



RAPPORT

Geoteknisk rådgivning for Klæbu Transformatorsjon

KLÆBU TRANSFORMATORSTASJON: ENDELIG
VURDERING AV NATURFARE

DOK.NR. 20230313-03-R
REV.NR. 2 / 2024-11-07

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

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



Prosjekt

Prosjekttittel: Geoteknisk rådgivning for Klæbu Transformatorsjon
Dokumenttittel: Klæbu Transformatorstasjon: Endelig vurdering av naturfare
Dokumentnr.: 20230313-03-R
Dato: 2024-05-03
Rev.nr. / Rev.dato: 2 / 2024-11-07

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Statnett
Kontaktperson: Odd Magnar Børset
Kontraktreferanse: Avrop på rammeavtale KON - 006808

for NGI

Prosjektleder: Emir Ahmet Oguz
Utarbeidet av: Emir Ahmet Oguz, Vidar Gjelsvik, Elise Morken, Anders Kleiven, Frode Sandersen, Elisabeth Hoffstad Reutz, Josè-Luis Guerrero, Marion Børresen
Kontrollert av: Heidi Hefre, Ingar Haug Steinholt, Mari Moseid, Vidar Gjelsvik

Sammendrag

Statnett planlegger utvidelse av Klæbu Transformatorstasjon i Trondheim kommune. NGI er engasjert av Statnett under rammeavtale KON-006808 Geoteknisk rådgivning for å utføre vurdering av fare for flom, skred i bratt terreng og fare for leir eller kvikkleireskred i forbindelse med utvidelse av Klæbu transformatorstasjon. Denne rapporten, rapportnummer 20230313-03-R, inneholder vurdering av naturfarer: flomfare, og skredfare, vurdering av områdestabilitet, miljøpåvirkning, og anbefalinger.

Revisjoner:

I revisjon 1 av rapporten er skredvurderingene oppdatert til å gjelde byggverk i kategori S3 etter TEK17, dvs. at området må tilfredsstille krav til sikkerhet for skred med nominell årlig sannsynlighet 1/5000.

I foreliggende revisjon 2 av rapporten er skredvurderingene oppdatert med vurdering av området etter eventuelt avskoging (se vedlegg B). I tillegg ble konsekvensklasse og pålitelighetsklasse, samt tilsvarende kontrollkrav, lagt inn i rapporten (se kapittel 2.3-2.4).

Flomfare

Analyser dokumenterer at flomfare tilfredsstiller sikkerhetsklasse F3 i TEK17. Dvs. at nominell årlig sannsynlighet for at påbygget blir oversvømt vurderes til å være $\leq 1/1000$, hvilket tilsvarer et tusenårs gjentaksintervall.

Det er derimot store hastigheter i Mjølkhusbekken som går sør for stasjonen og som kan forårsake erosjon. Det anbefales å sjekke at drenering for Mjølkhusbekken under adkomstveien har tilstrekkelig kapasitet samt at rørene under stasjon har kapasitetet for å drenere vannet som kommer fra fjellet nord for stasjonen.

Skredfare

Samlet nominell årlig sannsynlighet for skred i bratt terreng ned mot kartleggingsområdet vurderes å være mindre enn 1/5000 under dagens vegetasjonsforhold, og området tilfredsstiller krav til sikkerhet i TEK17 for sikkerhetsklasse S3. I en situasjon uten skog i fjellsiden, dvs. om all skog i fjellsiden fjernes, tilfredsstiller deler av anlegget ikke krav til sikkerhet i TEK17 for sikkerhetsklasse S2 og S3

Områdestabilitet

Det er ikke funnet kvikkleire eller sprøbruddmateriale på eller omkring trafostasjonen. Det er derfor ikke fare for områdeskred.

Stabilitetsberegninger er utført i to profiler, hvor veien ved siden av stasjonen (sørsiden av stasjonen) er planlagt å flyttes mot toppen av skråningen. Både den nåværende

situasjonen og situasjonen med den planlagte utvidelsen (omtrentlig vurdering basert på utkast til tegning av utvidelsesplanen av transformatorstasjonen) er vurdert. Resultater viser at de to profilene oppfyller kravene for stabilitetsforhold med $FS_{cu} \geq 1,4$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ (Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering [1]) for både dagens tilstand og tiltak med planlagt flytting av veien og en antatt geometri. Det må utføres mer detaljert prosjektering når veg-geometrien er nærmere bestemt.

Fundamenteringsforhold

Både fyllmasser og originale masser har vekslende fasthet og er delvis humusholdige. Det anbefales å utføre masseutskifting med komprimert stein for fundamentering av bygg og konstruksjoner, eventuelt pelefundamentering ved setningsømfintlige konstruksjoner. Fundamenteringen må detaljprosjekteres.

Forurensningssituasjon

I henhold til forskrift om begrensnings av forurensning (forurensningsforskriften) kapittel 2 er det gjort en vurdering av om de aktuelle områdene har forurenset grunn. Det er ikke registrert oppføringer i eller i nærheten til området i Miljødirektoratets grunnforurensningsdatabase.

Eksisterende trafo-område er dels utfylt/oppfylt og består av sprengstein og tilbakefylte opprinnelige topplagsmasser. Under befaring ble det observert noe overflateavfall i ravinedalen lengst sørvest. Omfanget er usikkert, men synlig avfall var av begrenset art. Det er gjennomført en innledende miljøteknisk grunnundersøkelse, og miljøprøver er tatt ut i områder hvor det er utfylte masser for å dokumentere disse.

Det er etablert oljeutskillere for å samle opp eventuelt forurenset sigevann fra eksisterende trafoer. Det vurderes derfor som aktuelt å kartlegge tilstand til disse samt utføre miljøtekniske grunnundersøkelser i tilknytning til utskillere. Dette for å avdekke eventuelle lekkasjer fra disse i forbindelse med fjerning av utskillere eller om man kommer i berøring med masser i tilknytning til disse i byggefasen.

Innhold

1	Innledning	8
2	Regelverk og standarder	9
2.1	Forskrift om sikkerhet og beredskap i kraftforsyningen (kraftberedskapsforskriften)	10
2.2	Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift - TEK 17)	10
2.3	Konsekvensklasse og pålitelighetsklasse	11
2.4	Kontroll	11
3	Grunnlagsdokumenter	12
4	Topografi og grunnforhold	12
4.1	Topografi	12
4.2	Berggrunnsgeologi	14
4.3	Løsmasser	15
4.4	Grunnundersøkelser	17
5	Vurdering av naturfare	20
5.1	Flomfare	20
5.2	Skredfare	20
5.3	Områdestabilitet	21
5.4	Fundamenteringsforhold	21
5.5	Bergskjæring	21
6	Forurensningssituasjon	22
7	Konklusjoner	23
8	Referanser	24

Kart og tegninger

Kart nr. 001	Oversiktskart
Kart nr. 002	Helningskart
Kart nr. 003	Registreringskart
Kart nr. 004	Modelleringsresultat
Kart nr. 005	Faresoner
Kart nr. 006	Faresoner uten skog
Kart nr. 007	Skog med betydning for skredfaren
Kart nr. 010	Situasjonsplan
Kart nr. 011	Profiler
Tening nr. 100	Profil A Lagdeling Dagen
Tening nr. 101	Profil A Stabilitetsberegninger Dagen Drenert
Tening nr. 102	Profil A Stabilitetsberegninger Dagen Udrenert
Tening nr. 103	Profil A Stabilitetsberegninger Tiltak Drenert
Tening nr. 104	Profil A Stabilitetsberegninger Tiltak Udrenert
Tening nr. 105	Profil B Lagdeling Dagen
Tening nr. 106	Profil B Stabilitetsberegninger Dagen Drenert
Tening nr. 107	Profil B Stabilitetsberegninger Dagen Udrenert
Tening nr. 108	Profil B Stabilitetsberegninger Tiltak Drenert
Tening nr. 109	Profil B Stabilitetsberegninger Tiltak Udrenert
Figur CPTU-305	Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-305
Figur CPTU-308	Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-308

Vedlegg

Vedlegg A	Flomvurdering
Vedlegg B	Skredvurdering
Vedlegg C	Områdestabilitet
Vedlegg D	Skredvurdering egenerklæringsskjema

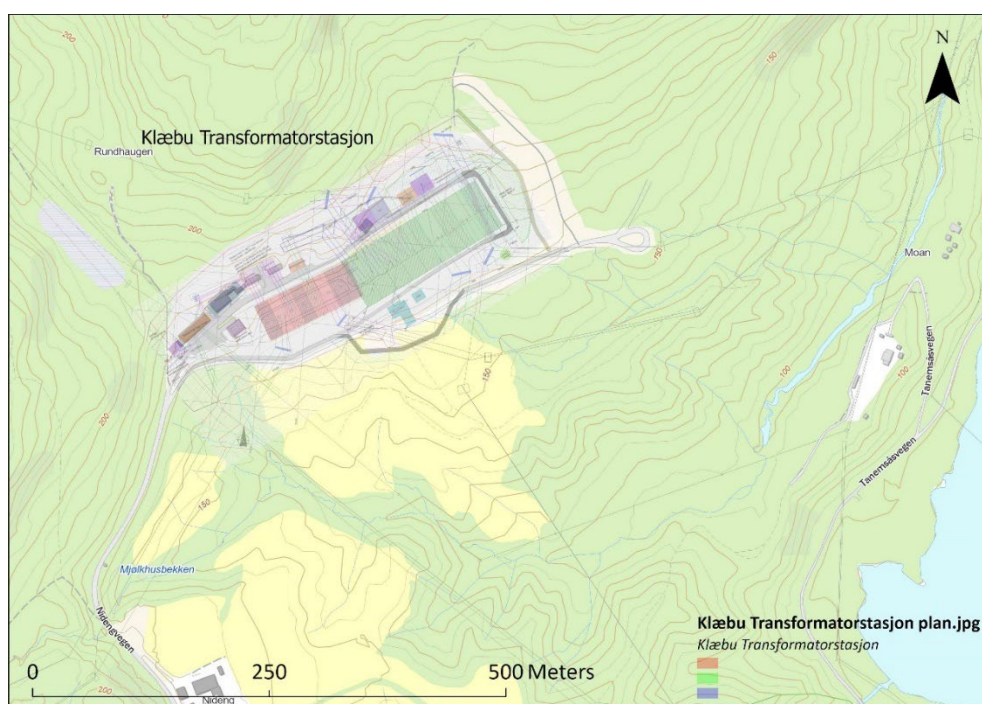
Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Statnett planlegger utvidelse av Klæbu Transformatorstasjon i Trondheim kommune (se Kart nr. 001 Oversiktskart). Figur 1-1 viser planen til utvidelse av Klæbu Transformatorstasjon levert av Statnett. Det planlegges 2 nye sjakter, 3 felt hvorav 1 nytt i retning nordøst, nytt kontrollhus og lager/garasje med ny adkomstveg.

NGI er engasjert av Statnett under rammeavtale KON-006808 Geoteknisk rådgivning for å utføre vurdering av fare for flom, skred i bratt terreng og fare for leir eller kvikkleireskred i forbindelse med utvidelse av Klæbu transformatorstasjon.

Rapporten er laget i henhold til Statnetts styrende dokument, Teknisk standard SDOK-119-24 rev. 7, fase 0, som har som formål å avklare naturfarer og grunnforhold på overordnet nivå og anbefale hvilke alternativer (hvis det finnes) som bør bearbeides videre.



Figur 1-1. Planområdene for utvidelse av Klæbu Transformatorstasjon i Trondheim Kommune.

NGI har tidligere levert foreløpige vurderinger av naturfare, rapport nummer 20230313-01-R, som gir en oversikt over naturfarer som flom, snøskred og kvikkleireskred knyttet til transformatorstasjonens utvidelse. Den inkluderer også miljøpåvirkninger og gir anbefalinger for videre undersøkelser og tiltak. I tillegg ble det gjennomført befaringer innenfor og utenfor Klæbu transformatorstasjon. Det ble fokusert på observasjoner av løsmassedekke, løsmassetykkelse, grunnforhold, dreneringsveier, bekker, erosjonsforhold, overflatevann og miljøpåvirkning. En detaljert sammenstilling av alle observasjonene er presentert i Vedlegg A i 20230313-01-R.

For å vurdere området med tanke på stabilitets- og fundamenteringsforhold utarbeidet NGI en plan for supplerende grunnundersøkelser. NGI gjennomførte supplerende grunnundersøkelser i oktober 2023. NGI levert datarapport for geotekniske og miljøtekniske grunnundersøkelser, rapport nummer 20230313-02-R, som inneholder tørre data fra feltundersøkelser, inkludert sonderinger, poretrykksmålinger og prøvetaking, og laboratorieundersøkelser.

Denne nåværende rapporten, rapport nummer 20230313-03-R, inneholder en detaljert vurdering av naturfarer: flomfare, og skredfare, vurdering av områdestabilitet, miljøpåvirkning, og anbefalinger. I tillegg også beskrivelse av regelverk/standarder, grunnlagsdokumenter, lokalitet/topografi, løsmasser, aktsomhetsområder.

I revisjon 1 av rapporten er skredvurderingene oppdatert til å gjelde byggverk i kategori S3 etter TEK17, dvs. at området må tilfredsstille krav til sikkerhet for skred med nominell årlig sannsynlighet 1/5000.

I foreliggende revisjon 2 av rapporten er skredvurderingene oppdatert med vurdering av området etter eventuelt avskoging (se vedlegg B). I tillegg ble konsekvensklasse og pålitelighetsklasse, samt tilsvarende kontrollkrav, lagt inn i rapporten (se kapittel 2.3-2.4).

2 Regelverk og standarder

Dette prosjektet er underlagt "Kraftberedskapsforskriften" og "Byggteknisk forskrift - TEK 17". Statnetts anlegg er plassert i klasse 3 i følge til "Kraftberedskapsforskriften". Statnett angir at transformatorstasjon plasseres i kategori S3 (skred) og F3 (flom), dvs., stasjonene må ha lavere risiko enn 1/5000års skred og 1/1000års flom ifølge "Byggteknisk forskrift - TEK 17". Nærmere beskrivelse av gjeldende regelverk, samt klassifisering av prosjektet basert på innledende vurderinger er presentert i det etterfølgende.

I tillegg, stilles følgende krav til tjenester som leveres under rammeavtalen KON - 006808 mellom Statnett og NGI:

- ↗ S-DOK 119-24
- ↗ S-DOK 82-3
- ↗ S-DOK 82-14
- ↗ S-DOK 82-49
- ↗ NS-EN 1997-1+NA

All rådgivning skal oppfylle gjeldende normer og forskrifter.

2.1 Forskrift om sikkerhet og beredskap i kraftforsyningen (kraftberedskapsforskriften)

Kraftberedskapsforskriften: §5 Klassifisering og sikringstiltak

§5.2 Klasser

Ved klassifisering av anlegg, system eller annet som har vesentlig betydning for drift eller gjenoppretting av eller sikkerhet i produksjon, omforming, overføring eller fordeling av elektrisk energi eller fjernvarme benyttes klasse 1 til 3. Klasse 3 benyttes der betydningen for kraftforsyningen er størst.

§ 5-6.Sikringstiltak for klasse 3

Vitale funksjoner skal opprettholdes i ekstraordinære situasjoner og anleggets funksjonalitet skal gjenoprettes uten ugrunnet opphold.

2.2 Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift - TEK 17)

I henhold til TEK17 [2], §7, skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred).

TEK 17 §7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger

§ 7-2 Sikkerhet mot flom og stormflo

For byggverk i flomutsatt område skal det fastsettes sikkerhetsklasse for flom etter tabellen under. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen ikke overskrides. Dersom det er fare for liv, fastsettes sikkerhetsklasse som for skred, jf. § 7-3.

Tabell 2-1. Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område (TEK 17, § 7-2).

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	liten	1/20
F2	middels	1/200
F3	stor	1/1000

§ 7-3 Sikkerhet mot skred

For byggverk i skredfareområde skal det fastsettes sikkerhetsklasse for skred etter tabellen under. Byggverk og tilhørende uteareal skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred, herunder sekundærvirkninger av skred, slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen ikke overskrides.

Tabell 2-2. Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde (TEK 17, § 7-3).

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

§ 10-2 Konstruksjonssikkerhet

Grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet, herunder grunnforhold og sikringstiltak under utførelse og i endelig tilstand, kan oppfylles ved prosjektering av konstruksjoner etter Norsk Standard NS-EN 1990 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg.

2.3 Konsekvensklasse og pålitelighetsklasse

Konsekvensklasse og pålitelighetsklasse CC/RC for prosjektet bestemmes i henhold til NS-EN 1990:2002+A1+AC+NA, ref. [3]. Konsekvensklassen baseres på potensielle konsekvenser som tap av liv, økonomiske tap, samt sosiale eller miljømessige virkninger. CC1 refererer til mindre konsekvenser, CC2 til moderate, og CC3 til alvorlige konsekvenser. I tabell B1 i standarden finner man eksempler som landbruksbygninger under CC1, der mennesker sjelden oppholder seg, og tribuner og offentlige bygninger under CC3. Det gis også ytterligere eksempler i tabell NA.A1(901).

Trafostasjoner er ikke spesifikt nevnt, men vi antar at skadekonsekvensen for de aktuelle anleggene må anses betydelig, og vil foreslå å plassere anlegget i CC/RC 3.

2.4 Kontroll

Etter NS-EN 1990:2002+A1+AC+NA [3] må det utføres utvidet kontroll av både prosjektering (PKK 3) og utførelse (UKK 3). Utvidet kontroll i PKK3 innebærer faglig kontroll i tillegg til kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert. Den faglige kontrollen kan begrenses til kontroll av stabilitet ved geoteknisk prosjektering.

3 Grunnlagsdokumenter

I NADAG - Nasjonal database for grunnundersøkelser, finnes det ikke grunnundersøkelser i området.

NGI har av Statnett fått tilgang til datarapport av Rambøll Oppdrag nr. 1350000517 fra 2014 [4], og Geoteknisk datarapport 13673-OO-RIG-R-001 fra Dr. techn. Olav Olsen AS, 2022 [5], hvor feltundersøkelsene er utført av Rambøll. I tillegg ligger det en rapport av Rambøll om rasfarevurdering for Klæbu Transformatorstasjon [6], og rapport om geoteknisk vurdering av Rambøll [7].

NGI gjennomførte supplerende grunnundersøkelser i oktober 2023. NGI levert data-rapport for geotekniske og miljøtekniske grunnundersøkelser, rapport nummer 20230313-02-R [8].

Tabell 3-1. Relevante rapporter.

Rapport	År	Referanse
Transformatorstasjon Klæbu, Geoteknisk vurdering av Rambøll	2013	[7]
Datarapport av Rambøll, oppdrag nr. 1350000517	2014	[4]
Rasfarevurdering for Klæbu Transformatorstasjon, Rambøll	2014	[6]
Datarapport av Dr. techn. Olav Olsen AS, 13673-OO-RIG-R-001	2022	[5]
Datarapport av NGI, 20230313-02-R	2023	[8]

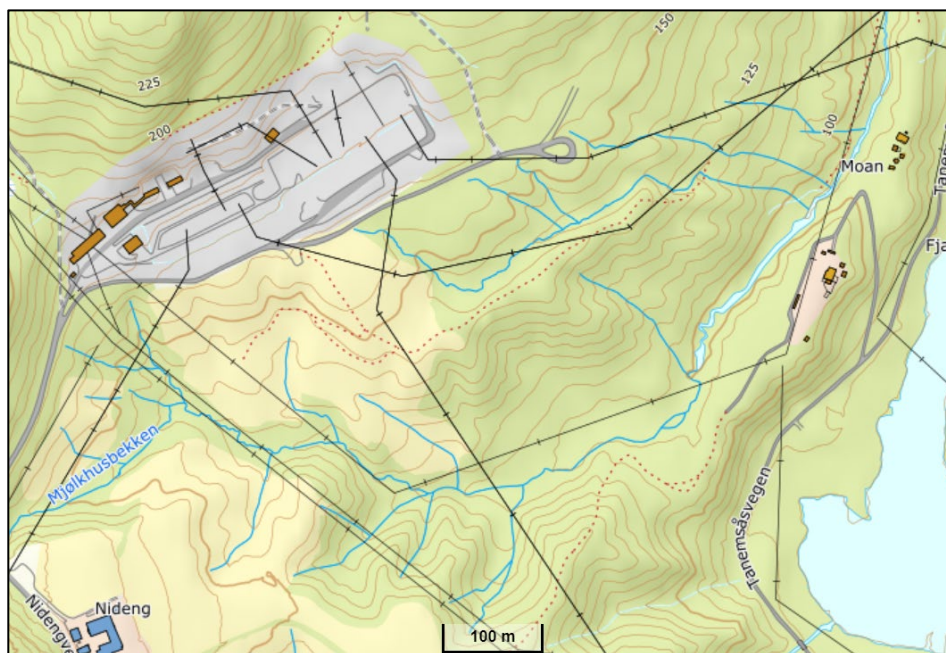
4 Topografi og grunnforhold

4.1 Topografi

Den nåværende stasjonen ble etablert gjennom sprengning og fylling på en tomt som heller svakt mot sørøst og strekker seg fra kote +163 til +171. Terrenget stiger videre opp mot kote +270 bak stasjonen.

Sør for stasjonen er terrenget generelt fallende mot Nidelva ved kote +75. Mellom stasjonen og Nidelva finnes et komplekst ravinesystem med mange små bekker (Figur 4-1). Disse små bekkene er tilknyttet en hovedbekk, Mjølkhusbekken, som til slutt munner ut i Nidelva.

Figur 4-2 viser et flyfoto fra 2021. På oversiden av stasjonen er det bratte fjell og på nedsiden dyrket mark og kupert skog.



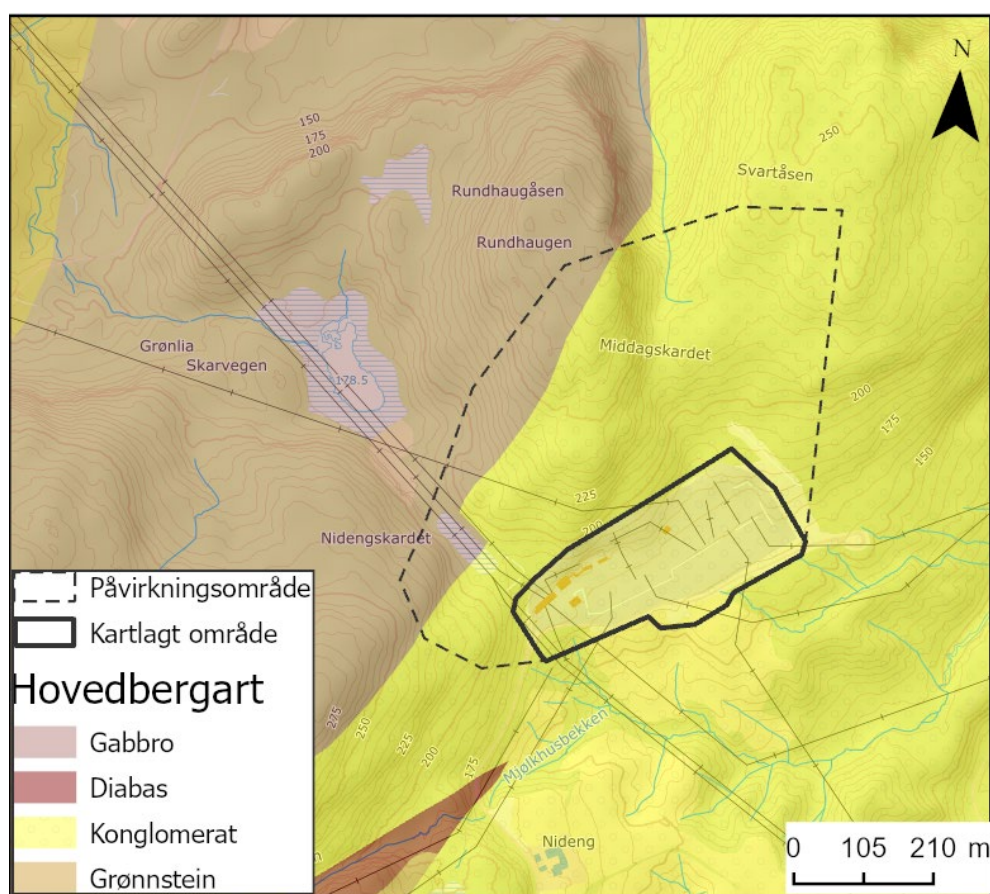
Figur 4-1. Ravinesystem sørøst for eksisterende trafostasjon.



Figur 4-2. Flyfoto over Klæbu Transformatorstasjon.

4.2 Berggrunnsgeologi

Berggrunnskart fra NGU (ngu.no) viser at øvre del av skråningen over kartleggingsområdet består av gabbro, mens området ned mot kartleggingsområdet består av konglomerat (Figur 4-3). Gabbro er en middels, til grovkornet magmatisk bergart, som er noe omvandlet. Konglomeratet består av flere bergarter, med stedvis store fragmenter av gabbro, trondhemitt, jaspis og hvit marmor i en grønn fyllittgrunnmasse (beskrivelse hentet fra NGU). Under befaringen ble de fleste klippepartiene undersøkt og stort sett er berggrunnen massiv, med delvis oppsprukne områder i noen deler (Figur 4-4).



Figur 4-3. Oversikt over berggrunnen i området (N250, NGU).



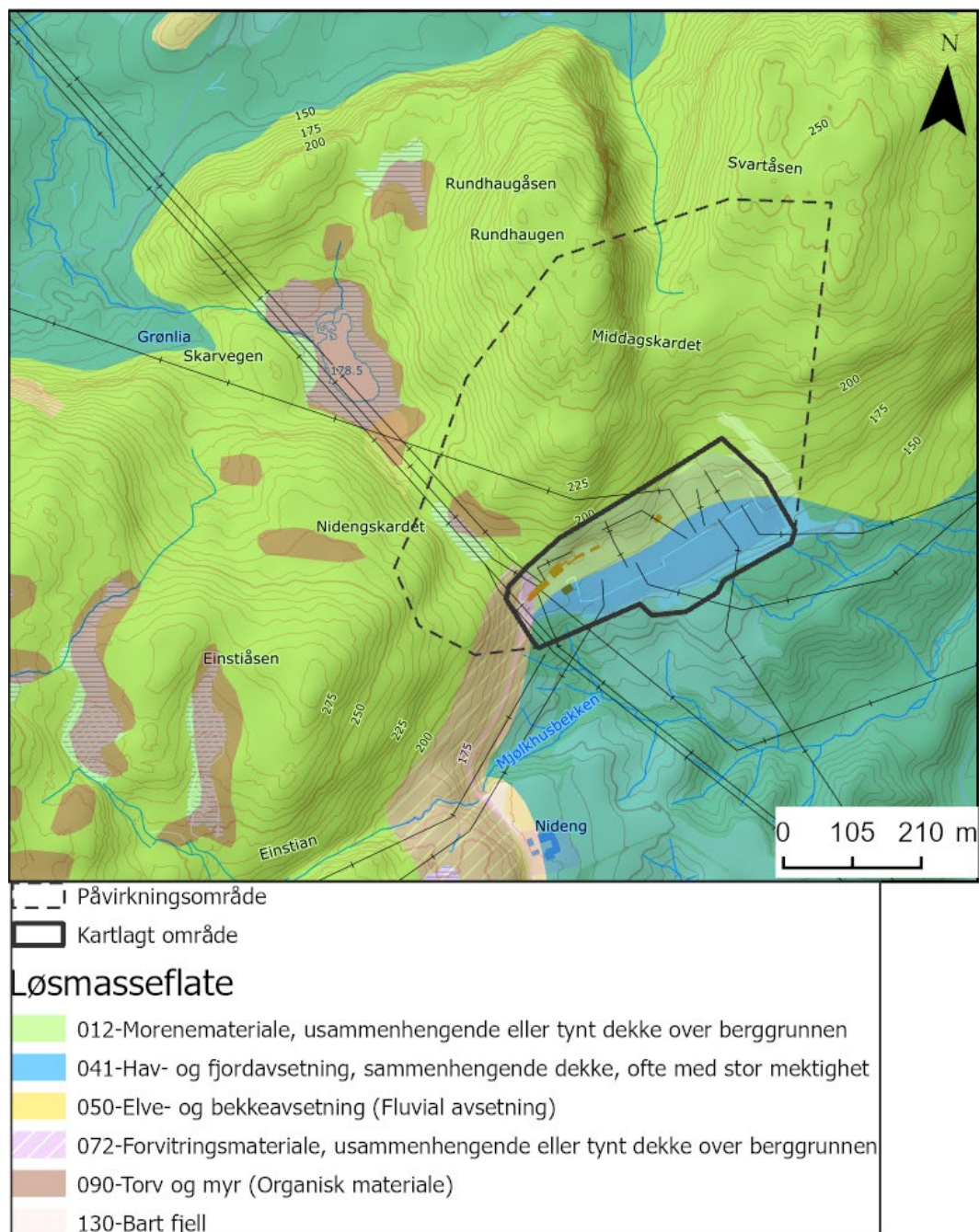
Figur 4-4. Oppsprukket klippeparti med konglomerat i søkket ned mot stasjonen fra Middagskardet.

4.3 Løsmasser

Løsmassedekket i påvirkningsområdet (bak stasjonen) er kartlagt av NGU (ngu.no) som usammenhengende, og tynt dekke av morenemateriale (Figur 4-5). Det er et lite område i nordvest med organisk materiale. Ved kartleggingsområdet i vest er det bart fjell. Observasjoner fra befaringsbefaring bekrefter antagelser om et tynt løsmassedekke (0 – 50 cm).

Ved dagens transformatorstasjon og nedover mot Nidelva ligger det sjø- og fjordavsetninger (eller marine avsetninger), stedvis med stor mektighet. Nesten hele transformatorstasjonen ligger under marin grense på kote +175, og marine avsetninger med potensiell forekomst av kvikkleire kan finnes i hele området under denne høyden. Det er likevel ikke funnet kvikkleire i grunnundersøkelsene (se kapittel 4.4).

Grunnundersøkelser [8] [5] [4] viser faste masser over berg i nord av tomten, og en blanding av leire, silt, sand, grus i noen soner i sør av tomten (se kapittel 4.4).



