

# NOTAT

Oppdrag **1350029372 Skredsikring Sukkertoppen**  
 Kunde **NVE region nord**  
 Notat nr. **G-not-014 1350029372**

Dato 01.03.2021

Til **NVE RN v/Stian Bue Kanstad**  
 Fra **Rambøll Norge AS v/Marit Bratland Pedersen**  
 Kopi

Rambøll  
 Lompensenteret 2. etg  
 Postboks 832  
 N-9171 Longyearbyen

Utført av **Marit Bratland Pedersen, Johanne Garcia Presno**  
 Kontrollert av **Eirin Husdal, Ingrid Margrethe Olaisen Hagen, Stein Heggstad**  
 Godkjent av **Marit Bratland Pedersen**

T +47 73 84 10 00

www.ramboll.no

## VANNLEDNINGSDALEN, SIKRING MED NETT MOT SØRPEKRED GEOTEKNISK OG INGENIØRGROLOGISK VURDERING FOR FORPROSJEKT

### 1. Bakgrunn

NVE planlegger i samråd med Longyearbyen lokalstyre sikringstiltak mot skred i Longyearbyen. Prosjektet omfatter sikring av bebyggelse mot snøskred fra Sukkertoppen og sørpeskred fra Vannledningsdalen, figur 1. Flomskred og mindre løsmasseskred skal også håndteres av den planlagte sikringen.



**Figur 1: Oversiktsfigur [toposvalbard.npolar.no]**

Skred AS med underkonsulent HNIT er av NVE engasjert som skredfaglig konsulent for den planlagte sikringen. Rambøll Norge AS er engasjert som konsulent for fagene geoteknikk og

ingeniørgeologi, i oppdrag for NVE. Skred AS har rollen med koordinering av vurderinger og seinere detaljprosjektering.

Det er tidligere utført en konseptstudie i regi av NVE (NVE Region nord, 2018), samt forprosjekt (Skred AS, 18241-02-1 Forprosjektering av sikringstiltak, fase 1 – sikringskonsepter presentert i faktaark, 2018), (Skred AS, 18241-03-4 Forprosjekt av sikringstiltak - Fase B2, 2018), for aktuelle sikringstiltak for områdene Lia, Sukkertoppen og Vannledningsdalen.

Som del av dagens håndtering av skredfare i Vannledningsdalen, kjøres det doser opp elveløpet på våren for å unngå vannmetning av snøen under vårsmeltingen. For Vannledningsdalen har det i tidligere faser vært satt som premisse at dosing fortsatt skulle være mulig etter etablering av sikring. Alternativ med nett som sikringsløsning i Vannledningsdalen ble derfor ikke inkludert i vurderingene, da en slik løsning vil sperre dalbunnen og hindre mulighet for videre dosing.

Mest egnet sikring mot sørpeskred i Vannledningsdalen som også ivaretar mulighet for dosing, er vurdert å være etablering av ledevoller. En slik løsning vil medføre svært ruvende og kostbare jordvoller i utløpet av dalen og ned til veg 500. Det vil også medføre at GS-bru Perleporten må tas bort og at bru ved veg 500 må utbedres eller byttes ut. I lys av dette er det besluttet å se nærmere på alternativ med sikring mot sørpeskred med nett i Vannledningsdalen.

Dette notatet inneholder en tidligfase geoteknisk vurdering på forprosjektnivå for alternativ med etablering av nett som sikring i Vannledningsdalen. Sikringen er planlagt med ca. 14 nett på tvers av dalen fordelt jevnt oppover langs dalen, se vedlagte oversiktstegning 1401. Det er forutsatt at eksisterende ledevoll består.

## 2. Utførte grunnundersøkelser

Det er utført flere grunnundersøkelser i området. Undersøkelsene er presentert i følgende rapporter:

- *Report for drilling, injecting and testing/pulling anchor in Vannledningsdalen, Longyearbyen, October-December 2020, DS Entreprenør AS, 27.1.2021 (DS Entreprenør AS, 2021)*
- *G-not-012 1350029372 Befaring Vannledningsdalen. Rambøll Norge AS, 24.9.2020 (Rambøll Norge AS, G-not-012 1350029372 Befaring Vannledningsdalen, 2020)*
- *G-rap-001 1350029372 Datarapport Vannledningsdalen. Rambøll Norge AS, 4.7.2019 (Rambøll Norge AS, G-rap-001 1350029372 Datarapport Vannledningsdalen, 2019)*
- *G-not-002 1350029372 Oppsummering fra prøvegraving og befaring, Rambøll Norge AS, 26.10.2018 (Rambøll Norge AS, G-not-002 1350029372 Oppsummering fra prøvegraving og befaring, 2018)*
- *2017:00815 Skredsikring i Longyearbyen. Grunnundersøkelser i Lia ovenfor Hilmar Rekstens vei. SINTEF Byggforsk 18.12.2017 (SINTEF Byggforsk, 2017)*
- *950080-1 Elvesletta, Longyearbyen NGI 6.12.1995 (NGI, 950080-1 Elvesletta, Longyearbyen. Grunnundersøkelser., 1995)*

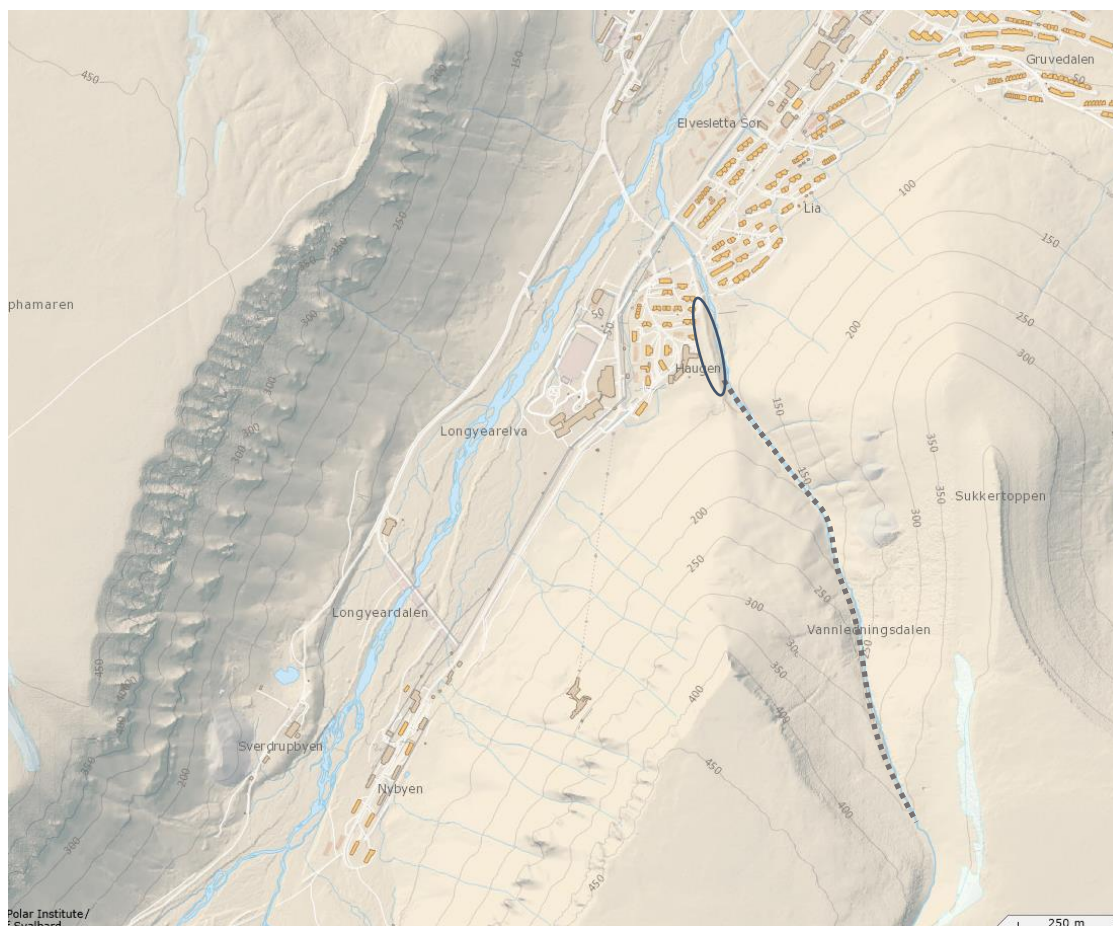
- 524030 Permafrost. Målinger Longyearbyen sommeren 1995 NGI, 5.9.1995 (NGI, 524030 Permafrost. Målinger Longyearbyen sommeren 1995 , 1995)

I tillegg til ovennevnte, er det installert termistorer for måling av temperatur i grunnen flere steder i og ved dalen. Plassering av termistorene er sammen med utførte undersøkelser vist på situasjonsplan i tegning 1402-1406.

