

AF Offshore Decom

► **Detaljreguleringsplan for AF Miljøbase Vats med sjøområde i Vats- og Yrkefjorden**

Skredfarevurdering

Oppdragsnr.: **52405041** Dokumentnr.: **RAPP-INGGEO-01** Versjon: **C03** Dato: **2025-05-02**



Oppdragsgiver: AF Offshore Decom
Oppdragsgivers kontaktperson: Olav Ubøe
Rådgiver: Skjalg Lie Bakken
Oppdragsleder: Christian Trender
Fagansvarlig: Skjalg Lie Bakken
Andre nøkkelpersoner: Ole Håvard Barstad

C03	2025-05-02	Til kommunal behandling	SkjBa	OleBar	FicTr
B02	2025-02-28	Oppdatert etter kommentarer fra oppdragsgiver	SkjBa	Ole Bar	FicTr
A01	2024-12-12	Første utkast for kommentarer	SkjBa	OleBar	Fictr
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammen drag

Norconsult Norge AS er engasjert av AF Miljøbase Vats AS i forbindelse med planarbeid og utvidelse av eksisterende industrianlegg ved Vats, Vindafjord kommune. Bakgrunn for rapporten er behov for utførelse av skredfarevurderinger som følge av utvidelse av planområde for industri inn i aktsomhetssoner for skred.

Det er steinsprang og jordskred som vurderes som dimensjonerende skredtyper, og deler av kartleggingsområdet tilfredsstiller ikke krav til sikkerhet for skred for sikkerhetsklasse S2 iht. TEK17 §7-3. Skredfaren har utgangspunkt i bratte skrenter i fjellskråningen mot vest, samt bratte områder i skråningen hvor det er utført skogrydding.

Det er definert faresoner for steinsprang og jordskred for sikkerhetsklasse S1-S3. Tiltak innenfor faresone S1 og S2 krever utførelse av sikringstiltak for å redusere skredsannsynlighet til akseptabelt nivå.

Aktuelle sikringstiltak består for det meste av oppføring av skredvoll og avsetting av gjenværende skog som verneskog.

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter	8
1.1.1	TEK17	8
1.2	Restrisiko for skred	8
1.3	Forutsetninger for skredfarevurderingen	9
1.4	Grunnlagsmateriale	9
1.5	Utførte undersøkelser	9
2	Områdebeskrivelse	10
2.1	Topografi	10
2.2	Skogforhold	12
2.3	Vannveier	14
2.4	Klima	15
2.5	Berggrunn og kvartærgeologi	17
2.6	Aktsomhetskart skred	18
2.7	Skredhistorikk	19
2.8	INSAR	19
2.9	Tidligere utførte skredfarevurderinger	20
3	Feltobservasjoner	21
4	Skredmodellering	31
4.1	RAMMS::Rockfall	31
5	Skredfarevurdering	33
5.1	Steinsprang og steinskred	33
5.2	Snøskred	34
5.3	Sørpeskred	34
5.4	Flomskred	35
5.5	Jordskred	35
5.6	Oppsummering av skredfare	36
5.7	Aktuelle sikringstiltak	36
6	Referanser	38
7	Vedlegg	39
7.1	Aktsomhetskart	39
7.2	Modelleringsresultat RAMMS ROCKFALL	42
7.2.1	Løsneområde 1	42
7.2.2	Løsneområde 2	44
7.2.3	Løsneområde 3	46

1 Innledning

AF Offshore Decom AS (AFOD) ønsker å utvide sin virksomhet i Vats til å omfatte produksjon og lagring av fundamenter til havbaserte vindturbiner, samt montering og lagring av ferdige vindturbiner før uttransport til Nordsjøen. En utvidelse av virksomheten vil medføre behov for utvidelse av sjøareal i Vatsfjorden i Vindafjord kommune og tilleggsareal i sjø til lagring i Yrkefjorden i Tysvær kommune. Tiltaket vil også innebære utvidelse av den eksisterende miljøbasen på land.

Norconsult er engasjert av AFOD for å gjennomføre konsekvensutredninger og utarbeide forslag til reguleringsplan for miljøbasen med sjøområder i Vats- og Yrkefjorden.

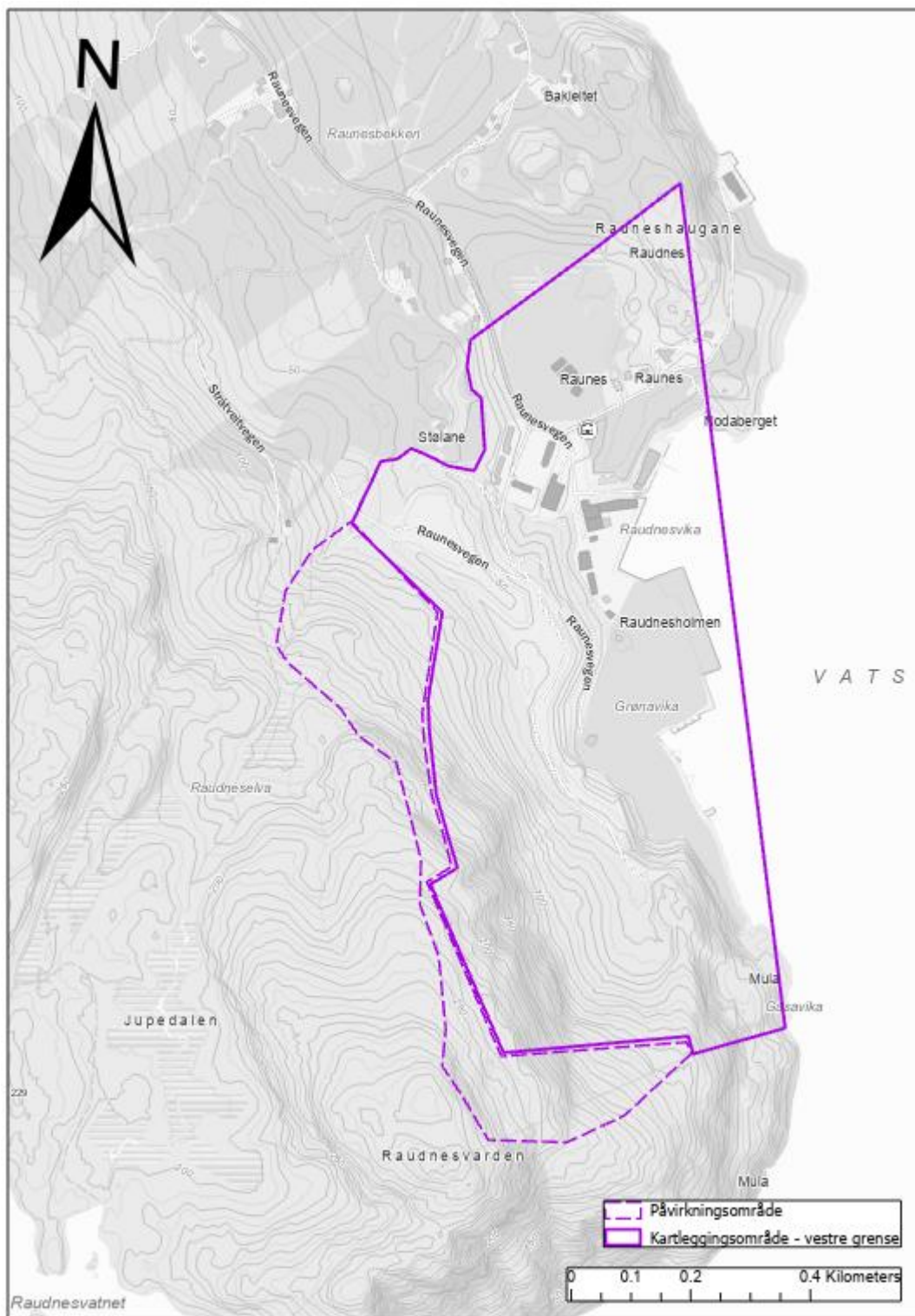
Bakgrunn for rapporten er behov for utførelse av skredfarevurderinger som følge av utvidelse av planområde for industri inn i aktsomhetssoner for skred. Figur 1 viser plasseringen av vurderingsområdet i regionen, mens figur 2 viser detaljert framstilling av kartleggings- og påvirkningsområdet.

Kartleggingsområdet ligger innenfor NVEs aktsomhetssoner for snøskred (NAKSIN S2 m/skogeffekt), steinsprang og jord- og flomskred. Dette utløser dermed krav om vurdering av skredfare i plan- og byggesak i henhold til TEK17 §7-3 [1]. Alle skredtyper blir vurdert under en slik kartlegging.

Foreliggende rapport gir en kort gjennomgang av gjeldende retningslinjer, grunnlagsmateriale og en vurdering av skredfaren for kartleggingsområdet. Hensikten med denne rapporten er å vurdere om krav til sikkerhet er ivarettatt i henhold til krav i TEK17.

I resten av dokumentet vil området omtales som kartleggings- og påvirkningsområdet, der kartleggingsområdet defineres som selve plasseringen av tiltaket, mens påvirkningsområdet defineres som tilstøtende areal med mulige løsneområde for skred som kan påvirke tiltaket. Merk at i dette prosjektet er kartleggingsområdet utvidet med tanke på å inkludere eventuelt nødvendig areal for skredsikring innenfor planområdet, og påvirkningsområdet og kartleggingsområdet overlapper derfor ved enkelte lokaliteter.





Figur 2: Oversikt over kartleggings- og påvirkningsområdet.

1.1 Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter

1.1.1 TEK17

Sikkerhetskravene som skal legges til grunn ved regulering og byggesak, er gitt i plan- og bygningsloven (PBL) §§ 28-1 og 29-5 med tilhørende byggt teknisk forskrift (TEK17) §7-3 «Sikkerhet mot skred» [1].

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) sine retningslinjer «Flom- og skredfare i arealplaner» beskriver hvordan skredfare bør utredes og innarbeides i arealplaner og hvordan aktsomhetskart og faresonekart kan brukes til å identifisere skredfareområder [2]. Veilederen «Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak» er tilknyttet retningslinjene, som gir anbefalinger til hvordan skredfare bør vurderes og kartlegges i bratt terreng på ulike plannivå etter PBL [3].

I henhold til TEK17 skal byggverk og tilhørende uteareal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred slik at krav til nominelle årlige sannsynlighet ikke overskrider kravet til sikkerhetsklassen som tiltaket tilhører, se Tabell 1.

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområder [1].

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

Retningsgivende eksempler til bestemmelse av sikkerhetsklasse er beskrevet i TEK17. Byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område.

I S1 inngår byggverk der skred vil ha liten konsekvens. Eksempel er garasjer, uthus, båtnaust, mindre brygger og lagerbygninger med lite personopphold. Enkelte mindre tilbygg, påbygg, ombygging og bruksendringer er omfattet av sikkerhetsklasse S1.

I S2 inngår byggverk der skred vil føre til middels konsekvens. Eksempel er boligbygg med maksimalt 10 boenheter, arbeids- og publikumsbygg/brakkerigg/overnattingssted der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, driftsbygninger i landbruket, parkeringshus og hamneanlegg. S2 gjelder generelt byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser.

I S3 inngår byggverk der skred vil føre til store konsekvenser. Eksempel er byggverk med flere boenheter og personer enn i S2, i tillegg til skoler, barnehager, sykehjem og lokale beredskapsinstitusjoner.

Vurderingsobjektet består av utvidet planområde for industri ved AF Miljøstasjon Vats, og vurderes å tilhøre sikkerhetsklasse S2 i TEK 17 [1]. Maksimal nominell årlig sannsynlighet for skred må dermed være lavere enn 1/1000 for å tilfredsstille krav til sikkerhet spesifisert i TEK17 §7-3.

1.2 Restrisiko for skred

Plan- og bygningsloven med tilhørende byggt teknisk forskrift TEK17 definerer hvor stor risiko (årlig nominell sannsynlighet) for skred som kan aksepteres, og dette er gjenspeilet i de ulike sikkerhetsklassene for skred. Kravene i forskriften er formulert ut ifra at desto større konsekvensen av skred kan være, desto lavere nominell sannsynlighet for skred kan aksepteres.

Årlig nominell sannsynlig er per definisjon i TEK17 vurdert ut ifra en enhetsbredde definert av en tomtebredde angitt til 30 meter. Regelverkets krav til største årlige nominelle sannsynlighet for skred medfører at maksimale utløpslengder for skred vil være lenger enn fastsatte faresonegrenser. Ut ifra gjeldende regelverk vil det derfor være en restrisiko for skred utover faresonegrensene.

1.3 Forutsetninger for skredfarevurderingen

Denne skredfarevurderingen tar utgangspunkt i terreng-, klima- og vegetasjonsforhold som er aktuelle på utredningstidspunktet. Skredfarevurderingen benytter metodikk, kunnskap og verktøy som da er tilgjengelig. Ifølge NVEs veileder så kan evt. endring av disse forutsetninger gi behov for ny skredfareutredning [4]. Ved menneskelige inngrip i naturen vil forutsetningene endres, og en ny vurdering må utføres.

Kartleggingen omfatter ikke vurdering av:

- Fyllinger, skjæringer (løsmasse og berg), murer eller andre antropogene element (menneskeskapte) som kan medføre fare.
- Kvikkleireskredfare (områdestabilitet) eller sikringstiltak mot dette.
- Mekaniske motstandsevne og stabilitet for byggverk i kartleggingsområdet (TEK17 §10 [2]).

1.4 Grunnlagsmateriale

- Terrengmodell (DTM) fra 2017 med oppløsning på 0,25 m. Hentet fra www.høydedata.no
- Tilgjengelige ortofoto fra www.norgebilder.no
- Berggrunnskart og løsmassekart fra NGU [5]
- NVEs aktsomhetskart for snøskred og jord- og flomskred. Hentet fra www.atlas.nve.no
- Registrerte skredhendelser fra NVEs nasjonale skreddatabase. Hentet fra www.atlas.nve.no
- Kronedekningskart fra NIBIO
- Markfuktighetskart fra NIBIO
- Data fra INSAR
- Befaringer og grunnboringer fra tidligere

1.5 Utførte undersøkelser

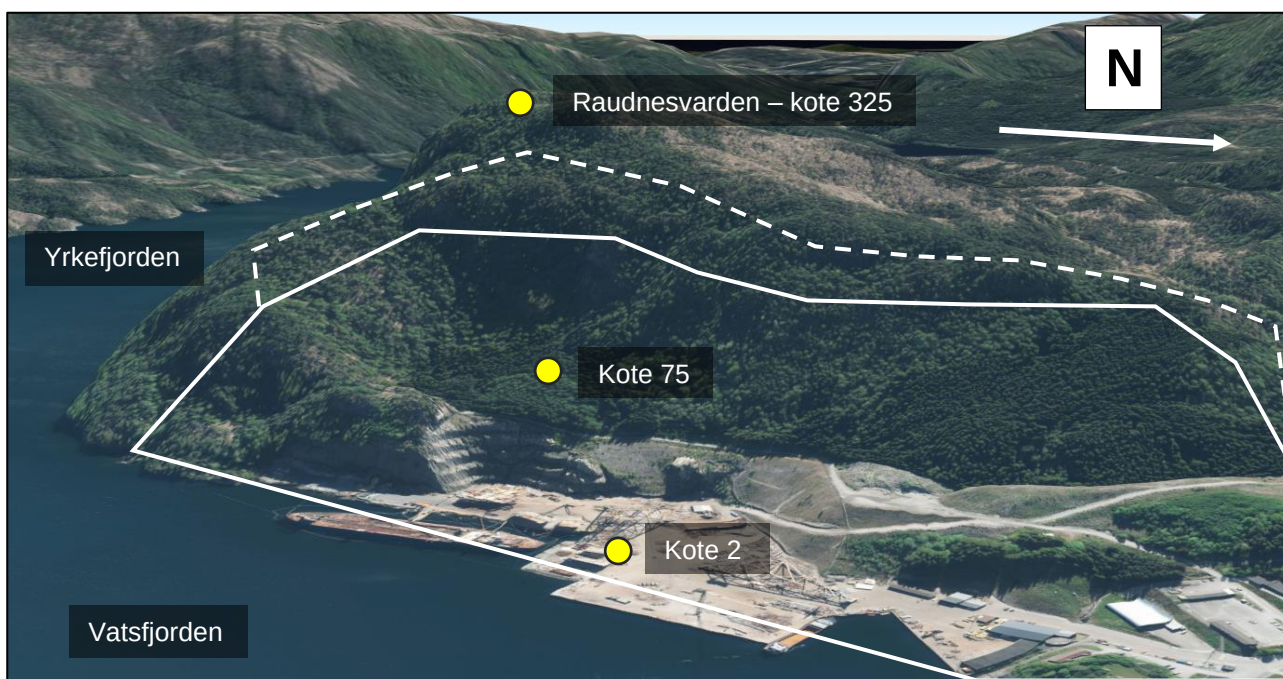
Feltkartlegging ble utført 29.11.24 av ingeniørgeolog Skjalg Lie Bakken fra Norconsult Norge AS. Det var lett regn, men gode siktforhold under befaring. I forkant av befaring er tilgjengelig kartgrunnlag studert. Observasjoner gjort under befaring ble registrert via digitalt kartleggingsverktøy.