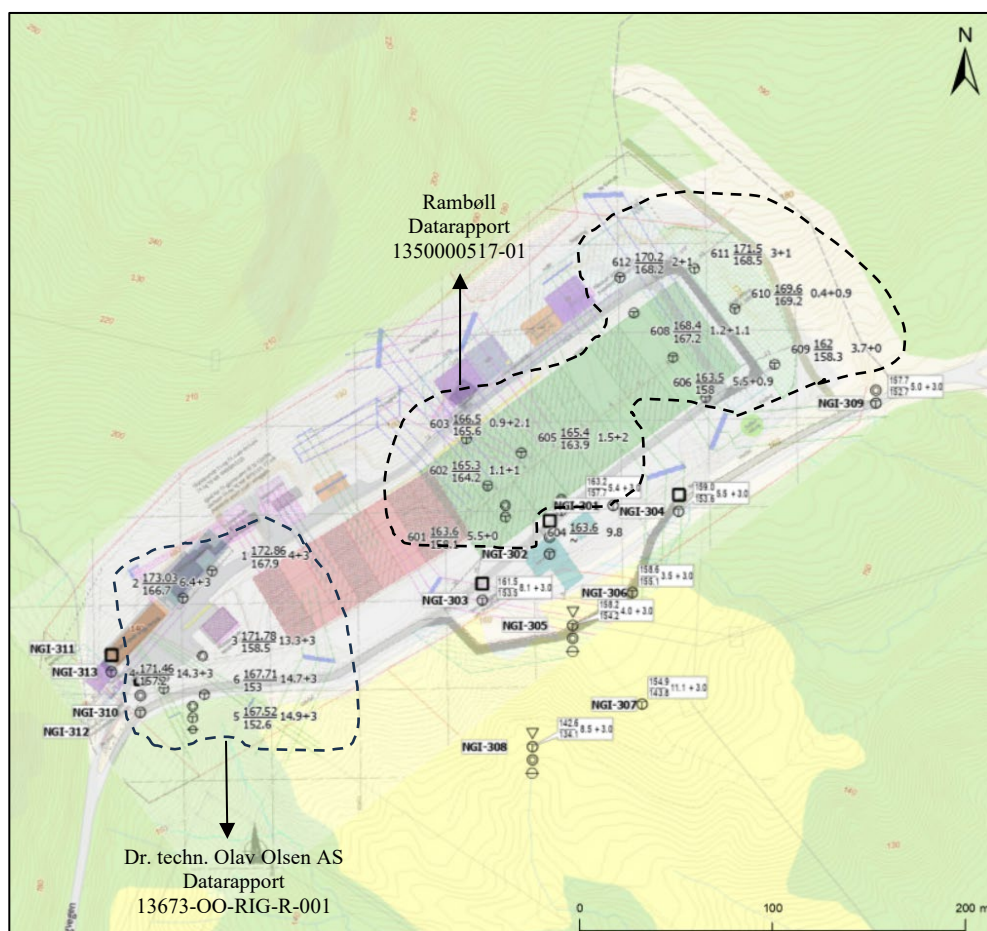
Figur 4-5. Oversikt over løsmasser i området (N50, NGU).

4.4 Grunnundersøkelser

Figur 4-6 viser grunnundersøkelser utført av Rambøll, Dr. techn. Olav Olsen AS, og NGI.

Ifølge geoteknisk datarapport fra Dr. techn. Olav Olsen AS [5] indikerer de gjennomførte sonderingene at det finnes faste masser over berg, registrert på omtrent 3 og 6 meters dybde i tomten. Det har ikke vært mulig å ta opp løsmasseprøver på dette stedet. Sørvest for stasjonen viser prøver og sonderinger tilstedeværelsen av fyllmasser i betydelig mektighet under overflaten. Løsmassene der består av en blanding av leire, silt, sand, grus og organisk materiale fra 0,9 % til 5,7 %. Vanninnholdet i løsmassene varierer fra 15 % til 25 %, med økende verdier i dybden.

Datarapport av Rambøll [4] viser at bak den nåværende stasjonen (nordøst for stasjonen i Figur 4-6) er det liten avstand til berg, men mengden løsmasser øker mot sør. Disse løsmassene består hovedsakelig av leire med varierende innhold av silt, sand, grus og store steiner/blokker. Dybden til berg varierer fra 0,4 til 9,8 meter ved borpunktene.



Figur 4-6. Grunnundersøkelsene fra Rambøll, Dr. techn. Olav Olsen AS, og NGI.

Etter gjennomgangen av de eksisterende grunnundersøkelser i stasjonen (se avsnitt 3.1 Grunnlagsdokumenter), har NGI utarbeidet en plan for grunnundersøkelser for å kartlegge grunnen med tanke på kvikkleire, og vurdere løsmassestabiliteten, spesielt på den sørlige delen av stasjonen hvor utvidelse mot en skråning er planlagt. NGI gjennomførte grunnundersøkelser i oktober 2023, se rapportnummer 20230313-02-R [8].

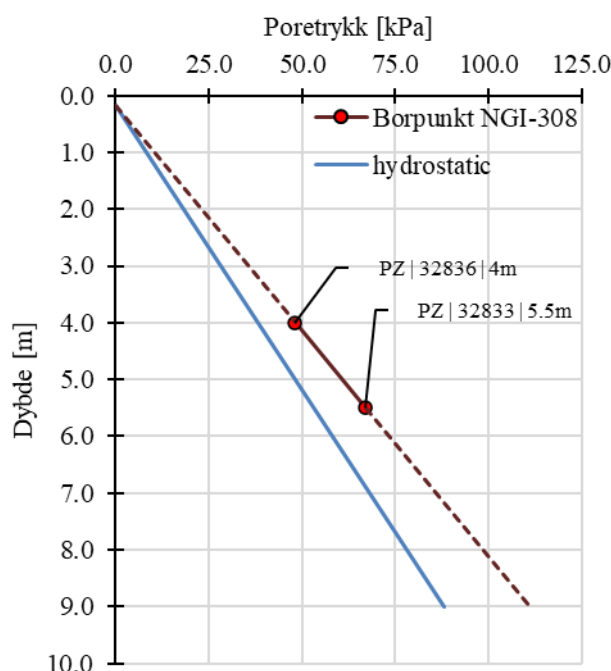
Det er gjort sikker bergpåvisning med tre meter innboring i berg i alle punkter. Tabell 4-1 viser dybde av berg på alle borpunkter.

Tabell 4-1. Oversikt over dybde av berg.

Borpunkt	Dybde av berg
NGI-301	5,42
NGI-302	7,20
NGI-303	8,05
NGI-304	5,45
NGI-305	4,00
NGI-306	3,55
NGI-307	11,07
NGI-308	8,47
NGI-309	5,05
NGI-310	9,13
NGI-313	6,47

Det er ikke funnet kvikkleire eller sprøbruddmateriale (se NVEs veileder 1/2019 [9]) i grunnundersøkelsene.

Elektriske poretrykksmålere ble plassert i to borpunkt, NGI-305 på 3 m dybde og NGI-308 på hhv. 4 og 5,5 m dybder. Ved borpunkt NGI-305 viser poretrykksmåler på 3 meters dyp negativt poretrykk. Dette tyder på at grunnvannstanden ligger dypere. Ved borpunkt NGI-308 viser begge poretrykkmålerne på 4 meters og 5.5 meters dyp et poretrykk som korresponderer med grunnvannstand 0,2 meter under terreng og økning med dybden på ca. 12,5 kPa/m, dvs. overhydrostatisk (Figur 4-7).



Figur 4-7. Poretrykk profil på NGI-308.

Det er utført ett CRS ødometerforsøk fra punkt NGI-308.. Formålet med ødometerforsøk er å bestemme leiras forkonsolideringstrykk (p_c'), samt deformasjons- og konsolideringsegenskaper. Imidlertid kunne p_c' ikke tolkes på grunn av prøveforstyrrelse.

CPTU-sonderinger på NGI-305 og NGI-308 er tolket for å bestemme udrenert aktiv skjærfasthet. Både CPTU-sonderinger har anvendelsesklasse på 1 i henhold til Norsk Geoteknisk Forening (NGF) melding nr. 5 [10].

Resultatene fra felt- og laboratorieundersøkelser viser masser av leire, silt, sand og grus med vekslende fasthet på tomten til transformatorstasjonen. Massene er delvis humusholdige. Ved NGI-308 ble det påvist et leirig torvlag i de øverste 3 meter. Under dette er det funnet leire, med organisk leire fra 2,5 til 3,0 meter dybde.

5 Vurdering av naturfare

5.1 Flomfare

Statnett har opplyst at nominell årlig sannsynlighet for flom i mulig utbyggningsområde skal være $\leq 1/1000$. Det tilsvarer sikkerhetsklasse F3 i TEK17.

Det er to elver i nærheten av stasjonen: Nidelva (øst for stasjonen) og Mjølkhusbekken (sør og øst for stasjonen) som ligger nære transformatorstasjonen. Nidelva ligger mer enn 500 m unna og på en mye lavere kote (85 m forskjell) og det er derfor ingen flomfare fra den.

Mjølkhusbekken ligger nærmere stasjonen og på en høyere kote. Vi har konservativt beregnet tusenårflommen for bekken og brukt en hydraulisk modell for å estimere vannivåene i bekken og de kommer ikke i nærheten av stasjonen (se Vedlegg A for beregningsdetaljene).

Klæbu transformatorstasjonen tilfredsstiller sikkerhetskravene for F3 ifølge TEK 17.

Det anbefales likevel å verifisere at dreneringsanleggene rundt og under (rørene) har tilstrekkelig kapasitet for å håndtere vannmengdene som kan drenere ned fra fjellet nord for stasjonen ($0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ – vedlegg A). I tillegg går Mjølkhusbekken under adkomstveien til stasjonen og det bør også vurderes om rørene under veien har kapasitet for å håndtere tusenårflommen.

Detaljene for beregningene og flom vurderingen er gitt i Vedlegg A.

5.2 Skredfare

En utredning av skred i bratt terreng iht. NVEs veileder «Sikkerhet mot skred i bratt terreng – Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak» er gjennomført for området både for dagens forhold og for en situasjon uten skog i fjellsiden. Skredtypene snø-, jord-, flom, sørpe-, steinsprang og steinskred er utredet, og Statnett har opplyst at nominell årlig sannsynlighet for skred mot transformatorstasjonen skal være lavere enn $1/5000$ (sikkerhetsklasse S3 i TEK17). Befaring av området mht. skred i bratt terreng ble utført av Anders Kleiven fra NGI 03.03.2024.

For dagens forhold vurderes samlet nominell årlig sannsynlighet for skred i bratt terreng ned mot kartleggingsområdet å være mindre enn $1/5000$, og området tilfredsstiller krav til sikkerhet i TEK17 for sikkerhetsklasse S3 (se Vedlegg B for detaljene). I en situasjon uten skog i fjellsiden, dvs. om all skog i fjellsiden fjernes, tilfredsstiller deler av anlegget ikke krav til sikkerhet i TEK17 for sikkerhetsklasse S2 og S3 (se Vedlegg B for detaljene).

I skredfarevurderingene inngår også vedlegg D, Kart nr. 002, 003, 004, 005, 006 og 007.

5.3 Områdestabilitet

Det er ikke registrert eller indikasjon på kvikkleire i de undersøkte punktene omkring trafostasjonen. Vi anser derfor at anlegget ikke kan bli rammet av områdeskred.

Vedlegg C inneholder beregninger av stabilitet for to profiler, hvor veien ved siden av stasjonen (sørsiden av stasjonen) er planlagt å flyttes mot toppen av skråningen. Høyden av veien er antatt på samme nivå som eksisterende vei. Både den nåværende situasjonen og situasjonen med den planlagte utvidelsen av transformatorstasjonen er vurdert. Planlagt utvidelse med flytting av veien er antatt basert på utkast til tegning av utvidelsesplanen av transformatorstasjonen mottatt av Statnett.

Resultatene viser at de to profilene i sørsiden av stasjonen oppfyller kravene for stabilitetsforhold med $FS_{cu} \geq 1,4$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ (Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering [1]) for både dagens tilstand og tiltak med planlagt flytting av veien. Det anbefales likevel at vegfyllingen legges i noe avstand fra skråningstopp, og at overflatestabiliteten av skråningen sikres med drenering i overflaten. Veggen må detaljprosjekteres når endelig veggeometri foreligger.

5.4 Fundamenteringsforhold

Både fyllmasser og originale masser har vekslende fasthet og er delvis humusholdige. Langs nordvestre del av tomten er det liten dybde til berg eller faste masser, og alle bygg kan fundamenteres på såler eller plate i masseutskiftet fylling. Langs sørøstre del og lengst vest ved dagens adkomst er det dypere til fast grunn, inntil 7 meter. Lette og/eller lite setningsømfintlige bygg kan fundamenteres på ca. 1 meter masseutskiftet fylling. Fyllingen bør forbelastes og ligge inntil anslagsvis 3 måneder for å gjøre unna setninger i underliggende bløtere lag. Tyngre og/eller setningsømfintlige bygg eller konstruksjoner bør enten masseutskiftes helt til berg eller faste masser, eventuelt pelefundamenteres. Original grunn må anses meget telefarlig. Det vil være behov for supplerende undersøkelser og detaljprosjektering for hvert enkelt bygg.

5.5 Bergskjæring

Ved utvidelse eller flytting av trafosjakter i nordenden av tomten må det forventes at det påtreffes berg i skråningen. Det anbefales at nødvendig plass og terrenginngrep avklares videre for å kunne prosjektere skjæringenes høyder tett inntil sjaktene. Behov for å begrense skjæringshøyden, eventuelt behov og omfang av bergsikring (fanggrøft, bolter, nett osv.) kan da vurderes nærmere i neste fase.

6 Forurensningssituasjon

I henhold til forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften) kapittel 2 er det gjort en vurdering av om de aktuelle områdene har forurenset grunn. Det er ikke registrert oppføringer i eller i nærheten til området i Miljødirektoratets grunnforurensningsdatabase.

Trafoene på eksisterende trafostasjon har ulike byggeår. Trafoene bygget i 2005 og 2012 er plassert i betongbasseng med oppsamling av sigevann. Sigevann føres til oljeutskillere for å fange opp eventuell olje som kan lekke ut fra trafoene. Det er en eldre trafo fra 1970-tallet på området. Systemet rundt denne er ukjent. NGI er ikke forelagt dokumentasjon på vedlikehold og/eller tømning av oljeutskillere. Det vurderes derfor som aktuelt å kartlegge tilstand til disse samt utføre miljøtekniske grunnundersøkelser i tilknytning til utskillere for å avdekke eventuelle lekkasjer fra disse i forbindelse med fjerning av disse eller hvis man er i berøring av masser i tilknytning til disse i byggefasen.

Eksisterende trafo-område er dels utfylt/oppfylt og består av sprengstein og tilbakefylte opprinnelige topplagsmasser. Det skal ikke være tilkjørte masser på området. Dette gjelder også et oppfylt massedeponi på området.

Under befaring ble det observert noe overflateavfall i ravinedalen lengst sørvest. Omfanget er usikkert, men synlig avfall var av begrenset art.

Det er gjennomført en innledende miljøteknisk grunnundersøkelse på området. Miljøprøver er tatt ut i områder hvor det er utfylte masser for å dokumentere disse. I den miljøtekniske grunnundersøkelsen ble det tatt prøver av løsmasser i seks punkt rundt transformatorstasjonen. Prøvene ble analysert for miljøgifter (åtte metaller, PAH, PCB, BTEX og olje (alifater)) og innhold av totalt organisk karbon. Det ble påvist PCB i tilstandsklasse 2 i prøve 302 0-1 m. Øvrige prøver klassifiseres i tilstandsklasse 1 (rene masser). For detaljert beskrivelse av løsmasser og analyserapporter vises det til NGI [8].

I forurensningsforskriften kap. 2 stilles det krav til at det utarbeides en tiltaksplan ved terrenginngrep i forurenset grunn. Siden det er påvist miljøgifter over normverdi må det lages en tiltaksplan som beskriver håndtering av forurensede masser dersom det skal utføres terrenginngrep (graving av grøfter, utfylling av masser o.l.) på eiendommen. Planen må også inneholde en vurdering av om det skal utføres supplerende prøvetaking i områder hvor det skal utføres terrenginngrep, for å dokumentere massene ytterligere.

Det er påvist lave konsentrasjoner av miljøgifter (tilstandsklasse 2). Masser med tilstandsklasse 2 kan bli liggende eller omdisponeres innenfor tiltaksområdet, både som overflate- eller dypereleggende masser. Dersom de forurensede massene graves opp og fjernes fra tiltaksområdet, må de leveres til godkjent mottak/deponi. Området et ikke registrert i Grunnforurensningsdatabasen til Miljødirektoratet og dette må påregnes utført før en eventuell behandling av tiltaksplan hos forurensningsmyndighet.

Et søk i Naturbase (www.miljodirektoratet.no/tjenester/naturbase/) viser ikke oppføringer av vekster av fremmed art. Det kan imidlertid ikke utelukkes da NGI ikke har gjennomført kartlegging av fremmede arter.

7 Konklusjoner

Analysen dokumenterer at flomfare tilfredsstiller sikkerhetsklasse F3 i TEK17. Dvs. at nominell årlig sannsynlighet for at påbygget blir oversvømt vurderes til å være $\leq 1/1000$, hvilket tilsvarer et tusenårs gjentakintervall.

Samlet nominell årlig sannsynlighet for skred i bratt terreng ned mot kartleggingsområdet vurderes å være mindre enn $1/5000$ under dagens vegetasjonsforhold, og området tilfredsstiller krav til sikkerhet i TEK17 for sikkerhetsklasse S3. I en situasjon uten skog i fjellsiden, dvs. om all skog i fjellsiden fjernes, tilfredsstiller deler av anlegget ikke krav til sikkerhet i TEK17 for sikkerhetsklasse S2 og S3.

Det er ikke registrert eller indikasjon på kvikkleire i de undersøkte punktene omkring trafostasjonen. Vi anser derfor at anlegget ikke kan bli rammet av områdeskred.

Stabilitetsberegninger viser at skråning i sørsiden av stasjonen oppfyller kravene for stabilitetsforhold (Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering [1]).

Både fyllmasser og originale masser har vekslende fasthet og er delvis humusholdige. Det anbefales å utføre masseutskifting med komprimert stein for fundamentering av bygg og konstruksjoner, eventuelt pelefundamentering ved setningsømfintlige konstruksjoner.

Ved terrenginngrep (graving, utfylling o.l.) på tiltaksområdet, må det utarbeides en tiltaksplan for håndtering av forurensede masser. Masser i tilstandsklasse 1 og 2 kan bli liggende eller omdisponeres innenfor tiltaksområdet. Dersom forurensede masser skal fjernes fra tiltaksområdet, må de leveres til godkjent mottak/deponi for forurensede masser.

8 Referanser

- [1] Eurocode 7, «Geotechnical design. Part 1: General rules.,» 2019.
- [2] DiBK, «Byggteknisk forskning,» Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) TEK 17, [Internett]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>. [Funnet 06 10 2022].
- [3] Standard Norge, «NS-EN 1990:2002+A1:2005+AC:2010+NA:2016,» Standard Norge, 2016.
- [4] Rambøll, «Datarapport fra Grunnundersøkelse, Oppdrag nr. 1350000517,» 2014.
- [5] Dr. techn. Olav Olsen AS, «Geoteknisk datarapport 13673-OO-RIG-R-001,» 2022.
- [6] Rambøll, «Rasfarevurdering Klæbu Statnett spenningsoppgradering midt Norge,» 2014.
- [7] Rambøll, «Transformatorstasjon Klæbu - geoteknisk vurdering,» 2013.
- [8] NGI, «Klæbu Transformatorstasjon. Datarapport - grunnundersøkelser, rapportnummer 20230313-02-R,» 2023.
- [9] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Veileder nr. 1/2019. Sikkerhet mot kvikkleireskred.,» 2019.
- [10] Norsk Geoteknisk Forening (NGF), «Veiledning for utførelse av trykksondering, rev. nr. 3,» 2010.



 Klæbu Transformatorstasjon

Statnett

Geofaglig rådgivning - Klæbu Transformatorstasjon

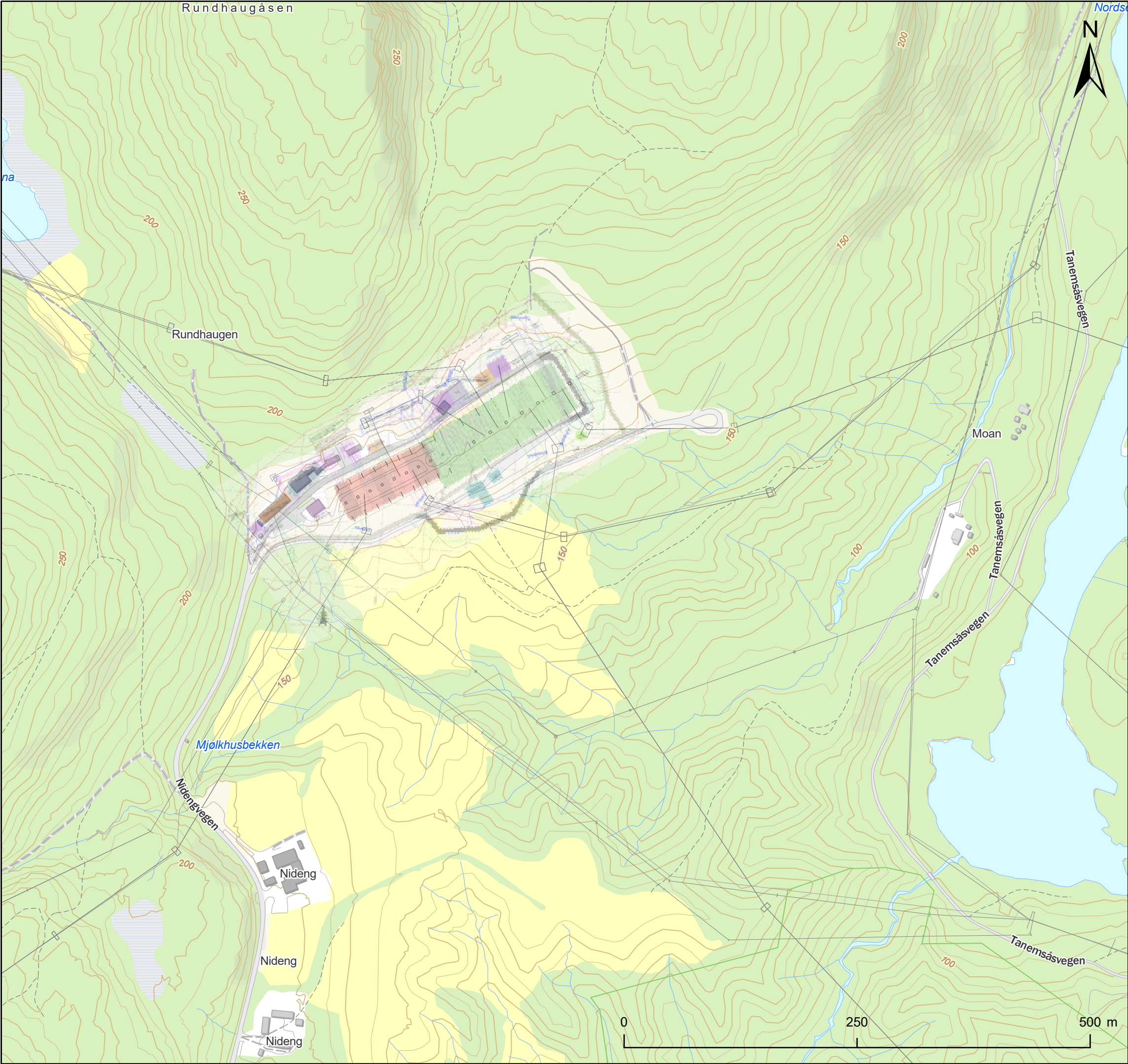
Oversiktskart

Dato	2023-05-23	Utført	EAO	Kontrollert	VG	Godkjent	VG
Original format og målestokk		Kartprojeksjon					
A3 1:140 000		ETRS 1989 UTM Zone 33N					
Prosjektnr.	20230313	Dokumentnr.	20230313-03-R	Kartnr.	001	Rev.	0

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

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





Klæbu Transformatorstasjon

- Red: Band_1
- Green: Band_2
- Blue: Band_3

Statnett			
Geofaglig rådgivning - Klæbu Transformatorstasjon			
Situasjonsplan			
Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2023-05-23	EAO	VG	VG
Original format og målestokk		Kartprojeksjon	
A3 1:4 000		ETRS 1989 UTM Zone 33N	
Prosjektnr.	Dokumentnr.	Kartnr.	Rev.
20230313	20230313-03-R	010	0
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT			
Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO			
Sognsveien 72			
Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48			
www.ngi.no			
NGI			

Vedlegg A

VURDERING AV FLOMFARE

Innhold

A1	Innledning	2
A2	Sikkerhetsklasse for flom	2
A3	Klimatologiske data	3
A4	Flomvurderinger	5
	A4.1 Dimensjonerende flom	5
	A4.2 Hydraulisk modell	6
	A4.3 Overvann	6
A5	Resultater	7
	A5.1 Overvann	8
A6	Konklusjoner	9
A7	Referanser	9

A1 Innledning

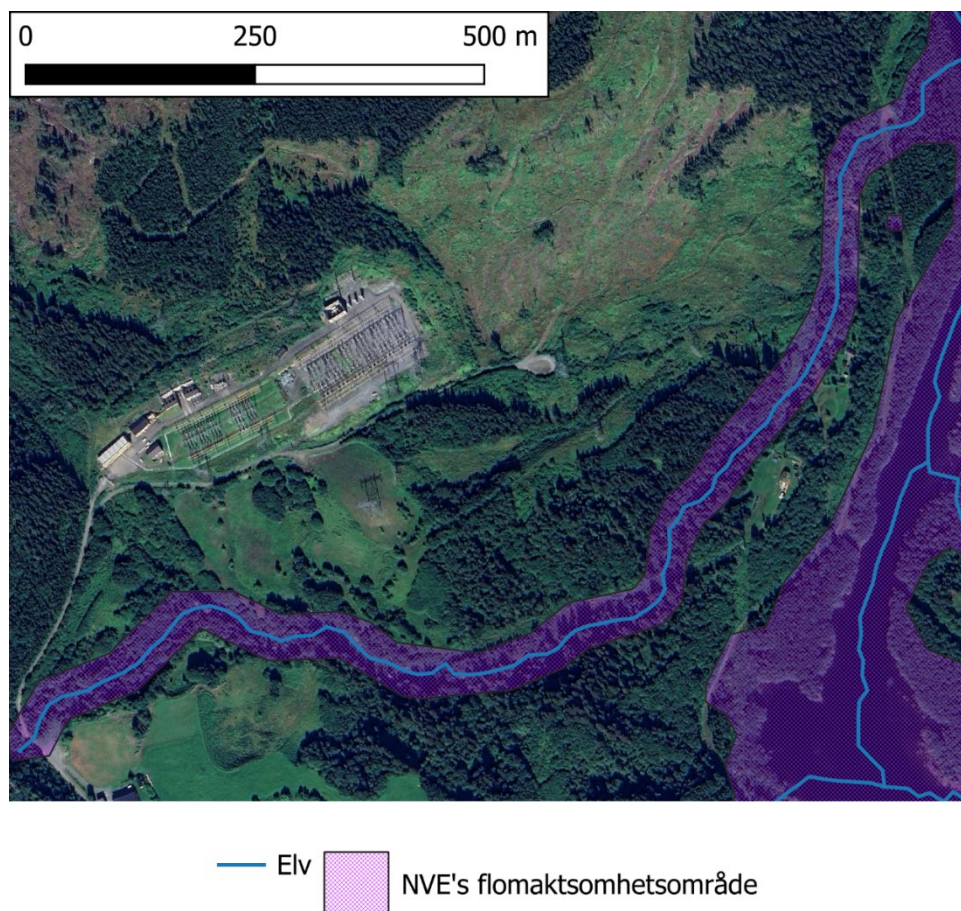
I forbindelse med utvidelse av Klæbu Transformatorstasjon ble NGI engasjert for å utføre vurdering av fare for flom og skred i bratt terreng i området samt fare for kvikk-leireskred.

Dette vedlegg omhandler flomvurderinger for Klæbu transformatorstasjonen.

A2 Sikkerhetsklasse for flom

Statnett har opplyst at nominell årlig sannsynlighet for flom i mulig utbyggingsområde skal være $\leq 1/1000$. Det tilsvarer sikkerhetsklasse F3 i TEK17.

Stasjonen ligger utenfor NVEs flomaktsomhetsområde (Figur 2-1). Aktsomhetsområde er beregnet for et gjentakintervall $\leq 1/200$ (200-årsflom) og det trengs derfor en ny vurdering for bekken sør for stasjonen (Mjølkhusbekken) og for den store elva øst for stasjonen (Nidelva).



Figur 2-1 NVEs flomaktsomhetsområde.

Nidelva ligger på rundt kote 75 i nærheten av stasjonen. Stasjonen ligger (laveste punkt) rundt kote 160. Høydeforskjellen er av ca. 85 m og det er derfor usannsynlig at det er flomfare fra Nidelva. Videre vurderer denne rapporten kun flomfare fra Mjølkhusbekken.