### 3. Topografi og grunnforhold

Longyearbyen ligger i en dal som er orientert fra Longyearbreen i sørvest til Adventfjorden i nordøst. Byen er omgitt av Platåfjellet i vest, og Sukkertoppen og Gruvefjellet i øst. Sukkertoppen er omtrent på kote +440 og den øverste bebyggelsen ved foten av fjellet ligger på omtrent kote +55.

Vannledningsdalen strekker seg fra området Haugen og opp mot sør/sørøst, mellom Sukkertoppen i nord/øst og Gruvefjellet i sør/vest. Et oversiktskart er vist i Figur 2. Øverste bebyggelse ligger omtrent på kote +70 ved Haugen. Aktuelle strekk av dalen for etablering av sikring med nett ligger på ca. kote +70 til +350. Eksisterende ledevoll i Vannledningsdalen er etablert i område ved kote +50 til +105.



**Figur 2: Oversiktskart med strekning for nett samt eksisterende ledevoll markert (Norsk Polarinstitutt, Topo Svalbard, 2021)**

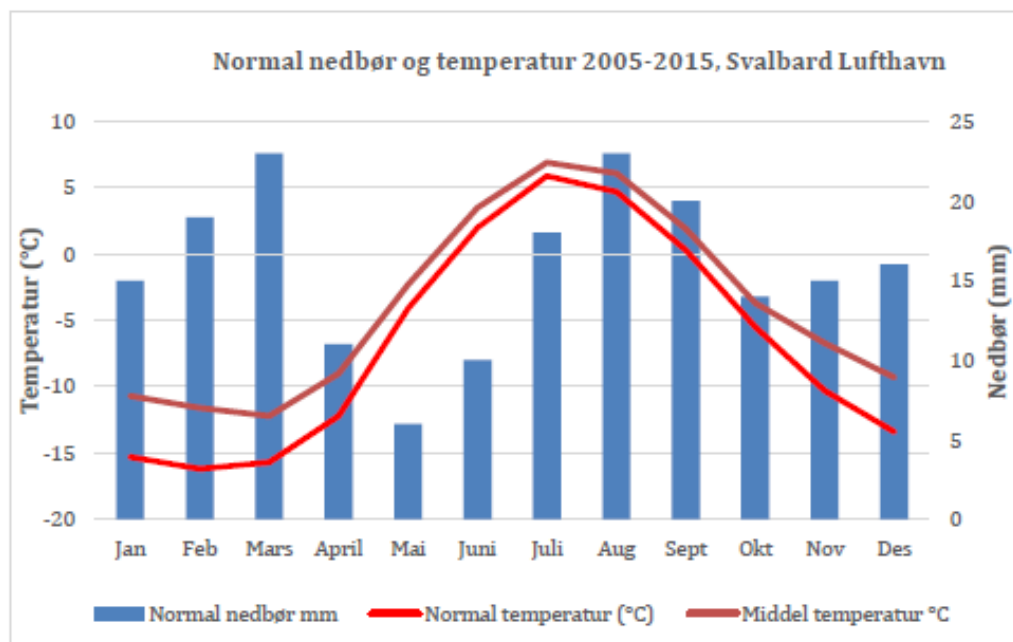
Det er i prosjektet etablert en senterlinje langs Vannledningsdalen, plassering og profilering fremkommer av vedlagte tegninger.

### 3.1

#### Permafrost

Longyearbyen ligger i et område med permafrost. Permafrost defineres som temperatur i jord eller berg på 0 °C eller kaldere over en periode på minst 2 etterfølgende vintre og sommeren mellom (Andersland. O.B., Ladanyi B., 2004). Definisjonen er kun basert på temperatur, og ikke av om jordmaterialene er frosset eller ikke. Permafrosten kan derfor inneholde både vann og is eller bare en av delene. Dette avhenger av mineralsammensetning, kornstørrelser, løste mineraler, klima og terrengfaktorer. I den varme årstida vil det øverste laget tine, for så å fryse igjen på vinteren, dette laget kalles det aktive laget.

Klimadata viser at Longyearbyen har en årsmiddeltemperatur på rundt - 6 °C (I.Hanssen-Bauer, 2019). Høyeste gjennomsnittstemperatur på sommeren er < 6°, se Figur 3.



Figur 3: Månedsnormaler for nedbør og temperatur ved Svalbard Lufthavn (Multiconsult AS, 2016)

Klimaets påvirkning på jordmassene medfører at temperaturen på overflata varierer gjennom året. Temperaturendringene er sykliske og kan tilnærmes en sinuskurve. Mellom luftlaget og bakken er det et bufferlag av snø og vegetasjon som påvirker temperaturfordelingen på bakkeoverflata. Endringer i snødekke og vegetasjonsforhold vil føre til endringer i temperaturforholdene i permafrosten.

Variasjonen i overflatetemperatur forplanter seg ned i bakken med en amplitude som minker med dybde under overflata. Ved en dybde på rundt 9-15 meter holder temperaturen seg tilnærmet jevnt over året (Andersland. O.B., Ladanyi B., 2004). Denne temperaturen beskrives som den gjennomsnittlige overflatetemperaturen over året. Videre nedover i bakken øker temperaturen i henhold til den geotermiske gradienten til materialet, på grunn av varme

fra jordas indre. Den geotermiske gradienten i bakken varierer fra 0,3 til 1,1 °C per 30 m og avhenger av materialenes varmeledningsevne og varmekapasitet.

Lokale grunnforhold som tilsig av vann og isinnhold i massene påvirker også lokal tinedybde. Ved endring i vannstrøm på eller i bakken, ved å for eksempel lede vann i nye løp, kan det forventes at tinedybde påvirkes.

## 3.2 Grunnforhold

### 3.2.1 Løsmassetykkelse og bergnivå

Utførte grunnundersøkelser viser boreddybde til berg i området aktuelt for etablering av sikringsnett varierer fra berg i dagen og inntil boreddybde ca. 5 m. For område med eksisterende ledevoll er det registrert dybde til berg inntil ca. 17 m under terreng. Plassering, borehullsretning, dybder og kotenivå fremkommer av vedlagte situasjonsplan, tegning 1402-1406. For en mer detaljert beskrivelse vises til de respektive rapporter.

### 3.2.2 Løsmasse

#### Nedre del – på vifta

Det er utført til sammen 15 totalsondering i nedre del av området, på vifta nedstrøms utløpet av Vannledningsdalen. Feltarbeidet ble utført høsten 2017 (SINTEF Byggforsk, 2017) og vinteren 2019 (Rambøll Norge AS, G-rap-001 1350029372 Datarapport Vannledningsdalen, 2019). Undersøkelsene strekker seg fra ca. profil 185 og kote + 36,4 til profil 515 og kote + 56,2. I tillegg er det utført prøvegraving i noen punkter i aktuelle område. Det er ikke utført undersøkelser av løsmassene på strekningen ca. profil 551 til profil 665.

Utførte sonderinger indikerer generelt et øvre lag med antatt frosne masser, med en tykkelse på ca. 3-4 m. Laget er meget fast og det er benyttet slag og spyling for å komme gjennom massene. Prøvetaking viser at dette laget består av morenemateriale med varierende innhold av finstoff, massene er beskrevet som sandig, siltig leirig, grusig materiale av varierende grad.

Under det faste laget tyder sonderingene i 8 av punktene på et tint lag av kohesjonsjord. Opptatte prøver viser at laget består leire, til dels siltig, sandig. Leira er middels fast til fast og er registrert lite sensitiv med et vanninnhold primært registrert i størrelsesorden 24-30 %. Det tinte leirlaget varierer i tykkelse og er generelt registrert mektigst i selve elveleiet.