Feltobservasjoner er sammenholdt med tilgjengelig grunnlagsmateriale jfr. kapittel 1.4.

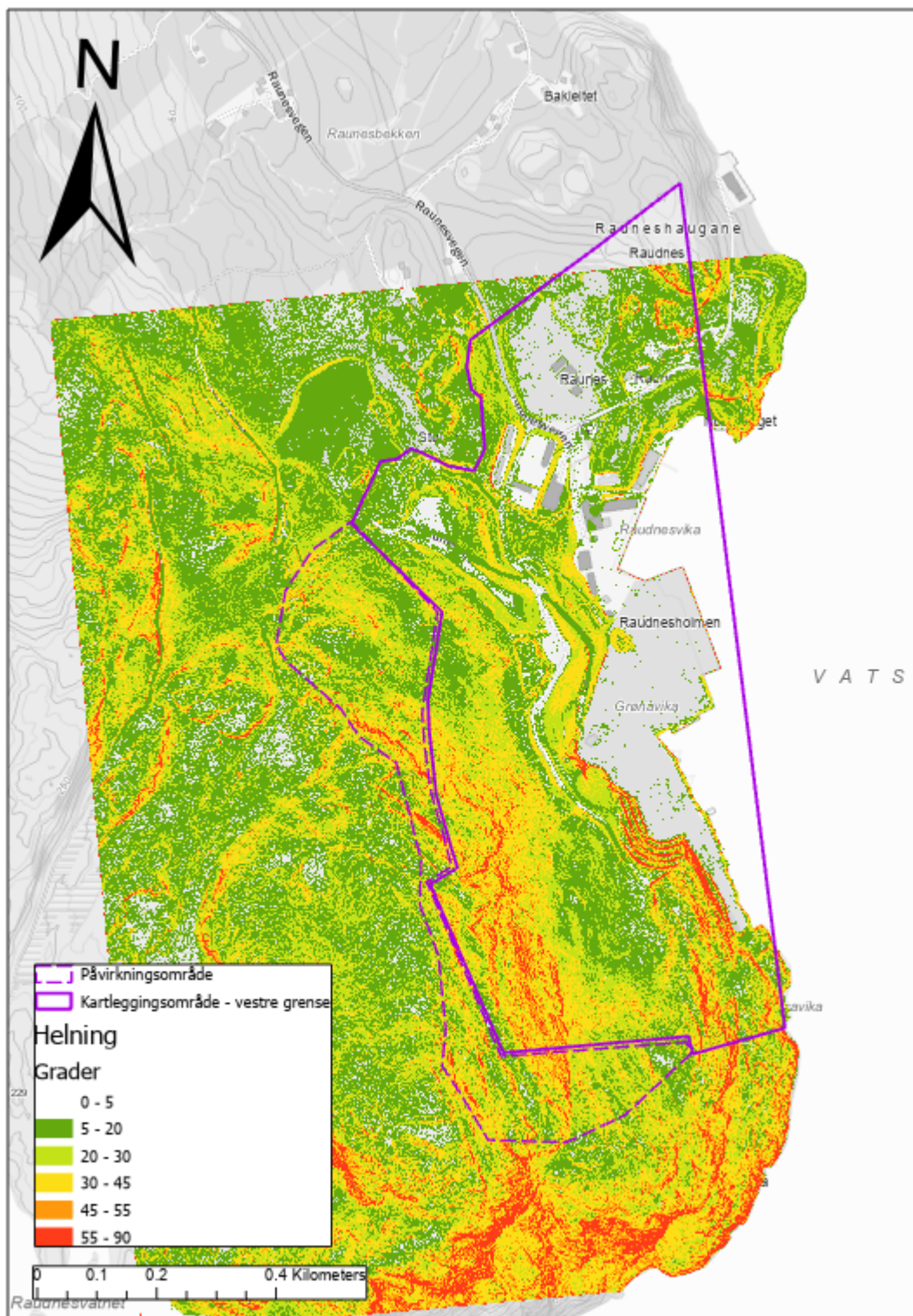
2 Områdebeskrivelse

2.1 Topografi

Kartleggingsområdet består av et allerede etablert industriområde ved Vatsfjorden, samt tilgrensende områder mot vest hvor det planlegges for utvidelse av industriområdet (Figur 3). Industriområdet er etablert ca. mellom 3 og 4 meter over havnivå mens selve planområdet strekker seg opp i fjellsiden mot vest opp mot ca. kote 75. I søndre halvdel av kartleggingsområdet er det etablert høye (>45 m) bergskjæringer mot vest. Videre ovenfor skjæringene er det en tydelig skålformasjon hvor vestre del leder opp mot Raudnesvarden på kote 325. Fjellpartiet opp mot Raudnesvarden er generelt bratt, med gjennomsnittlig helning på ca. 40°. I tillegg er det definert enkelte vertikale skrentpartier mellom kote 100 og kote 250 (Figur 4). Helningen innenfor påvirkningsområdet reduseres gradvis mot nord.



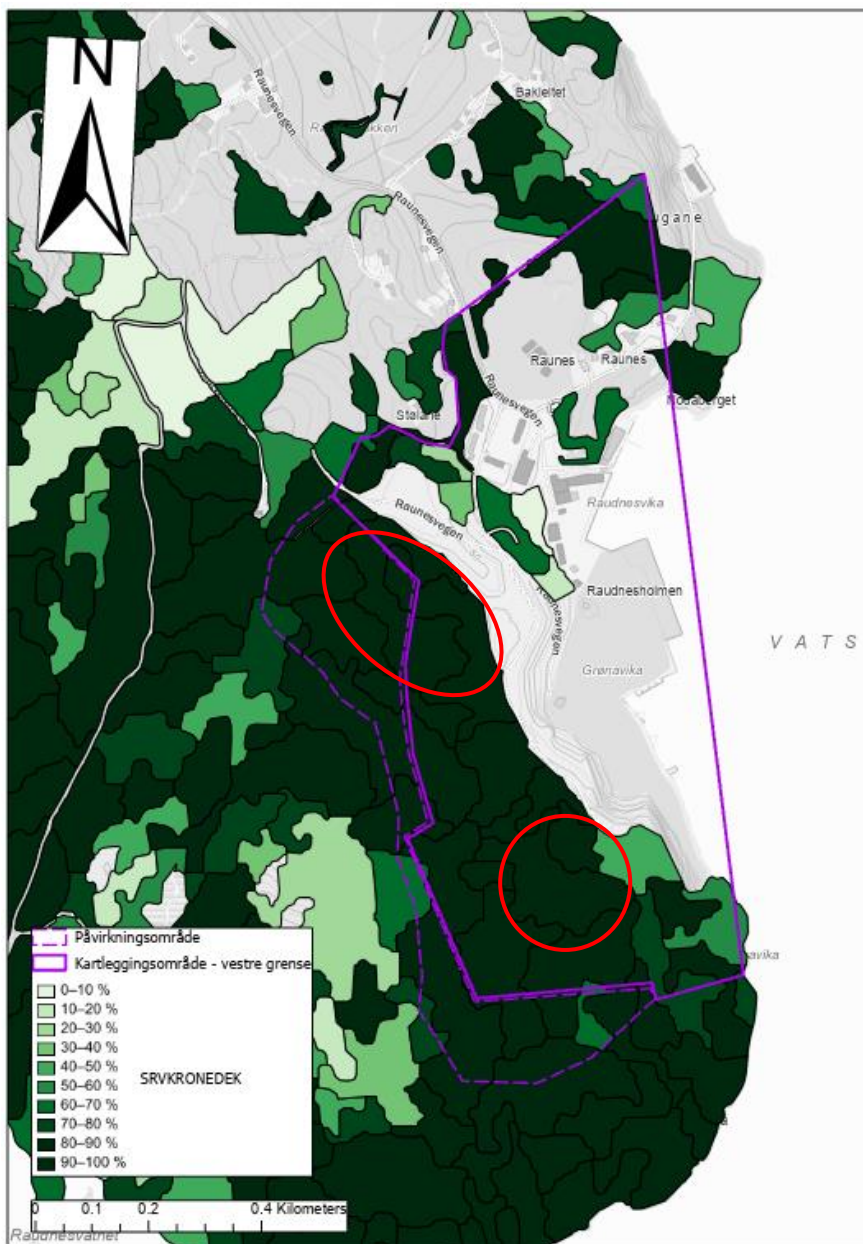
Figur 3: Digital kombinasjon av flyfoto og terrengmodell. Kartleggingsområdet og påvirkningsområdet er markert i henholdsvis hel og stiplet hvit linje.



Figur 4: Helningskart over vurderingsområdet.

2.2 Skogforhold

På NIBIOs kronedekningskart er det registrert mellom 80 – 100% kronedekning innenfor vestre deler av kartleggings- og påvirkningsområdet (Figur 5). Det er ukjent nøyaktig når denne registreringen ble gjort, men situasjonen i dag fraviker fra kartet da det er tatt ut store mengder skog innenfor områder markert i rødt på figur 5 (Foto 1,3,4,9,10,11). Figur 6 og 7 viser skogdekket i 2021 og i dag. Gjenværende skog stemmer overens med kartregistreringen, og består i hovedsak av lauvskog. Selv om skogen er voksen, er det stort sett snakk om spinkle lauvtrær som ikke vil ha effekt på blokker i bevegelse. Skogdekket er imidlertid tett nok til å motvirke utløsning av snøskred.



Figur 5: NIBIOs kronedekningskart [3]. Rødt markerer områder hvor det er tatt ut skog som ikke er registrert på kartet.



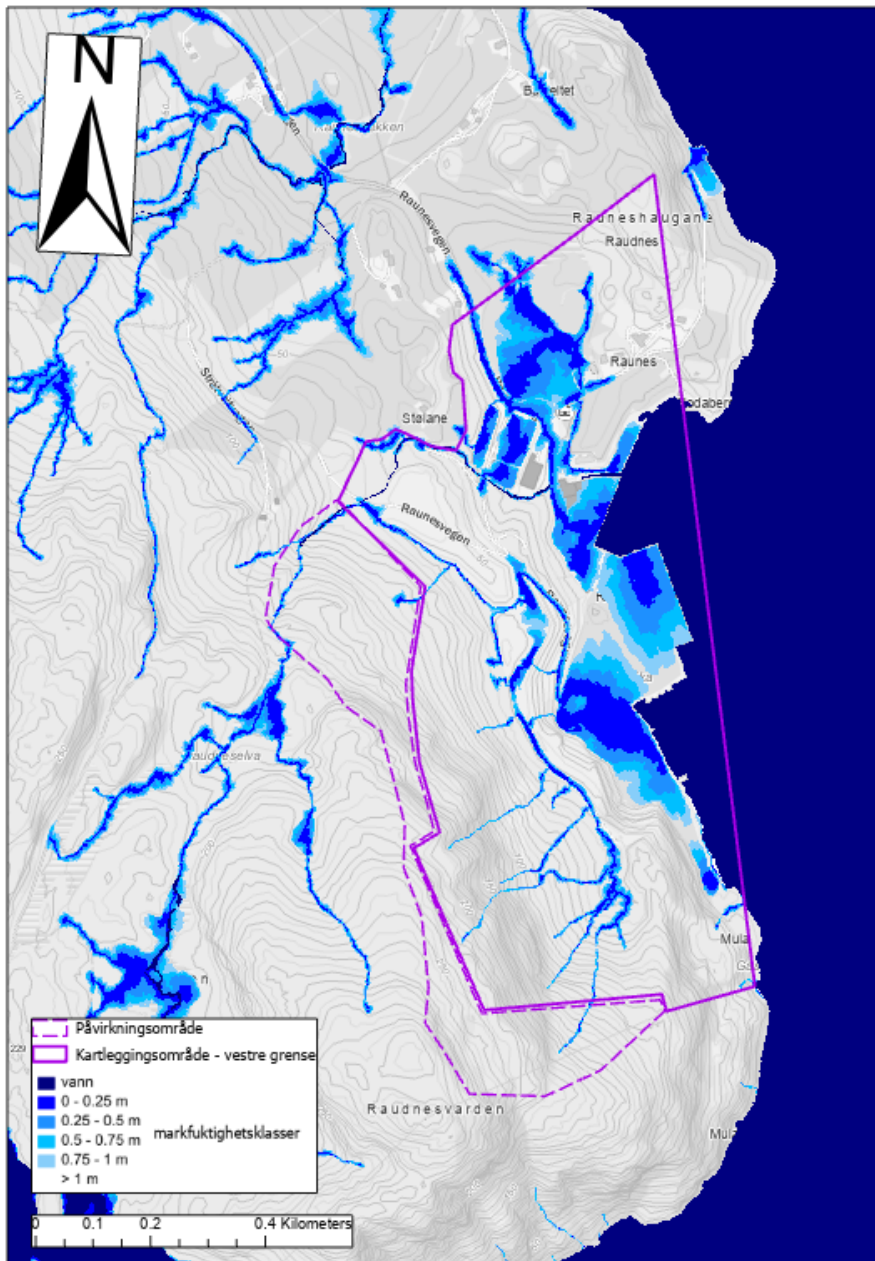
Figur 6: Flyfoto fra 2021. Omtrentlig avgrensning av vurderingsområdet er markert i hvit. Nord er opp på figuren.



Figur 7: Flyfoto fra Google Maps som viser uttak av skog etter 2021. Omtrentlig avgrensning av vurderingsområdet er markert i hvit. Nord er opp på figuren.

2.3 Vannveier

Det er registrert flere vannveier innenfor kartleggings- og påvirkningsområdet som leder vann fra fjellområdet mot vest og ned mot Vatsfjorden mot øst (Figur 8). Vannveiene følger terrengforsenkninger og mindre bekkefar, og samler vannmassene på de slake partiene av eksisterende industriområde. Merk at kartet ikke tar hensyn til eventuell drenering som finnes på industriområdet.



Figur 8: Modellerte vannveier på NIBIOS markfuktighetskart [3].

