

**RØROSBANEN
1011 HALTDALEN-STØREN**

**KM 504,97 – 505,2
SKREDSIKRINGSTILTAK RØROSBANEN
FOLSTADLIEN NORD**

Skredrapport

02A	Detaljprosjektering, rettet etter tilbakemelding fra Bane NOR	2026-02-04	ErlAlv	OlaRos	OlaRos
01A	Detaljprosjektering av fanggjerde	2025-12-17	ErlAlv	GunHAA	OlaRos
00A	Skredrapport	2025-11-19	ErlAlv, JonKol	OlaRos	OlaRos
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Rørosbanen 1011 Haltdalen - Støren km 504,97 - 505,2 Folstadlien nord Skredrapport		Ant. sider	Fritekst 1d		
		140	Fritekst 2d		
			Fritekst 3d		
			Produsent	Norconsult 	
		Prod. dok. nr.	52506822-03		
		Erstatning for			
		Erstattet av			
60033315: K017709 Skredsikringstiltak Rørosbanen		Dokument nr.			Rev.
		POM-00-A-07526			02A
		Dokument nr.			Rev.

1	INNLEDNING	4
1.1	BAKGRUNN OG HENSIKT	4
1.2	UTFØRTE UNDERSØKELSER	5
1.3	GJELDENE RETNINGSLINJER OG STYRENDE DOKUMENTER	5
1.3.1	Skredfarevurdering	5
1.3.2	Detaljprosjektering	5
1.4	GRUNNLAGSMATERIALE	7
1.5	FORUTSETNINGER FOR SKREDFAREVURDERINGEN	7
2	OMRÅDEBESKRIVELSE	8
2.1	GEOGRAFI	8
2.2	TOPOGRAFI OG HELNING	8
2.3	SKOG	11
2.4	VANNVEIER	13
2.5	BERGGRUNN OG LØSMASSER	14
2.6	AKTSOMHETSKART	15
2.7	SKREDHISTORIKK	17
2.8	EKSISTERENDE SKREDFAREVURDERINGER	18
2.9	EKSISTERENDE SIKRINGSTILTAK	20
2.10	KLIMA	20
2.10.1	Nedbør	21
2.10.2	Snø	21
2.10.3	Vind	21
2.10.4	Endring i klima	22
3	OBSERVASJON	24
3.1	BEFARINGSOBSERVASJONER	25
3.2	OBSERVASJONER FRA GRUNNLAGSMATERIALE	27
3.3	EKSISTERENDE SIKRINGSTILTAK	27
4	MODELLERING	29
4.1	SIMULERING AV STEINSPRANG I RAMMS ROCKFALL	29
4.1.1	Parametervalg og utført simulering	29
4.1.2	Resultater fra simulering	30
4.2	SIMULERING AV STEINSPRANG I ROC FALL	36
4.2.1	Parametervalg og utført simulering	37
4.3	SAMMENSTILLING AV SIMULERINGER	42
5	SKREDFAREVURDERING	43
5.1	STEINSPRANG	43
5.2	STEINSKRED	44
5.3	JORDSKRED	44
5.4	FLOMSKRED	45
5.5	SNØSKRED	45
5.6	SØRPESKRED	46
5.7	SAMLET SKREDFARE	46
6	VURDERING AV SIKRINGSTILTAK	48
6.1	ANBEFALT SIKRINGSLØSNING	48
7	PROSJEKTERING AV SIKRINGSTILTAK	50
7.1	GJELDENE RETNINGSLINJER OG STYRENDE DOKUMENTER	50
7.1.1	Standarder og regelverk	50
7.1.2	Geoteknisk kategori, pålitelighetsklasse og kontrollklasse	50
7.2	FUNKSJONSKRAV	51

7.2.1	Levetid	51
7.2.2	Kvalitetssikring	51
7.3	DETALJPROSJEKTERING AV FANGGJERDE MOT STEINSPRANG.....	51
7.3.1	Dimensjonering	51
7.3.2	Plassering	53
7.3.3	Grunnforhold	56
7.3.4	Forankring	56
7.3.5	Felling av trær og fjerning av vegetasjon	57
7.3.6	Montering	57
7.3.7	Kvalitet	58
7.3.8	Dokumentasjon og sjekklister	58
7.3.9	Dimensjonering for andre skredtyper og laster	58
7.3.10	Prøvetrekking	58
7.4	SIKKERHET VED UTFØRELSE – VURDERING AV SKREDFARE I ANLEGGSFASEN	59
7.5	DRIFT OG VEDLIKEHOLD	60
7.6	RESTRISIKO	60
7.7	ANDRE FORHOLD	61
7.7.1	Høyspent.....	61
7.7.2	Verneområder	61
7.7.3	Byggesøknad	61
7.7.4	Eiendomsforhold	61
8	REFERANSER	63
9	VEDLEGG	65

Vedlegg 1: Bilder fra befaringen

Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé

Vedlegg 3: Beregning forankring enkeltstag i berg

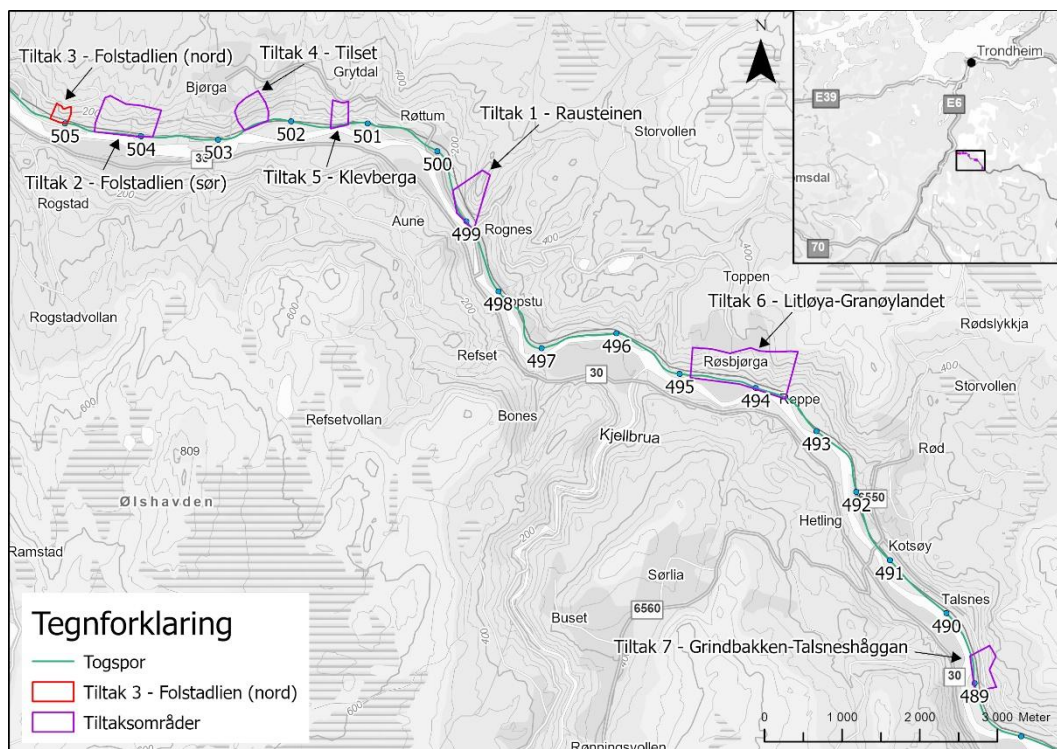
1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn og hensikt

Norconsult Norge AS (Norconsult) er engasjert av Bane NOR for å utføre skredfarevurdering og detaljprosjektering av skredsikring for 7 lokasjoner langs Rørosbanen, på banestrekningen Støren – Haltdalen. Bane NORs underbygningsgruppe utførte befaring våren 2025, med utgangspunkt i ingeniørgeologiske og geotekniske rapporter fra 2013 [1] og 2023 [2]. Denne befaringen konkluderte i behov for detaljprosjektering av sikringstiltak i sideterreng. De 7 tiltaksområdene er oppsummert i Tabell 1-1 og vist Figur 1-1. Denne rapporten omhandler tiltaksområde 3 Folstadlien nord.

Tabell 1-1: Oversikt over plassering av de 7 lokasjonene. Lokasjonen omtalt i denne rapporten er uthevet med gult.

Tiltak	Hvor	Prioritet
Tiltak 1	Rausteinen (km 499,44 - 498,85)	Pri 1
Tiltak 2	Folstadlien sør (km 503,85 - km 504,6)	Pri 1
Tiltak 3	Folstadlien nord (km 504,97 - 505,2)	Pri 1
Tiltak 4	Tilset (km 502,3 - 502,63)	Pri 1
Tiltak 5	Klevberga (km 501,25 - 501,48)	Pri 2
Tiltak 6	Litløya - Granøylandet (km 493,59 - 494,86)	Pri 3
Tiltak 7	Grindbakken - Tallsneshåggan (km 488,9 - 489,36)	Pri 4



Figur 1-1: Oversiktskart over de 7 Tiltaksområdene. Rødt område markerer Folstadlien (nord) som er omtalt i denne rapporten.

1.2 Utførte undersøkelser

Det ble utført befaringsdag 17. september 2025 av ingeniørgeologene Erlend Alvestad, Jonas Kolvik og Olav Roset fra Norconsult. Befaringen ble utført til fots i sideterrenget over jernbanen og med drone.

På befaringsdagen var det 11-13°C, moderate regnbyger, overskyet og svak vind fra nordvest/vest. Det var lite nedbør de siste 3-4 ukene før.

1.3 Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter

1.3.1 Skredfarevurdering

Følgende regelverk og styrende dokumenter gjelder for skredfarevurdering og detaljprosjektering:

- Teknisk regelverk Bane NOR, Bane NOR, 2025 [3]

I tillegg er følgende veiledere benyttet som utgangspunkt:

- Utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng - utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak, NVE, 2025 [4]

I henhold til Bane NOR tekniske regelverk TRV:08267 [3] skal det for ny jernbane utenfor stasjonsområder vurderes i henhold til retningslinjer gitt i Byggteknisk forskrift (TEK 17) §7-3 [5] for sikkerhetsklasse S1. Det betyr at ny jernbane skal plasseres på trygg side av faresone for skred med største nominelle årlige sannsynlighet på 1/100. I områder hvor «100-årsskredet» kan nå jernbanen, skal fysiske sikringstiltak bygges.

Norconsult har fått i oppdrag å vurdere skredfare tilsvarende som for ny jernbane, det vil si at største nominelle sannsynlighet for skred skal være 1/100. For de områdene som er vurdert hvor årlig sannsynlighet for skred er større enn 1/100 skal det anbefales sikringstiltak. For de områdene hvor årlig sannsynlighet for skred er mindre enn 1/100 skal det ikke anbefales sikringstiltak.

Sannsynlighet for skred benyttes tilsvarende som i Statens vegvesens håndbok N200 [6], bare for jernbane, det vil si årlig sannsynlighet for at skred skal treffe jernbane. Med skred menes hendelser som har potensial til å stenge jernbane eller føre til ulykker. Sannsynlighet for skred vurderes for det enkelte skredløp. For skred som ikke følger markerte skredløp, som for eksempel steinsprang, gjøres det en skjønnsmessig vurdering av skredets utstrekning. Sannsynlighet for skred kan vanligvis ikke beregnes eksakt, men baseres på beregninger og faglig skjønn. Dette kalles nominell sannsynlighet.

1.3.2 Detaljprosjektering

Skredfaglig prosjektering, er i dag omtalt i et fåtall av lovverk, forskrifter, standarder og veiledere. Dette gjør at begrepet geoteknikk i stor grad blir benyttet selv om prosjekteringen i dette tilfelle stort sett er knyttet opp mot skredtekniske problemstillinger.

Det er en rekke forskrifter, veiledninger, standarder som kan anvendes som hjelpemiddel for dimensjonering og prosjektering av skredsikring. Følgende standarder er brukt i dette tilfelle for fastsetting av prinsipper og krav for konstruksjoners sikkerhet, brukbarhet og bestandighet:

- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurocode 0)
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2025, Del 1 Allmenne regler (Eurocode 7)

En av merknadene i Eurokode 0 og Eurokode 7 er at prosjektering (og så vidt også dimensjonering) av spesielle byggverk kan kreve andre tiltak enn de som standardene omfatter. Dette gjelder blant annet dimensjonering og prosjektering av sikringsgjerdar som har som formål å sikre planområdet mot skredfare. Slike tiltak er ikke beskrevet i standarden. Standarden gir også mulighet til å bruke andre veiledninger, standarder og/eller forskrifter hvis de finnes. I dette fagfeltet har mye blitt dokumentert i Alpelandene og veiledninger og standarder derfra benyttes også i Norge, blant annet EAD 340059-00-0106 [7].

Skredfaglig prosjektering av sikringstiltak blir i dag omtalt i sikringshåndboka til NVE [8]. For detaljprosjektering av sikringstiltak gjelder følgende regelverk i henhold til sikringshåndboka:

- Sikkerhet mot skred i bratt terreng:
 - Byggteknisk forskrift (TEK17) kapittel 7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger [5].
 - NVE (2020) Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng [4].
- Norsk regelverk, relevante Eurokoder og veiledninger:
 - Forskrift om byggesak (SAK10)
 - Direktoratet for byggkvalitet Utbygging i fareområder – temaveileder.
 - Byggteknisk forskrift (TEK17) §10-2 Konstruksjonssikkerhet:
 - NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0 - Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner).
 - NS-EN 1991-1:2002 + NA:2008 (Eurokode 1).
 - NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2025, Del 1 Allmenne regler (Eurokode 7 – Geoteknisk prosjektering).
 - NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014 (Eurokode 8 - Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger).
 - NS-EN 1998-5:2004+NA:2014 (Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 5: Fundamenter, støttekonstruksjoner og geotekniske forhold).
 - Norsk bergmekanikkgruppe (2011) Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering.
- Regelverk på jernbane: Bane NOR – Teknisk regelverk TRV:08110 og TRV:08267 (henviser til TEK17 TEK17 §7-3) [3].

I tillegg er følgende dokumenter benyttet i forbindelse med detaljprosjekteringen:

- Veiledning fra Statens vegvesen: Erfaringsrapport om oppsett av fanggjerdar [9].
- Den europeiske standarden Falling Rock Protection Kits fra EAD (European Assessment Document), EAD 340059-00-0106 [7].
- R761 Prosesskoden Standard beskrivelsestekster for veger, tunneler, bruer og kaier, Statens vegvesen, 2025 [10].

1.4 Grunnlagsmateriale

Denne vurderingen er basert på følgende tilgjengelige grunnlagsdata:

- Digital høydemodell med 1 m oppløsning (nasjonal høydemodell) [11].
- Tilgjengelige flybilder fra 1956 til og med 2022 [12].
- Berggrunnskart og kvartærgeologiske kart (løsmassekart) fra NGU [13].
- Faresoner for skred i bratt terreng og fjellskred, skredhendelser og aktsomhetskart for steinsprang, jord- og flomskred og snøskred fra NVE atlas [14] [15].
- Skogsdata og markfuktighetskart fra NIBIO [16].
- Deformasjonsmålinger hentet fra InSAR Norway [17].

Denne vurderingen bygger i tillegg videre på følgende rapporter:

- Skredfarekartlegging Område Nord, Trøndelag og Innlandet, skredrapport med nytte-kostvurdering (Skred AS) [2].
- Skredfarekartlegging Rørosbanen, detaljert nivå. Stensli (km 442) – Støren (km 510) (Sweco) [1].

1.5 Forutsetninger for skredfarevurderingen

Denne skredfarevurderingen tar utgangspunkt i terreng-, klima- og vegetasjonsforholdene slik de er på utredningstidspunktet.

Skredfarevurderingen benytter metodikk, kunnskap og verktøy som da er tilgjengelig. Ifølge veileder [4] kan det være behov for ny skredfarevurdering om forutsetningene endres. Eksempler på endrede forutsetninger som kan utløse behov for ny vurdering er blant annet nye skredhendelser, nye opplysninger om tidligere skredhendelser som ikke tidligere har vært kjent, endret terrengforhold (eks. sikringstiltak, terrenginngrep), endrede vegetasjonsforhold (eks. flatehogst), endrede hydrologiske forhold (eks. grøfter, skogveier). Andre forhold kan være at det oppdages tydelige feil og mangler i tidligere skredfarevurdering eller at ny metodikk blir tilgjengelig.

Kartleggingen omfatter ikke vurdering av:

- Fyllinger, skjæringer (løsmasse og berg), murer eller andre antropogene elementer som kan medføre fare.
- Områdestabilitet mtp. kvikkleire eller sikringstiltak mot dette.
- Mekanisk motstandsevne og stabilitet for byggverk i tiltaksområdet (TEK17 §10 [5]).
- Vurdering av flomfare, kapasitet på stikkrenner eller annen håndtering av overvann.

Flomrelaterte prosesser langs de mange bekkeløpene kan ikke utelukkes, og er ikke vurdert i foreliggende rapport.

2 OMRÅDEBESKRIVELSE

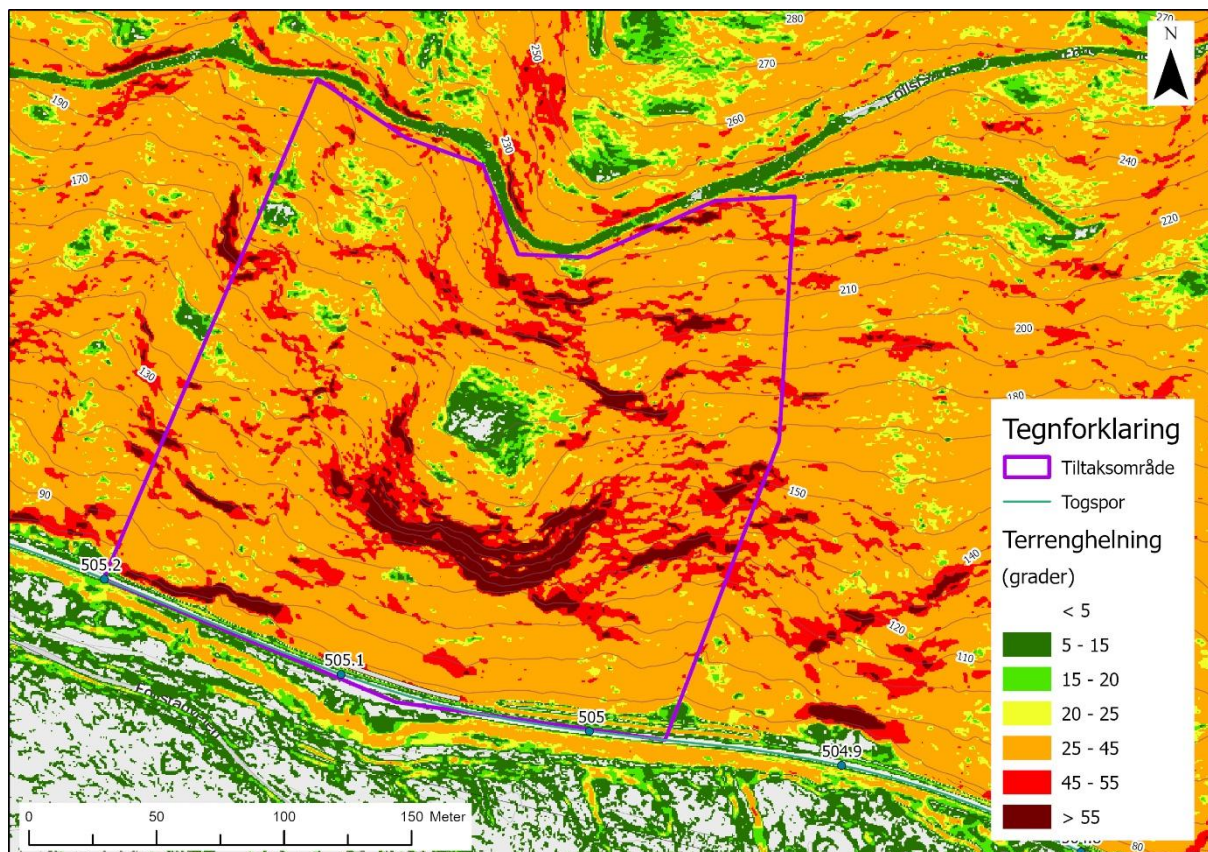
2.1 Geografi

Den skredutsatte jernbanestrekningen Folstadlien nord (ca. km 504,97 - 505,20) er lokalisert i midtre deler av Gauldalen like sørøst for Støren. Strekningen går på nordsiden av dalføret, nord for elven Gaula og på motsatt side av dalføret i forhold til fylkesvei 30.

2.2 Topografi og helning

Den aktuelle togstrekningen har en lengde på ca. 230 m og følger foten av dalsiden Folstadlien (Figur 2-1 - Figur 2-4). Jernbanen ligger på om lag 76 moh., mens dalsiden stiger opp til ca. 240 moh., noe som gir en total høydeforskjell på ca. 164 m. Dalsiden vender mot sør/sørvest.

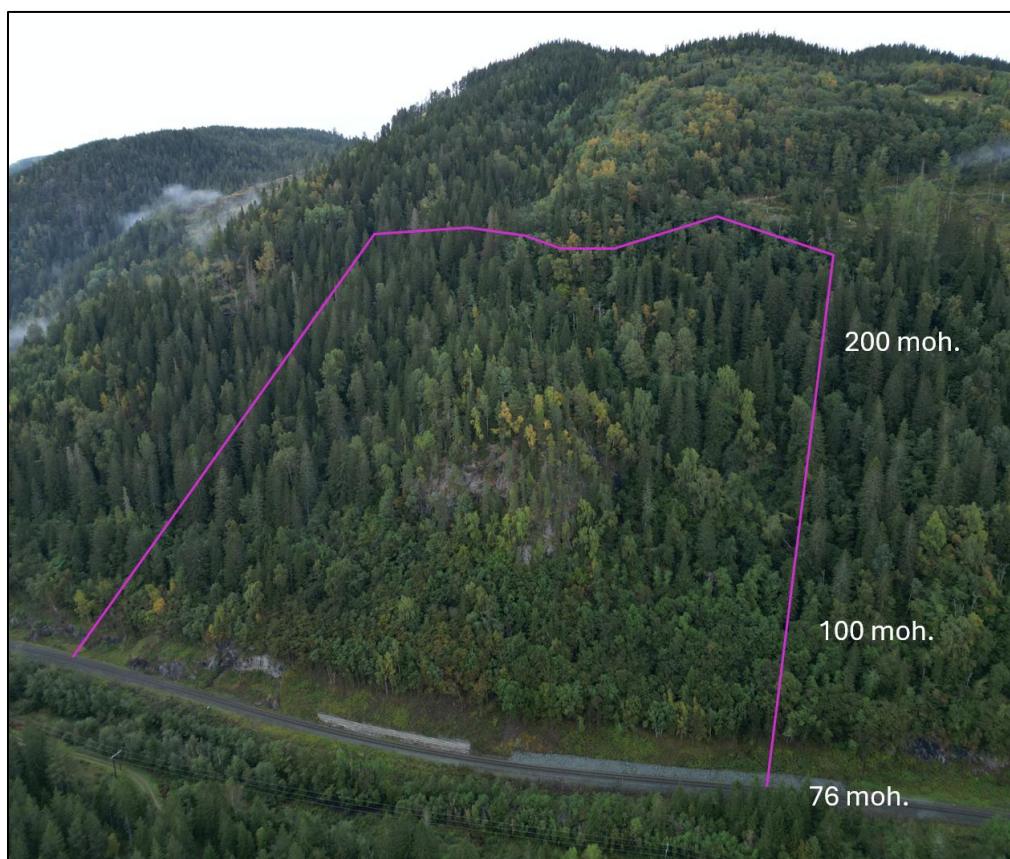
Store deler av dalsiden har en terrenghelning på ca. 25-45 grader, med en del lave bergskrenter med høydeforskjell på inntil ca. 5-10 m. Tiltaksområdet preges imidlertid av en høy og steil berghammer midt i dalsiden. Berghammeren har en høyde på inntil ca. 40-50 m, med noen hyller mellom. På toppen av berghammeren er det et større flatt parti, med en gradvis overgang til den steile berghammeren. Berghammeren utgjør en markant og utstikkende formasjon i den ellers jevnt hellende dalsiden.



Figur 2-1: Terrenghelningskart ved Folstadlien nord.



Figur 2-2: Tredimensjonalt ortofoto som viser Folstadlien nord. Lilla heltrukken linje viser område som er vurdert for skredfare (tiltaksområde). Sett mot nordvest.



Figur 2-3: Oversiktsbilde med drone over Folstadlien nord. Lilla heltrukken linje viser område som er vurdert for skredfare (tiltaksområde). Sett mot nord/nordvest.

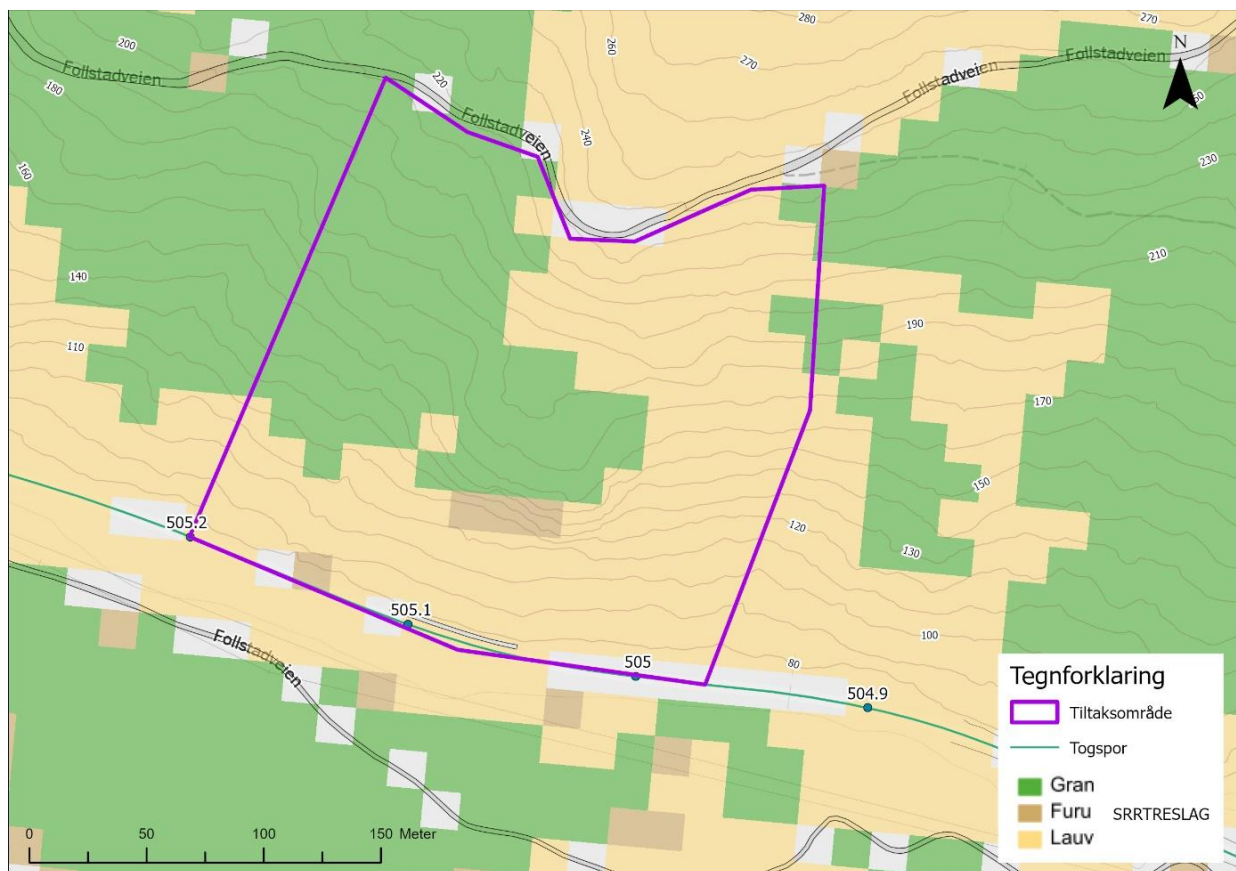


Figur 2-4: Oversiktsbilde med drone av Folstadlien nord. Lilla heltrukken linje viser område som er vurdert for skredfare (tiltaksområde). Sett mot vest/nordvest.

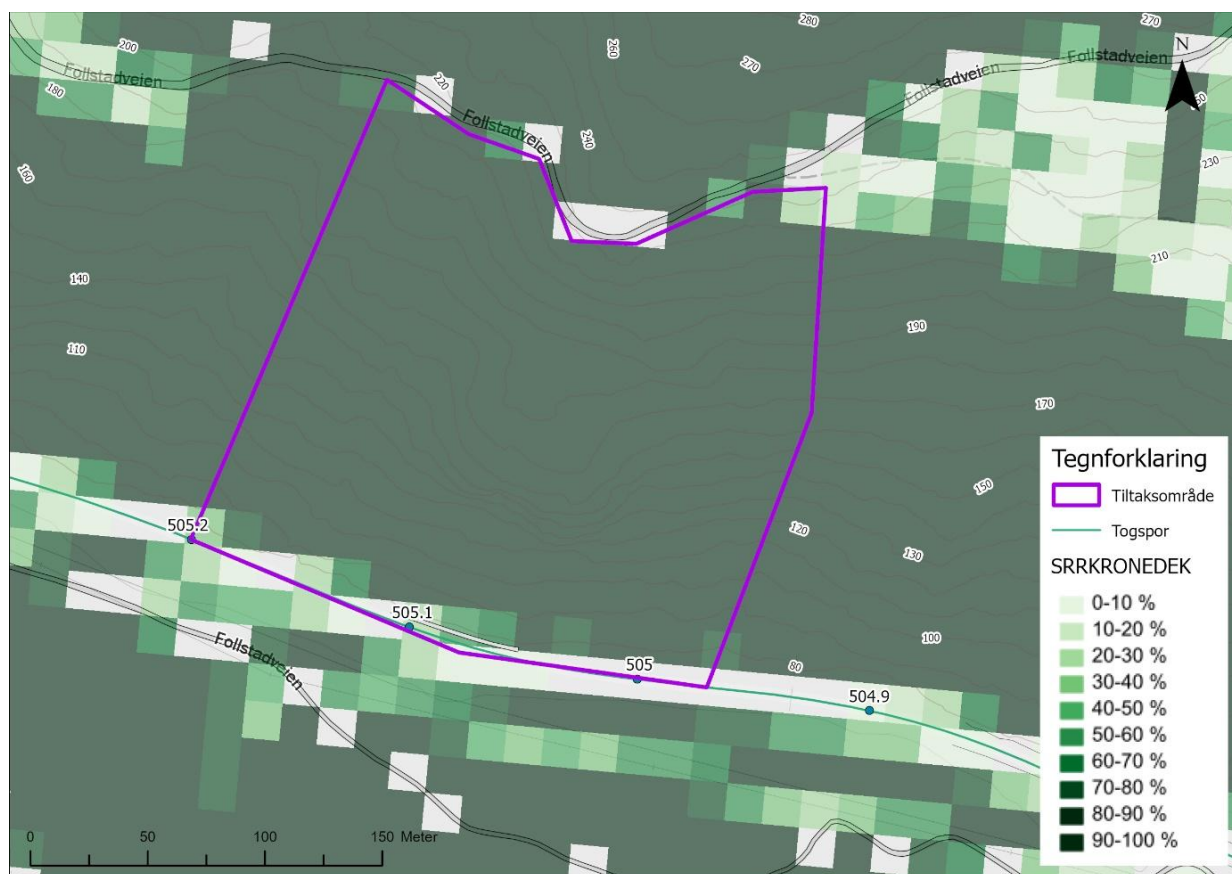
2.3 Skog

Kartdata fra NIBIO (SR16) [16] antyder at dalsiden i hovedsak består av lauv- og granskog (Figur 2-5). Datasettet er fremstilt gjennom automatisk prosessering av 3D-fjernmålingsdata (fotogrammetri og laserskanning), terrengmodeller, satellittbilder, eksisterende kartdata (AR5), samt data fra landskogflater. NIBIO har også data på kronedekningen i området (Figur 2-6). Dataene antyder tett skog med kronedekning på 90 – 100% over hele kartleggingsområdet.

Kartene stemmer i grove trekk med observasjoner gjort på feltbefaring. Kronedekningen er imidlertid lavere i de bratte/steile skrentene ved den høye berghammeren (Figur 2-7). Samtidig ble det observert at det er noe mer innslag av granskog på øvre østside av tiltaksområdet enn hva kartdataene viser. Det er ryddet skog i et belte like over jernbanen, så dette området er uten skog.



Figur 2-5: Skogressurskart som viser treslag i tiltaksområdet [16].



Figur 2-6: Skogsressurskart som viser kronedekningen over tiltaksområdet [16].