#### Øvre del – i Vannledningsdalen

Det er i forbindelse med utførte prøvetrekking i Vannledningsdalen registrert løsmassetykkelse i utførte boringer (DS Entreprenør AS, 2021). Undersøkelsene er utført fra utløpet til Vannledningsdalen ved ca. profil 665 og kote ca. +79 til ca. profil 1875 og kote ca. +350. Logg fra boringene viser løsmasse på inntil ca. 5 m innboring, men at det for store deler av strekningen er liten eller ingen mektighet av løsmasser. Boringene er utført med ulike vinkler iht. feltrapport, og angitte tykkelser er i retning av borhull og ikke vertikalt angitt. Det er så langt valgt å tolke angivelse fra feltrapport som «løst berg» og «mykt berg» som løsmasse.

Det ble under befaring i 2020 tatt 5 poseprøver av overflatemateriale i dalsidene (Rambøll Norge AS, G-not-012 1350029372 Befaring Vannledningsdalen, 2020). Prøvene er analysert ved geoteknisk laboratorium hvor det er gjennomført rutineundersøkelser og kornfordelingsanalyse. Løsmassene er klassifisert som grus, sandig (1 prøve) og siltig, sandig, grusig materiale (4 prøver) og i telefarlighetsgruppe T1 og T2. Registrert vanninnhold ligger mellom 6-8%. Prøvene ble analysert på laboratorium i Trondheim og vanninnholdet er trolig redusert fra prøvetakingstidspunkt til analyse.

Plassering av borepunkt og punkt med prøver fra overflatemateriale fremkommer av vedlagte situasjonsplaner, tegning 1402-1406.

### 3.2.3 Berggrunn

#### Nedre del – på vifta

Det er ikke utført undersøkelser av bergmassen på nedre del av området. Utførte grunnboring i dette området viser løsmassetykkelse fra 6,3 til 17,4 m under terreng.

#### Øvre del – i Vannledningsdalen

Ved boring for prøvetrekking i Vannledningsdalen er det registrert bergnivå i utførte boringer (DS Entreprenør AS, 2021). Det er registrert inntil ca. 5 m boring før det er registrert godt berg. Boringene er utført med ulike vinkler.

Det er i 2 av boringene registrert kullag, ved hhv. profil 1520 og 1570. Borepunktene er boret ved terrengkote ca. + 251 og + 262, og kullaget er registrert med tykkelse ca. 0,5 m etter hhv. 0,5 og 2,0 m boring.

Generelt oppfattes det fra befaring at det er grunt til berg i bekkeløpet og i foten av dalsidene, hvor det er aktuelt å fundamentere sikringskonstruksjoner. Registreringer i felt viser at bergmassen er oppsprukket av 3 gjennomgående sprekkesett (Rambøll Norge AS, G-not-012 1350029372 Befaring Vannledningsdalen, 2020). Det er dominerende flattliggende oppsprekking parallelt lagdelingen i kombinasjon med to steiltstående sprekkesett som står tilnærmet vinkelrett på hverandre. I tillegg er det observert at tilfeldige sprekkeplan forekommer. Sprekkesettene i kombinasjon med hverandre medfører avløsning av kubiske blokker, i størrelsesorden 0,004-0,06 m<sup>3</sup> (ca. 10-160 kg).

Det er mye blokkmateriale i Vannledningsdalen. Bergarten i avløste blokker framstår som sterk og bryter etter mange slag med hammer.

Registrert berg i dagen, samt registrert bergdybde i utførte undersøkelser er vist på situasjonsplanen, tegning 1402-1406.

I henhold til berggrunnskart (Norsk Polarinstitut, 2020) vil nettene plasseres i områder innenfor ulike geologiske formasjoner: Carolineformasjonen og Firkantformasjonen som inndeles i Endalleddet og Todalleddet. Kort oppsummert beskrivelse av disse formasjonen er:

Carolineformasjonen: en blanding av siltstein og sandstein. Bergmassen kan være tett oppsprukket i subhorisontale lag, hvor kvaliteten i lagene er vekslende mellom bergmasse av kompetent til dårlig beskaffenhet.

Todalleddet: Består av 3-5 vekslende lag av skifer, siltstein, sandstein og kull. Kullsoner er ikke observert i felt, men det utelukkes ikke at de kan påtreffes lenger inn i bergmassen.

Endalleddet: Består av lagdelt sandstein, 4-5 vekslende lag. Det forekommer lag av konglomerat, leirstein med høyt jerninnhold og skifer. Forekomster av finkornet konglomerat er observert i felt som avløste blokker.

Utførte prøvetrekking tyder på at en heftfasthet på 1,0 MPa kan legges til grunn for dimensjonering av fundament på nåværende stadium. Fastheten forutsetter at forankringen skjer i minimum 1 meter godt berg og/eller permafrost. Resultater i forbindelse med prøvetrekkingen viser at det stort sett er tett oppsprukket bergmasse de øvre meterne. Heftfasthet på 1,0 MPa er vurdert ut fra resultater fra prøvetrekking og er et konservativt anslag. Det må på et seinere stadium gjøres en ny vurdering basert på detaljert konstruksjon og konsekvenser ved brudd.

For mer detaljert beskrivelse av berggrunnen henvises det til befæringsnotat (Rambøll Norge AS, G-not-012 1350029372 Befaring Vannledningsdalen, 2020) og rapport fra utførte prøvetrekking (DS Entreprenør AS, 2021).

#### 3.2.4 Is

Det er i logg fra utførte undersøkelser registrert is i øvre rad med boring, profil ca. 1880 og terrengkote ca. 348. Det er registrert et lag med «mykt berg/is» i overgang mellom løsmasse og berg. Laget har ca. 1,0 m tykkelse og er registrert etter ca. 2,0 m innboring.

#### 3.2.5 Permafrost og tinedybde

Det er installert 3 termistorer i området ved Vannledningsdalen, hhv. T1, T2 og T5 og er installert i perioden 2018-2020.

##### Nedre del – på vifta

T1 er installert ved profil ca. 300 - 43 mV og viser et aktivt lag på ca. 4,5 m under terreng. Videre er det registrert ca.  $-1,5^{\circ}\text{C}$  ved 20 m dybde. T2 som er installert ved profil ca. 485 - 33 mV viser aktivt lag rundt 2,8 m under terreng og en temperatur ved 15 m dybde på ca.  $-1,3^{\circ}\text{C}$ .

Det vil løpet av våren 2021 installeres 2 termistorer i eksisterende voll i Vannledningsdalen, som grunnlag for senere stabilitetsberegninger.

##### Øvre del – i Vannledningsdalen

T5 er installert ved profil ca. 1180 og kote +178 og ble installert i desember 2020 i forbindelse med boring for prøvetrekking. Målingene så langt viser frost i hele dybden ned til nederste node på ca. 12 m dybde. Fra ca. 5-7 m dybde er det registrert rundt  $-2,2^{\circ}\text{C}$  og ved 12 m dybde ca.  $-2,8^{\circ}\text{C}$ . Videre oppfølging av termistoren vil gi informasjon om tinedybde løpet av sommeren 2021.

I forbindelse med prosjektering av støtteforbygninger langs fjellsida til Sukkertoppen ble det installert 2 termistorer høsten 2019. Termistorene er installert ved hhv. kote +158 (T6) og +327 (T7). For T7 er det tidligere registrert et aktivt lag rund 0,5 m, mens det for T6 er

registrert en maksimal tining på ca. 2,0 m. T6 er plassert i nærhet av en ravine som fører en del vann.

Tykkelse på aktivt lag på Svalbard forventes generelt å øke noe på grunn av økt lufttemperatur fremover.

#### **4. Sikring mot sørpeskred fra Vannledningsdalen**

På bakgrunn av anbefaling fra prosjektgruppa (Skred AS, HNIT og Rambøll) har NVE bestemt å gå videre i prosjektet med utredning av en nettløsning i samarbeid med leverandøren Geobrudd. Samarbeidet er ennå i en tidlig fase og detaljene er ikke endelig avklart. Foreløpig konsept (Geobrudd AG, 2020) baserer seg pr. nå på å etablere ca. 14 nettkonstruksjoner på tvers av Vannledningsdalen, se skisser fra leverandør i Figur 4 til Figur 6 og Figur 5.