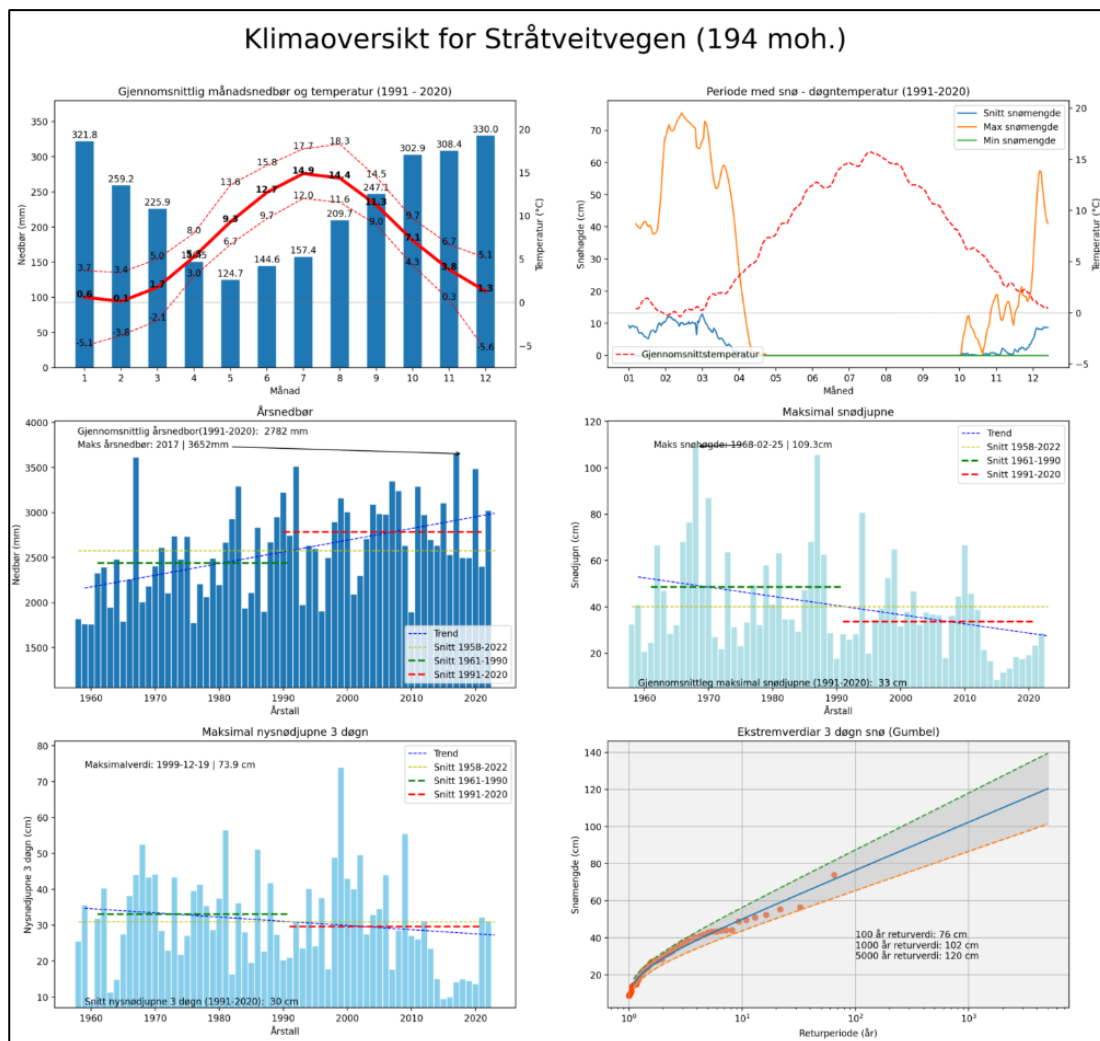
2.4 Klima

Det er hentet klimadata fra AV-Klima [4] fra punkt nær kartleggingsområdet med modellhøyde 194 moh. (Figur 9). Dataene består av interpolerte, beregnede verdier for 1 km² ruter i kartet (grid), og er ikke direkte måleverdier fra målestasjoner. Det er hentet data for perioden 1991-2020. Lengde på måleperiode for de nærmeste benyttete værstasjonene har en stor betydning for kvaliteten på klimadataene. Klimadata for nærområdet til Vats viser et typisk kystklima, med relativt milde og våte vinter- og sommersesonger. Som vi ser av figur 9 er gjennomsnittstemperatur over null grader gjennom hele året. Dette betyr at storparten av årsnedbøren i området kommer i form av regn i lavlandet. Øvre deler av påvirkningsområdet ligger på omtrent 320 moh., og her forventest det noe mer nedbør i form av snø.

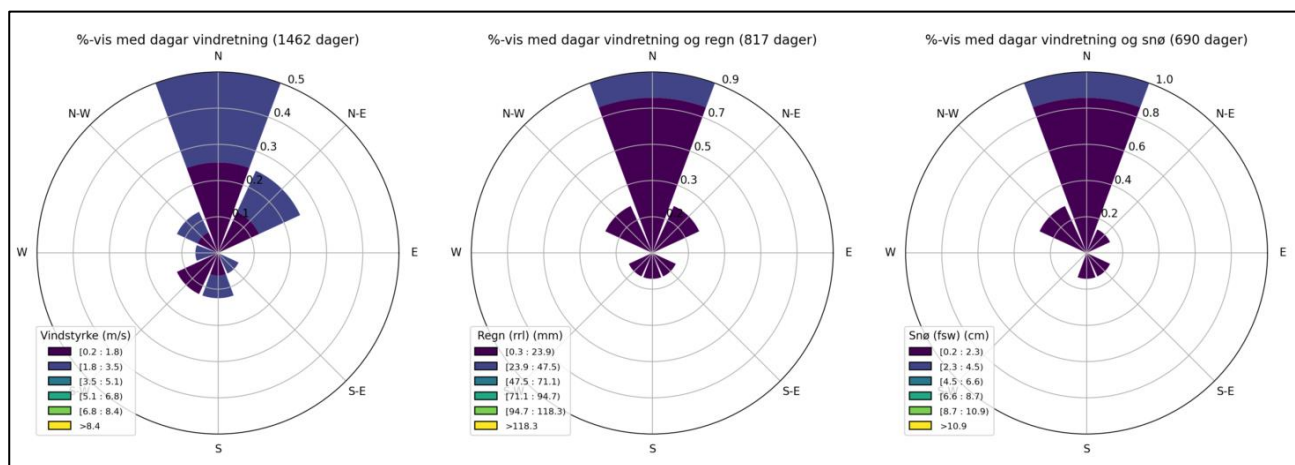
Gjennomsnittlig årsnedbør for siste klimaperiode er 2782 mm, mens maks registrerte årsnedbør var 3652 mm i 2017. Gjennomsnittlig maksimal snødybde for siste klimaperiode er på 32 cm, mens maksimal gjennomsnittlig 3-døgns nysnødybde for samme periode er rett under 30 cm. Beregnet 3-døgns ekstremverdi for nedbør i form av snø med Gumbel-metoden er 76 cm med 100 års gjentaksintervall, 102 cm med 1000 års gjentaksintervall, og 120 cm med 5000 års gjentaksintervall.

Det er også hentet ut vindroser fra klimapunktet vist i figur 10. Vindrosa til venstre viser at framherskende vindretning i hovedsak er fra nord og nordøst/vest. Nedbørsførende vindretning er vist i de to vindrosene til høyre, som viser vindretning på dager med regn og snø. Vindrosene viser at framherskende nedbørsførende vindretning, både for nedbør i form av regn og snø, også kommer fra nord og nordøst/vest.

Data for vindretning er basert på interpolerte vinddata med 1x1 km oppløsning, og tar derfor ikke hensyn til lokale topografiske vindforhold.



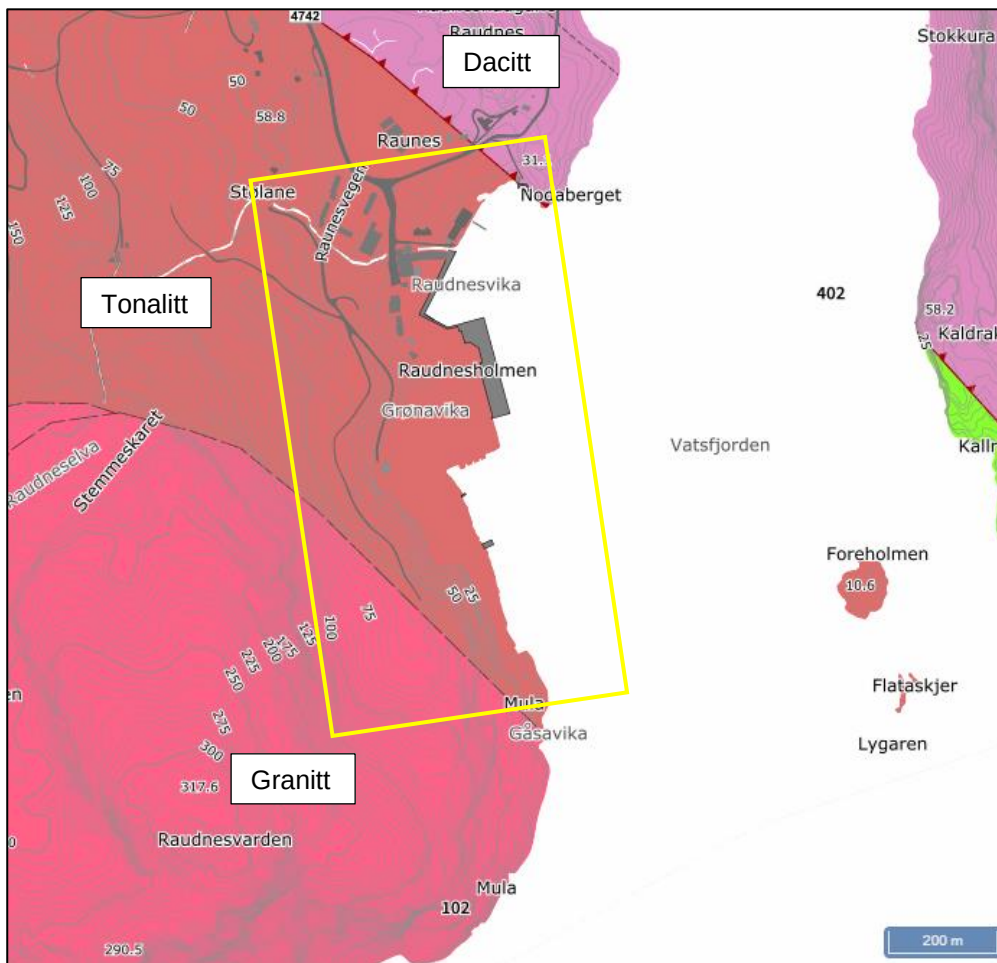
Figur 9: Klimadata for Vats hentet fra Asplan Viaks digitale klimaverktøy ref [6].



Figur 10: Vindanalyse med oversikt over dominerende nedbørsførende vindretning.

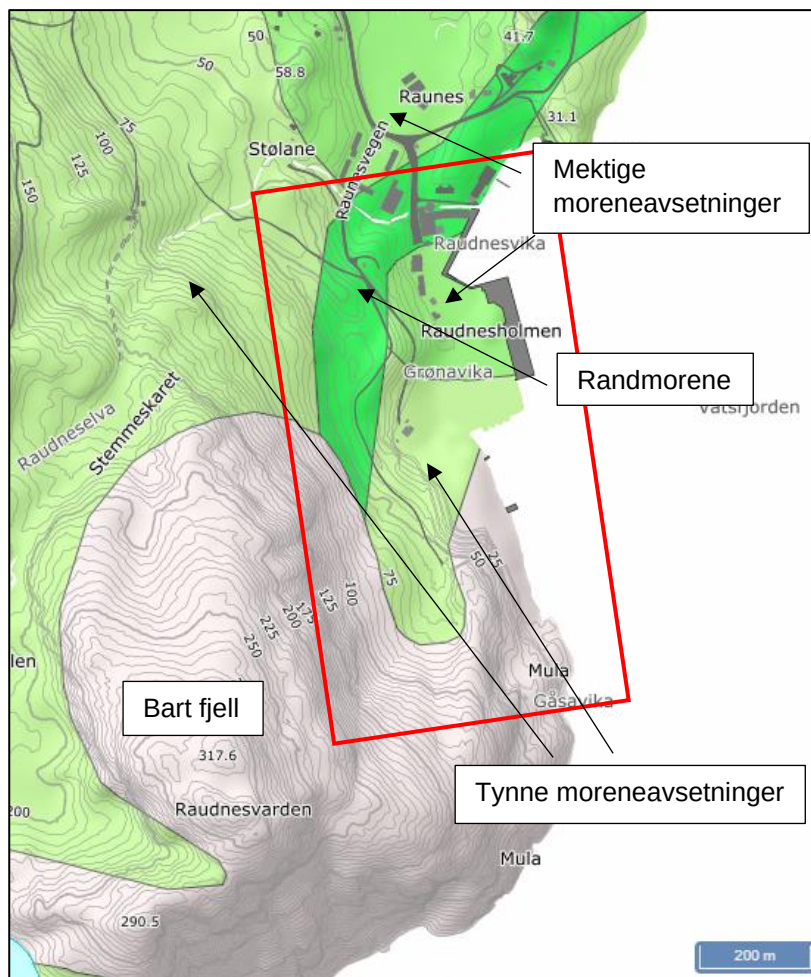
2.5 Berggrunn og kvartærgeologi

Vurderingsområdet er dekket av kvartærgeologisk kart i målestokk 1: 50 000. Dette er detaljert nok til å gi en omtrentlig beskrivelse av berggrunnen i området. Som vist av figur 11 består berggrunnen innenfor vurderingsområdet av granittiske bergarter. Dette stemmer godt overens med observasjoner gjort under befaring og data fra tidligere gjennomførte undersøkelser i området.



Figur 11: NGUs berggrunnskart [5]. Gul polygon viser grov markering av kartleggings- og påvirkningsområdet. Nord er opp på kartet.

Løsmassene innenfor store deler av påvirkningsområdet er kartlagt som bart fjell, mens store deler av kartleggingsområdet består av ulike typer moreneavsetninger (Figur 12). Dette stemmer godt overens med observasjoner gjort under befaring.



Figur 12: NGUs løsmassekart [5]. Rød polygon viser grov markering av kartleggings- og påvirkningsområdet. Nord er opp på kartet.

2.6 Aktsomhetskart skred

NVEs landsdekkende aktsomhetskart for steinsprang, snøskred samt jord- og flomskred viser *potensielle* fareområder for skred. Aktsomhetskart gir ikke opplysninger om sannsynlighet eller hyppighet for skred. Aktsomhetskartene er utarbeidet ved hjelp av datamodeller som ut fra terrengdata og utvalgte parametere gjenkjenner områder som teoretisk kan være utsatt for disse skredtypene. Dette er grove kart som ikke tar hensyn til lokale forhold som blant annet lokalt klima, skog og mindre terrengformasjoner. Det er ikke utført systematisk befarings ved utarbeiding av kartene. Oppløsningen på terrengmodellen som danner grunnlaget for kartene er grove (jord- og flomskred og snøskred: 10 meter, steinsprang: 25 meter), og dette kan føre til at ikke alle løснеområder blir fanget opp. For eksempel vil skrenter lavere enn 25 meter ikke bli fanget opp i aktsomhetskart for steinsprang. I områder der det eksisterer faresonekart erstatter disse aktsomhetskartene.

I 2023 lanserte NVE nye aktsomhetskart for snøskred (NAKSIN) som erstatter det gamle aktsomhetskartene for sikkerhetsklasse S2 i TEK 17. NAKSIN baserer seg på en nyere terrengmodell, og tar blant annet hensyn til lokalt klima og effekt med og uten skog. For tiltak som havner i sikkerhetsklasse S3 anbefaler NVE at de gamle kartene fortsatt brukes. Både de nye NAKSIN aktsomhetskartene for snøskred (S3 uten effekt av skog) og de gamle aktsomhetskartene for snøskred er presentert i dette tilfelle.

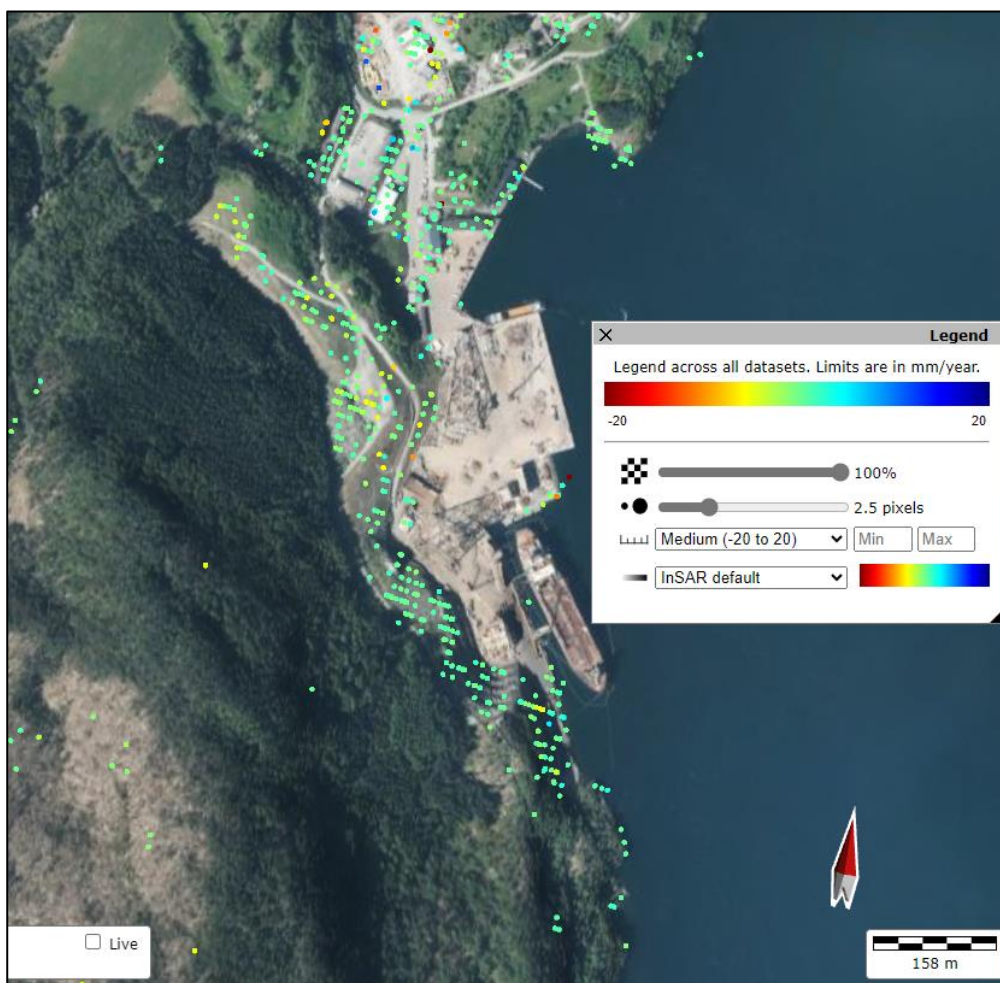
Kartleggingsområdet ligger innenfor NVEs aktsomhetskart for snøskred (NAKSIN S2 med skogeffekt), steinsprang og jord- og flomskred (Vedlegg 1-3).

