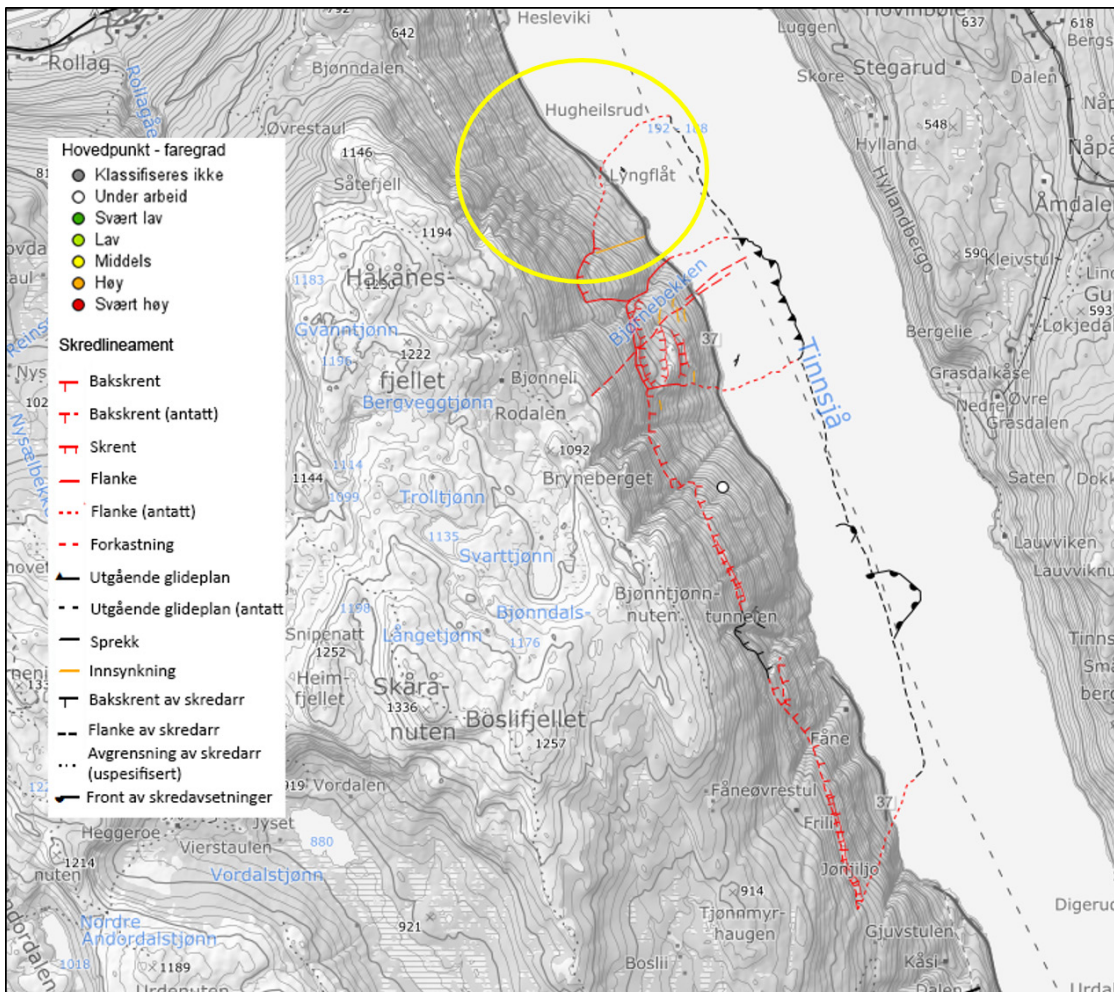
I den nasjonale skred databasen er det registret ca. 40 skredhendelser innenfor ca. 5 km ved og nært det aktuelle området (Figur 3-2). I databasen generelt er de fleste hendelser registrert der skred krysser vei eller jernbane, og alle registrerte hendelser er i perioden etter at Håkanesvegen ble åpnet i 1992. Ca. 30 hendelser er klassifisert som steinsprang. De fleste steinsprang er antagelig knyttet til stein som har løsnet fra bergskjæringer langs veien. Det finnes tre steinspranghendelser hvor det er rapportert at løsneområdet er i fjellsiden ovenfor veien, og det er tolket at disse har løsnet fra naturlige terreng. Det finnes også flere jordskred- og snøskredhendelser i nærområdet, samt en registrering av isnedfall. Disse hendelsene viser at steinsprang, jordskred, og snøskred er aktuelle skredprosesser i dette området.



Figur 3-2 Tidligere skredhendelser i nærområdet (skrednett.no). Omtrentlig plassering av det vurderte området er vist med rød ring.

3.1.4 Fjellskred

Det aktuelle området er delvis innenfor et område markert som ustabil fjellparti i den nasjonale database for ustabile fjellpartier som driftes av Norges geologiske undersøkelse, NGU (Figur 3-3). Databasen gir en oversikt over potensielle lokaliteter som er identifisert i kartleggingsprogrammet for fjellskred (mer enn 100 000 m³). Faregraden er ennå ikke bestemt av NGU og fjellpartiet er klassifisert som "under arbeid".



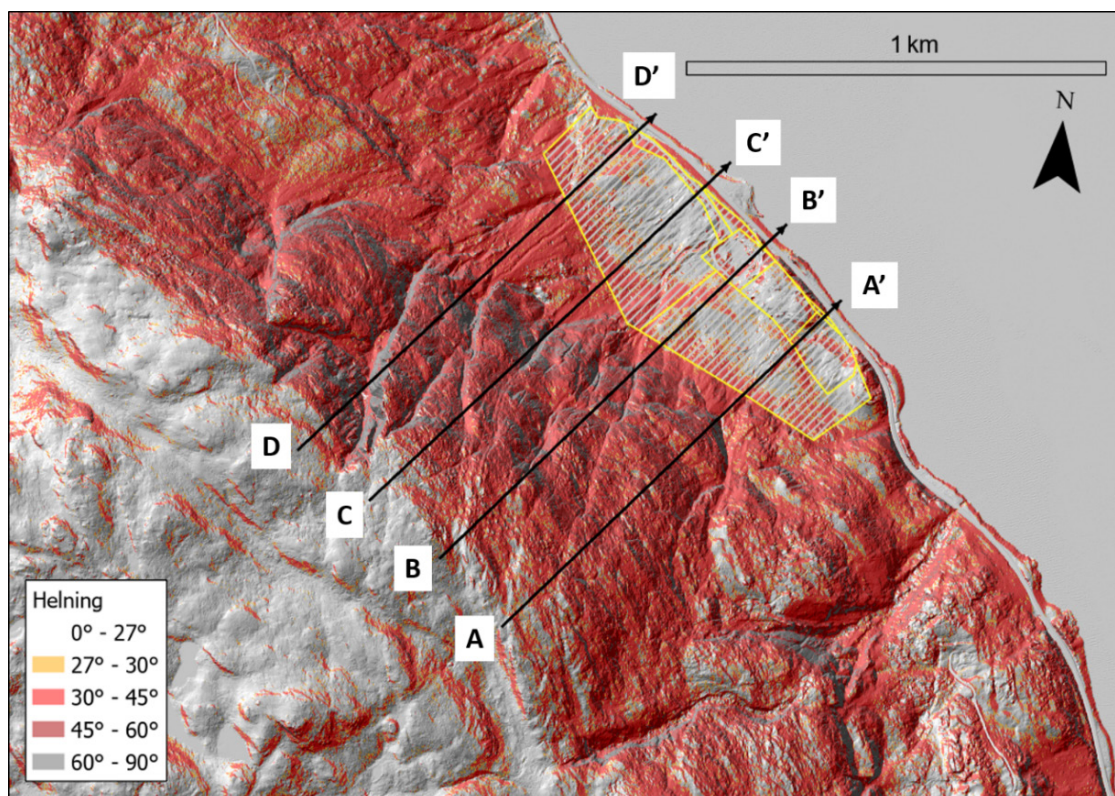
Figur 3-3 Utklipp fra Nasjonal database for ustabile fjellpartier (NGU; https://geo.ngu.no/kart/ustabilefjellparti_mobil/). Omtrentlig plassering av det aktuelle området er vist med gullring.

3.2 Topografi, geologi og vegetasjon

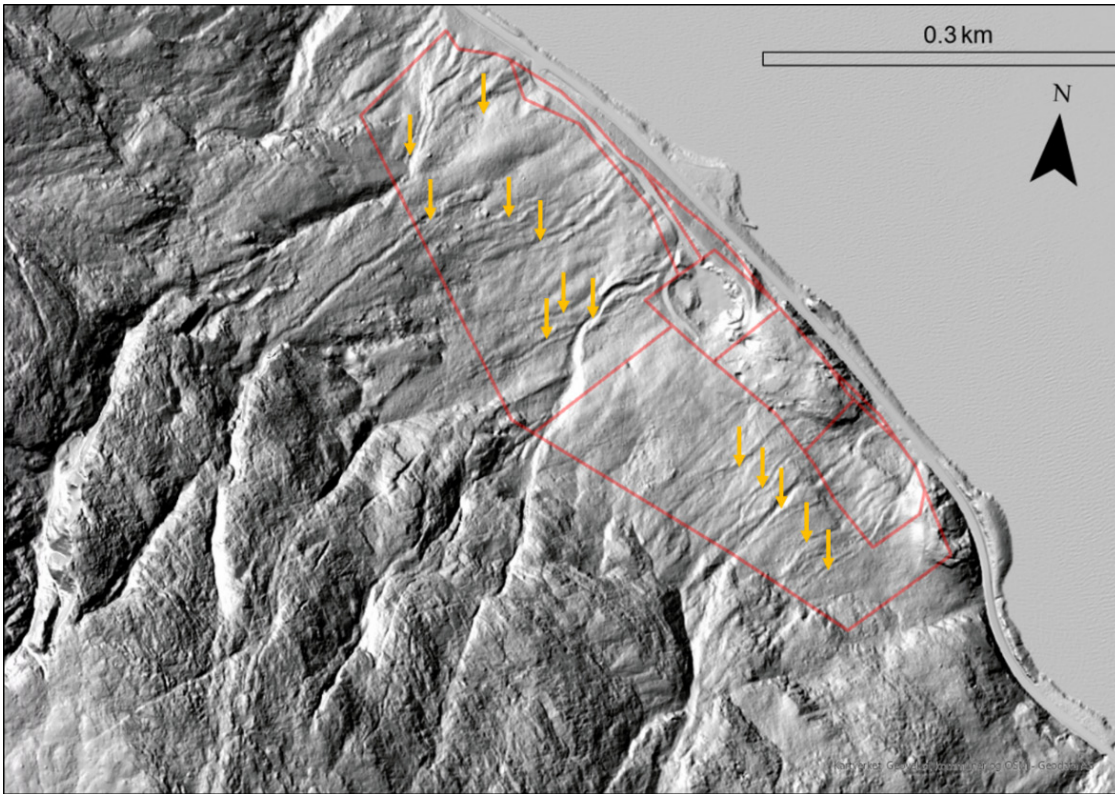
3.2.1 Topografi

Det aktuelle området ligger mellom kote 200 og 300 på vestsiden av Tinnsjø, ved foten av en bratt skråning (Figur 3-4). Fjellsiden ovenfor området når opp til et fjellparti som heter Håkånesfjellet (1222 moh). Nederste del av fjellsiden der skredfarevurderingen er utført, er relativt bratt, de fleste stedene med terrenghelning mellom ca. 20° og 45°. Det finnes også noe flatere partier der miljøsentreren er planlagt. I fjellskyggekart, som viser terreng uten skog, finnes det dreneringsveier og spor etter tidligere hendelser som har krysset området (Figur 3-5). Uten videre informasjon vil disse formene tolkes som spor etter tidligere flomskred hendelser.