Foreløpig plassering vist på oversiktskart, tegning 1401, og i situasjonsplanene, tegning 1402-1406. Høyde for nettene er pr. i dag angitt å være ca. 6-8 m og med utforming omtrent iht. Figur 4.

Som del av sikringskonseptet skal eksisterende ledevoll i Vannledningsdalen bestå.



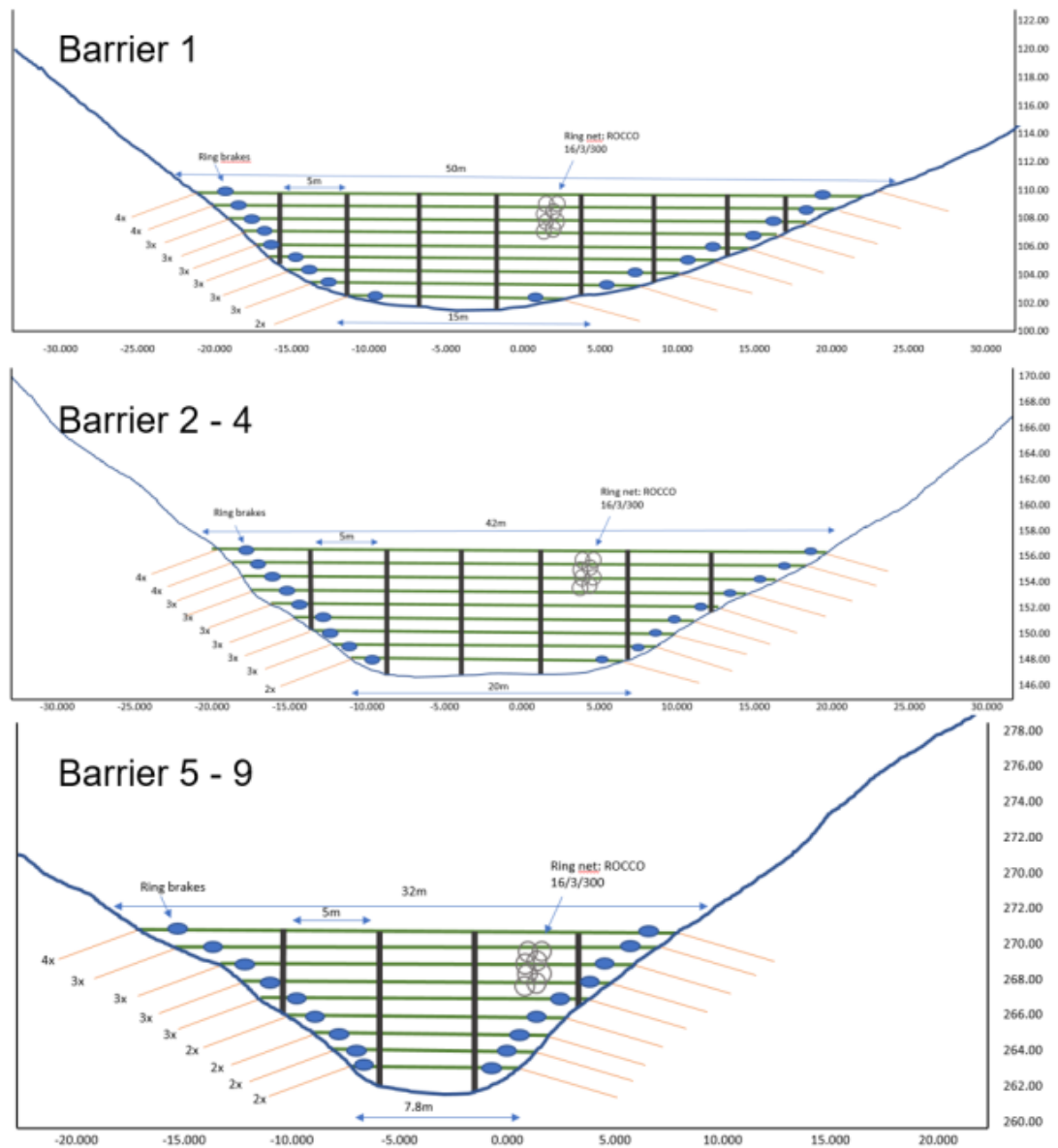


Figure 9 Barrier 1 -9, counted from the lower to the upper most barrier. Barrier 1, which is located closest to the residential area, is around 50 m wide at the top, 15 m wide at the bottom and 9 m high. Barrier 2-4, which are in the lower half of all installations are around 42 m wide at the top, 20 m wide at the bottom and 9 m high. Barrier 5-9, which are forming the upper half of the installation are around 32 m wide at the top, 8 m wide at the bottom and 9 m high. Number of anchors equals number of ropes and are indicated with the numbers on the left side.

Figur 4: Skisse hentet fra konseptstudie utført av Geobrugg (Geobrugg AG, 2020)

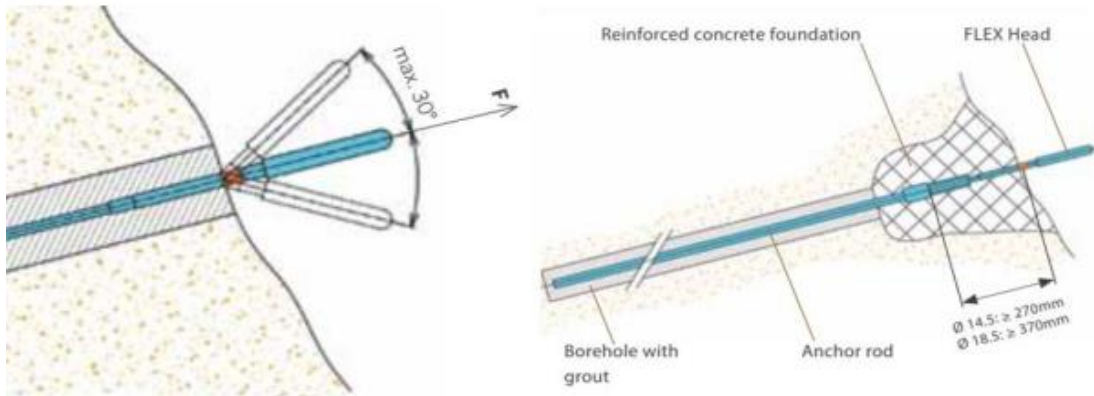


Figure 6 Left: Geobrug Spiral Rope Anchor can be bended by 30° while keeping the full load capacity. Right: Geobrug Flex head on top of an anchor rod, reinforced with a concrete foundation.

Figur 5: Forslag til forankring fra Geobrug (Geobrug AG, 2020)

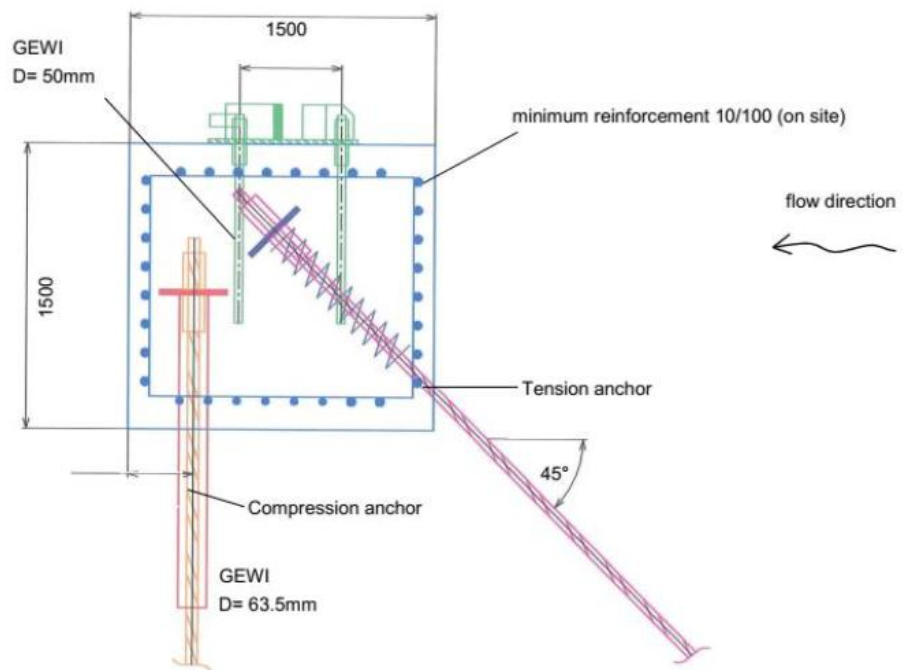


Figure 7 Principal of foundation with pressure anchor and tension rod, sectional view.