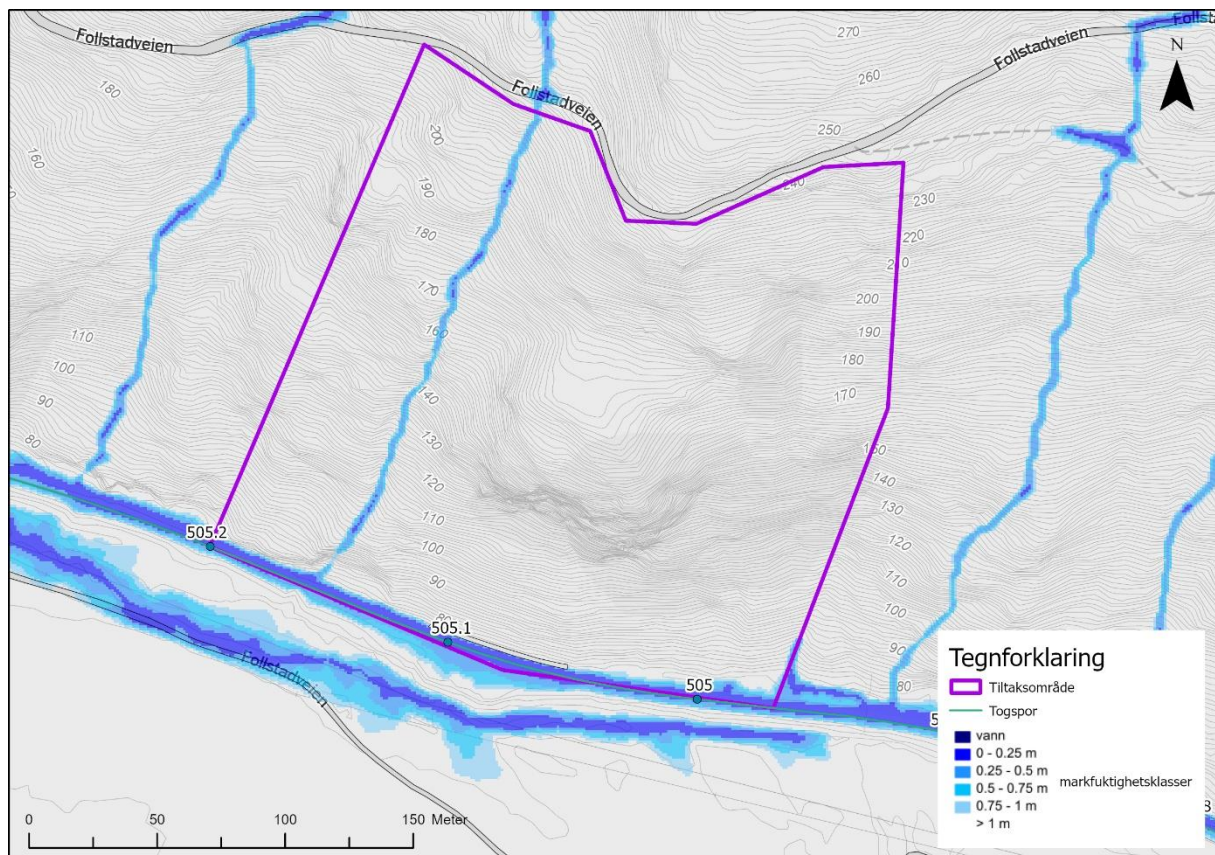


Figur 2-7: Dronebilde av Folstadlien nord som viser reell kronedekning og skogtypefordeling.

2.4 Vannveier

NIBIOs markfuktighetskart [16] viser hvor det er størst sannsynlighet for økt fuktinnhold ut ifra terrengoverflatens helning. Kartet antyder at tiltaksområdet har én definert vannvei på østsiden av tiltaksområdet med mulighet for økt fuktinnhold ved nedbør (Figur 2-8).

Kartet stemmer godt med observasjoner gjort på feltbefaring. Vannveien markfuktighetskartet antyder er et definert bekkeløp hvor mesteparten av vannet i dalsiden renner (infopunkt 3.3, 3.7, 3.9 og 3.32). Markfuktighetskartet indikerer større vannansamlinger i grøften langs jernbanen. Kartet tar imidlertid ikke hensyn til stikkrenner under jernbanen. I realiteten vil mye av vannet føres under jernbanen og ikke hope seg opp langs jernbanen slik markfuktighetskartet antyder.



Figur 2-8: Markfuktighetskart fra NIBIO

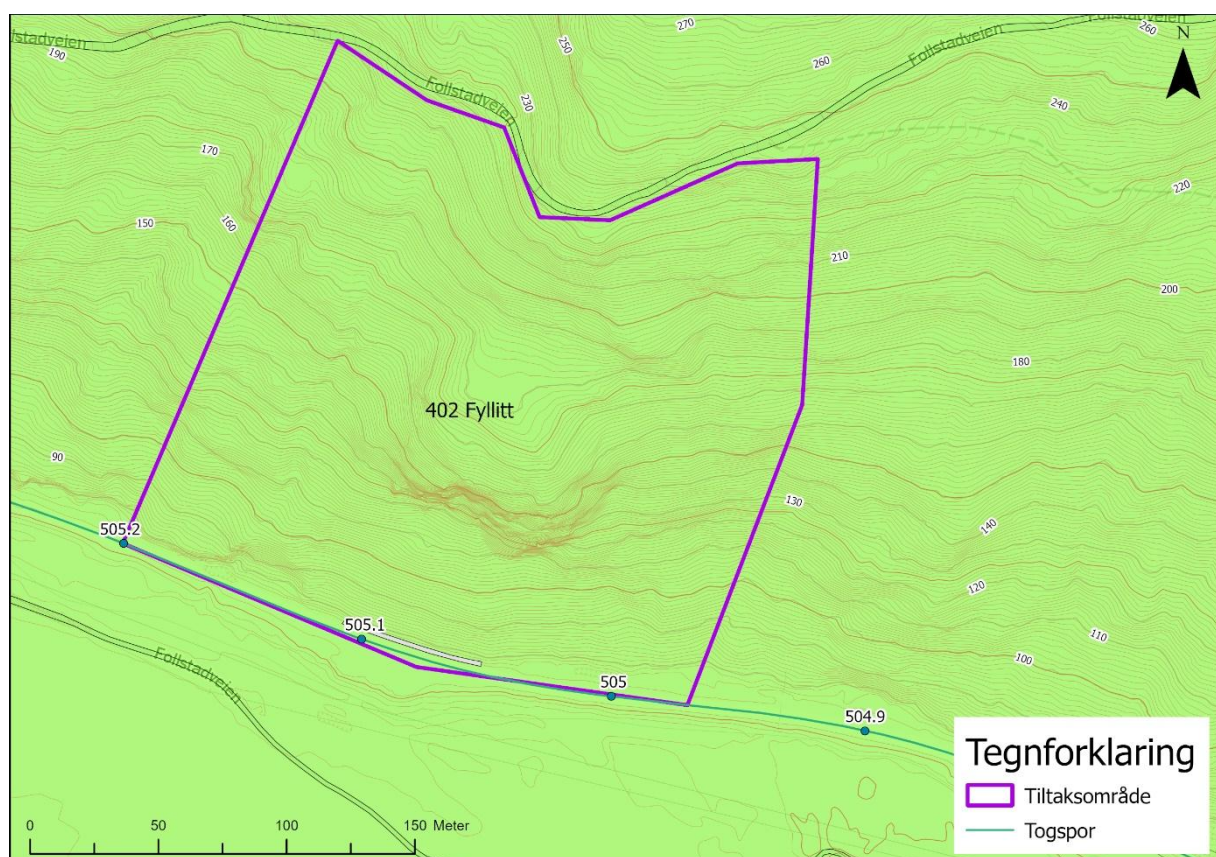
2.5 Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGU sin berggrunnsdatabase og berggrunnskart i målestokk 1:250 000 består berggrunnen i området av fyllitt (Figur 2-9). Dette samsvarer i stor grad med feltobservasjoner, hvor fyllitt og glimmerskifer er identifisert som dominerende bergarter. I tillegg er det registrert innslag av grønnstein, grønnskifer og amfibolitt.

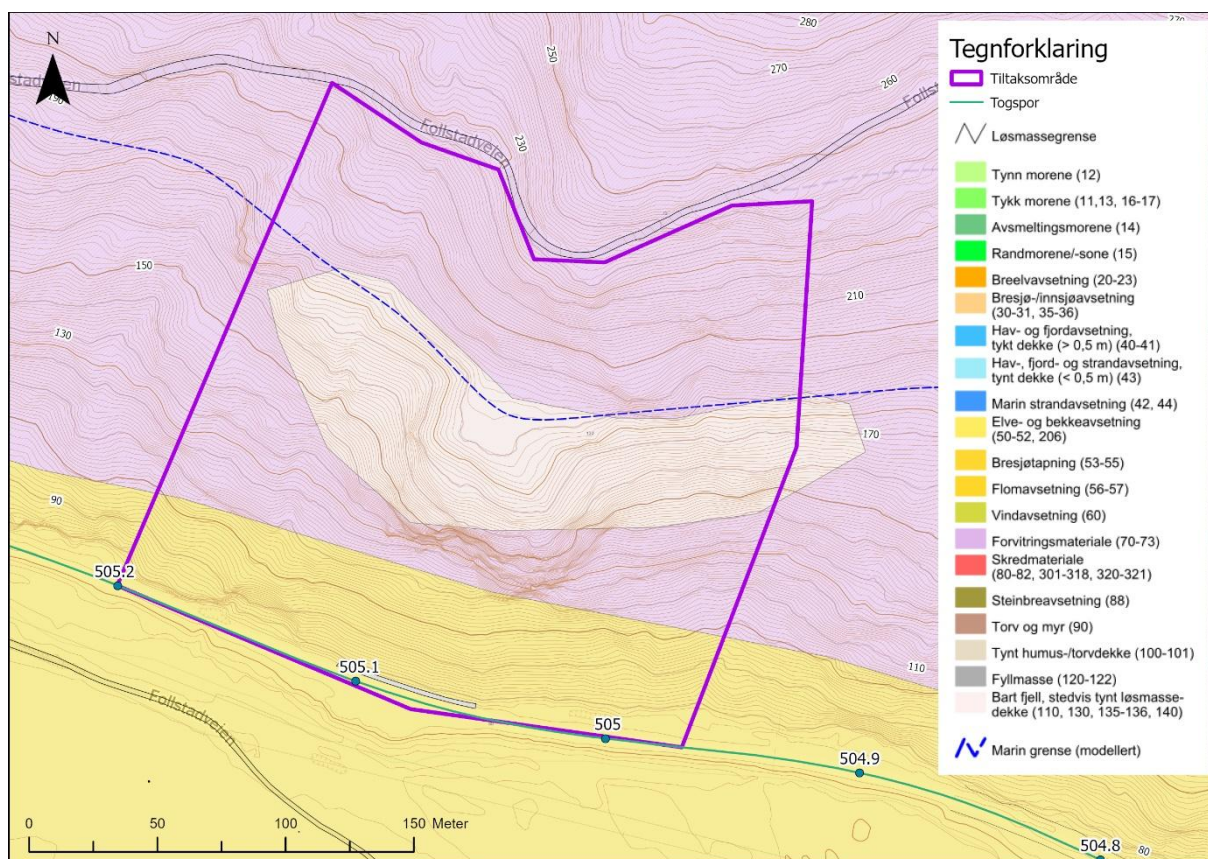
NGUs løsmassekart i målestokk 1:50 000 (Figur 2-10) viser en variasjon av tre typer avsetninger:

1. Tynt dekke av forvittringsmateriale (lilla)
2. Tynt humus-/torvdekke (lys brun/grå)
3. Elve- og bekkeavsetning (lys gul)

Løsmassekartet er i grov skala, og gir derfor kun et overordnet bilde av løsmassene i området. Feltobservasjoner viser at den nedre delen av området, som på kartet er klassifisert som elve- og bekkeavsetninger, i realiteten består av et tynnere dekke med forvittringsmateriale. I tillegg er det her også observert en del spredte og usammenhengende steinsprangavsetninger. Store deler av den steile berghammeren og de bratte skrentene består stort sett av bart berg uten løsmasser. Generelt i dalsiden er løsmassedekket tynt, stort sett under 0,5–1 meter, noe som medfører mange bergblotninger i terrenget. Det antas å være noe mer løsmasser i nedre deler og i foten av dalsiden, ned mot jernbanen.



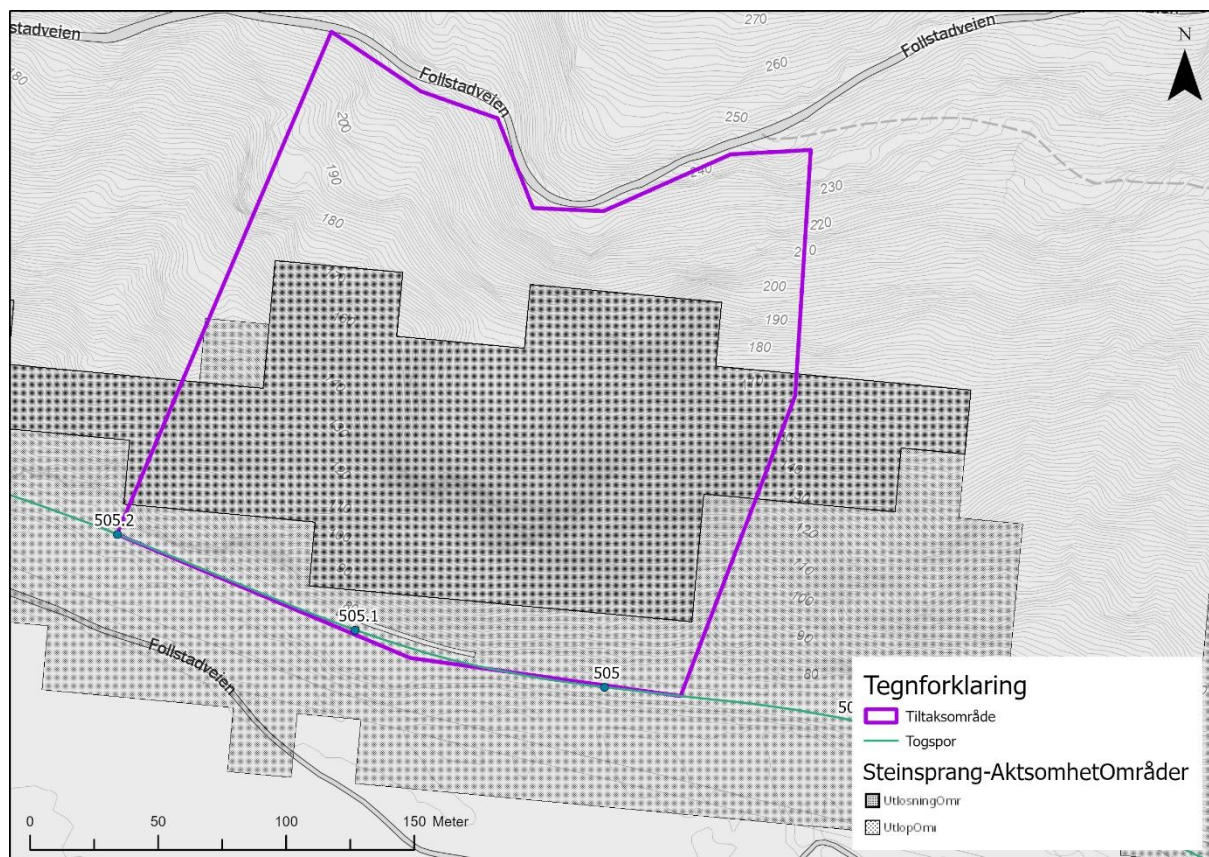
Figur 2-9: NGUs berggrunnskart i målestokk 1:250 000 [13].



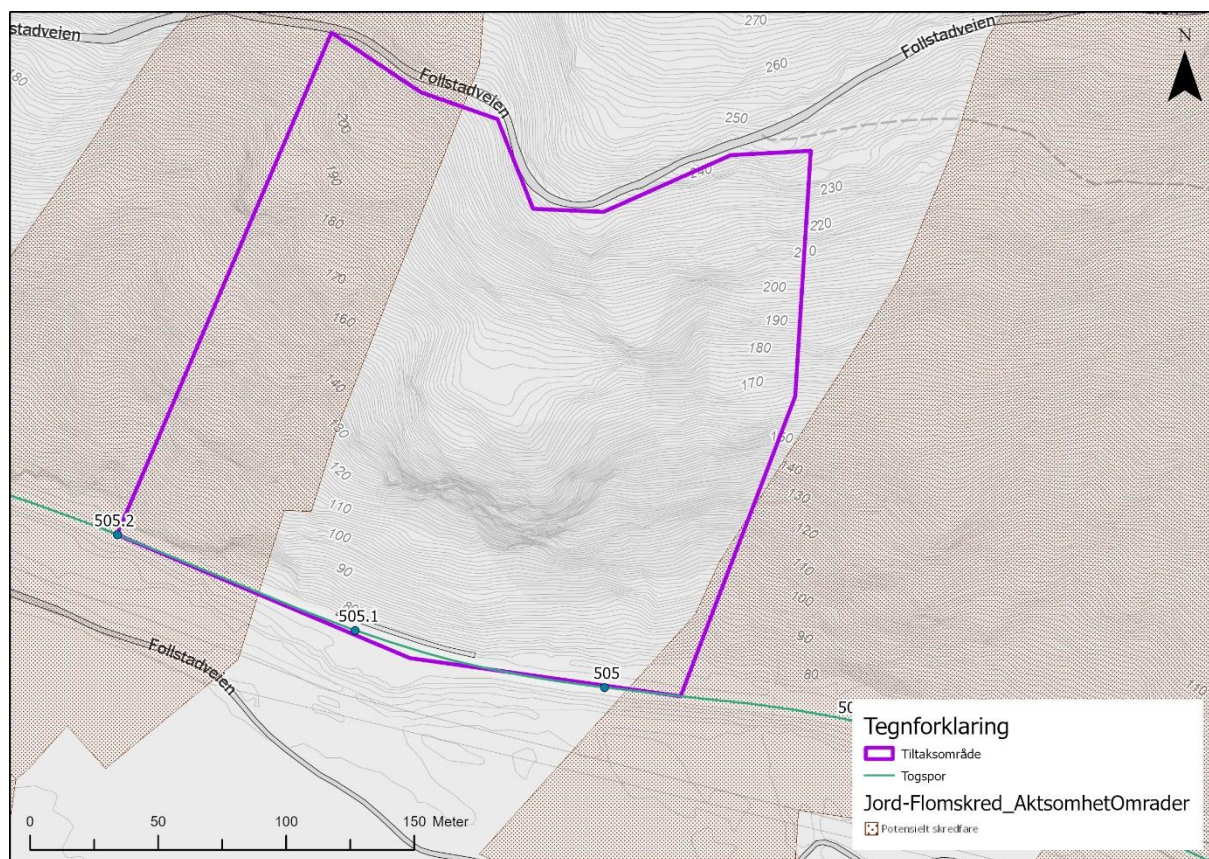
Figur 2-10: NGUs løsmassekart i målestokk 1:50 000 [13].

2.6 Aktsomhetskart

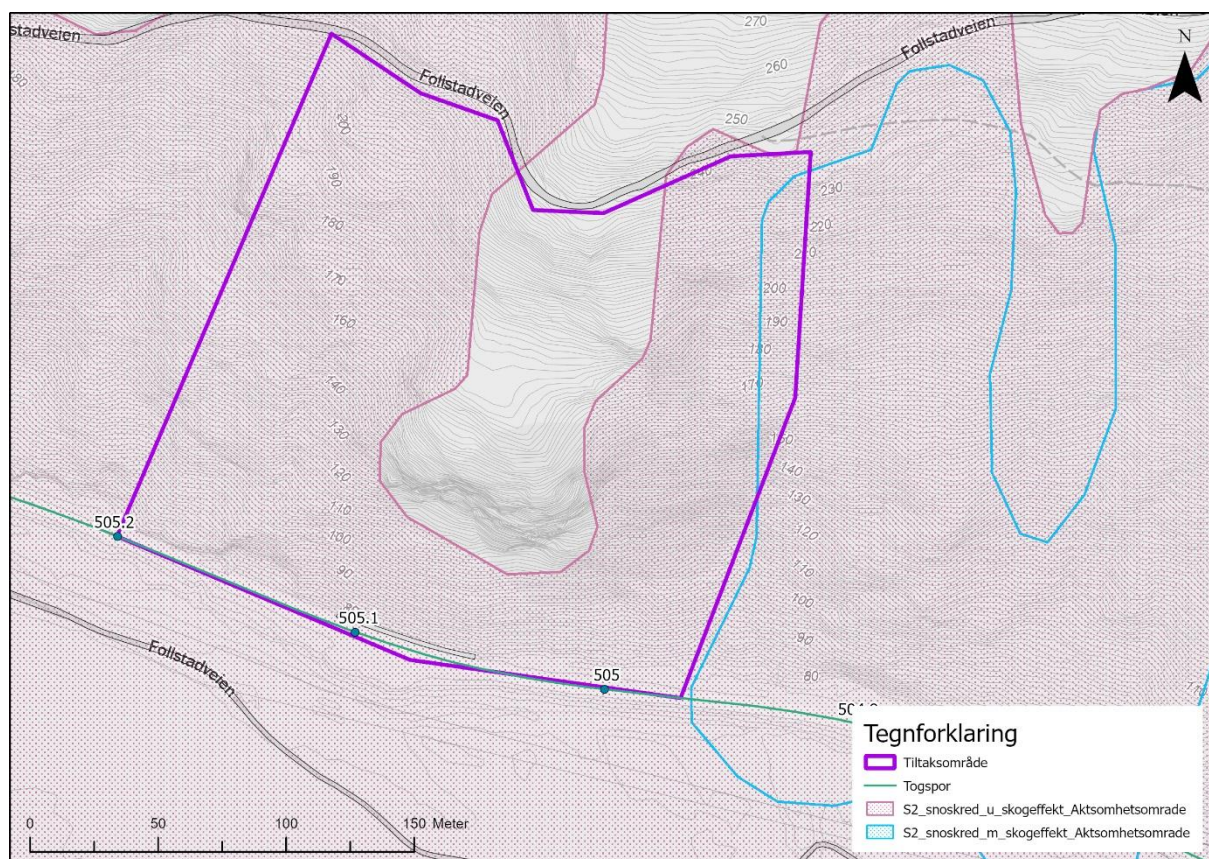
Figur 2-11, Figur 2-12 og Figur 2-13 viser aktsomhetskart for henholdsvis steinsprang, jord- og flomskred og snøskred. Store deler av tiltaksområdet befinner seg innenfor aktsomhetsområde for steinsprang, foruten øvre deler. Østlig del befinner seg innenfor aktsomhetsområde for jord- og flomskred. Store deler av tiltaksområdet (foruten rundt den høye berghammeren og over) befinner seg innenfor aktsomhetsområde for snøskred S2 uten skog og utenfor aktsomhetsområde for snøskred S2 med skog.



Figur 2-11: NVEs aktsomhetskart for steinsprang [18].



Figur 2-12: NVEs aktsomhetskart for jord- og flomskred. [18]



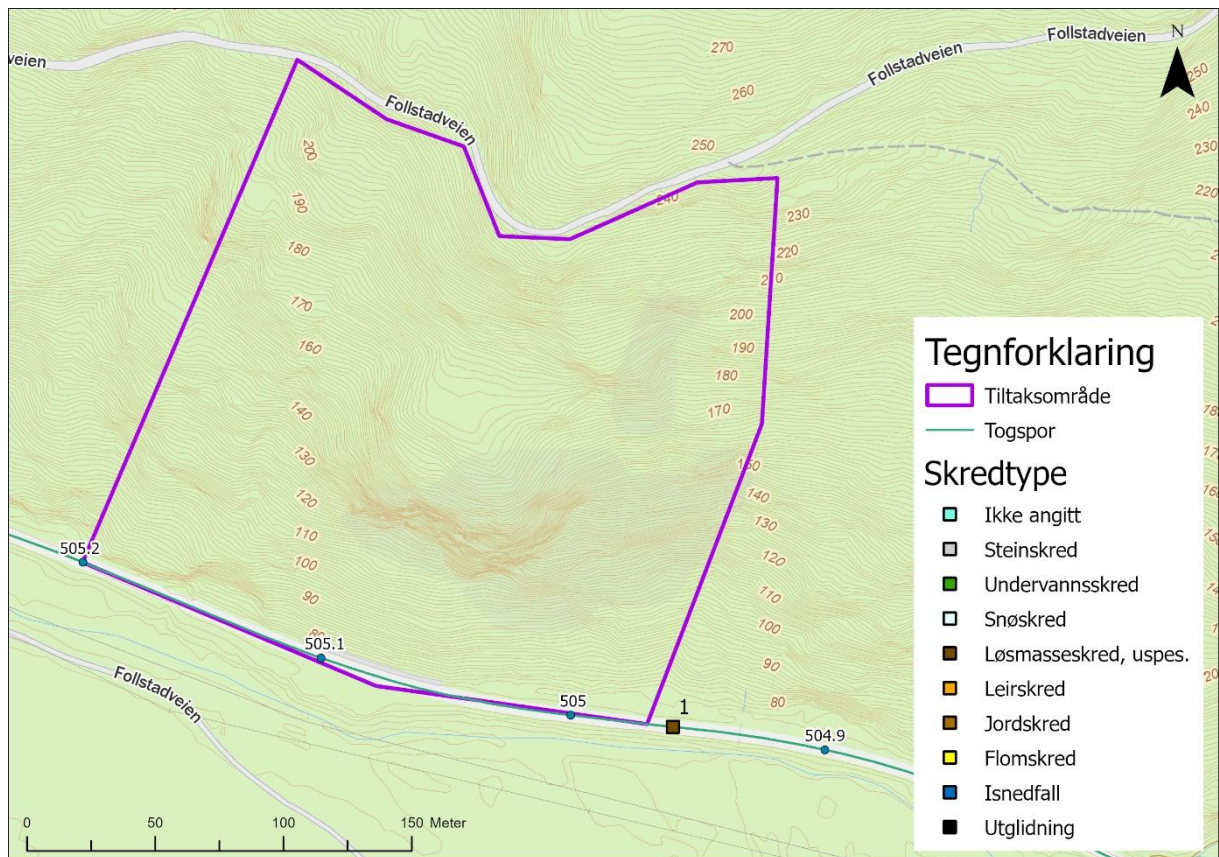
Figur 2-13: NVEs aktomhetskart for snøskred [18].

2.7 Skredhistorikk

I den nasjonale skreddatabasen [14] [15] er det ikke registrert noen skredhendelser langs togstrekningen mellom km 504,97 og 505,20. Det er imidlertid registrert én skredhendelse på togsporet like øst for tiltaksområdet. Hendelsen er oppsummert i Tabell 2-1 og lokaliseringen er vist i Figur 2-14.

Tabell 2-1: Oppsummering av registrerte skredhendelser i området.

Nr.:	Dato:	Km.:	Type skred:	Beskrivelse:	Kommentar Norconsult:
1	16.01.1992	504.96	Usikkert (steinsprang eller jordskred?)	Stein/jord	Lite konkret informasjon.



Figur 2-14: Registrerte skredhendelser i nærheten av tiltaksområdet.

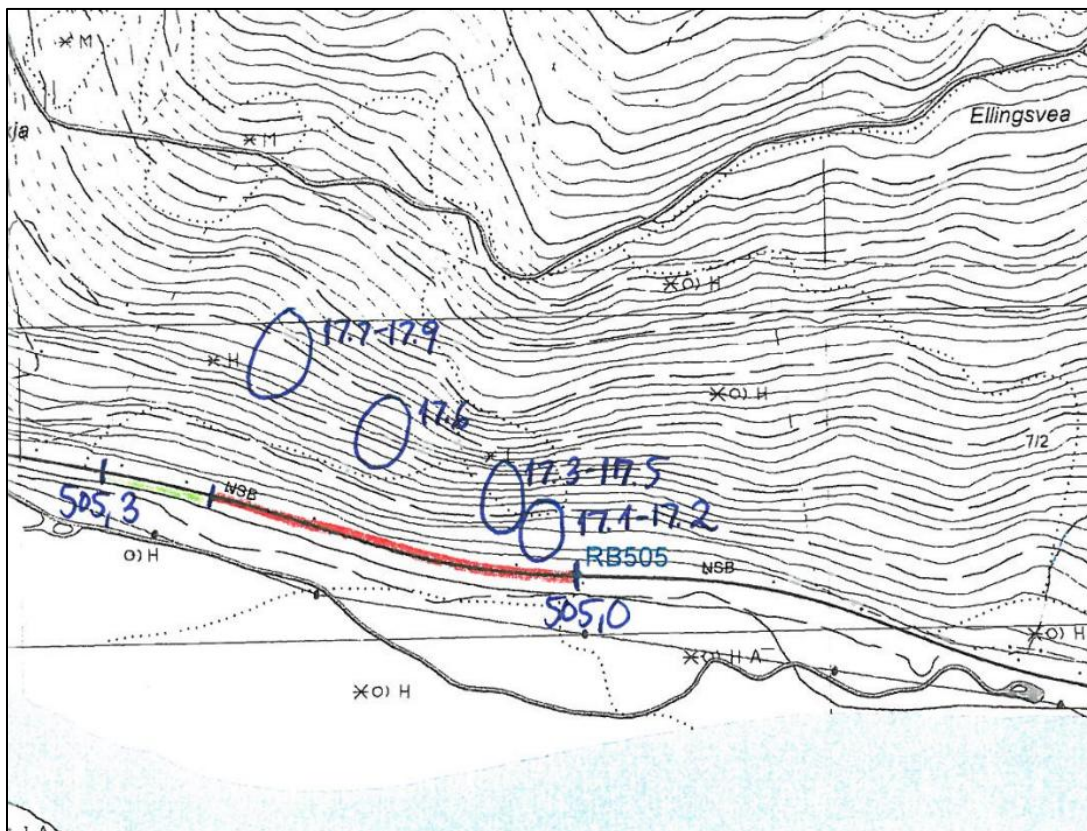
2.8 Eksisterende skredfarevurderinger

Norconsult er kjent med følgende skredfarevurderinger som er gjort for Folstadlien nord:

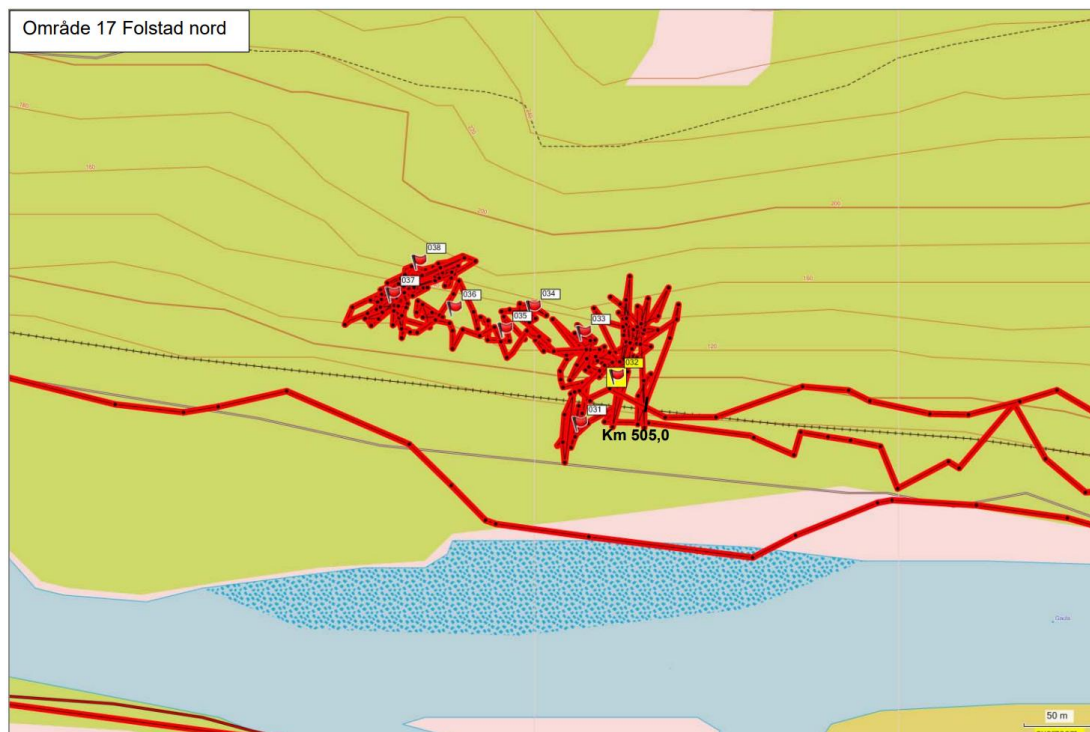
- Skredfarekartlegging Område Nord, Trøndelag og Innlandet, skredrapport med nytte-kostvurdering (Skred AS) [2].
- Skredfarekartlegging Rørosbanen, detaljert nivå. Stensli (km 442) – Støren (km 510) [1].