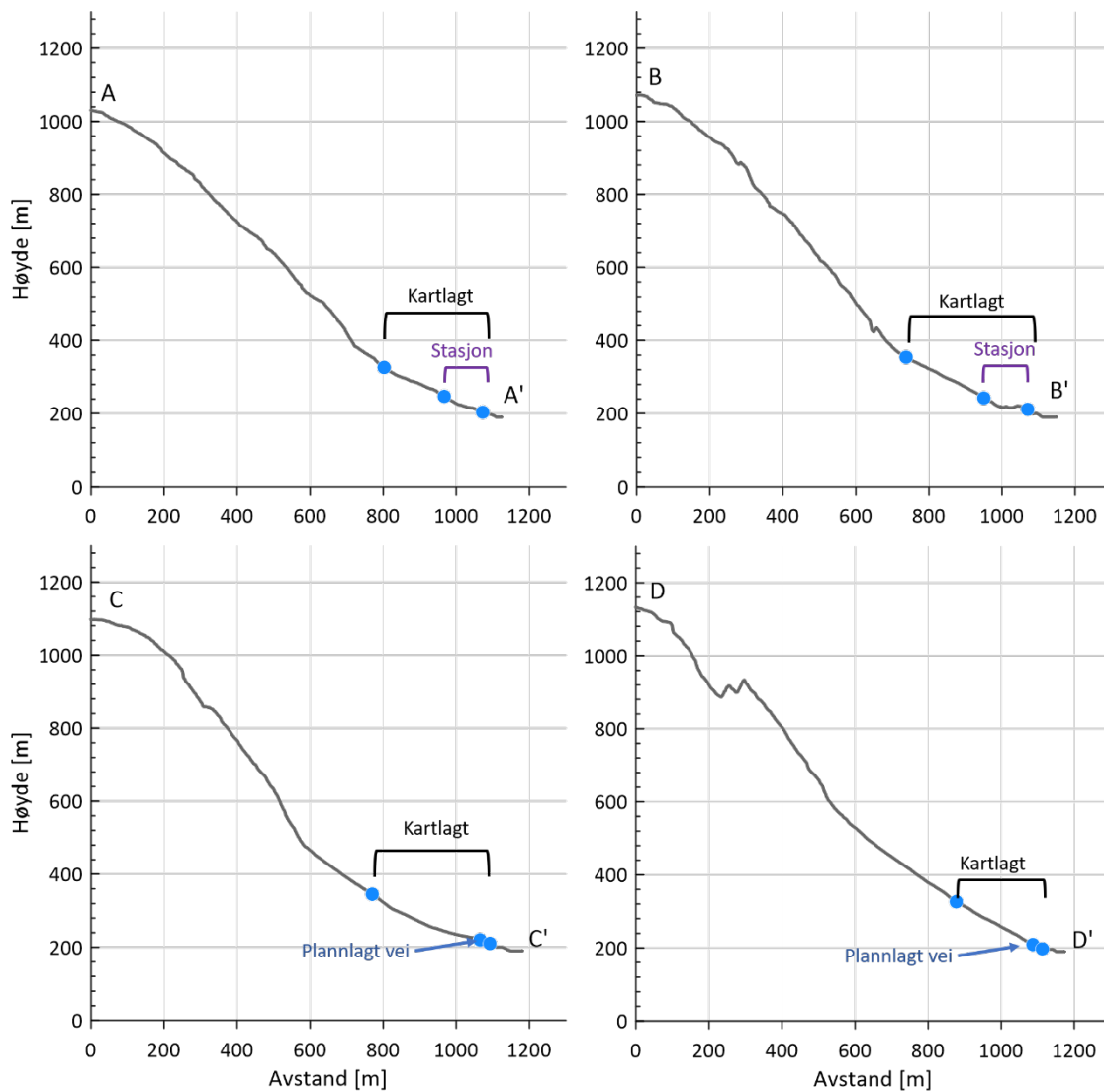
Ovenfor det kartlagte området er fjellsiden meget bratt med gjennomsnittlig helning mellom 45° og 60°. Fjellskyggekart viser en kompleks geologi med flere forkastninger og områder med svaberg. Langs fire profiler fra Tinnsjø til fjelltoppen er gjennomsnittlig helning ca. 40° (Figur 3-6). Profilene viser det kartlagte området plassert rett ved bunnen av skråningen.



Figur 3-4 Fjellskyggekart med terrenghelning. Profiler er vist i Figur 3-6.



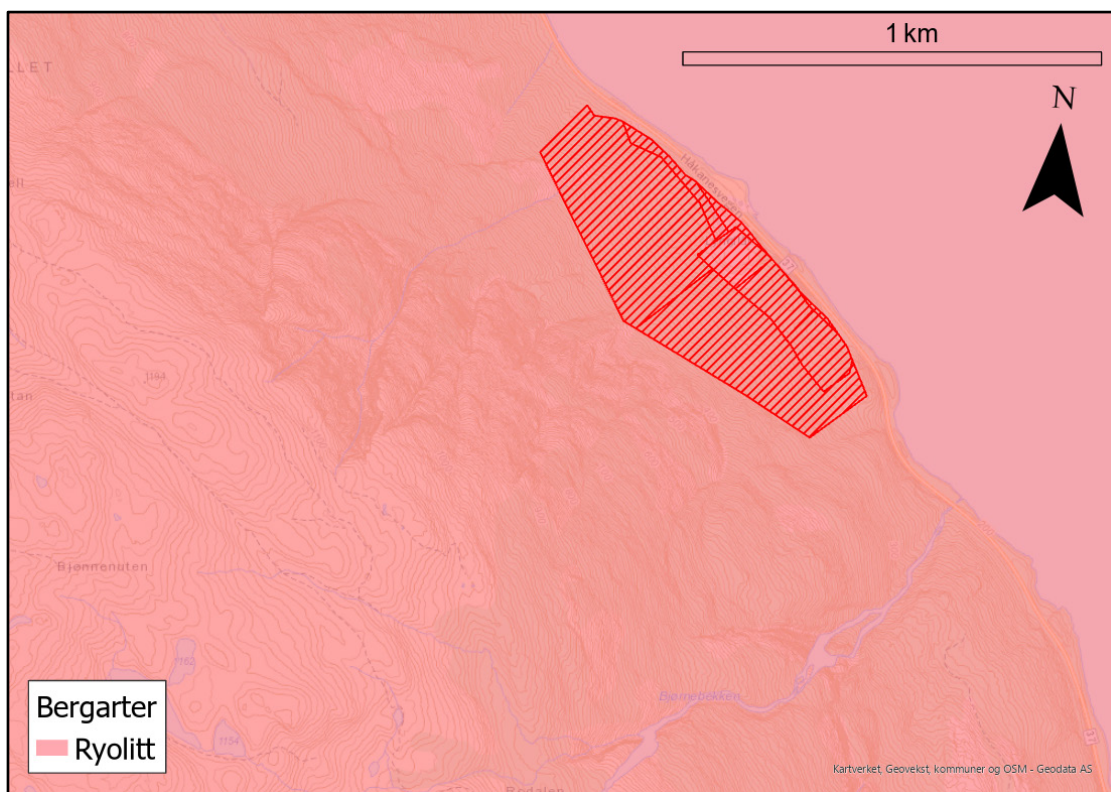
Figur 3-5 Fjellskyggekart som viser terreng uten skog. Gule piler markerer utvalgte renner som krysser det aktuelle området.



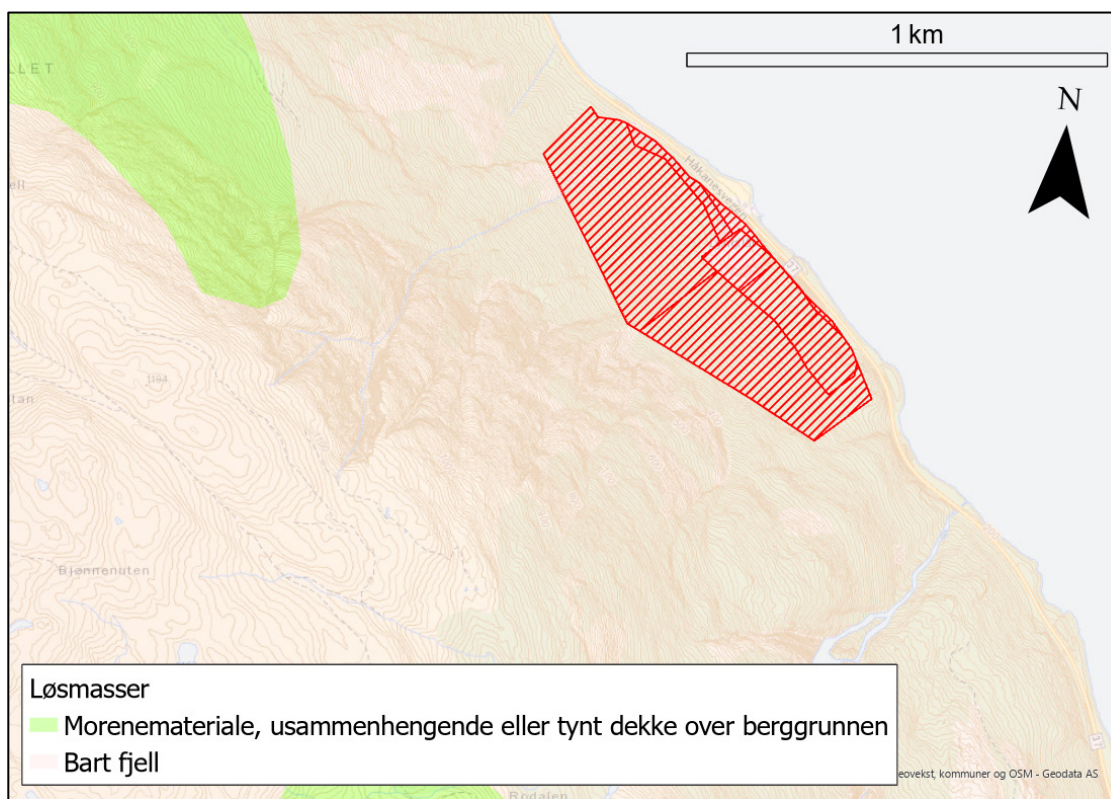
Figur 3-6 Profiler. Plassering vist i Figur 3-4. Kartlagt område og plassering av planlagt stasjonsområdet og tilkomstvei er vist.