Figur 6: Prinsipp for fundament fra Geobrug (Geobrug AG, 2020)

## 5. Forutsetninger og grunnlag

### 5.1 Kartgrunnlag

Det er benyttet koordinatsystem UTM 33 og høydesystem er Longyearbyen lokal.

### 5.2 Sikringskonsept

Det er tatt utgangspunkt i konsept for sikring beskrevet i rapport fra Geobruigg (Geobruigg AG, 2020), samt oppdatert plassering mottatt i epost fra Skred AS i januar 2021.

### 5.3 Klimaendringer og forventet tinedybde

Det legges til grunn klimascenario RCP 8,5 beskrevet i den nye klimarapporten, ref. (Hanssen-Bauer, et al., 2019).

Klimarapporten (Hanssen-Bauer, et al., 2019) og klimascenario RCP 8,5 legger til grunn at det forventes en betydelig økning i mektighet på det aktive lag på Svalbard i frem mot 2100.

For Svalbard lufthavn (28 moh.), som ligger en del lavere enn området for nettkonstruksjoner, er det ut fra table A.2.3 forventet en temperaturøkning på 3,9 grader for perioden 2031-2060. Denne verdien gjelder for 30-års perioden 2031-2060 i forhold til 30-års perioden 1971-2000.

Int. klimarapporten ligger gjennomsnittlig temperatur for perioden 1971-2000 på -5,9 grader C for Svalbard lufthavn. En økning med 3,9 grader tilsvarer en gjennomsnittstemperatur på -2,0 grader C for perioden 2030-2060. En gjennomgang av registrerte temperaturer ved flyplassen viser at vi de siste årene har hatt rundt -2,5 grader i gjennomsnitt. Ut fra ovennevnte vurderer vi at gjennomsnittlige temperaturer kan legges til grunn i konstruksjonens levetid, for høyde rundt 30 moh., Tabell 1. Lufttemperaturen oppe i Vannledningsdalen forventes å være lavere enn dette. Vi har ingen målinger i dette området som viser nøyaktige temperaturer, men vi antar at økningen på 3,9 grader er representativ i forhold til dagens situasjon.

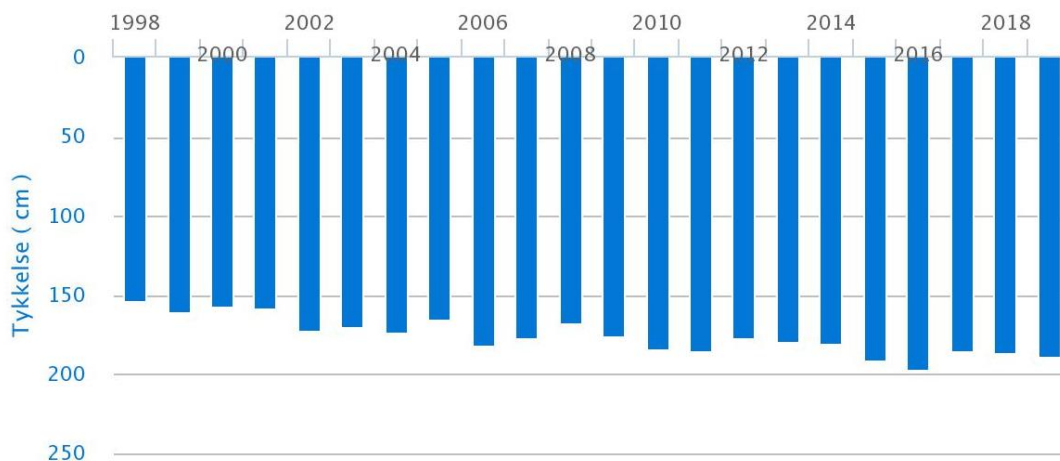
**Tabell 1: Forventede lufttemperaturer Svalbard lufthavn**

Periode	Gjennomsnittstemperatur
1971-2000	-5,9 grader C
2016-2019	-2,5 grader C
2020-2030	-2,3 grader C
2030-2040	-2,2 grader C
2040-2050	-2,0 grader C
2050-2060	-1,8 grader C

Dimensjonering av konstruksjoner må ta høyde for endrede grunnforhold på grunn av klimaendringer, hovedsakelig økt temperatur og mer nedbør, innenfor tiltakenes levetid. Det er pr. i dag ikke lang nok måleserie for termistoren i øvre del av Vanneldningsdalen for å vurdere tinedybde for dagens situasjon eller for fremtidig situasjon i løpet av konstruksjonenes levetid.

Analyser av temperatur og grunnforhold utført av Instanes AS og Meteorologisk institutt viser at det kan forventes at områder ved Longyearbyen som i dag har aktivt lag rundt 1,5 m innen 2100 vil ha aktivt lag nærmere 2,5 m tykt (Instanes AS, 2018).

Målinger som utføres ved Janssonhaugen utenfor Longyearbyen viser at tykkelse på aktivt lag har økt med omtrent 0,4 m de siste 22 årene, Figur 7.



**Figur 7: Målt tykkelse aktivt lag ved Janssonhaugen utenfor Longyearbyen (Miljøovervåkning Svalbard og Jan Mayen, 2021)**

For å ta hensyn til forventede klimaendringer er det i videre vurderinger tatt høyde for følgende:

- Aktivt lag er i løpet av levetiden antatt å øke med i størrelsesorden 1 m i områder hvor vannstrøm er uendret fra dagens situasjon som følger av tiltaket.
- Økt sig i skråningen opp mot Sukkertoppen og Gruvefjellet som følge av økt nedbør. Større sannsynlighet for overflateglidninger.
- Økt vannivå i elva på grunn av flom.
- For områdene med løsmasse og jordsig på stag er det lagt til grunn ca. 3 m tinte materialer.

#### 5.4 Laster

Konsept utarbeidet av Geobrugg beskriver at fundament og forankring skal være sterkere enn wire som fester nettkonstruksjonen inn i fundament. Dette for at evt. skade skal oppstå «i dagen», hvor skaden evt. er lettere å oppdage og utbedre. Begrensningen på last pr. wire i konseptet er satt til 350 kN. Basert på det oppfatter vi at maksimal belastning for strekkstag er 350 kN.

Konseptet angir et alternativ med bruk av ankre med fleksibelt hode, slik at wire vil bøye seg med lastretningen. På denne måten reduseres skjærkraften i wiren, men situasjonen vil likevel gi en skjærkraft som må tas opp i forankringen. Dette kan trolig løses ved bruk av foringsrør. Det er ikke angitt forventet skjærkraft på fundament basert på skredlastene. Denne vil avhenge av hvilken vinkel stag installeres med i forhold til forventet lastretning og kan eventuelt reduseres ved å øke antall forankringspunkter.

Konseptet angir 9 rader med nett, mens foreløpig vurdering pr. januar 2021 viser 14 nett. Last på nett avhenger iht. Geobrudd i stor grad av hastighet for skredmassene. Det antas derfor at lastene er redusert for situasjonen med 14 nett i forhold til opprinnelige 9 nett.

Det er ikke oppgitt antatt lastpåvirkning fra skred på ledevoll.

## 6. Geoteknisk vurdering

### 6.1 Eksisterende ledevoll

Som del av konsept med nett som sikring mot sørpeskred er det forutsatt at eksisterende ledevoll langs Vannledningsdalen skal bestå. Det er ikke utført grunnundersøkelser i vollkonstruksjonen, men det er antatt at den er bygget av stedlige elvemasser, rasmasser og morene fra Vannledningsdalen. Elva renner i foten av vollen og det er ikke etablert noen form for erosjonssikring. Dette medfører noe utvasking fra tid til annen og dermed også et vedlikeholdsbehov.