Skredfarekartleggingen som er utført av Skred AS i 2023 [2] er utført på et overordnet nivå for flere jernbanestrekninger (totalt 383,8 km), uten detaljvurderinger i felt for hvert område. Skredfarevurderingen er i all hovedsak basert på registrerte skredhendelser, kartgrunnlag og befarings på et overordnet nivå og er ment for å danne grunnlag for å prioritere skredsikringstiltak langs jernbanen. Vurderingene som er utført støtter seg noe på vurderingene som ble utført av Sweco i 2013 [1].

Skredfarekartleggingen som er utført av Sweco i 2013 [1] er utført på et detaljert nivå med hovedfokus på punktsikring av enkeltobjekter og løseområder for steinsprang. Det er ikke tatt stilling til mer helhetlig sikring av hele den utsatte strekningen, og ikke vurdert sikring i skredløpet for eksempel med fanggjerd. Befaringen ble utført på én dag hvor fokuset ble satt på den nedre delen av den høye berghammeren. Flere potensielle bergskrenter er dermed ikke dekket i området. Figur 2-15 er et utklipp fra oversiktskartet til denne rapporten og viser risikoområder for Folstadlien nord. Figur 2-16 viser den tilhørende sporloggen til kartleggingen av området.



Figur 2-15: Utklipp fra oversiktskart som viser vurderte risikoområder for Folstadlien nord som Sweco har kartlagt i 2013 [1].



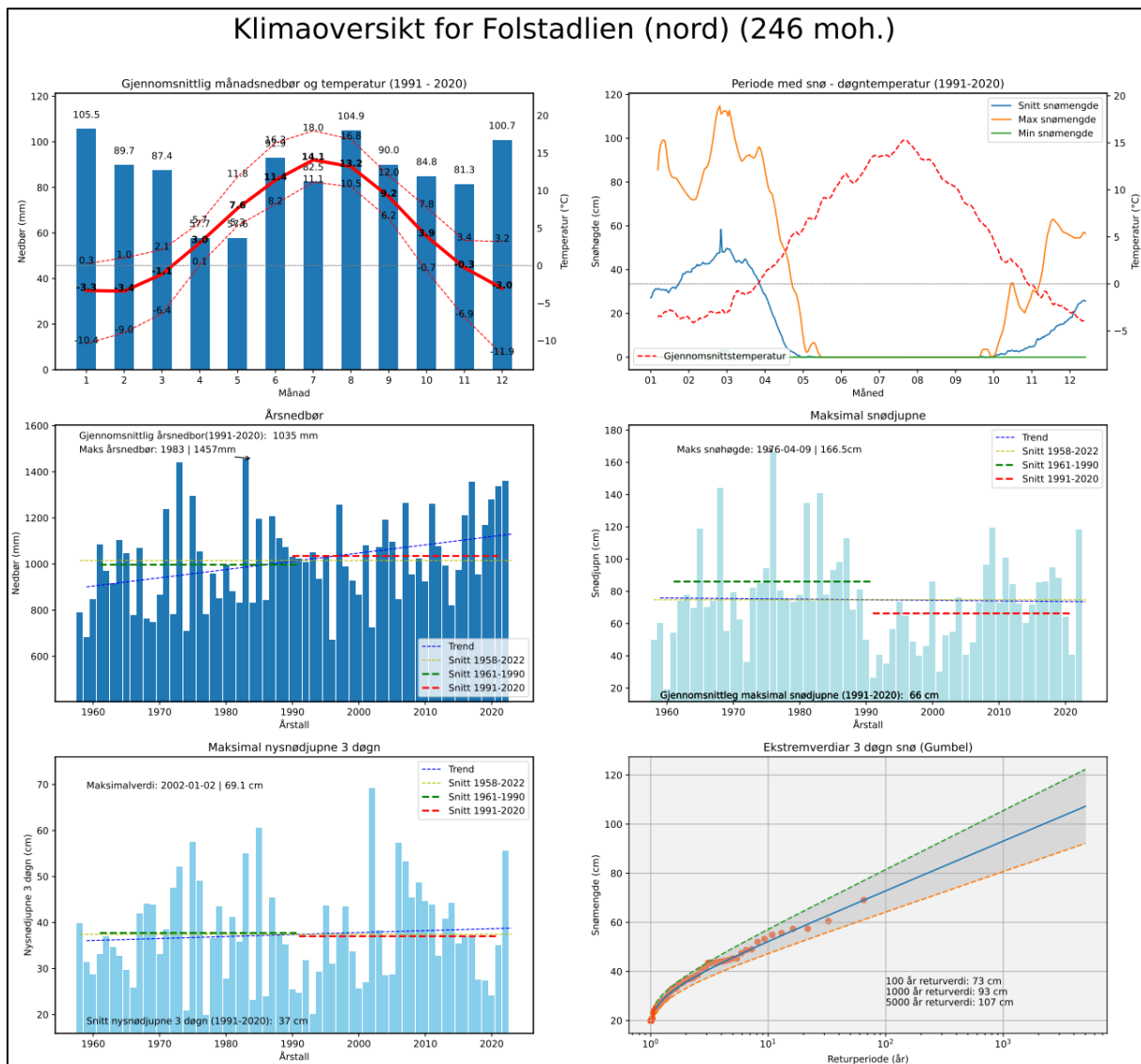
Figur 2-16: Sporlogg fra befaringen til Sweco i 2013 [1].

2.9 Eksisterende sikringstiltak

Flere omganger av sikringstiltak er utført tidligere i dalsiden over jernbanen. Dette har inkludert punktsikring av både enkeltblokker og avløst berg i løseområder for steinsprang, støttemur for sikring av løsmasser og voll for sikring mot skred. I tillegg er det montert målebolter for måling av deformasjon av blokker. Observert sikring er nærmere omtalt i kapittel 3.3.

2.10 Klima

Som grunnlag for skredfarevurderingen er en klimaoversikt hentet fra AV-klima (Figur 2-17) [19]. Dataene er hentet fra et interpolert gridpunkt lokalisert i overkant av tiltaksområdet med modellhøyde på 246 moh. Klimadataene representerer beregnede verdier for 1 km² ruter og er ikke direkte målt ved fysiske værstasjoner. Det er derfor forventet usikkerhet ved estimering av lokal returperiode for ekstreme nedbørshendelser. Kvaliteten og påliteligheten til klimadataene er sterkt avhengig av lengden på måleperioden til værstasjonene som inngår i interpolasjonsgrunnlaget, antallet værstasjoner og plasseringen til værstasjonene i området rundt.



Figur 2-17: Klimadata fra Folstadlien nord. Modellhøyde 246 moh. [19].

2.10.1 Nedbør

Klimadataene for Folstadlien (nord) viser en gjennomsnittlig årsnedbør mellom 1991 og 2020 på om lag 1035 mm. Nedbørsmengden er størst rundt årsskifte og sensommeren hvor det er nedbør i overkant av 100 mm i måneden. Maksimal nedbør var i 1983, med ca. 1457 mm på ett år. Ut ifra klimadataen varierer den gjennomsnittlig månedstemperatur ved Folstadlien nord fra ca. -3,3°C i januar til ca. 14,1°C i juli. Basert på gjennomsnittlige månedstemperaturer er det sannsynlig at mesteparten av nedbøren fra april til oktober kommer ned som regn og ikke som snø ved høyden 246 moh.

2.10.2 Snø

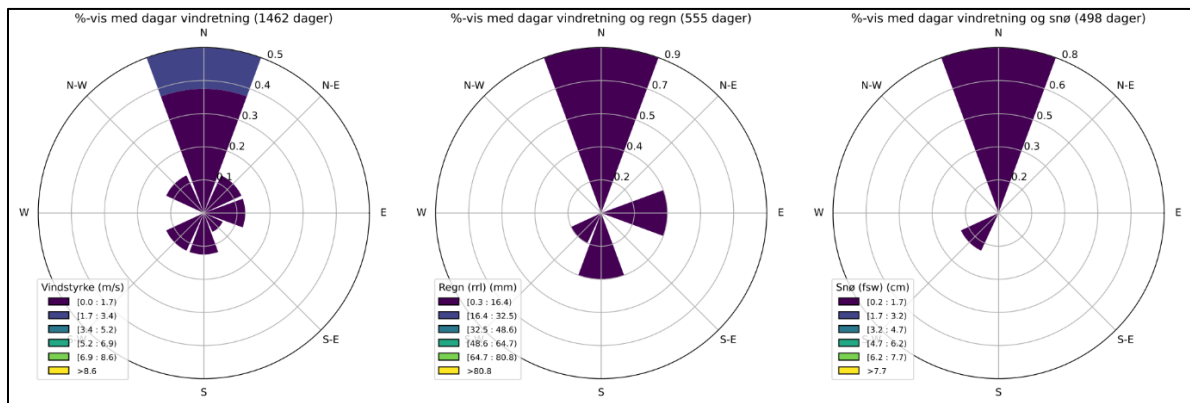
Ut ifra klimaanalysen kommer det frem at maksimal observert nysnødybde i løpet av 3 døgn er 69,1 cm, og ble målt 02.01.2002. Ekstremverdier for nysnødybde 3 døgn er; 73 cm for returperiode på 100 år, 93 cm for returperiode på 1000 år, og 107 cm for returperiode på 5000 år. Gjennomsnittlig snømengde er størst i månedene februar til april, hvor det ligger rundt 50 cm i terrenget.

Det er viktig å påpeke at modellhøyden i klimaanalyse er satt til 246 moh., som er helt øverst i tiltaksområdet. Det er å forvente at snømengden lavere i terrenget er noe mindre enn hva som fremstår av dataene fra AV-klima.

2.10.3 Vind

Vinddata er innhentet fra AV-klima og visualisert gjennom tre separate vindrosediagrammer (Figur 2-18). Diagrammet til venstre viser de hyppigste vindretningene i området, mens de to øvrige antyder de hyppigste vindretningene som gir henholdsvis regn og snø. Vindretningene er angitt som prosentvis sannsynlighet. Analysen antyder at nordlige vindretninger er dominerende under alle forhold ved Folstadlien nord, og at mesteparten av nedbøren kommer fra nordlig vindretning. Dette er sannsynligvis en konsekvens av at vindmålingene fra nærliggende værstasjoner er lokalisert i dalfører som er vendt omtrent nord-sør, og som er påvirket av omkringliggende topografi. I dette dalføret veksler dalføret fra å gå i retning omtrent nord-sør og øst-vest.

I denne delen av landet kommer det erfaringsmessig mest nedbør fra sørvest, vest og nordvest. Vestlig og nordvestlig vindretning gir ofte en kaldere værtype og oftere nedbør som snø på vinterstid, mens sørvestlig vindretning gir en mildere værtype og normalt nedbør som regn.



Figur 2-18: Vindroser med prosentvis fordeling fra Folstadlien nord, som antyder dominerende vindretninger (til venstre), og hvilke vindretninger som gir mest nedbør som regn (i midten) og snø (til høyre) [19].

2.10.4 Endring i klima

Klimaendringer vil kunne forandre forutsetningene for skred fremover i tid og det er dermed undersøkt forventet klimaendring i området. Figur 2-19 viser norsk klimaservicesenters sammendrag av forventede endringer fra perioden 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer [20].

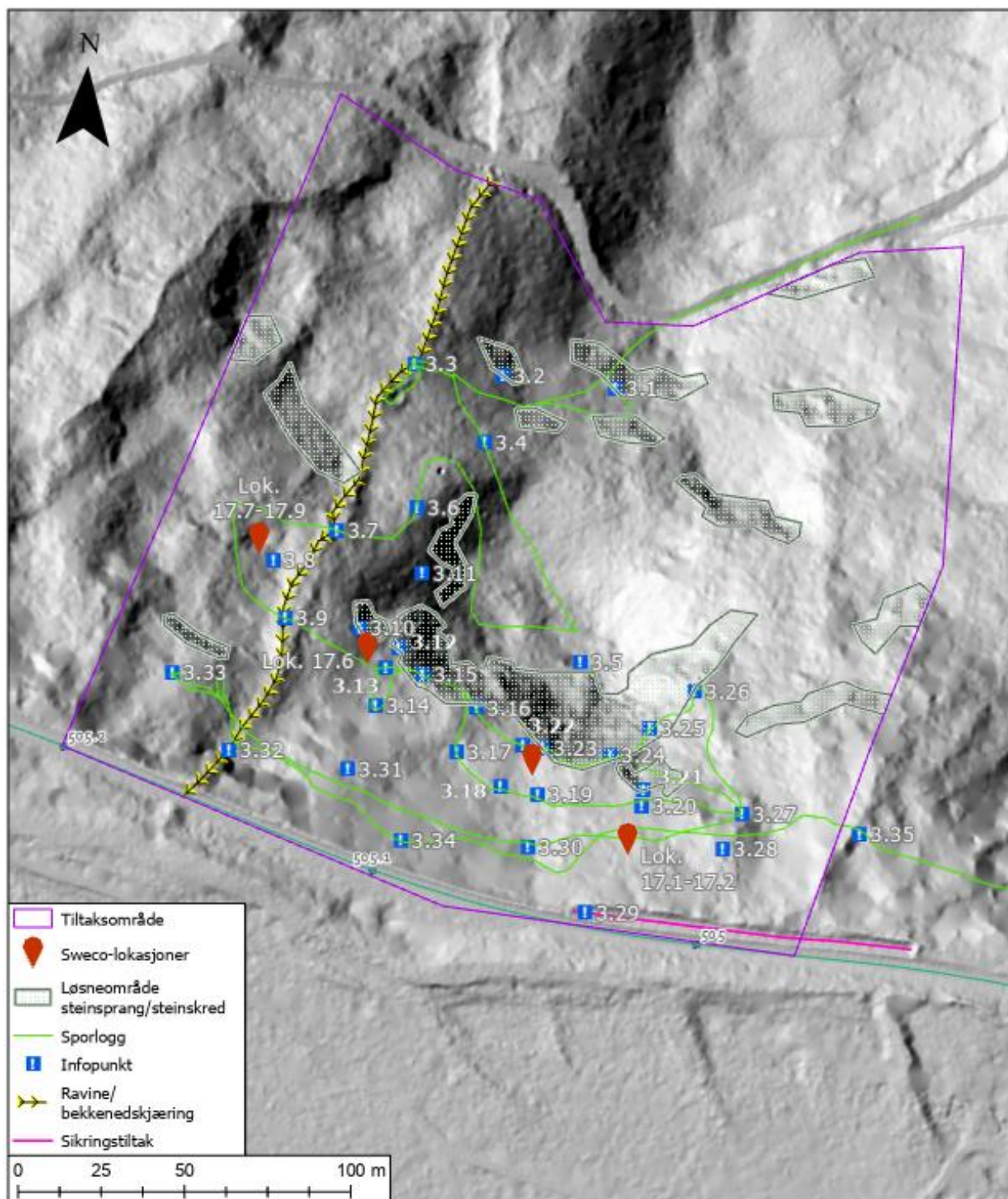
I Sør-Trøndelag, hvor Folstadlien befinner seg, forventes klimaendringene å gi hyppigere episoder med kraftig nedbør og økt overvann. Innen 2100 er nedbøren forventet å øke med ca. 20 % hvor økningen vil være størst på sommeren og høsten (henholdsvis 20 og 25 %), og minst på vinteren og våren (5 %). Det forventes at forekomsten av steinsprang og steinskred vil øke ettersom de kraftige nedbørshendelsene kan øke de drivende kreftene som trengs for å utløse steinsprang og remobilisere stein og blokker i terrenget. Forekomsten av jord- og flomskred er også ventet å øke noe. Kombinasjonen av regn på snødekt underlag og kortere isleggingssesong kan også bidra til økt risiko for våtsnøskred ved Folstadlien nord. Figur 2-19 gir et sammendrag av forventede endringer fra perioden 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer.

SANNSYNLIG ØKNING		MULIG SANNSYNLIG ØKNING	
 Ekstrem nedbør	Det forventes at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann	 Tørke	Til tross for mer sommernedbør, kan høyere temperaturer og økt fordampning gi økt fare for tørke om sommeren
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer, og i mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringen	 Isgang	Kortere isleggingssesong, hyppigere vinterisganger samt isganger høyere opp i vassdragene enn i dag
 Jord-, flom- og sørpeskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder	 Snøskred	Med et varmere og våtere klima vil det oftere regne på snødekt underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred og øke faren for våtsnøskred i skredutsatte områder
 Stormflo	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke	 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av økt flom i elver og bekker, kan utløse flere kvikkleireskred. Sør-Trøndelag er særlig utsatt for kvikkleireskred.
SANNSYNLIG UENDRET ELLER MINDRE		USIKKERT	
 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret	 Sterk vind	Trolig liten endring
		 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsaklig for mindre steinspranghendelser
		 Fjellskred	Det er ikke forventet at klimaendringene vil gi vesentlig økt fare for fjellskred

Figur 2-19: Sammendrag av forventede endringer fra perioden 1971–2000 til 2071–2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnsikkerheten i Sør-Trøndelag [20].

3 OBSERVASJON

Figur 3-1 viser registreringskart over området som sammenstiller observasjoner som har betydning for skredfarevurderingen. Det er tegnet på løснеområder for steinsprang/steinskred. Det er ikke tegnet på løснеområder for andre typer skred, da kun steinsprang vurderes som aktuelt. Det er heller ikke tegnet inn enkeltblokker og mer usammenhengende avsetninger fra steinsprang. Det er tegnet på sikringstiltak i form av en voll i østlig del av tiltaksområdet, men støttemuren er ikke tegnet inn.



Figur 3-1: Registreringskart over Folstadlien nord.

3.1 Befaringsobservasjoner

Vedlegg 1 gir en beskrivelse av hvert infopunkt fra befaringen med bilder, hvor lokaliseringen er vist i Figur 3-1. I tillegg er punktene fra befaringen til Sweco i 2013 tatt med, og dronebilder fra strekningen. På enkelte av dronebildene av øvre deler av den høye berghammeren er det markert på mulig sprekkeavløste bergblokker med ulike volum.

Det observeres avsetninger som trolig stammer fra steinsprang i store deler av dalsiden, både av antatt nyere og eldre dato. Avsetningene er spredt og usammenhengende, og det observeres ingen steder hvor det er sammenhengende avsetninger i form av ur. De fleste steinblokkene som er observert er inntil ca. 1 m^3 (for eksempel infopunkt 3.4, 3.7 og 3.14), men enkeltblokker har volum inntil $5\text{--}10 \text{ m}^3$ (for eksempel infopunkt 3.10 og 3.26). Det observeres lite større blokker (mer enn $1\text{--}2 \text{ m}^3$) i nedre del av dalsiden ned mot jernbanen, og flere blokker ser ut til å ha blitt fragmentert i flere deler eller knust opp i småfragmenter. De fleste steinblokkene er kantete, avlange og flate (for eksempel infopunkt 3.4, 3.14, 3.18, 3.19 og 3.20). Enkelte av steinblokkene er imidlertid noe mer avrundet i kantene og noe mindre avlange (for eksempel infopunkt 3.1, 3.6, 3.7, 3.10, 3.17). Det observeres spor fra steinsprangaktivitet i form av synlige sår/spor i bergskrentene fra utfall, spor i vegetasjonen, treffmerker på trær og skredskadet skog.

Observerte utløpslengder for steinsprangene varierer ut fra terrenget og blokkformen. Mange steder er det ganske flatt like under bergskrentene/løsneområdene, som medfører at steinblokkene stopper raskt. Andre steder er det bratt, noe som medfører at de skyter mer fart. Kantete, flate og avlange steinblokker har kortere utløpslengder, mens mer avrundede og mindre avlange steinblokker har betydelig lengre utløp. Det er ikke observert spor som kan indikere høy energi slik som store krater/treffmerker i terrenget, spor etter steinsprut/flogstein og treffmerker høyt på trærne. Flere steder har blokker fra steinsprang stoppet i trær (for eksempel infopunkt 3.1 og 3.26)

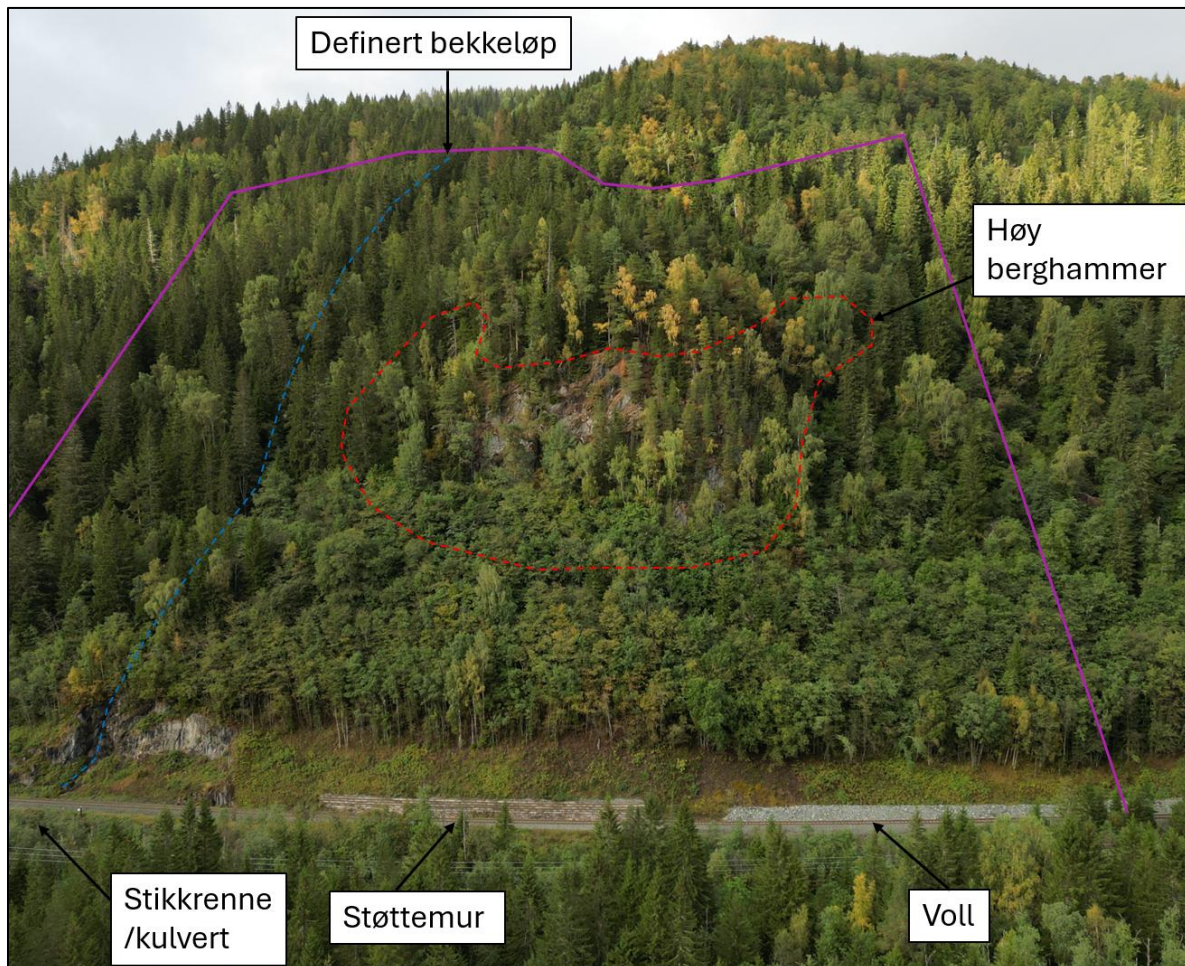
Det observeres mange bergskrenter i dalsiden med ulik høyde, fra lave lokale bergskrenter på ca. $1\text{--}2 \text{ m}$ spredt i store deler av tiltaksområdet til høye berghammere i den midtre delen av området med høyde på inntil ca. $40\text{--}50 \text{ m}$. Mange steder er det berg eller steinblokker som er helt eller delvis sprekkeavløst, med ugunstig oppsprekking. I tillegg er det observert steinblokker som ligger i terrenget, og som kan remobiliseres. Det er dermed mange potensielle løsneområder for steinsprang i dalsiden, og særlig i den høye bergskrenten i midtre del. Det er krevende å få oversikt over alle løsneområder på grunn av omfanget, stedvis mye vegetasjon og trær og på grunn av bratt og krevende tilkomst. Oppsprekkingen i berget danner mange steder store blokker, inntil ca. $5\text{--}10 \text{ m}^3$. Berget er stedvis forvitret, skifrig og lagdelt. Enkelte av de sprekkeavløste bergblokkene som er observert fra drone i den høye berghammeren har et volum inntil ca. $4\text{--}5 \text{ m}^3$, men majoriteten har et volum inntil ca. 1 m^3 .

Det er tidvis mye trær og tett vegetasjon i dalsiden, som vokser rundt bergskrenter og enkeltblokker. Det er dermed mange steder potensielle for rotsprengning/rotvelt, som kan gjøre enkeltblokker og bergparti ustabile over tid og være utløsende eller medvirkende årsak til at det går et steinsprang. Flere steder observeres det synlige spor etter utfall, hvor det henger røtter og hvor rotsprengning eller rotvelt trolig har

vært utløsende eller medvirkende årsak til steinsprang (for eksempel infopunkt 3.4, 3.10 og 3.25).

Det observeres lite synlige spor etter rennende vann og opphopning av vann i større områder i dalsiden. Dalsiden bærer preg av rask avrenning fra et begrenset nedbørsfelt, hvor mesteparten av vannet renner langs bekkeløpet på vestsiden av tiltaksområdet. Bekkeløpet føres ned en bergskjæring og under jernbanen i en stikkrenne/kulvert. Det er ikke observert spor etter større løsmasseskred i dalsiden, kun små og grunne utglidninger og erosjon i bratt terreng. Den generelle oppfatningen er at det er et tynt løsmassedekke i dalsiden, med mye oppstikkende bergskrenter og bekkeløp som renner på berg. Det er bygd en støttemur i midtre deler av området. Støttemuren er trolig bygd for å stabilisere løsmassene i foten av dalsiden, og er trolig bygd før 1956 (ut fra flyfoto) og trolig i forbindelse med bygging av jernbanen (senere forsterket). Støttemuren kan indikere et noe mektigere løsmassedekke i dette området.

Figur 3-2 viser et dronebilde som viser hvor det er en høy berghammer, definert bekkeløp, oppbygd voll, støttemur og stikkrenne/kulvert under jernbanen.



Figur 3-2: Dronebilde som viser hvor det er en høy berghammer, definert bekkeløp, oppbygd voll, støttemur og stikkrenne/kulvert under jernbanen. Sett mot nord.

3.2 Observasjoner fra grunnlagsmateriale

Flyfoto fra området fra 1956 til og med 2022 [12] antyder at det ikke er synlige spor etter større skredhendelser i dalsiden i denne perioden, slik som skredskadet skog eller synlige avsetninger fra skred.

Skyggerelieff som er generert fra digital terrengmodell [11] over området antyder at det er ingen spor etter større skredhendelser i dalsiden, men at det er steinblokker som trolig stammer fra steinsprang spredt over store deler av dalsiden. Avsetningene er usammenhengende og spredt. Det observeres en større definert forsenkning langs et bekkeløp i vestlig del av området, og noen små og mer udefinerte forsenkninger helt i østre del av området. Skyggerelieff antyder at det er mye oppstikkende bergskrenter og generelt tynt og usammenhengende løsmassedekke mange steder.

3.3 Eksisterende sikringstiltak

Det er utført sikringstiltak i deler av tiltaksområdet, dette gjelder i hovedsak i foten av den høye berghammeren i midtre deler av området. Her er det montert dybler, stag, wire og skinner. I tillegg er det satt opp målebolter for måling av deformasjon. Mye av eksisterende sikring i dalsiden er av eldre dato og stedvis avrustet. Sikringseffekten er mange steder noe begrenset, men fortsatt i grei forfatning. Alderen på eksisterende sikring er ukjent [21]. Tabell 3-1 gir en oppsummering av observerte sikringstiltak i dalsiden med antatt alder, sikringseffekt og eksempel.

Tabell 3-1: Oppsummering av observerte sikringstiltak i dalsiden.

Sikringstiltak:	Alder:	Sikringseffekt:	Eksempel (infopunkt):
Dybler	Usikker, eldre dato (Over 50 år?)	Begrenset, stedvis grei forfatning.	(Sweco: 17.2, 17.8)
Stag	Usikker, eldre dato (Over 50 år?)	Begrenset, stedvis grei forfatning.	3.24, 3.26. (Sweco: 17.3)
Wire	Usikker, eldre dato	Begrenset, stedvis grei forfatning.	3.24 (Sweco: 17.3)
Skinner, understøtte	Usikker, eldre dato (Over 50 år?)	Grei.	3.21 (Sweco: 17.1)
Målebolt	2004 [1]	Grei.	3.24 (Sweco: 17.3)
Voll	Antatt 2014-2016 fra flyfoto.	God, men begrenset høyde.	3.29, Figur 3-3.
Støttemur	Før 1956 ut fra flyfoto. Senere forsterket.	Ikke vurdert.	3.34, Figur 3-3.



Figur 3-3: Dronebilde som viser støttemuren nærmest som trolig ble bygget i forbindelse med bygging av jernbane som senere har blitt forsterket, og vollen bak som ser ut til å ha blitt bygget mellom 2014 og 2016. Sett mot vest/nordvest.

4 MODELLERING

Som støtte til å vurdere blant annet utløpslengde, spranghøyde og kinetisk energi til steinsprang er det valgt å utføre simuleringer av steinsprang i dalsiden i to ulike programvarer, i den tredimensjonale modellen RAMMS Rockfall (RAMMS:Rockfall versjon 1.7.65) og den todimensjonale modellen RocFall fra Rocscience (versjon 8.005).

4.1 Simulering av steinsprang i RAMMS Rockfall

RAMMS Rockfall er et dynamisk tredimensjonalt modelleringsverktøy hvor steinsprang simuleres i en fjellside og hvor simulerte steinblokkers utløpslengde, spranghøyde, hastighet, rotasjonshastighet, rotasjonsenergi og kinetisk energi ved et gitt sted kan fastslås. Som inngangsparametere til modelleringen kan blant annet blokkform, blokkstørrelse og materialparametere til fjellsiden defineres. En digital terrengmodell av fjellsiden er grunnlag for terrengformen hvor steinsprang simuleres. Simuleringer kan gjøres med eller uten skog [22].

En simulering i et modelleringsverktøy som dette har imidlertid alltid usikkerhetsmomenter. Simuleringen vil alltid være en teoretisk tilnærming som kan avvike fra reelle situasjoner på stedet, men vil være et nyttig hjelpemiddel og god støtte for å vurdere blant annet utløpslengde, spranghøyde og kinetisk energi til et steinsprang.

4.1.1 Parametervalg og utført simulering

Det er utført steinsprangsimuleringer i RAMMS Rockfall med blokkvolum på 1 og 2 m³, uten effekten av skog. Blokkvolum på 1 m³ vurderes som det mest representative tilfellet ut fra observerte forhold i området, og 2 m³ som et mer konservativt og sjeldnere tilfelle. Det er valgt en noe konservativ blokkform med en noe mer avrundet form enn de fleste observerte steinblokkene. Simulert blokkform er altså for noe sjeldnere tilfeller. Tabell 4-1 gir en oppsummering av valgte input-parametere.

Tabell 4-1: Input-parameter til steinsprangsimuleringen i RAMMS Rockfall.