3.2.2 Bergrunns- og løsmassegeologi

Ifølge NGU sitt berggrunnsgeologiske kart består området av "ryolitt" som er litt omvandlet slik at den kalles metaryolitt (meta – metamorfose) (Figur 3-7). Ryolitt er en vulkansk bergart med stort sett samme kjemiske sammensetning som granitt, men med mindre størrelse på mineralkrystallene siden den har blitt avkjølt mye raskere enn granitt. Løsmassekartet viser "bart fjell" med "morenemateriale" stedvis i fjellsiden (Figur 3-8). Basert på flyfoto, områdets morfologi, og tidligere erfaring er det kjent at området er dekket av ur og steinsprangavsetninger, stedvis remobilisert av andre skredprosesser.



Figur 3-7 Berggrunngelogisk kart fra NGU.



Figur 3-8 Løsmassekart fra NGU. (kartdata fra http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/).

3.2.3 Vegetasjon

Fjellsiden er dekket med blandingskog med varierende tetthet opp til ca. kote 350-400. Det finnes også skog i flatere partiene ovenfor dette. Skogen viser stedvis spor etter tidligere hendelser og rennene nevnt ovenfor (Figur 3-5) er synlige i flyfoto. Dette tyder på at det er aktive skredprosesser i området, særlig langs rennene og høyere i skråningen.

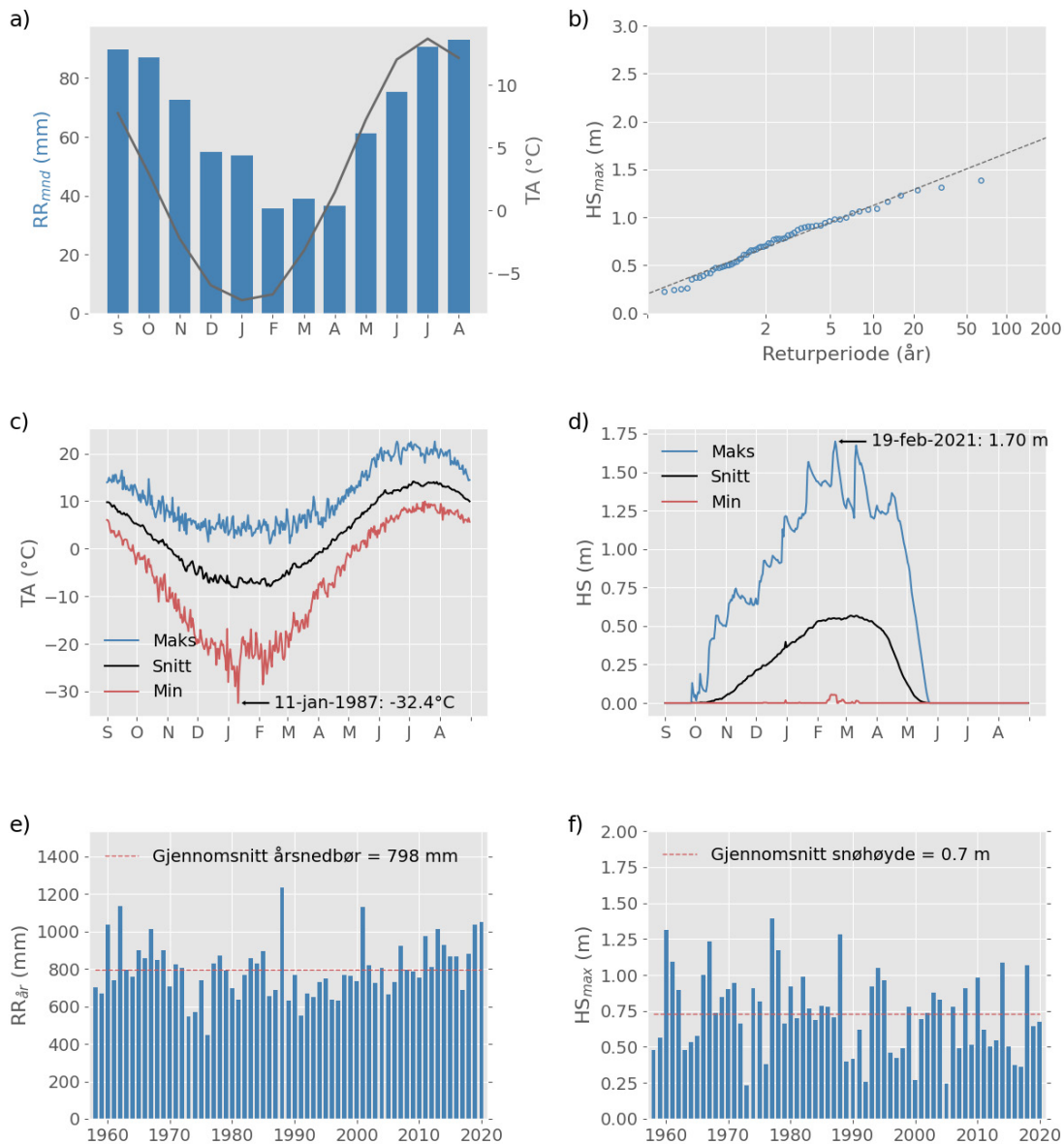


Figur 3-9 Flyfoto over området (<https://norgebilder.no/>).

3.3 Klima

Interpolerte klimadata fra SeNorge-datasettet /2,3/ for normalperioden 1981 - 2010 viser at normal årsnedbør i det undersøkte området er ca. 766 mm, hvor ca. 331 mm kommer om vinteren (Figur 3-10). Årsmiddeltemperatur i området er 2.7 °C og døgnmiddeltemperaturen varierer normalt fra -20.8 °C til 19.2 °C. Gjennomsnittlig snøhøyde er 68 cm og maksimal snøhøyde siste 50 år er 139 cm. Antall dager med snø på bakken er i gjennomsnitt 165.

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 84 mm/døgn, og 300-års snøhøyde 1.9 meter. Dette er estimater basert på korte observasjonsperioder og statistiske usikkerheter.



Figur 3-10 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).

Vindrose fra nærmeste værstasjon (Gaustatoppen, ca. 15 km unna retning vest-sørvest) er vist i Figur 3-11. Målinger viser at hovedvindretning i fjellene er fra vestlig sektor. Dette betyr at østvendte fjellsider som hovedregel vil ha større snømengder enn vestvendte fjellsider, noe som må tas med i betraktningen ved vurdering av snøskredfare.

Wind rose, frequency distribution of wind

Winddirection divided in sectors of 30°

Frequency distribution of wind speed in percent %

Wind speed (m/s)

- > 20.2
- 15.3-20.2
- 10.3-15.2
- 5.3-10.2
- 0.3-5.2

Calm (%)

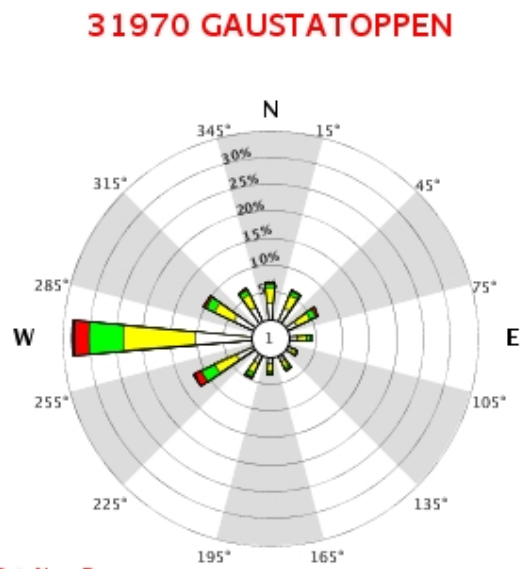
1



Year: 1934 - 2020

Jan, Feb, Mar, Apr, May, Jun, Jul, Aug, Sep, Oct, Nov, Dec

Hour: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 (NMT)



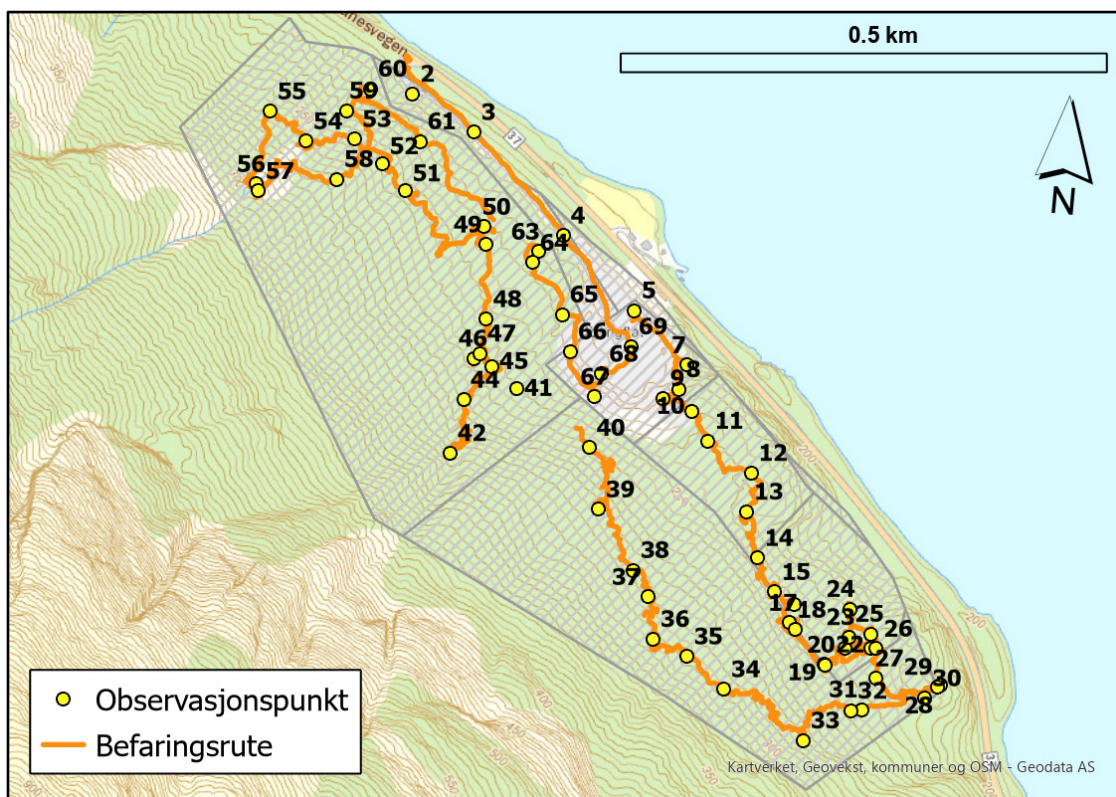
Figur 3-11 Vindrose fra Gaustatoppen basert på observasjoner i perioden 1934-2020.