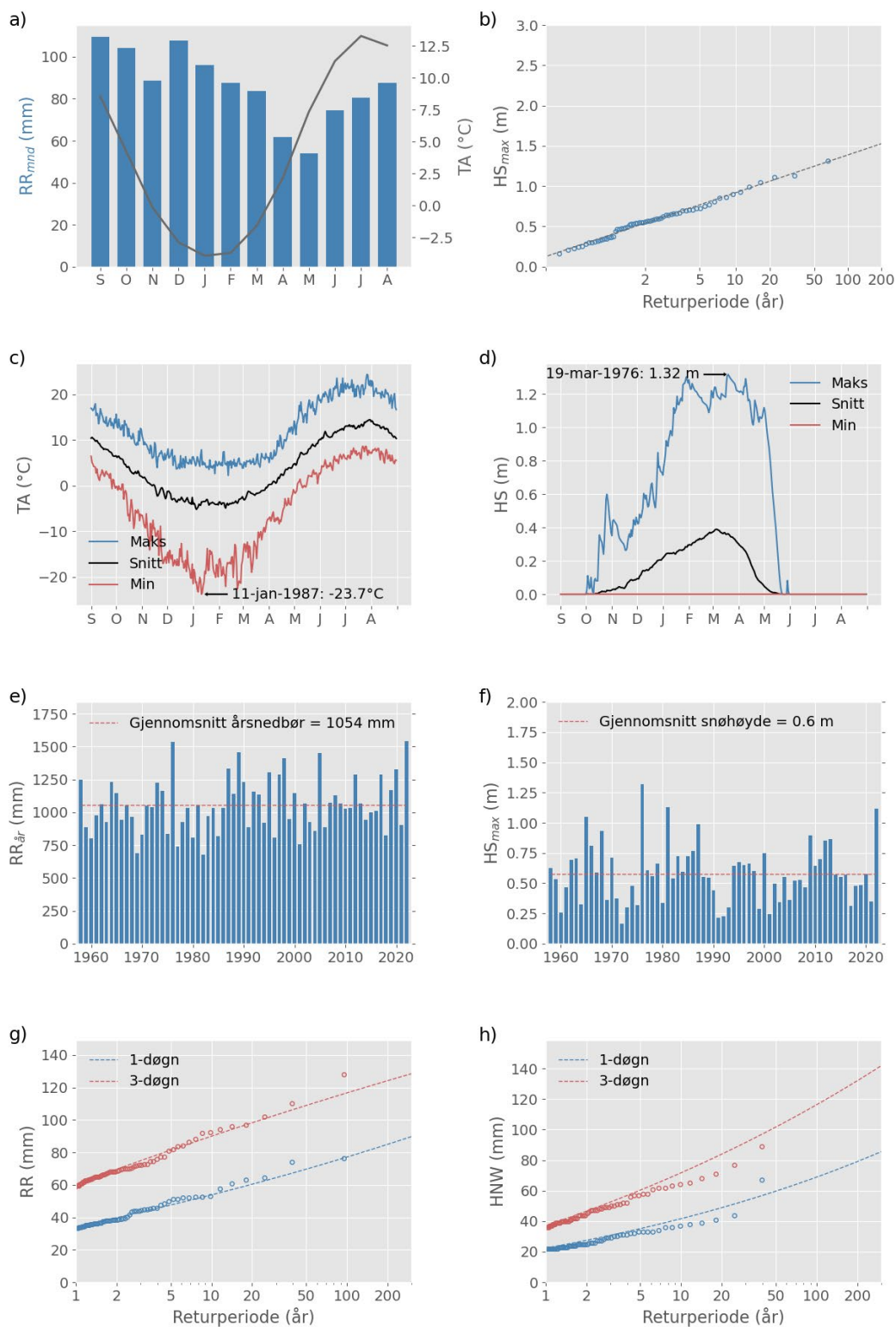
A3 Klimatologiske data

Interpolerte klimadata fra SeNorge-datasettet (Lussana et al., 2016; Saloranta, 2014) for normalperioden 1991 - 2020 viser at normal årsnedbør i det undersøkte området er ca. 1062 mm, hvor ca. 308 mm kommer om vinteren (DJF). Årsmiddeltemperatur i området er 4.4 °C og døgnmiddeltemperaturen varierer normalt fra -15.7 °C til 20.4 °C. Gjennomsnittlig årsmaksimal snøhøyde er 50 cm og maksimal snøhøyde siste 60 år er 132 cm.

Ved å bruke de maksimale nedbør- og snøhøydeverdiene i de interpolerte dataene kan man estimere forventet 1000-års nedbør og 300-års snøhøyde for området. I dette området er 300-års snøhøyde beregnet å være 1.6 meter, og 1000-års nedbør 123 mm/døgn (basert på Dyrddal A.). Dette er estimater basert på korte observasjonsperioder og statistiske usikkerheter.

Klimafremskrivinger (Hanssen-Bauer et al., 2015) for Norges fastland frem mot år 2100 viser at man kan forvente en økning i nedbørmengdene på mellom 14 % (scenario 1, RCP 4.5) og 22 % (scenario 2, RCP 8.5). Økningen om vinteren er henholdsvis 1 % og 8 % for de to scenariene. Temperaturen vil øke med mellom 2.5 °C og 4.0 °C. Dette har også en effekt på snødekket, som er forventet å minke med mellom 65 % og 83 %. Antall dager med snø på bakken er forventet å reduseres med henholdsvis 71 og 107 dager for de to scenariene.

Endringene er relativt til referanseperioden 1971-2000. Høyde på valgt gridcelle er 262 moh.



UTM33 270678E, 7030255N, 262moh

Figur 3-1 a) Månedsnedbør og –lufttemperatur, b) returverdier (gumbelfordeling) for årlig maks snøhøyde. Daglig minimum, maksimum og gjennomsnittlig lufttemperatur (c) og snøhøyde (d).

A4 Flomvurderinger

A4.1 Dimensjonerende flom

Mjølkhusbekken har et areal på ca. 1,2 km² der den drenerer inn i Nidelva. Det er ingen vannføringsstasjon i bekken og dimensjonerende flom må derfor ekstrapoleres fra nærliggende vannføringsstasjoner, eller beregnes på en annen måte.

Vannføringsstasjonene som ligger mindre enn 30 km unna transformatorstasjonen vises i Tabell 4-1. For beste resultatene må nedbørfeltet for den nærliggende stasjon som brukes for ekstrapolering ha lignende egenskaper og areal (Tabell 4-1).

Det er stasjonene Risvollan og Kobberdammen som kunne ha oppfylt kravene (mtp. areal), men Kobberdammen er regulert, noe som bidrar i usikkerheten av ekstrapolering. Risvollan er et lite urbant nedbørsfelt med ulike egenskaper enn Mjølkhusbekken.

Tabell 4-1 Nærliggende vannføringsstasjoner.

Stasjons-navn	NVE id	Regulering	Avstand (km)	Fra	Til	Areal (km ²)
Risvollan	123.38.0	Uregulert	8	1986-12-10	2023-02-07	0.22
Kobberdammen	123.95.0	Regulert m/magasin-regulering	13	2006-10-25	2023-02-07	1.02
Ånøyen	122.19.0	Regulert m/magasin-regulering	15	1997-01-01	2000-12-31	121.67
Gaulfoss	122.9.0	Regulert m/magasin og uregulert restfelt	26	1958-05-19	2023-02-07	3085.86
Gaua	122.16.0	Uregulert	27	1969-10-02	2023-02-03	80.49

Et alternativ er å bruke en regional flomfrekvensanalyse (FFA), som er implementert i NVEs verktøy NEVINA (nevina.nve.no).

Ifølge NEVINA er tusenårsflommen i Mjølkhusbekken på 1,0 m³/s. For å ta hensyn til klimaendringer, anbefales det å multiplisere dimensjonerende flom med en klimafaktor (klimaservisesenter.no). Faktoren er ulik for ulike regioner. Der Mjølkhusbekken ligger er den anbefalte faktoren 0%. Vi velger å likevel bruke en klimafaktor på 20% fordi det er et lite nedbørsfelt med rask responstid (og intensitet av regn forventes å øke i fremtiden).

Dimensjonerende flom er derfor 1.2 m³/s. Til sammenligning gjennomførte vi en FFA med stasjonen Kobberdammen som grunnlag, og kom frem til en dimensjonerende flom på 0.9 m³/s for Mjølkhusbekken uten klima faktor. Dette tyder på at valgt metode for å estimere dimensjonerende flom er robust.

A4.2 Hydraulisk modell

Det er mange faktorer som påvirker resultatene fra en hydraulisk modell og mange parameterverdier som kan skrues på (Pappenberger, 2005). Under ideelle forhold ville det vært mulig å kalibrere modellen mot observasjonsdata, men dette var ikke mulig her. Vi kan derimot dokumentere parametervalg og antagelser som er gjort.

2D-varianten av HEC-RAS-modellen ble satt opp for Mjølkhusbekken nære transformatorstasjonen. Oppløsningen i beregningsområdet ble satt til 10x10 m i de fleste områdene. Langs bekken er det benyttet høyere oppløsning: 1x1 m². Vi brukte et beregningsintervall på 1 s med «Shallow water equation med lokal inertia» som fysisk grunnlag. Vi brukte et Mannings tall (som tilsvarer terrengets motstand mot vannets ferd) på 0.06 som er et konservativt valg der vannet renner i bekken og optimistisk der den renner utenfor etablert elveløp.

A4.3 Overvann

Det er noen få rør som går under stasjonen som drenerer høydene nord for transformatorstasjonen. De eksakte dreneringsmønstrene er ikke mulig å definere med dataene som er tilgjengelige, og man kan bare gi et grovt estimat av vannmengdene som skal dreneres.

Det totale arealet som drenerer gjennom stasjonen, er ca. 200 000 m² (egne beregninger med data fra høydedata.no) og samlet kapasitet av rørene og dreneringssystemer rundt stasjonen må kunne handtere vannet som kommer fra dette arealet.

En enkel tilnærming for å vurdere vannmengdene er den rasjonelle ligningen:

$$Q = ciA$$

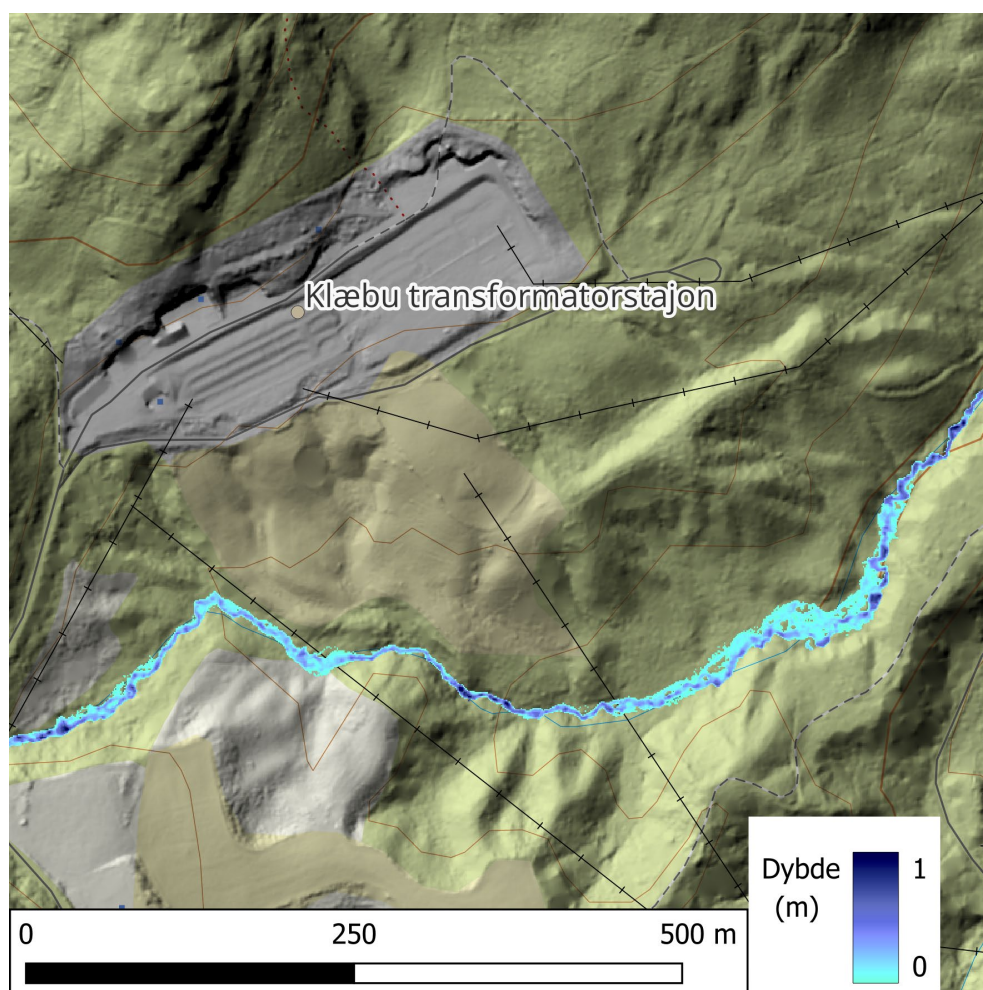
der Q (m³/s) er vannføringen, c er en dimensjonsløs faktor (vannføringskoeffisient), i er nedbørintensitet (mm/time) og A er arealet (m²).

A5 Resultater

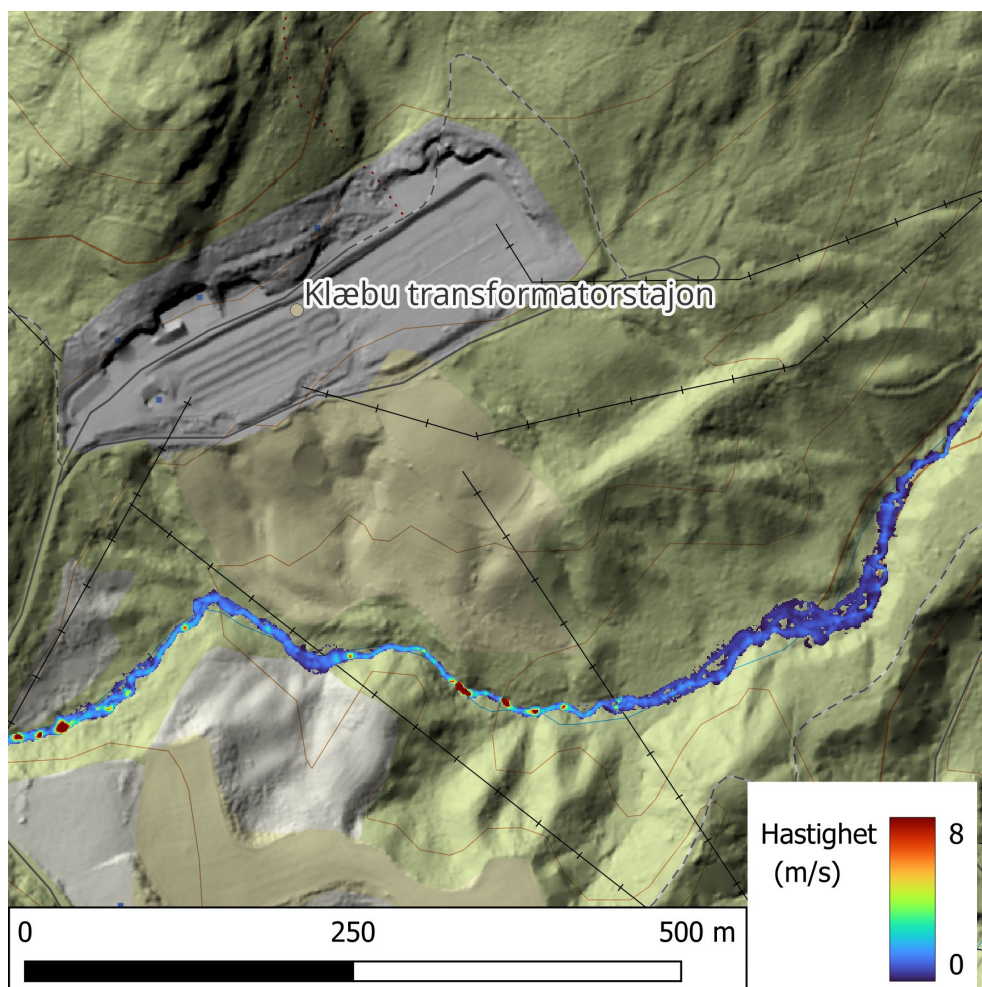
Mjølkhusbekken

Transformatorstasjon er ikke utsatt for flom (Figur 5-1 og Figur 5-2). Veien til stasjonen kan derimot bli oversvømt om rørene der Mjølkhusbekken drenerer ikke har stor nok kapasitet. Her antok vi at rørene alltid fungerer. I tillegg er arealet der Mjølkhusbekken går inn i Nidelva ikke kartlagt og det er usikkerheter i resultatene, noe som sannsynligvis forårsaker enn overestimering av flomstørrelsen. Det er likevel ingen fare for flom for stasjonsområdet.

Det er derimot veldig høye hastigheter i noen del av Mjølkhusbekken (>8 m/s og opp til 30 m/s) som kan bidra til erosjon. De aller høyeste hastigheter skjer der det er slutning på elveleien er av ca. 20%, og kan delvis være en numerisk begrensning i modellering. Elven ligger likevel langt fra stasjonen og på en mye lavere høyde (ca. 30 m lavere) og det anses at dette ikke påvirker flomrisikoen for stasjonen selv om så høye hastigheter gjør at elva har potensial for å endre elveløp.



Figur 5-1 Vanndybde i Mjølkhusbekken for tusenårsflommen.



Figur 5-2 Vannhastighet i Mjølkhusebekken for tusenårsflommen.

A5.1 Overvann

Klimaservicesenter gir estimater for regnintensitet for ulike varigheter og gjentakintervaller. For nedbørstasjonen nærmest transformatorstasjonen (Saupstad – SN68120 -- <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb&locationId=SN68120>) er beregnet timeintensitet på 34.2 mm/time for 200-års gjentakintervall. Vi bruker timeintensitet fordi nedbørsfeltet er lite, og trolig har kort konsentrasjonstid.

I tillegg anbefales det å bruke en klimafaktor på 50% for gjentakintervaller > 50år. Dette tilsvarer 50 mm/time og ved bruk av den rasjonelle ligningen blir det 0.7 m³/s: det er denne vannmengden dreneringssystemene rundt og under transformatorstasjonen må kunne håndtere. Vannføringskoeffisient er satt til 0.25, hvilket er et konservativt valg for skog (som dekker mest av fjellet).

Med nåværende datagrunnlaget er det ikke mulig å gi mer eksakte anbefalinger uten videre studier. Notere også at vi har brukt en 200 års gjentakintervall (fordi det er den

lengste tilgjengelig intervall) og sikkerhetsklasse F3 trenger et tusenårsgjentaksintervall og den maksimal vannføring blir sannsynligvis høyere.

A6 Konklusjoner

Transformatorstasjonen i Klæbu er ikke utsatt for flom og tilfredsstiller kravene for sikkerhetsklasse F3.

Det anbefales likevel å bekrefte at dreneringssystemene rundt og under stasjonen har tilstrekkelig kapasitet for å drenere vannet som drenerer ned fjellkanten nord for stasjonen.

Flom i Mjølkhusbekken kan påvirke tilgang til stasjonen hvis rørene under adkomstveien ikke kan håndtere vannmengdene.

A7 Referanser

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

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

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

Vedlegg B

UTREDNING AV SKREDFARE I BRATT TERRENG

Innhold

B1	Innledning	4
B1.1	Revisjon	5
B1.2	Forbehold	6
B2	Områdebeskrivelse	6
B2.1	Terreng og dreneringsforhold	7
B2.2	Grunnforhold	9
B2.3	Vegetasjon og skog	13
B3	Grunnlagsmateriale	15
B3.1	Digitale terrengmodeller (DTM)	15
B3.2	Tidligere utredninger	16
B3.3	Historiske skredhendelser	17
B3.4	Andre datakilder benyttet i vurderingen	18
B3.5	Eksisterende sikringstiltak	18
B3.6	Klimadata	18
B3.7	Bruk av modeller	20
B4	Skredfareutredning per skredtype	20
B4.1	Steinsprang	20
B4.2	Steinskred	26
B4.3	Snøskred	26
B4.4	Jord- og flomskred	31
B4.5	Sørpeskred	32
B4.6	Hva er den samlede skredfaren?	32
B4.7	Avvik fra tidligere skredfareutredninger	33
B5	Konklusjon	33
B6	Referanser	33

Om oppdraget

Oppdragsgiver:	Statnett
Utførende foretak:	NGI
Skredfareutredning for:	Klæbu transformatorstasjon med gårdsnummer 542 og bruksnummer 21
Følgende tiltak og sikkerhetsklasse(r) er planlagt på eiendommen/planområdet:	Skredfareutredning for sikkerhetsklasser S1 (1/100), S2 (1/1000) og S3 (1/5000)
Befaring gjennomført, eventuelt hvorfor ikke:	Befaring er gjennomført
Befaring gjennomført av og når:	03 – 04.05.2023 av Vidar Gjelsvik, Emir Ahmet Oguz og José-Luis Guerrero (NGI), 03.04.2024 av Anders Kleiven (NGI).

Forord

Plan- og bygningsloven (pbl) og Byggteknisk forskrift (TEK 17, kap 7.3) stiller krav til sikkerhet mot naturfare. For reguleringsplan og byggesak/-tiltak, søknadspliktig eller ikke, må det derfor dokumenteres at tilstrekkelig sikkerhet mot skredfare vil bli oppnådd i henhold til disse sikkerhetskravene.

Denne utredningen er utført av fagkyndig personell og følger NVEs veileder Sikkerhet mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak¹, og vil dermed kunne dokumentere om sikkerhetskravene er oppfylt.

Skredtypene snø-, jord-, flom-, sørpe-, steinskred og steinsprang er utredet.

Sammendrag

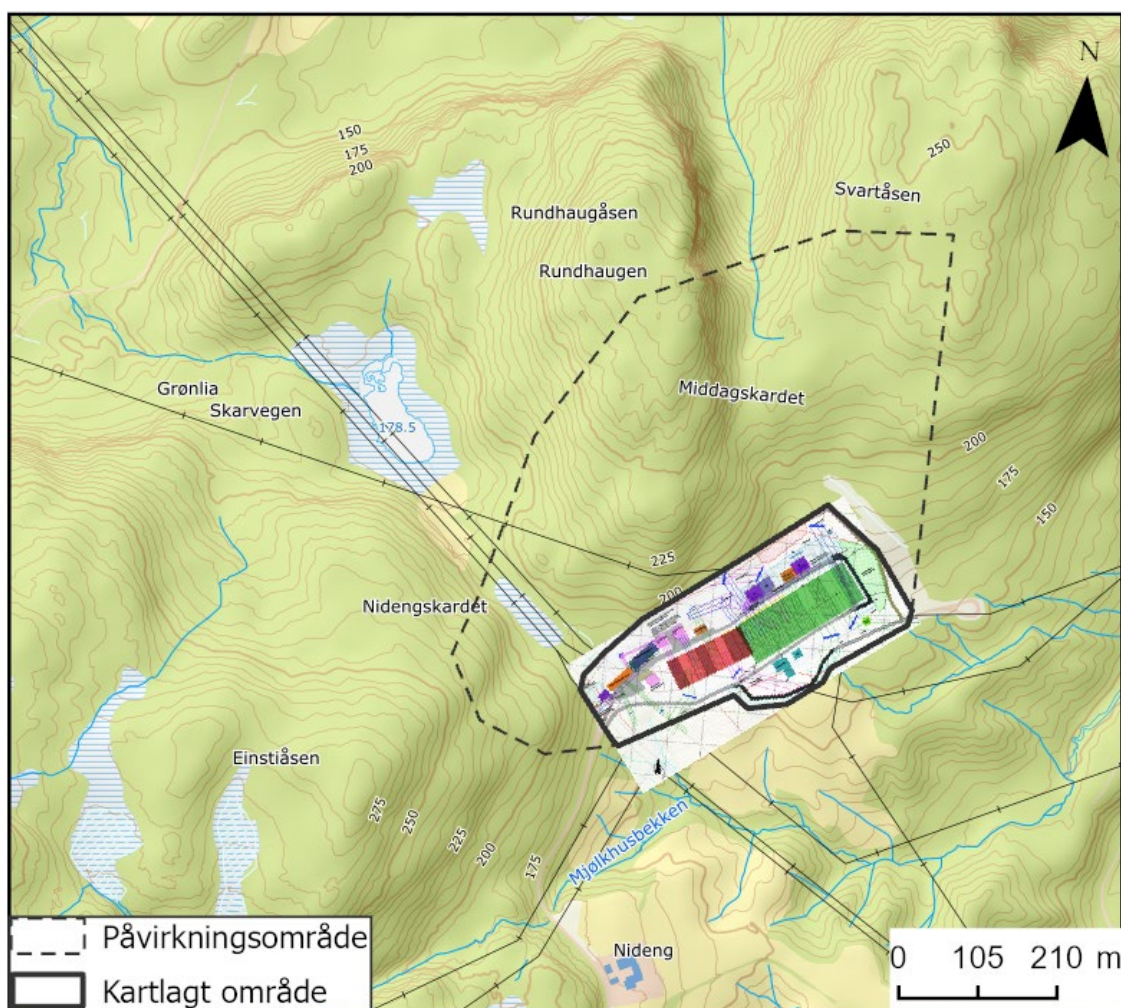
På oppdrag fra Statnett har NGI vurdert fare for skred fra bratt terreng mot Klæbu transformatorstasjon i Trondheim kommune. Kartleggingsområdet ligger innenfor utløpsområdene til aktsomhetskart for snøskred, og en detaljert faresonekartlegging trengs derfor for å utrede reell fare for skred mot området. Området har vært befart og vurderinger er gjort for alle sikkerhetsklasser i TEK17.

¹ <https://www.nve.no/veileder-skredfareutredning-bratt-terreng>

Det kartlagte området tilfredsstiller med dagens forhold krav til sikkerhet mot skred i bratt terreng for alle tiltaksklasser. For en situasjon uten skog i fjellsiden kan snøskred nå inn i kartleggingsområdet med nominell årlig sannsynlighet større enn 1/1000 og 1/5000. Mest utsatt er den nordlige grensen til kartleggingsområdet nord for stasjonen mot Rundhaugen og Middagskardet.

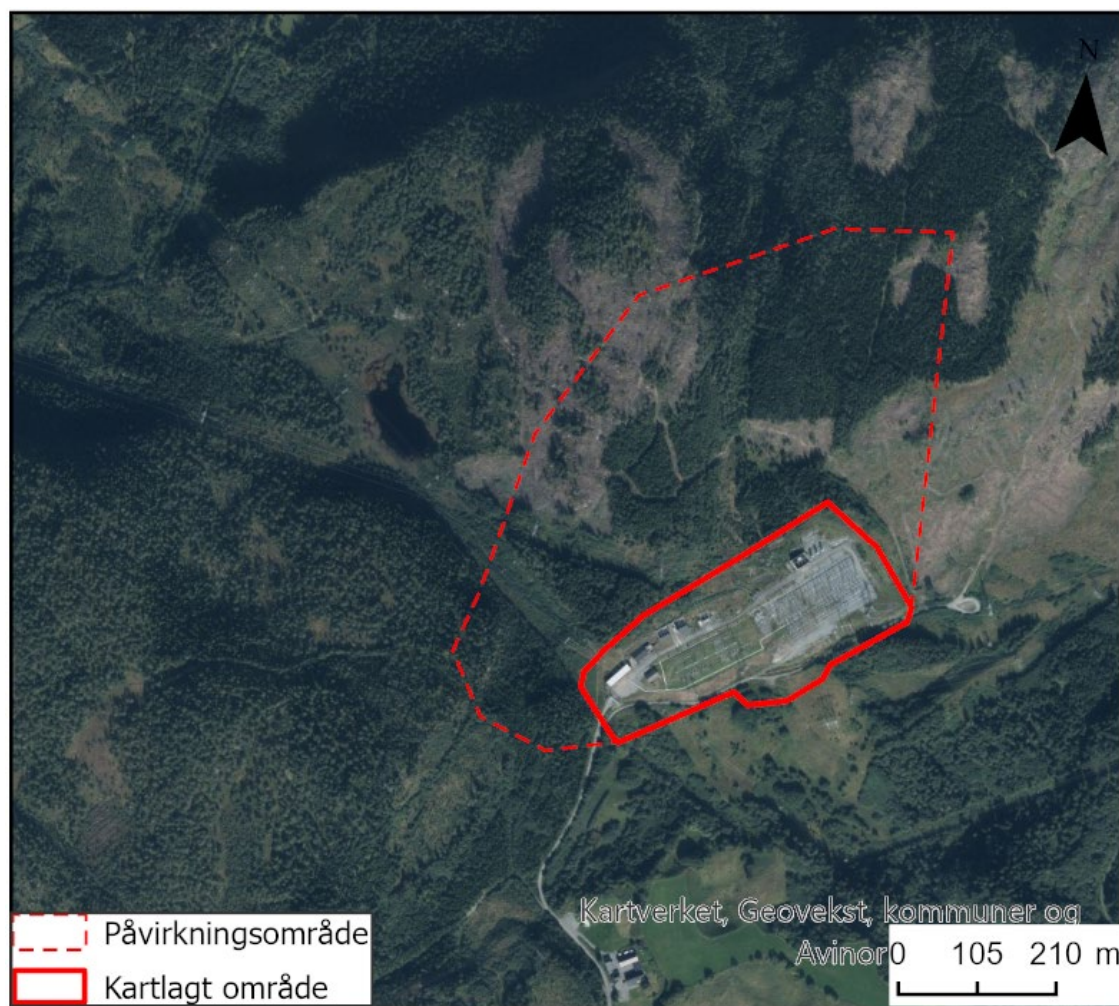
B1 Innledning

NGI har på oppdrag fra Statnett vurdert skredfare i forbindelse med utvidelse av den eksisterende transformatorstasjonen på Klæbu (Figur 1-1, Figur 1-2). NGI er bedt om å avklare fare for skred i bratt terreng for dagens situasjon og uten skog for sikkerhetsklassene beskrevet i TEK17, dvs. for skred med gjennomsnittlig årlig sannsynlighet på hhv. 1/100 (S1), 1/1000 (S2) og 1/5000 (S3).



Figur 1-1 Skisse av transformatorstasjonen på Klæbu med utvidelser. Kartlagt område er vist med heltrukken linje og vurdert påvirkningsområde er markert med stiplet linje.

Bakgrunnen for henvendelsen er at deler av tomte ligger innenfor aktsomhetssonene for snøskred. Det kreves derfor en utredning av faren for skred i bratt terreng for å avklare om lokaliteten tilfredsstiller sikkerhetskravet for skred mot bebyggelse beskrevet i TEK17. Aktsomhetskartet viser områder med mulig skredfare, men er basert på automatiske analyser på en grov terrengmodell med konservative utløpsberegninger, og vil derfor ikke svare ut den reelle skredfaren.



Figur 1-2 Flybilde over kartleggingsområdet med påvirkningsområdet.

Som bakgrunn for vurderingene er det gjennomført befaring, studie av detaljert terrengmodell, nye og historiske flyfoto, tidligere rapporter og historiske hendelser. Første befaring av sideterrenget ble gjennomført 03.05.2023 av Vidar Gjelsvik, Emir Ahmet Oguz og José-Luis Guerrero fra NGI. Befaring av selve transformatorstasjonen ble gjennomført 04.05.2023. Ny befaring av sideterrenget ble gjennomført 03.04.2024 av Anders Kleiven fra NGI.