Inputdata:	Verdi:	Merknad:
Oppløsning, terrengmodell	2 m	
Terrengparameter	Bart fjell: Hard Øvrige deler: Medium soft	
Blokkform	Real_Flat_1.8	
Blokkvolum	1 og 2 m ³	
Bergartsenhet	2700 kg/m ³	
Antall simuleringer	3240 stk.	
Skogtype	Uten skog	

4.1.2 Resultater fra simulering

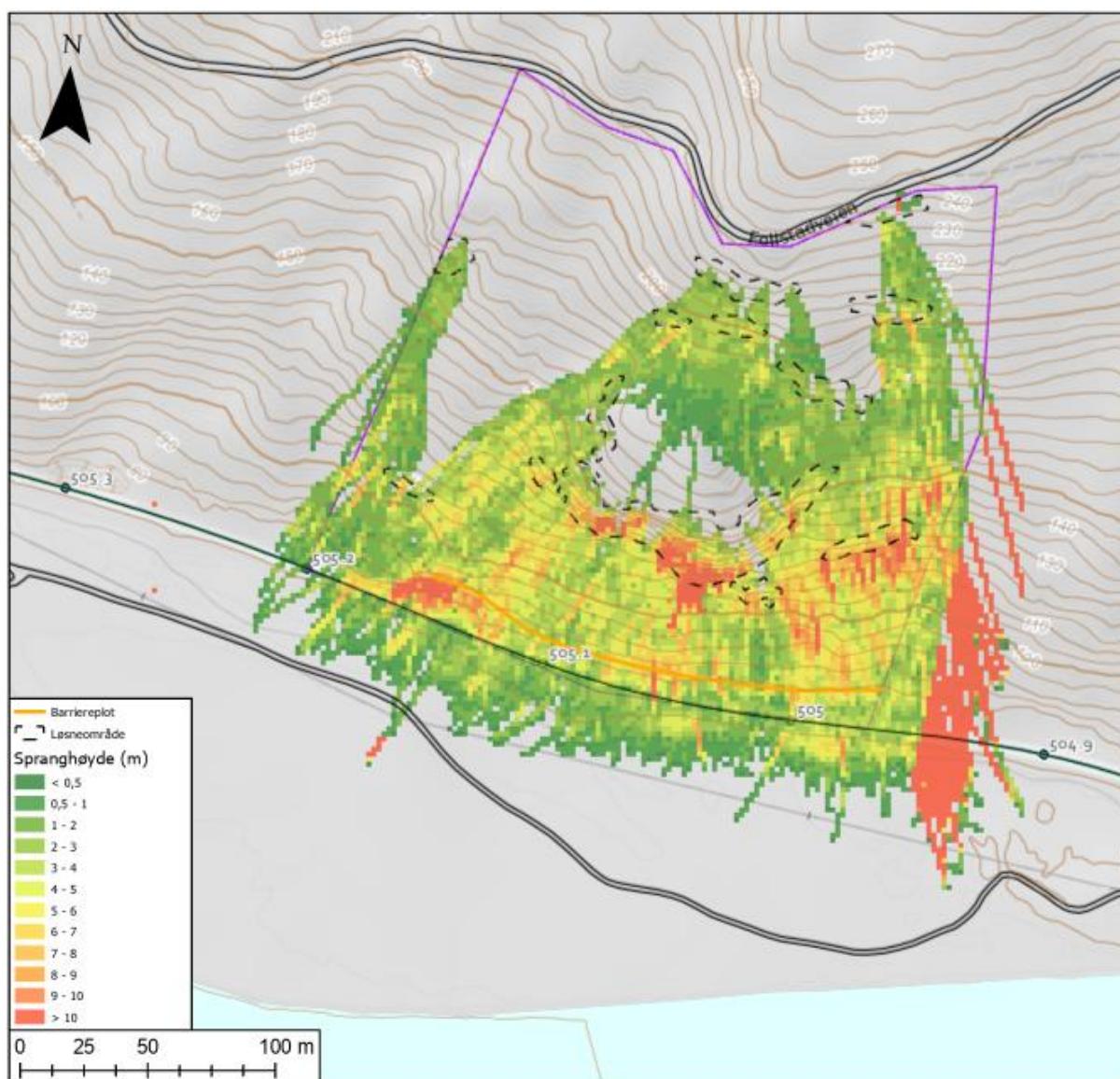
Tabell 4-2 gir en oppsummering av resultatene for simuleringene som er utført med antall steinblokker som treffer barriereplottet og spranghøyden og den kinetiske energien for steinblokker ved barriereplottet. Barriereplottet er en linje som er definert i modellen, hvor det tas ut statistikk for blant annet spranghøyde og kinetisk energi for steinsprang. I dette tilfellet er barriereplottet definert like over jernbanen, omtrent hvor det vil være naturlig å ha et sikringstiltak i skredløpet (for eksempel fanggjerde). Antall steinblokker angir blokker som treffer jernbanen i forhold til det totale antallet simulerte steinblokker.

Tabell 4-2: Oppsummering av resultater for simulering i RAMMS Rockfall.

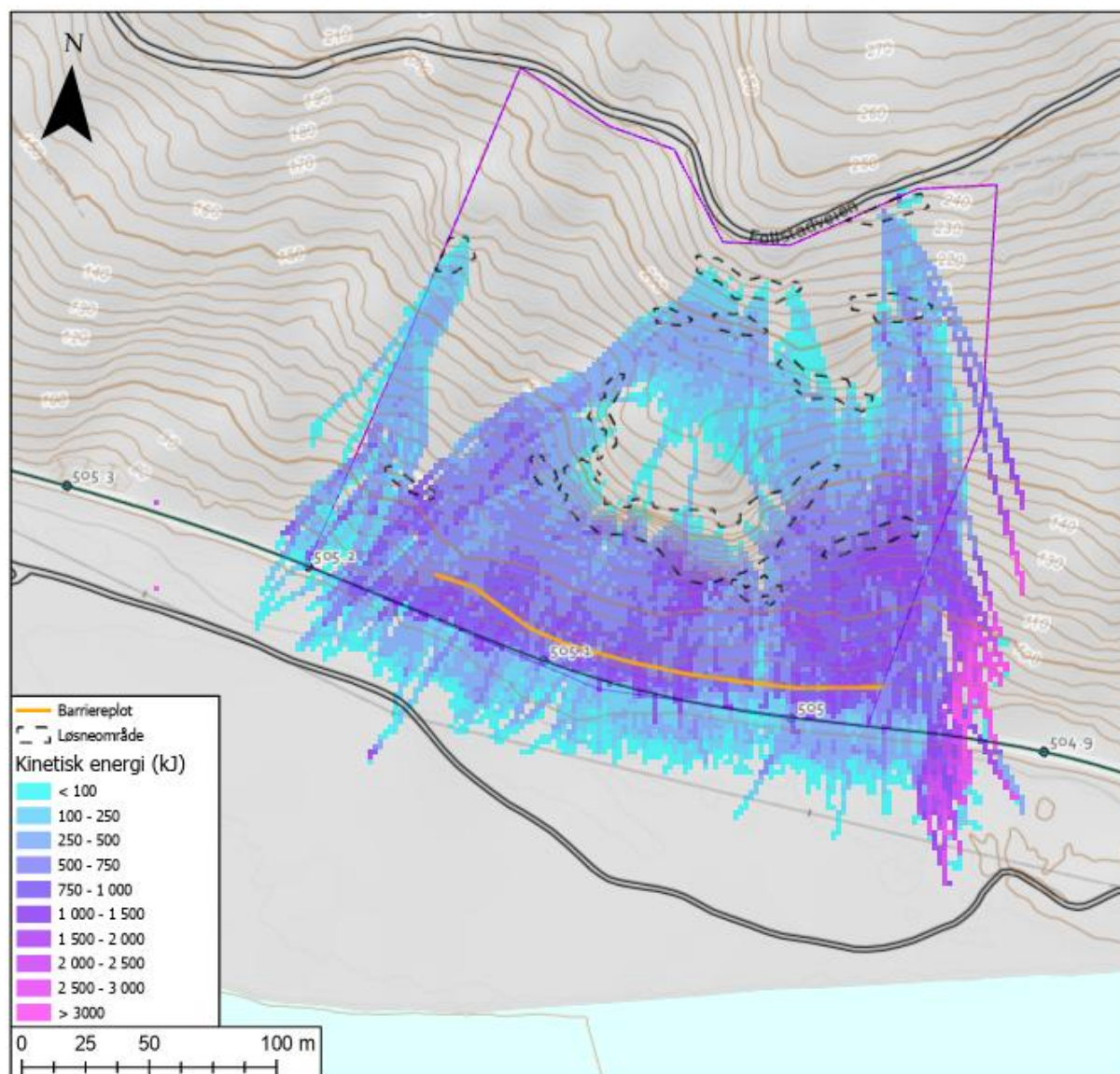
	Uten skog 1 m ³ :	Uten skog, 2 m ³ :
Antall steinblokker	2203/3240	2163/3240
Spranghøyde 90-persentil	3,41 m	3,17 m
Spranghøyde 95-persentil	4,79 m	4,28 m
Energi 90-persentil	700 kJ	1384 kJ
Energi 95-persentil	813 kJ	1588 kJ

Figur 4-1 og Figur 4-2 viser resultater for simuleringene som er utført med 1 m³ blokkvolum, og Figur 4-3 viser statistikk som er tatt ut ved barriereplottet. Figur 4-4 og Figur 4-5 viser resultater for simuleringene som er utført med 2 m³ blokkvolum, og Figur 4-6 viser statistikk som er tatt ut ved barriereplottet.

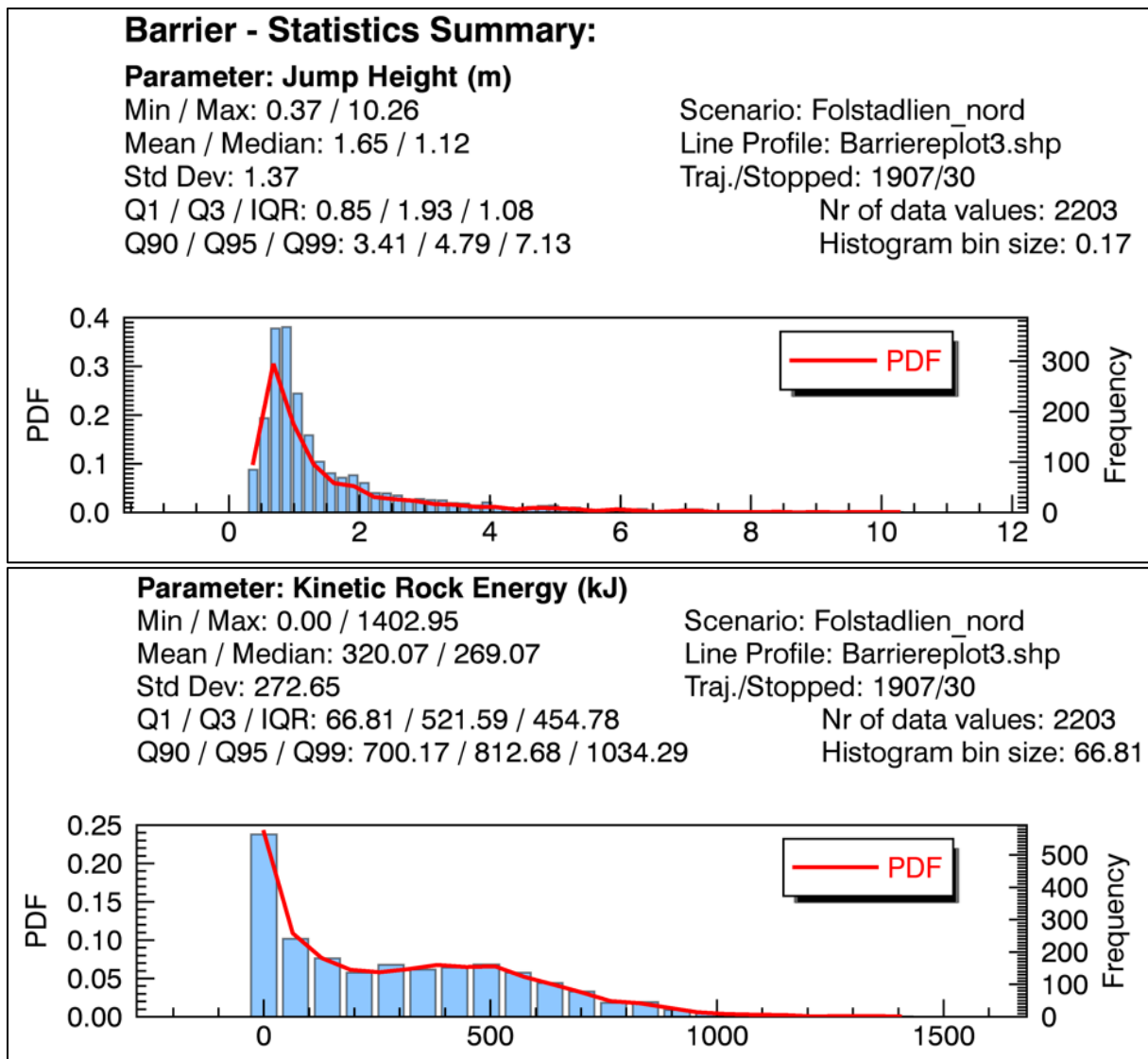
Alle simuleringene viser høye spranghøyder og kinetisk energi helt øst i området, utenfor tiltaksområdet. Dette skyldes at simuleringene går utenfor den digitale terrengmodellen som er benyttet, noe som gjør at simuleringene havner utenfor. Spranghøydene og den kinetiske energien som vises i dette området er altså ikke reelle.



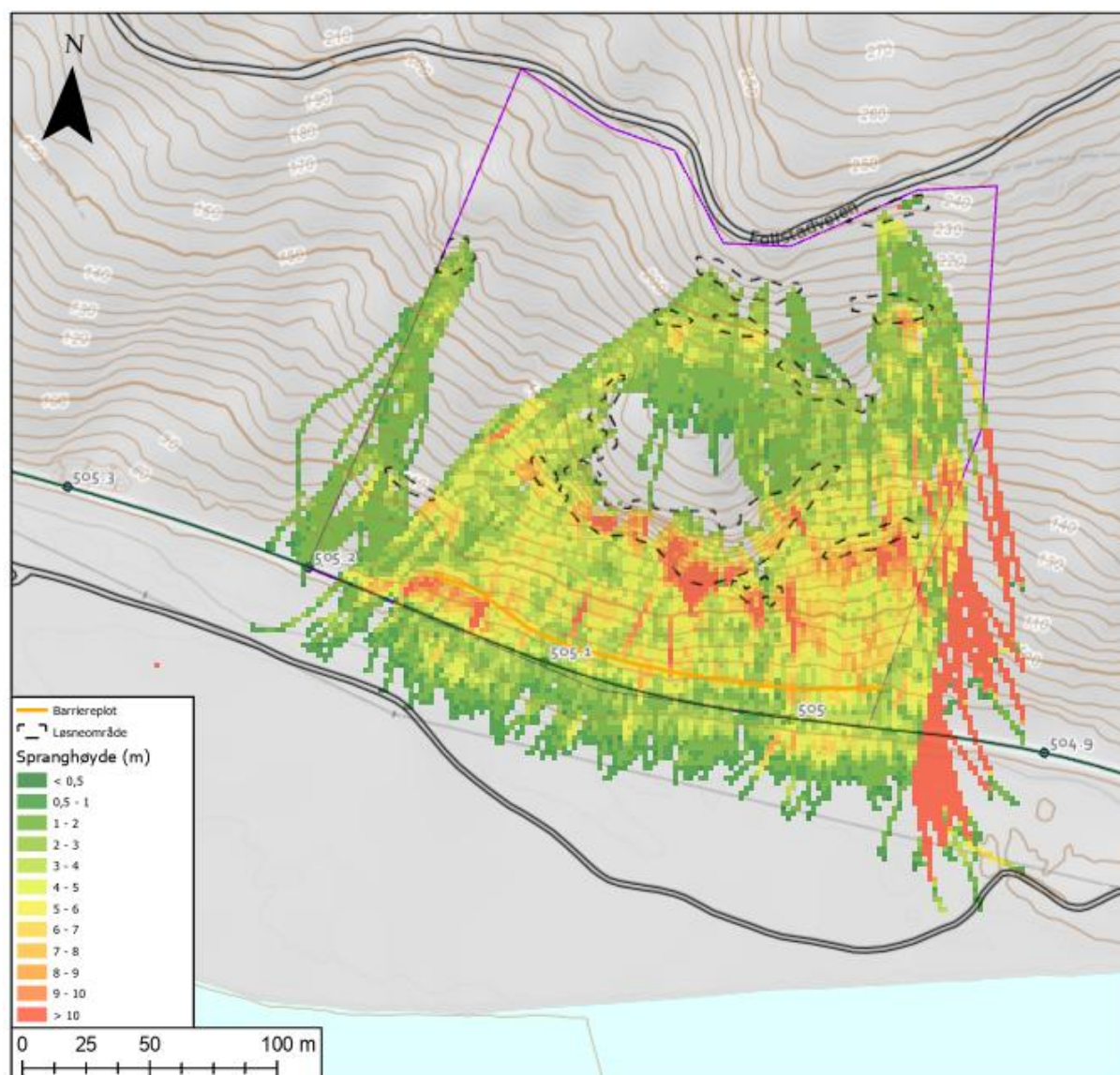
Figur 4-1: Simuleringer i RAMMS Rockfall som viser spranghøyde (m) med 1 m³ blokkvolum.



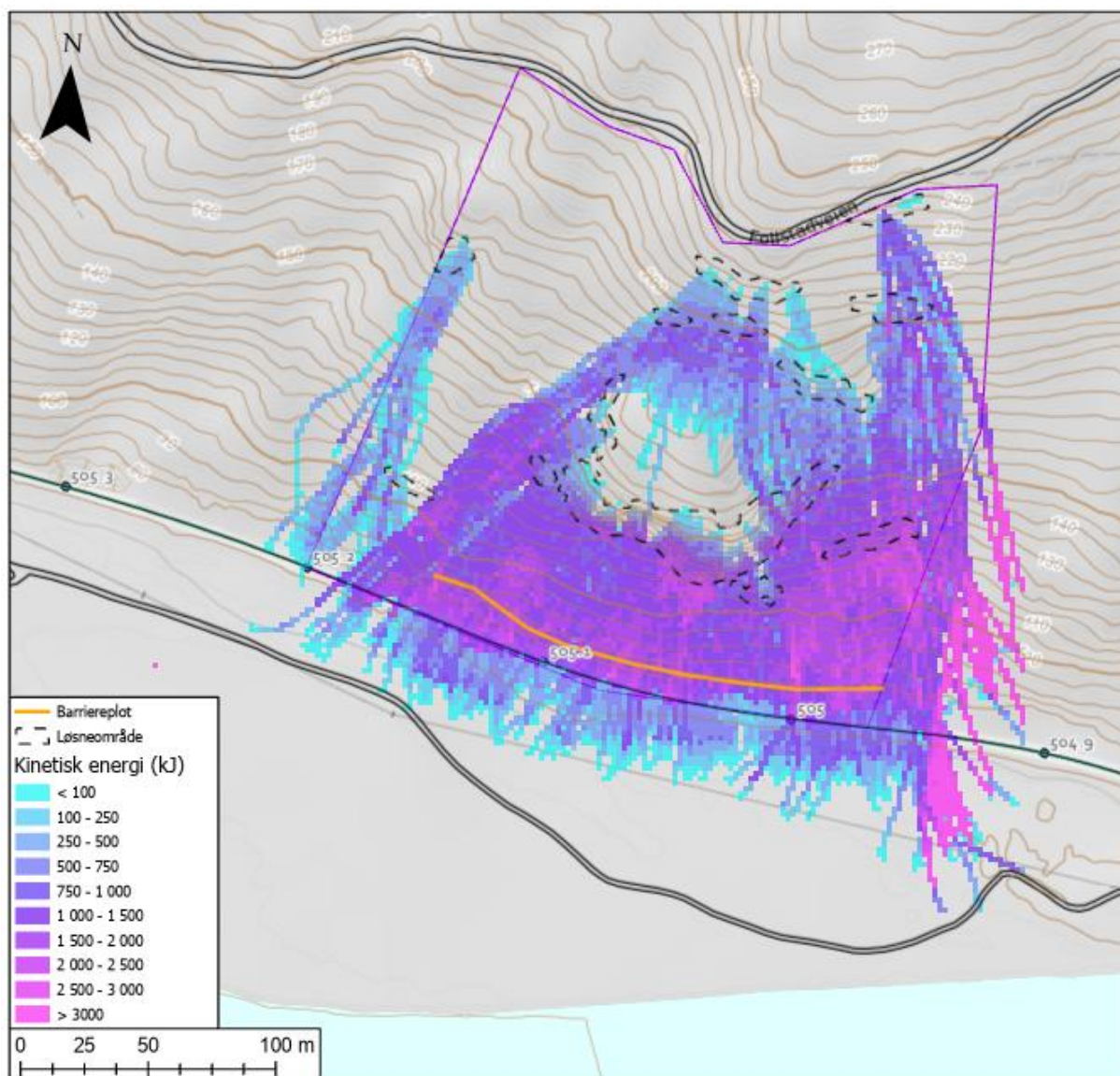
Figur 4-2: Simuleringer i RAMMS Rockfall som viser kinetisk energi (kJ) med 1 m³ blokkvolum.



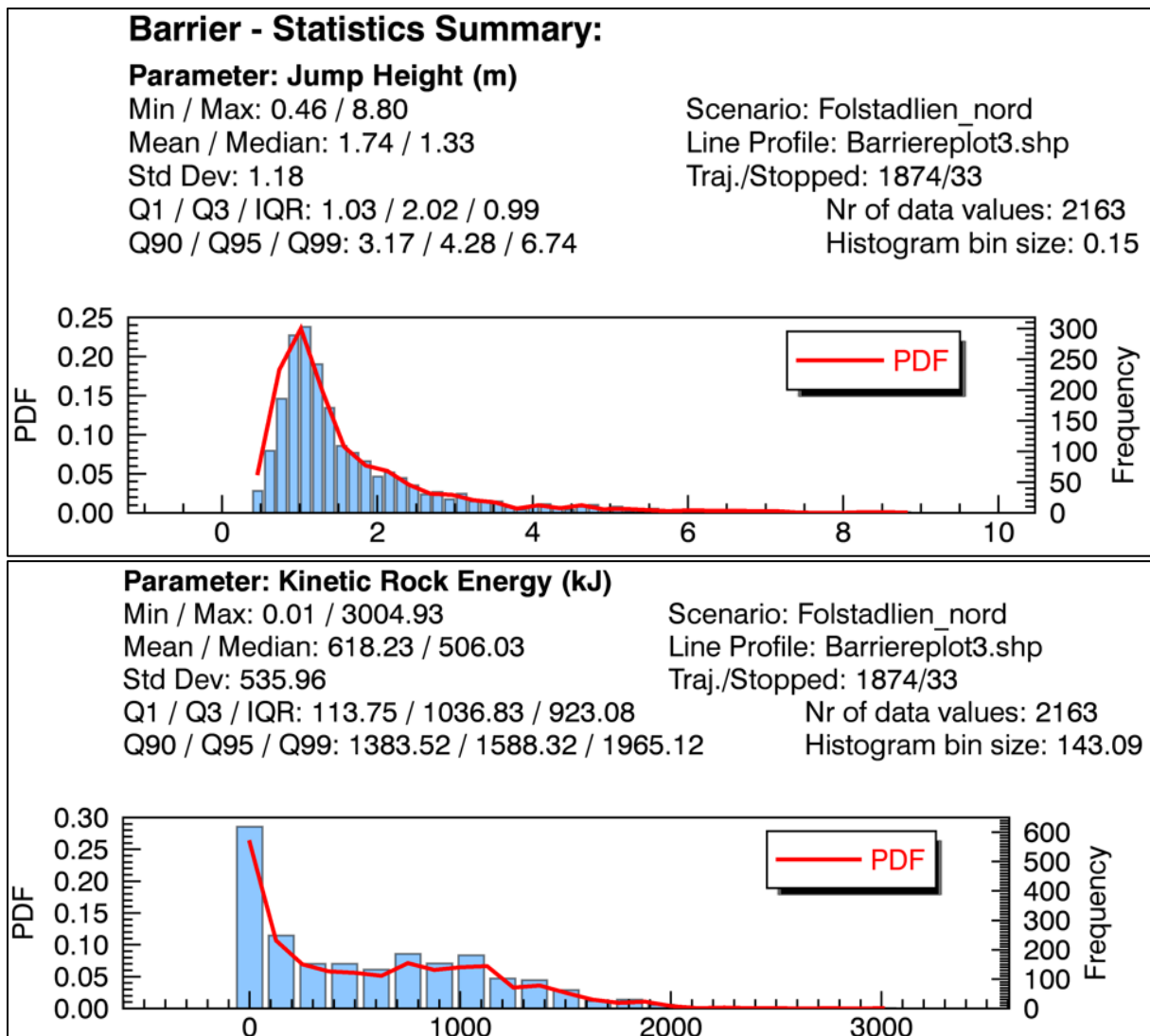
Figur 4-3: Statistikk for spranghøyde og kinetisk energi som er tatt ut fra barriereplottet i RAMMS Rockfall for simulering med 1 m³ blokkvolum. PDF-aksen («Probability Density Function») viser sannsynligheten for henholdsvis spranghøyden og energien (den horisontale aksen) og «frequency» viser antallet.



Figur 4-4: Simuleringer i RAMMS Rockfall som viser spranghøyde (m) med 2 m³ blokkvolum.



Figur 4-5: Simuleringer i RAMMS Rockfall som viser kinetisk energi (kJ) med 2 m³ blokkvolum.



Figur 4-6: Statistikk for spranghøyde og kinetisk energi som er tatt ut fra barriereplottet i RAMMS Rockfall for simulering med 2 m³ blokkvolum. PDF-aksen («Probability Density Function») viser sannsynligheten for henholdsvis spranghøyden og energien (den horisontale akse) og «frequency» viser antallet.

4.2 Simulering av steinsprang i RocFall

RocFall er et todimensjonalt statistisk analyseprogram fra Rocscience som simulerer steinsprang i fjellsider langs bestemte tverrprofil. Programvaren kan gi støtte til å vurdere blant annet på energi, hastighet, spranghøyde og utløpslengde av enkeltblokker som slippes fra et bestemt punkt i terrenget. Ved hjelp av statistiske variasjoner kan et antall steinblokker simuleres innenfor en variasjonsbredde, som gir en fordeling av ulike steinsprang [23].

Analysemetoden «Rigid Body» simulerer steinblokker med en bestemt form, volum og masse. Analysemetoden «Lump Mass» simulerer steinblokker som et punkt med en bestemt masse, uten å ta hensyn til form og volum.

4.2.1 Parametervalg og utført simulering

Det er utført simuleringer av steinsprang med ulike situasjoner langs tre tverrprofiler, vist i Figur 4-7 og Figur 4-8. I hvert tilfelle er det sluppet 1000 steinblokker langs en linje. Det er simulert med analysemetoden «Rigid Body», hvor blokkvolum og blokkform er valgt ut fra blant annet observerte sprekkeorienteringer og oppsprekingsgraden av bergmassen i skrenten. Valg av blokkform er gjort med samme utgangspunkt som for simuleringene i RAMMS Rockfall, med en noe mer avrundet blokkform for noe sjeldnere tilfeller. Det er tatt ut tverrprofiler basert på terrengmodell med 1 m oppløsning, men tverrprofilet er forenklet med 90 % (kun 10 % av opprinnelig punkter). Det er valgt å se bort ifra skogens bremsende effekt.

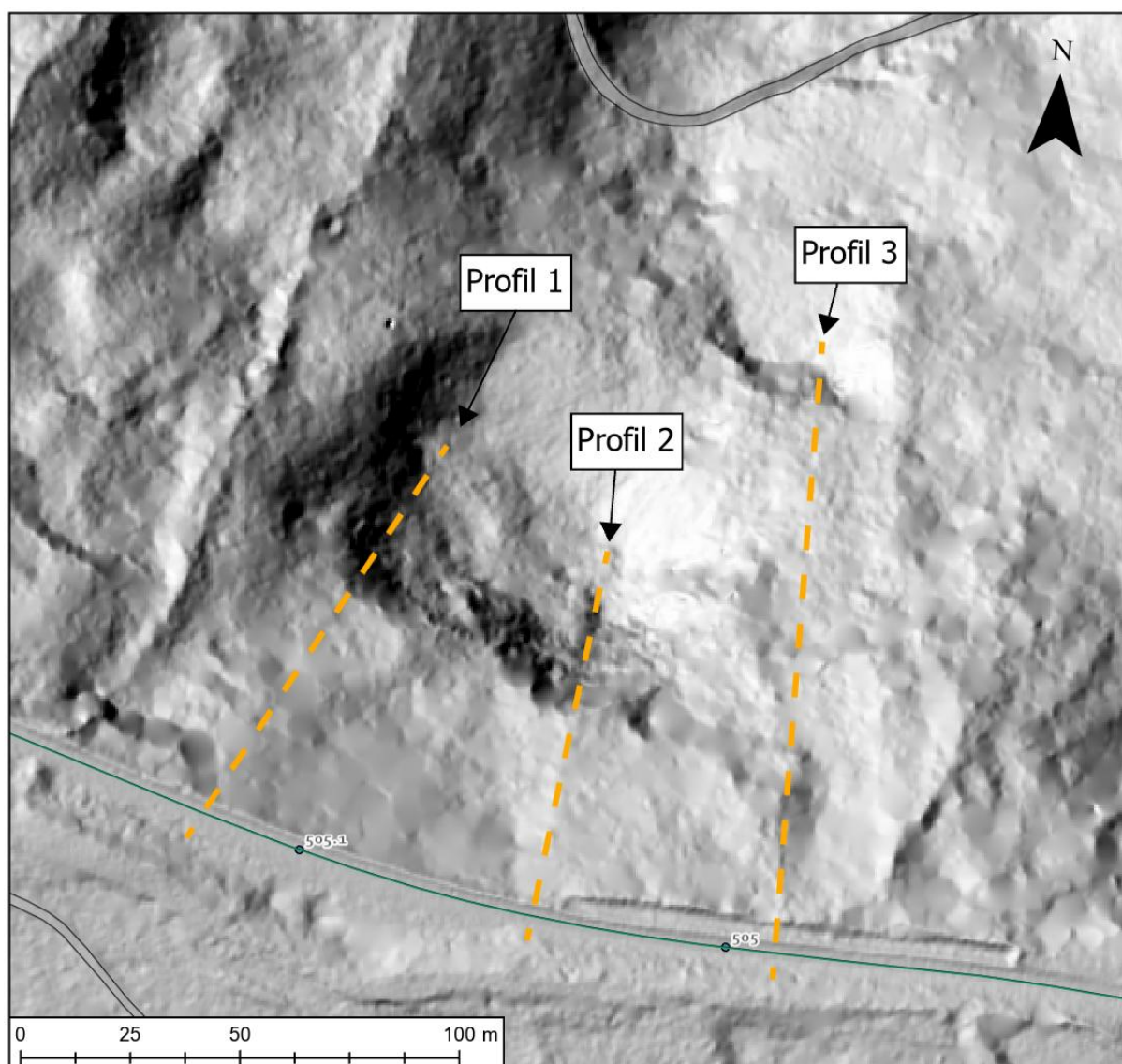
Tabell 4-3 oppsummerer valgte input-parametere for steinsprangsimuleringene som er utført i RocFall.

Tabell 4-3: Valgte input-parametere i RocFall.

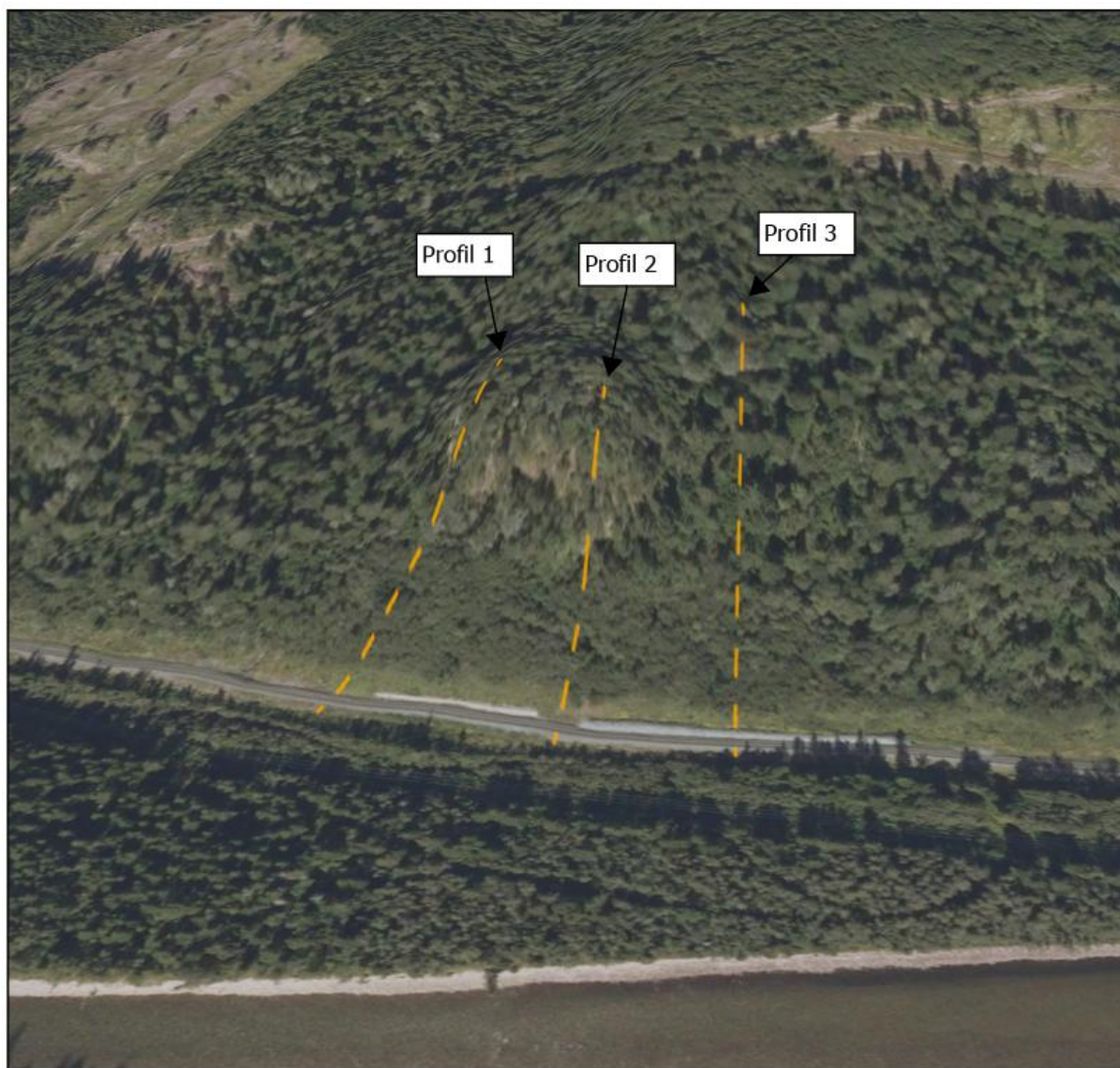
Inputdata:	Verdi:	Merknad:
Terrengmodell	1 m	Digital terrengmodell (dtm) fra nasjonal høydemodell [11].
Prosjektinnstilling	Rigid Body	Med «Tangential CRSP Damping»
Sampling Method	Monte-Carlo	
Skalering	Nei	
Volum/masse	1 og 2 m ³ / 2700 og 5400 kg	
Blokkform	Super Ellipse^6 1:2 og 2:3	Avlange og noe avrundet.
Antall simulerte steinblokker	1000 stk.	
Terreng-parametere	Berg, talus/ur og løsmasse	Se Tabell 4-4.
Skogeffekt	Uten.	