2.7 Skredhistorikk

Det er ingen registrerte skredhendelser i nærhet til kartleggingsområdet, men det er observert avsetninger fra steinsprang i terrenget ovenfor bergskjæringene mot sør (Foto 3,4,5,7,8,9). Dette tyder på at området til en viss grad er skredaktivt.

2.8 INSAR

INSAR er en metode for å måle bevegelse i terrenget via radarmålinger fra satellitter. Ved å måle faseforskjell mellom to radarbilder tatt av samme område ved ulike tidspunkter, kan en registrere eventuell bevegelse som har skjedd innenfor tidsrommet mellom målingene. Figur 13 viser veldig små bevegelser innenfor eksisterende bergskrenter og andre deler av industriområdet. Mange av disse bevegelser kan trolig forklares med menneskelig aktivitet som forflytning av løsmasser som ble gjennomført i 2008/2009.. Det er ingen bevegelser registrert som kan tyde på ustabilitet av større fjellpartier.



Figur 13: Registrert bevegelse innenfor kartleggings- og påvirkningsområdet. Grønne prikker indikerer bevegelse på 1-2 mm per år [5].

2.9 Tidligere utførte skredfarevurderinger

Norconsult er ikke kjent med at det er utført andre skredfarevurderinger i området.

3 Feltobservasjoner

Registreringer relevant for skredfarevurderingen er markert på figur 14. Befaring er utført innen de deler av planområdet som inneholder skredutsatte områder; i hovedsak mot vest og sørvest.

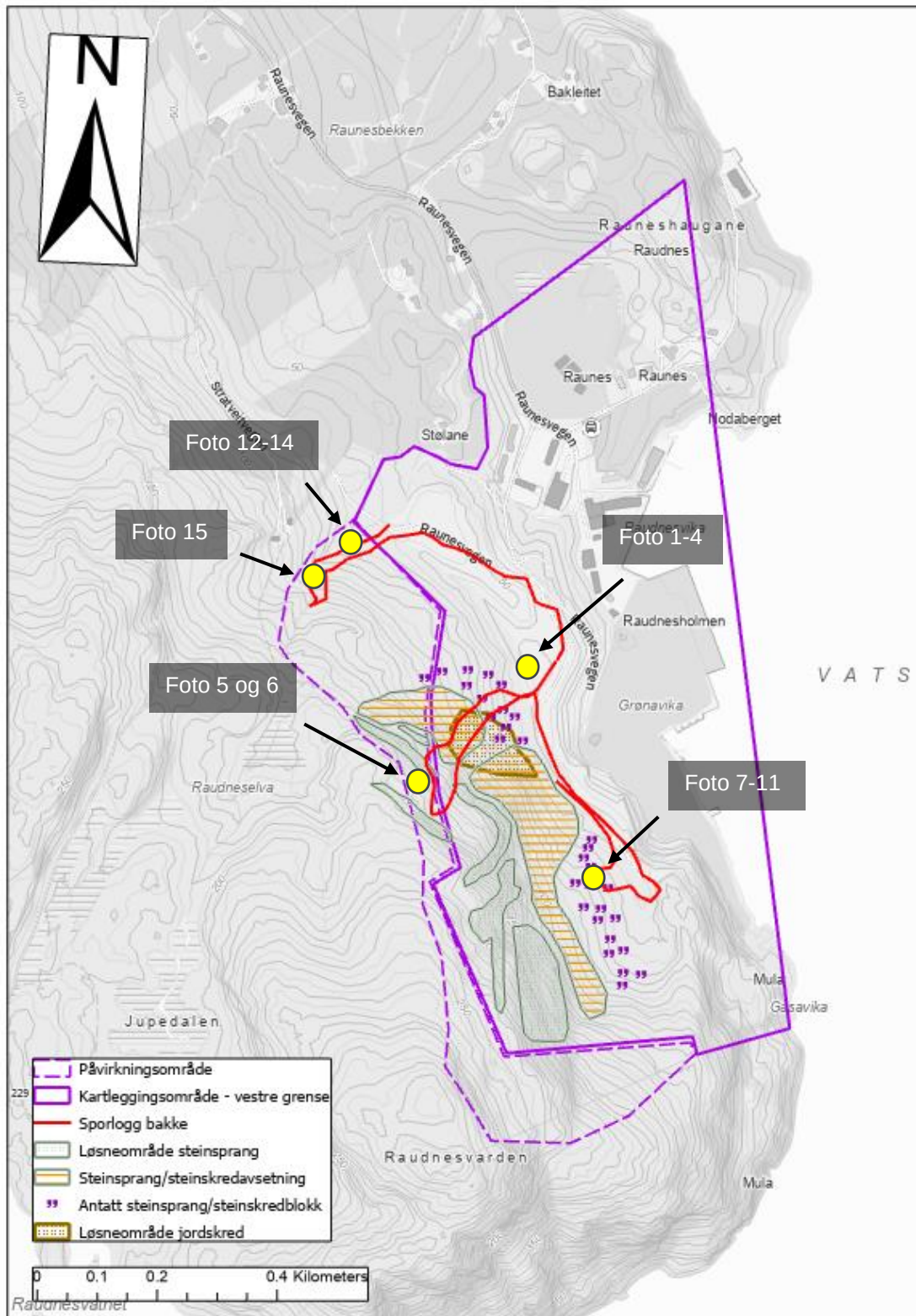
Langs hele befaringsområdet går det en veg i retning N-S på toppkant skjæring (Foto 1-2).

Sørvestre deler av kartleggingsområdet består av en tydelig definert skålformasjon, og det er observert en vannførende bekk ved foten av formasjonen (Foto 11). Bekken ledes mot NØ og over eksisterende toppkant skjæring. Mot vest er det observert et bratt bergparti bestående delvis av glattpolert svaberg og delvis av bratte bergskrenter (Foto 10). På nedsiden av skrentene er det observert skredavsetninger bestående av ur og enkeltliggende blokker (Foto 9 og 10). Området er i stor grad ryddet for skog.

Videre mot nord er det observert til dels tett skog helt ned mot vegen, men skogen består for det meste av tynne lauvtrær uten særlig kapasitet til å bremse opp blokker i bevegelse (Foto 8). Innenfor samme område er det observert potensielle løsneområder for steinsprang i øvre deler av fjellsiden, samt store mengder ur i skråningen som leder ned mot vegen (Foto 7-9).

Innenfor nordre deler av befaringsområdet er det også tatt ut mye skog, og løsmassene i skråningen er i stor grad blottlagt. Deler av skråningen er dekket med skredavsetninger (steinsprang) med ulike mektighet og tetthet (Foto 1,3,4,5,6). I øvre deler av skråningen er det observert bergskrenter med stor grad av oppsprekking og avløsning av blokker (Foto 5 og 6).

Videre mot nordvest renner det en bekk i retning SV-NØ (Foto 12-15). Langs slake partier renner bekken gjennom moreneavsetninger, mens brattere partier langs bekkeløpet består for det meste av bart fjell og grunne lag løsmasser.



Figur 14: Registreringskart med observasjoner gjort under befaring og kartanalyse.

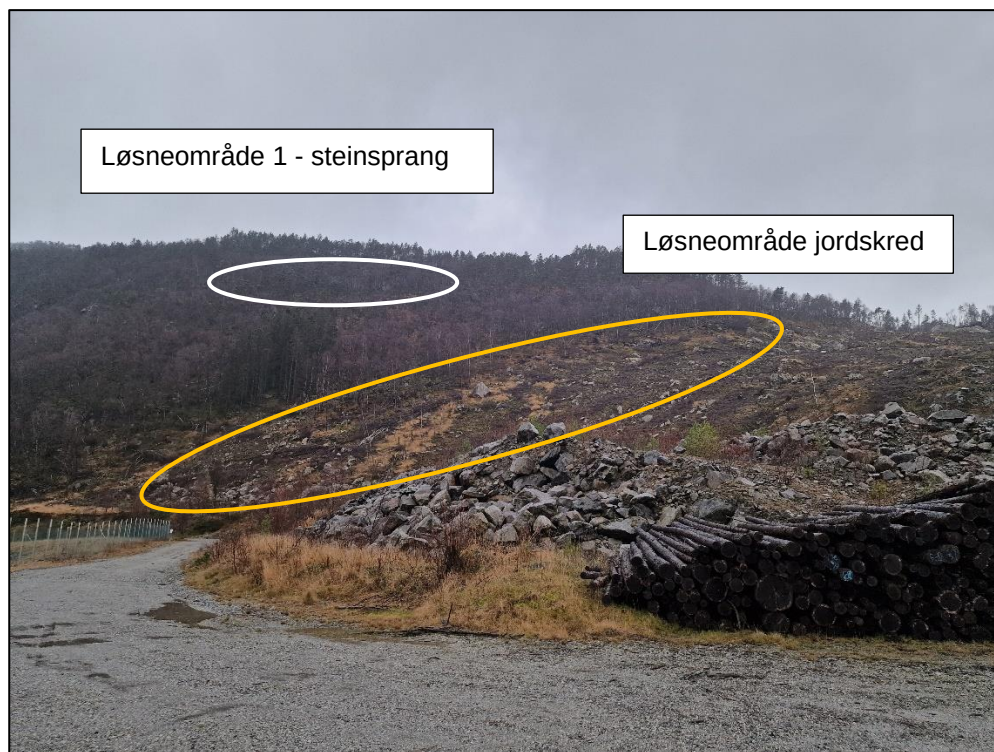


Foto 1: Oversikt over nordre del av kartleggings- og påvirkningsområdet. (Foto mot vest)



Foto 2: Oversikt over søndre del av kartleggings – og påvirkningsområdet (Foto mot SV).



Foto 3: Blanding av enkeltliggende skredblokker, skredavsetninger som ur og overflateblokker i morenemasser. Foto mot vest.



Foto 4: Blanding av enkeltliggende skredblokker, skredavsetninger som ur og overflateblokker i morenemasser. Foto mot SV.



Foto 5: Urmasser nedenfor skrenter i løsneområde 1. Foto mot vest.



Foto 6: Skrentparti med delvis avløste blokker innenfor løsneområde 1. Foto mot NV.

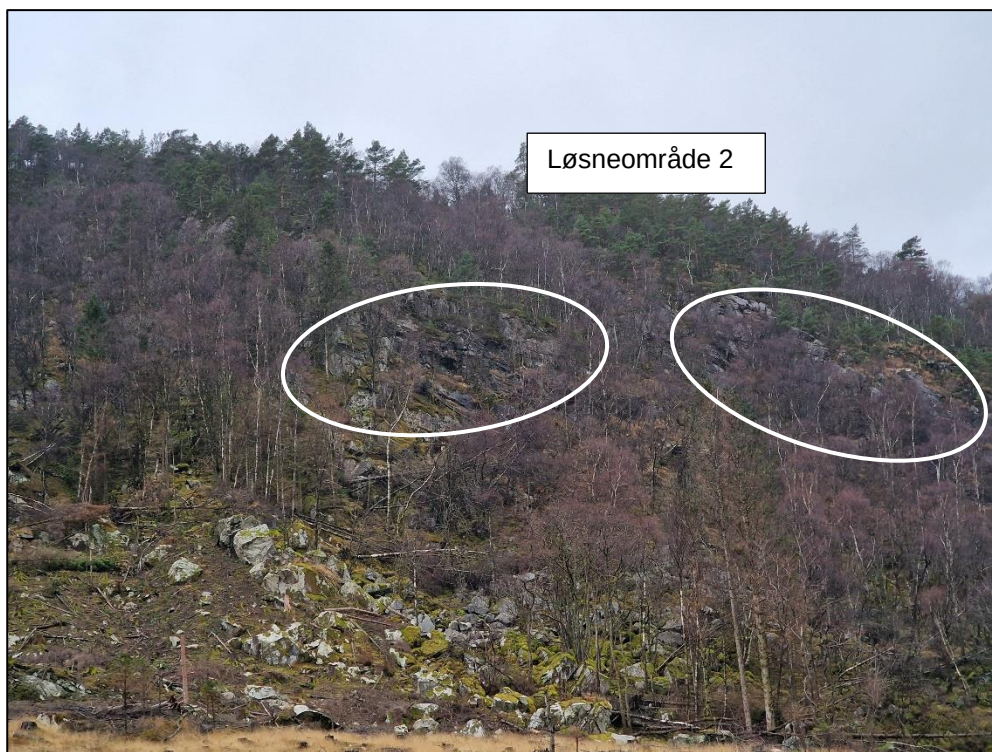


Foto 7: Skrentpartier innenfor løsneområde 2. Skredavsetninger (ur) nedenfor skrentene. Foto mot NV.



Foto 8: Skredavsetninger nedenfor løsneområde 2 rekker ned mot veg over toppkant skjæring. Foto mot NV.



Foto 9: Skredavsetninger fra steinsprang.) nedenfor løснеområde 2 og 3. Foto mot vest.

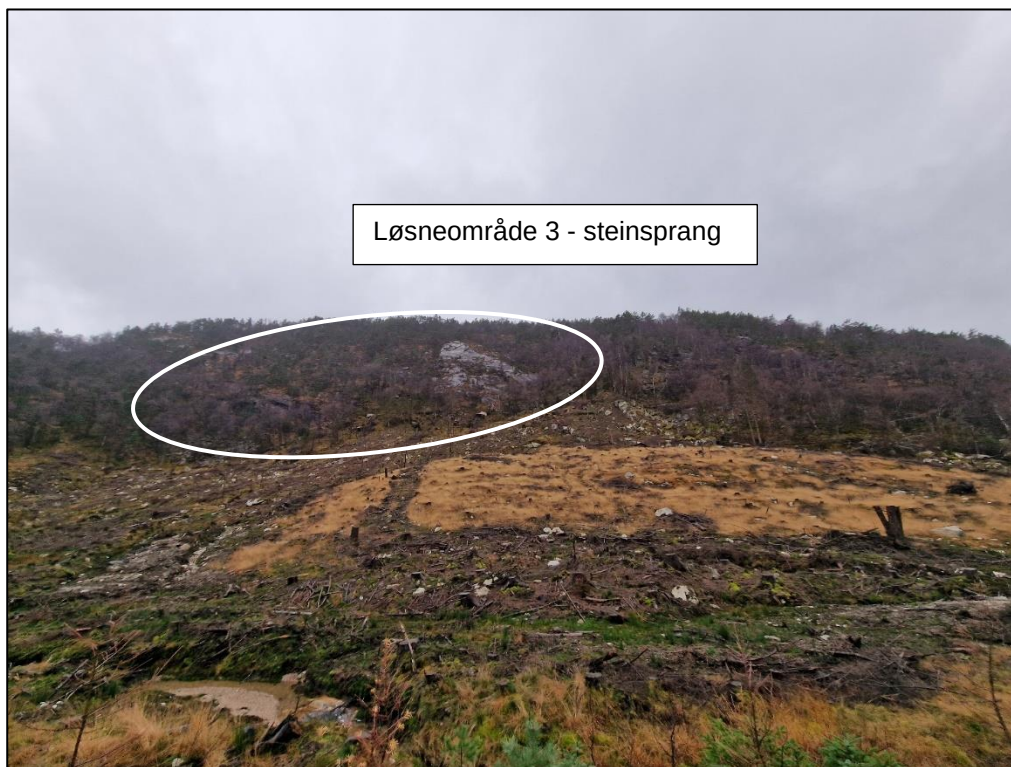


Foto 10: Løsneområde 3 i sørvestre del av kartleggingsområdet. Foto mot vest.



Foto 11: Skålfformasjon i sørvestre del av kartleggingsområdet. Bekk synlig til venstre i bildet. Foto mot sør.