Alle relevante skredtyper i bratt terreng er inkludert i vurderingen; snøskred, steinsprang, jordskred, flomskred og sørpeskred. Fastsettingen av faresonene er basert metodikk gitt i veileder fra NVE (versjon av 2024/09/09), innhentede data og samlede faglige skjønnsmessige vurderinger.

B1.1 Revisjon

I foreliggende rev.2 er faresoner uten skog en del av leveransen i Vedlegg B.

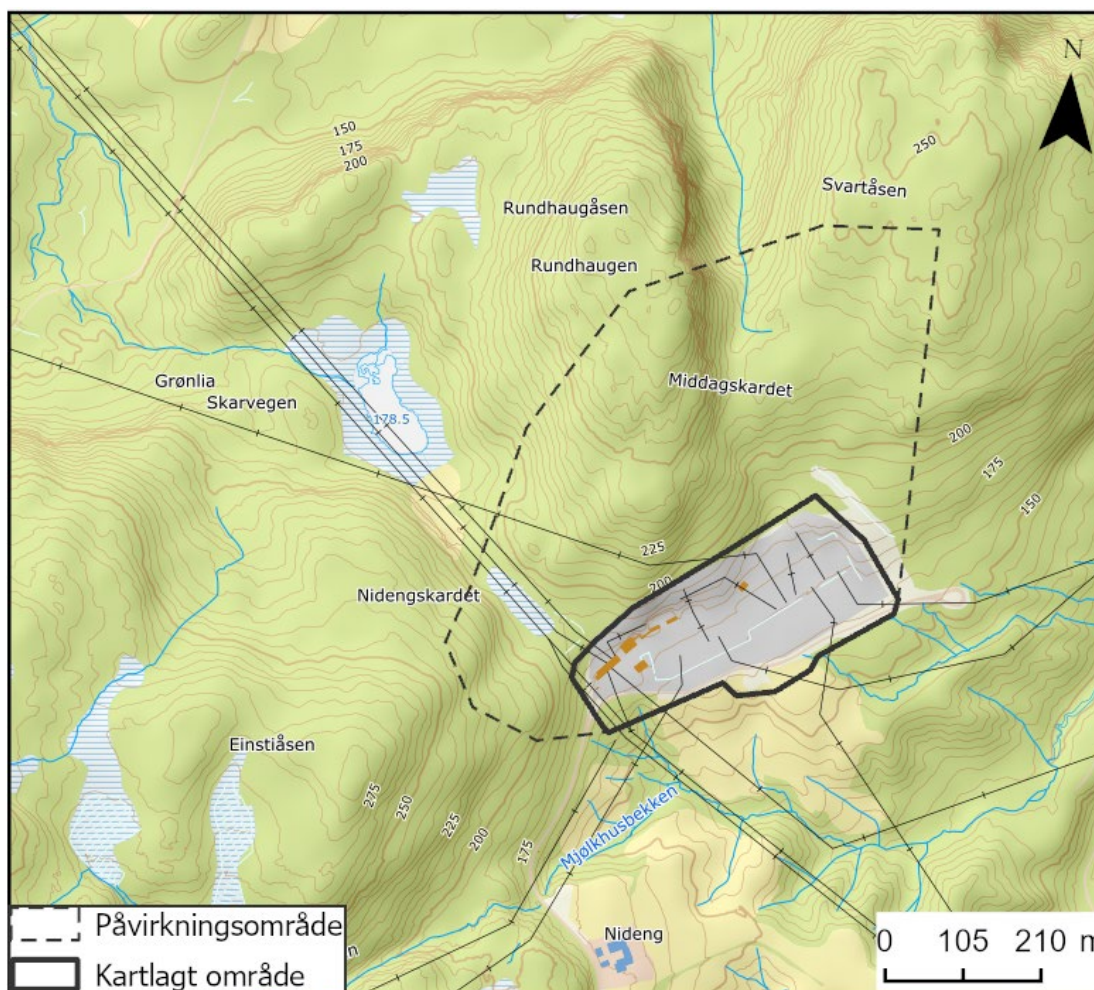
B1.2 Forbehold

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

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

B2 Områdebeskrivelse

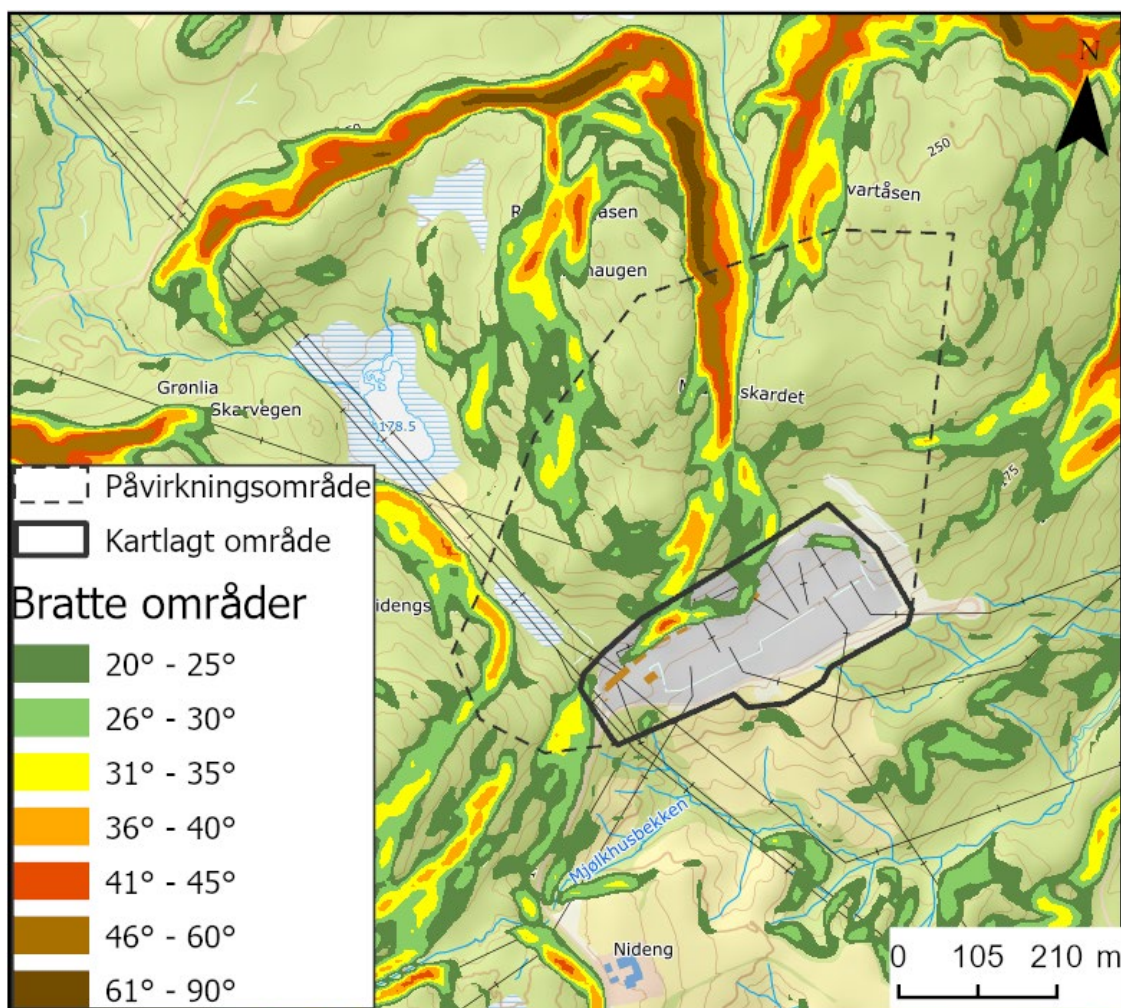
Kartleggingsområdet er Klæbu transformatorstasjon (Figur 1-1, Figur 1-2, Figur 2-1). Området ligger på ca. 175 moh., ved foten av tre mindre åser: Svartåsen (250 moh.), Rundhaugåsen (280 moh.) og Einstiåsen (290 moh.). Øst for området går Nideelva. Påvirkningsområdet strekker seg nord for kartleggingsområdet opp til toppen av de tre nevnte åsene. Sør for stasjonen er terrenget generelt fallende mot Nidelva ved 75 moh. Mellom stasjonen og Nidelva finnes et komplekst ravinesystem med mange små bekker. Disse små bekkene er tilknyttet en hovedbekk, Mjølkhusbekken, som til slutt munner ut i Nidelva.



Figur 2-1 Oversiktskart over kartleggingsområdet med tilhørende påvirkningsområde.

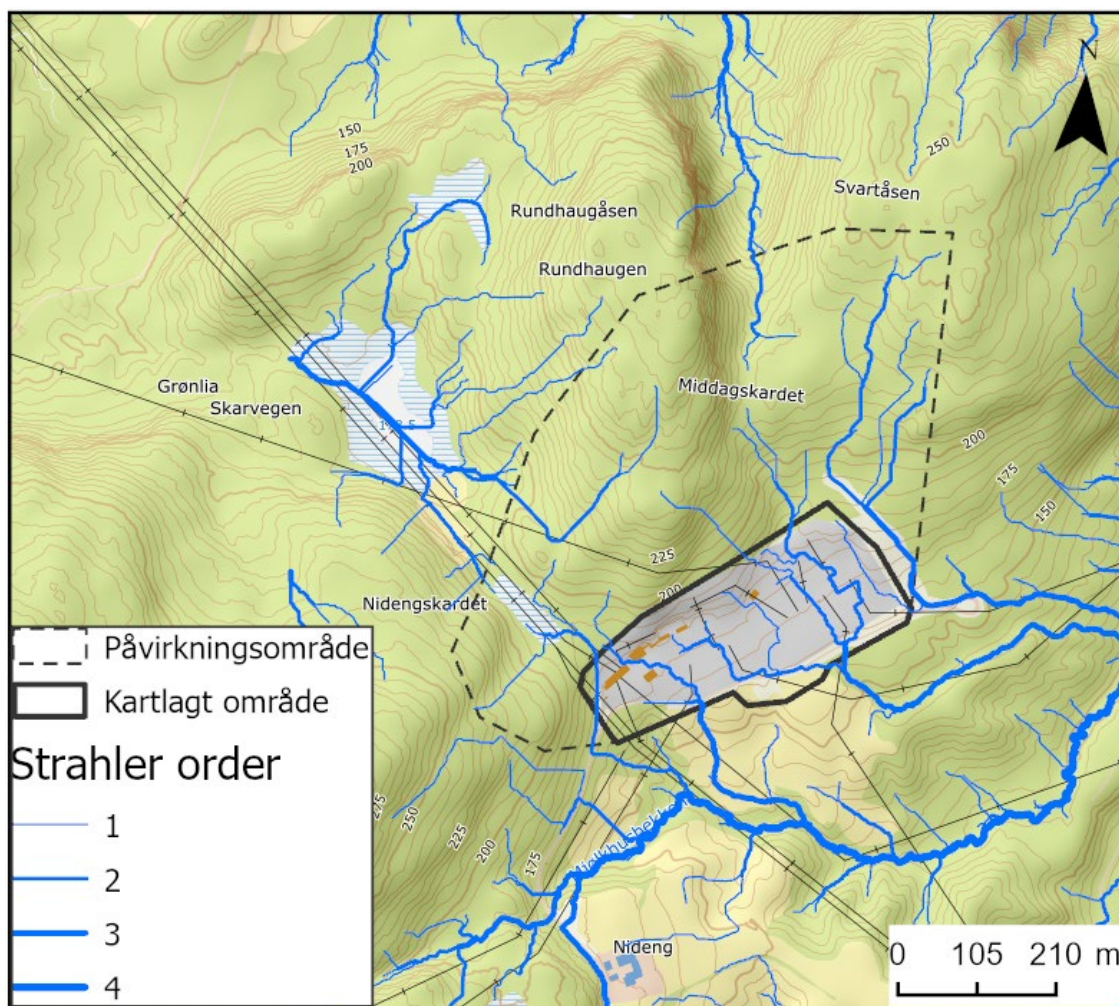
B2.1 Terreng og dreneringsforhold

Terrenghelning og dreneringsløp for det kartlagte område er vist hhv. Figur 2-2 og Figur 2-3. I påvirkningsområdet er det et bratt område mellom Rundhaugåsen og Svartåsen som kalles Middagskardet. Her er det enkelte partier brattere enn 45° . Ved foten av Rundhaugåsen er det et annet parti med skrenter brattere enn 30° . Det er også et mindre område vest for kartleggingsområdet ved foten av Einstiåsen brattere enn 30° . Mellom Rundhaugen og Einstiåsen ligger Nidenskardet.



Figur 2-2 Helningskart for kartleggings- og påvirkningsområdet.

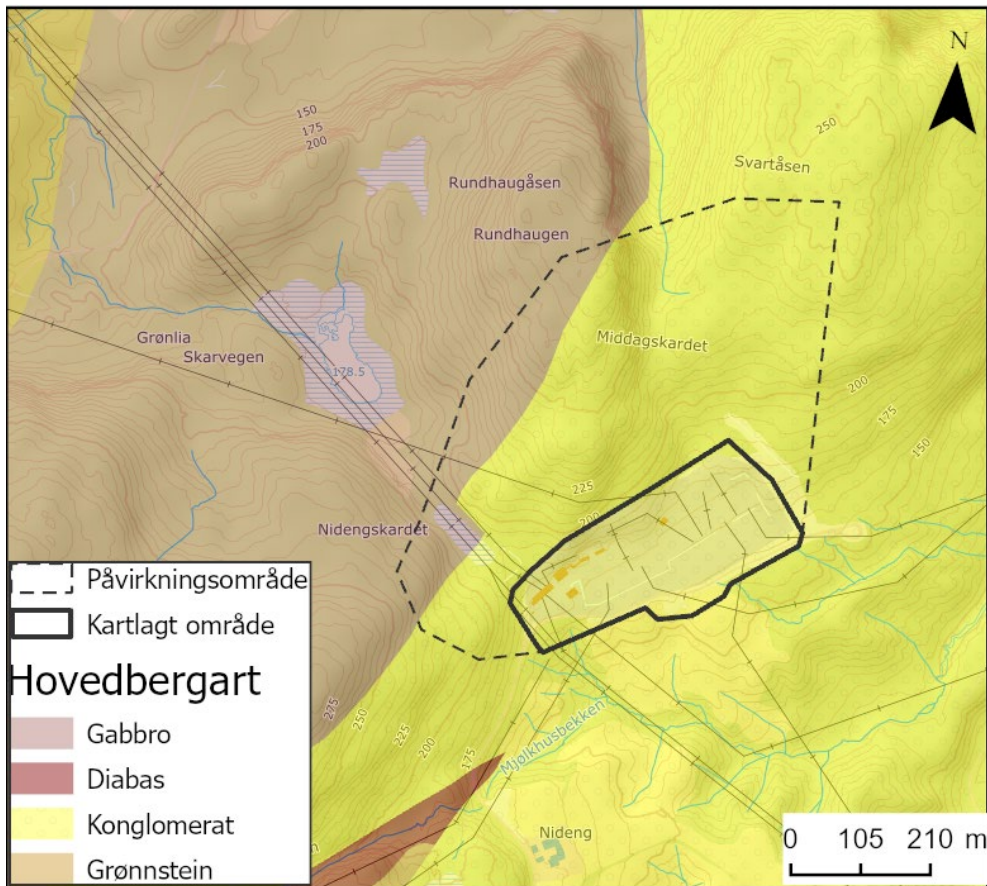
Dreneringsanalysen viser at det er forsenkninger ned mot transformatorstasjonen fra omtrent midt i skråningen. I Nidengskardet, mellom Einstiåsen og Rundhaugåsen er det et myrparti som kan samle noe vann. Dreneringsanalysen viser at det går en forsenkning herfra og ned mot kartleggingsområdet som drenerer den nærmeste lille myra. Det større myrområdet med en liten innsjø som ligger litt lenger nord drenerer nordover, bort fra kartleggingsområdet.



Figur 2-3 Dreneringskart over kartleggings- og påvirkningsområdet.

B2.2 Grunnforhold

Bergrunnskart fra NGU (ngu.no) viser at i øvre del av terrenget over kartleggingsområdet består av berggrunnen av gabbro, mens området ned mot kartleggingsområdet består av konglomerat (Figur 2-4). Gabbro er en middels, til grovkornet magmatisk bergart, som er noe omvandlet. Konglomeratet består av flere bergarter, med stedvis store fragmenter av gabbro, trondhemitt, jaspis og hvit marmor i en grønn fyllittgrunnmasse (beskrivelse hentet fra NGU). Under befaringen ble de fleste klippepartiene undersøkt og stort sett er berggrunnen massiv, med delvis oppsprukne områder i noen deler (Figur 2-5).



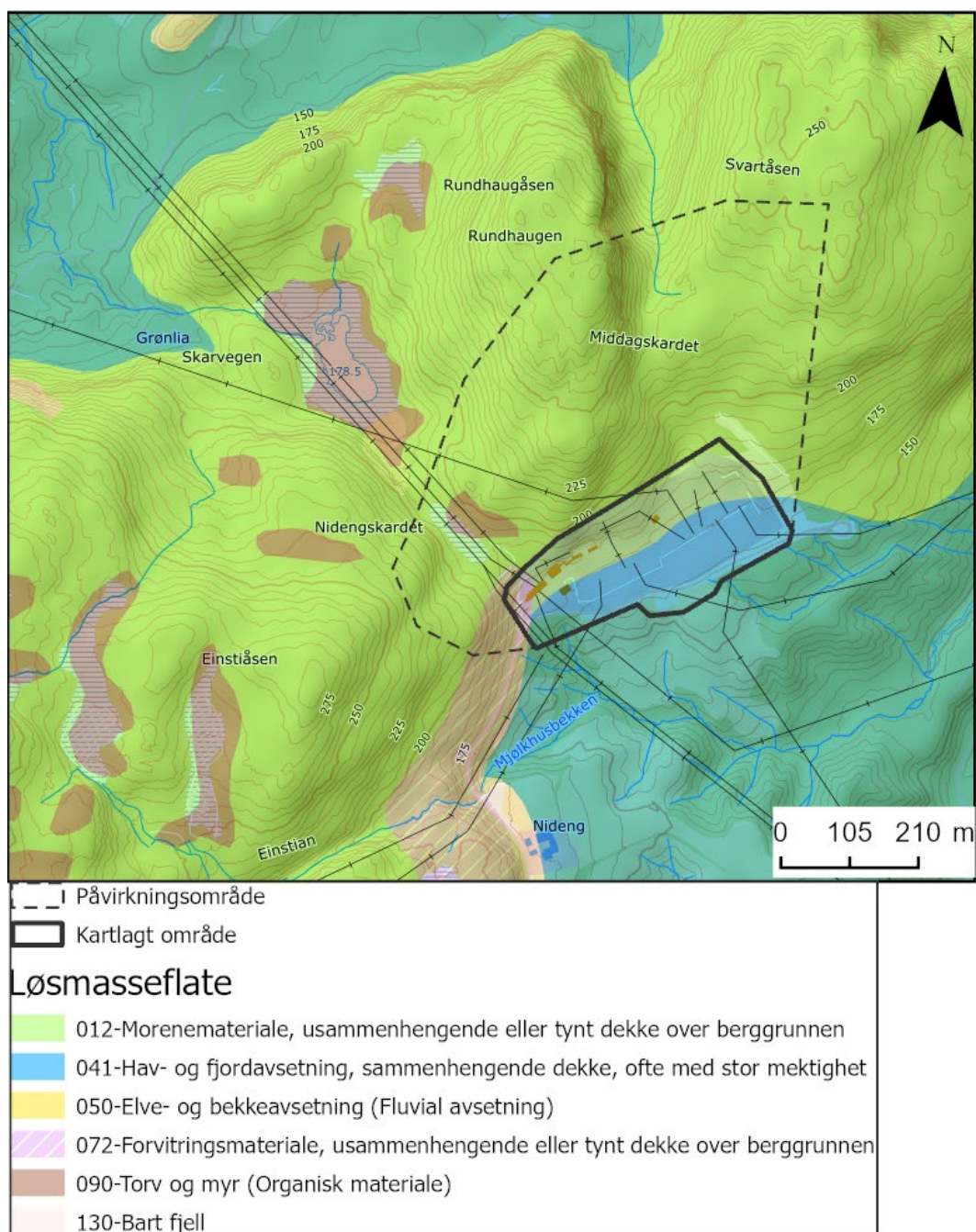
Figur 2-4 Oversikt over berggrunnen i området (N250, NGU).



Figur 2-5 Oppsprukket klippeparti med konglomerat i søkket ned mot stasjonen fra Middagskardet. Nedenfor dette klippepartiet er terrenget flatt slik at et potensielt utfall her vil stoppe raskt.

Løsmassedekket i påvirkningsområdet (bak stasjonen) er kartlagt av NGU (ngu.no) som usammenhengende, og tynt dekke av morenemateriale (Figur 2-6). Det er et lite område i nordvest med organisk materiale. Ved kartleggingsområdet i vest er det bart fjell. Observasjoner fra befaring bekrefter antagelser om et tynt løsmassedekke (0 – 50 cm).

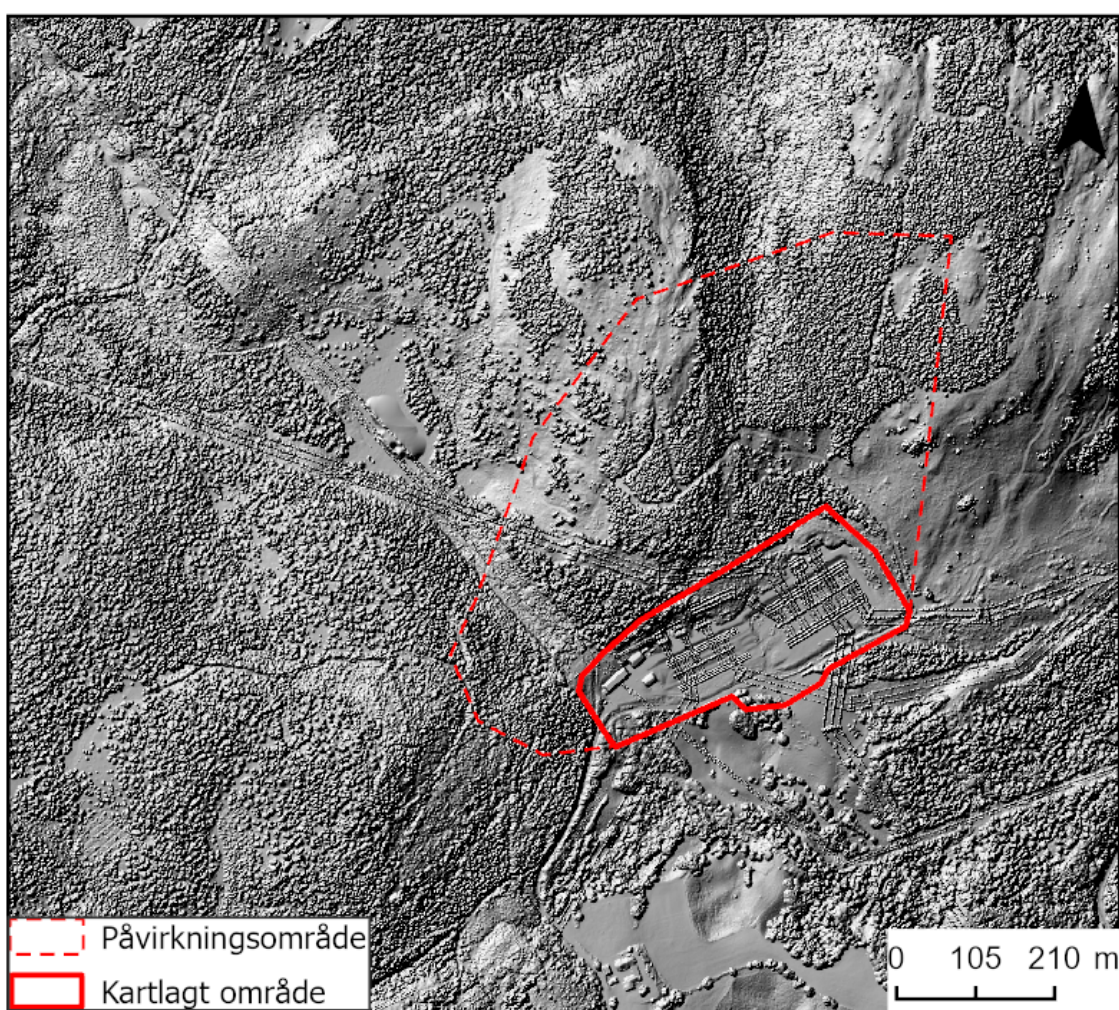
Ved dagens transformatorstasjon og nedover mot Nidelva ligger det sjø- og fjord-avsetninger (eller marine avsetninger), stedvis med stor mektighet. Nesten hele transformatorstasjonen ligger under marin grense på kote +175, og marine avsetninger med potensiell forekomst av kvikkleire kan finnes i hele området under denne høyden.



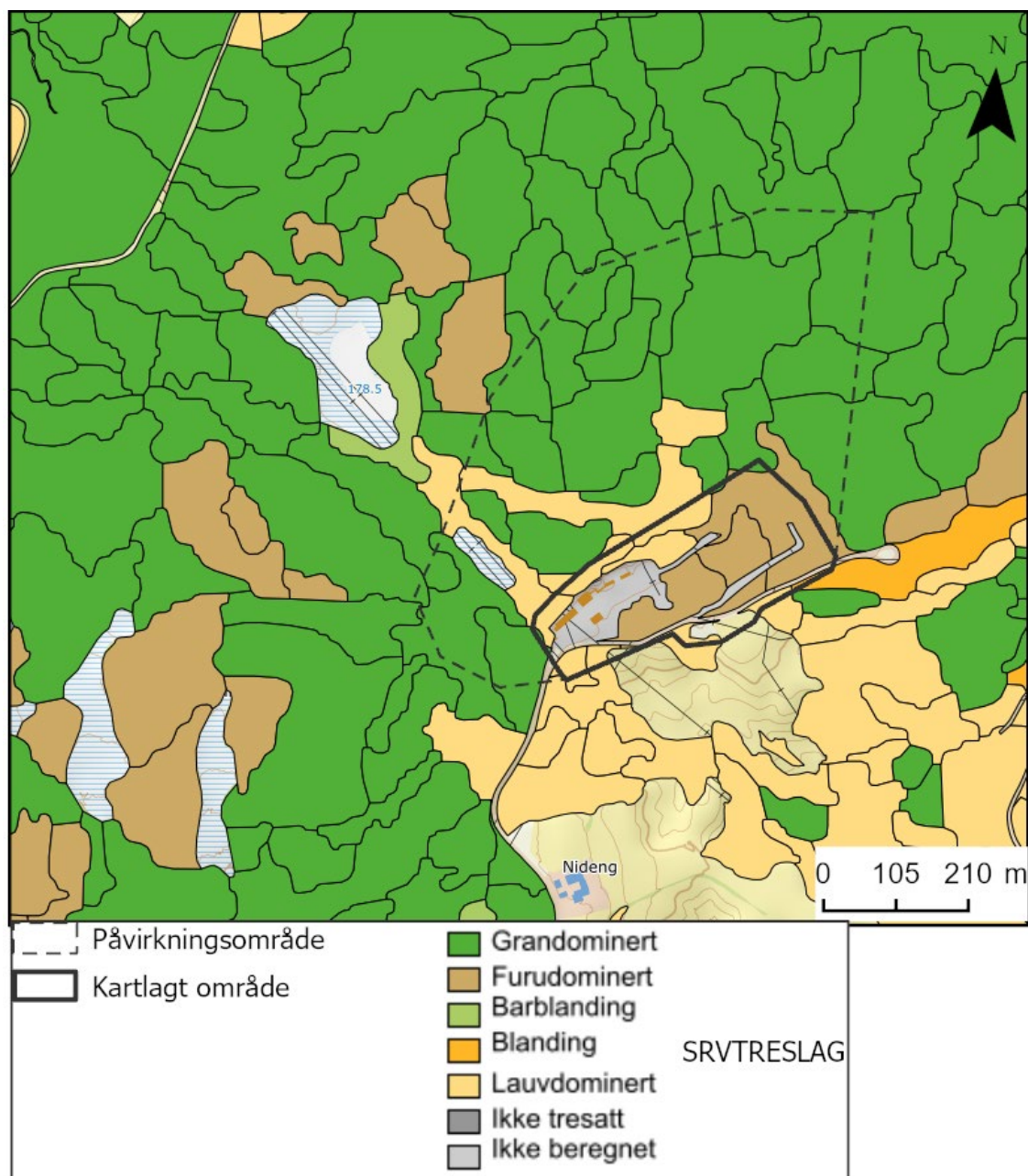
Figur 2-6 Oversikt over løsmasser i området (N50, NGU).

B2.3 Vegetasjon og skog

Figur 2-7 viser en terrengmodell med skog over området. Det er store forskjeller i vegetasjonen i påvirkningsområdet. Øst for kartleggingsområdet, i fjellsiden opp mot Svartåsen, har det vært flatehogd såpass nylig at det ikke er kommet opp ny vegetasjon. Rundt gjerdet til stasjonen og under høyspentlinjene er det også hogd relativt nylig. Basert på observert vegetasjon kan det se ut som at det ble hogd for omtrent 10-15 år siden. I disse områdene er det tett løvskog, noe som også kan sees på skog-dataene som viser ulike treslag for området (Figur 2-8). I det brattere områdene opp mot Rundhaugåsen er det granskog, og vegetasjonen er her eldre og grovere (Figur 2-9).



Figur 2-7 Skyggerelieffkart som viser vegetasjonsforholdene sør for påvirkningsområdet fra lidardata (www.hoydedata.no). Bildet viser forhold i 2022.



Figur 2-8 Oversikt over ulike treslag i påvirkningsområdet (SR16-data fra NIBIO).

Skog og vegetasjon kan virke stabiliserende på løsmasser og snødekke i påvirkningsområdet. Vegetasjonen kan også bidra til å bremse og begrense rekkevidden til eventuelle skred. Skog kan også virke destabiliserende på løsmasser ved å tilføre stor vekt og ved rotvelt som kan føre til mindre jordutglidninger og remobilisering av blokker.



Figur 2-9 I de brattere områdene opp mot Rundhaugåsen er vegetasjonen eldre og grovere.