Tabell 4-4: Valgte material-parametere i RocFall.

Parameter:	Farge:	Normal restitusjon:	Tangential restitusjon	Dynamisk friksjon	Rullefriksjon:
Berg		0,50 (0,04)	0,85 (0,04)	0,50	0,15
Talus/ur		0,32 (0,04)	0,80 (0,04)	0,50	0,30
Løsmasse		0,30 (0,04)	0,80 (0,04)	0,55	0,60



Figur 4-7: Profiler hvor det er utført simuleringer av steinsprang i RocFall.



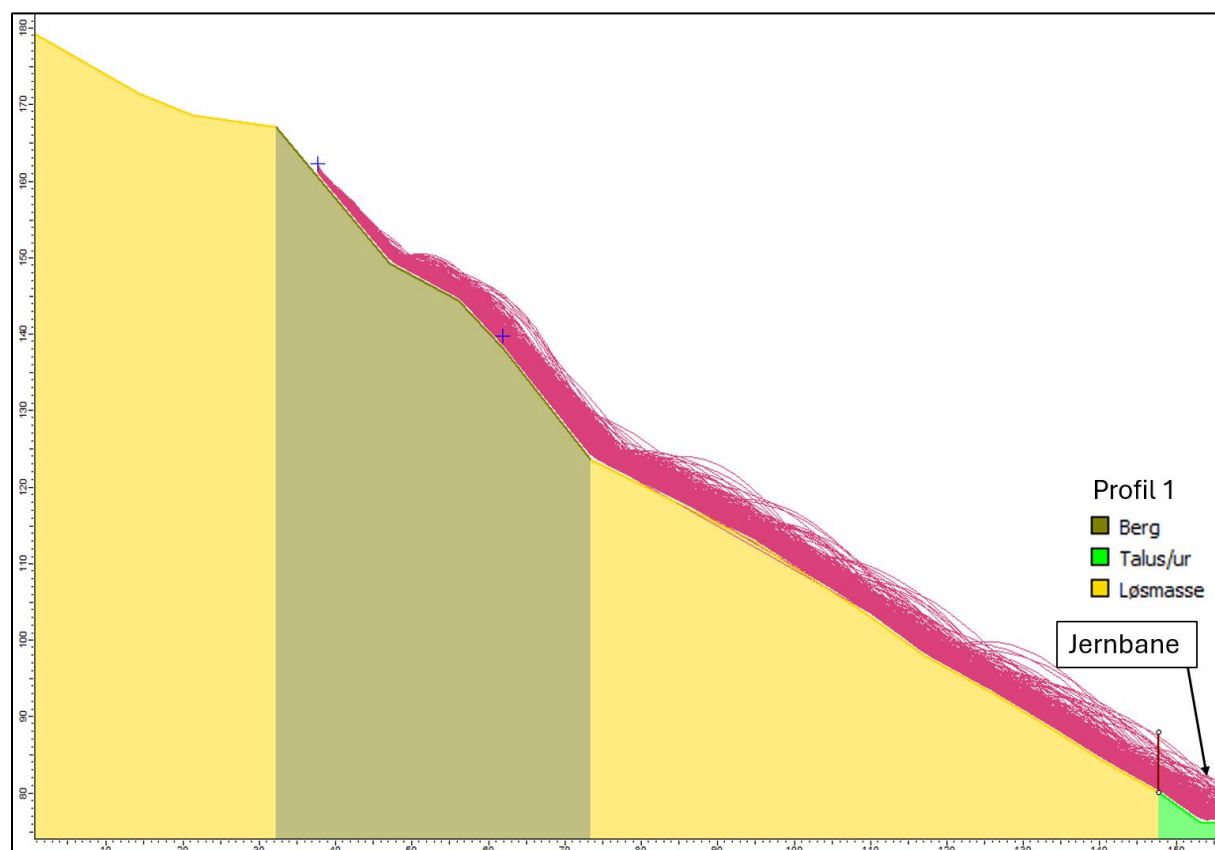
Figur 4-8: Profiler hvor det er utført simuleringer av steinsprang i RocFall. Sett mot nord.

Figur 4-5 gir en oppsummering av resultatene for spranghøyde og energi i RocFall ved de tre profilene både for 1 m³ og 2 m³ blokker ved vertikal linje i foten av dalsiden ved jernbanen. Figur 4-9, Figur 4-10 og Figur 4-11 viser resultatene for de tre profilene med 1 m³ blokker. Antall steinblokker angir blokker som treffer jernbanen i forhold til det totale antallet simulerte steinblokker.

Tabell 4-5: Oppsummering av resultatene i RocFall ved de 3 profilene.

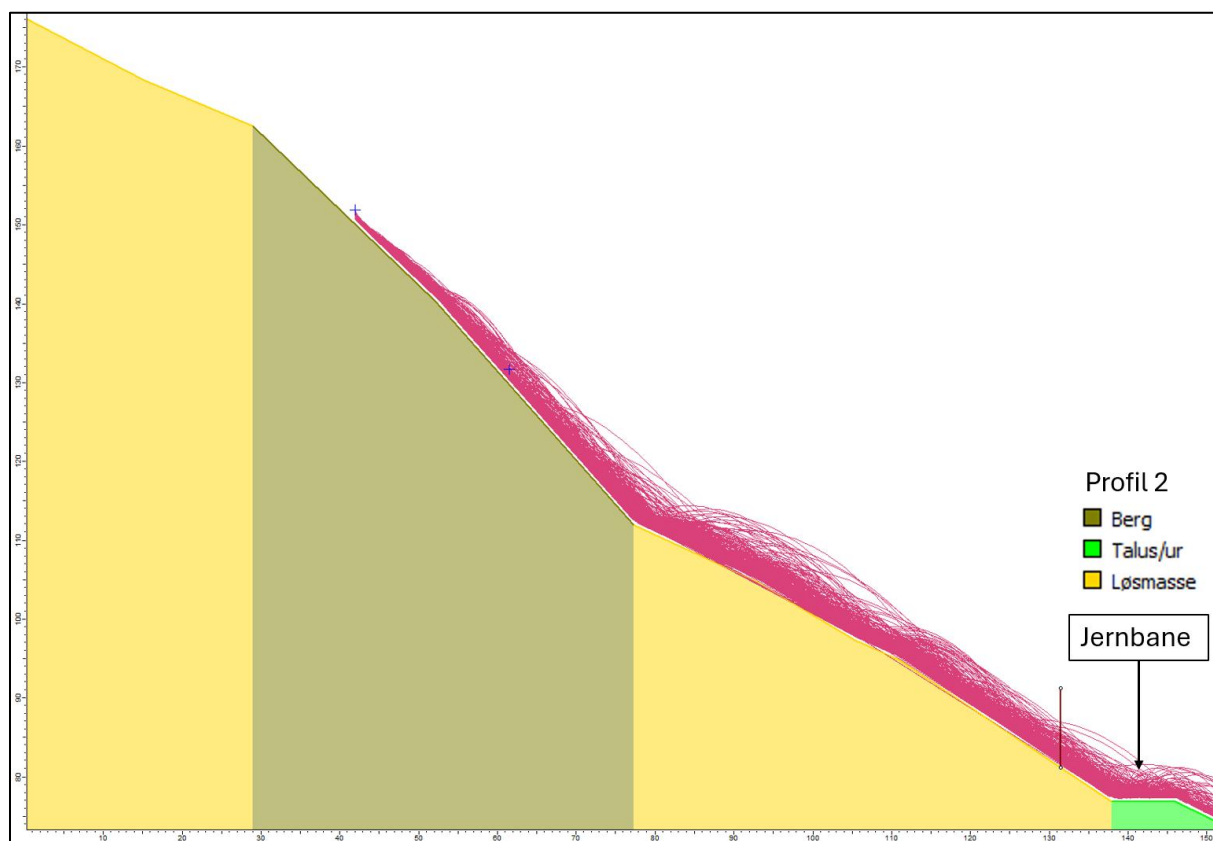
	Antall:	Spranghøyde 90-persentil:	Spranghøyde 95-persentil:	Energi 90-persentil:	Energi 95-persentil:
Profil 1, 1 m ³	552/1000	2,7 m	3,5 m	277 kJ	374 kJ
Profil 1, 2 m ³	564/1000	2,9 m	3,4 m	499 kJ	655 kJ
Profil 2, 1 m ³	326/1000	3,1 m	3,9 m	349 kJ	437 kJ
Profil 2, 2 m ³	267/1000	3,4 m	4,3 m	562 kJ	809 kJ
Profil 3, 1 m ³	178/1000	2,2 m	2,7 m	177 kJ	240 kJ
Profil 3, 2 m ³	194/1000	1,8 m	3,2 m	328 kJ	537 kJ

Profil 1



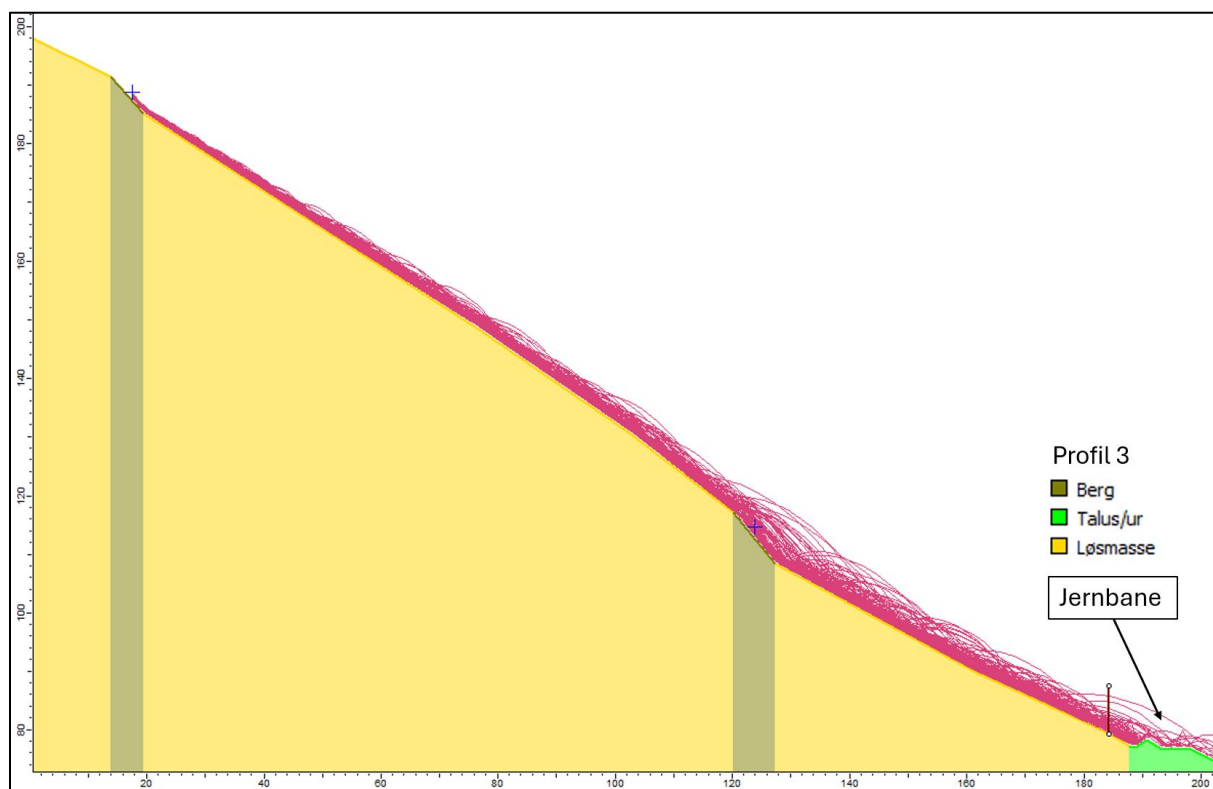
Figur 4-9: Resultat fra simuleringer i RocFall ved profil 1 med 1 m³ blokker. Vertikal linje i foten av dalsiden ved jernbanen markerer hvor i profilet det er hentet statistiske resultater for spranghøyde og kinetisk energi.

Profil 2



Figur 4-10: Resultat fra simuleringer i RocFall ved profil 2 med 1 m³ blokker.

Profil 3



Figur 4-11: Resultat fra simuleringer i RocFall ved profil 3 med 1 m³ blokker.

4.3 Sammenstilling av simuleringer

Tabell 4-6 gir en sammenligning av resultatene i RocFall og RAMMS Rockfall med blokkvolum på henholdsvis 1 og 2 m³. Antall steinblokker angir blokker som treffer jernbanen i forhold til det totale antallet simulerte steinblokker.

Tabell 4-6: Sammenligning av resultatene i RocFall og RAMMS RockFall med blokkvolum på 1 og 2 m³. Resultatene for RocFall viser variasjonen i resultatene ved de tre profilene.

Programvare:	RocFall, 1 m ³ :	RAMMS Rockfall, 1 m ³ :	RocFall, 2 m ³ :	RAMMS Rockfall, 2 m ³ :
Antall steinblokker	178-552/ 1000 (18-55 %)	2203/ 3240 (68 %)	194-564/ 1000 (19-56 %)	2163/ 3240 (67 %)
Spranghøyde 90-persentil	2,2-3,1 m	3,41 m	1,8-3,1 m	3,17 m
Spranghøyde 95-persentil	2,7-3,9 m	4,79 m	3,2-4,3 m	4,28 m
Energi 90- persentil	177- 349 kJ	700 kJ	328- 562 kJ	1384 kJ
Energi 95- persentil	240- 437 kJ	813 kJ	537- 809 kJ	1588 kJ

Sammenstillingen av resultatene i RocFall og RAMMS Rockfall indikerer følgende:

- Blokkform har stor innvirkning på resultatene. Kantete, flate og avlange blokker gir betydelig kortere utløpslengder og steinsprang som stopper raskere i dalsiden enn mer avrundede. Dette vil være tilfelle for majoriteten av steinsprangene i dette området, og simuleringene som er utført er derfor noe konservative.
- Blokkvolum har innvirkning på resultatene. Simuleringer med 2 m³ gir større spranghøyder og større energi, men har mindre innvirkning på antall steinblokker som treffer jernbanen.
- Simuleringene i RAMMS Rockfall gir spranghøyder i øvre sjiktet i forhold til simuleringene i RocFall.
- Simuleringene i RAMMS Rockfall gir omtrent dobbelt så store blokkenergier som simuleringene i RocFall.

5 SKREDFAREVURDERING

5.1 Steinsprang

Store deler av tiltaksområdet er lokalisert innenfor aktsomhetsområde for steinsprang, foruten øvre deler. Det er mange steder terreng som er brattere enn 45 grader og det er mange bergskrenter med bart berg og partier med usammenhengende løsmassedekke.

Det er identifisert bergskrenter i dalsiden hvor det er observert sprekkeavløst berg, synlige spor etter utfall av steinblokker og spor og avsetninger etter steinsprang. Dette antyder at det går steinsprang i dalsiden med jevne mellomrom. Det er imidlertid ikke registrert steinsprang på jernbanen innenfor tiltaksområdet, men det er registrert én skredhendelse med skredtype stein/jord i 1992 like øst for tiltaksområdet, uten mer konkret informasjon. Hvorvidt dette er et steinsprang eller løsmasseskred er usikkert. Ut fra observasjoner i dalsiden antas det at det er noe underrapportering av skredhendelser ved denne jernbanestrekningen, og at flere steinspranghendelser kan ha gått forbi jernbanen uten å ha blitt identifisert og registrert eller på grunn av manglende rapportering. Det ble observert en mindre blokk på ca. 0,2 m³ i grøften ved jernbanen (infopunkt 3.32), som ikke er registrert. Lokaliseringer for eldre skredhendelser kan også være noe unøyaktige.

Dalsiden består stort sett av et tynt løsmassedekke som vurderes å dempe både spranghøyden og energien til steinsprang noe. Den lave ruheten i terrenget gjør imidlertid at steinblokker kan rulle nedover, med relativt stor sannsynlighet for at de treffer jernbanen. Skogen vil i mange tilfeller begrense utløpslengden, og i enkelte tilfeller stoppe blokkene helt. Flere steder har blokker fra steinsprang stoppet i trær. I enkelte deler av dalsiden er det stor og voksen granskog, hvor trær potensielt kan ta opp mye av energien til steinblokkene. I nedre deler av dalsiden er det imidlertid partier/glenner i skogen og tynnere løvdominert skog, hvor innvirkning på energien til steinsprang vurderes som mer begrenset.

Det er stedvis større blokker med inntil ca. 5-10 m³ blokkvolum i den store berghammeren. Det er imidlertid ikke observert større blokker i nedre deler av dalsiden, kun mindre fragmenter. Berget er stedvis forvitret, skifrig og lagdelt. Det vurderes at oppsprekkingen og forvitringsgraden til berget vil resultere i at mange av blokkene vil deles opp i mindre fragmenter på grunn av internknusing i blokkene.

Det vurderes at simuleringene som er utført med noe mer avrundet blokkform enn de vanligste i dalsiden, uten skog og med blokkvolum på 1 m³ er mest representative for steinsprang med årlig sannsynlighet på 1/100. Simuleringene med blokkvolum på 2 m³ er mer representative for noe sjeldnere steinsprang. Mange steinsprang vil trolig bremse eller stoppe på grunn av skogen, men for mange steinsprang kan en se bort fra effekten av skog da det i nedre deler av dalsiden er åpne glenner/partier i skogen eller mer løvdominert skog. De vanligste blokkformene i dalsiden som er mer kantete, avlange og flate vil reelt sett ha kortere utløpslengder og stoppe raskere enn det simuleringene antyder. De fleste steinsprangene vurderes å ha moderate spranghøyder og energi. Resultatene fra simuleringene uten skog og med blokkvolum på 1 m³ antyder at ca. 18-68 % av de simulerte steinsprangene vil treffe jernbanen, med spranghøyder inntil ca. 2-5 m og energi inntil ca. 200-800 kJ (med 90- og 95-persentil).

Faren for steinsprang er størst under den høye berghammeren og reduseres noe i vestlig del av tiltaksområdet. Under berghammeren er det mange potensielle løsneområder og et betydelig potensiale for steinsprang. På vestsiden av det definerte bekkeløpet er det få og lavere bergskrenter, med betydelig færre potensielle løsneområder for steinsprang. Sannsynligheten for at steinsprang treffer jernbanen i dette området er vesentlig lavere.

I østlig del av tiltaksområdet er det bygd opp en voll langs jernbanen med høyde på ca. 1-1,5 m. Vollen vil bremse eller stoppe mindre steinblokker med lav energi, som ruller nedover dalsiden langs bakken. Vollen vil imidlertid ha begrenset effekt for større steinblokker med høyere energi og noe spranghøyde. Vollens begrensede effekt bekreftes av steinsprangsimuleringene. Simuleringene antyder at energien bremser noe av vollen, men at steinblokker med høyere energi og spranghøyde vil gå over og treffe jernbanen. Vollen vurderes som for lav for å stoppe mange steinsprang, men vil ha god effekt for mindre blokker med lav energi.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at steinsprang treffer jernbanen er høyere enn 1/100 for store deler av den aktuelle strekningen, fra og med ca. km 504,97 til og med ca. 505,16.

5.2 Steinskred

Steinskred utløses fra samme løsneområder som steinsprang, normalt fra større ustabile bergparti. Erfaringsmessig er det kjent at steinskred har omtrent samme utløpslengde som steinsprang, men med større volum og partiklene i skredet interagerer og splittes ofte i mindre deler langs utløp. InSAR Norway [17] antyder at det ikke er noen referansepunkter i dalsiden som kan si noe om større bevegelser i dalsiden. Det er ikke observert synlige strukturer og tegn til bevegelser hvor det kan løsne steinskred i den høye berghammeren.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at steinskred treffer jernbanen er lavere enn 1/100 for hele den aktuelle strekningen.

5.3 Jordskred

Store deler av tiltaksområdet består av skråninger brattere enn 20 grader og tilgjengelige løsmasser. Dalsiden består av mange bergskrenter, og lite større sammenhengende områder med løsmasser. Løsmassemekktigheten er mange steder lav. Tynt og usammenhengende løsmassedekke gir kun potensiale for mindre løsmasseskred, med begrensede volum og korte utløpslengder. Observerte spor og avsetninger etter jordskred i dalsiden og fravær av spor fra skyggerelieff bekrefter dette. Sannsynligheten for store løsmasseskred som kan treffe jernbanen vurderes som lav.

Store deler av dalsiden består av tett skog, med velutviklede rotsystemer. Rotsystemene stabiliserer løsmassene, tar unna mye av vannet og begrenser de største nedbørstoppene høyere opp i dalsiden. Dette begrenser vannmetningen av løsmassene og reduserer sannsynligheten for løsmasseskred. Vannet i dalsiden kommer fra et lite nedbørsfelt med rask avrenning, og mesteparten av vannet renner i et bekkeløp i vestlig del av tiltaksområdet. Det er lite terrengformasjoner som muliggjør opphopning av vann. Det er ikke registrert jordskred på jernbanestrekningen, kun ett skred i 1992 like øst for tiltaksområdet hvor skredtype er usikker (stein/jord).

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at jordskred treffer jernbanen er lavere enn 1/100 for hele den aktuelle strekningen.

5.4 Flomskred

Det er ett definert bekkeløp i vestlig del av tiltaksområdet. Utover dette er det kun små og udefinerte forsenkninger.

Det definerte bekkeløpet består stedvis av blokker av ulik størrelse og stedvis av kun bart berg under. Det meste av finere materialer er vasket bort, og det er lite løsmasser på sidene. Potensialet for medrivning av løsmasser er dermed lavt, og det må trolig svært store vannmengder til for å sette blokkene i bekkeløpet i bevegelse. Da nedbørsfeltet er begrenset vurderes sannsynligheten for dette som svært lav. Bekkeløpet følger en definert forsenkning, og potensialet for at vannet kan ta nye veier vurderes som lite. De små og mer udefinerte forsenkningene vurderes kun å ha potensiale for små flomskred med lave volum og korte utløp.

Det kan gå små flomskred i dalsiden og langs bekkeløpet, men sannsynligheten for større skred med utløpslengde ut på jernbanen vurderes som svært lav. Det er ikke registrert flomskred på jernbanestrekningen.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at flomskred treffer jernbanen er lavere enn 1/100 for hele den aktuelle strekningen.

5.5 Snøskred

Det er i tiltaksområdet skråninger som er brattere enn 25 grader og et snødekke som tidvis kan være tykt.

Det er sammenhengende terrengformasjoner i dalsiden med en form og helning som kan gi potensiale for større snøskred. Store deler av dalsiden består imidlertid av tett skog med høy kronedekning, i øvre deler mer grandominert og nedre deler av mer løvdominert skog. Skogen begrenser omfanget av vindtransportert snø inn i løsneområder og lagdeling av snøen betydelig. I tillegg vil trær fungere som anker som vil stabilisere snødekket. Snø som først legger seg på trærne og greiner vil falle på bakken som snøklumper, smelteomvandlet snø eller smelte vann. Dette vil redusere sannsynligheten for lagdeling i snødekket som kan gi flaskred. Sannsynligheten for at det går større snøskred som kan treffe jernbanen vurderes som svært lav.

Klimaanalysen antyder at det kan akkumuleres større snømengder i området på kort tid. Mest sannsynlig er det at de største snømengdene kommer med vind fra vest og nordvest. Nedbøren og vinden vil dermed komme inn fra siden, noe som gjør at kun mindre deler av dalsiden vil være leside for vindtransportert snø. Det er dermed mindre sannsynlig at det vil akkumuleres vindtransportert snø inn i større sammenhengende potensielle løsneområder i dalsiden.

Det kan ikke utelukkes at det går små og lokale snøskred (løssnøskred) eller utglidninger av snø i bratt terreng like over jernbanen hvor det er noe åpnere skog eller fra toppen av den høye berghammeren, og at dette kan treffe jernbanen. Sannsynligheten for dette er imidlertid lav. Snøskred som dette vil i de fleste tilfeller ha begrensede volum, og kun ha et begrenset skadepotensiale for trafikken på jernbanen. Det er ikke registrert snøskred på jernbanestrekningen eller i nærheten.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at snøskred treffer jernbanen er lavere enn 1/100 for hele den aktuelle strekningen.

5.6 Sørpeskred

Det er i tiltaksområdet observert terrengformasjoner eller bekkeløp som kan samle vann i snødekket og et snødekke som tidvis kan være tykt. Det er ikke registrert sørpeskred i området.

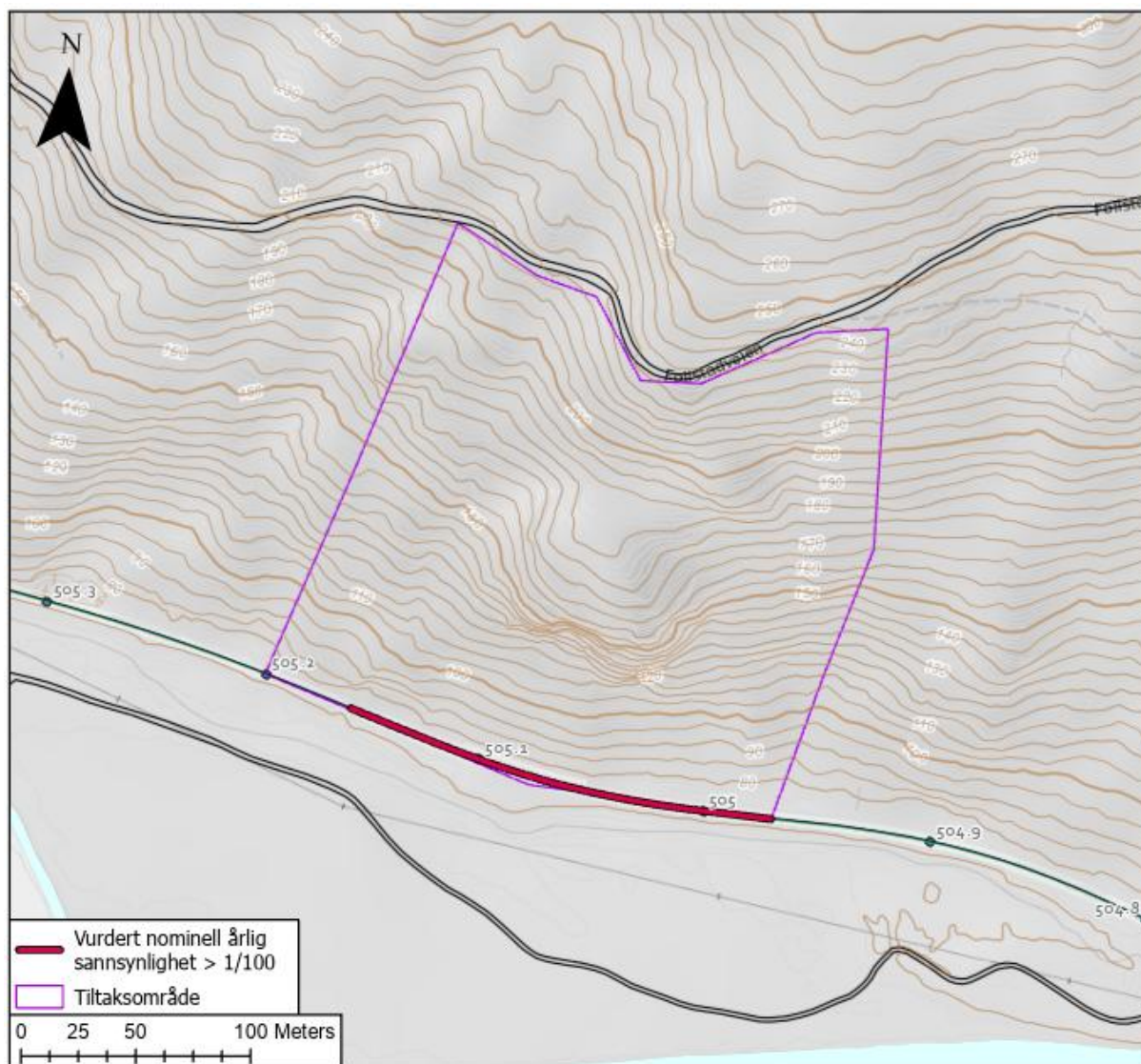
Terrengformasjonene i dalsiden er imidlertid små, og det er kun potensiale for opphopning av vann og vannmetning i mindre områder. Nedbørsfeltet er begrenset med rask avrenning. Sørpeskred blir i tillegg sjeldent utløst i skogkledd terreng. Det kan ikke utelukkes at det går sørpeskred, men sannsynligheten for større sørpeskred som kan treffe jernbanen er svært lav.

Mest aktuelt løснеområde for sørpeskred er langs bekkeløpet i den vestlige delen av tiltaksområdet, da bekkeløpet kan demmes opp og det kan oppstå opphopning av vann i et mindre område. Sannsynligheten for et større sørpeskred langs bekkeløpet som kan treffe jernbanen vurderes imidlertid som svært lav.

Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at sørpeskred treffer jernbanen er lavere enn 1/100 for hele den aktuelle strekningen.

5.7 Samlet skredfare

Skredfaren i dalsiden som kan treffe jernbanen er i hovedsak knyttet til faren for steinsprang. Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet for at skred treffer jernbanen er høyere enn 1/100, fra og med ca. km 504,97 til og med ca. 505,16 (vist i Figur 5-1).



Figur 5-1: Kart som viser strekning langs jernbanen hvor vurdert nominell årlig sannsynlighet er høyere enn 1/100, fra ca. km 504,97 til og med ca. 505,16.

6 VURDERING AV SIKRINGSTILTAK

Da nominell årlig sannsynlighet for at skred treffer jernbanen er høyere enn 1/100 for den aktuelle strekningen anbefales det sikringstiltak. Skredfaren i dalsiden er i hovedsak knyttet til faren for steinsprang, så sikringstiltak må derfor dimensjoneres for steinsprang.

Følgende prinsipper for sikringstiltak vurderes som aktuelle:

- Sikring i skredløpet med fanggjerde (passivt sikringstiltak).
- Punktsikring i løsneområdene (aktive sikringstiltak).

Et fanggjerde monteres fra og med ca. km 504,97 til og med ca. 505,16, det vil si en strekning på ca. 190 m. Tilpasninger til terrenget, eventuelle seksjonerings og overlappinger av fanggjerde vil komme i tillegg. Det må derfor forventes en lengde på fanggjerde på ca. 200 m. Endelig plassering, lengde og dimensjonering av fanggjerde vil fastsettes ved detaljprosjektering.

Et alternativ til et ca. 200 m langt fanggjerde vil være å stoppe fanggjerdet hvor vollen i den østlige delen av tiltaksområdet starter, og dermed øke høyden på vollen. Vollen bør ut fra utførte simuleringer være minimum 4 m høy forutsatt en bratt støtside med helning på 3:1. Da skråningen over er bratt og avstanden til jernbanen er kort er det begrenset med areal for en voll med denne høyden, og det er tvilsomt om det i det hele tatt er plass.