Det antas at det ikke er utført stabilitetsberegninger av vollen i forbindelse med etableringen og at den i dag står med helning omtrent lik rasvinkel.

En evt. skredlast fra sørpeskred utløst mellom skrednettene vil treffe vollen i nordvestlig retning, langs eller på tvers av vollen, forventet på strekningen ca. profil 680-780. Vollen har på denne strekningen betydelig høyere terreng på lesiden enn støtsiden. Det er i tillegg god plass bak vollen dersom det skulle være behov for utbedring for å kunne ivareta skredlasten.

Det vil løpet av våren bli installert 2 termistorer i vollen som grunnlag for eventuelle stabilitetsberegninger i detaljprosjekteringen. I videre detaljering av tiltakene bør det gjøres en stabilitetsberegning for situasjon med skredlast. Det antas at vollen bør erosjonssikres.

Området bak vollen bør i delplanen settes av med et formål som ved behov tillater fylling og utslaking av terrenget.

### 6.2 Nettkonstruksjoner

Nettkonstruksjonene er skissert av Geobrudd i deres konseptstudie (Geobrudd AG, 2020), samt gjengitt i Figur 4 til Figur 6. Iht. konseptrapporten skal fundament og konstruksjon konstrueres slik at fundament og forankring er sterkere enn konstruksjonen over terreng. På den måten vil evt. skade oppstå på synlig del av konstruksjonen, som det er relativt enkelt å følge opp og kontrollere som del av driftsfasen.

Last på fundamentene vil variere ut fra situasjonen. Det forventes at fundamentene kan påvirkes av last fra følgende påkjenninger:

- Skredlast
- Sig i snø
- Jordsig
- Frostjekking
- Erosjon

I en ideell situasjon burde konstruksjonen utformes slik at fundamentene kun får strekk- og trykkrefter. Imidlertid vil det være vanskelig å finne en løsning som ikke for enkelte situasjoner også medfører skjærkraft eller moment på fundamentene.

Geobrudd foreslår å benytte fleksible selvborende anker som har mulighet for noe bevegelse (bøying) og likevel beholde sin kapasitet. Dette gjelder for strekkanker langs nettet og vil medføre at staget tilpasser seg retning av påført last, og at andel skjærkraft dermed reduseres i den fleksible delen. Geobrudd foreslår 2 ulike alternativer for fleksibel løsning, «Geobrudd Spiral Rope Anchor» eller «Geobrudd Flex head», Figur 5.

For «Geobrudd Flex head» er det i illustrasjonen til Geobrudd angitt at ytre ca. 27-37 cm av borehullet støpes ut. Dette vurderes som en lite egnet løsning da betongen i dette område vil kunne bidra til både økt frostjekking og påvirkning fra jordsig.

Geobrudd angir at løsning med fleksibelt stag vil redusere skjærkraft i staget. Imidlertid er vi av den oppfatning at skjærkraften da må tas opp i fundamentet i bakken istedenfor i wiren ute i dagen. Dette kan løses ved bruk av foringsrør. Størrelse og godstykkelse på rør må tilpasses kreftene og forventet variasjon i lastretning. Dekomponering av strekklast på 350 kN vil selv ved små vinkler gi en relativt stor skjærpåkjenning for foringsrøret, og det bør etterstrebes en løsning som gir minst mulig behov for variasjon i vinkel på lasten. *For situasjonen med 350 kN og bøyning på 30 grader vil lasten på foringsrøret trolig medføre at vi kommer opp i en rørdimensjon som er større enn hva som er praktisk gjennomførbart med en «spidermaskin» ell. (> Ø120 mm). Dette gjelder for stag som plasseres i område med løsmasse.*

I fundament for stolpene til nettet vil det oppstå last fra skred som kan tas opp i kombinasjon mellom trykkstag og strekkanker. Geobrudd foreslår at dette forankres i et betongfundament, som vist i Figur 6. I skisserte løsning vil betongfundamentene plasseres både nede i elvebunnen og opp langs sidene. Skisserte løsning har en foreløpig størrelse på betongfundament på 1,5\*1,5\*1,5 m.

I skissert løsning i konseptrapporten er det tatt utgangspunkt i en dimensjonerende heftfasthet mellom berg og mørtel på 0,5 MPa, samt videre benyttet en faktor på 2,0 for usikkerhet vedrørende grunnforholdene. Beregningene er derfor utført med heftfasthet  $0,5 \text{ MPa} / 2 = 0,25 \text{ MPa}$ .

### 6.2.1 Grunnforhold og plassering

I konsept fra Geobrudd er det skissert 9 nett fordelt jevnt opp dalen til platået i Vannledningsdalen, profil ca. 700-1900. I videre arbeider i forprosjekt er det utført ytterligere vurderinger som pr. nå viser behov for ca. 14 nett iht. markering på vedlagte tegninger.

Laster fra jordsig og jekking er bare reelt for fundament som etableres i områder med løsmasser. Erfaringsmessig kan dette være dimensjonerende, da jordsiget medfører en skjærkraft på del av stag nærmest terreng.

Løsmassemektighet vil også være avgjørende for nødvendig dimensjon på foringsrør for å ivareta evt. skjærlast fra skredhendelse.

I videre detaljering bør derfor plassering av hvert enkelt nett optimaliseres ved å plassere de i områder med minst mulig løsmasse.

Med tanke på drift av sikringsløsning bør også endelig plassering av nettene tilpasses slik at de står minst mulig utsatt til for løsmasser som sklir ned fra sideterreng i dalen.

### 6.2.2 Jordsig

Deler av fundamentene skal etableres i hellende terreng og det må derfor i områder med løsmasse tas hensyn til krefter fra jordsig på fundament. Lastpåvirkning fra jordsig vil generelt øke med fundamentets tverrsnitt. For stag kan det være aktuelt å øke dimensjon og godstykkelse på foringsrøret for å øke kapasiteten til å ta opp skjærkraften jordsiget medfører.

En relativt stor betongkloss kan medføre stort jordsig mot siden av fundamentet. For betongfundament i dalsidene bør det, ved stor løsmassetykkelse, vurderes om det finnes alternativ løsning for fundament som er mer egnet. Ved flere stag og peler forankret inn i betongklossen vil samvirke mellom betong, peler og stag bidra til større kapasitet til å ta opp jordsig. Supplering med strekkstag fra betongfundament for å ta opp jordsig kan også være en mulighet. Når endelig plassering er klar må det gjøres en kontroll av jordsig og kapasitet i fundamentet til å ta opp kreftene. Det bør da også vurderes om det er alternative utførelser som er mer egnet.

### 6.2.3 Frostjekking

Stag eller foringsrør fundamentert i løsmasse og permafrost kan bli utsatt for frostjekking som følger av tine- og fryseprosessen i det aktive laget. Det må utføres en kontroll av kapasitet mot frostjekking i både strekk og trykkstag. Frostjekkingen vil bidra med et strekk i de aktuelle fundamentene. Økt forankringslengde vil bedre kapasiteten for å ta opp disse kreftene.

### 6.2.4 Stagforankring

Strekk- og trykkstag forankres i godt berg i dybde som ikke vil tine løpet av konstruksjonens levetid.

Geobrudd har i sitt konsept tatt utgangspunkt i en last på forankringen på 350 kN (strekk), en heftfasthet lik  $0,5 \text{ MPa} / 2 = 0,25 \text{ MPa}$ , samt en borehulldiameter på  $\varnothing 70 \text{ mm}$ . Dette gir

en forankringslengde på 6,4 m. For å ta høyde for evt. skade og påvirkning for ytre del, har de lagt til grunn staglengde for forankring på 7,5 m.

Vi vurderer det generelt ikke aktuelt å forankre i ytre del av grunnen som forventes å kunne tåle i løpet av konstruksjonens levetid. På forprosjektnivå vurderer vi at forankring kan skje fra ca. 3 m dybde. Denne dybden må revurderes i videre detaljering når retning av stag er kjent, samt når temperaturforholdene for termistor i Vannledningsdalen er bedre kjent. Løsmassemekktighet og bergartskvalitet skal vurderes i hvert enkelt stagpunkt, og start på forankringszone skal vurderes ut fra påtruffet bergmassekvalitet.