Det er vurdert at deler av skogen i området er grov og tett nok til at den vil kunne redusere sannsynligheten av utløsning og utløp til snøskred, og dermed også faresonene for kartleggingsområdet. For andre skredtyper enn snøskred kan skog både virke positivt og negativt for faren for skred, men effekten er vanskelig å kvantifisere og vil avhenge av en rekke faktorer. Skogen er derfor ikke vurdert å ha avgjørende betydning for faresonenes utstrekning for disse skredtypene.

B3 Grunnlagsmateriale

B3.1 Digitale terrengmodeller (DTM)

Som grunnlag for terrenyanalyser i denne rapporten er det benyttet nasjonal høydemodell 1x1 m oppløsning. Terrengmodellen er laget basert på siste oppdaterte LiDAR-data fra Høydedata.no.

Helnings- og skyggekart er generert fra terrengmodellen, og benyttet i videre analyser. Skyggekart gir et relieffkart av terrenget som anvendes for geomorfologisk kartlegging, for å identifisere urer, løsmassevifter, andre skredavsetninger, og avgrense skredbaner, løsneområder, osv.

Avrenningsanalyse (strømningsanalyse, Figur 2-3) er gjort basert på detaljert 1m terrengmodell.

B3.2 Tidligere utredninger

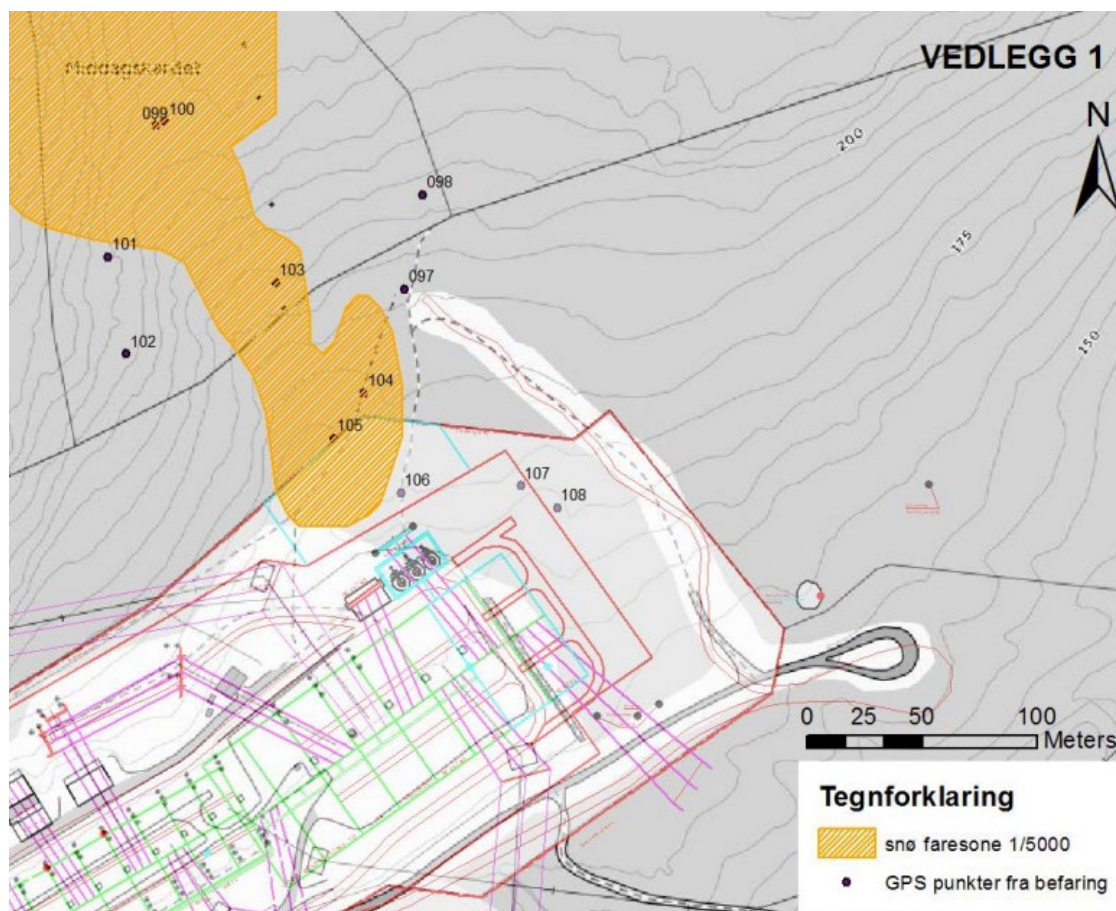
NGI har tidligere levert flere rapporter til prosjektet, blant annet en vurdering av fare for skred i bratt terreng for sikkerhetsklasse S2. Rapportene fra NGI er listet opp under.

- NGI rapport 20230313-01-R, Klæbu Transformatorstasjon: Foreløpig vurdering av naturfare. Datert 2023-07-06.
- NGI rapport 20230313-02-R, Klæbu Transformatorstasjon: Datarapport – Grunnundersøkelser rev. 1. Datert 2023-11-30.
- NGI rapport 20230313-01-R, Klæbu Transformatorstasjon: Endelig vurdering av naturfare. Datert 2024-05-03.

NGI kjenner i tillegg til følgende rapport med tidligere skredfarevurderinger innenfor området:

- 61350000517, Rasfarevurdering Klæbu, Statnett spenningsoppgradering midt Norge. Rambøll (2014).

Rambøll har vurdert at anlegget ikke ligger utsatt til for skred i bratt terreng med en nominell årlig sannsynlighet på 1/1000 eller større, men at deler av anlegget kan være utsatt for snøskred med en nominell årlig sannsynlighet på 1/5000 (Figur 3-1). Rambøll har vurdert at anlegget ikke ligger utsatt til for noen av de andre skredtypene.



Figur 3-1 Faresone for snøskred med nominell årlig sannsynlighet 1/5000 fra rapport 61350000517 fra Rambøll (2014).

Det finnes også to datarapporter for grunnundersøkelser:

- 13673 Klæbu trafostasjon, 13673-OO-RIG-R-001 rev. 0 0, Geoteknisk datarapport. Dr. techn. Olav Olsen As (2022).
- 1350000517, Transformatorstasjon Klæbu, Grunnundersøkelse Datarapport. Rambøll (2014).

B3.3 Historiske skredhendelser

Følgende kilder er benyttet ved kartlegging av tidligere skredhendelser:

- NVEs nasjonale skreddatabase
- Observasjoner fra befaring og flybildestudier

Det er ingen registrerte skredhendelser i NVEs skreddatabase (atlas.nve.no) ved transformatorstasjonen, men ca. 1 km sørvest er det registrert et leirskred i 1650 ved Leirstrand. Det er heller ikke observert noen skredhendelser fra de historiske flyfotoene over området. Under befaringen ble det ikke observert noen tegn til nylige skredhendelser i påvirkningsområdet.

B3.4 Andre datakilder benyttet i vurderingen

I tillegg til analyser av detaljert terrengmodell, observasjoner fra befaring og historiske skredhendelser, er følgende andre datakilder benyttet i skredfarevurderingen:

- Serier av historiske flyfoto
- Kvatærgeologiske kart (NGU.no) og berggrunnskart (NGU.no)
- InSAR Norge; oversikt over langsomme bevegelser i fjellsider
- Aktsomhetskart for snøskred, steinsprang, jord- og flomskred,
- Markfuktighetskart fra NIBIO
- Skogsdata: SR16, AR5 og SAT-SKOG fra NIBIO

B3.5 Eksisterende sikringstiltak

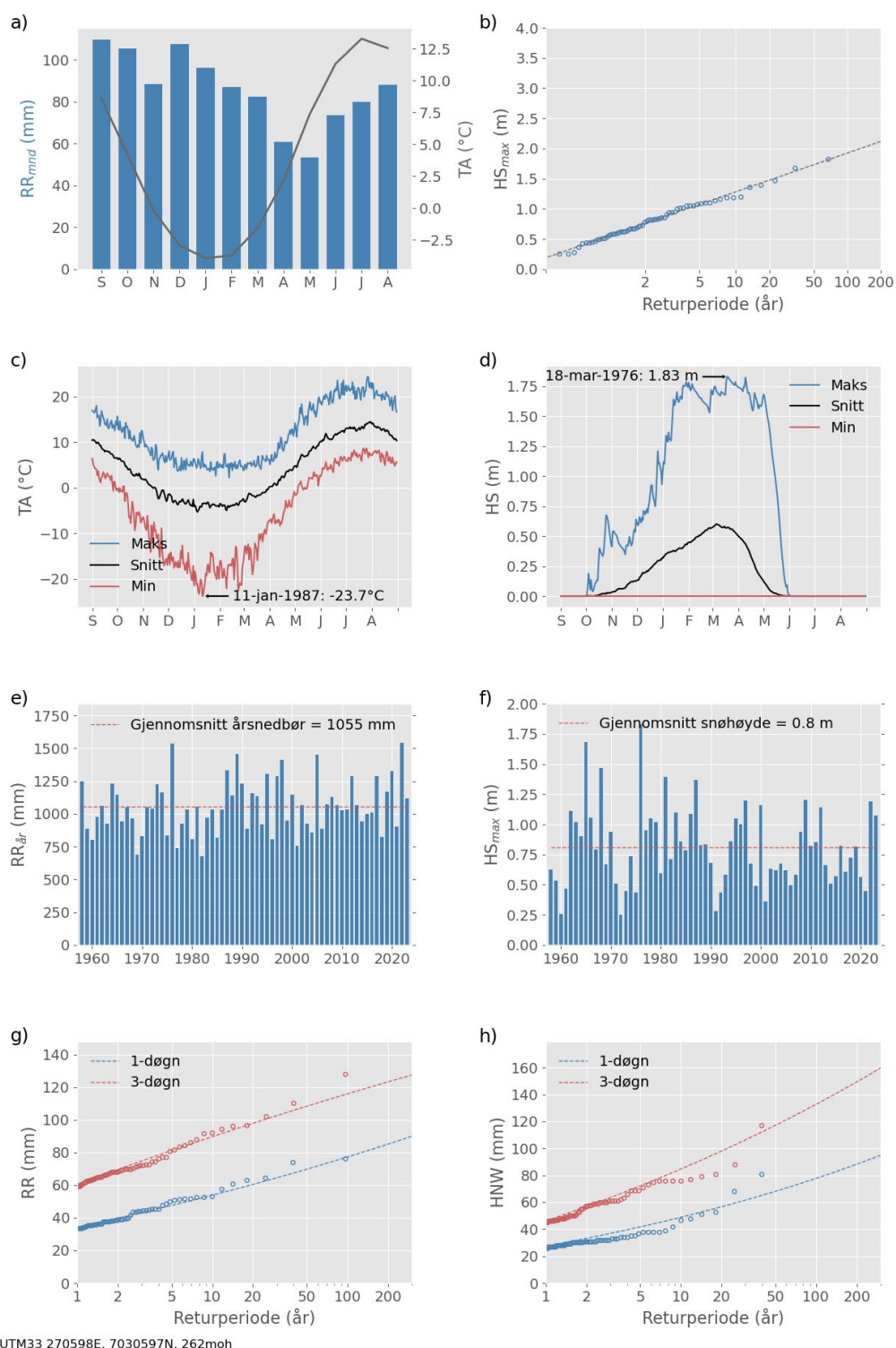
Det er ingen registrerte sikringstiltak innenfor det vurderte påvirkningsområdet i NVE Atlas (atlas.nve.no). Under befaringen ble det heller ikke observert noen eksisterende sikringstiltak i terrenget.

B3.6 Klimadata

Interpolerte klimadata fra SeNorge-datasettet (Lussana et al., 2016; Saloranta, 2014) for normalperioden 1991 - 2020 viser at normal årsnedbør i det undersøkte området er ca. 1062 mm, hvor ca. 308 mm kommer om vinteren (DJF) (Figur 3-2). Årsmiddeltemperatur i området er 4.4 °C og døgnmiddeltemperaturen varierer normalt fra -15.7 °C til 20.4 °C. Gjennomsnittlig årsmaksimal snøhøyde er 73 cm og maksimal snøhøyde siste 60 år er 183 cm.

Ved å bruke de maksimale nedbør- og snøhøydeverdiene i de interpolerte dataene kan man estimere forventet 1000-års nedbør og 300-års snøhøyde for området. I dette området er 300-års snøhøyde beregnet å være 1.6 meter, og 1000-års nedbør 123 mm/døgn (basert på Dyrrdal A.). Dette er estimer basert på korte observasjonsperioder og statistiske usikkerheter.

Klimafremskrivninger (Hanssen-Bauer et al., 2015) for Norges fastland frem mot år 2100 viser at man kan forvente en økning i nedbørmengdene på mellom 14 % (scenario 1, RCP 4.5) og 22 % (scenario 2, RCP 8.5). Økningen om vinteren er henholdsvis 1 % og 8 % for de to scenariene. Temperaturen vil øke med mellom 2.5 °C og 4.0 °C. Dette har også en effekt på snødekket, som er forventet å minke med mellom 65 % og 83 %. Antall dager med snø på bakken er forventet å reduseres med henholdsvis 71 og 107 dager for de to scenariene. Endringene er relativt til referanseperioden 1971-2000. Høyde på valgt gridcelle er 262 moh.



Figur 3-2 a) Månedsnedbør og –lufttemperatur, b) returverdier (gumbelfordeling) for årlig maks snøhøyde. Daglig minimum, maksimum og gjennomsnittlig lufttemperatur (c) og snøhøyde (d). Tidsserier av årsnedbør (e) og årlig maks snøhøyde (f). Returverdier (peak over threshold) for 1- og 3-døgns nedbør (g) og nysnøtilvekst (h). Dataperiode: 1958 – dagens dato. Gjennomsnitt er beregnet over hele perioden.

B3.7 Bruk av modeller

Beregningsmodeller er et viktig supplement når endelig plassering av faregrensene skal bestemmes. Viktigste kilde til fastsettelse av faregrenser vil være faglig skjønn basert på erfaring og observasjoner gjort under befaringen og opplysninger om tidligere skredhendelser.

Benyttede modeller er angitt i Tabell 3-1. Beregningsparametere og resultat er beskrevet under kapittel for hver skredtype.

Tabell 3-1 Oversikt over modellverktøy anvendt for skredsimuleringer i denne rapporten

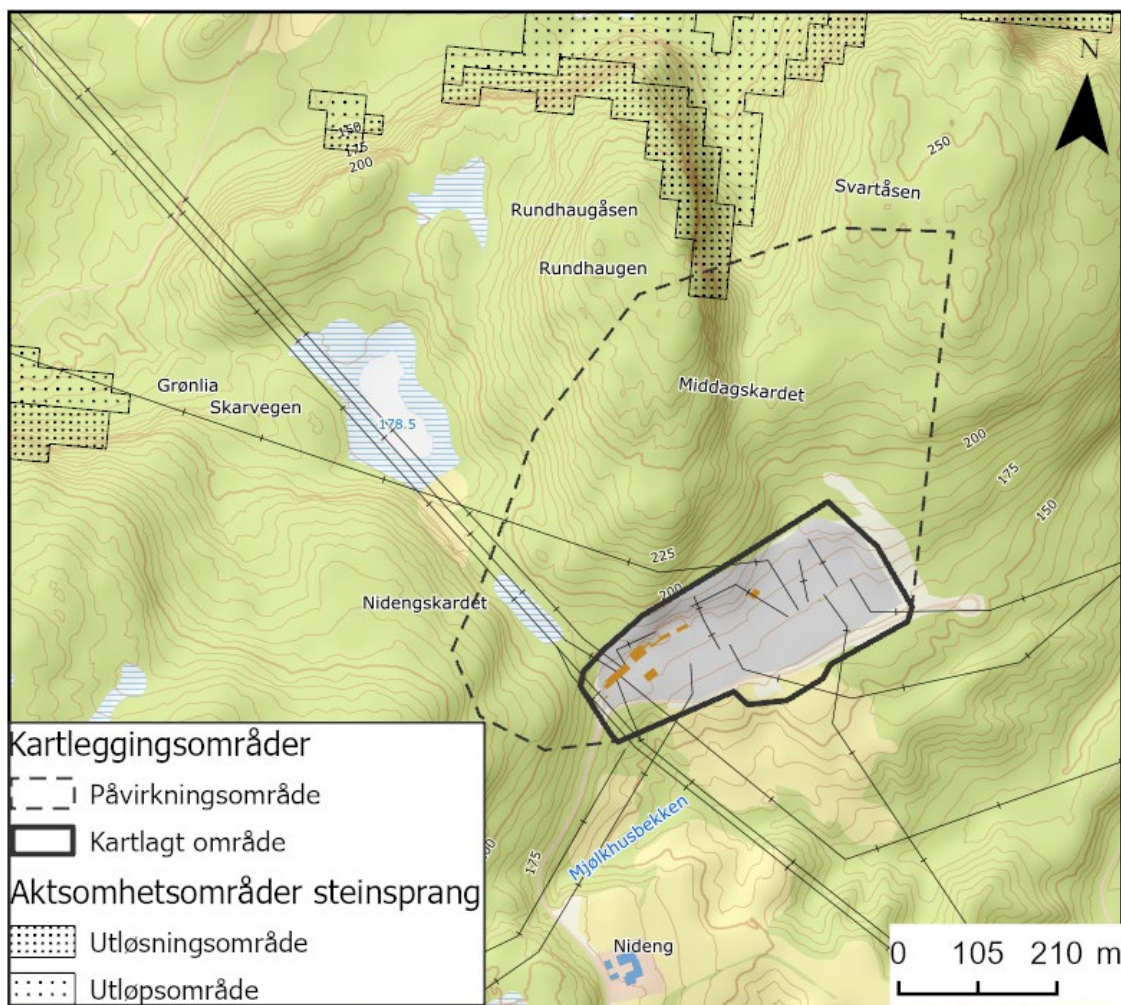
Skredtype	Dynamiske modeller	Topografiske/statistiske modeller
Snøskred		Alfa/beta-modellen
Steinsprang	Rockyfor3D	Forhold mellom maks. utløp og løsnepunkt, toppur og høyde av fjellside

B4 Skredfareutredning per skredtype

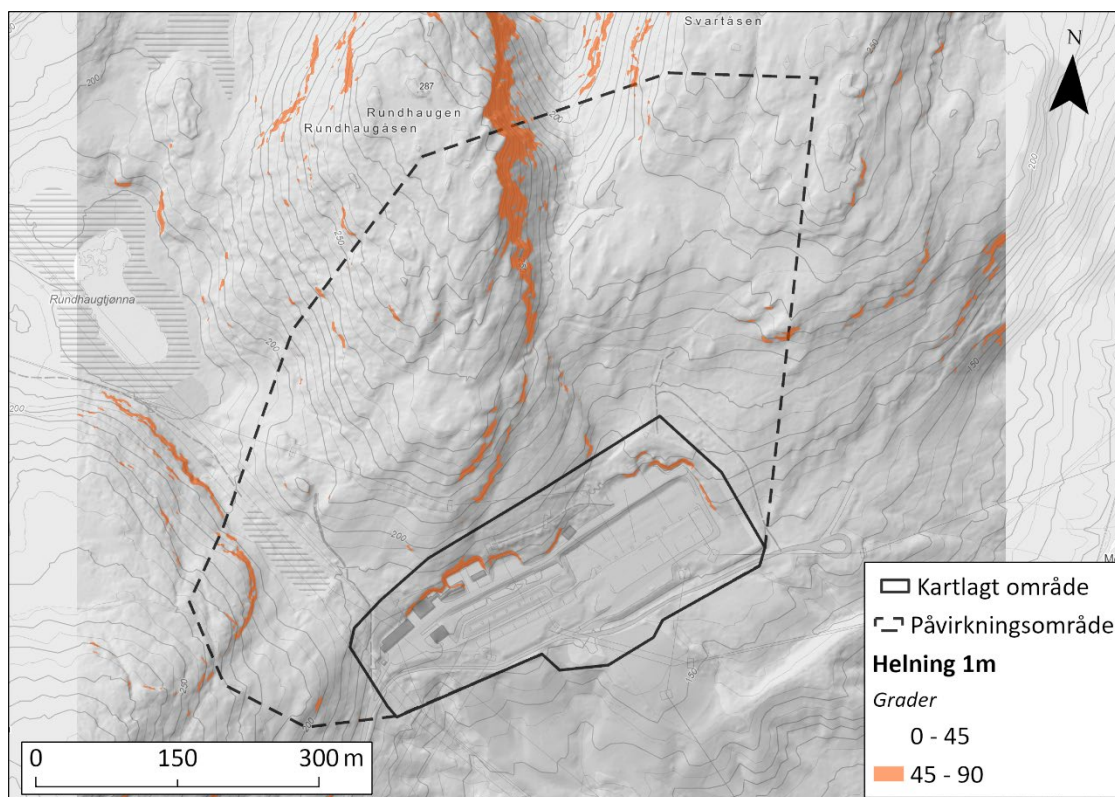
B4.1 Steinsprang

B4.1.1 Er steinsprang aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Det finnes enkelte skrenter over 45° i påvirkningsområdet, og steinsprang er en aktuell prosess som vurderes nærmere. Aktsomhetskartet for steinsprang for området fanger ikke opp de små skrentene (Figur 4-1, Figur 4-2).



Figur 4-1 Aktsomhetsområder for steinsprang nord for påvirkningsområdet.

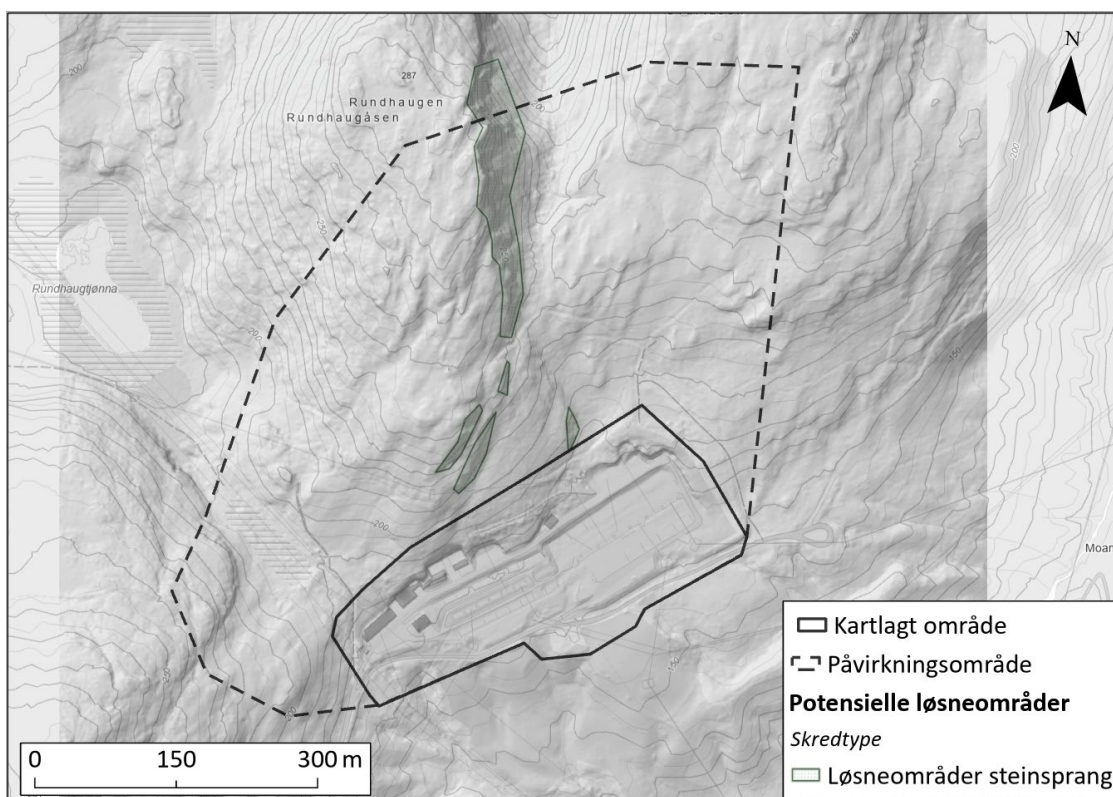


Figur 4-2 Skreenter og klipper med helning over 45° er vist i oransje farge. Som man kan se er det flere skreenter som ikke blir fanget opp som løснеområder på aktsomhetskartet i Figur 4-1.

B4.1.2 Utredning av løснеområde og løsnesannsynlighet

Det finnes spredte klipper og klippebånd med helning over 45° i terrenget opp mot Rundhaugåsen og Middagsskardet. Det er kun isolerte områder som er bratte nok til at steinsprang kan forekomme. Klippene er stort sett massive og lite oppsprukket, men i enkelte partier finnes det noen delvis avløste blokker. Dette gjelder kun i området nord for kartleggingsområdet ned fra Middagsskardet, og blokker herfra vil stoppe raskt da terrenget nedenfor er flatt. Det er ingen spor i terrenget etter nylige blokkutfall. Det ligger delvis ur under det største klippepartiet i Middagsskardet, men denne er liten og gjengrodd, og terrengforholdene under klippen er utformet slik at blokker herfra ikke vil kunne nå stasjonstomten, men stoppe opp i skaret.

Figur 4-3 viser skreenter som er bratte nok til å være potensielle løснеområder for steinsprang i påvirkningsområdet. Løsnesannsynligheten fra klippene i området vurderes å være lav, fra mindre enn 1/1000 til 1/5000 grunnet liten oppsprekking og utstrekning. Det finnes også potensielle løснеområder i området rundt Middagsskardet, men utfall fra disse områdene vil ikke kunne nå ned mot kartleggingsområdet.



Figur 4-3 Potensielle løснеområder for steinsprang i påvirkningsområdet.

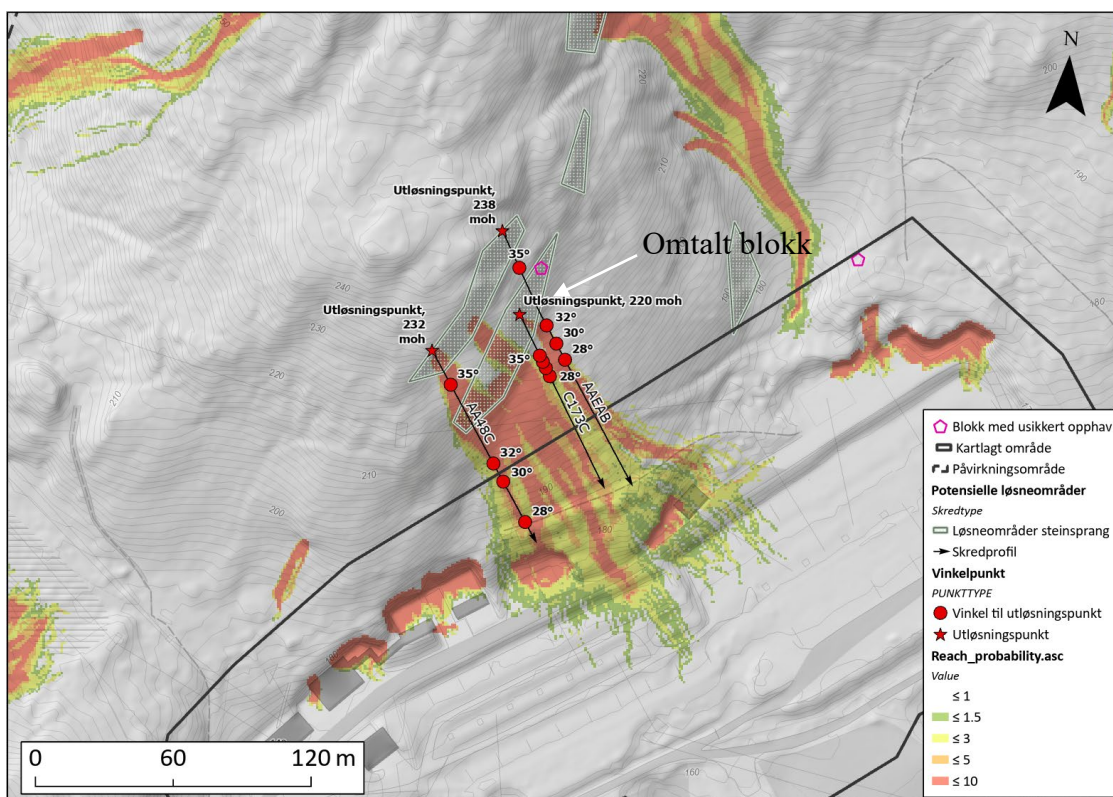
I tillegg til klippene i påvirkningsområdet ligger det også noen store blokker i terrenget. Dette er trolig flyttblokker og ikke steinsprangblokker. De fleste vurderes å ligge stabilt per nå, men en av blokkene ligger slik til at den kan bli ustabil (Figur 4-4). Dette kan skje ved at man får røtter som vokser inn under den med påfølgende rotvelt eller at løsmassene som den ligger på blir vasket ut. Denne ligger i tillegg helt på kanten over ett av klippebåndene nærmest stasjonen. Denne blokken har trolig ligget her lenge og utgjør nok liten fare, men for å sikre seg mot at denne løses ut og går ned mot stasjonen bør den sikres, sprenges eller tas kontrollert ned. Plasseringen til blokken er vist på Figur 4-5.



Figur 4-4 Blokk som ligger på kanten til bratt terreng. Denne ligger trolig stabilt per nå, men for å sikre seg mot at den skulle bli ustabil på et senere tidspunkt bør man sikre den, fjerne den eller ta den kontrollert ned.

B4.1.3 Utredning av utløp

Vi har modellert utløp til steinsprang ved hjelp av den dynamiske modellen Rockyfor3D samt med empiriske modeller fra de potensielle løsneområdene for å undersøke rekkevidden til eventuelle utfall fra områdene. Modelleringene med Rockyfor3D er gjort med 0.5m³ rektangulære blokker, terrengmodell med 2m oppløsning og standard bakkeverdier. De empiriske modellene er basert på forhold mellom topografiske faktorer og rekkevidden av observerte steinsprang. Disse kan brukes som grove anslag for maksimal rekkevidde for steinsprang. Vanligvis brukes en vinkel på rundt 30° fra løsneområdet som maksimal rekkevidde for steinsprang (NVE, 2020). Modellerte utløp med Rockyfor3D og de empiriske modellene er vist i Figur 4-5.



Figur 4-5 Beregninger av utløpslengde for steinsprang med empiriske modeller. Maksimal rekkevidde for steinsprang blir vanligvis satt til rundt 30°, avhengig av høyden på fjellsiden. Plasseringen til blokken omtalt i kap. B4.1.2 er vist med hvit pil.