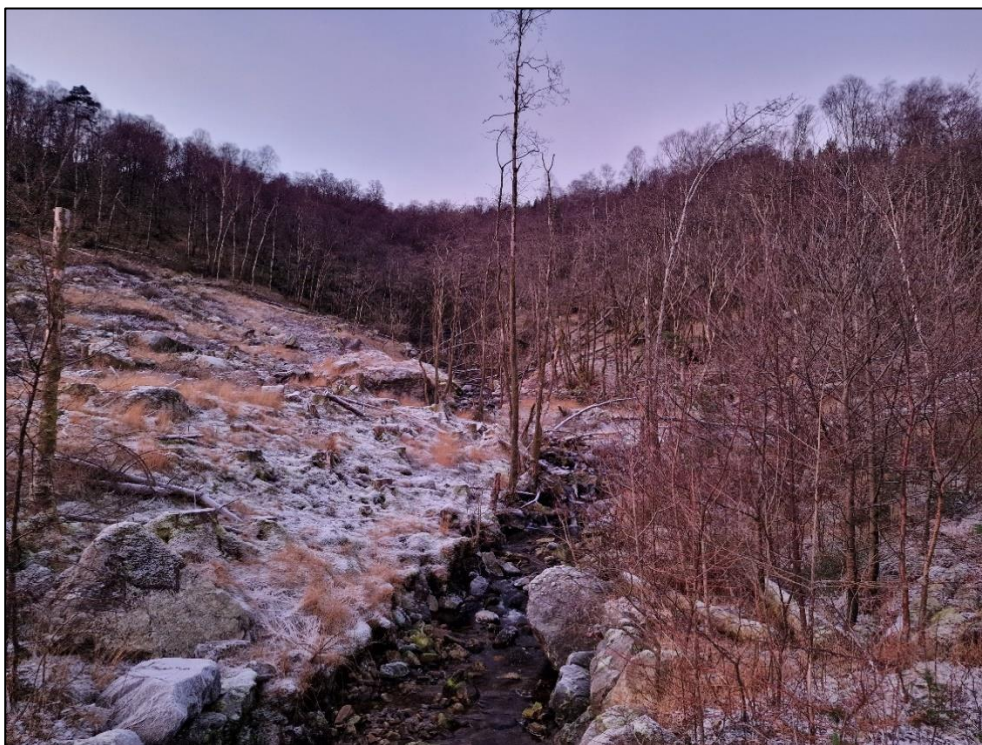


Foto 12: Bekk i vestre del av kartleggingsområdet. Foto mot SV.

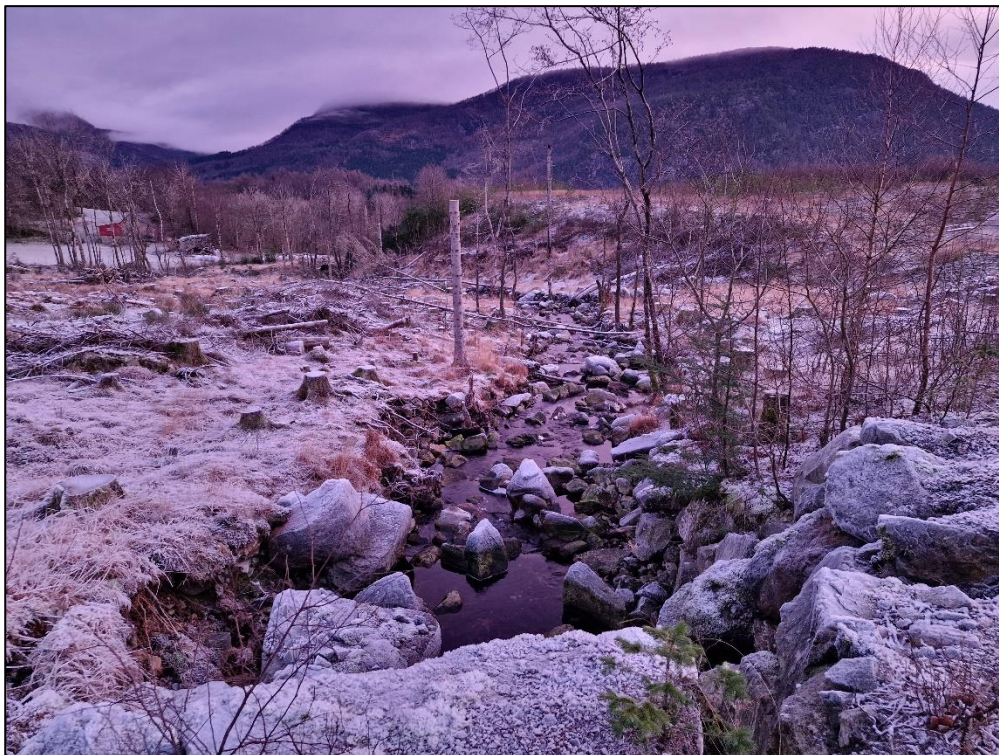


Foto 13: Bekk i vestre del av kartleggingsområdet. Foto mot nord.

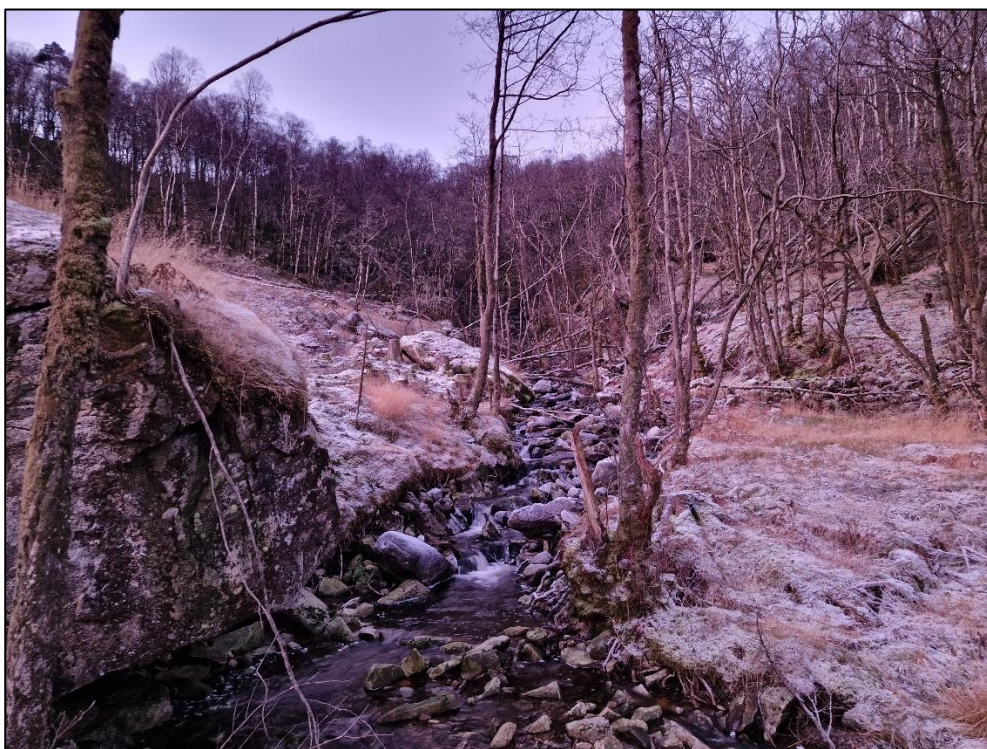


Foto 14: Bekk renner gjennom morenemasser. Foto mot SV.

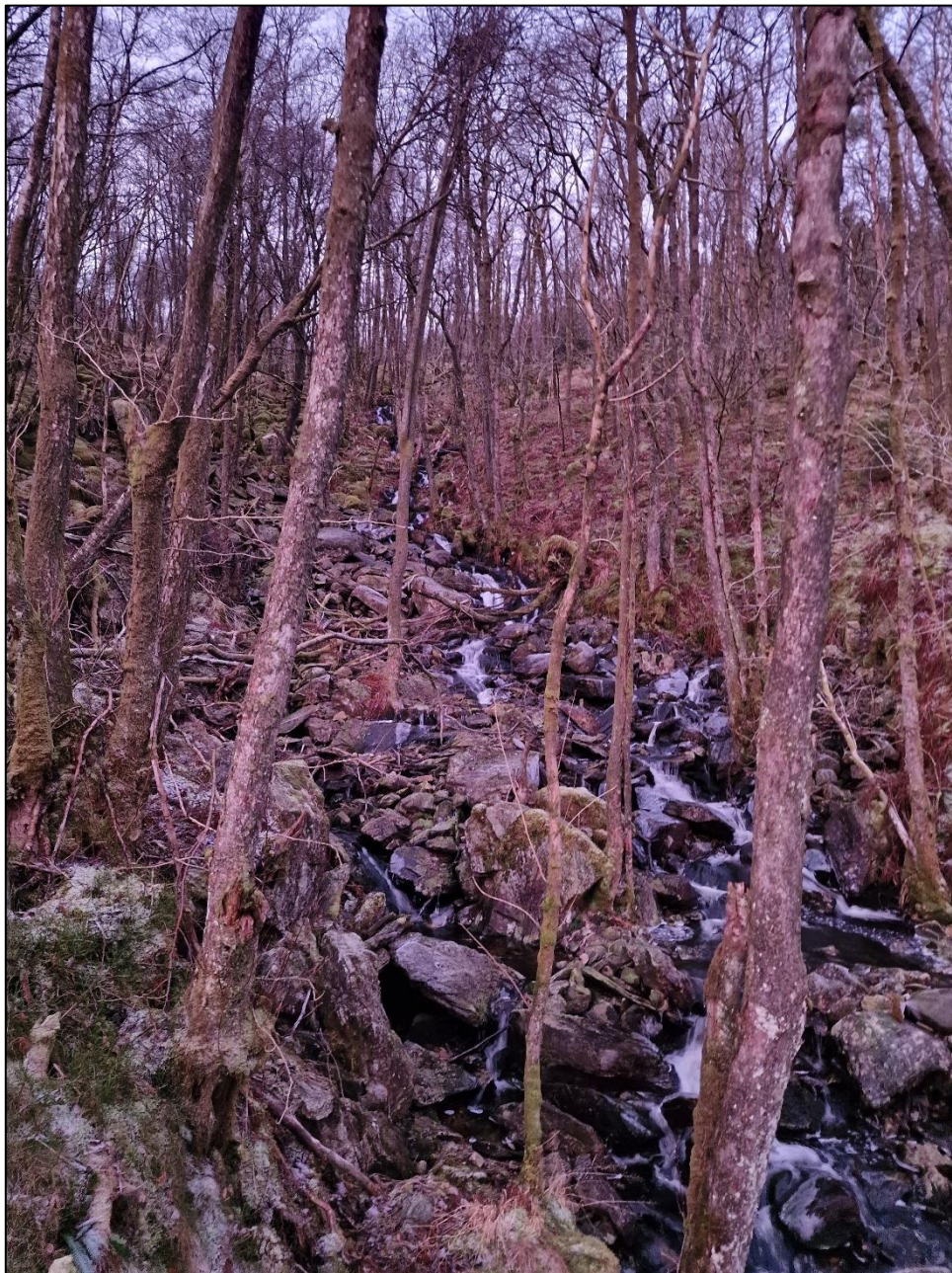


Foto 15: Brattere deler av bekken består av bart fjell langs bekkefarete, og grunne lag med morenemasser langs sidene. Foto mot SV.

4 Skredmodellering

For bedre å kunne vurdere potensielle utløpslengder og skredbaner er det utført modellering av steinsprang i RAMMS::Rockfall (3D).

Modellering av utløp til dimensjonerende skredtype er et nyttig hjelpemiddel selv om modellene ikke er direkte relatert til årlig nominell sannsynlighet. Som støtte til skredfarevurderingen er det derfor valgt å gjøre modellering for dimensjonerende skredtype i noen områder.

Modellering er utført på bakgrunn av observasjoner og registreringer av løsneområde og utløp i felt.

4.1 RAMMS::Rockfall

RAMMS::Rockfall er et 3D simuleringsprogram som brukes for å modellere skredbaner og utløpslengde for blokker i bevegelse i tredimensjonalt terreng. Skredbaner styres av samhandlingen mellom blokker i bevegelse og underlaget, og programmet beregner spretthøyder, hastighet og kinetisk energi ut ifra en kombinasjon av forflyttelseshastighet og rotasjonshastighet.

Simuleringer er basert på DTM (terrengmodeller) med oppløsning på 1 m.

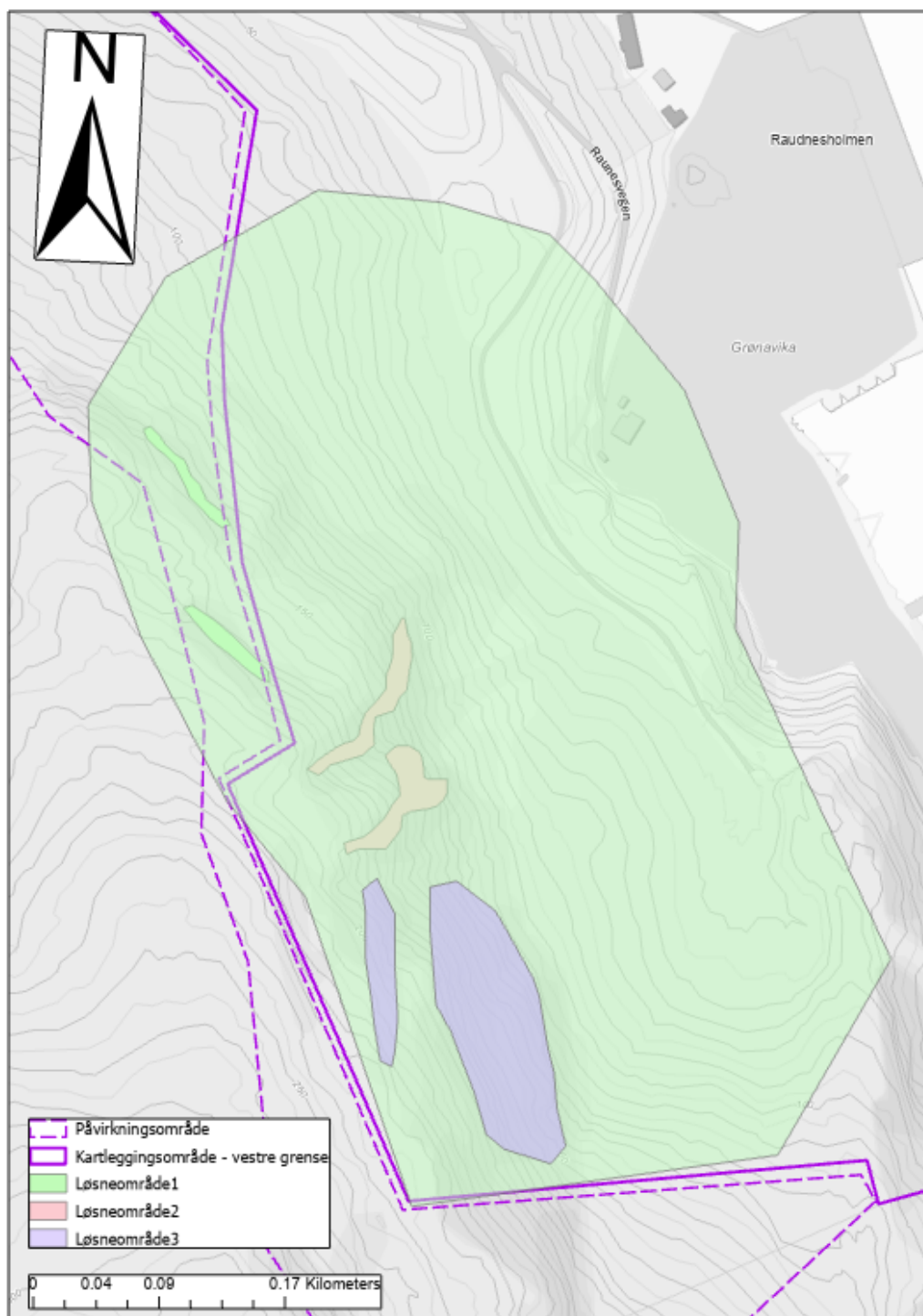
På forhånd er det fastsatt terrengavgrensninger som definerer løsneområde og type underlag (Figur 15). Hardhet for hele vurderingsområdet er basert på forhåndsdefinerte parametere i RAMMS, og er satt til medium-soft. Skogdekke er ikke inkludert i simuleringen, da eksisterende skog vurderes å ha liten til ingen effekt på utløpslengde. Det er utført 3 simuleringer fra 3 ulike løsneområder. Resultater fra simulering er vist på vedlegg 4 – 9.

Input-parametere for modellering:

- Antall simuleringer (blokker): 1320 (1), 1520 (2) og 1540 (3)
- Antall løsneområder: 63, 76 og 80
- DTM oppløsning: 1 m
- Blokketthet: 2700 kg/m³
- Blokkvolum: 1 m³

Løsneområdene er definert til å samsvare med plasseringen av de bratteste skrentpartiene innenfor påvirknings- og kartleggingsområdet. Sannsynlighet for utløsning av skredhendelser vurderes å være større ved område 1 og 2, da store deler av område 3 er observert til å bestå av relativt massivt og glattpolert svaberg uten betydelig oppsprekking.