Stagforankring må beregnes basert på endelige laster og heftfasthet vurdert ut fra utførte prøvetrekking. Overordnet beregning utført av Rambøll for situasjon med last på 350 kN viser at nødvendig forankringslengde er rundt 3,0 m for situasjon med Ø70 mm borehull. Beregningen er utført med heftfasthet mellom berg og mørtel på 1 MPa. Heft mellom berg og mørtel er dimensjonerende for denne situasjonen. Det er tatt utgangspunkt i at avstand mellom stag er >2,0 m for forankringsdybde.

Basert på ovennevnte vurderinger og beregninger synes staglengde fra terreng på rundt 7-8 m realistisk.

Dersom det påtreffes kullsoner, is eller svake bergartslag (slepper/svakhetssoner) må stagene bores gjennom dette, og videre til total innfestingslengde er som angitt. Mekktighet av is, kullsoner eller svakere bergartslag skal ikke inngå i innfestingslengden.

#### 6.2.5 Erosjon

Evt. fundamenter som er ømfintlig for erosjon må erosjonssikres. Det antas mer egnet å finne en robust løsning for fundament som ikke medfører at noe erosjon vurderes som kritisk.

#### 6.3 Drift, vedlikehold og muligheter for utbedring

Det vil være behov for vedlikehold av konstruksjonene. I den forbindelse er det vurdert om det er gjennomførbart å etablere en anleggsveg opp Vannledningsdalen, for å gi adkomst til drift og vedlikehold. En eventuell veg vil måtte legges opp ovenfor nett og tilhørende forankring, i den stort sett (svært) bratte fjellsiden på en av dalsidene. For å etablere en slik veg vil det måtte etableres betydelige skjæringer i både oppsprukket berg og løsmasse. Skjæringene vil medføre degradering av permafrost og det vil ikke være plass nok til å kunne etablere de med stabil vinkel. Vår konklusjon er at det innen rimelighetens grenser ikke kan etableres en slik veg. Det er derfor antatt at alle vedlikeholdsarbeider må utføres ved tiltransport med helikopter, evt bygging av snøveg.

#### 6.4 Utførelse

Tiltakets gjennomførbarhet skal vurderes i forprosjektfase. I dette prosjektet er ikke fundamenteringsløsning endelig detaljert. I detaljprosjektering må det tas hensyn til at det er krevende anleggsforhold og at prosjektert løsning skal være gjennomførbar anleggsteknisk.

Fundamentering av nettløsning mot sørpeskred vurderes med foreliggende grunnlag gjennomførbart. Det bør gjøres en kontroll av dimensjoner og plassering så snart last på fundament foreligger.



Det er forventet at tiltaket havner i CC2/CC3 iht. EC0. Det vil i så fall være krav til kontroll av utførelse. Det skal utarbeides en plan for kontroll utførelse som skal kontrolleres av geotekniker/ ingeniørgeolog.

## **7. Konklusjon og videre arbeider**

Fundamentering av nettløsning mot sørpeskred vurderes med foreliggende grunnlag gjennomførbart. Det bør gjøres en kontroll av dimensjoner og plassering så snart last på fundament foreligger.

Med tanke på forankring og skjærkraft i foringsrør, bør det etterstrebes en løsning som gir minst mulig variasjon i vinkel fra skredlast på fundament.

I videre detaljering bør plassering av hvert enkelt nett optimaliseres ved å plassere de i områder med minst mulig løsmasse.

For betongfundament som plasseres i dalsidene bør det, ved stor løsmassetykkelse, vurderes om det finnes alternativ løsning for fundament som er mer egnet.

Prinsipp per i dag inneholder en svært stor mengde stag, det må etter at endelig plassering av fundamentene er klar, kontrolleres for eventuell kollisjon mellom stagene.

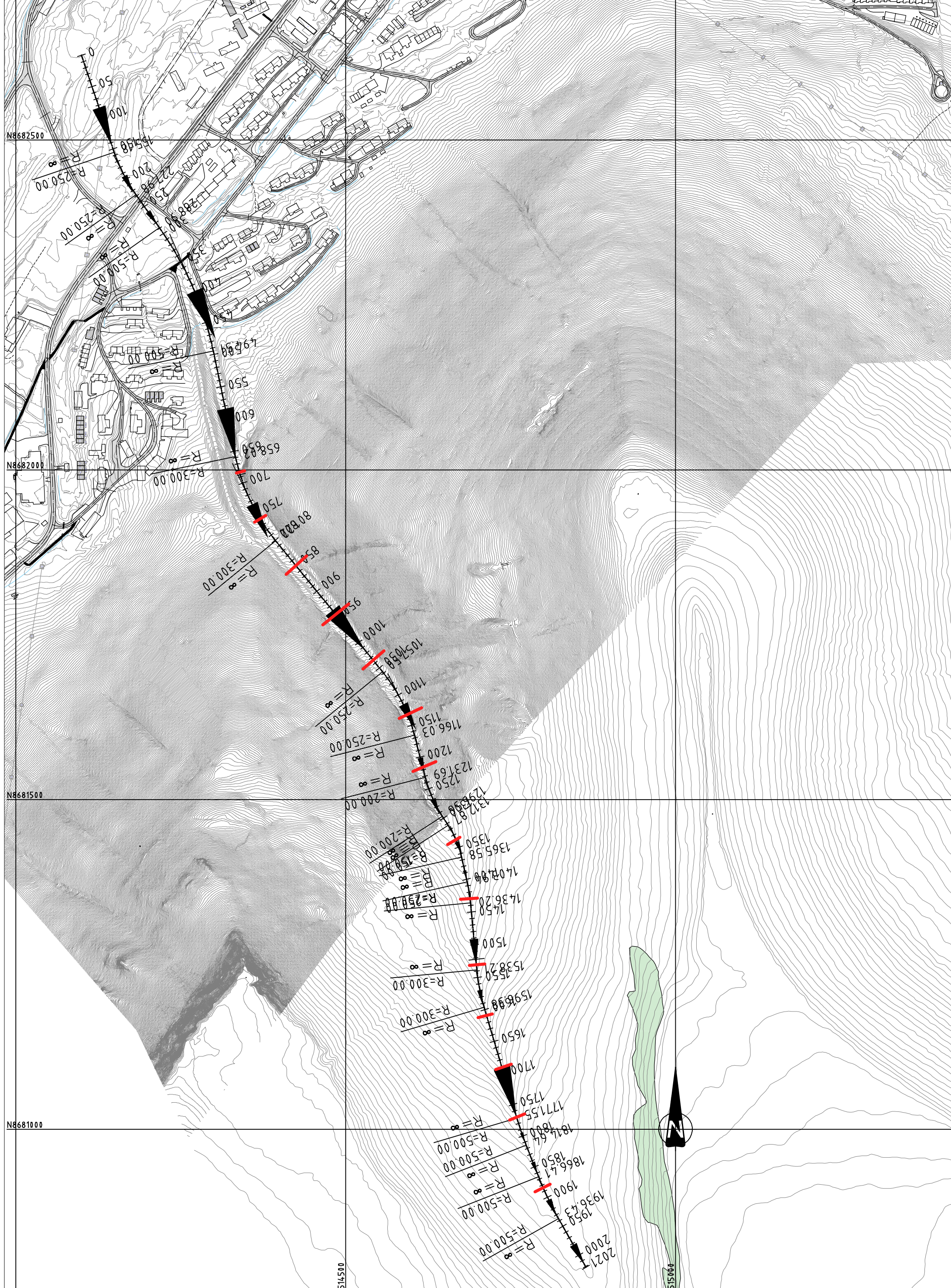
Med tanke på drift av sikringsløsning bør også endelig plassering av nettene tilpasses slik at de står minst mulig utsatt til for løsmasser som sklir ned fra sideterreng i dalen.