Modellerte utløp fra Rockyfor3D viser at steinsprang kan nå inn i kartleggingsområdet, men denne modellen er kjent for å kunne gi urealistisk lange utløp for små, lokale skrenter, og vi har derfor lagt mer vekt på de empiriske beregningene og det vi har sett i felt (NVE, 2020). Som man kan se på de empiriske beregningene i Figur 4-5 er det lite sannsynlig at et steinsprang fra løснеområdene når ned til kartleggingsområdet, men det er en mulighet for lengre utløp fra det øvre løśnieområdet helt mot vest. I dette området er klippen lite oppsprukket og det er lite sannsynlig at man kan få utfall, i alle fall av slik størrelse at de vil kunne nå ned mot stasjonen.

B4.1.4 Når steinsprang inn i kartleggingsområdet?

Det finnes potensielle løøgneområder for steinsprang, men berggrunnen er generelt massiv og lite oppsprukket. Det er ingen tegn på nylig steinsprangaktivitet i påvirkningsområdet og ingen tegn på steinsprangaktivitet i kartleggingsområdet. I tillegg vil utfall fra størsteparten av de potensielle løøgneområdene ikke kunne nå inn til kartleggingsområdet. Nominell årlig sannsynlighet for steinsprang som kan nå det kartlagte området vurderes derfor å være mindre enn 1/5000. For ytterligere økt sikkerhet bør blokken omtalt i kap. B4.1.2 sikres eller tas ned kontrollert.

B4.2 Steinskred

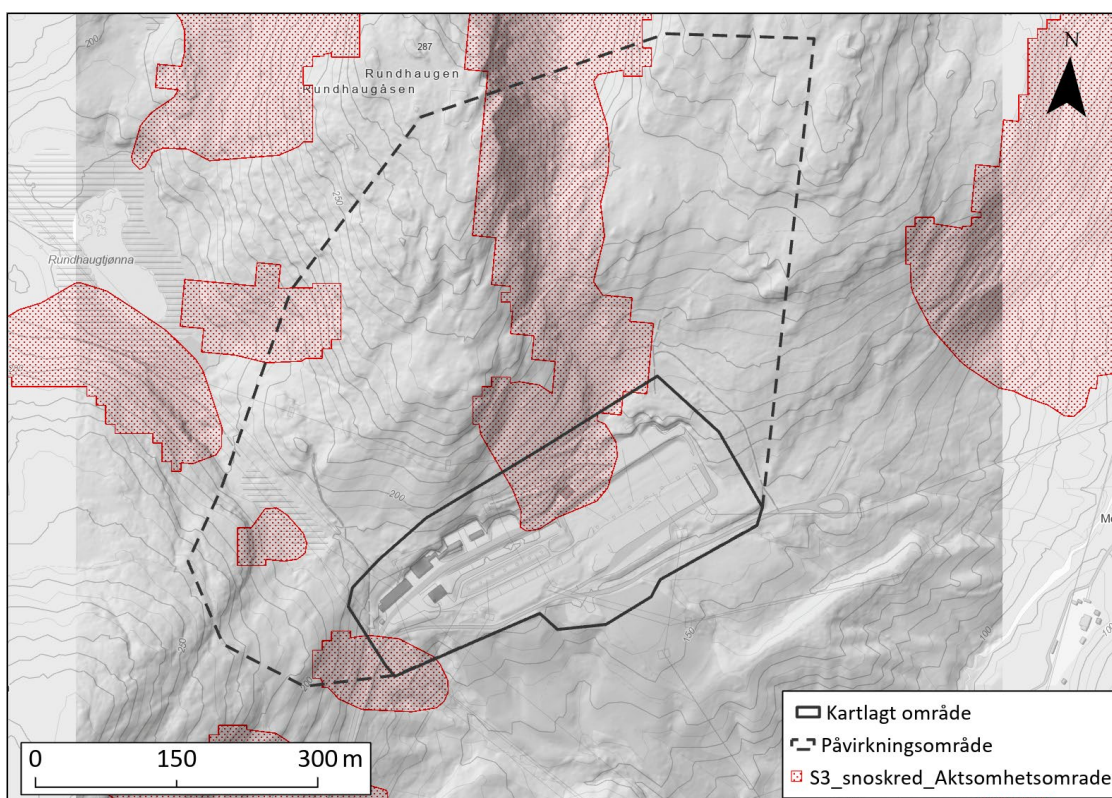
B4.2.1 Er steinskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Ut ifra detaljert terrengmodell er det ikke identifisert potensielle utløsningsområder for steinskred innenfor vurdert påvirkningsområde. InSAR-data fra NGU viser ingen tegn til bevegelse av betydning i området rundt kartleggingsområdet. Det er heller ingen tegn til strukturer som muliggjør utløsning av steinskred fra slakere terreng. Fare for steinskred utredes derfor ikke videre.

B4.3 Snøskred

B4.3.1 Er snøskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

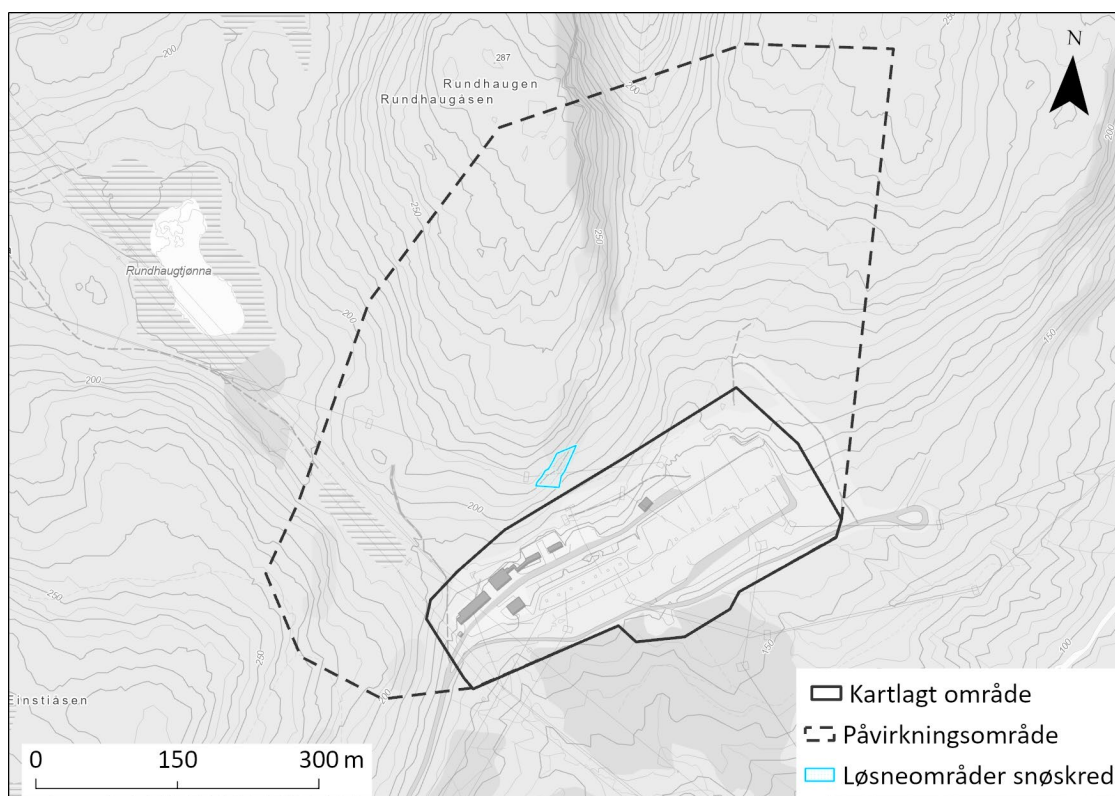
Området ligger innenfor aktsomhetsområder for snøskred S3 og S2 uten skog og faren må derfor utredes videre (Figur 4-6). Området ligger utenfor aktsomhetsområder for snøskred S2 med skog.



Figur 4-6 Aktsomhetskart for snøskred S3 over kartleggingsområdet.

B4.3.2 Utredning av løsneområder og løsnesannsynlighet

Det er få typiske løsneområder for snøskred i påvirkningsområdet. Områdene der hvor helningen er større enn $28-30^\circ$ er enten skogkledd eller er delt og oppbrutt av klipper og klippebånd, dette gjelder særlig de brattere områdene nærmest stasjonen. Det er ett område som vi vurderer at mindre snøskred kan utløses fra under dagens forhold, dette er vist i blå farge på kartet i Figur 4-7 og på Figur 4-8. Dette løsneområdet ligger under høyspentledningen og har delvis spredt vegetasjon av løvskog og et mindre klippebånd som går på langs gjennom løsneområdet. Området ligger ikke slik til at man kan forvente snøtransport inn i henget. De løsneområdene som ligger opp langs Middagskardet og på østsiden av Rundhaugen, og som gir aktsomhetssone i nord på Figur 4-6, er tett vegetert med granskog og har store klipper. Utløsning av snøskred i dette området kan utelukkes under dagens forhold.



Figur 4-7 Potensielle løsneområder for snøskred med dagens forhold i påvirkningsområdet markert i blått. Det er svært få områder innenfor påvirkningsområdet hvor det er bratt nok til at snøskred kan løses ut som ikke er dekket av tett skog.

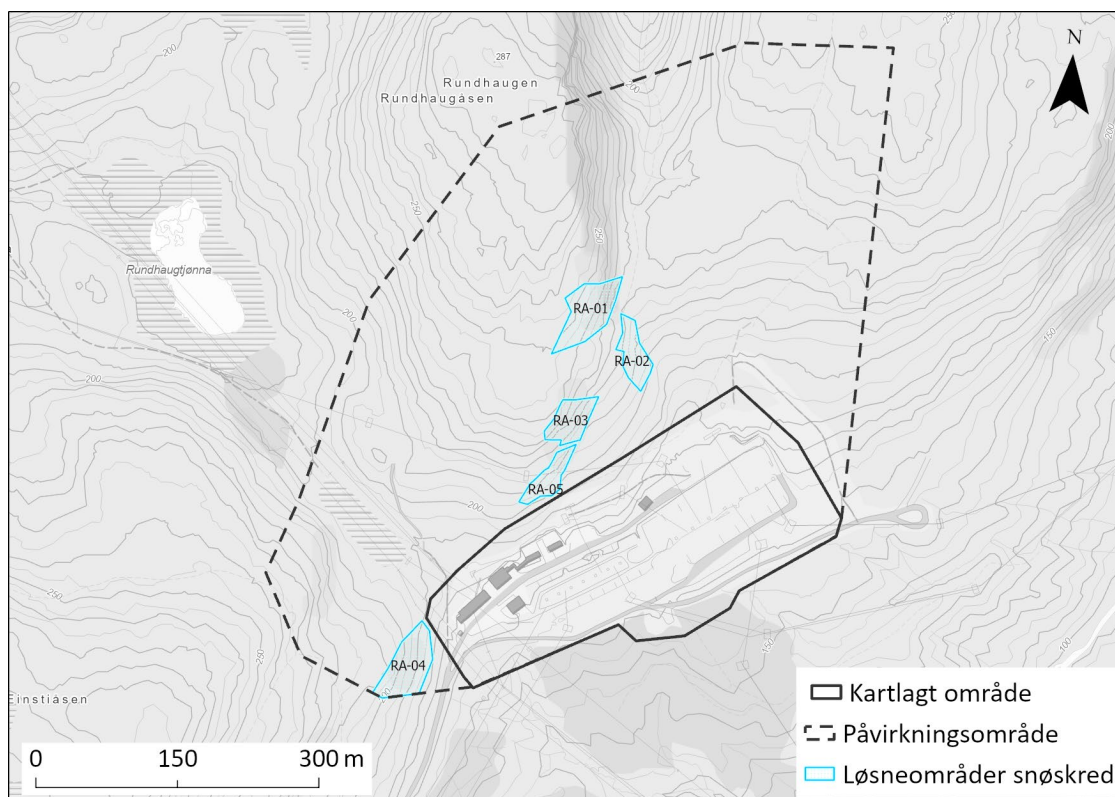
Sannsynligheten for at man kan få utløst et skred som dekker hele det aktuelle løsneområdet vurderes å være svært lav, og mindre enn $1/5000$ under dagens forhold. Trolig vil man i denne skrenten kun se mindre utglidninger av snø som stopper før de utvikler seg til å bli snøskred.



Figur 4-8 Det ene området som vurderes å være et potensielt løsneområde for snøskred som kan gå ned mot stasjonen i påvirkningsområdet. Området er spredt vegetert med løvkraut og har et mindre klippeområde som går på tvers gjennom løsneområdet.

B4.3.2.1 Effekt av skog

Den eksisterende skogen i fjellsiden er tett og kraftig nok til å redusere løsnesannsynligheten for snøskred. Størstedelen av områdene hvor det er stor nok helning til at snøskred kan utløses er dekket av skog, og i en situasjon der skogen i fjellsiden er fjernet har man derfor flere potensielle løsneområder for snøskred enn under dagens situasjon, disse er vist på Figur 4-9. Terrenget i løsneområdene er preget av mindre klippebånd og skrenter slik at terrengruheten er relativt stor. På grunn av den store ruheten antas løsnesannsynligheten årlig å være omtrent 1/1000 for utglidninger hvor deler av løsneområdene glir ut og rundt 1/5000 for større snøskred med utløsning av hele løsneområdet. Mindre utglidninger kan også forekomme, særlig i de brattere klippepartiene og skrentene, men disse vil ikke kunne nå kartleggingsområdet.



Figur 4-9 Potensielle løsneområder for snøskred i en situasjon uten skog i fjellsiden.

B4.3.3 Utredning av utløp

Skrenten ned fra det potensielle løsneområdet under dagens situasjon mot stasjonen har begrenset fallhøyde og areal/volum, og er derfor lite egnet for simulering av snøskred med dynamiske og statistiske modeller, som er utformet for fjellsider med langt større fallhøyder og snøskred med større volumer. Mindre utglidninger av snø kan forekomme i skrenten, særlig i den bratteste delen, men disse vil ikke være store nok til at de utvikles til snøskred. På grunn av dette vurderer vi at snøskred ikke vil kunne nå kartleggingsområdet under dagens forhold.

B4.3.3.1 Effekt av skog

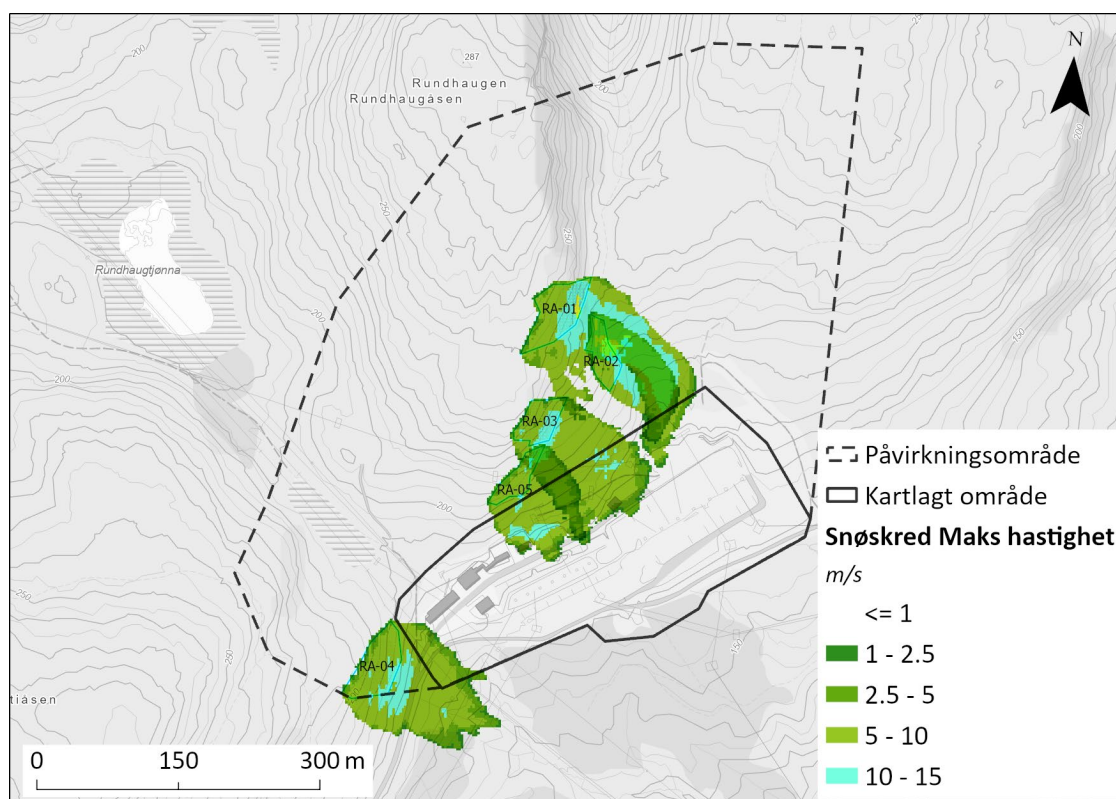
For de potensielle løsneområdene uten skog i området har vi utført simuleringer av snøskred med den dynamiske modellen RAMMS::AVALANCHE fra SLF. Som nevnt tidligere er snøskredmodellene, både de dynamiske og statistisk-topografiske, utviklet for høye fjellsider slik at de kan gi for konservative resultater for fjellsider med såpass begrenset fallhøyde og løsneområder med så små volumer. Følgende input er brukt og vurderinger er gjort for modelleringene:

- **Bruddkanthøyde:** Iht. klimakapittel 3.6 er en bruddkanthøyde på 120 cm, 3-døgns nysnøtilvekst med 1000 års returperiode, benyttet for modelleringene. Med relativt store arealer på løsneområdene, i forhold til størrelsen på fjellsiden,

mener vi at volumene til de simulerte skredene representerer svært sjeldne hendelser i fjellsiden.

- **Friksjonsparameter:** Friksjonsparametere er kalkulert direkte i RAMMS. For returperiode er 300 år, som er maks, benyttet. For volumkategori på løseområdene er det benyttet Medium, selv om alle løseområdene har volum som egentlig gir volumkategori Tiny. Dette for å gjøre modelleringene mer konservative.
- **Terrengmodell:** For terrengmodellen er en oppløsning på 2,5 meter benyttet. Dette jevner ut terrenget noe for å etterligne et snødekket terreng, men samtidig er det viktig å ikke miste for mye detaljer siden fjellsiden er så liten.

Figur 4-10 viser de modellerte skredene fra RAMMS i påvirkningsområdet.



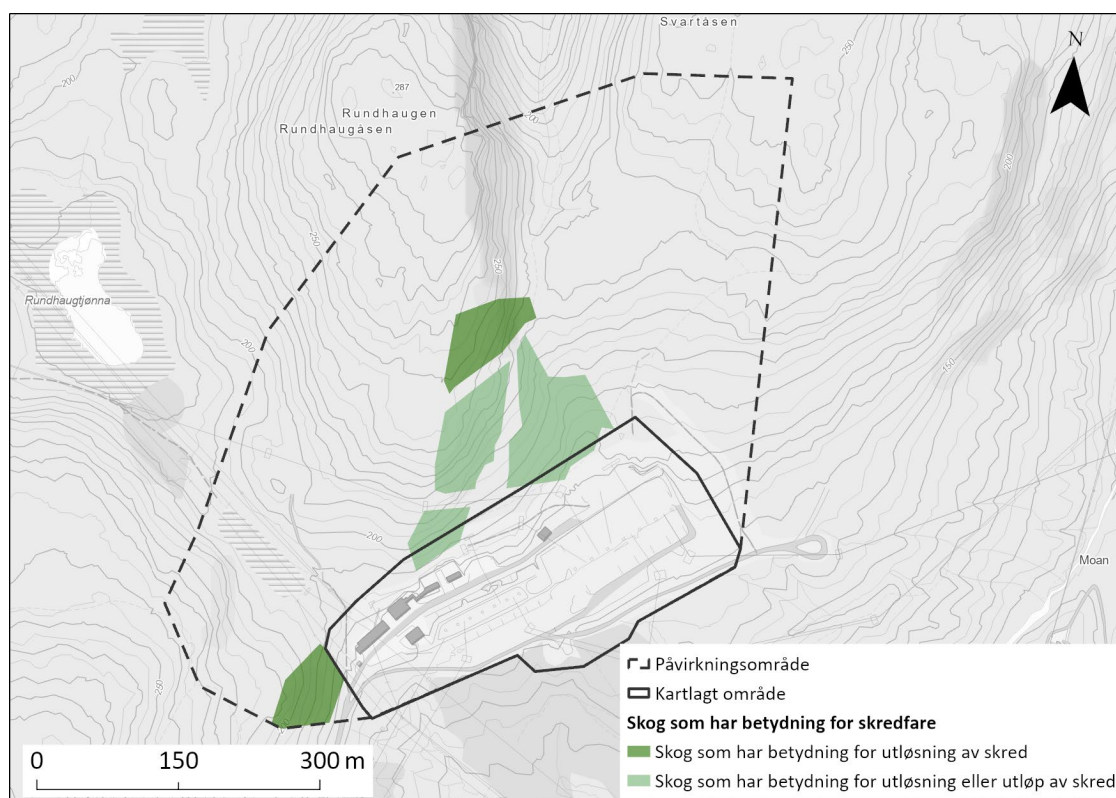
Figur 4-10 Modellering av snøskred med RAMMS::AVALANCHE for en situasjon uten skog i fjellsiden.

Modelleringene viser at snøskred fra alle de potensielle løseområdene uten skog i fjellsiden vil kunne nå inn i kartleggingsområdet. Det er særlig fra løseområde RA-03 og RA-05 at de simulerte snøskredene går inn i kartleggingsområdet. Terrenget under de høyereliggende løseområdene RA-01 og RA-02 bidrar i større grad til å bremse ned og lede massene slik at de i mindre grad går inn i kartleggingsområdet. For løseområde RA-04 vil deler av skredmassene kunne nå inn i sørvestre del av kartleggingsområdet.

B4.3.4 Når snøskred inn i kartleggingsområdet?

Basert på vegetasjonen i fjellsiden i kombinasjon med terrenget og de geografiske forhold vurderer vi at sannsynligheten for at snøskred når inn i kartleggingsområdet med dagens forhold er svært lav, og mindre enn 1/5000.

For en situasjon der all skog i påvirkningsområdet er fjernet vil snøskred kunne nå inn i kartleggingsområdet. Dette gjelder først og fremst langs den nordvestre grensen til området, hvor det vurderes at snøskred kan nå kartleggingsområdet med nominell sannsynlighet opptil 1/1000, men også i det sørvestre hjørnet kan snøskred nå inn i kartleggingsområdet om skogen i fjellsiden fjernes. Skog som har betydning for utløsning og utløp til snøskred i kartleggingsområdet er vist på Figur 4-11.



Figur 4-11 Skog som har betydning for utløsning eller utløp til snøskred i påvirkningsområdet.

B4.4 Jord- og flomskred

Det er skråninger brattere enn 20° i området, men i de brattere områdene ble det i all hovedsak observert bart fjell med lite løsmasser. Det ble heller ikke observert spor etter erosjon, utglidninger, sig eller tidligere jord- og flomskredhendelser. Det er begrenset nedbørfelt for vanntilgang i skråningen, og det renner ingen bratte bekkeløp i påvirkningsområdet. Det er heller ingen registrerte jord- og flomskredhendelser i området. Med bakgrunn i dette vurderes jord- og flomskred som ikke aktuelle prosesser i påvirkningsområdet.

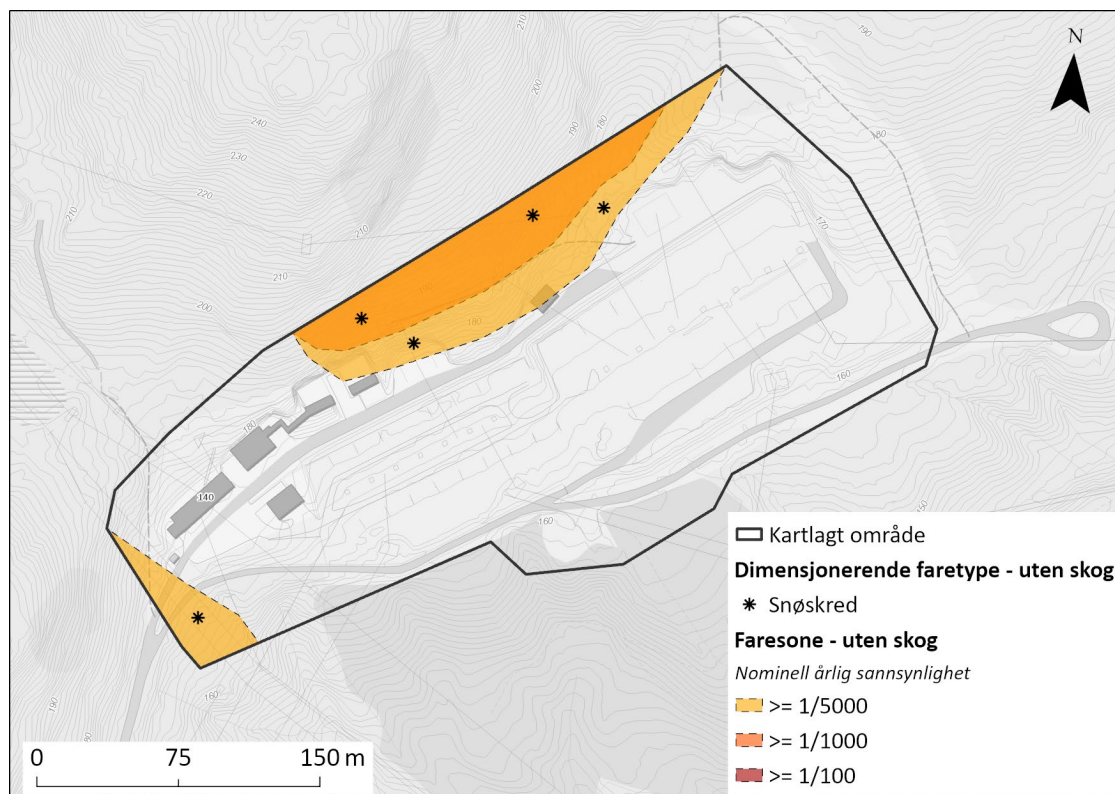
B4.5 Sørpeskred

Det er ingen bratte bekkeløp eller steder hvor vannføringen er stor nok til at betydelig vanntrykk kan bygges opp i snødekket. Det er i kartet registrert ett mindre myrparti helt sørøst i påvirkningsområdet, men dette området er lite og uten bekker ned mot myren hvor det kan komme stor nok vanntilførsel til at vanntrykk kan bygges opp i snødekket. Dette området vurderes derfor å ikke være et aktuelt løsneområde for sørpeskred. Vi vurderer derfor ikke sørpeskred til å være en aktuell prosess i påvirkningsområdet.

B4.6 Hva er den samlede skredfaren?

Samlet nominell årlig sannsynlighet for skred i bratt terreng ned mot kartleggingsområdet vurderes å være mindre enn 1/5000 under dagens forhold, og området tilfredsstiller krav til sikkerhet i TEK17 for sikkerhetsklasse S1, S2 og S3.

For en situasjon der all skog i fjellsiden er fjernet kan snøskred nå inn i kartleggingsområdet med nominell årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000, og deler av området tilfredsstiller derfor ikke krav til sikkerhet mot skred i TEK17 for sikkerhetsklasse S2 og S3. Figur 4-12 viser samlede faresoner uten skog for kartleggingsområdet.



Figur 4-12 Faresoner uten skog for kartleggingsområdet.

B4.7 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Det er avvik fra tidligere skredfareutredning fra Rambøll (2014) som har vurdert at deler av kartleggingsområdet helt i nordøst ikke tilfredsstiller krav til sikkerhet mot skred i bratt terreng med nominell årlig sannsynlighet 1/5000. I området hvor de har modellert snøskred er det grov og tett granskog og vi vurderer at sannsynligheten for å få utløst et snøskred i dette området er svært lavt, mindre enn 1/5000 under dagens vegetasjonsforhold. Rambøll har ikke vurdert faren for skred i en situasjon uten skog i fjellsiden.

B5 Konklusjon

Samlet nominell årlig sannsynlighet for skred i bratt terreng ned mot kartleggingsområdet vurderes å være mindre enn 1/5000 med dagens forhold i påvirkningsområdet, og området tilfredsstiller krav til sikkerhet i TEK17 for sikkerhetsklasse S3 under dagens vegetasjonsforhold. For en situasjon der all skog i fjellsiden fjernes tilfredsstiller deler av området ikke krav til sikkerhet mot skred i bratt terreng iht. TEK17 for sikkerhetsklasse S2 og S3.