Hvor mye energitap som oppstår når et skred treffer en voll eller andre naturlige hindringer i terrenget er ikke fullt ut kjent (kommer bl.a. an på bratthet støtside etc), men vil ofte være en del større enn friksjonskoeffisientene i RAMMS tar hensyn til. En utfordring med RAMMS er at når man anvender lave friksjonsparametere til modellskredet, vil stoppe- og bremseeffekten til slike hindringer i mindre grad komme godt frem. Skredmassene vil fortsette å flyte et godt stykke videre etter skredet har truffet hindringen. Dette gjelder spesielt for modellering av flom- og sørpeskred der det nyttes lav friksjon i modelleringen. Disse faktorene kan øke sannsynligheten for at sikringstiltak, eller naturlige hindringer, kan ha bedre sikringseffekt i virkeligheten enn det simuleringen viser.



Figur 15: Oversikt over terrengbegrensninger fastsatt før utførelse av modellering. Det store grønne feltet definerer avgrensning av beregningsområdet.

5 Skredfarevurdering

5.1 Steinsprang og steinskred

Steinsprang defineres som hurtig bevegelse av små enkelt-blokker som vanligvis ikke splittes opp langs skredbanen. Volum på skredmassene varierer mellom noen få til noen hundre kubikkmeter, og utløses vanligvis i bratt terreng med helning over 40°.

Steinskred består av skredmasser som er større enn steinsprang, fra noen hundre til flere hundre tusen kubikkmeter. Som med steinsprang løsner stort sett steinskred i bratt terreng med helning over 40°.

Er steinsprang/skred en aktuell prosess?

Store deler av fjellskråningen innenfor vestre deler av kartleggingsområdet består av bergskrenter med varierende helning, samt steinsprang-avsetninger med ulik mektighet og tetthet (Figur 14, Foto 1-10). Steinsprang er en aktuell prosess, men det er ikke observert bergpartier som skulle tilsi et potensiale for steinskred.

Vurdering av løснеområde og sannsynlighet

Potensielle løснеområder er markert på figur 14 og foto 1,2, 5-10, og består av bratte bergskrenter innenfor kartleggings- og påvirkningsområdet. Bergskrentene er til dels kraftig oppsprukket, og det er observert flere avløste og delvis avløste blokker med fallretning mot øst (Foto 6 og 7). På grunn av størrelsen på løснеområdene vurderes årlig nominell løsnestannsynlighet å være større enn 1/1000.

Vurdering av skredbane og utløpslengde

Utløpslengde på tidligere skredhendelser er observert under befaring, og er markert på figur 14. Det er observert urmasser i umiddelbar nærhet til løснеområdene, og mer spredte skredmasser og enkeltliggende blokker med større avstand til skrentene (Foto 3-9).

Det er utført modellering av steinsprang i RAMMS::ROCKFALL for å bistå med vurdering av potensielle utløpslengder. Resultat fra modellering er vist i kap 7.2. Som en ser av modelleringsresultatet så stopper storparten av blokkene på oversiden av eksisterende skjæringer, men det er enkelte blokker som beveger seg forbi toppkant skjæring og havner nede på selve industriområdet.

Kan steinsprang påvirke kartleggingsområdet?

Basert på befaringsobservasjoner og utført skredmodellering vurderes det at steinsprang med årlig nominell sannsynlighet $\geq 1/1000$ kan påvirke deler av kartleggingsområdet, og områder innenfor definerte faresoner tilfredsstiller ikke krav til sikkerhet for steinsprang for sikkerhetsklasse S2 iht. TEK17 §7-3.

Faresoner er markert på figur 16.

5.2 Snøskred

Snøskred deles vanligvis inn i to undergrupper; løssnøskred og flakskred, som igjen kan deles opp i tørrsnøskred og våtsnøskred. Snøskred løsner vanligvis i helninger mellom 30° og 55°. Det er sjeldent med snøskred fra brattere helninger enn dette da snøen oftest vil løsne ut før det samler seg store mengder. Langs vestlandskysten av Norge kommer det meste av snøen fra SV-NV vindretninger, noe som betyr at østvendte fjellsider har størst potensiale for skredaktivitet. Forsenkninger som skålformasjoner, gjel og skar er vanlige terrengformasjoner der det kan løsne skred. Store flate områder/platåer over løsneområdene vil ofte bidra til økt akkumulering av snø inn i løsneområdene, noe som kan gi økt snøskredfare. Tett skog i fjellsiden vil ofte hindre utløsning av snøskred. Forutsetningen er at trærne er så høye at de ikke snør ned, og at kronedekningen er stor nok [6].

Er snøskred en aktuell prosess?

Utført klimaanalyse viser at gjennomsnittstemperaturen ved vurderingsområdet er positiv gjennom hele året (kap. 2.4), og at gjennomsnittlig maksimal snødybde for siste klimaperiode er 32 cm. Beregnet 3-døgns ekstremverdi for nedbør i form av snø er 102 cm med 1000 års gjentaksintervall.

Selv om det er tatt ut mye skog i skråningene innenfor kartleggings- og påvirkningsområdet, er store deler av skråningene med tilstrekkelig helning for utløsning av snøskred fortsatt skogkledd med kronedekning mellom 80-100% (kap. 2.2) (Foto 1,2,7,8,9). Stor kronedekning reduserer sannsynligheten for snøskred.

Det er flere bratte skrenter med helning over 55 grader innenfor påvirkningsområdet, men disse er i stor grad for bratte for oppsamling av store snømengder.

Basert på nevnte observasjoner vurderes ikke snøskred som en aktuell hendelse.

5.3 Sørpeskred

Sørpeskred oppstår under perioder med intens nedbør eller snøsmelting, når snømassene blir vannmettede. Sørpeskred beveger seg langs forsenkninger i terrenget, likt som flomskred og er blant de mest langtrekkende skredtypene. Utløsning av sørpeskred kan skje ved helning helt ned mot 5°.

For at et sørpeskred skal utløses kreves et snødekke av en viss tykkelse og en terrengformasjon som muliggjør en vannmetting av snødekket. Det må normalt ligge mer enn 50 cm med snø i terrenget og snødekket må gjerne bestå av kantkornkrystaller (grove krystaller) som kan samle vann. Typiske løsneområder for sørpeskred er elve- og bekkeløp og andre større forsenkninger i terrenget med tilgang til vann i kombinasjon med terrengformasjoner som tillater akkumulasjon av snø. Erfaringer fra tidligere hendelser viser at snøskred som demmer opp en trang elvedal eller ved elveutløp er en vanlig årsak til å få utløst sørpeskred. Sørpeskred blir sjeldent utløst i skogkledd terreng [7]. Det er per i dag lite kunnskap på hvilken morfologisk og sedimentologisk signatur som kan knyttes til sørpeskred. Det er også mulig at sørpeskred kan være vanskelig å identifisere sikkert ut fra avsetninger alene siden skredene gjerne eroderer løsmasser langs løpet og kan ligne flomskred i avsetningsområdene [8].

Er sørpeskred en aktuell prosess?

Klimaanalyse viser at gjennomsnittstemperaturen i vurderingsområdet er over 0 grader gjennom hele året (kap. 2.4), og at gjennomsnittlig maksimal snødybde for siste klimaperiode er 32 cm. Beregnet 3-døgns ekstremverdi for nedbør i form av snø er 102 cm med 1000 års gjentaksintervall.

Skålformasjon i sørvestre del av kartleggingsområdet (Figur 3) kan utgjøre et potensielt løsneområde under spesielle forhold, men dette forutsetter blokkering av dreneringsveger ut av området, og tilstrekkelige mengder nedbør for opplagring av store mengder vannmettet snø. Planlagt tiltak består av utvidelse av

eksisterende bergskjæringer mot vest, noe som vil skape bedre dreneringsforhold for lagrede snømasser enn det som er situasjonen i dag.

Basert på nevnte observasjoner vurderes ikke sørpeskred som en aktuell prosess.

5.4 Flomskred

Flomskred defineres som hurtige, flomlignende skred som opptrer langs elve- og bekkeløp. Skredmassene består av en flytende blanding av vann, løsmasser og organisk materiale. Flomskred forekommer under perioder med intens nedbør eller snøsmelting, og utløses som regel i helninger mellom 25 og 45°. Jordskred kan utvikle seg til flomskred i kontakt med elver/bekker.

Er flomskred en aktuell prosess?

Det er observert to vannførende bekker innenfor kartleggings- og påvirkningsområdet; en i skålformasjonen i sørvestre del av kartleggingsområdet (Foto 11), og en i vestre del av kartleggingsområdet (Foto 12-15).

Bekk innenfor skålformasjonen er generelt for slak for utløsning av flomskred. Bekk i vestre del av kartleggingsområdet har enkelte korte partier med tilstrekkelig helning for utløsning av skred, men i disse områdene renner bekken for det meste over bart fjell. Det er ikke observert tegn på tidligere skredhendelser eller betydelig erosjon langs bekkefarete.

Flomskred vurderes ikke som en aktuell prosess.

5.5 Jordskred

Jordskred forekommer stort sett i skråninger med helning over 25-30°, i perioder med stor nedbør. Løsmassene blir vannmettede, og det økte poretrykket svekker den interne bindestyrken. Jordskred skilles fra flomskred ved at de ofte har en glidende eller rullende bevegelse, mens flomskred oppfører seg mer som en flytende masse og følger forsenkninger i terrenget.

Røtter vil bidra til at løsmassedekket får økt styrke, samtidig som det vil kunne øke permeabiliteten i jorden. Løsmassetype og tykkelse spiller også en viktig rolle, samt menneskelige inngrep som kan endre naturlige dreneringsveier for vann. Ifølge NVEs veileder er skog stabiliserende for jordskred siden røtter og vegetasjon reduserer faren for erosjon og utglidning. I tillegg bidrar skogen høyere opp i dreneringsfeltet til å dempe vannføringen ved intens nedbør [7]. De viktigste utløsningsfaktorene er oppbygging av vanntrykk som følge av langvarig nedbør, intense regnskyll og/eller sterk snøsmelting.

Er jordskred en aktuell prosess?

Løsmassene innenfor vestre deler av kartleggingsområdet er kartlagt som mektige moreneavsetninger (Figur 12). I samme område er det gjennomsnittlig helning rundt 30°, samt at store deler av terrenget er blottlagt etter uttak av skog. Basert på forventet løsmassetykkelse, helning, periodevis store nedbørsmengder og redusert bindestyrke i jordsmonnet vurderes jordskred som en aktuell prosess.

Vurdering av løsneområde og sannsynlighet

Løsneområdet er vurdert å kunne begrenses til deler av skråningen innenfor vestre kartleggingsområde hvor det er utført uttak av skog, hvor helningen er >25° og det er kartlagt mektige moreneavsetninger (Figur 14, Foto 1). Basert på forventede nedbørsmengder i området vurderes årlig nominell løsnestannsynlighet å være større enn 1/1000.

Vurdering av skredbane og utløpslengde

Et jordskred vil følge terrenget og bevege seg i østlig retning mot skjæringer og industriområde (Figur 14). Direkte øst for løснеområdet er det vest-øst – orientert innhugg i terrenget, og skredmassene vil samles i dette området og bevege seg ned mot flatt terreng. I møte med flatt terreng vil skredmassene raskt spre seg ut lateralt og dekke et flateareal som avhenger av volumet på skredmassene.

Kan jordskred påvirke kartleggingsområdet?

Både løснеområdet og utløpsområdet for jordskred ligger innenfor kartleggingsområdet. Det vurderes at hendelser med forventet gjentakintervall tilsvarende S2 (1/1000) vil kunne påvirke deler av kartleggingsområdet, og områder innenfor definerte faresoner tilfredsstiller ikke krav til sikkerhet for jordskred for sikkerhetsklasse S2 iht. TEK17 §7-3.

Faresoner er markert på figur 16.

5.6 Oppsummering av skredfare

Steinsprang og jordskred vurderes som dimensjonerende skredtyper, og deler av kartleggingsområdet tilfredsstiller ikke krav til sikkerhet for skred for sikkerhetsklasse S2 iht. TEK17 §7-3. Skredfaren har utgangspunkt i bratte skrenter i fjellskråningen mot vest, samt bratte områder i skråningen hvor det er utført skogrydding.

Figur 16 viser faresoner for steinsprang og jordskred. Faresonene er basert på befaringsobservasjoner i kombinasjon med modellering av steinsprang. Tiltak innenfor faresone S1, S2 og S3 krever utførelse av sikringstiltak for å redusere skredsannsynlighet til akseptabelt nivå, om tiltaket plasseres innenfor faresoner hvor sannsynligheten for skred er høyere enn akseptabel risiko.

5.7 Aktuelle sikringstiltak

Faresoner for steinsprang og jordskred strekker seg over en distanse på ca. 600 m i retning N-S (Figur 16). Aktuelle sikringstiltak over større distanser begrenser seg i stor grad til oppføring av skredvoll og/eller fanggjerd. Merk at alle sikringstiltak må detaljprosjekteres.

Det bør vurderes å begrense videre uttak av skog innenfor utløpsområder da den er tett nok til å motvirke utløsning av snøskred, samt at den binder jordsmonnet og reduserer sannsynligheten for utløsning av jordskred.