3.4 Observasjoner fra befaring

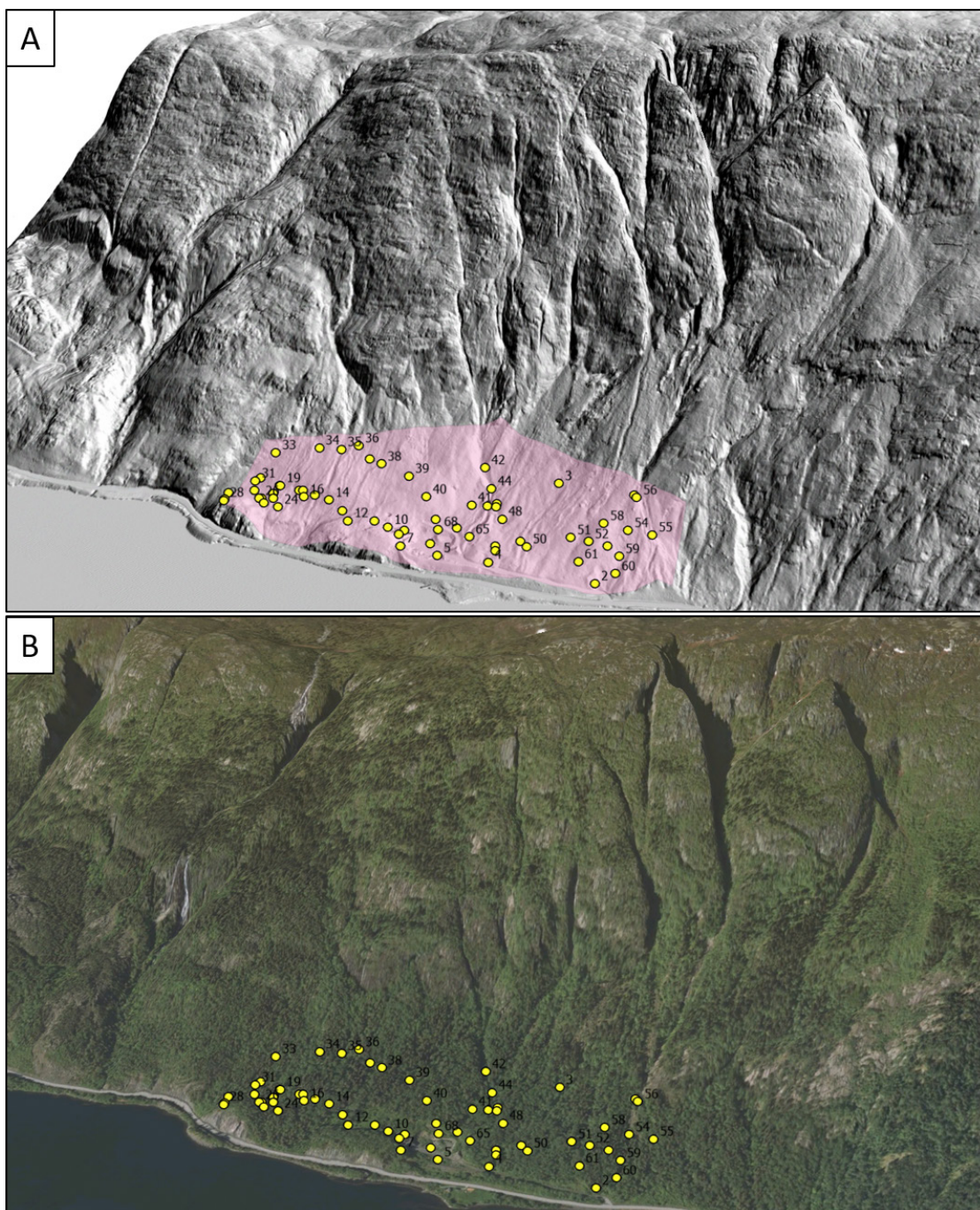
3.4.1 Befaringsrute og observasjonspunkter

Området ble befart 20. april 2021 av Graham Gilbert (NGI) sammen med John Sortland (Tinn kommune). Befaringsrute og observasjonspunkter er vist i Figur 3-12. Befaringen foregikk opptil kote 300.

På befaringen ble det fokusert på observasjoner av spor etter tidligere skredhendelser (f. eks. blokker i terrenget, spor i skogen, og skredavsetninger), bekker og dreneringsveier, vegetasjon, grunnforhold, berggrunn og løsmassetype. NGI har utført detaljert observasjoner ved punkter for å dokumentere området. Befaringspunkter er vist på 3D-modell av landskapet, som gir et inntrykk av bratthet og morfologi samt vegetasjonsdekning (Figur 3-13).



Figur 3-12 Kart med befaringsrute og observasjonspunkter.



Figur 3-13 A) 3D fjellskyggekart som viser detaljert terreng uten skog. B) 3D flyfoto over området. Riktig plassering av observasjonspunkt 3 nær vei 37 er vist på Figur 3-12.

3.4.2 Observasjoner knyttet til snøskred

Under befaring ble det observert flere tegn til snøskredaktivitet mellom kote ca. 280 og 300 (Figur 3-14). Observasjoner inkluderer åpne renner, veltede trær med helning nedover skråningen, deformert trær, og snøskredavsetninger. Disse observasjonene viser

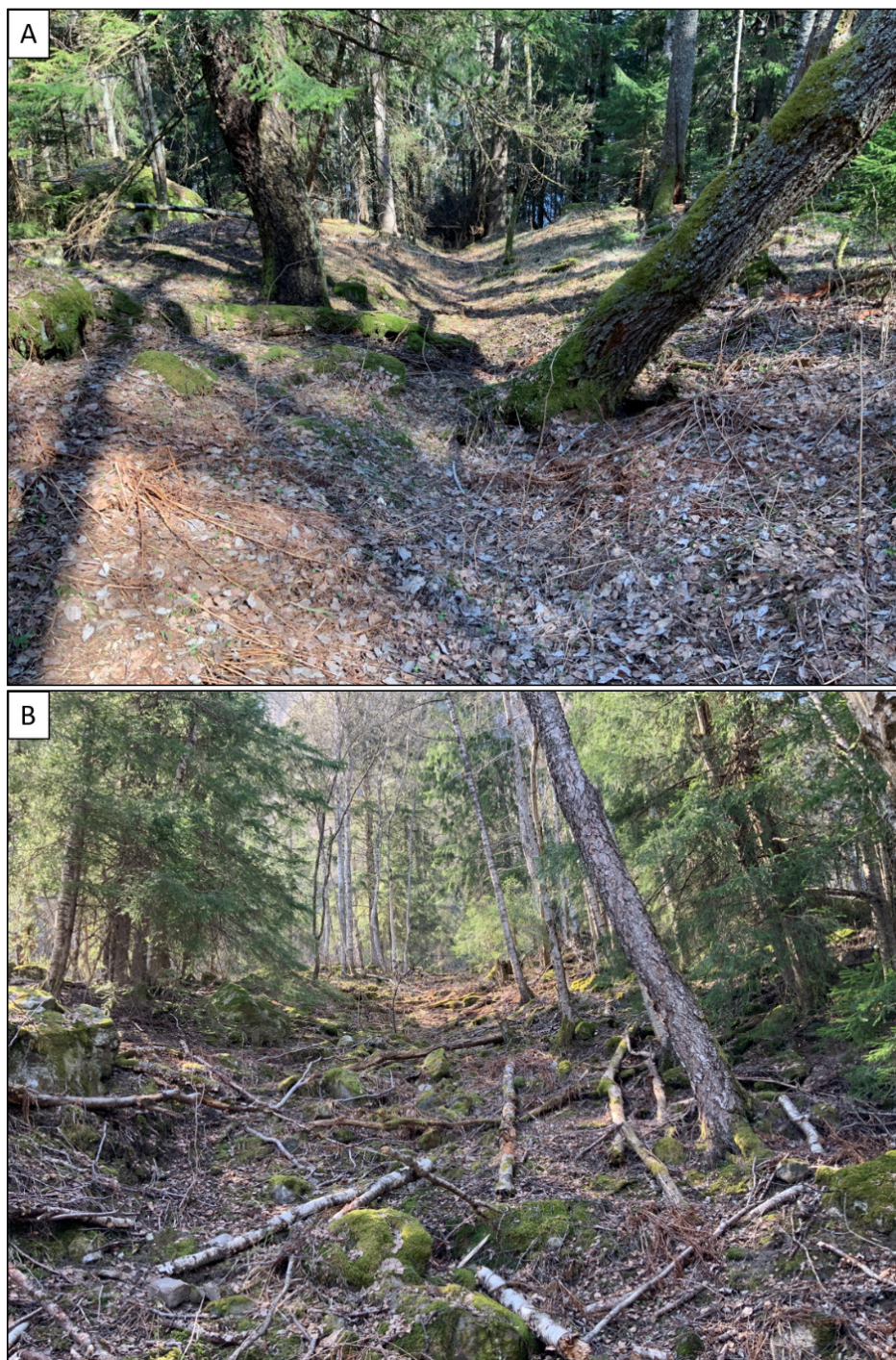
at snøskred er en aktuell prosess i området og skjer sannsynligvis hvert år i høyere halvdel av kartleggingsområdet – særlig langs rennene og nedenfor svaberg. Utløsningsområdene i fjellsiden er nokså små siden det stort sett er for bratt for store ansamlinger av snø, men dette utelukker ikke at det kan gå store snøskred i området.



Figur 3-14 Observasjoner knyttet til snøskredaktivitet. A) Observasjonspunkt 35 – veltede trær i åpen skredbane. Bilde vendt mot SV (oppover skråningen). B) Observasjonspunkt 42 – snøskredavsetninger, inkludert trær og løsmasser. Bilde vendt mot SV. C) Observasjonspunkt 44 – åpen renne i ur. Opprinnelse uavklart men sannsynlig knyttet til jord-/flomskred aktivitet, og snøskred i senere tid. Bilde vendt mot SV. D) Snøskredavsetninger ovenfor ura.

3.4.3 Observasjoner av dreneringsveier og renner knyttet til flomskred

Under befaring ble det observert flere renner som krysser inn i nedre halvdel av det aktuelle området, og disse er også synlig i kartgrunlaget (fjellskyggekart og flyfoto). To eksempler er vist i Figur 3-15. Formen til rennene er tydelig i terrenget, men de fleste ser til å være relativt inaktive og er stedvis dekket med trær og vegetasjon (Figur 3-15A). Andre steder er det tegn til nylig aktivitet i åpne renner, slik det er vist eksempel på i Figur 3-15B. Rennene er tolket som spor etter flomskred, men det er sannsynligvis snøskred som er mest aktiv i disse rennene under dagens forhold. Det kan ikke utelukkes at flomskred fortsatt er en aktuell skredprosess i dette området.



Figur 3-15 Observasjoner knyttet til flomskred. A) Observasjonspunkt 21, sett nedover skråningen mot NØ. B) Observasjonspunkt 46, sett oppover i skråningen mot SV.

3.4.4 Observasjoner knyttet til steinsprang og steinskred

Løsmasser i området består hovedsakelig av ur og steinsprangavsetninger. Blokkstørrelse er varierende i urmassene. Blokker med størrelse inntil ca. 20 m³ ble observert.