B6 Referanser

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

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

NVE. 2020a. Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng. [versjon 01.07.2021]. <https://www.nve.no/veileder-skredfareutredning-bratt-terreng>. Lokalisert på Internett 24.04.2024

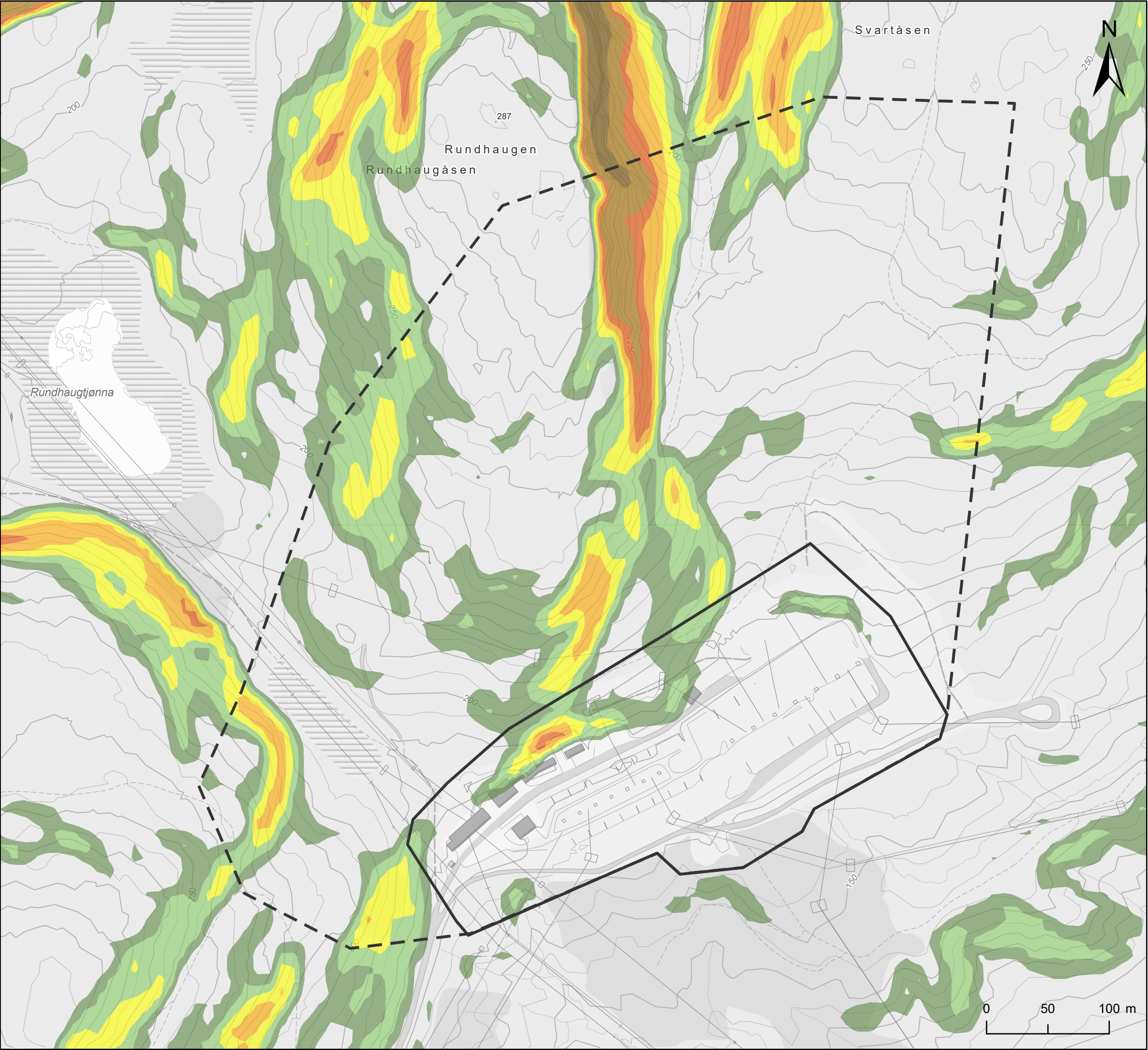
NVE. 2020b. Uttesting av eksisterende metodikk for modellering av steinsprang. NVE Ekstern rapport nr. 24/2020.

Rambøll (2014) Rapport nr.61350000517, Rasfarevurdering Klæbu, Statnett spenningsoppgradering midt Norge.

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

Disclaimer

Skredfarevurderingene gjelder så lenge vesentlige endringer i forutsetningene for vurderingene ikke forekommer. (Eksempler på vesentlige endringer er endringer i Plan og Bygningslovens krav, nye opplysninger om historiske eller nyere skred, endringer i klima, terreng eller vegetasjon, anlegg av ny infrastruktur, etc.). Oppdragsgiver må til enhver tid vurdere om forutsetningene er endret, for i så fall å få utført en revidert kartlegging.



Tegnforklaring

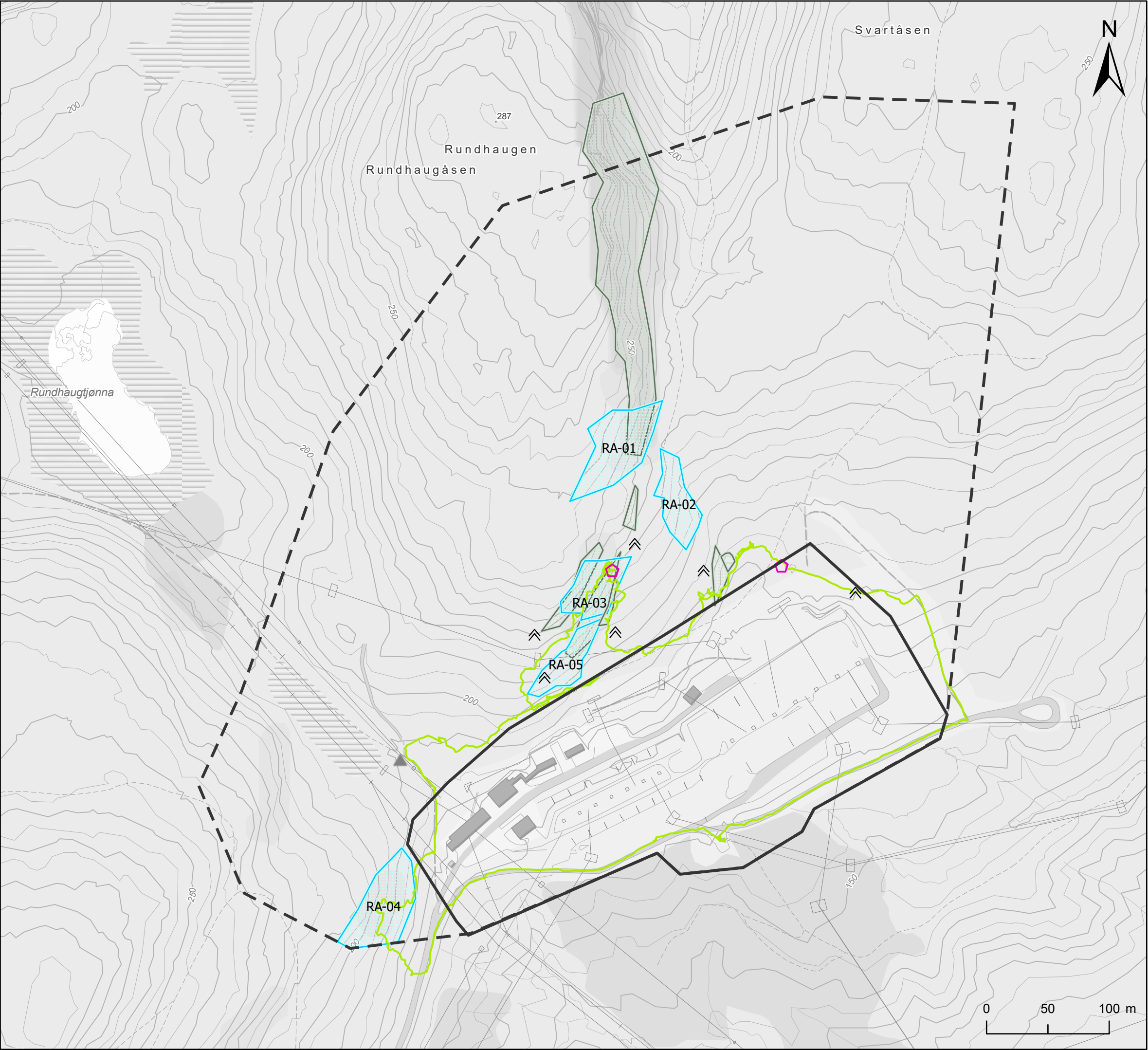
- Påvirkningsområde
- Kartlagt område

Bratte områder

Helning

- 20° - 25°
- 26° - 30°
- 31° - 35°
- 36° - 40°
- 41° - 45°
- 46° - 60°
- 61° - 90°

Geoteknisk rådgivning for Klæbu Transformatorstasjon			
Utredning av skredfare i bratt terreng			
Helningskart			
Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2024-11-05	AKv	FS	HHH
Original format og målestokk		Kartprojeksjon	
A3 1:3 000		ETRS 1989 UTM Zone 33N	
Prosjektnr.	Dokumentnr.	Kartnr.	Rev.
20230313	20230313-03-R	02	02
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT			
NGI			
Tlf: 22 02 30 00 www.ngi.no			



Tegnforklaring

- Påvirkningsområde
- Kartlagt område

Infopunkt

- Berg i dagen
- Bekk
- Blokk med usikkert opphav

GPS spor

FREMKOMSTMIDDEL

- Bakke

Skredavsetninger

Avsetningstype

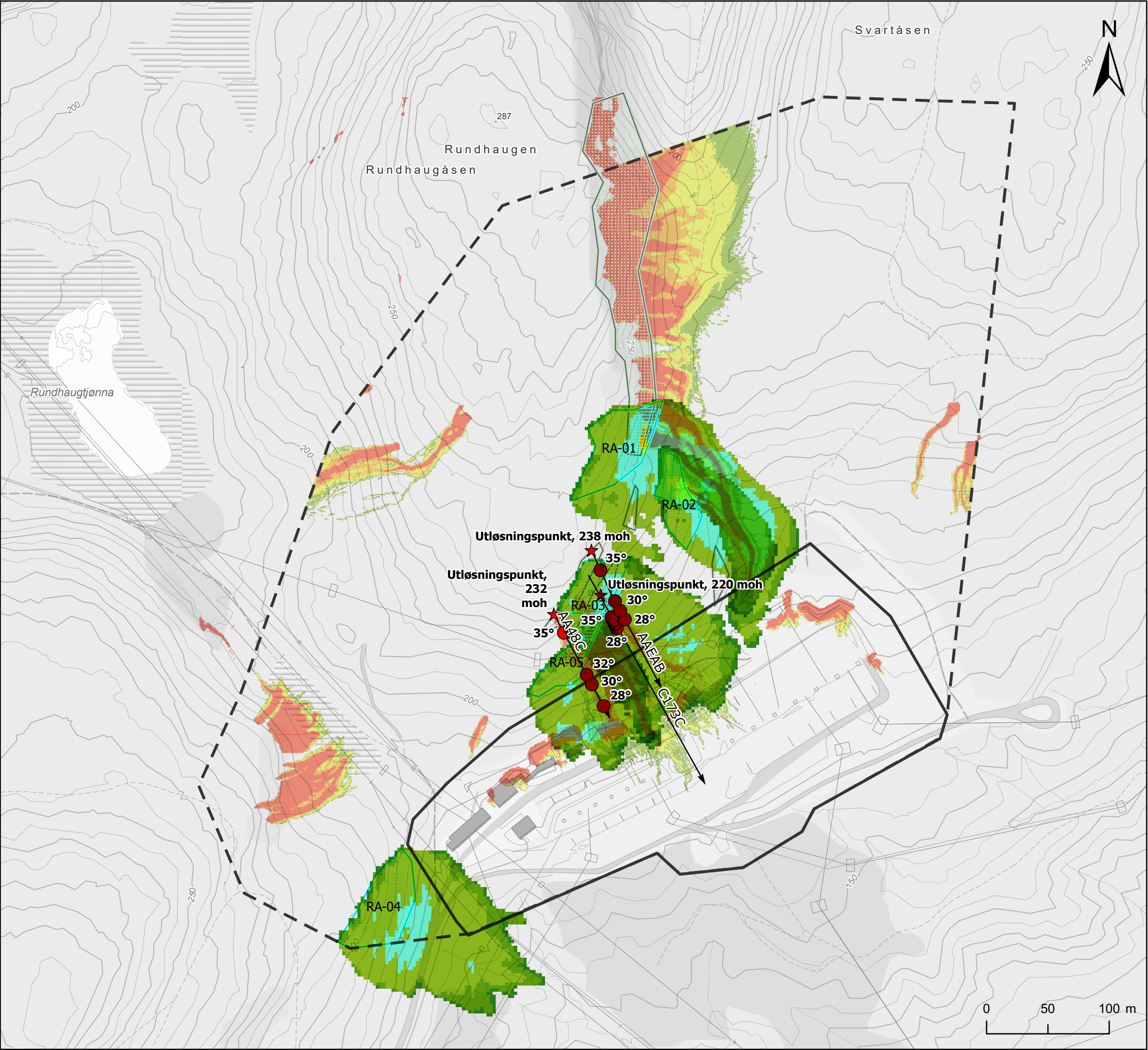
- Steinsprang/steinskredavsetning (ur)

Potensielle løснеområder

Skredtype

- Løsneområder steinsprang
- Løsneområder snøskred

Geoteknisk rådgivning for Klæbu Transformatorstasjon			
Utredning av skredfare i bratt terreng			
Registreringskart			
Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2024-11-05	AKv	FS	HHH
Original format og målestokk		Kartprojeksjon	
A3 1:3 000		ETRS 1989 UTM Zone 33N	
Prosjektnr.	Dokumentnr.	Kartnr.	Rev.
20230313	20230313-03-R	03	02
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT			
NGI			
Tlf: 22 02 30 00 www.ngi.no			



Tegnforklaring

- Påvirkningsområde
- Kartlagt område

Potensielle løsneområder

Skredtype

- Løsneområder steinsprang
- Løsneområder snøskred

Reach_probability.asc

Value

- ≤ 1
- ≤ 1.5
- ≤ 3
- ≤ 5
- ≤ 10

Vinkelpunkt

PUNKTTYPE

- Vinkel til utløsningspunkt
- Utløsningspunkt
- Skredprofil

Snøskred Maks hastighet

m/s

- ≤ 1
- 1 - 2.5
- 2.5 - 5
- 5 - 10
- 10 - 15

Geoteknisk rådgivning for Klæbu Transformatorstasjon

Utredning av skredfare i bratt terreng

Modelleringskart

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2024-11-05	AKv	FS	HHH
Original format og målestokk		Kartprojeksjon	
A3 1:3 000		ETRS 1989 UTM Zone 33N	
Prosjektnr.	Dokumentnr.	Kartnr.	Rev.
20230313	20230313-03-R	04	02

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT



Tlf: 22 02 30 00
www.ngi.no



Tegnforklaring

- Påvirkningsområde
- Kartlagt område

Dimensjonerende faretype - dagens skogstatus

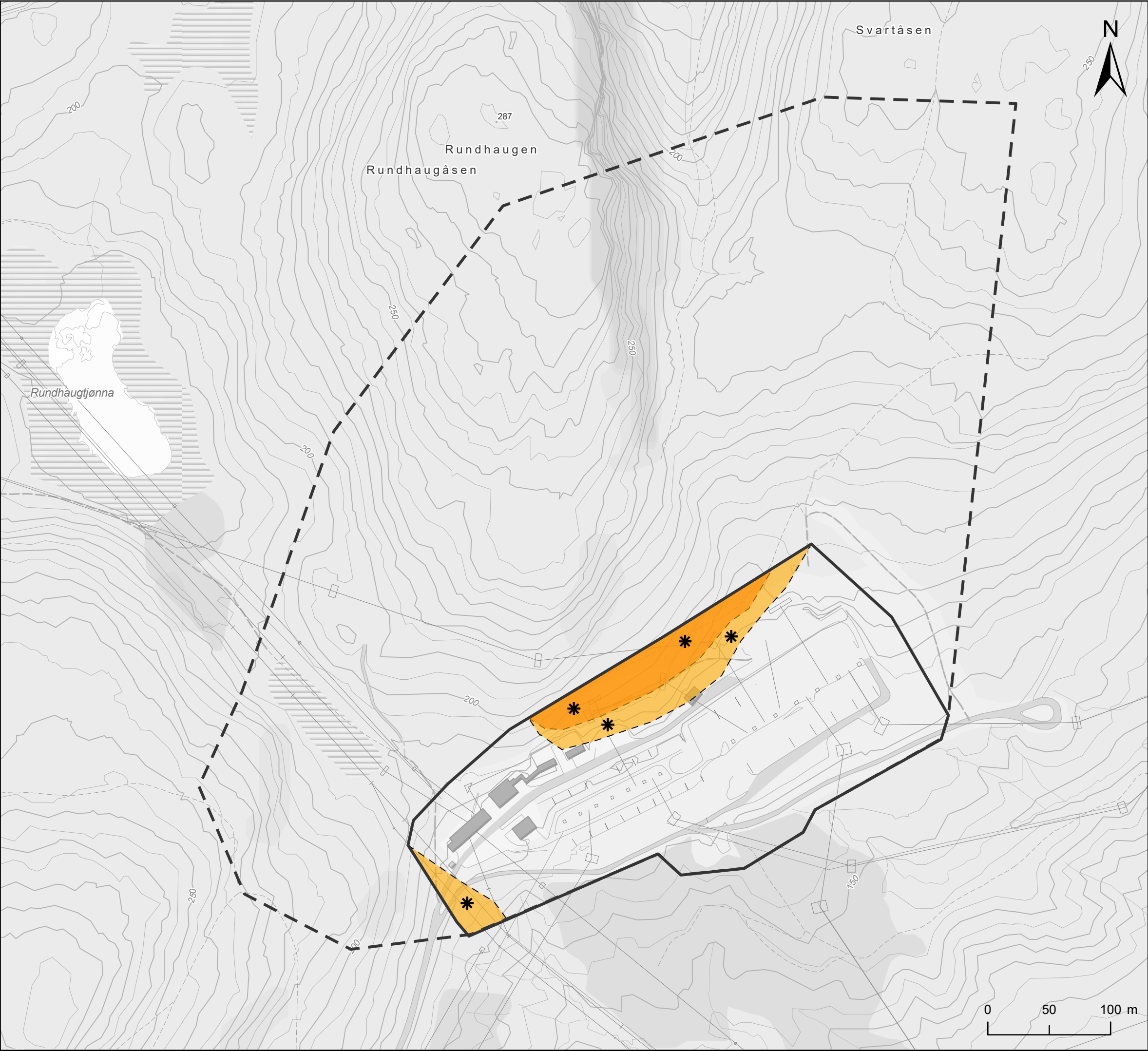
- Steinsprang
- Steinskred
- Snøskred
- Sørpeskred
- Flomskred
- Jordskred
- <all other values>

Faresone - dagens skogstatus

Nominell årlig sannsynlighet

- $\geq 1/5000$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/100$

Geoteknisk rådgivning for Klæbu Transformatorstasjon			
Utredning av skredfare i bratt terreng			
Faresoner - dagens forhold			
Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2024-11-05	AKv	FS	HHH
Original format og målestokk		Kartprojeksjon	
A3 1:3 000		ETRS 1989 UTM Zone 33N	
Prosjektnr.	Dokumentnr.	Kartnr.	Rev.
20230313	20230313-03-R	05	02
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT			
Tlf: 22 02 30 00 www.ngi.no			
NGI			



Tegnforklaring

- Påvirkningsområde
- Kartlagt område

Dimensjonerende faretype - uten skog

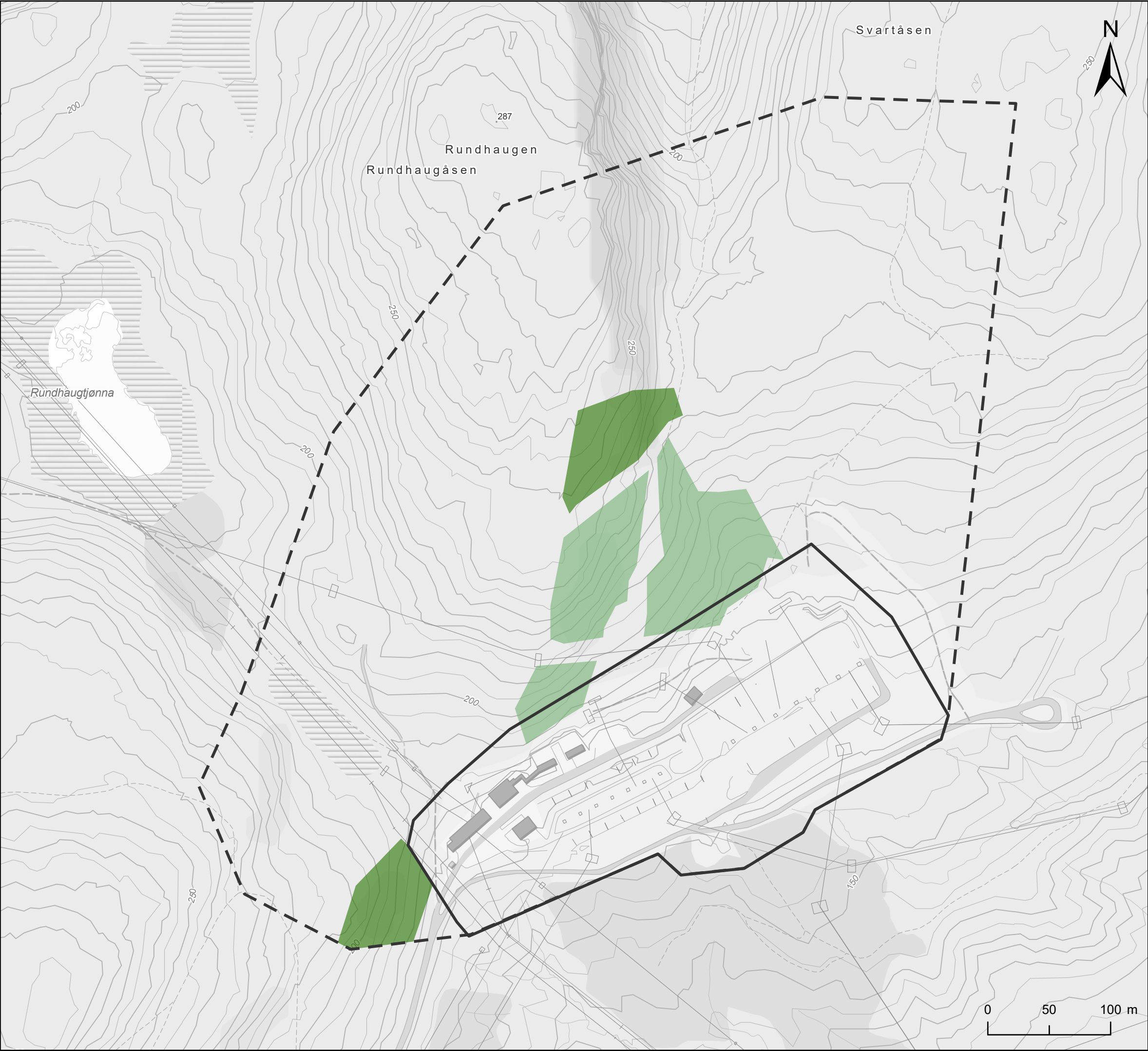
- Steinsprang
- Steinskred
- Snøskred
- Sørpeskred
- Flomskred
- Jordskred
- <all other values>

Faresone - uten skog

Nominell årlig sannsynlighet

- $\geq 1/5000$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/100$

Geoteknisk rådgivning for Klæbu Transformatorstasjon			
Utredning av skredfare i bratt terreng			
Faresoner - dagens forhold			
Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2024-11-05	AKv	FS	HHH
Original format og målestokk		Kartprojeksjon	
A3 1:3 000		ETRS 1989 UTM Zone 33N	
Prosjektnr.	Dokumentnr.	Kartnr.	Rev.
20230313	20230313-03-R	06	02
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT			
Tlf: 22 02 30 00 www.ngi.no			
NGI			



Tegnforklaring

- Påvirkningsområde
- Kartlagt område

Skog som har betydning for skredfare

- Skog som har betydning for utløsning av skred
- Skog som har betydning for utløsning eller utløp av skred

Geoteknisk rådgivning for Klæbu Transformatorstasjon			
Utredning av skredfare i bratt terreng			
Skog med betydning for skredfaren			
Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2024-11-05	AKv	FS	HHH
Original format og målestokk		Kartprojeksjon	
A3 1:3 000		ETRS 1989 UTM Zone 33N	
Prosjektnr.	Dokumentnr.	Kartnr.	Rev.
20230313	20230313-03-R	07	02
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT			
Tlf: 22 02 30 00 www.ngi.no			

Vedlegg C

OMRÅDESTABILITET

Innhold

C1	Innledning	2
C2	Grunnforhold for vurderte profiler	2
C3	Stabilitetsberegninger	3
	C3.1 Materialparametere	3
	C3.2 Resultater	4
C4	Referanser	4

C1 Innledning

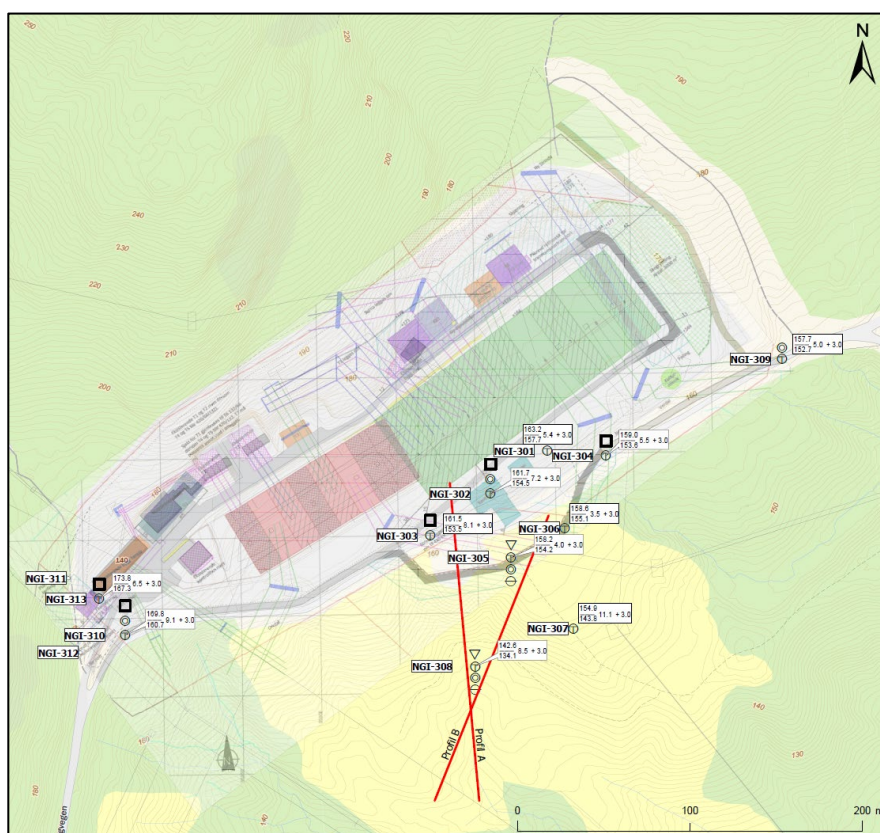
Statnett planlegger utvidelse av Klæbu Transformatorstasjon i Trondheim kommune (se Kart nr. 001 Oversiktskart). Det planlegges 2 nye sjakter, 3 felt hvorav 1 nytt i retning nordøst, nytt kontrollhus og lager/garasje med ny veg fram til.

Dette vedlegget inneholder stabilitetsberegninger for to profiler der veien ved siden av stasjonen planlegges å flyttes mot skråningstopp.

Revisjon 1 innebærer kun en presisering av antagelsen med tanke på veg-geometri.

C2 Grunnforhold for vurderte profiler

NGI har vurdert to kritiske profiler mot midten av sørsiden av stasjonen, der den eksisterende veien skal flyttes nær skråningens topp. Figur 2-1 viser beliggenhet av Profil-A og Profil-B med utkast tegning av planlagt utvidelse (eller se kart 011 for profiler).



Figur 2-1 Vurderte profiler: Profil-A og Profil-B.

Lagdeling av Profil-A og Profil-B er gitt i Tegning 100 og Tegning 105 henholdsvis. Det er ikke funnet kvikkleire i grunnundersøkelsen. I de to profilene er det tørrskorpe over et tynt leirlag som ligger over et fast sandlag. Ved NGI-308 er det registrert 3 meter torv over leire og videre fast sand. Fyllmasser som er observert i overflaten i profil A er ikke tatt med i beregningen, da vi ikke kjenner mektigheten.

Stabilitetsberegninger er utført for Profil A og B. Resultatene er presentert under.

C3 Stabilitetsberegninger

Stabilitetsberegninger utføres for dagens situasjon og situasjon med vegfylling mot skråningstoppen. På grunn av manglende detaljerte planopplysninger, er seksjonstegningene basert på foreløpig tegning av den planlagte utvidelsen som vises i Figur 2-1. *Vi har antatt høyde av veien på samme nivå som eksisterende veg, ca. kote +162.*

C3.1 Materialparametere

Tabell 3-1 presenterer en oversikt over tyngdetetthet, drenert/udrenert skjærfasthet og anisotropiforhold for udrenerte analyser som er brukt i stabilitetsberegningene. I valg av parametere har datarapport (20230313-02-R) og Statens vegvesens Håndbok V220 [1] blitt benyttet. Valgte parametere samstemmer godt med erfaringsverdier for de aktuelle materialer.

Tabell 3-1 Oversikt over inngangsparametere for stabilitetsberegningene.

Materialer	Tyngdetetthet	Friksjonsvinkel	Kohesjon	Udrenert skjærfasthet	Anisotropiforhold		
	γ [kN/m^3]	Φ [°]	C [kPa]	C_u [kPa]	A_a []	A_d []	A_p []
Fyllmasser	19,0	42	0,0	-	-	-	-
Torv	13,5	20	5,0	10,0	1	0,63	0,35
Tørrskorpeleire	19,5	30	0,0	-	-	-	-
Leire	20,0	26	10,0	C-profil	1	0,63	0,35
Sandig masser	19,0	36	3,5	-	-	-	-

Udrenert aktiv skjærstyrke, C_{uA} -profiler, som ble tolket av CPTU-sonderinger er brukt i stabilitetsberegninger. Figur CPTU-305 og CPTU-308 presenterer C_{uA} -profiler.

På NGI-305 antas grunnvannsnivået å være 3 meter dypt, noe som er en konservativ antagelse sammenlignet med piezometer-avlesningene. Ved NGI-308 er poretrykksprofilene basert på piezometermålinger benyttet (se datarapport 20230313-02-R).

C3.2 Resultater

Resultater fra stabilitetsberegningene er oppsummert i Tabell 3-2 for både udrenert og drenert tilstand under dagens situasjon og med planlagt utvidelse av transformatorstasjonen. Kritiske skjærflater med de laveste sikkerhetsfaktorene vises i tegninger for Profil-A (Tegning nr. 101, 102, 103, 104) og Profil-B (Tegning nr. 106, 107, 108, 109).

Tabell 3-2 Resultat fra stabilitetsberegninger.