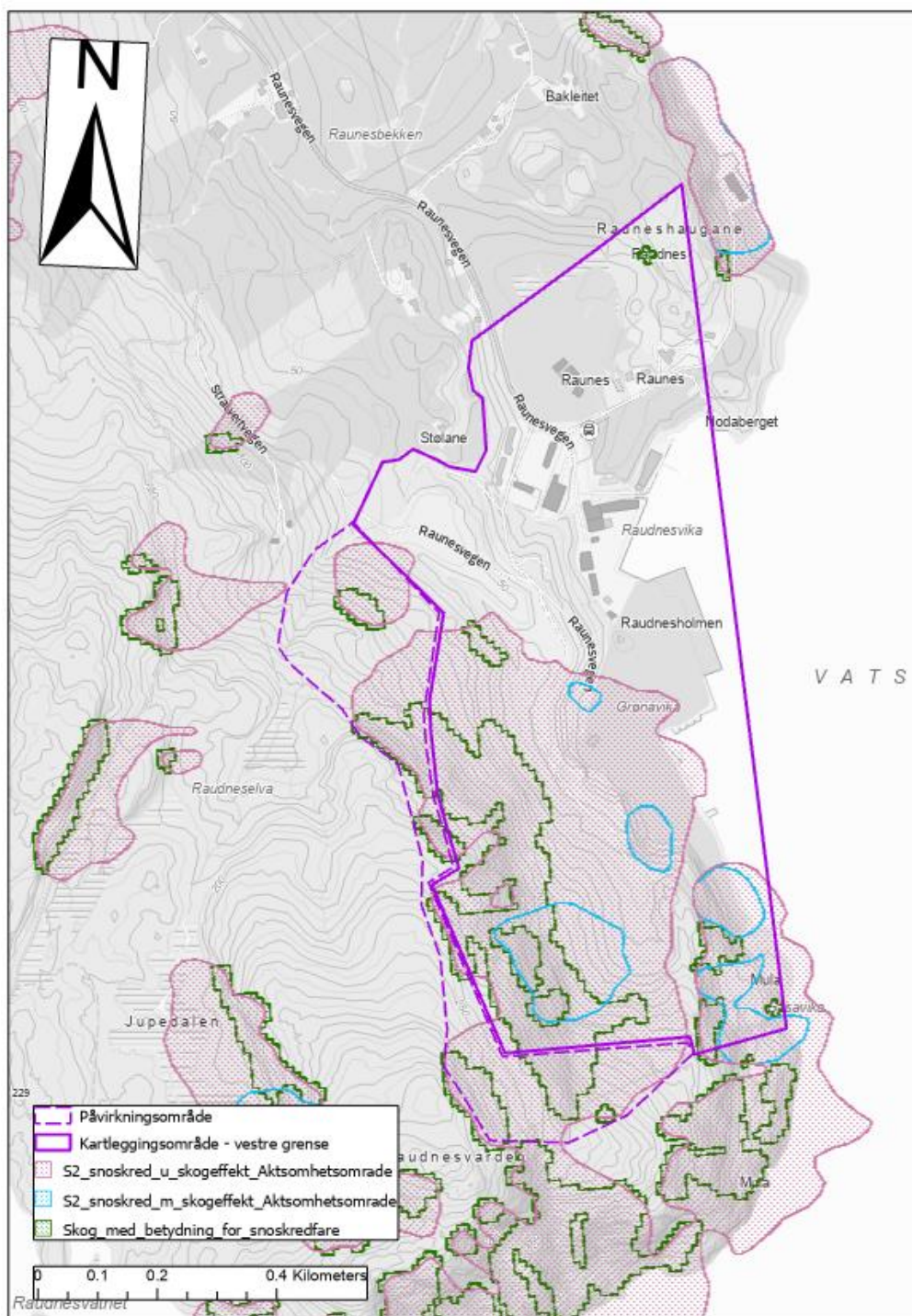


6 Referanser

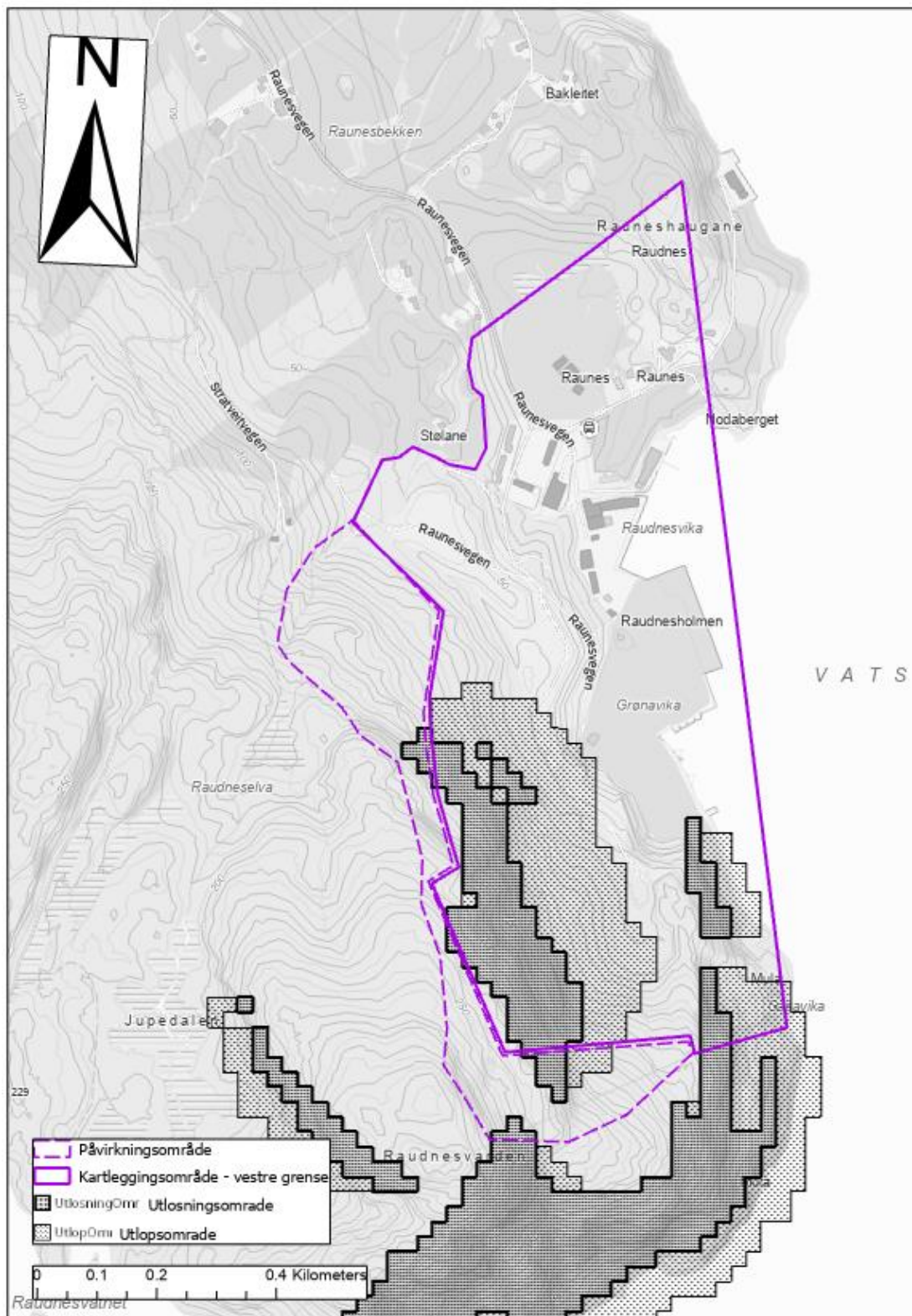
- [1] Di.b.k., «Byggteknisk forskrift (TEK17) §7-3,» [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/7/7-3/>.
- [2] Direktoratet for byggkvalitet, «Veiledning om tekniske krav til byggverk,» [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>.
- [3] Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO), «NIBIO,» NIBIO, 2024. [Internett]. Available: <https://www.nibio.no/tjenester/kilden>. [Funnet 16 10 2024].
- [4] Asplan Viak, «AV-Klima,» 2022. [Internett]. Available: <https://app-avtools-klima-dev.azurewebsites.net/>.
- [5] NGU, «INSAR NGU,» NGU, 2024. [Internett]. Available: <https://insar.ngu.no/>. [Funnet 05 12 2024].
- [6] NVE, «NVE-veileder nr.8-2014. Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak,» Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo, 2014b.
- [7] NVE, «Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak,» 2020. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/skredfarekartlegging>.
- [8] NGU, «Komplekse skredvifter: monitorering og karakterisering av skredavsetninger fra ulike prosesser. NGU rapport 2020.21,» Norges geologiske undersøkelse (NGU), Trondheim, 2020.
- [9] NVE, «NVE Atlas,» NVE, 06 2024. [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>. [Funnet 04 06 2024].

7 Vedlegg

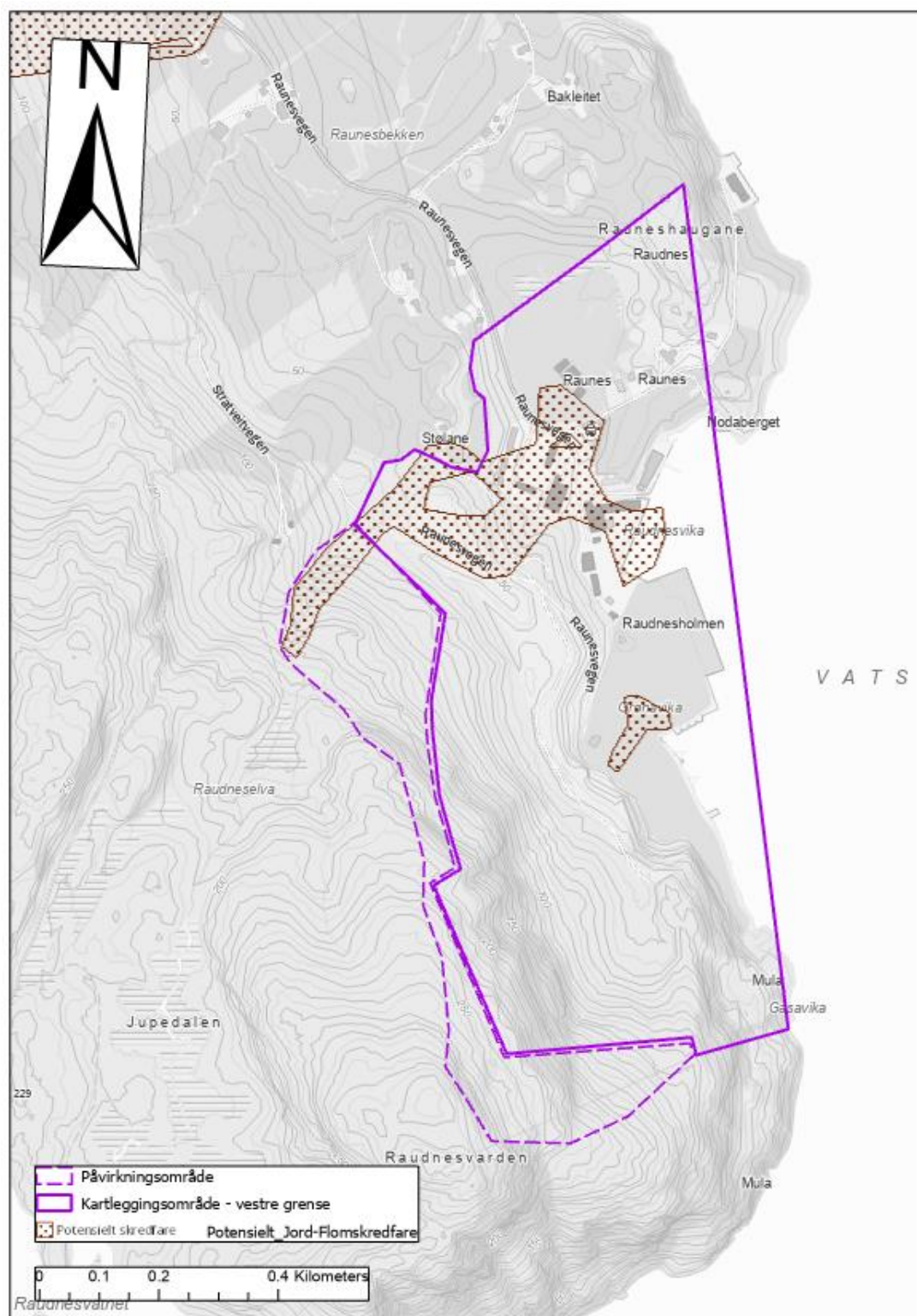
7.1 Aktsomhetskart



Vedlegg 1: NVEs aktsomhetskart for snøskred (NAKSIN S2) [9].



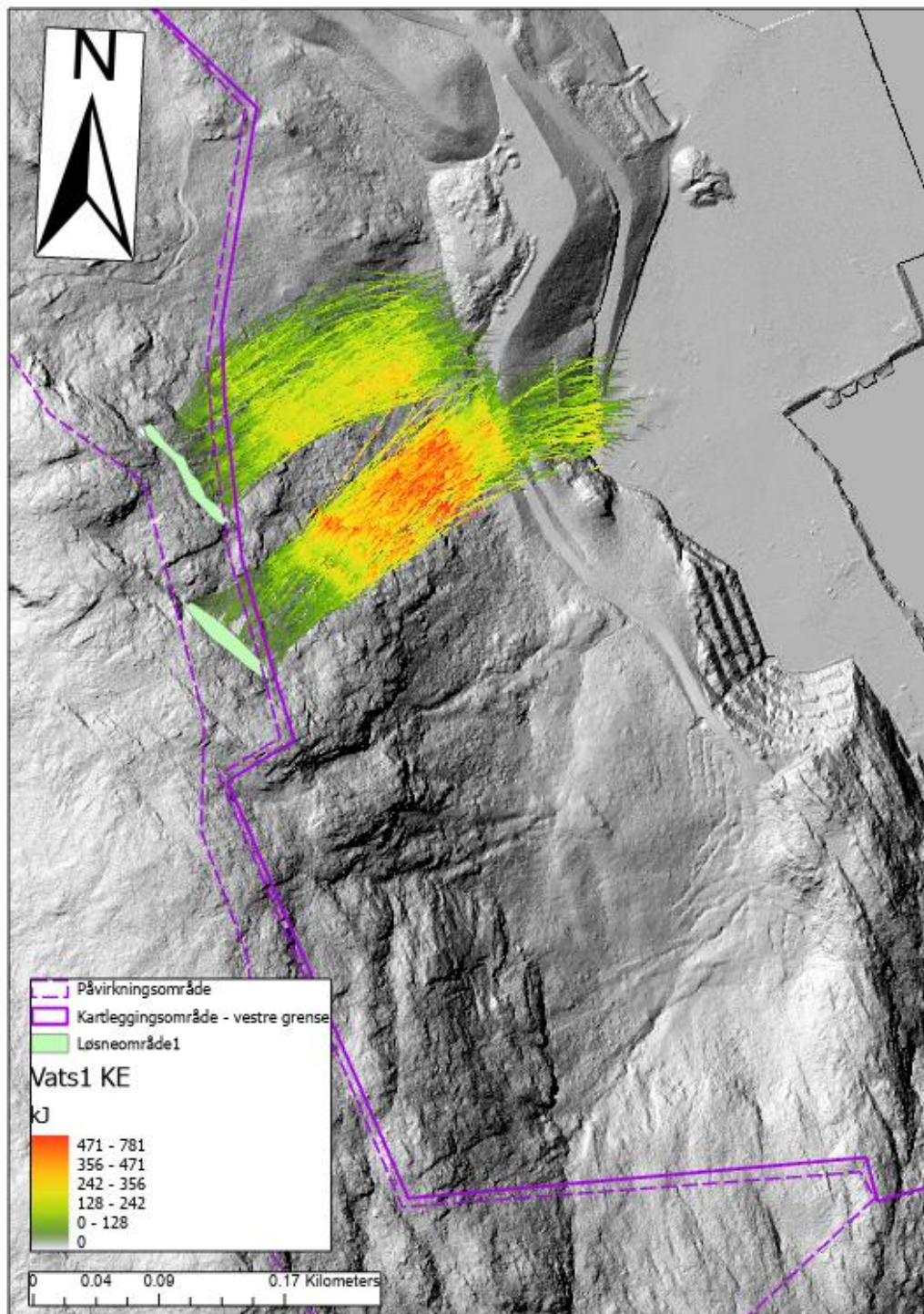
Vedlegg 2: NVEs aktsomhetskart for steinsprang [9].



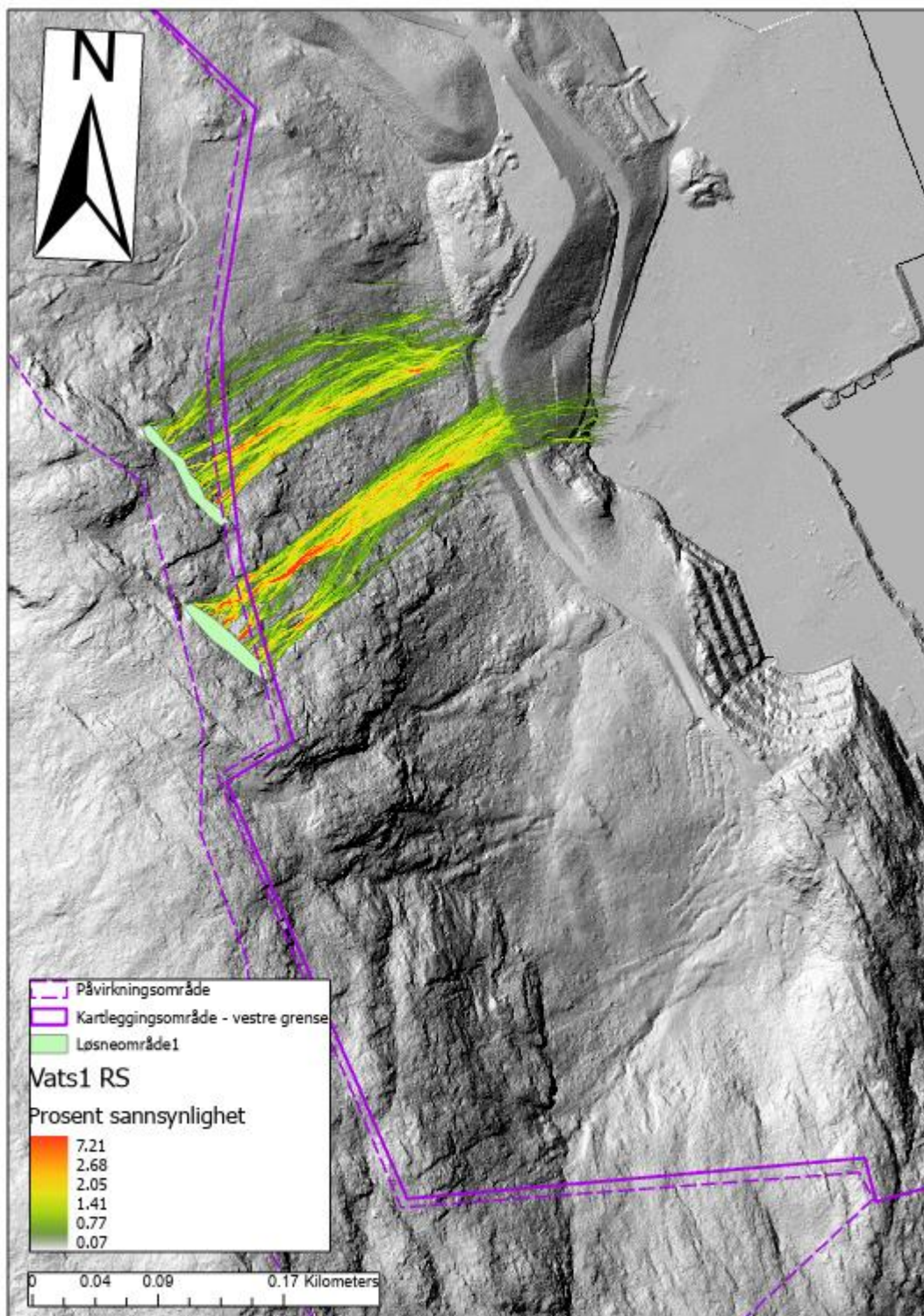
Vedlegg 3: NVEs aktsomhetskart for jord- og flomskred [9].