Utenfor rennene er skråningen hovedsakelig skogkledd og ur er gjengrodd og dekket med mose (Figur 3-16). Det ble ikke observert "ferske" (antatt nokså nylige hendelser) skredblokker langs befaringsruten. Skredblokker ble også observert utenfor urfoten (Figur 3-17). Urmassen er godt drenert og det ble ikke observert vann i terreng under befaringsrute.

I flatere partier midt i det aktuelle området, omtrent det miljøsentralen er planlagt (Figur 1-1), ble det observert flere skredblokker med størrelse inntil ca. 20 m³. Store skredblokker i åpent (ikke skogkledd) områder er synlig i historiske flybilder og er stedfestet av NGI (Figur 3-18). Selv om flere av blokkene har blitt fjernet i senere tid i forbindelse med veiutbygning og utvikling av grusuttaket var det mulig å lokalisere noen av blokkene på befaringsrute. Et utvalg av større blokker er vist i Figur 3-19.

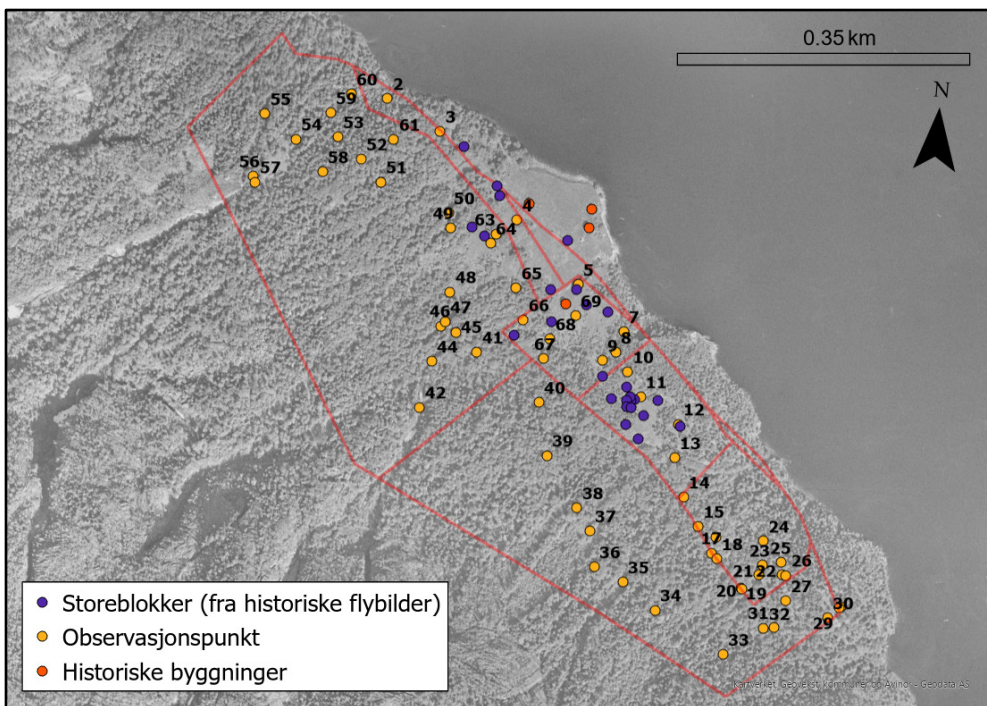
Under befaringsruten ble det også observert en sprekk i berget, flere meter dyp, i nærheten av observasjonspunkt 11. Dette ble ikke dokumentert i detalj men kan være knyttet til en lokal ustabilitet i berggrunnen og bør vurderes i en eventuell senere fase.



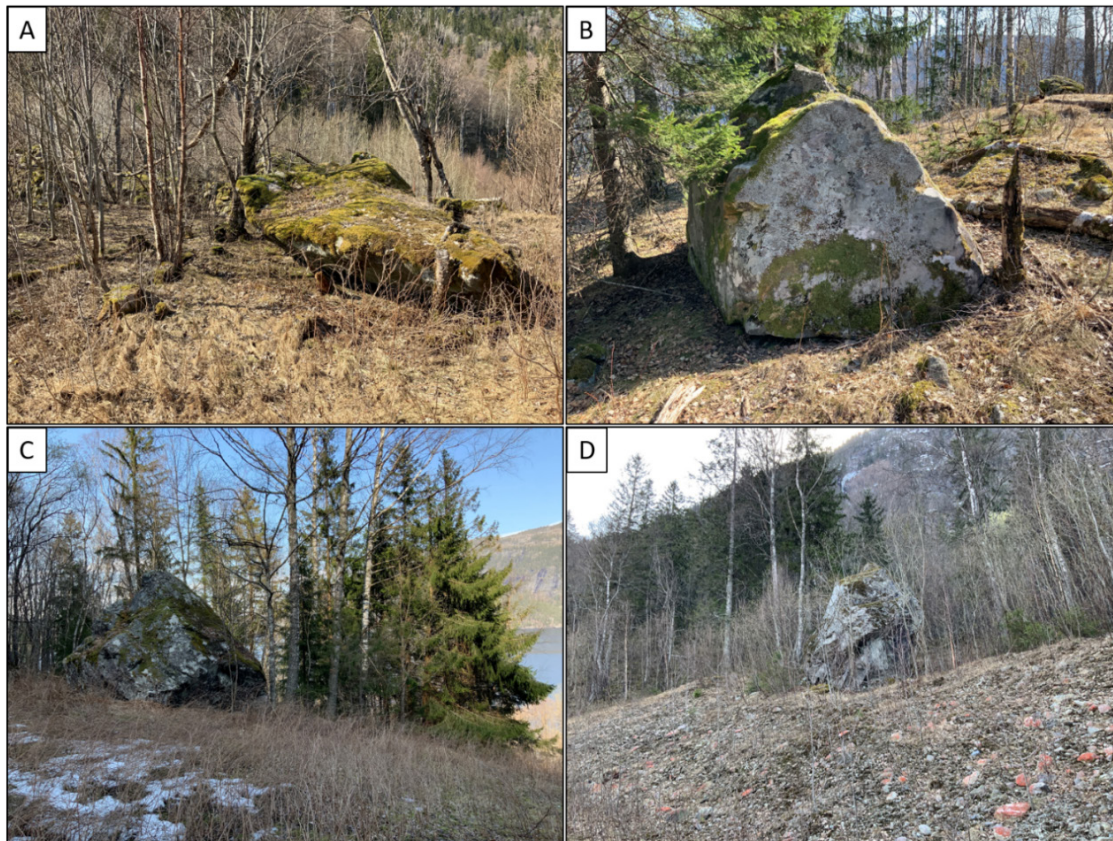
Figur 3-16 Urmasser og skogforhold. A) Skogkledd ur med mosedekning. Bilde tatt mot NV fra Observasjonspunkt 36. B) Gjengrodd ur. Bilde tatt mot SØ fra Observasjonspunkt 40. C) Skogkledd ur med mosedekning. Bilde tatt mot SØ fra Observasjonspunkt 53. D) Skogkledd ur med mosedekning. Bilde tatt mot NV fra Observasjonspunkt 60.



Figur 3-17 Overgangen (stiplede linje) fra urfoten (høyresiden). Hvite piler markerer skredblokker utenfor urfoten. Bilde tatt ved Observasjonspunkt 22 mot SØ.



Figur 3-18 Flybilde fra 1961. Bilder av skredblokkene identifisert ved observasjonspunkter 11, 12, 64, og 66 er vist i Figur 3-19. NB! Blokkene vil ikke nødvendigvis være synlig i flybilder der det er skog. Flere av skredblokkene er fjernet i forbindelse med utvikling av grusuttaket og veibygging i senere tid.



Figur 3-19 Skredblokker observert i historiske flybilder (Figur 3-18). A) Blokk (ca. 8-10 m³) ved observasjonspunkt 11. B) Blokk (ca. 12 m³) ved observasjonspunkt 12. C) Blokk (ca. 15-20 m³) ved observasjonspunkt 64. D) Blokk (ca. 10-15 m³) ved observasjonspunkt 66.

4 Modellkjøring

4.1 Flomskred

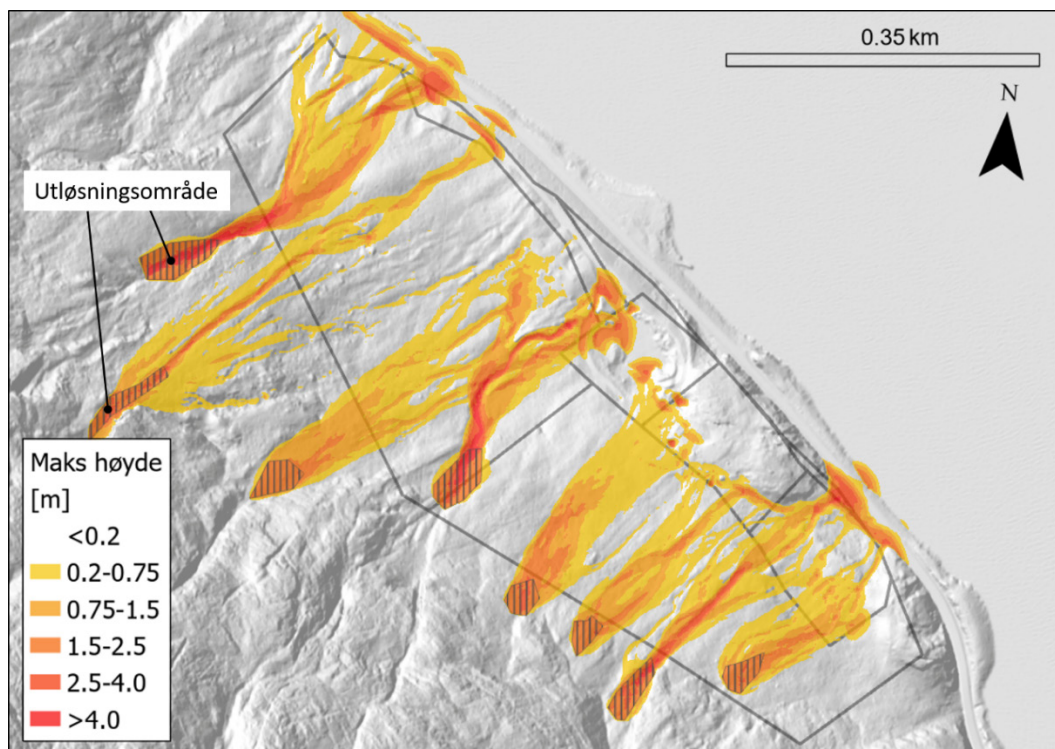
I og med at aktsomhetskartene viser- og flomskredfare (Figur 3-1), og befaringen til en viss grad bekreftet at dette potensielt kan utgjøre et problem, ble det gjort simuleringer av flomskred i skråningen ovenfor planområdet. Simuleringene er gjort med programvaren 'RAMMS-Debris Flow', som er utviklet for å simulere utbredelsen av materialførende strømninger i et sammensatt terreng. Modelleringen er gjort for å vurdere utbredelse av strømningsmønstre for flomskred, til støtte for vurdering av skredfare. Modellen inkluderer ikke medrivning av masser ved erosjon nedover i skredløpet. Ulike utløste volum er testet med en terrengmodell med 1 m oppløsning. Verdier benyttet i simuleringene er gitt i Tabell 2. Dette er standard verdier for et typisk flomskred. Utløsningsvolum er basert på antatte utløsningsområder langs rennene ovenfor det aktuelle området. Vi har brukt 2 m som løsmassetykkelse i simuleringen.