Punktsikring i løsneområdene vil i hovedsak bestå i å sikre enkeltblokker og sprekkeavløst berg som vurderes som ustabile og hvor det er fare for steinsprang. For mange løsneområder vil det bli aktuelt å fornye eksisterende sikring, hvor effekten av denne vurderes som begrenset. Punktsikring vil i all hovedsak bestå av konvensjonell bergsikring med bolter/stag, fjellbånd, wire/wirenett og rensk. Overvåkning, slik som montering av målesystemer (målebolter, prismar, scanning etc.) og/eller videre oppfølging av eksisterende målesystemer, kan vurderes for de største objektene. Aktuelle sikringstiltak og mengde for hvert område vil fastsettes i detaljprosjektering.

6.1 Anbefalt sikringsløsning

Norconsult anbefaler at strekningen sikres med fanggjerde i skredløpet, nede ved jernbanen. Dalsiden består av mange potensielle løsneområder for steinsprang i en høy berghammer og en del lavere bergskrenter som i så fall må befares i detalj, og hvor sikringsomfanget blir omfattende og usikkert. Mange steder i dalsiden er uoversiktlige, flere løsneområder er skjult bak trær og vegetasjon og flere løsneområder er tidkrevende å komme til både for vurdering og for sikring. Det er også en del større blokker med volum inntil 5-10 m³ i dalsiden som er krevende å punktsikre med krevende HMS. Det vil være enklere å innsisere og vedlikeholde et fanggjerde som monteres nært jernbanen, framfor punktsikring mange steder i dalsiden. Inspeksjon og vedlikehold av alle løsneområder hvor det er utført punktsikring vil være omfattende og tidkrevende. Det samme gjelder fortløpende oppfølging av målesystemer, som krever faste oppfølgingsrutiner og er ressurskrevende i seg selv. På denne måten vil sikring med fanggjerde gjøre drift og vedlikehold betydelig enklere, mer forutsigbart og rimeligere. Fanggjerdet vurderes å ha bedre kost/nytte enn punktsikring i dalsiden.

Et fanggjerde vil ikke ha kapasitet til å sikre alle de store objektene i dalsiden. Det vurderes imidlertid at de fleste av de større objektene sannsynligvis vil fragmenteres i mindre enheter som steinsprang, og kan dermed fanges opp av et fanggjerde i skredløpet. Det vurderes at nominell årlig sannsynlighet blir lavere enn 1/100 med et fanggjerde. Økning av dimensjonerende blokkstørrelse kan vurderes for å øke robustheten til sikringstiltaket, og for å fange opp større blokker.

Det anbefales at også strekningen med voll sikres med fanggjerde, da det er tvilsomt om det er tilstrekkelig areal for å øke vollen til nødvendig høyde.

Tabell 6-1 gir en oppsummering av noen fordeler og ulemper ved de to sikringsprinsippene.

Tabell 6-1: Noen fordeler og ulemper ved de to sikringsprinsippene.

	Fordeler:	Ulemper:
Punktsikring i løsneområdene	• Trolig lavere investeringskostnad.	• Omfattende kartleggingsarbeid. • Usikre mengde- og kostnadsestimat. • Mer tidkrevende, mer uforutsigbar og trolig dyrere drift og vedlikehold. • Høyere risiko for utførende entreprenør (HMS). • Trolig lengre og mer uforutsigbar byggeperiode, og lengre og mer uforutsigbar periode med ulemper for jernbanetrafikken.
Fanggjerde i skredløpet	• Sikrere mengde- og kostnadsestimat. • Enklere, mer forutsigbar og trolig rimeligere drift og vedlikehold. • Lavere risiko for utførende entreprenør (HMS). • Kortere og mer forutsigbar byggeperiode, og kortere og mer forutsigbar periode med ulemper for jernbanetrafikken.	• Trolig høyere investeringskostnad.

7 PROSJEKTERING AV SIKRINGSTILTAK

7.1 Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter

7.1.1 Standarder og regelverk

Se Kapittel 1.3.2.

7.1.2 Geoteknisk kategori, pålitelighetsklasse og kontrollklasse

I dette tilfelle anbefales det at skredsikringstiltakene klassifiseres i geotekniske kategorier (1, 2 og 3) avhengig av prosjektets kompleksitet og risiko i henhold til anbefalingene til N200 [6] og til Bane NORs tekniske regelverk for underbygning [3]. Geotekniske kategorier for veg eller baneprosjekter bestemmes i henhold til Eurokode 7 [24], hvor valg av geoteknisk kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 *Krav til prosjekteringen*. Geoteknisk kategori gir føringer for prosjekteringsmetoder og krav til kontroll.

Fundamentering av fanggjerd er generelt ikke en komplisert oppgave, men svikt (i stor skala) kan ha alvorlige konsekvenser. I dette tilfelle vil fundamenteringen bli utført stort sett på fast berg med antatt middels til god bergmassekvalitet i et område med relativt begrenset løsmassemekting. Utarbeidelse av dimensjoneringskriterier for fanggjerd i dette tilfelle krever kunnskap om størrelse på blokkenergi og spranghøyder for steinsprang. I dette tilfelle skal fanggjerdene kun sikre mot steinsprang med moderate blokkenergier og spranghøyder, med en nominell årlig sannsynlighet som ikke skal være høyere enn 1/100 og hvor det aksepteres en viss restrisiko. Avvikende dimensjonsverdier kan imidlertid ha alvorlige konsekvenser. Design av gjerde blir utført av leverandør i henhold til standard konstruksjonsgeometri. I henhold til kapittel 2 i Eurokode 7 er det vurdert at det skal benyttes geoteknisk kategori 2 for fundamenteringen. Prosjekteringskontrollklassen og utførelseskontrollklassen velges på bakgrunn av pålitelighetsklasse (RC) og geoteknisk kategori (GK) i henhold til Tabell 1.2.1-2 og 1.2.2-2 i vegnormal N200 [6], gjengitt i Tabell 7-1 og Tabell 7-2.

Tabell 7-1 Valg av prosjekteringskontrollklasse [6].

	Pålitelighetsklasse:	Prosjekteringskontrollklasse:
Geoteknisk kategori 1	RC1	PKK1
Geoteknisk kategori 2	RC2	PKK2
Geoteknisk kategori 3	RC3	PKK3

Tabell 7-2 Valg av utførelseskontrollklasse [6].

	Pålitelighetsklasse:	Utførelseskontrollklasse:
Geoteknisk kategori 1	RC1	UKK1
Geoteknisk kategori 2	RC2	UKK2
Geoteknisk kategori 3	RC3	UKK3

I henhold til Eurokode 0 skal kontrollklasse velges etter tiltakets pålitelighetsklasse. Alle konstruksjoner inndeles i pålitelighetsklasser avhengig av konsekvensklasse og ønsket sikkerhet. I dette tilfelle er det valgt konsekvens- og pålitelighetsklasse CC/RC 2, i henhold til Eurokode 0, og kontrollklasse for prosjektering, PKK 2 og utførelse UKK 2. Basert på pålitelighetsklassen fastsettes kontrollklasse og kontrollform for

prosjektering og utførelse etter tabell NA.A1 (902) og tabell NA.A1 (903) i Eurokode 0.

Utvidet kontroll i prosjekteringsklasse PKK2/UKK2 kan begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll (kollegakontroll) er gjennomført og dokumentert, og det er ikke krav om faglig kontroll [6].

For utvidet kontroll under PKK 2 skal det utføres kvalifisert undersøkelse for å vurdere om geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse, samt at datagrunnlaget er tilstrekkelig. Det skal ved stikkprøver være dokumentert at forutsetninger fra prosjektering er fulgt. Det skal også kontrolleres at prosjekterende har et kvalitetssystem. Entreprenørens utførelse i UKK2 vil være underlagt utvidet utførelseskontroll.

7.2 Funksjonskrav

7.2.1 Levetid

Alle løsninger og konstruksjoner skal planlegges og dimensjoneres for en levetid på 50 år, noe som er i tråd med dimensjonerende brukstidskategori 4 i tabell 2.1 i kapittel 2.3 i Eurokode 0.

Kapittel 2.4 i Eurocode 0 informerer om krav til bestandighet. For fanggjerder stiller EAD 340059-00-0106 krav til minimum levetid på 25 år ved korrosivitetsklasse C2 (iht. EN ISO 9223), gitt at fanggjerdene ikke utsettes for skred. Mange områder i Norge har miljø tilsvarende korrosivitetsklassene C3 eller C4, som vil begrense levetiden til et fanggjerde. I miljø med korrosivitetsklassene C3, vil enkelte leverandører kunne levere hylleware med levetid på 50 år. I dette tilfelle anbefaler vi å benytte korrosivitetsklasse C2 på grunn av innlandsklima.

7.2.2 Kvalitetssikring

Eurocode 0 krever at kvalitetssystem skal være tilgjengelig. Norconsult er sertifisert av BSI i henhold til Kvalitetssystem ISO 9001:2015 og Miljøsystem ISO 14001:2015 for rådgivning og tjenester innen geofagene.

7.3 Detaljprosjektering av fanggjerde mot steinsprang

7.3.1 Dimensjonering

Dimensjonering av fanggjerde mot steinsprang, herunder nødvendig styrke og høyde, er basert på utførte simuleringer av steinsprang i RAMMS RockFall og RocFall (omtalt i Kapittel 4).

Skredfarevurderingen og dimensjoneringen av sikringstiltak er basert på at nominell årlig sannsynlighet for skred på jernbanen ikke skal være høyere enn 1/100. Simuleringene er utført med noe mer avrundet blokkform enn de vanligste i fjellsiden, uten skog og med blokkvolum på 1 m³. Simuleringene vurderes som mest representative for steinsprang med årlig sannsynlighet på 1/100. Det er i dimensjoneringsgrunnlaget imidlertid valgt dimensjonerende blokkvolum på 2 m³ for å øke robustheten noe for sikringstiltaket for større blokker som ikke fragmenteres i mindre blokker, da forvittringsgraden og oppsprekkingen varierer noe. Se Kapittel 4 for ytterligere informasjon om valg av input-parametere og resultater for utførte simuleringer.

I dimensjoneringsgrunnlaget er det valgt en maksimal verdi fra en sannsynlighetsfordeling på 95 % persentil fra simuleringresultatet. Ved dimensjonering av fanggjerdene anbefales å bruke partialfaktormetoden i henhold til Eurokode 7 [25] [26]. I dette tilfellet er det brukt en partialfaktor $\gamma = 1,3$.

Nødvendig styrke (energiklasse)

Resultatene fra simuleringene antyder kinetisk energi (95 % persentil) nede ved jernbanen (hvor det vil være naturlig å plassere et fanggjerd i skredløpet) på inntil 1588 kJ for simuleringene i RAMMS Rockfall og inntil 328 - 562 kJ for simuleringene i RocFall. Ved bruk av partialfaktormetoden (kinetisk energi $\times 1,3$) vil dette gi følgende energier:

- RAMMS Rockfall: inntil 2064 kJ.
- RocFall: inntil 731 kJ.

Tabell 7-3 angir energiklasser i henhold til EAD 340059-00-0106. SEL («Service Energi Level») gjenspeiler energimengden et fanggjerd kan ta opp, og fortsatt kunne ta opp et nytt steinsprang. MEL («Maximum Energi Level») gjenspeiler energimengden det kreves for å dra bremseelementene til fullt utslag.

Med bakgrunn i en energi inntil 2064 kJ, simuleringene utført både i RAMMS RockFall og RocFall og at det kan gå steinsprang med større blokker enn 1 og 2 m³ (men med lavere sannsynlighet) er det vurdert følgende krav til energiklasse i henhold til EAD 340059-00-0106:

- **Energiklasse 8**
- **SEL > 1500 kJ**
- **MEL > 4500 kJ**

Et fanggjerd med energikapasitet på 5000 kJ vurderes som tilstrekkelig. Et fanggjerd med energikapasitet på 5000 kJ vil øke robustheten noe for steinsprang med større blokkstørrelser, selv om sannsynligheten for dette i utgangspunktet vurderes som lavere enn 1/100. Da oppsprekings- og forvitningsgraden varierer mye innenfor området er det knyttet usikkerhet til hvilke blokker som vil fragmenteres til mindre enheter og hvilke som ikke vil det.

Tabell 7-3 Energiklasser i henhold til EAD 340059-00-0106 [7]. $MEL \geq 3 \times SEL$.

Energiklasse:	0:	1:	2:	3:	4:	5:	6:	7:	8:
SEL (kJ)	-	85	170	330	550	660	1000	1500	>1500
MEL (kJ)	100	250	500	1000	1500	2000	3000	4500	>4500

Energiklasse 8 velges for hele strekningen, da resultatene fra simuleringene antyder forholdsvis lik fordeling i kinetisk energi over hele strekningen.

Nødvendig høyde

Resultat fra simuleringene antyder spranghøyder (95 % persentil) nede ved jernbanen (hvor det vil være naturlig å plassere et fanggjerd i skredløpet) på inntil 4,3 m for simuleringene i RAMMS Rockfall og inntil 3,2 - 4,3 m for simuleringene i RocFall. Med bakgrunn i observasjoner i felt vurderes det slik at terrenget vil dempe de største spranghøydene, og at det ikke forventes høyere spranghøyder for steinsprang i fjellsiden. Det forventes heller ikke flogstein med høye spranghøyder.

Med bakgrunn i dette vurderes **nødvendig høyde av fanggjerdet til minimum 5 m.**

Nødvendig høyde på minimum 5 m av fanggjerdet velges for hele strekningen, da resultatene fra simuleringene antyder forholdsvis lik fordeling i spranghøyder over hele strekningen.

7.3.2 Plassering

Trasé, lengde og tilpasninger til terrenget

Figur 7-1 og vedlegg 2 viser foreslått fanggjerdetrasé og plassering av gjerdestolper til fanggjerdet. Det er tegnet inn totalt 22 gjerdestolper, med en avstand på 8-12 m (standard stolpeavstand for denne type fanggjerdet) og lengde på totalt ca. 196 m. Langs jernbanen vil fanggjerdet starte fra ca. km 504,970 og avsluttes ved ca. km 505,170, det vil si at det vil gå langs en strekning på ca. 200 m. Annen stolpeavstand enn det som er satt opp her kan medføre et annet antall stolper.

Fanggjerdet er delt opp i 2 seksjoner, med en overlapp på minimum ca. 5 m i lengderetningen til fanggjerdet og en avstand på minimum 10 m i fallretningen til fjellsiden. Oppdeling i ulike seksjoner vil forenkle drift og vedlikehold av fanggjerdet, da det vil være enklere å tømme og utføre vedlikehold av én seksjon heller enn et sammenhengende gjerde. Tilkomsten vil også være enklere. Tabell 7-4 gir en oppsummering av antall stolper og lengde av de ulike fanggjerdeseksjonene.

Tabell 7-4 Antall stolper og lengde på de ulike fanggjerdeseksjonene.

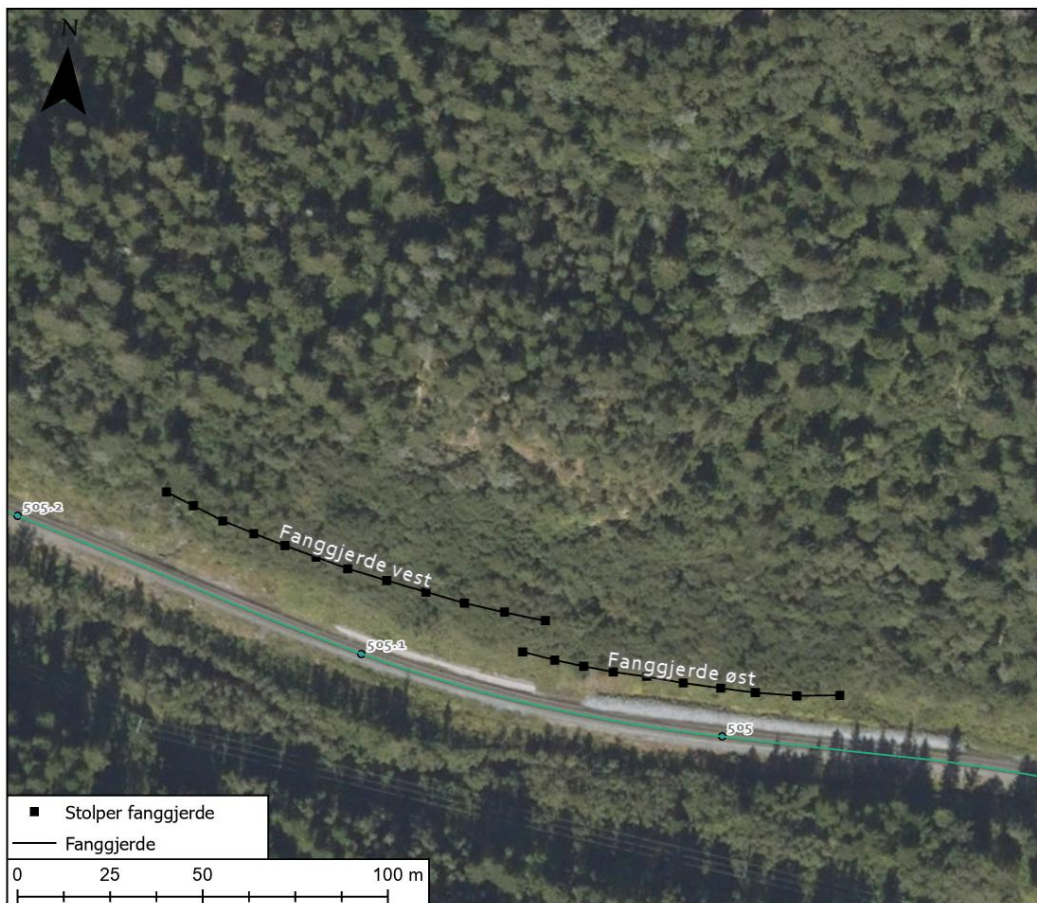
Fanggjerdeseksjon	Antall stolper:	Lengde:
Fanggjerdet øst	10	87 m
Fanggjerdet vest	12	109 m
Totalt	22	Ca. 196 m

Det anbefales imidlertid at plassering av fanggjerdet vurderes endelig i forbindelse med utstikning i felt, hvor både prosjekterende og utførende entreprenør bør delta. Gjerdet bør bestilles etter dette, da justeringer av plassering kan ha innvirkning på endelig lengde, antall stolper og antall forankringer. Gjerdet må i tillegg deles opp i mellomforankringer dersom lengden av en rad overstiger fanggjerdeprodusentens krav.

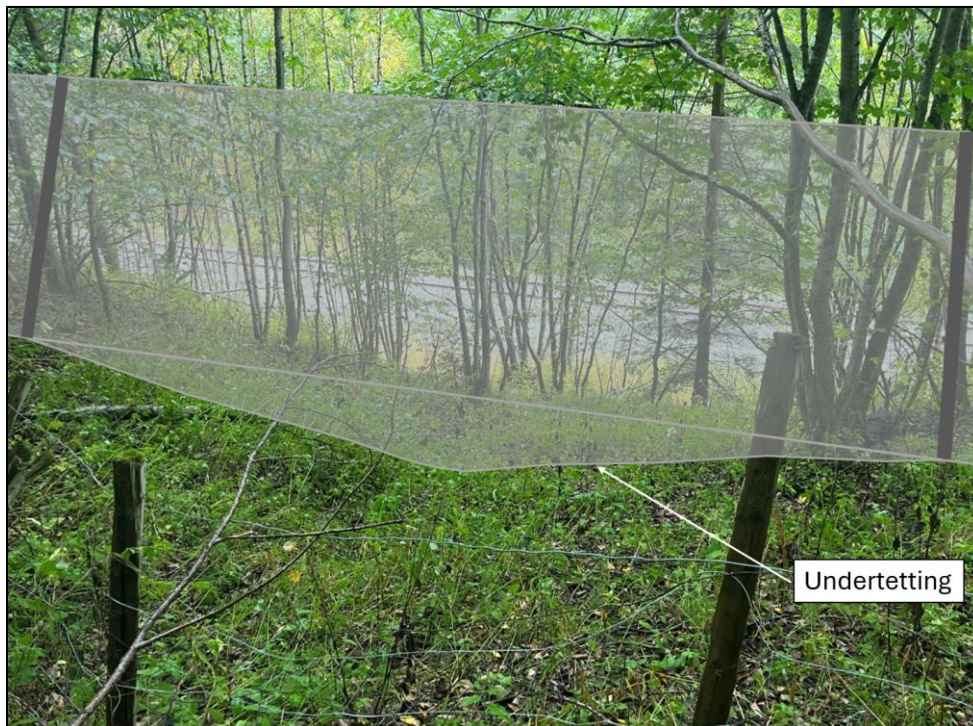
Følgende bør tas høyde for ved endelig fastsettelse av plassering av fanggjerdet:

- Fanggjerdet bør plasseres så nært jernbanen som mulig, men det må samtidig tas høyde for fanggjerdets arbeidsrom (deformasjon ved treff) og settes en buffersone som tar hensyn til dette. Gjerdeplassering som er foreslått i foreliggende rapport har en avstand til jernbanen som varierer innenfor ca. 13-23 m (målt fra midt spor). I forhold til mulig fremtidig elektrifisering av Rørosbanen bør fanggjerdets arbeidsrom ved fullt utslag ikke være nærmere enn 5 m fra jernbanen (målt fra midt spor). Typisk maksimal deformasjon («maximum elongation») for et fanggjerdet av denne typen er ca. 7,2-8,2 m, men kan variere noe fra leverandør til leverandør. Avstanden bør derfor ikke være mindre enn 13 m til jernbanen.
- Fanggjerdet bør plasseres langs linjer i terrenget, med så lite høydeforskjell som mulig. Dette vil gi enklere montering, vedlikehold og tømning av fanggjerdet ved treff. Leverandører har toleransegrenser for høydeforskjeller.

- Det bør, så langt det er mulig, unngås for brå retningsforandringer av gjerdetraseen, men forsøke å ha jevne overganger og retningsforandringer. Ulike fangggjerder har ulike toleransegrenser for retningsforandringer.
- Fangggjerdet bør plasseres slik at en unngår større forhøyninger i terrenget like over gjerdet, som gjør at gjerdets effektive høyde reduseres. Reduksjon av gjerdets effektive høyde vil øke sannsynligheten for at steinsprang går over.
- En bør, så langt det er mulig, unngå at gjerdestolper plasseres i kanalisierende terreng, søkk eller forsenkninger hvor det kan være økt potensiale for erosjon og økt sannsynlighet for at steinsprang kanaliseres og at gjerdestolpene treffes av steinsprang. Rygger vil ofte ha bedre bergmassekvalitet, lavere løsmassemektighet og bedre forankringsankringsforhold. Figur 7-2 viser prinsipp og eksempel for hvordan gjerdestolpene til fangggjerdet bør plasseres mellom kanalisierende terreng, søkk eller forsenkninger. Særlig viktig blir det å plassere gjerdestolper på begge sider av det definerte bekkeløpet lengst vest hvor det er forventet noe (men små mengder) massetransport og noe erosjonsaktivitet, se Figur 7-3. Ved dette bekkeløpet anbefales en lysåpning på ca. 20 cm under undertettingen.
- Overlapp mellom fangggjerderadene skal være minimum 5 m i lengderetningen til fangggjerdet med en avstand på minimum 10 m i fallretningen til fjellsiden. Avstand i fallretningen er viktig for å hindre at fangggjerdet nedenfor ikke påvirkes av et treff i fangggjerdet over.



Figur 7-1 Ortofoto som viser foreslått fangggjerdetrasé, med fangggjerdeseksjon øst og vest og fangggjerddestolpene langs hele strekningen. Se også vedlegg 2.



Figur 7-2 Prinsipp og eksempel som viser hvordan gjerdestolpene til fanggjerdet bør plasseres mellom kanaliserende terreng, søkk eller forsenkninger. Det må etableres tilstrekkelig undertetting i kanaliserende terreng, søkk eller forsenkninger for å hindre at steinsprang går under fanggjerdet.



Figur 7-3 Bekkeløp lengst vest hvor fanggjerdestolpene må monteres på begge sider, og ikke i bekkeløpet hvor det er forventet noe massetransport og erosjonsaktivitet.

Undertetting

Hvor fanggjerdet går forbi kanalisierende terreng, søkk eller forsenkninger eller andre ujevnheter må det etableres tilstrekkelig undertetting mellom bakken og fanggjerdet, dette for å hindre at steinsprang går under fanggjerdet. Se Figur 7-3 for prinsipp og eksempel for undertetting i en definert forsenkning. Fanggjerdet krysser et bekkeløp lengst vest, se Figur 7-3. I dette området anbefales det en lysåpning på ca. 20 cm under undertettingen, slik at massene som transporteres langs bekkeløpet går under fanggjerdet.

Materialer som benyttes til undertetting skal være av samme type som nettet til fanggjerdet. Se kapittel 7.3.7 for materialkrav.

Innernet

Fanggjerdet skal monteres med et innernet, med maksimal åpning på 80 mm. Dette for å sikre at fragmenter av mindre størrelse fanges opp av gjerdet, og ikke går gjennom. Se kapittel 7.3.7 for materialkrav.

7.3.3 Grunnforhold

Bergmassekvalitet

Berggrunnen i nedre deler av fjellsiden består av fyllitt og glimmerskifer med noe innslag av grønnstein, grønnskifer og amfibolitt (se Kapittel 2.5).

Bergmassekvaliteten varierer i området. Berget er stedvis forholdsvis grovblokkig og massivt og stedvis tettere oppsprukket og forvitret. Noen få steder er berget svært tett oppsprukket og småfallent, med høy forvitringsgrad. Glimmerinnholdet i bergmassen varierer noe, men omfanget av glimmer er forholdsvis moderat. Det er ikke observert større svakhetssoner i området. Bergmassekvaliteten i området vurderes som middels god, men stedvis dårlig og stedvis god.

Løsmasser

Den nordligste delen av fanggjerdetraséen (ca. 20 m) består av et veldig tynt og usammenhengende løsmassedekke. Like vest renner det et definert bekkeløp, som stort sett renner ned på berggrunnen. Antatt løsmassemektighet i dette området er de fleste stedene under 0,5 m.

Langs resten av strekningen er det få bergblotninger nede ved jernbanen, kun små blotninger som stikker opp sporadisk. Det stikker imidlertid opp mindre rygger med lite definerte forsenkninger mellom som antyder at det er et relativt tynt men mer sammenhengende løsmassedekke i dette området, hvor det antas å være tynnere på ryggene og tykkere i forsenkningene. En støttemur som er bygget nede ved jernbanen med høyde på ca. 1,5-2 m antyder at det er noe løsmasser i dette området. Løsmassemektighet langs store deler av strekningen, foruten lengst nord, antas å være inntil 2 m. Det kan imidlertid ikke utelukkes at det ved enkelte punkter er høyere løsmassemektighet enn 2 m.

7.3.4 Forankring

Det antas forankringer stort sett i fast fjell, med middels god bergmassekvalitet. Det må påregnes boring gjennom løsmasser til berg. Enkelte forankringer i løsmasser alene kan ikke utelukkes, da det kan finnes områder med løsmasser med stor mektighet.

Beregninger av nødvendig forankringslengde i berg er utført etter Statens vegvesens metode for stagforankringer gitt i Veileder V220 Geoteknikk i vegbygging, Kapittel

11.6.4.5 [27]. Det er forutsatt verdier for bergarten fyllitt/glimmerskifer, med bergmasse med tre sprekkesett med sporadiske sprekker. Videre er det ikke observert tydelige sprekkesett/skifrihet med fall ned mot jernbanen. Det er antatt en karakteristisk heftfasthet på 1,5 MPa, trykkfasthet ≥ 50 MPa på bruddplan og en bruddvinkel for bergmassen ≤ 30 grader. Største dimensjonerende strekkraft i forankringsstag settes til 300 kN, som er vanlige laster gjerdeleverandører oppgir for fanggjerdet mot steinsprang i energiklasse 7. Det presiseres imidlertid at dimensjonerende strekkraft kan variere noe for ulike gjerdeleverandører. Beregningene antyder behov for minimum 3,14 m innboringslengde for forankring av enkeltstag i berg, se vedlegg 3.

Forankringslengder i berg skal derfor være minimum 3,2 m i godt berg (gyst lengde), dette gjelder alle forankringer foruten vertikale stag til fotplatene. Dersom produsenten leverer generelle anbefalinger for forankringslengder og den er lengre enn 3,2 m skal produsentens forankringslengder benyttes. Dersom det gjennombores i eksempelvis 2 m med løsmasse til berg, skal total forankringslengde være 5,2 m, derav 2 m i løsmasse og 3,2 m i godt berg. Dersom selvboende stag skal benyttes bør det dokumenteres om skjærkapasiteten til staget er tilstrekkelig. Materialet i staget skal tilfredsstille krav iht. NS-EN 1537:2013, og følgelig være av typen S460NH iht. NS-EN 10210-1.

Vertikale stag til fotplatene skal ha en innboringslengde på minimum 1 m i godt berg.

Lokal stabilitet (enkeltblokker) må sikres før en forankring kan installeres. Det er viktig å sørge for at forankringen er i berg, og ikke i løse blokker som ligger i terrenget. Dette må vurderes på stedet av utførende entreprenør.

7.3.5 Felling av trær og fjerning av vegetasjon

Det må påregnes felling av skog/trær og fjerning av vegetasjon langs fanggjerdetraseen og som kommer i konflikt med monteringen og anleggsarbeidet, og dette må utføres før igangsetting av montering av fanggjerdene. Det må tas høyde for fanggjerdets sideforankringer (typisk ca. 7-8 m ut på sidene) og bakbarduneringer (typisk ca. 7-8 m bak) i tillegg til tilstrekkelig arbeidsrom, og dette kan variere noe fra leverandør til leverandør.

7.3.6 Montering

Materialer som benyttes til undertetting skal være av samme type som nettet i fanggjerdet, og dokumentasjon på dette skal forelegges byggherren. Leverandørtegninger, monteringsanvisning og arbeidsprosedyrer skal fremlegges byggherren før arbeidene starter. Monteringsanvisning fra leverandør skal følges ved oppføring av gjerdet. Alle forankringer skal som hovedregel etableres i godt berg. Forankringslengden skal være minimum 3,2 meter i godt berg (gyst lengde, Kapittel 7.3.4). Ved rene løsmasseforankringer skal forankringslengden være 9 meter.

Det anbefales ikke gysing ved temperaturer under 5 °C. Ved eventuell gysing i temperaturer lavere enn 5°C er entreprenør (og eventuelle produktleverandører) selv ansvarlige for at egne prosedyrer for gysing i kaldt klima blir fulgt og fungerer slik at mørtelen oppnår tilstrekkelig strekkfasthet før prøvetrekking.

Det er viktig at det er god dialog mellom ingeniørgeolog, entreprenør og byggherre under utstikning av gjerdetrase, prøvetrekkingen og monteringen.

7.3.7 Kvalitet

Gjerdet skal være produsert for å tilfredsstille krav til energiklasse 8 ($MEL > 4500 \text{ kJ}$), kategori A (minimum resthøyde etter treff 50 %) i henhold til EAD 340059-00-0106.

Systemet skal være motstandsdyktig mot korrosjon, UV-stråling og termisk nedbrytning. Vaier og hovednett skal være korrorsjonsbeskyttet med Zink 95% / Aluminium 5% klasse A iht. UNI EN 10244-2-2009.

Stolper, fotplater etc. skal varmforzinkes iht. NS-EN ISO 1461 / EN ISO 14713 med minimum 0,085 mm (85my). Forankringer og tilbehør skal ha stålkvalitet B500NC, være varmforzinket i henhold til NS-EN1461 og pulverlakkert med minst 60 mikrometer epoxy i henhold til NS-EN 14438. Åpninger i nettet skal ha største diameter maksimalt 80 mm. Gysemasse i forankringene skal tilfredsstille fasthetsklasse B45. Mørtelen som benyttes til eventuelle betongfundamenter og faststøping av forankringer skal ha fasthetsklasse minimum B35 (trykkfasthet terning 45 MPa).

7.3.8 Dokumentasjon og sjekklister

Leverandørtegninger, monteringsanvisning og arbeidsprosedyrer skal fremlegges byggherren. Monteringsanvisning fra leverandør skal følges ved oppføring av gjerdet. Det skal føres logg for boring av hver enkelt forankring. Loggen skal overleveres byggherren og minimum inneholde: tidspunkt, vær, dybde til berg, bergkvalitet, evt. borevansker, type forankring, stikning, hvem som har utført boring mv.