7.2 Modelleringsresultat RAMMS ROCKFALL

7.2.1 Løsneområde 1

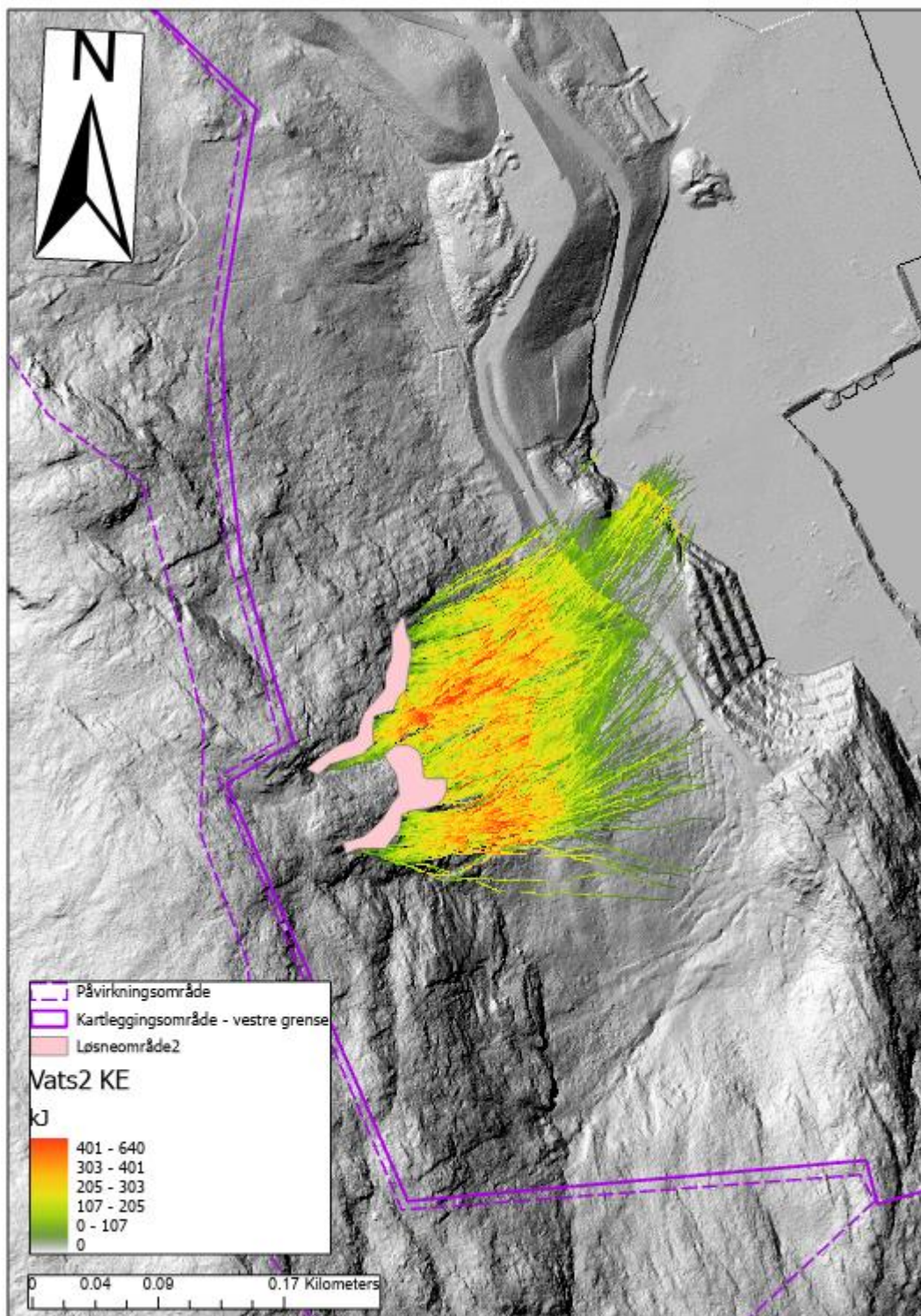


Vedlegg 4: Modellert energinivå (kJ) for enkeltblokker fra løsneområde 1.

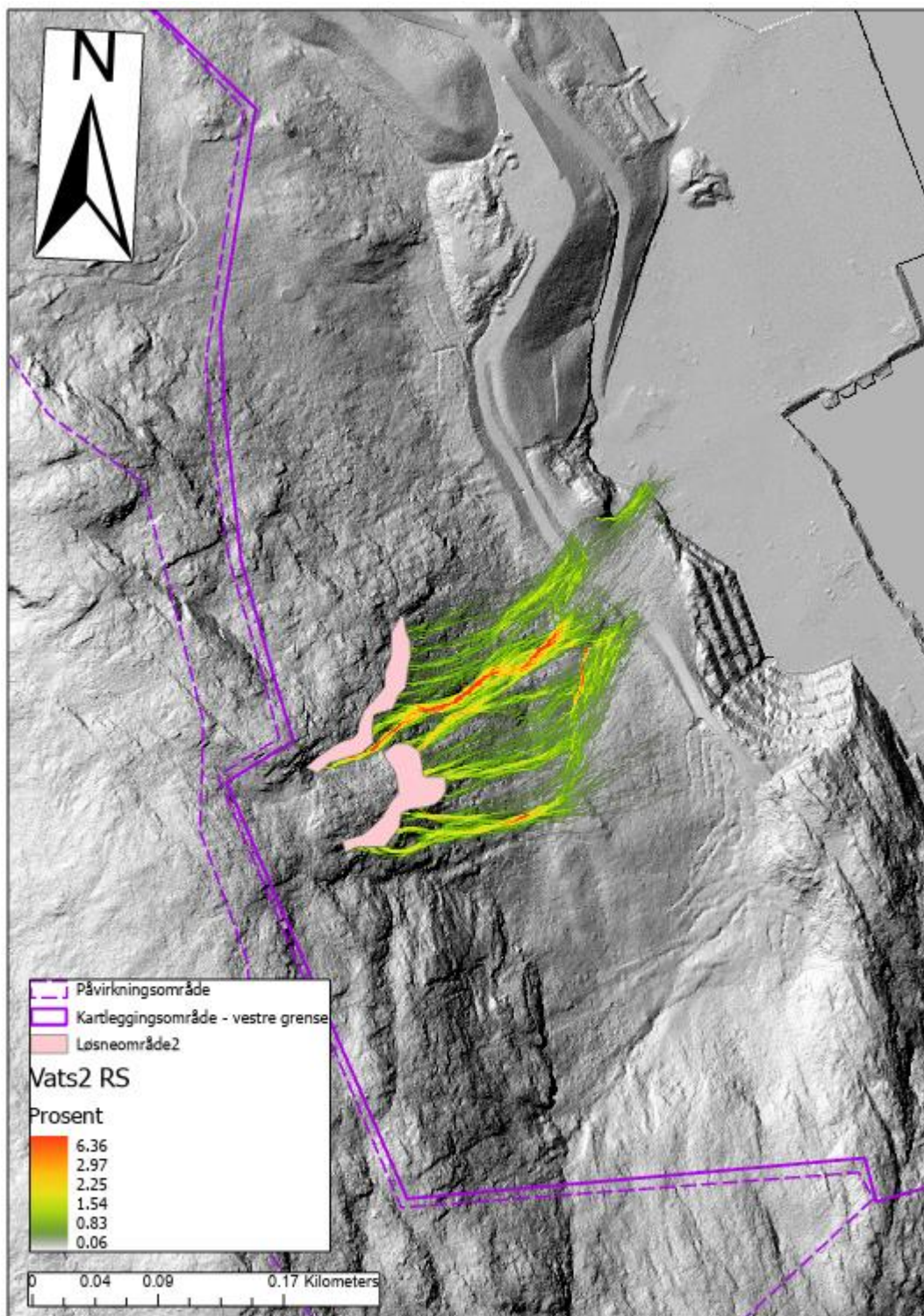


Vedlegg 5: Modellert sannsynlighet for blokker å nå ulike utløpslengder fra løsneområde 1.

7.2.2 Løsneområde 2

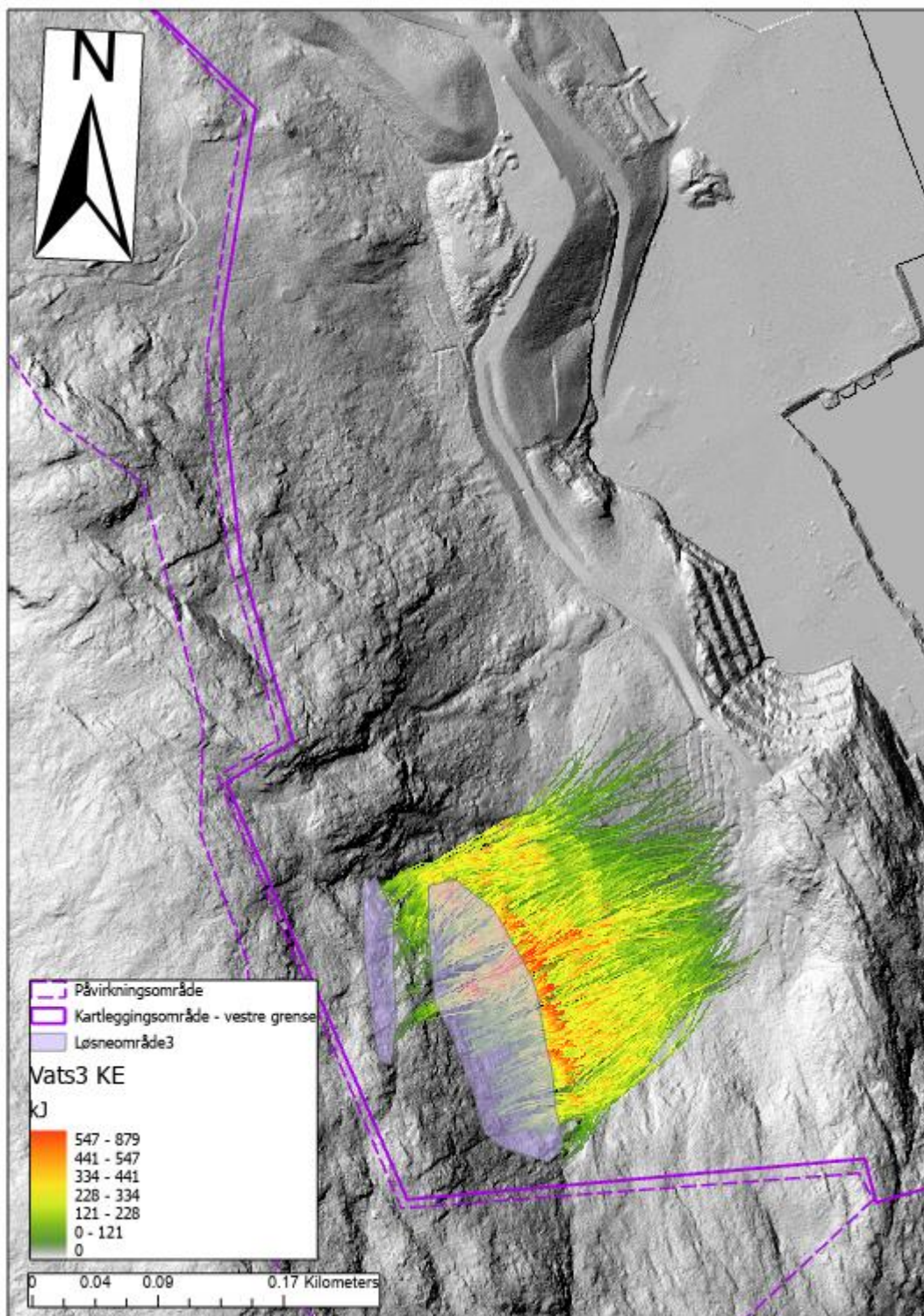


Vedlegg 6: Modellert energinivå (kJ) for enkeltblokker fra løsneområde 2.

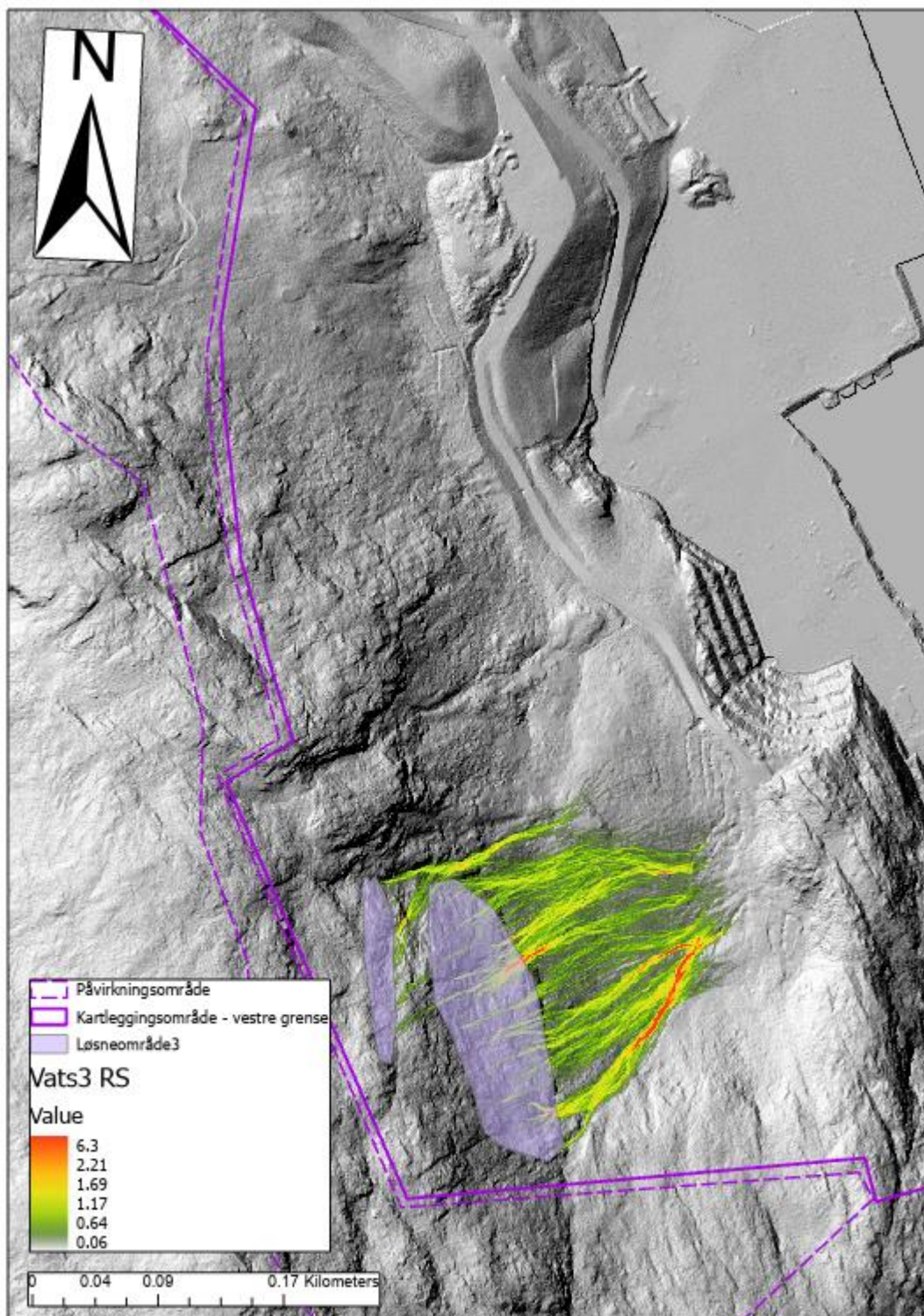


Vedlegg 7: Modellert sannsynlighet for blokker å nå ulike utløpslengder fra løsneområde 2.

7.2.3 Løsneområde 3



Vedlegg 8: Modellert energinivå (kJ) for enkeltblokker fra løsneområde 3.



Vedlegg 9: Modellert sannsynlighet for blokker å nå ulike utløpslengder fra løsneområde 2.