Samlet sett kan simuleringene sies å være utført med konservative (urealistisk store) verdier for utløst volum (Tabell 2), noe som skyldes kombinasjonen av store utløsningsarealer og tykkelser.

Simuleringene i Figur 4-1 viser utbredelsen av hhv. flomskredskredmasser. Skredmassene vil hovedsakelig følge eksisterende dreneringsveier i terrenget. Resultatene indikerer at skredmasser vil ledes nedover i terrenget, mot veien, og evt. stoppe ovenfor veien i grusuttaket eller andre flatere partier.

Tabell 2 Verdier benyttet i simuleringene av flomskred.
 Parameterne som er brukt er standard verdier for typiske flomskred.

Verdi	Flomskred
μ [dim. løst]	0.20
ξ [m/s ²]	400
Densitet [kg/m ³]	1600
Utløsningsvolum [m ³]	32400 totalt 2400 – 6900 / utløsningsområdet



Figur 4-1 Resultater fra simuleringen av flomskred. Eksempelet viser hvordan flomskredmasse brer seg utover i terrenget. Utløsningsområdene er indikert. Verdier benyttet i simuleringen er gitt i Tabell 2. Figuren viser maksimal høyde av flomskredmasse under simuleringen.

4.2 Steinsprang

4.2.1 Generelt

Som en støtte i vurderingen av steinsprang ved Lyngflot har NGI modellert utløp av steinsprang med programverktøyet RAMMS Rockfall (RAMMS: Rockfall User Manual v1.6). Resultater fra beregninger med programmet kan kun brukes til å vurdere utløp av skredblokker og forteller ingenting om hvor ofte steinsprang skjer (utløsningssannsynligheten).

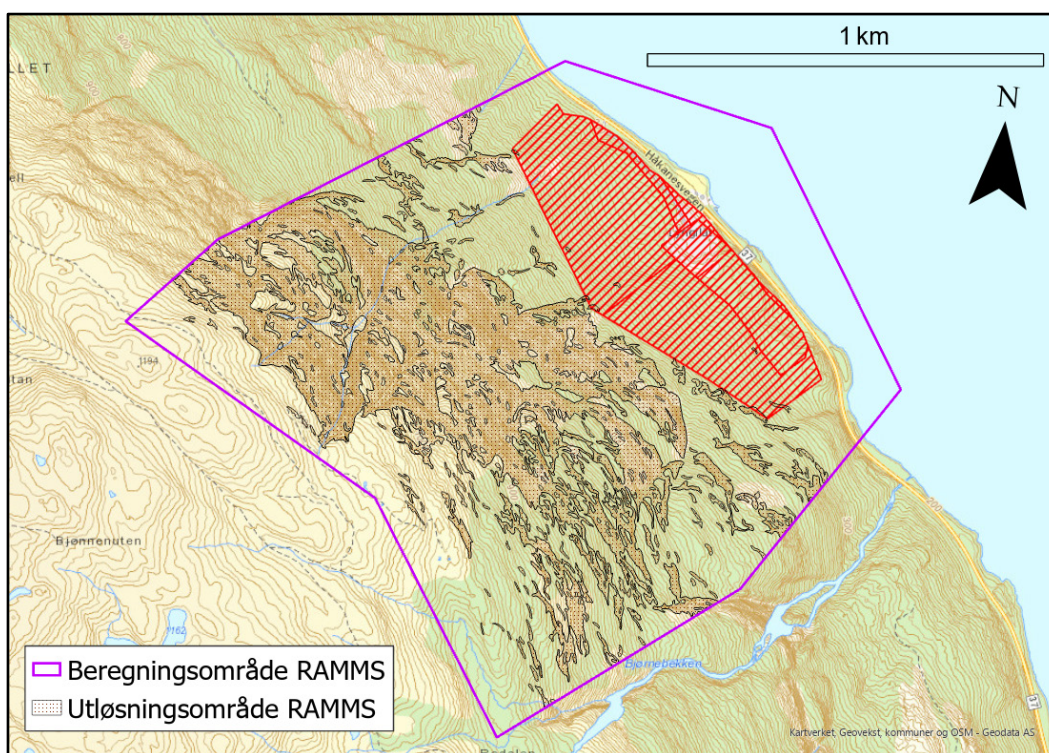
RAMMS: Rockfall ble tilgjengelig i april 2015, og er utviklet av SLF (WSL – Institute for Snow and Avalanche Research SLF) i samarbeid med ETH ([Eidgenössische Technische Hochschule Zürich](https://www.ethz.ch/en/home.html)). Programmet bruker en hard-contact, rigid-body tilnærming, og baserer seg på blokk/bakke interaksjon med friksjonsparametere som påvirker blokkens overflate. Her vil hard-contact, rigid-body fremstillingen påføre bremsende krefter på blokkens kanter og hjørner. Blokkens form vil derfor bli tatt hensyn til i blokk/bakke interaksjonen.

Et komplekst terreng modelleres ved å bruke en digital terrengmodell med høy oppløsning. Minste anbefalte oppløsning er satt til 5 m. Det er mulig å kjøre simuleringer med grovere terrengmodell enn dette også, men resultatene vil ikke bli like nøyaktige som ved en mer detaljert høydemodell. Der en 1-5meter DEM ikke er tilgjengelig, bør det tas høyde for at viktige terrengformasjoner ikke blir korrekt representert i modellen.

Den naturlige variasjonen i sprett defineres automatisk basert på blokkform og orientering ved kontakt. Detaljerte beskrivelser av modellens oppbygning finnes i brukermanualen (Ramms rockfall user manual v1.6). Ruhet og hardhet på terrenget inkluderes i modellen ved å kartlegge de forskjellige terrengetypene ut fra feltobservasjoner, hellingskart eller flybilder.

Blokkene i modellen kan defineres realistisk ved bruk av verktøyet "*real rock geometries*" som er blokkformer samlet inn ved å laserskane blokker i felt. Disse blokkene eksisterer i modellen, og volumet kan endres av brukeren. Blokkene i programmet blir ikke fragmentert, men vil bestå som hele blokker gjennom hele simuleringen. Modellen inkluderer også gyroskopiske krefter som er introdusert av rotasjon av blokkene.

Løsneområdet defineres enten som punkt, linje eller polygon, i dette tilfellet polygon. Hva som er definert som løsneområdet baseres normalt på hellingsgrad i området. Generelt er helning over 45 grader ansett som potensielt løsneområde for steinsprang. Potensielle løsneområder ovenfor det aktuelle området er vist i Figur 4-2.



Figur 4-2 Løsneområder inkludert i simuleringen av steinsprang ved Lyngflot.

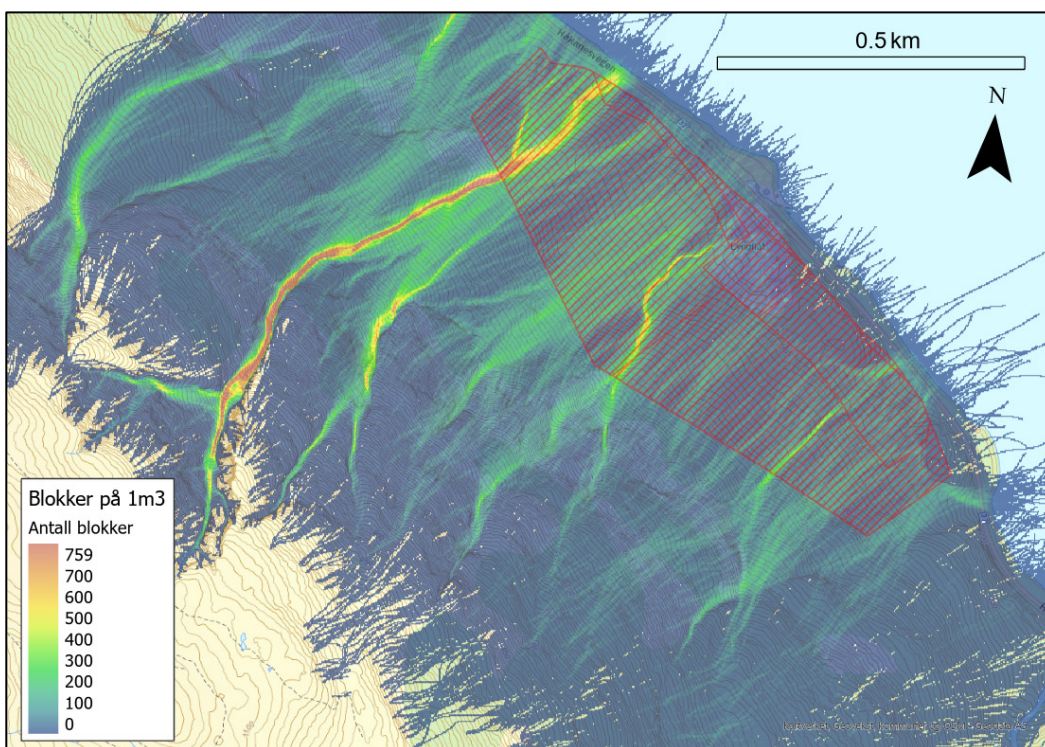
4.2.2 Input-parameter og oppsett

Generelt er input i modellen basert på observasjoner fra felt og eksisterende kartmateriale. Som grunnlag for kjøringene er det brukt en digital terrengmodell med 1 m oppløsning. Det er viktig å være klar over at regnemodeller ikke gir absolutte svar, og derfor er det fokusert på statistikken for flere tusen blokker, og lagt lite vekt på utløpet av enkeltblokker. Aktivitet kan også variere innenfor løsneområdet: dvs. hvor ofte steiner løsner i de forskjellige deler av fjellsiden.