Produktdatablader for stag og mørtel skal oversendes til byggherre ved oppstart. Dokumentasjon på materialer som benyttes til undertetting skal forelegges byggherren. Det skal foreligge sjekklister fra prøvetrekkingen som dokumenterer at prosedyren beskrevet i avsnittet under er fulgt. I tillegg skal det foreligge sjekkliste for at gjerdet er montert i henhold til monteringsanvisning.

7.3.9 Dimensjonering for andre skredtyper og laster

Det vurderes at det ikke er behov for å dimensjonere fanggjerdet til andre skredtyper eller laster enn steinsprang, slik som jord- og flomskred, snøskred eller snølast.

7.3.10 Prøvetrekking

20 % av alle forankringer av side- og bakbarduner (og eventuelt frontbarduner), og forankret i minst 3,2 m godt berg, skal prøvetrekkes i belastningsretningen til $0,7 \cdot P_p$, dvs. 70% av minimumskapasitet for ankrene iht. produsentens krav til forankringene. Entreprenør må skaffe til veie egnet utstyr for å utføre prøvetrekking, herunder motholds-system som ikke synker inn i bakken ved prøvetrekking på løsmasser. Utførelse av prøvetrekking skal skje i henhold til leverandørens spesifikasjoner. Herdetid på betong skal være minimum 14 dager før prøvetrekking.

Det skal også utføres prøvetrekking i minst tre prøveankere opptil $1,35 \cdot P_p$, dvs. 135% $1,35$ ganger karakteristisk last spesifisert fra leverandør. Lokalitet for prøvetrekking skal skje i samråd med byggherre og entreprenør.

Nedenfor er anbefalt prosedyre for prøvetrekkingen:

1. Spenn opp til 33 % av maksimal prøvelast, vent 1 minutt
2. Spenn opp til 67 % av maksimal prøvelast, vent 1 minutt
3. Spenn videre opp til 100 % av maksimal prøvelast, vent 1 minutt
4. Reduser trykket til 0 %
5. Spenn opp til 100% av maksimal prøvelast, vent 1 minutt
6. Ta av trykket, prøvetrekkingen er ferdig

7.4 Sikkerhet ved utførelse – vurdering av skredfare i anleggsfasen

Fanggjerdet skal monteres i foten av fjellsiden Folstadlien nord, som er et utløpsområde for steinsprang som løsner i fjellsiden. Arbeidsområdet er dermed lokalisert i et skredutsatt terreng, hvor det er fare for at det kan gå steinsprang som enten løsner fra bergskrenter i fjellsiden eller remobiliseres fra terrenget.

Sannsynligheten for steinsprang som kan treffe jernbanen og arbeidsområdet er ikke eksakt kvantifisert, men vurderes som relativt lav med en nominell årlig sannsynlighet som ligger mellom 1/25 og 1/50, det vil si at et steinsprang statistisk sett vil treffe jernbanen eller arbeidsområdet omtrent hvert 25. til 50. år.

Håndtering av skredfare og minimering av skredrisiko vil derfor være viktig for å få gjennomført god HMS i prosjektet og bør være et sentralt tema både i oppstartsmøte og underveis i byggemøter. Følgende tiltak kan vurderes for å håndtere skredfare og minimere skredrisiko:

- Identifisere risikoelementer og utføre risikoreduserende tiltak (HMS-plan og Sikker Jobb Analyse).
- Redusere eksponeringen for skredfare ved å identifisere arbeid som kan utføres utenfor skredutsatt område, for eksempel:
 - Klargjøring av gjerdeelementer før montering
 - Vedlikehold av utstyr
 - Møter, pauser etc.
- Unngå arbeid i skredutsatt område når det er pågående vær som kan gi økt fare for at steinsprang utløses, som for eksempel:
 - Under og rett etter kraftig regnvær
 - Perioder med stor vannføring i terrenget (for eksempel i forbindelse med kraftig snøsmelting og/eller regn/styrtregn)
 - Perioder med temperaturer som varierer rundt 0 grader, hvor det kan pågå aktive fryse- og tineprosesser
 - Perioder med svært kraftig vind som kan medføre rotvelt
- Vurdere om det er behov for å arbeide i skredutsatt område når det er mørkt og dårlig sikt.

For øvrig er montering av fanggjerdet normalt arbeid for en fjellsikringsentreprenør, og risiko i forbindelse med arbeidene forutsettes ivaretatt av entreprenørens normale prosedyrer og rutiner.

7.5 Drift og vedlikehold

Det er i TEK 17 § 4 krav om at det skal leveres en bruk-, vedlikehold og reparasjonsprosedyre (FDV-dokumentasjon). FDV-dokumentasjon er lovpålagt dokumentasjon for et bygg som inneholder produkter som skal forvaltes, driftes eller vedlikeholdes i løpet av byggets levetid. Ansvarlig prosjekterende og ansvarlig utførende skal, innenfor sitt ansvarsområde, framlegge den nødvendige dokumentasjonen for ansvarlig søker. Dokumentasjonen skal gi grunnlag for hvordan igangsetting, forvaltning, drift og vedlikehold av byggverket, tekniske installasjoner og anlegg skal utføres på en tilfredsstillende måte. Fanggjerdene som skal monteres i dette tilfellet blir ansett som en teknisk installasjon.

Det er tatt utgangspunktet i Statens vegvesen sin håndbok R610 [28] for anbefaling av vedlikehold og inspeksjonsprosedyre i dette tilfelle. Det anbefales at gjerdene inspiseres hvert år. Viktige momenter som bør undersøkes under en inspeksjon er følgende:

- Løsmasser i nettet.
- Deformasjon, korrosjon eller brudd på bremseelementer.
- Deformasjon, frynser eller korrosjon på wire.
- Sammendragning eller deformasjon på wire-clips.
- Revnet grovmasket nett og innernett.
- Skade på stolpe eller wire-guide, skjevhet eller korrosjon.
- Skjevhet, deformasjon, erosjon eller sig i grunn rundt fotplater og fundament.
- Deformasjon av forankring, erosjon rundt forankring eller uheldig skjærpåvirkning på forankringene.
- Busker og trær i og ved nettet.

Ytterligere detaljer rundt utførelse for drift og vedlikehold vil også utarbeides av gjerdeleverandør.

Inspeksjonen bør utføres av driftspersonell i Bane NOR under forutsetning at det foreligger en detaljert inspeksjonsprosedyre fra leverandør. Ved større steinsprang kan det være behov for å tømme gjerdene. Elementer som ofte er ødelagt i forbindelse med treff er bremseelementer og langsgående wire, og gjerdestolper. Dersom det oppstår behov for tømning av nettet, eller reparasjoner av kritiske elementer, må en entreprenør med relevant erfaring innenfor montering av fanggjerd kontaktet.

7.6 Restrisiko

Nominell årlig sannsynlighet for skred vurderes som lavere enn 1/100 dersom fanggjerdet monteres i henhold til prosjekteringsrapporten og gjerdeleverandørens monteringsinstrukser. En forutsetning for sannsynlighet for skred lavere enn 1/100 er også at fanggjerdet tømmes og vedlikeholdes etter at det har gått steinsprang i det, da steinsprang kan skade gjerdet og gjerdeelementer som kan redusere kapasiteten og effekten.

Gjerdet er ikke dimensjonert for steinsprang av større blokker som ikke fragmenteres i mindre blokker, noe som vurderes som sjeldnere tilfeller med en sannsynlighet lavere enn 1/100. Gjerdet er heller ikke dimensjonert for andre typer skred, slik som jord- og flomskred eller snøskred, med vurdert lav sannsynlighet. Ved to lokaliteter er

det montert målebolter for måling av bevegelse i store blokker. Det anbefales at årlig avlesning av disse opprettholdes også etter at fanggjerde er montert.

Mindre justeringer av anbefalte plasseringer av fanggjerdet kan forekomme etter befaring med entreprenør/leverandør under utstikning. Ønsket tilkomst i forbindelse med montering, eller tilpasning av gjerdestolper til terreng i forhold til lengde på en rad, er eksempler som kan endre forutsetningene for plassering som er lagt til grunn i dette tilfelle.

Dersom entreprenør identifiserer større blokker som bør sikres i tillegg til fanggjerde må dette informeres byggherre i forkant.

7.7 Andre forhold

7.7.1 Høyspent

Det er ingen høyspentledninger eller luftspenn som kommer i konflikt med bygging av fanggjerdet.

7.7.2 Verneområder

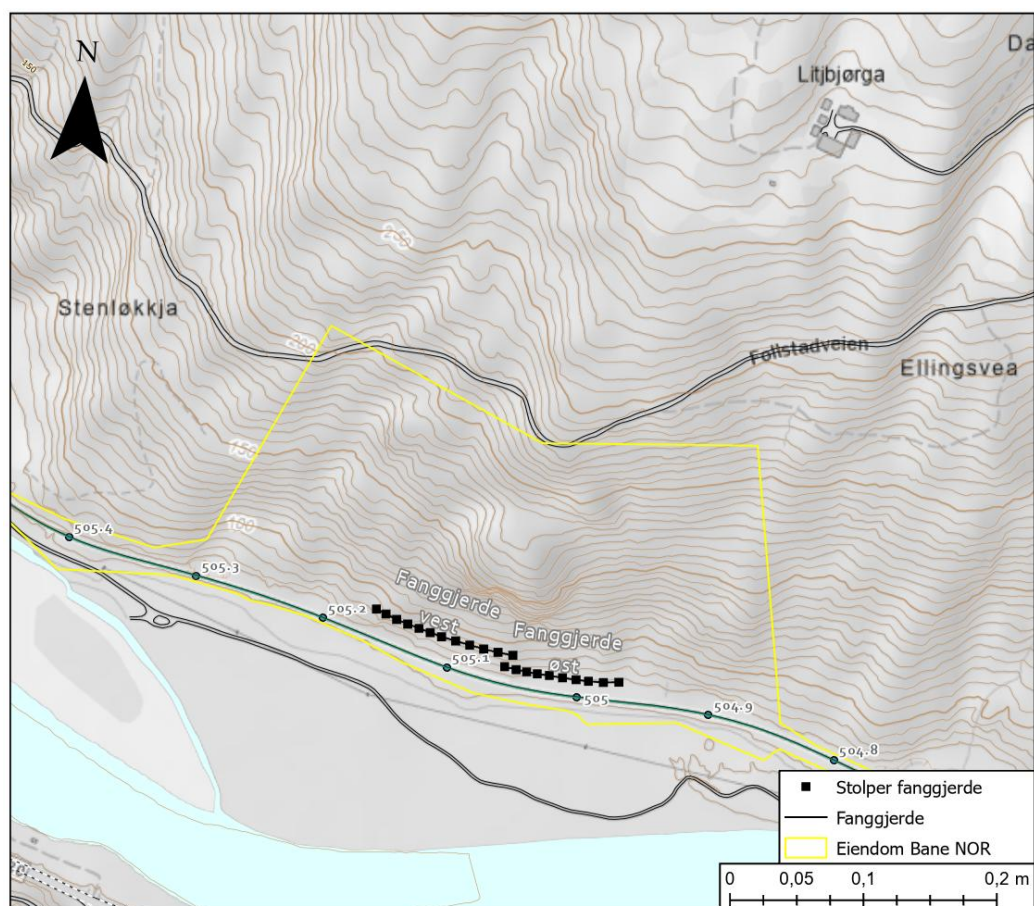
Det er i Miljødirektoratets kartvisning «Verneområder i Norge» [29] ikke identifisert verneområder som kommer i konflikt med bygging av fanggjerdet.

7.7.3 Byggesøknad

Gjennom dialog med Midtre Gauldal kommune er det konkludert med at det for bygging av fanggjerde må søkes om dispensasjon fra kommuneplanens arealdel (KPA), hvor området er lokalisert innenfor LNFR-område (Landbruk, natur- og friluftsområder samt reindrift).

7.7.4 Eiendomsforhold

Figur 7-4 viser kart over Bane NORs eiendom i forhold til fanggjerdetraseen. Kartet viser at hele fanggjerdetraseen vil havne innenfor Bane NORs eiendom.



Figur 7-4 Kart som viser avgrensning av Bane NORs eiendom i forhold til fanggjerdetraseen.

8 REFERANSER

- [1] Sweco, «Skredfarekartlegging Rørosbanen - Stensli (km 442) - Støren (km 510),» 2013.
- [2] Skred AS, «Skredfarekartlegging Område Nord, Trøndelag og Innlandet - Skredrapport med nytte-kostvurdering (km 126,6 - 510,37),» 2023.
- [3] Bane Nor, «Teknisk regelverk,» [Internett]. Available: <https://trv.banenor.no/wiki/Forside>. [Funnet 2025].
- [4] NVE, «Utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng - utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak,» [Internett]. Available: <https://veiledere.nve.no/utredning-av-sikkerhet-mot-skred-i-bratt-terreng/>. [Funnet 2025].
- [5] «Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) - TEK17,» 2017. [Internett]. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840>.
- [6] Statens vegvesen, «Håndbok N200 Vegbygging,» 2024. [Internett]. Available: <https://store.vegnorm.vegvesen.no/n200>.
- [7] EOTA 2019, «EAD (European Assessment Documents) 340059-00-0106 Falling rock protection kits,» 2019.
- [8] NVE, «Sikringshåndboka - Regelverk for prosjektering,» 2023. [Internett]. Available: <https://veiledere.nve.no/sikringshandboka/skred-i-bratt-terreng/prosjektering/#pageSection-1>.
- [9] Statens vegvesen, «Erfaringsrapport om oppsett av fanggjerd (51058-SKRED-01),» 2020.
- [10] Statens vegvesen, «R761 Prosesskoden Standard beskrivelsestekster for veger, tunneler, bruer og kaier,» 2025.
- [11] Kartverket, «Høydedata,» [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>.
- [12] Statens kartverk, «Norge i Bilder,» [Internett]. Available: <https://norgeibilder.no/>.
- [13] NGU, «Kart på nett,» [Internett]. Available: <https://www.ngu.no/emne/kart-pa-nett>.
- [14] NVE, «NVE Atlas,» [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>.
- [15] Norges vassdrags- og energidirektoratet, «Skredhendelsesdatabasen (NSDB),» [Internett]. Available: www.skredregistrering.no.
- [16] NIBIO, «Kilden,» [Internett]. Available: <https://kilden.nibio.no/>.
- [17] «InSAR Norway,» [Internett]. Available: <https://insar.ngu.no/>.
- [18] NVE, «Temakart NVE,» NVE, [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/tema>. [Funnet 2025 10 06].
- [19] A. Viak, «AV-klima,» Asplan Viak, [Internett]. Available: <https://app-avtools-klima-dev.azurewebsites.net/>. [Funnet 03 10 2025].
- [20] N. klimaservicesenter, «Norsk klimaservicesenter,» [Internett]. Available: <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/sor-trondelag>. [Funnet 22 10 2025].
- [21] I. Sivertsvoll, Interviewee, *Tilstandskontrollør Bane NOR*. [Intervju]. 28 10 2025.

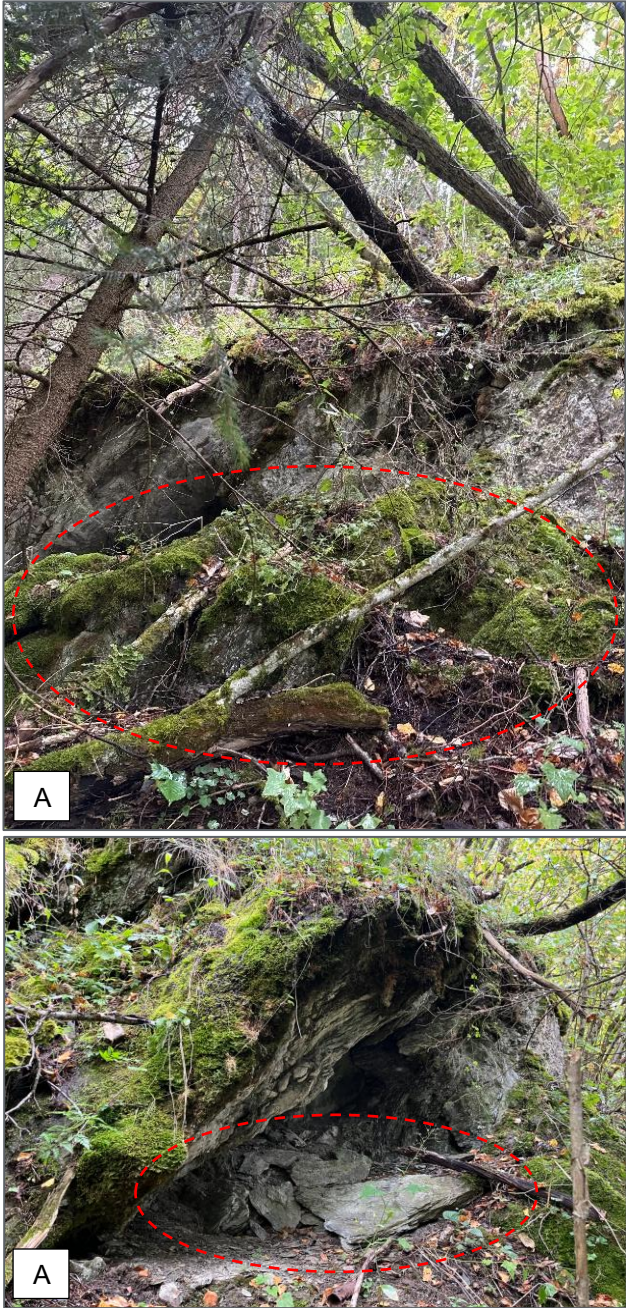
- [22] «RAMMS::Rockfall,» SLF, [Internett]. Available: <https://ramms.ch/ramms-rockfall/>.
- [23] «RocFall2,» Rocscience, [Internett]. Available: <https://www.rocscience.com/software/rocfall>.
- [24] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2025 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler».
- [25] «NS-EN 1997-2:2008: Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering, Del 1: Allmenne regler.».
- [26] «NS-EN 1997-2:2008 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering, del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver».
- [27] Statens vegvesen, «Veileder V220 Geoteknikk i vegbygging,» 2025.
- [28] Statens vegvesen, «R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger,» 2025.
- [29] «Verneområder i Norge,» Miljødirektoratet, 2025. [Internett]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vernet-natur/norges-verneomrader/>.
- [30] «Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) - TEK17,» 2017. [Internett]. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840>.

9 VEDLEGG

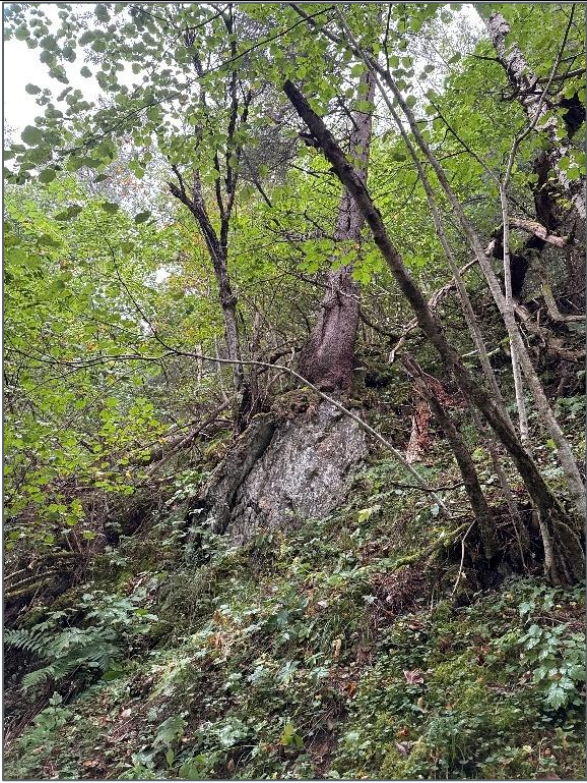
Vedlegg 1: Bilder fra befaringen

Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé

Vedlegg 3: Beregning forankring enkeltstag i berg

Observasjoner fra befaring Norconsult:			
info. nr.:	Km:	Beskrivelse:	Bilde:
3.1	505.06	A: Lave bergskrenter (høyde på inntil ca. 3 m) helt i toppen av tiltaksområdet. Noe synlig nedfall, men som har stoppet like under bergskrentene (vist med rød stiplet sirkel). Flate og avlange blokker, skifrig/lagdelt berg. Stedvis tett oppsprukket og en del mindre enheter. En del større trær, som kan resultere i rotsprengning/rotvelt av steinblokker. Stort og flatt område på rygg nedenfor som vil stoppe de aller fleste steinsprang. B: Mosegrodd blokk som lener på tre, ca. 0,05 m³. Litt mer rund i formen enn de andre i området. Blokken har hatt kort utløpslengde.	



3.2	505.13	Lokal bergskrent med høyde på ca. 2-3 m, med noe sprekkeavløst berg. Større flak (på ca. 0,5-1 m ³) som vender innover, med god fotstøtte. Vurdert lav løsneseansynlighet (< 1/100). Stort tre over som kan resultere i rotsprengning/rotvelt.	
3.3	505.16	Tydelig bekkeløp som flere steder renner på berg under. Det er avsatt steinblokker av ulik størrelse (inntil 0,5 m ³) nedover i bekkeløpet, de fleste avlange og flate. Det meste av finstoffet er vasket bort, og det er tynt med løsmasser på begge sider. Ligger også en del greiner og røtter i bekkeløpet.	

			
--	--	--	---

3.4	505.12	A: Forsenkning med åpnere skog (glenne). B: Bergskrent med synlig avløst blokk, og hvor det er synlig spor etter tidligere nedfall. Trær som kan resultere i rotsprengning/rotvelt. Vurdert løsningsansynlighet > 1/100. C: Mindre steinsprangblokker (ca. 0,05 m³) D: Større steinsprangblokker (ca. 0,5 m³), avlange og relativt flat. Tomstokk er brukt for 1 m skala.	 
-----	--------	---	--

			 C  D	
--	--	--	--	--

3.5	505.05	Toppen av høy berghammer. Gradvis (lang og jevn) overgang fra helt flatt platå/område over til steil berghammer under. Store trær (både grantrær og løvtrær) som vokser helt ut på kanten, og som kan resultere i rotsprengning/rotvelt i toppen av berghammer. Ikke mulig å se over kanten uten tau.	
-----	--------	--	---

3.6	505.13	Avsetninger fra steinsprang av antatt nyere dato nedover langs forsenkning. Synlige spor i trær og terreng (vist med røde piler). Tomstokk er brukt for 1 m skala.	 
-----	--------	--	--

3.7	505.16	A: Steinblokker fra steinsprang (ca. 0,3-0,4 m³), den ene av antatt nyere dato. Kan remobiliseres, med vurdert sannsynlighet > 1/100. B: Bekkeløp og tydelig forsenkning/juv i berg. Ligger mye blokker nedover bekkeløpet (inntil 1 m³), og lite finstoff. Det er observert ferske nedfall (inntil ca. 0,05 m³) på sidene (markert med rød stiplet sirkel), men med kort utløpslengde. Bergskrentene i dette området er grovt oppsprukket, med blokker på flere m³. C: Bergskrent med relativt grovt oppsprukket berg, med blokker på flere m³. Vurdert lav løsningsannsynlighet (< 1/100). Tomstokk er brukt for 1 m skala.	 A  A  B	
-----	--------	--	--	--

			 B  B	
--	--	--	--	--

			 B  B	
--	--	--	--	--

			 B  C
--	--	--	--

3.8	505.16	A: Blokk fra tidligere steinsprang (ca. 1 m³). Lite røtter og vannveier, og dermed lite drivende krefter i forhold til remobilisering. Vurdert løsneseansynlighet < 1/100. B: Bergskrent med sprekkeavløst berg og blokker på toppen, og synlig nedfall fra tidligere. Tre kan resultere i rotsprengning/rotvelt. Vurdert løsneseansynlighet > 1/100. C: Rygg med store grantrær og noen velte trær.	 
-----	--------	--	--

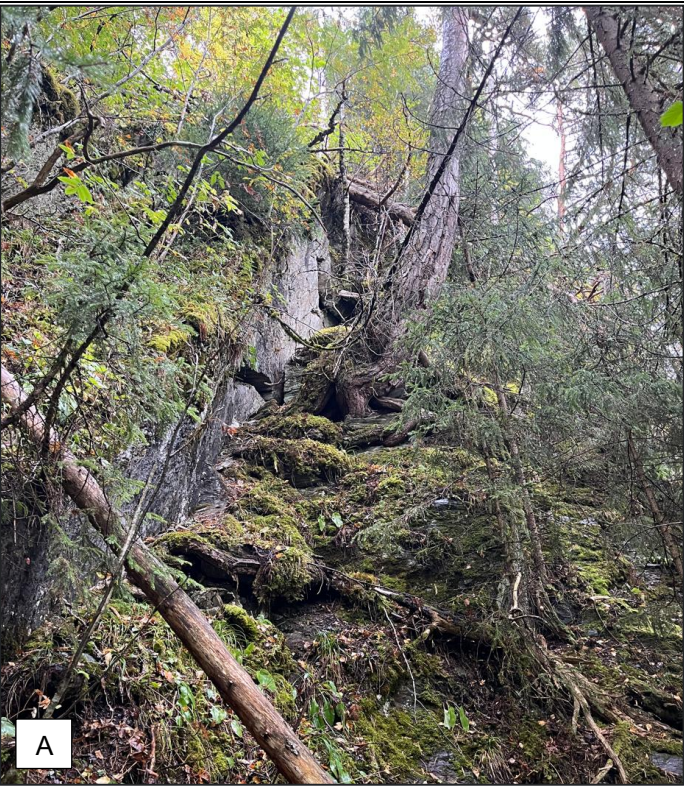
			 B  C
--	--	--	--

3.9	505.16	A: Blokk fra steinsprang av antatt nyere dato (40x20x30 cm, ca. 0,2 m³). Ligger trolig stabilt, lav sannsynlighet for remobilisering. Flere større blokker (ca. 0,5 m³) som ligger ned i vegetasjon, også disse trolig stabile. Vurdert løsnessannsynlighet < 1/100. B: Bekkeløp, samme som infopunkt 3.3 og 3.9 bare lenger ned). Deler seg opp i to parallelle løp ved dette punktet. Renner flere steder på berg, og inneholder blokker av ulik størrelse (inntil ca. 0,5 m³) og lite finstoff. Tomstokk er brukt for 1 m skala.	
-----	--------	--	---

			  	
--	--	--	---	--

3.10	505.13	A: Stor blokk på ca. 8-10 m³ som ligger i terrenget under bergskrent. Blokken ligger tilsynelatende stabil i terrenget, lav sannsynlighet for remobilisering (< 1/100). B: Bergskrent med synlige spor etter nedfall (vist med rød stiplet sirkel), og hvor greiner/røtter og vegetasjon henger ned. En del småfallent og tett oppsprukket berg, og noen blokker inntil ca. 1 m³. En del trær og røtter som kan resultere i rotsprengning/rotvelt, men hovedsakelig mindre blokkvolum. Vurdert løsningsannsynlighet > 1/100.	 A  B
------	--------	--	--

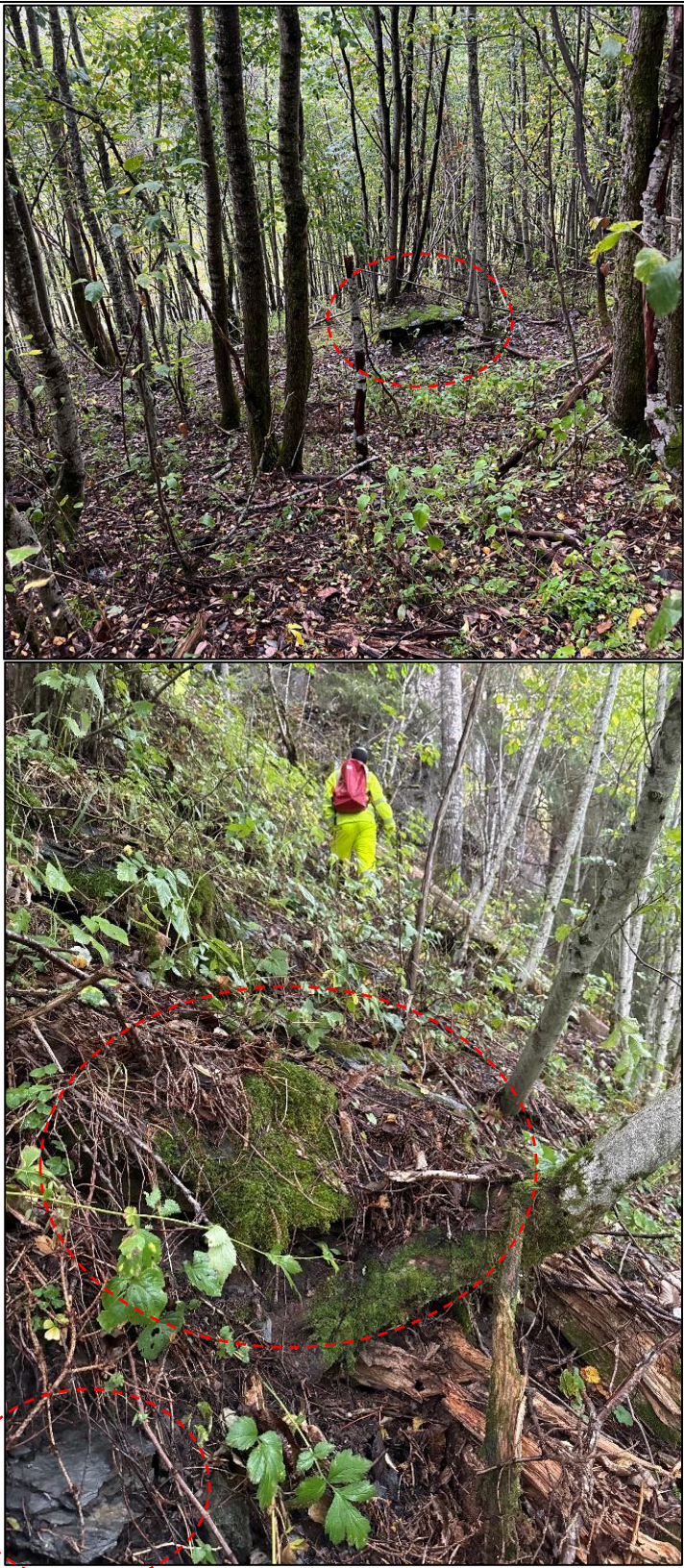
			
3.11	505.12	Bergskrent som er mosegrodd, og hvor det er utfordrende å vurdere stabilitet og fare for nedfall. Noe ferske nedfall helt mot venstre, vist med rød stiplet sirkel. Sannsynlighet usikker.	