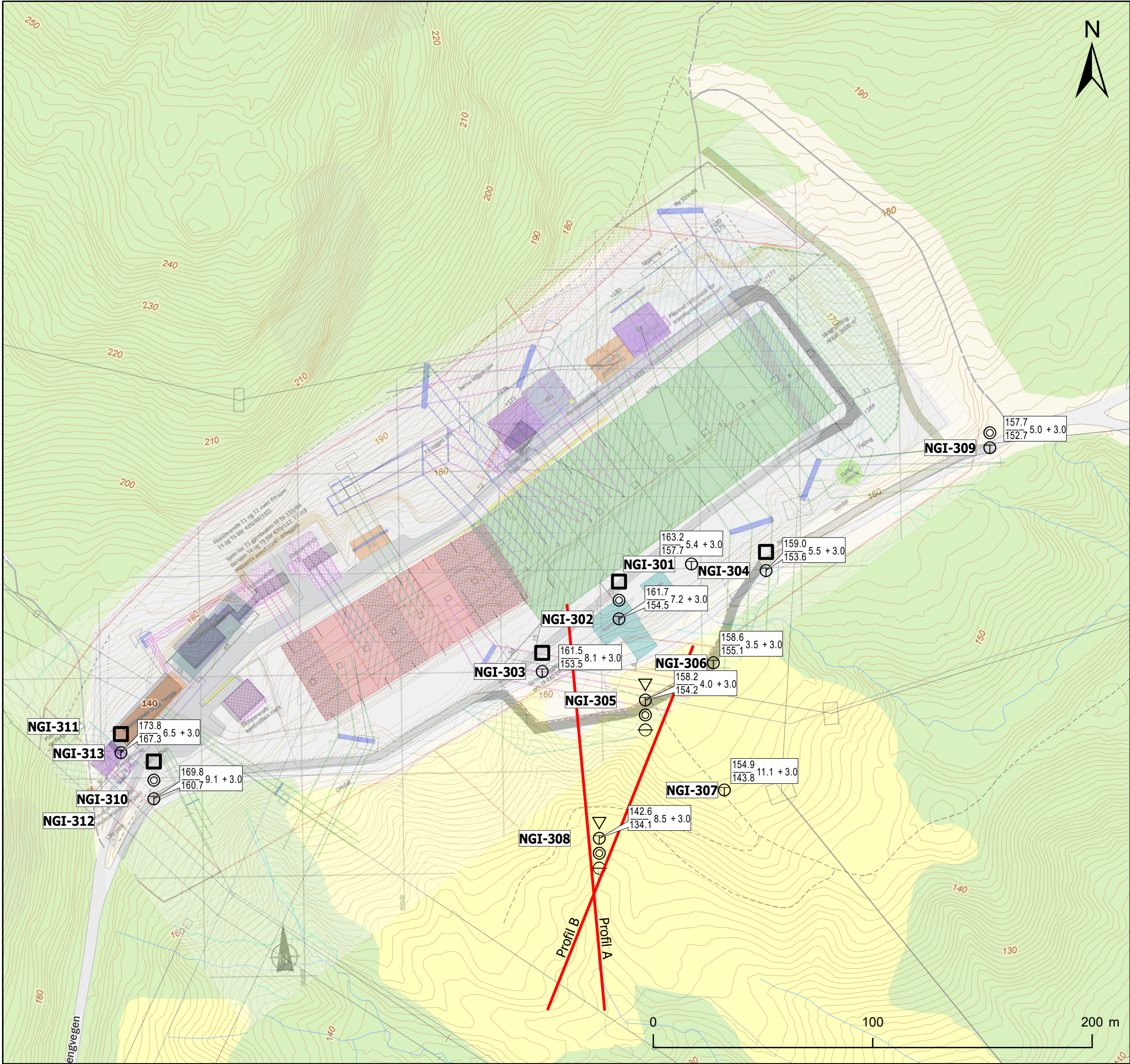
Profil		Drenert	Udrenert
		$F_{c\phi}$	F_{cu}
A	Dagens	1,27	1,44
	Tiltak	1,27	1,44
B	Dagens	1,44	1,50
	Tiltak	1,44	1,50

Resultatene viser at omlokaliseringen av veien ved siden av stasjonen vil ha tilfredsstillende stabilitet, og påvirker ikke kritisk overflatestabilitet i skråningen. Vegfyllingen bør likevel legges i noe avstand fra skråningstopp for å sikre god kantstabilitet. Videre bør det utføres overflatedrenering av skråningen for å sikre at stabiliteten ikke forverres over tid.

Resultatene viser at de to profilene oppfyller kravene med $FS_{cu} \geq 1,4$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ [2] for både dagens tilstand og tiltak med planlagt flytting av veien. Det anbefales likevel at vegfyllingen legges i noe avstand fra skråningstopp, og at overflatestabiliteten av skråningen sikres med drenering i overflaten.

C4 Referanser

- [1] Statens vegvesen, «Geoteknikk i vegbygging, Håndbok V220».
- [2] Eurocode 7, «Geotechnical design. Part 1: General rules.» 2019.



Metode

- Total Prøve
- Total Cpt Prøve PZ
- Total
- Total Prøve MP
- Total MP
- Metode ukjent

Klæbu Transformatorstasjon

- Red: Band_1
- Green: Band_2
- Blue: Band_3
- Profil

Tegnforklaring

- Kjerneboring
- Trykksøndering
- Dissipasjonstest
- Miljøprøve
- Inklinometer
- Infiltrasjonsbrønn
- In-situ permeabilitetsmålinger
- Poretrykksmåling
- Fjellkontrollboring
- Berg i dagen
- Dreietrykksøndering
- Ramsøndering
- Dreiesøndering
- Prøveserie
- SPT-søndering
- Enkelsøndering
- Vingeoring
- Totalsøndering
- Prøvegrop
- Annet

Borpunkt nr Kote terreng (sjøbunn/elvebunn) Boret dybde i løsmasser + (boret dybde i berg)
Antatt bergkote

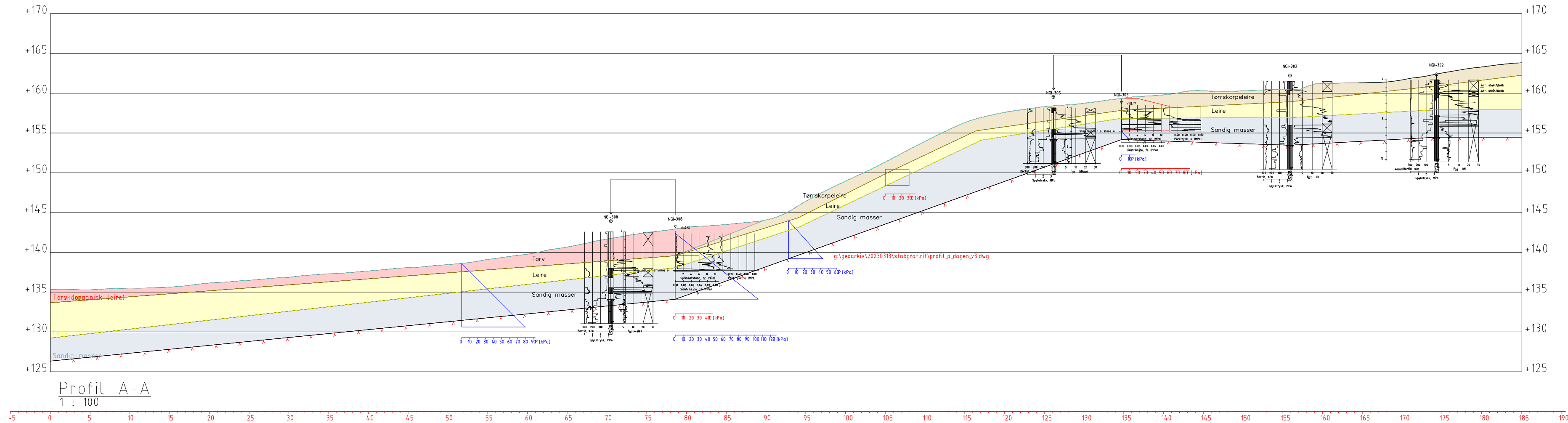
Statnett

Geofaglig rådgivning - Klæbu Transformatorstasjon
Profiler for stabilitet beregninger

Dato	2024-04-29	Utført	EAO	Kontrollert	VG	Godkjent	VG
Original format og målestokk	A3 1:1,700	Kartprojeksjon	ETRS 1989 UTM Zone 32N				
Prosjektnr.	20230313	Dokumentnr.	20230313-03-R	Kartnr.	011	Rev.	0

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

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



EXPLANATIONS:

- Dreiesondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⊙ Prøveserie
- ⊖ Poretrykksmåling
- Enkel sondering
- ⬇ Dreietrykksondering
- Prøvegrop
- ^^ Fjell i dagen
- 7 Trykksondering
- ⊕ Totalsondering
- + Vingeboring
- Skovlprøve

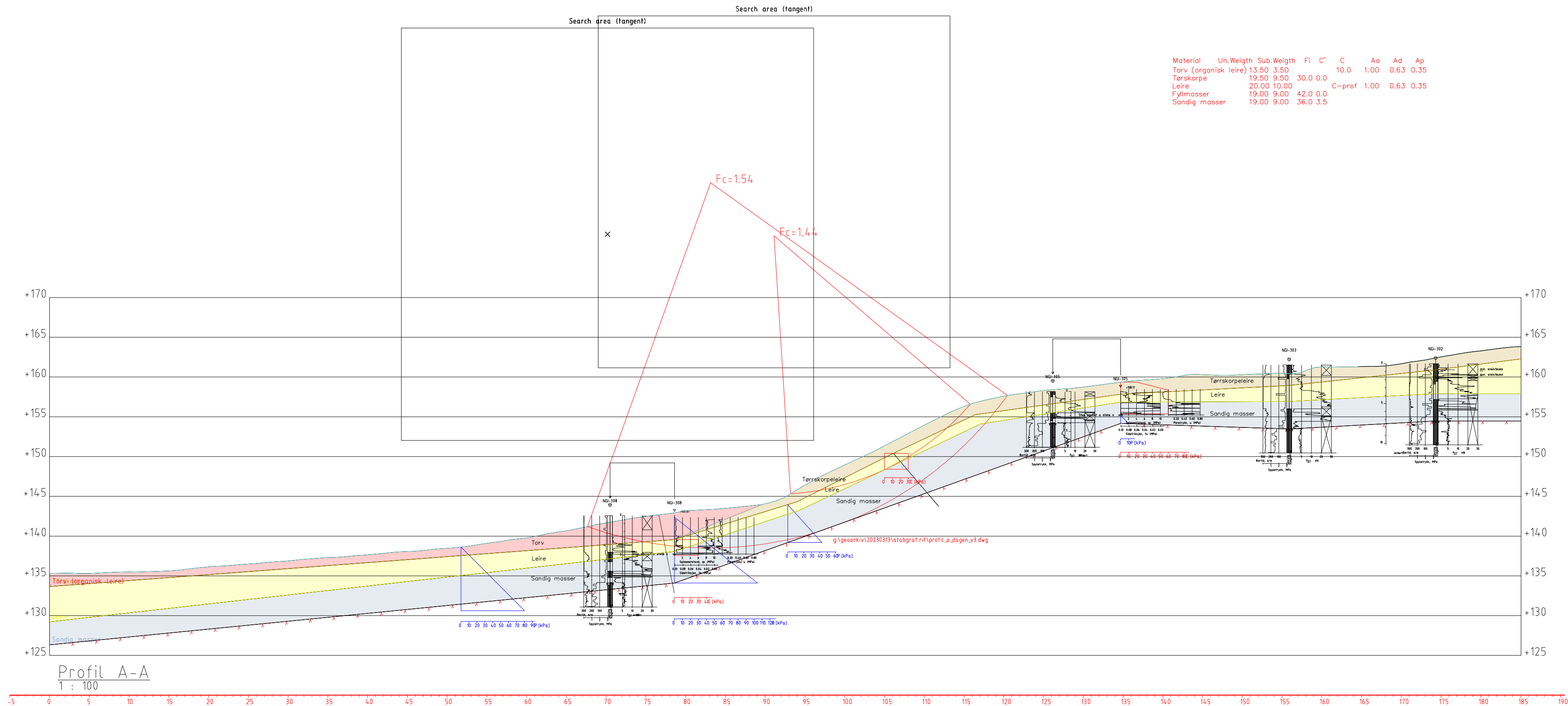
Høydesystem: NN2000

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Statnett		Status			
Geofaglig rådgivning-Kløbu Transformatorstasjon		Original format A3.2 (297x594)			
Profil A		Tegningens filnavn Tegning_profil_a_dagen_lagdeling.dwg			
Lagdeling		Målestokk		NGI	
		1:400			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 27.04.2024	Konstr./Tegnet EAO	Kontrollert VG	Godkjent VG
		Oppdragsnr. 20230313	Tegningsnr. 100	Rev. 0	

EXPLANATIONS:

- Dreiesondering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⊙ Prøveserie
- ⊖ Poretrykksmåling
- Enkel sondering
- ⬇ Dreietrykksondering
- Prøvegrop
- ^^ Fjell i dagen
- ⌌ Trykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊕ Vingeboring
- Skovlprøve

Høydesystem: NN2000

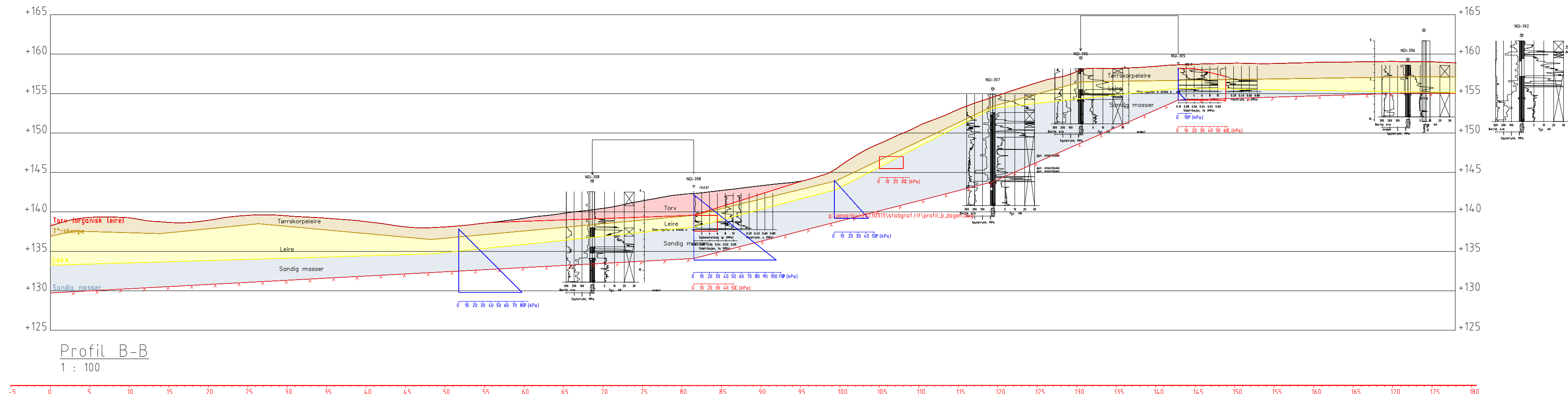


EXPLANATIONS:

● Dreiesondering ⚠ Fjellkontrollboring ☉ Prøveserie ⊕ Poretrykksmåling
 ○ Enkel sondering ⬇ Dreietrykksondering □ Prøvegrop ⋒ Fjell i dagen
 7 Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vinge-boring 🏠 Skovlprøve

Høydesystem: NN2000

Rev.	Beskrivelse					Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Statnett Geofaglig rådgivning-Klæbu Transformatorstasjon Profil A Udrenert tilstand - Tiltak/Ny vei Omtrentlig tegning basert på grunnskissen til Statnett						Status			
						Original format A-XX			
						Tegningens filnavn Tegning_profil_a_tiltak.dwg			
						Målestokk 1:400			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no			Dato 27.04.2024	Konstr./Tegnet EAO	Kontrollert VG	Godkjent VG			
			Oppdragsnr. 20230313	Tegningsnr. 104			Rev.	0	



Profil B-B
1 : 100

EXPLANATIONS:

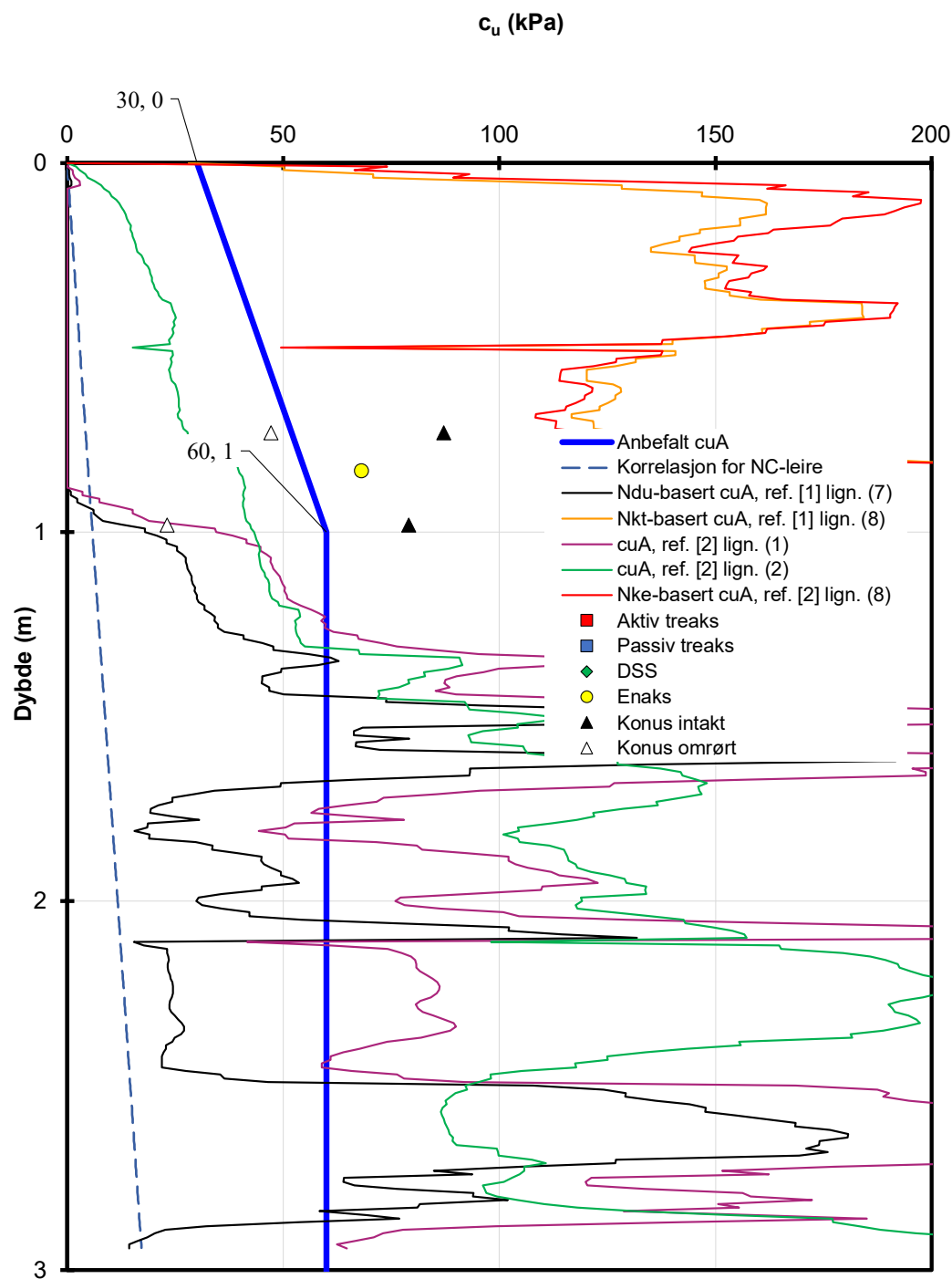
● Dreiesondering ⚙ Fjellkontrollboring ⊙ Prøveserie ⊖ Poretrykksmåling
○ Enkel sondering ⚡ Dreietrykksondering □ Prøvegrop ⚡⚡ Fjell i dagen
⌞ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vingeboring ● Skovlprøve

Høydesystem: NN2000

Rev.		Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Status				
		Statnett	Original format A3.2 (297x594)			
		Geofaglig rådgivning-Klæbu Transformatorstasjon	Tegningens filnavn Tegning_profil_b_dagen_lagdeling.dwg			
		Profil B Lagdeling	Målestokk 1:400		NGI	
		NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 27.04.2024 Oppdragsnr. 20230313	Konstr./Tegnet EAO Tegningsnr. 105	Kontrollert VG	Godkjent VG
					Rev.	0

Høydesystem: NN2000

Rev.	Beskrivelse			Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.		
Statnett Geofaglig rådgivning-Klæbu Transformatorstasjon				Status					
				Original format A3.2 (297x594)					
				Tegningsens filnavn Tegning_profil_b_filtakt.dwg					
Profil B Drenert tilstand - Tiltak/Ny vei Omtrentlig tegning basert på grunnskissen til Statnett				Målestokk 1:400					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no			Dato 27.04.2024	Konstr./Tegnet EAO	Kontrollert VG	Godkjent VG			
			Oppdragsnr. 20230313	Tegningsnr. 108		Rev.		0	



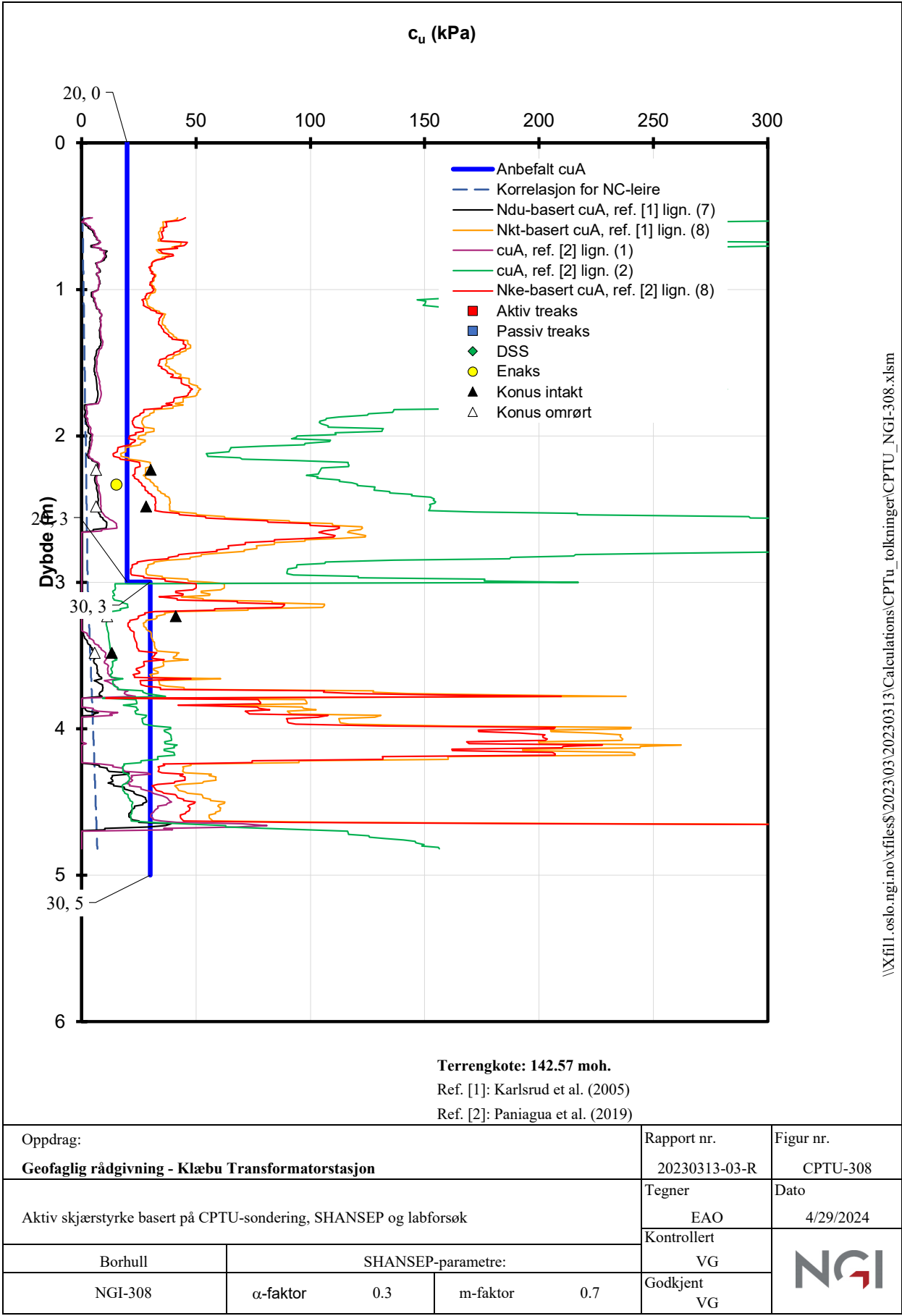
\\Xfil1.oslo.ngi.no\files\2023\03\20230313\Calculations\CPTu_tolkninger\CPTU_NGI-305.xlsm

Terrengekote: 158.17 moh.

Ref. [1]: Karlsrud et al. (2005)

Ref. [2]: Paniagua et al. (2019)

Oppdrag:				Rapport nr.	Figur nr.
Geofaglig rådgivning - Klæbu Transformatorstasjon				20230313-03-R	CPTU-305
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering, SHANSEP og labforsøk				Tegner	Dato
				EAO	4/29/2024
Borhull				Kontrollert	
SHANSEP-parametre:				VG	
NGI-305	α -faktor	0.3	m-faktor	0.7	
				Godkjent	
				VG	



Vedlegg D

SKREDFARE EGENERKLÆRINGSSKJEMA



Egenerklæringsskjema for kompetanse

EGENERKLÆRINGSSKJEMA FOR KOMPETANSE – IHT. VEILEDER SIKKERHET MOT SKRED I BRATT TERRENG – KARTLEGGING AV SKREDFARE I REGULERINGSPLAN OG BYGGESAK

Utførende foretak vil med utfylling av egenerklæringsskjema erklære seg skikket til å utføre utredning av skredfare i bratt terreng og at utførende fagpersoner innehar nødvendig kompetanse i henhold til veilederen. Hvert foretak involvert i oppdraget fyller ut eget skjema, også ev. underleverandører.

EGENERKLÆRING OM UTFØRENDE FORETAKS KOMPETANSE	JA	NEI	KOMMENTAR
Ansvarlig for å utføre skredfaglige utredninger er godt kjent med gjeldende forskrifter ¹ , veiledere ² , retningslinjer ³ og fagnormer som gjelder for å utføre skredfareutredninger.	X		
Minst to kvalifiserte fagpersoner blir benyttet i oppdraget, en som utførende og en som sidemannskontrollør. De to påkrevde fagpersonene må ha minst 5 og 3 års netto erfaring med tilsvarende oppdrag, samt relevant utdanning som definert i veilederen. Personell med mindre enn 3 års erfaring kan benyttes i oppdraget i tillegg til de to med påkrevd erfaring.	X		
Foretaket har kunnskap om og tilgang på dynamiske skredmodeller der slike er kommersielt tilgjengelig.	X		
Foretaket har ansvarsforsikring som minst tilsvarer krav i NS 8401/8402 (prosjekterings- og rådgivningsoppdrag).	X		

¹ Byggteknisk forskrift (TEK17) og Plan- og bygningsloven (pbl)

² NVE veileder Sikkerhet mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak

³ NVE retningslinjer Flaum- og skredfare i arealplanar – Revidert 22.mai 2014

Firma: Norges Geotekniske Institutt AS

Org.nr.: 932089114MVA

Signatur:

Navn med blokkbokstaver: **Heidi Hefre**

Dato: 2024-09-12



Kontroll- og referanseside/ Review and reference page

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Klæbu Transformatorstasjon: Endelig vurdering av naturfare		Dokumentnr./Document no. 20230313-03-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Statnett	Dato/Date 2024-05-03
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 2 / 2024-11-07
Distribusjon/Distribution INGEN: Distribueres kun til oppdragsgiver (utvidet konfidensialitet, X prosjekter) / NO: Distribution to client only (extended confidentiality, X projects)		
Emneord/Keywords Naturfarevurdering, flomfare, skredfare, områdestabilitet, fundamenteringsforhold, bergskjæring		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Trøndelag	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Trondheim	Feltnavn/Field name
Sted/Location Klæbu	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 32 Øst: 571 035,06 Nord: 7 022 735,62	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:
0	Originaldokument	2024-05-03 Emir Ahmet Oguz	2024-05-02 Vidar Gjelsvik		
1	Endret sikkerhetsklasse for skredvurdering fra S2 til S3	2024-08-29 Frode Sandersen 2024-09-05 Anders Kleiven	2024-09-06 Heidi Hefre / Vidar Gjelsvik		
2	Oppdatering med vurdering av skredfare for en situasjon uten skog i fjellsiden	2024-11-05 Anders Kleiven 2024-11-06 Frode Sandersen	2024-11-07 Heidi Hefre / Vidar Gjelsvik		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 7. november 2024	Prosjektleder/Project Manager Emir Ahmet Oguz
--	--------------------------------------	---

2015-11-16, 043 n/e, rev.03

NGI – Norges Geotekniske Institutt - er et uavhengig forskningsinstitutt innen geoteknikk og andre ingeniørrettede geofag.

Vi kombinerer geokunnskap og teknologi for å utvikle smarte og bærekraftige løsninger innen infrastruktur på land og til havs, innen miljøteknologi, forurensset grunn og naturfarer som jord- og snøskred. Forskingen vår leverer kunnskap som bidrar til å løse noen av de viktigste utfordringene verden står overfor innenfor klima, miljø, energi og samfunnssikkerhet.

Samfunnsoppgaven vår er å utvikle geofagene og fremskaffe kunnskapsgrunnlaget for å bygge, bo og ferdes på sikker grunn. Dette løser vi ved å la forskning og rådgivning gå "hånd i hånd" og være brobygger mellom akademia, næringsliv og det offentlige.

Vi har kontorer i Norge, USA og Australia og vi har internasjonalt anerkjente laboratorier.

www.ngi.no

NGI – The Norwegian Geotechnical Institute – is an independent research centre in the field of geotechnical engineering and the engineering geosciences.

We combine geotechnical knowledge and technology to develop smart and sustainable solutions in infrastructure on land and at sea, in environmental technology, contaminated soil and natural hazards such as landslides and avalanches. Our research provides knowledge that contributes to solve some of the most important challenges the world faces with regards to climate, the environment, energy and societal security.

Our societal mission is to develop the geosciences and produce the knowledge basis to build, live and travel on safe ground. We solve this by combining research and consulting hand-in-hand and being a bridge-builder between academia, industry and the public sector.

We have offices in Norway, the US and Australia, including internationally recognised laboratories.

www.ngi.no