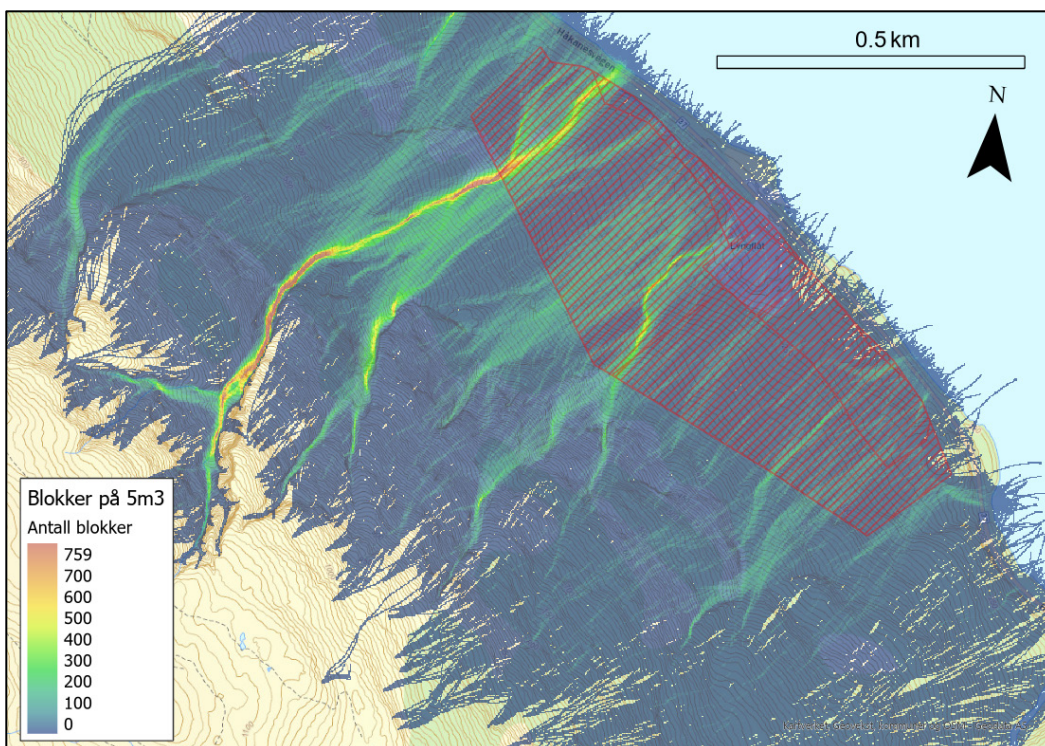
To simuleringer ble utført. Vi har brukt kubiske blokker på 1 m^3 (simulering 1) og 5 m^3 (simulering 2). Basert på observasjoner gjort under befaringen vil dimensjonerende blokkstørrelse sannsynligvis være nærmere $15 \text{ m}^3 - 20 \text{ m}^3$. Det er sluppet ca. 16000 blokker i simulering 1 og ca. 12000 blokker i simulering 2, fra utvalgte punkter i området brattere en 45 grader (Figur 4-2). Vegetasjon er ikke inkludert i simuleringene der tynn skog ikke vil ha stor bremsende effekt for blokker over ca. 2 m^2 .

4.2.3 Resultater

Simuleringsresultater er vist i Figur 4-3 og Figur 4-4. Resultatene indikerer at eventuelle steinsprang kan komme ned til Tinnsjø langs helestrekningen dekket av det kartlagte området. Begge simuleringer viser en konsentrasjon av blokker i ravinene, særlig nordvest for grusuttaket.



Figur 4-3 Simulering 1 – 1 m³ steinsprangblokker (n ≈ 16000) over Lyngflot.



Figur 4-4 Simulering 2 – 5 m³ steinsprangblokker (n ≈ 12000) over Lyngflot.

5 Skredfarevurdering

5.1 Steinsprang

Det er observert enkelte skredblokker med størrelse $> 10 \text{ m}^3$ mange steder i terrenget og øvre delen av kartleggingsområdet er dekket av ur. Kildeområdene er til dels høyt oppe i fjellsiden. Terrenget er utilgjengelig, men visuelt vurderes det som noe oppsprukket slik at utfall forventes med en moderat hyppighet. Uravsetninger og steinsprangblokker dekker store deler av området. Modelleringsresultater indikerer potensielt langt utløp for steinsprang ned til Tinnsjø. Steinsprang er dimensjonerende skredtypen i det aktuelle området.

5.2 Fjellskred

Det aktuelle området er delvis innenfor et område markert av NGU som ustabil fjellparti. Faregraden er ikke ennå bestemt av NGU og fjellpartiet er klassifisert som "under arbeid". NGI har ikke grunnlag for å vurdere sannsynlighet knyttet til fjellskred, men anbefaler at denne usikkerheten tas med i betraktningen når områdets egnethet for miljøsentral vurderes.

5.3 Snøskred

Øverste og langs raviner og rennene i kartleggings område er snøskred trolig den hyppigste skredfaretypen. Det ble observert tegn til snøskred aktivitet i skogen og langs rennene under befaringen. Det anses at mindre snøskred skjer med en relativ høy hyppighet. Utenfor rennene vil mindre snøskred sannsynligvis stoppe i skogdekket skråningen. Langs rennene anses det at snøskred har relevans for faresone med nominell årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$.

5.4 Jordskred

Det ble ikke observert tegn på ustabile løsmasseskråninger og urmassen virker å være godt drenert. Vi vurderer at faren for jordskred er liten i dette området.

5.5 Flomskred

Fjellskyggekart og observasjoner i terrenget indikerer at flomskred har vært en aktuell prosess i dette området tidligere. Det blir ikke observert tegn til nylig aktivitet og det anses at flomskred skjer relativt sjelden, men at flomskredene kan bli relativt store. Langs rennene anses det at flomskred har relevans for faresone med nominell årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$.

5.6 Sørpeskred

Sørpeskred blir utløst fra relativt flate forsenkninger med ansamling av vann som kan føre til at snødekket blir vannmettet. Terrengforholdene ligger ikke til rette for utløsning

av sørpeskred. NGI vurderer at det er liten sannsynlighet for at sørpeskred skal nå ned til det aktuelle området.

5.7 Begrunnelse for faresonene

Faresonene er presentert i Vedlegg A. Faresoner er kun tegnet for det aktuelle området, tilsendt til NGI fra oppdragsgiveren.

- Der steinsprang er dimensjonerende skredfaretype settes faresone med nominell årlig sannsynlighet 1/100 ved foten av steinsprangur. Faresone med nominell årlig sannsynlighet 1/1000 settes i områder med steinsprangblokker utenfor urfoten. Faresonene forårsaket av steinsprang er vurdert mot resultat av dynamiske simuleringer i RAMMS:Rockfall som viser at steinsprangblokker med 1 m³ og 5 m³ kan nå helt ned til Tinnsjø.
- Langs rennene høyere i kartleggingsområdet er snøskred (og muligens også flomskred) trolig de hyppigste skredfaretyper. Det ble observert snøskred-avsetninger og spor i skogen etter tidligere hendelser under befaring. Snøskred anses som en aktuell prosess også lengere ned i fjellsiden langs rennene nord, midt i, og sør i det aktuelle området.
- Faresone med nominell årlig sannsynlighet 1/100 som er etablert nordøst for 1/1000 års sonen (ovenfor Håkanesvegen) er knyttet til et lokalt påvirkningsområde ned mot veien.

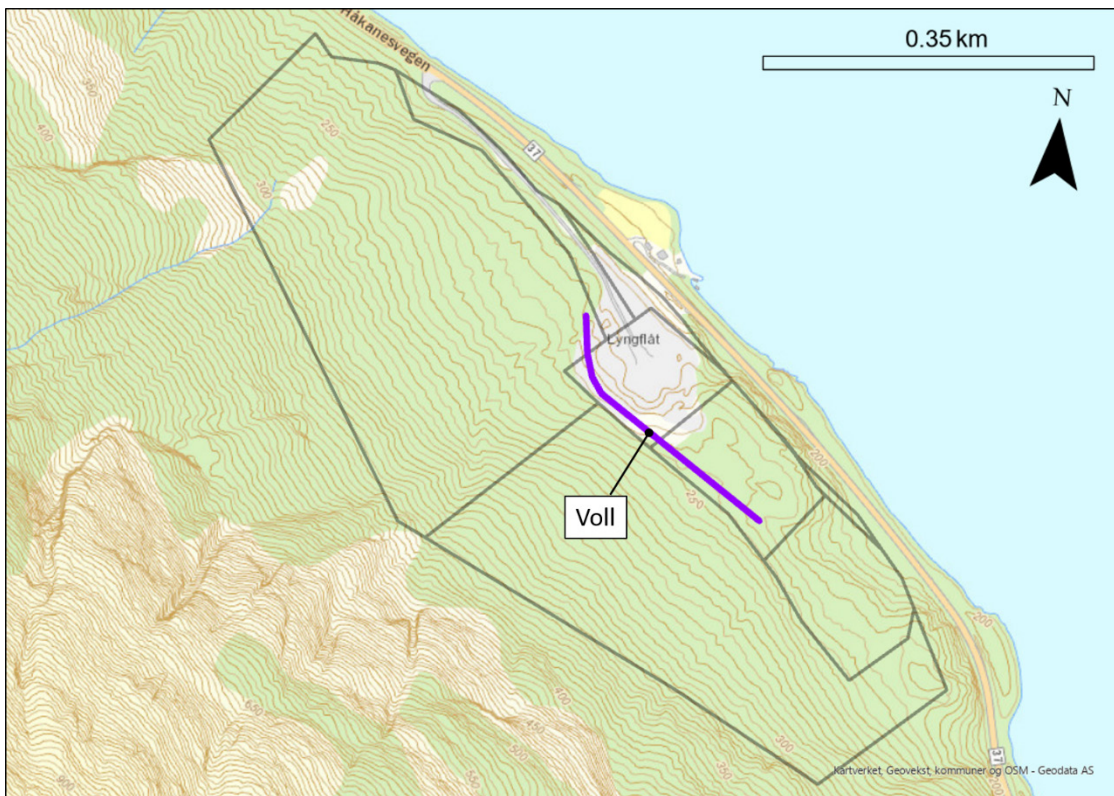
6 Sikringsalternativer

En enkel skisse av plassering av sikringstiltaket, en voll, er gitt i Figur 6-1. Foreslått lengde er ca. 300 m og dekker delen av området som er tenkt brukt til miljøsentralen. Det anses i utgangspunktet at det ikke vil være nødvendig med sikring for tilkomstveien dersom største nominelle årlige sannsynlighet på 1/50 er tilfredsstillende. Simuleringsresultater fra RAMMS:Rockfall (kapittel 5.2) gir en foreløpig indikasjon på spranghøyde. Statistikk for kinetisk energi og spranghøyde for blokkene simulert med volum på 1 m³ og 5 m³ er vist i Figur 6-2 og Figur 6-3. Basert på disse resultatene vil vollen sannsynligvis måtte være minst 10 m høy (fra grøftebunn) på støtsiden for å kunne fange opp blokker med spranghøyde på ca. 8 m. For å tilfredsstille kravet til sikkerhetsklasse S2 kan vollen trolig være noe lavere: trenger trolig ikke å stoppe alle skredblokker for at sannsynligheten for skredblokker forbi vollen skal bli mindre enn 1/1000. Dimensjonerende blokkstørrelse kan muligens være inntil ca. 20 m³, og det understrekkes at detaljprosjektering av sikringstiltaket må utføres i senere fase, og at kun detaljprosjektering vil føre til ferdigbestemmelse av plassering, lengde, og form (høyde, bredde, og fribord [avstand mellom øverste punkt blokken treffer og vollkrone]) av sikringstiltaket.