3.12	505.12	A: Høye berghammere hvor det er vanskelig å få oversikt på grunn av mye trær, vegetasjon og bratt tilkomst. Det observeres ingen umiddelbart/kritisk ustabile og synlige objekter. Forholdsvis grov oppsprekning, og enkelte større blokker (inntil 10 m³). Men også tettere oppsprukket, med blokker på ca. 0,5-1 m³. Større overheng i øvre del av berghammer, hvor tyngdepunktet er flyttet langt ut og hvor det kan være fare for nedfall. Kan se ut som det ligger noen blokker på hyllesystemer, som kan remboliseres av rotsprengning/rotvelt. Vurdert løsneseansynlighet > 1/100. B: Lavere bergskrent nedenfor A, med høyde på ca. 5-6 m. Grov oppsprekking, som danner blokker på flere m³, og enkelte inntil ca. 10 m³. Ingen synlig ustabile parti. Vurdert løsneseansynlighet < 1/100. C: Bergskrent i bratt terreng hvor det er synlig nedfall (trolig ca. 1 m³) under et stort grantre (vist med rød stiplet sirkel). På grunn av bratt tilkomst og mye trær og vegetasjon er det vanskelig å vurdere dette området. Antatt løsneseansynlighet > 1/100.	 
------	--------	---	--

3.13	505.12	
------	--------	--

			 	
--	--	--	---	--

3.14	505.12	Observerte flere steinblokker som vurderes å komme fra tidligere steinsprang. Alderen er vanskelig å anslå, men antas noe eldre dato. Alle blokkene ser ut til å ha stoppet på oversiden av trær. Blokkstørrelsene varierer fra 0,2 til ca. 1 m³, med flat og avlang blokkform. Lav sannsynlighet for remobilisering (< 1/100).	
------	--------	---	---

			
--	--	--	---

3.15	505.11	Bergskrent med høyde på ca. 3-4 m, hvor det er en avløst steinblokk (ca. 1 m³) i toppen som kan gli eller velte ut (vist med rød stiplet sirkel). Det er observert spor etter tidligere nedfall i vegetasjonen under (vist med rød pil). På siden er det en del sprekkeavløst berg som kan falle ut, hovedsakelig av mindre volum. Vokser flere større trær, så nedfall kan utløses av rotsprengning/rotvelt. Løsnestabilitet > 1/100.	
------	--------	---	---

3.16	505.09	A: Steinsprangblokk som ligger i terrenget, 0,90x0,50x0,90 m (ca. 0,4 m³). Ligger stabilt, lite fare for remobilisering. Vurdert løsneseansynlighet < 1/100. B: Nedre del av høy berghammer med flere avløste bergblokker. Volumet varierer, de fleste ca. 0,5-1 m³ men enkelte er flere m³ og noen også ca. 10 m³. Berget er mange steder forvitret, og det er mye småfallent berg under. Det vokser trær i berghammeren som kan resultere i rotsprengning/rotvelt. Vurdert løsneseansynlighet > 1/100. Tomstokk er brukt som 1 m skala.	 	
------	--------	--	--	--

				
--	--	--	--	--

3.17	505.09	A: Blokk fra tidligere steinsprang, antatt eldre dato. Noe mer kvadratisk og ikke så avlang blokkform. 0,50x0,55x0,40 m (ca. 0,1 m³) B: Blokk fra tidligere steinsprang, antatt eldre dato. Noe rundere form enn de vanligste. 1,20x0,40x0,60 m (ca. 0,3 m³) C: Blokk fra tidligere steinsprang, antatt eldre dato. Flat og avlang blokkform. 1,30x0,35x0,45 (ca. 0,2 m³) Alle har lav sannsynlighet for remobilisering (< 1/100). Tomstokk er brukt for 1 m skala.	 The table contains three photographs of rock blocks in a forest. Each photograph has a small white label in the bottom-left corner: 'A' for the top photo, 'B' for the middle photo, and 'C' for the bottom photo. The blocks are covered in green moss and are surrounded by forest floor debris like leaves and twigs. A thin wooden stick is placed vertically next to each block to provide a scale.
------	--------	--	---

3.18	505.07	Blokk fra tidligere steinsprang, antatt eldre dato. Relativt flat, avlang og kantete blokkform. 1,40x0,55x0,75 m (ca. 0,6 m³). Lav sannsynlighet for remobilisering (< 1/100). Tomstokk er brukt for 1 m skala.		
3.19	505.06	Blokk fra tidligere steinsprang, antatt eldre dato. Noe rundere, men avlang blokkform. 0,80x0,60x0,40 m (ca. 0,2 m³). Lav sannsynlighet for remobilisering (< 1/100). Tomstokk er brukt for 1 m skala.		
3.20	505.02	Mindre blokker (ca. 0,02-0,04 m³). Den antas å være av noe nyere dato (vist med stiplet sirkel). Lav sannsynlighet for remobilisering (< 1/100).		

3.21	505.02	Bergskrenter med grovt oppsprukket berg, som danner relativt store blokker med volum på inntil ca. 10 m³. Den ene blokken er sikret med skinne som understøtte. Flere av blokkene vil trolig fragmenteres i mindre blokker dersom de løsner, på grunn av oppsprekking og forvitringsgrad. Vurdert lav løsnings sannsynlighet (< 1/100).	
------	--------	--	---

			 
--	--	--	--

3.22	505.07	A: Bergskrenter som ligger ved ei bratt renne, hvor det ligger en steinsprangblokk på ca. 0,5 m³ i toppen og en del småstein nedover. Blokken ligger bratt til på løsmasser, og kan remobiliseres. Det var vanskelig å vurdere stabiliteten og faren for nedfall i bergskrentene over på grunn av trær, vegetasjon og bratt tilkomst. Vurdert løsneseansynlighet > 1/100. B: Bergskrent med høyde på ca. 5-6 m, hvor det er bergblokker på flere m³, men også mindre enheter, som kan løsne som steinsprang. Trær som vokser på toppen kan resultere i rotsprengning/rotvelt. Vurdert løsneseansynlighet > 1/100.	 A  B
------	--------	---	--

3.23	505.06	Høy berghammer med synlige nedfall flere steder (vises ikke så godt i bildet). Trær som vokser i berghammeren kan resultere i rotsprengning/rotvelt. Flere synlige blokker som er sprekkeavløst og kan løsne som steinsprang, mange inntil 1 m³ og noen større lenger opp. Flere vil trolig knuses i mindre fragmenter på grunn av oppsprekking og forvitningsgrad. Vurdert løsnesannsynlighet > 1/100.	
------	--------	--	---

3.24	505.03	A: Bergskrent hvor det er montert målebolter (vist med røde piler). Avstanden på målebolten er målt til 23.7 cm B: Bergskrent med eksisterende sikring i form av stag og wire (vist med røde piler). Vurdert løsnese sannsynlighet < 1/100.	
------	--------	---	---

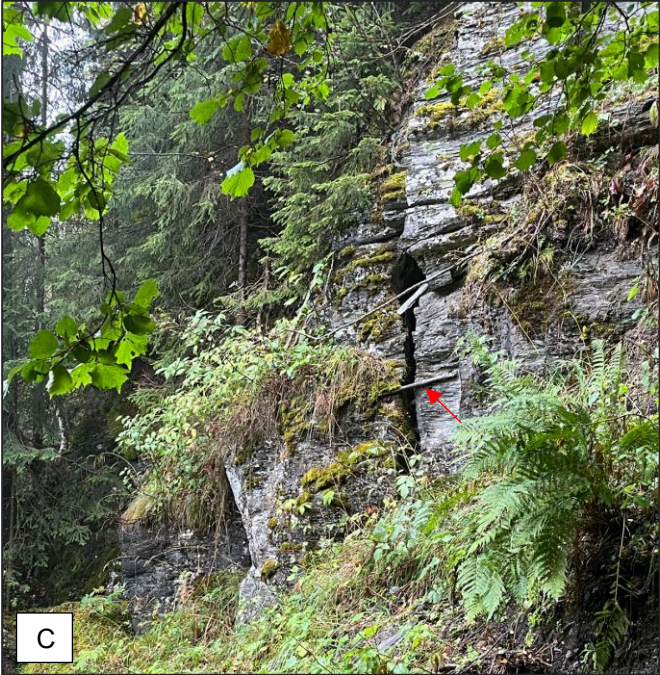
3.25	505.02	Høye berghammere. Noen synlige enkeltblokker, mye med større volum men med vurdert lav sannsynlighet (løsnesannsynlighet < 1/100). Det er imidlertid noen blokker på inntil ca. 1 m³, som er sprekkeavløst og hvor det er fare for nedfall. Trær kan resultere i rotsprengning/rotvelt. Observert synlige spor etter nedfall (vist med rød sirkel). Vurdert løsnesannsynlighet for mindre enheter inntil ca. 1 m³ > 1/100.	
------	--------	---	---

				
--	--	--	---	--

3.26	505.01	A: Blokk på ca. 2-3 m³ som stammer fra steinsprang av antatt nyere alder. Blokken ligger inntil et tre, og ligger trolig støtt/stabilt i terrenget. Sannsynligheten for remobilisering vurderes som lav (< 1/100). Tomstokk er brukt for 1 m skala. B: Jordskred eller utglidning av løsmasser som trolig ble utløst av steinsprang, og trolig blant annet av blokken i A. Utglidningen har vært grunn, kun i toppen av løsmassedekket, med et kort utløp. Noe av massene (stein og jord) har gått videre nedover og stoppet i gjerdet nede ved infopunkt 3.28. C: Bergskrent som danner bergblokker/bergsøyler med tydelig avgrensning i bakkant, og som står i fare for å velte ut. Den ytterste er sikret med stag (vises med rød pil). Vil trolig danne blokker på 1-3 m³, men på grunn av oppsprekkingen vil de trolig fragmenteres i noe mindre deler. Vurdert løsnings sannsynlighet > 1/100. D: Høye berghammere som går innover i flere nivåer. Vanskelig å vurdere stabilitet på grunn av trær, vegetasjon og bratt tilkomst. Men det	 A  A  B
------	--------	---	--

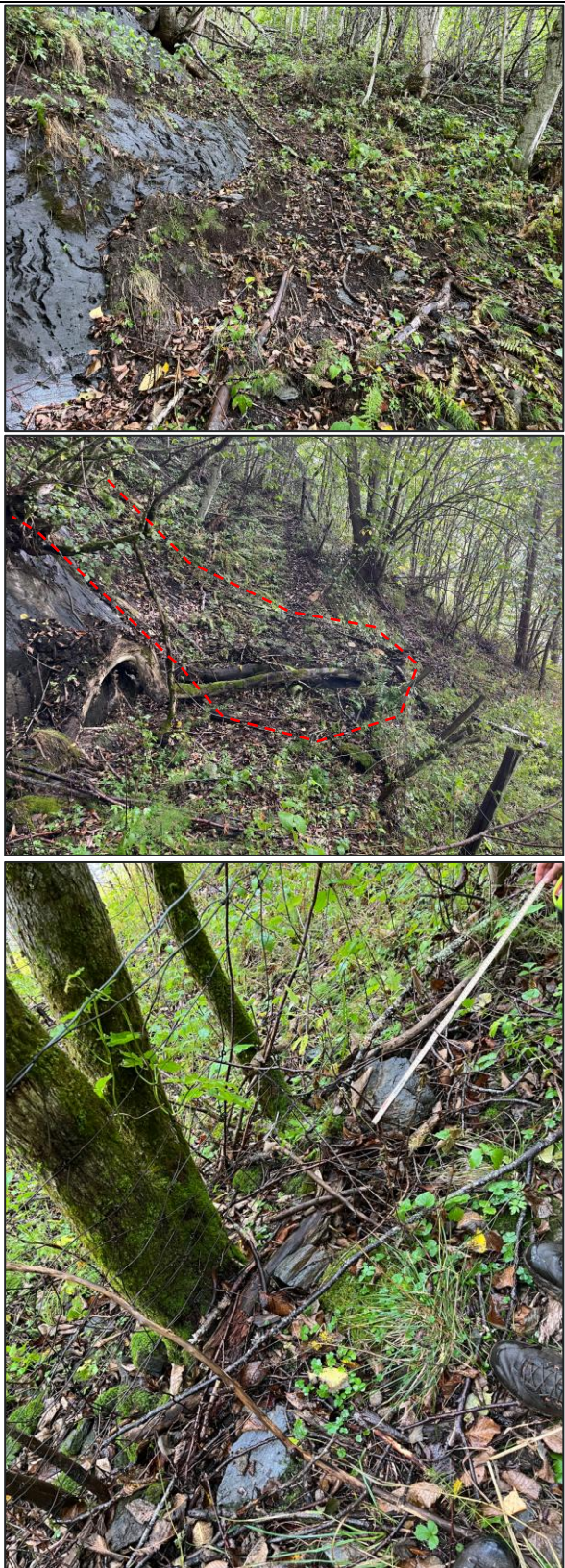
observeres flere potensielt sprekkeavløste blokker, med løsnessannsynlighet > 1/100. Flere større objekter på inntil ca. 10-15 m³, men pga. oppsprekking og forvittringsgrad vil trolig flere fragmenteres opp i mindre deler.



			 B  C  C
--	--	--	--

			 D  D
--	--	--	--

3.27	504.99	Forsenkning hvor det er synlige spor etter skredaktivitet og medrivning av masser fra lenger opp (vist med rødt stiplet polygon). Trolig er noe av dette fra jordskredet/utglidningene som startet lenger opp og som ble utløst av et steinsprang (infopunkt 3.26). Imidlertid har det vært lite masser i bevegelse, og det har stoppet opp lenge før jernbanen.	
------	--------	---	---

3.28	505.01	Samme som infopunkt 3.27 bare lenger ned. Massene, vist med rødt stiplet polygon, har ved dette punktet stoppet i gjerdet. Det har vært begrenset med volum på massene, og består av en kombinasjon av stein- og jordmasser. Tomstokk er brukt for 1 m skala.	
------	--------	---	---

3.29	505.04	Voll som trolig er bygd som skredsikring mot jernbane. Vollen har en høyde på ca. 1-1,5 m på støtsiden (siden som vender opp mot terrenget). I henhold til flyfoto (fra norgeibilder.no) kan det se ut som vollen ble bygd mellom 2014 og 2016. Vurdert god sikringseffekt for små blokker med lav energi, begrenset for større blokker med høyere energi og spranghøyde.	
3.30	505.06	Blokk fra tidligere steinsprang, med volum på ca. 0,3-0,4 m ³ og med relativt flat, avlang og kantete form. Ligger stabilt i terrenget, med lav sannsynlighet for remobilisering (vurdert løsnestannsynlighet < 1/100).	
3.31	505.12	Ingen større blokker i dette området, kun små.	

3.32	505.16	Samme bekkeløp som infopunkt 3.3, 3.7 og 3.9, bare lengst ned rett over jernbanen. Bekkeløpet renner her mange steder på bart berg, med et tynt løsmassedekke på begge sider. Det ser ut til å ha vært noe massetransport langs bekkeløpet, da det har lagt seg noe jord- og steinmasser i gjerdet og en liten trebro (men ganske lite). Utløpet av bekken går ut i bergskjæring rett over jernbanen. Det ligger en steinblokk i grøften mot jernbanen (vist med rød stiplet sirkel) like under dette punktet som trolig kommer fra et steinsprang, med volum ca. 0,2 m³ (vurdert fra avstand).	
------	--------	---	---

				
--	--	--	---	--

3.33	505.19	Flere blokker på inntil ca. 1,5-2 m³ som er stablet opp. Blokkene ser ut til å ligge støtt/stabilt i terrenget, og løsnestannsynlighet er vurdert til < 1/100. Terrenget under er ganske slakt, noe som gjør at blokkene trolig vil ha kort utløpslengde og stoppe før jernbanen. Tomstokk brukt som 1 m skala.	
------	--------	---	---

3.34	505.10	Bilder i ulike retninger som viser terrenget like over jernbanen, hvor det er ryddet skog. Terrenget er bratt (med helning på ca. 35-40 grader). Det er observert berg i dagen flere steder, noe som kan indikere lav løsmassemekthet flere steder. I dette området er det sikret med støttemur, noe som trolig er gjort for å stabilisere løsmassene og kan indikere et noe mektigere løsmassedekke i dette området. Tørrmuren vil resultere i at steinsprang kan sprette ut på jernbanen, heller enn å stoppe i grøften, og gir noe økt fare.	
------	--------	---	---

			
3.35	504.96	Bergskrent i forsenkning, vist med rødt stiplet polygon. Kun observert fra avstand, men ligger i utgangspunktet like utenfor (øst for) tiltaksområdet.	 

Observasjoner fra befaring Sweco (2013):			
Info nr.:	Km:	Beskrivelse:	Bilde:
17.1	505.02	Samme som infopunkt 3.21 (befaring Norconsult). Ingen sikringstiltak anbefalt.	 17.1.1 Folstad nord.  17.1.2 Folstad nord.

17.2	505.02	Ingen sikringstiltak anbefalt.	
17.3	505.05	Anbefalt avlesning av målebolter hvert 5. år. Står ikke i rapporten hva som ble lest av i 2013. Ellers ingen sikringstiltak anbefalt.	

17.2.1 Folstad nord.

17.3.1 Folstad nord.

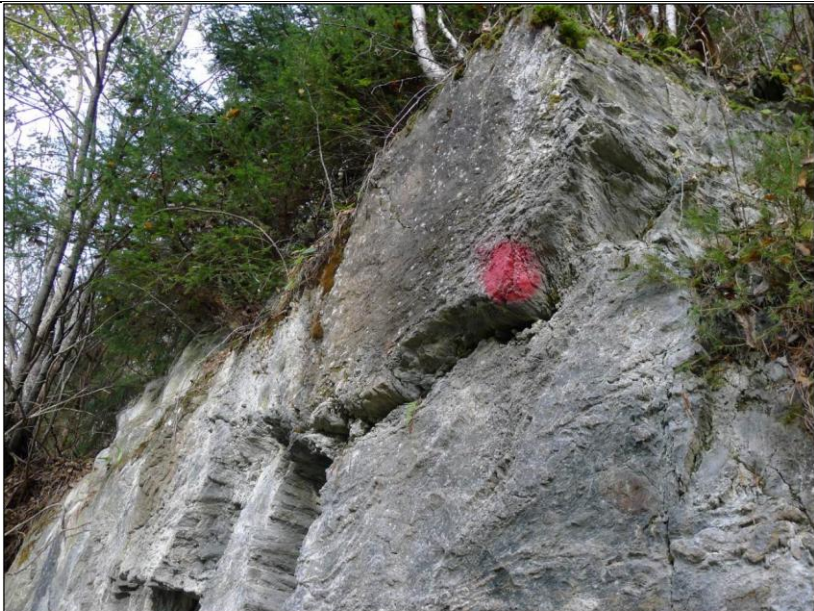


17.3.2 Folstad nord.



17.3.3 Folstad nord.

17.4	505.04	Ingen sikringstiltak anbefalt.	 17.4.1 Folstad nord.
17.5	505.06	Ingen sikringstiltak anbefalt.	 17.5.1 Folstad nord.

17.6	505.12	Samme som infopunkt 3.15 (befaring Norconsult). Ingen sikringstiltak anbefalt.	 17.6.1 Folstad nord.
17.7	505.20	Anbefalt kontrollert rensk, evt. montere bergbånd over front på blokka (innen 5 år).	 Renskes, evt. sikres med bergbånd. 17.7.1 Folstad nord.

17.8	505.20	Anbefalt erstatning av eksisterende dybler med nye dybler, bolting og felling av grantre (innen 5 år).	 17.8.1 Folstad nord.  17.8.2 Folstad nord.
------	--------	--	---

			 17.8.3 Folstad nord .
			 17.8.4 Folstad nord.

17.9	505.20	Ingen sikringstiltak anbefalt.	 17.9.1 Folstad nord.
------	--------	--------------------------------	--

Dronebilder fra befaringen



Dronebilde 1: Oversiktsbilde av Folstadlien nord med berghammeren midt i bildet. Sett mot nord.



Dronebilde 2: Oversiktsbilde av Folstadlien nord. Sett mot nordøst.



Dronebilde 3: Oversiktsbilde av Folstadlien nord, sett mot nordvest.



Dronebilde 4: Oversiktsbilde av Folstadlien nord, sett mot nordøst.



Dronebilde 5: Nedre deler av Folstadlien nord, med den høye berghammeren som stikker ut. Sett mot vest-nordvest.



Dronebilde 6: Togstrekningen i foten av Folstadlien nord, med støttemur i midtre del. Sett mot vest.



Dronebilde 7: Den inntil ca. 40-50 m høye berghammeren som stikker ut i Folstadlien nord. Sett mot nord.



Dronebilde 8: Berghammeren sett ovenfra mot nord.



Dronebilde 9: Øvre deler av berghammeren sett ovenfra mot nord.



Figur 10: Øvre deler av berghammren sett ovenfra mot øst. Tydelige steile sprekkesett med strøk omtrent øst-vest.



Dronebilde 11: Øvre og sentrale deler av berghammeren sett mot vest/nordvest. Røde stiplede polygon viser mulig sprekketiløste bergblokker med antatt volum fra ca. 0,1 til ca. 3-4 m³.



Dronebilde 12: Øvre og sentrale deler av berghammeren sett mot vest/nordvest. Røde stiplede polygon viser mulig sprekketiløste bergblokker med antatt volum fra ca. 0,1 til ca. 1 m³.



Dronebilde 13: Øvre og sentrale deler av berghammeren sett mot nord/nordvest. Røde stiplede polygon viser mulig sprekkeavløste bergblokker med antatt volum fra ca. 0,1 til ca. 3-4 m³.



Figur 14: Øvre og sentrale deler av berghammeren sett mot nord/nordvest. Røde stiplede polygon viser mulig sprekkeavløste bergblokker med antatt volum fra ca. 0,1 til ca. 1 m³.



Figur 15: Øvre og sentrale deler av berghammeren sett mot vest-nordvest. Røde stiplede polygon viser mulig sprekkeavløste bergblokker med antatt volum fra ca. 0,1 til ca. 1 m³.



Figur 16: Øvre og sentrale deler av berghammeren sett mot nord/nordvest. Røde stiplede polygon viser mulig sprekkeavløste bergblokker med antatt volum fra ca. 0,5 til ca. 1-2 m³.



Figur 17: Øvre og østlige deler av berghammeren sett mot nord. Røde stiplede polygon viser mulig løse bergblokker som hviler i bratt terreng under vegetasjon, vanskelig å anta volum.



Figur 18: Øvre og vestlige deler av berghammeren sett mot nord. Røde stiplede polygon viser mulig sprekkeavløste bergblokker med antatt volum ca. 1-5 m³.



Figur 19: Øvre og vestlige deler av berghammeren sett mot nord. Røde stiplede polygon viser mulig sprekkeavløste bergblokker med antatt volum ca. 2-5 m³.

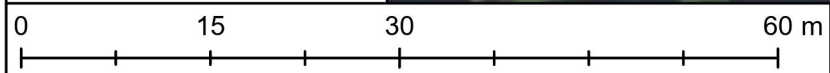


Figur 20: Øvre og vestlige deler av berghammeren sett mot nord. Røde stiplede polygon viser mulig sprekkeavløste bergblokker med antatt volum fra ca. 2-5 m³. Røde piler viser steinsprangblokk og jordskred omtalt i infopunkt 3.26.

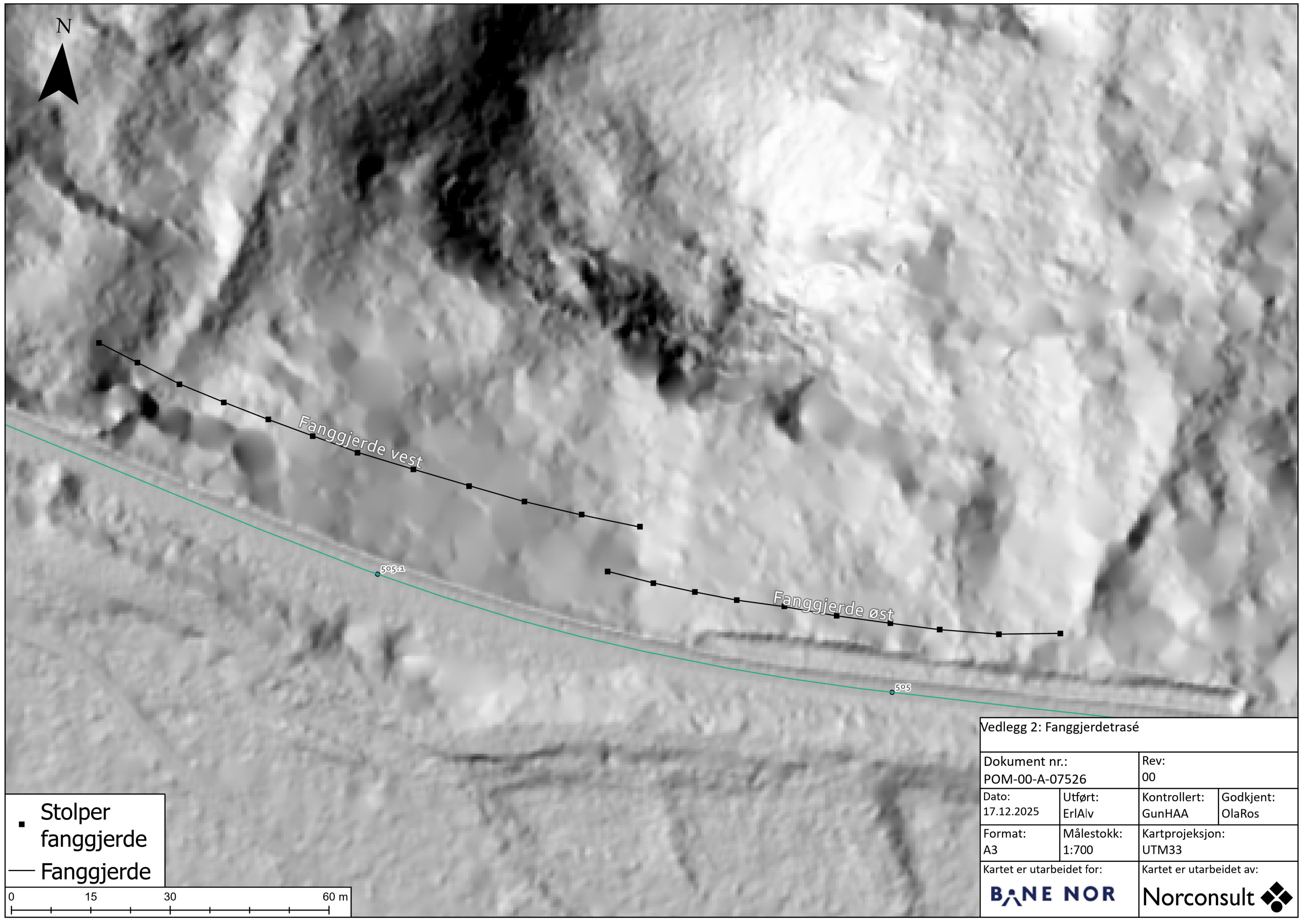


■ Stolper
fanggjerde

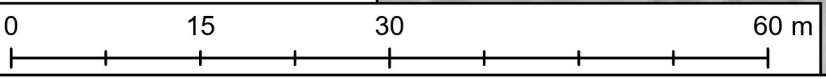
— Fanggjerde



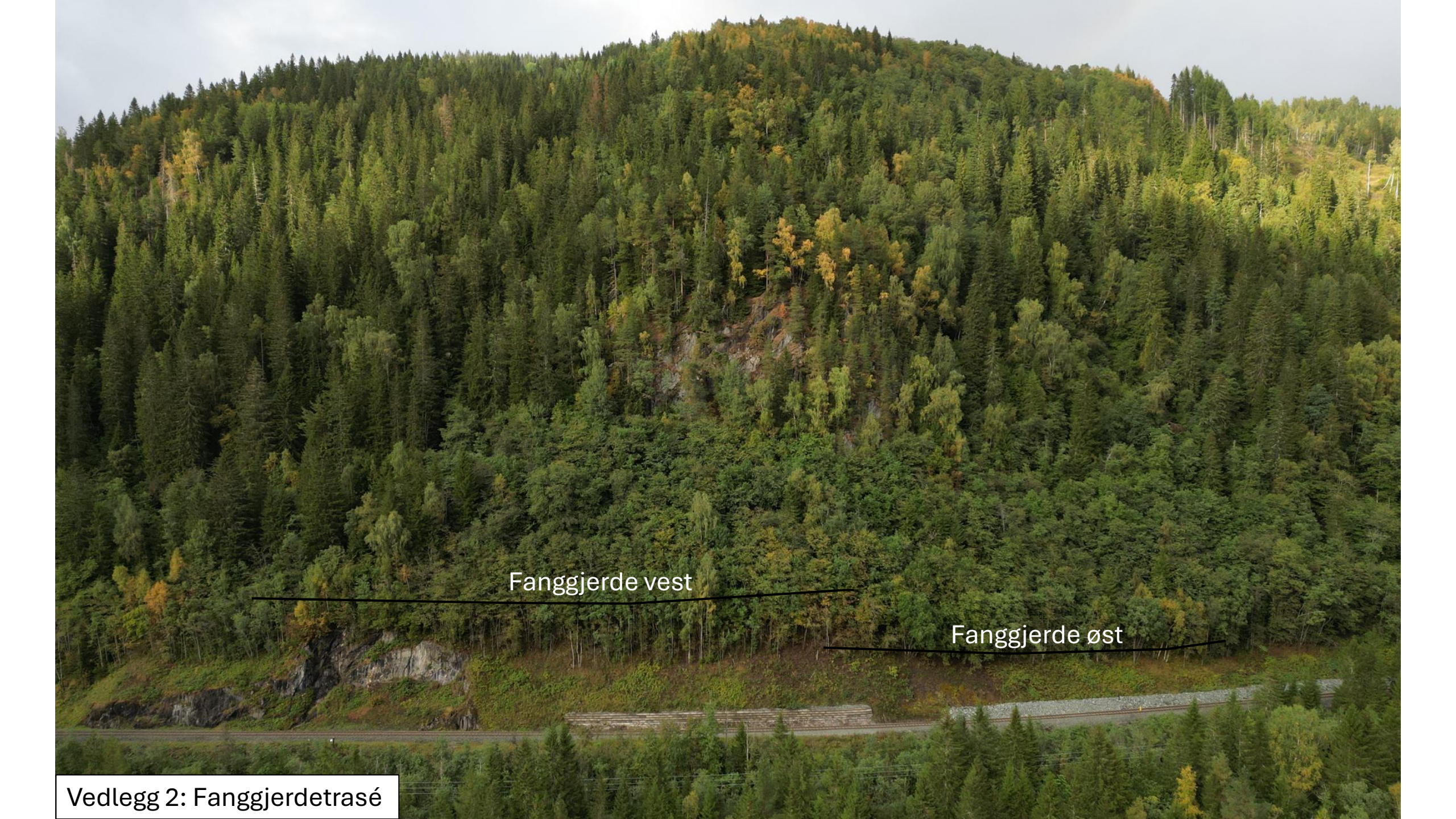
Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé			
Dokument nr.: POM-00-A-07526		Rev: 00	
Dato: 17.12.2025	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GunHAA	Godkjent: OlaRos
Format: A3	Målestokk: 1:700	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for:		Kartet er utarbeidet av:	
BANE NOR		Norconsult	



■ Stolper
fanggjerd
— Fanggjerd



Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé			
Dokument nr.: POM-00-A-07526		Rev: 00	
Dato: 17.12.2025	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GunHAA	Godkjent: OlaRos
Format: A3	Målestokk: 1:700	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for:		Kartet er utarbeidet av:	



Fanggjerdet vest

Fanggjerdet øst



Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé



Fanggjerde vest

Fanggjerde øst



Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé



Fanggjerd vest

Fanggjerd øst



Fanggjerde vest

Vedlegg 2: Fanggjerdetrasé



Fanggjerde vest

Fanggjerde øst

Norconsult		Vedlegg 3: Beregning forankring enkeltstag i berg			
Sign.	Dato	Oppdrag		Dokument nr.	
ErAlv	17.12.2025	Skredsikring Raustein		POM-00-A-07526	
Kontroll	Dato				
GunHAA	17.12.2025				

BESKRIVELSE AV BEREGNING

Beregning av forankringslengder stag, for fanggjerdte forankret i berg. Stagene monteres skrått mot bergoverflata. Avstanden mellom stagene er større en radiusen på teoretisk uttrekslegeme, slik at beregning for enkeltstag er gjeldende.

INNDATA forankring

Partialfaktor stål/kamstål	γ_m	1,15	-	[2]	Bruker 1,15 iht Eurokode 2. Fyllitt/glimmerskifer.
Diameter bolt	d_{bolt}	40	mm		
Diameter borhull	$d_{borhull}$	89	mm		
Heftfasthet bruddplan i bergmasse	τ_k	50	kPa		
Bruddvinkel for bergmassen	ψ	30	deg		
Bruddvinkel for bergmassen	ψ	0,523598776	rad		
Materialfaktor bergmasse	γ_m	2			

INNDATA Last

Dimensjonerende i bolt	P_{bolt}	300	kN		Dimensjonerende strekk i anker
------------------------	------------	-----	----	--	--------------------------------

INNDATA mørtel

Type mørtel	-	B35	-		Fyllitt/glimmerskifer.
Dimensjonerende heftfasthet stål/mørtel	τ_k	2,4	MPa	[1]	
Karakteristisk heftfasthet mørtel/berg	τ_k	1,5	MPa	[1]	
Partialfaktor for materialfasthet mørtel	γ_m	1,25	-	[1]	
Dimensjonerende heftfasthet stål/mørtel	τ_k	1,92	MPa		
Dimensjonerende heftfasthet mørtel/berg	τ_d	1,2	MPa		

BEREGNINGER stabilitet mot uttrekking

Ankervinkel	α	45,00	deg		Vinklede stag
Innboringslengde	λ	3,14	m		

BEREGNINGER forankring

Karakteristisk kapasitet stag (flytkapasitet)	R_{kar}	525,00	kN		Hentet fra produktkatalog
Dimensjonerende kapasitet stag	R_{dim}	456,52	kN		
Utnyttet dimensjonerende kapasitet pr. bolt		0,66			OK, sjekker for dim. flytkapasitet

BEREGNINGER forankringslengder

Inngysingslengde stål/mørtel	L_1	1,24	m	[1]	
Inngysingslengde mørtel/berg	L_2	0,89	m	[1]	
Dimensjonerende inngysingslengde	L_d	1,24	m		
Innboringslengde, stabilitet av berg mot uttrekking	λ	3,14	m		Dimensjonerende lengde

FIGUR: Prinsipp forankring

Figur 10-24 Spiss vinkel mellom anker og bergoverflate

$$\lambda = \sqrt{\frac{\gamma_m \cdot P_p}{\tau_k \cdot \pi \cdot \tan(\psi \cdot \sin \alpha)}}$$

REFERANSER

[1] N-V220, Statens vegvesen 2023
 [2] NS-EN 1992-1-1:2004+A1:2014+NA:2021, Standard Norge