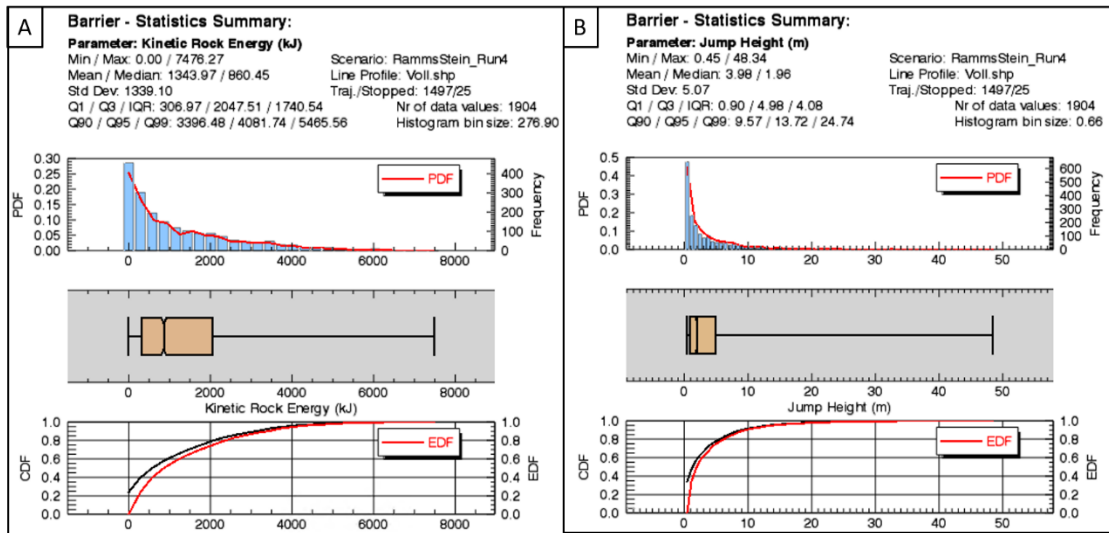
Det vil sannsynligvis kun være mulig å sikre området med voll. Kommersielt steinspranggjerd er trolig ikke dimensjonert for å tåle energien som vil følge store skredblokker og store spranghøyde som kan forekomme i dette området. En fordel med voll er at den kan plasseres over rennen på NV enden slik at den vil fungere som en ledevoll

for evt. snøskred og flomskred som ellers kunne nådd planområdet. Dersom 20 m³ blokker blir valgt som dimensjonerende anses det å være ekstremt vanskelig og kostbart å sikre dette området mot steinsprang med voll.

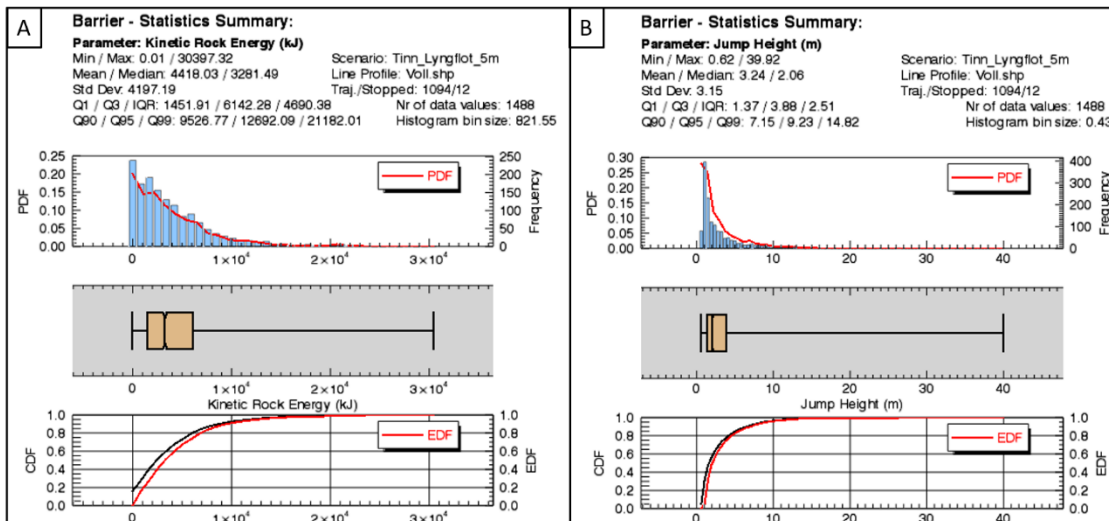
Det er vanskelig å estimere kostnader knyttet til utbygging av en voll i dette tilfellet, og kostnaden estimert i det etterfølgende er et grovt estimat. For å gi en kostnadsindikasjon kan en voll med 7 m høyde og gabionfront koster ca. 25 000 kr per løpemeter (ekskl. mva) der stedlig masser er egnet til å bruke i konstruksjonen. En 300 m lang og 7 m høy voll vil da kunne koste 7 500 000 kr. Detaljprosjektering (ca. 1 000 000) og en usikkerhet på ca. 30 % kan komme som tillegg. Estimert kostnad (ekskl. mva) vil da være ca. 11 M NOK for en 300 m lang voll med 7 m høyde. En voll med 10 m høyde vil også være større i bredden og kreve mere masser. Kostnader vil da bli betydelig større.



Figur 6-1 Foreløpig plassering av mulig sikringstiltak (voll). Sikringstiltak må detaljprosjektertes i en senere fase og plassering er ikke endelig.



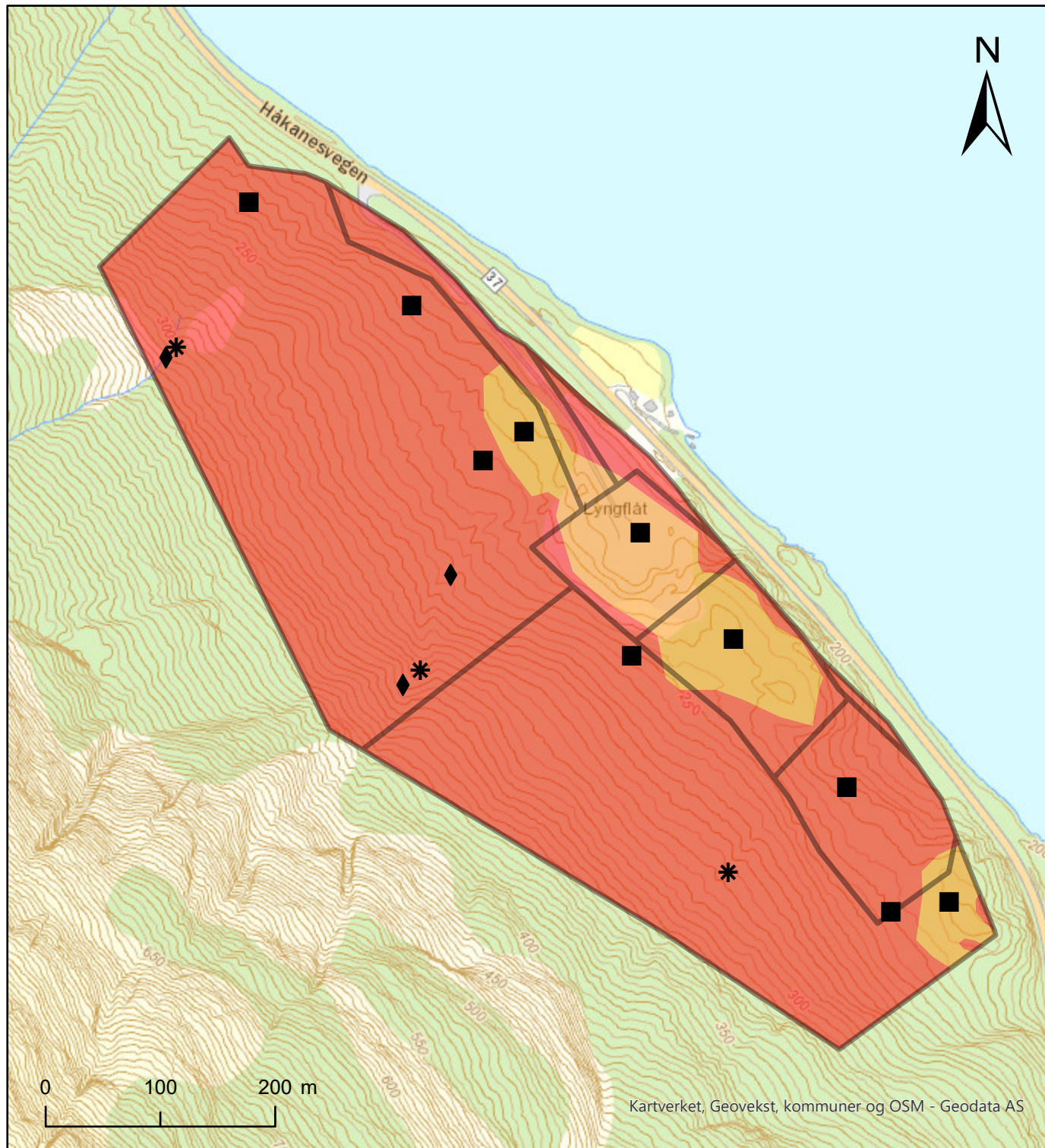
Figur 6-2 Statistikk for kinetisk energi (A) og spranghøyde (B) for blokkene simulert med volum på 1 m³. PDF står for Probability Density Function, CDF står for Cumulative Distribution Function, og EDF står for Empirical Distribution Function.



Figur 6-3 Statistikk for kinetisk energi (A) og spranghøyde (B) for blokkene simulert med volum på 5 m³. PDF står for Probability Density Function, CDF står for Cumulative Distribution Function, og EDF står for Empirical Distribution Function.

7 Referanser

- /1/ NGI 2001. Vurdering av sannsynlighet for skred – skytebane ved Lyngflot ved Tinnsjøen, Tinn kommune. Dokument nr. 20011380 datert 2001-11-01.
- /2/ 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.
- /3/ Lussana C., Tveito O.E. & Uboldi F. (2016). seNorge v2.0: an observational gridded dataset of temperature for Norway. MET-report 14/2016.



Tegnforklaring

□ Kartlagt område

Dimensjonerende faretype

- * Snøskred
- Steinsprang/steinskred
- ◆ Flomskred

Faresoner

- $\geq 1/100$
- $\geq 1/1000$

Faresonekartlegging

Miljøsentral ved Lyngflåt, Tinn kommune

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2021-05-11	GrG	VK	GrG
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A4 1:5 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Dokumentnr.	Kartnr.	Rev.
20210255	01-R	01	01

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
Sognsveien 72
Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
www.ngi.no



Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Vurdering av skredfare og skissering av sikringstiltak		Dokumentnr./Document no. 20200255-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Tinn kommune	Dato/Date 2021-05-18
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 Skredfarekartlegging, steinsprang, skog		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Vestfold og Telemark	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Tinn	Felt navn/Field name
Sted/Location Lyngflot	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 33 Øst: 157560 Nord: 6658030	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:	Sidemannskontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2021-05-13 Graham Gilbert	2021-05-15 Vidar Kveldsvik		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 18. mai 2021	Prosjektleder/Project Manager Graham Gilbert
--	----------------------------------	--

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 datterselskaper 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 laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