## 8. Referanser

- Andersland, O.B., Ladanyi B. (2004). *Frozen Ground Engineering*.
- DS Entreprenør AS. (2021). *Report for drilling, injecting and testing/pulling anchor in Vannledningsdalen, Longyearbyen, October-December 2020*.
- Geobrugg AG. (2020). *Conceptual study: Slush-flow nets in Vannledningsdalen valley, Longyearbyen, Svalbard, Norway*.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E., Hisdal, H., Mayer, S., Sandø, A., & Sorteberg, A. (2019). *Climate in Svalbard 2100 – a knowledge base for climate adaptation*. Miljødirektoratet.
- I.Hanssen-Bauer, E. H. (2019). *Climate in Svalbard 2100*.
- Meteorologisk institutt. (2020). *eKlima*. Retrieved from [www.eklima.no](http://www.eklima.no)
- Miljødirektoratet. (2012-2013). *Meld. St. 33, Klimatilpasning i Norge*.
- Miljøovervåkning Svalbard og Jan Mayen. (2021). Retrieved from <http://www.mosj.no/>
- Multiconsult AS. (2016). *NVE Rapport 91-2016 Skredfarekartlegging i utvalgte områder på Svalbard*.
- NGI. (1995). *524030 Permafrost. Målinger Longyearbyen sommeren 1995*.
- NGI. (1995). *950080-1 Elvesletta, Longyearbyen. Grunnundersøkelser*.
- Norsk Polarinstitutt. (2020). Retrieved from Svalbardkartet:  
<https://geokart.npolar.no/Html5Viewer/index.html?viewer=Svalbardkartet>
- Norsk Polarinstitutt. (2020). *Berggrunnskart Svalbard*. Retrieved from  
<https://www.npolar.no/kart/#toggle-id-14>
- Norsk Polarinstitutt. (2021). *Topo Svalbard*. Retrieved from <https://toposvalbard.npolar.no/>
- NVE Region nord. (2018). *201706702-17 Konseptstudie. Sikringstiltak Sukkertoppen og Vannledningsdalen*.
- Rambøll Norge AS. (2018). *G-not-002 1350029372 Oppsummering fra prøvegraving og befarings*.
- Rambøll Norge AS. (2019). *G-rap-001 1350029372 Datarapport Vannledningsdalen*.
- Rambøll Norge AS. (2020). *G-not-012 1350029372 Befaring Vannledningsdalen*.
- SINTEF Byggforsk. (2017). *2017:00815 Skredsikring i Longyearbyen. Grunnundersøkelser i Lia ovenfor Hilmar Rekstens vei*.
- Skred AS. (2018). *18241-02-1 Forprosjektering av sikringstiltak, fase 1 – sikringskonsepter oresentert i faktaark*.
- Skred AS. (2018). *18241-03-4 Forprosjekt av sikringstiltak - Fase B2*.
- Statens vegvesen. (2018). *Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging*. Vegdirektoratet.

## Tegninger

- |           |                                    |
|-----------|------------------------------------|
| 1401      | Oversiktskart                      |
| 1402-1406 | Situasjonsplaner Vannledningsdalen |



00	01.03.2021								
REV.	DATO	ENDRING	SYBE	MBP	MBP	TEGN	KONTR	GODKJ	
TEGNINGSSTATUS									

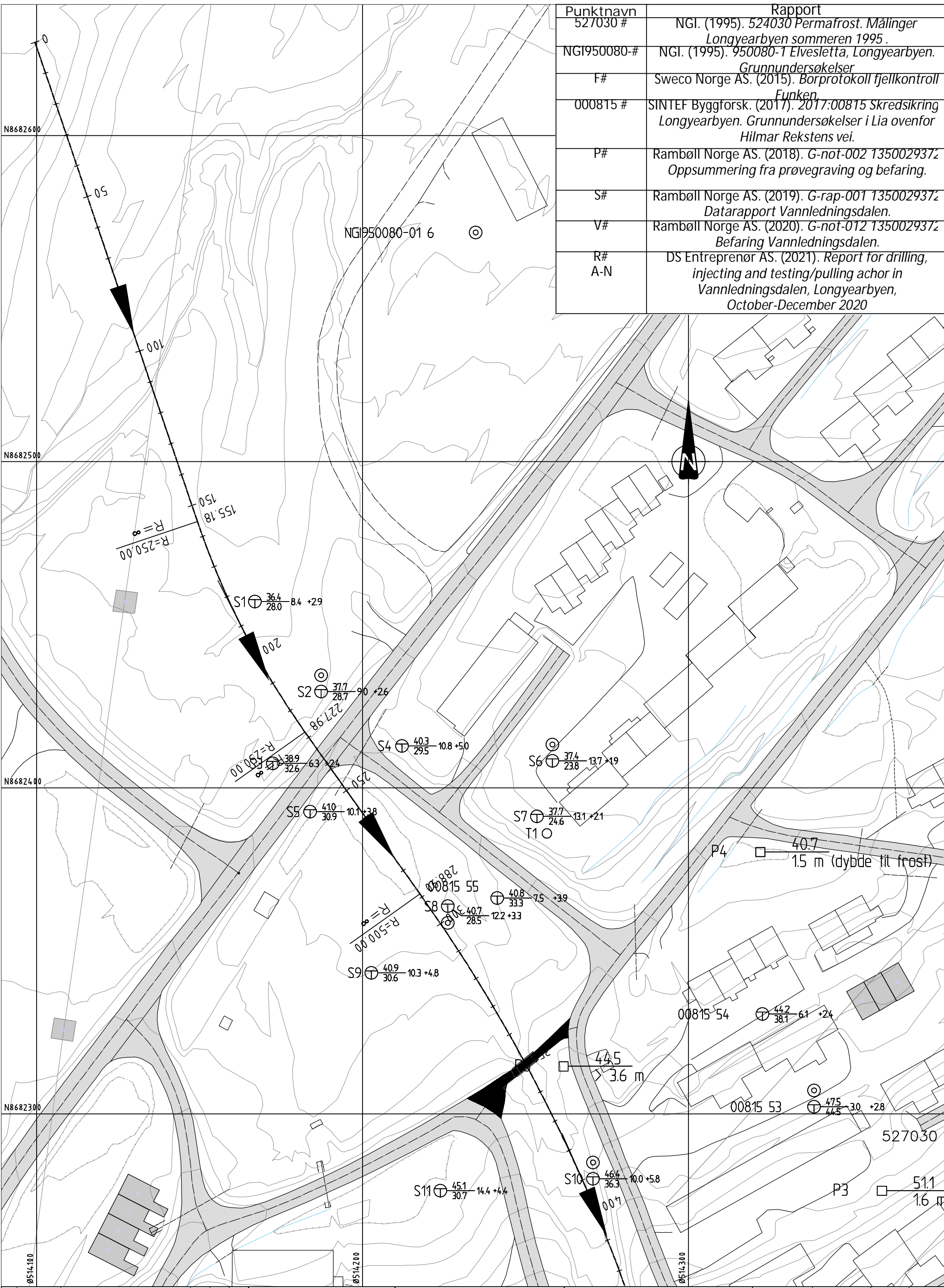
**RAMBOLL**  
 Ramboll Norge AS  
 P.b. 9420 Torgarden  
 7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00  
 www.ramboll.no

OPPDAG  
**Skredsikring Sukkertoppen**  
 OPPDRAGSGIVER  
**NVE Region Nord**

INNHOOLD  
**OVERSIKTSKART**  
 - Nettplassering pr januar 2021  
 UTM33X EUREF89

OPPDAG NR. 1350029372	MÅLESTOKK 1:5000 (A3)	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 1401			REV. 0

Punktnavn	Rapport
527030 #	NGI. (1995). 524030 Permafrost. Målinger Longyearbyen sommeren 1995.
NGI950080-#	NGI. (1995). 950080-1 Elvesletta, Longyearbyen. Grunnundersøkelser
F#	Sweco Norge AS. (2015). Borprotokoll fjellkontroll Funken
000815 #	SINTEF Byggforsk. (2017). 2017:00815 Skredsikring Longyearbyen. Grunnundersøkelser i Lia ovenfor Hilmar Rekstens vei.
P#	Rambøll Norge AS. (2018). G-not-002 135002937z Oppsummering fra prøvegraving og befaring.
S#	Rambøll Norge AS. (2019). G-rap-001 135002937z Datarapport Vannledningsdalen.
V#	Rambøll Norge AS. (2020). G-not-012 135002937z Befaring Vannledningsdalen.
R# A-N	DS Entreprenør AS. (2021). Report for drilling, injecting and testing/pulling anchor in Vannledningsdalen, Longyearbyen, October-December 2020



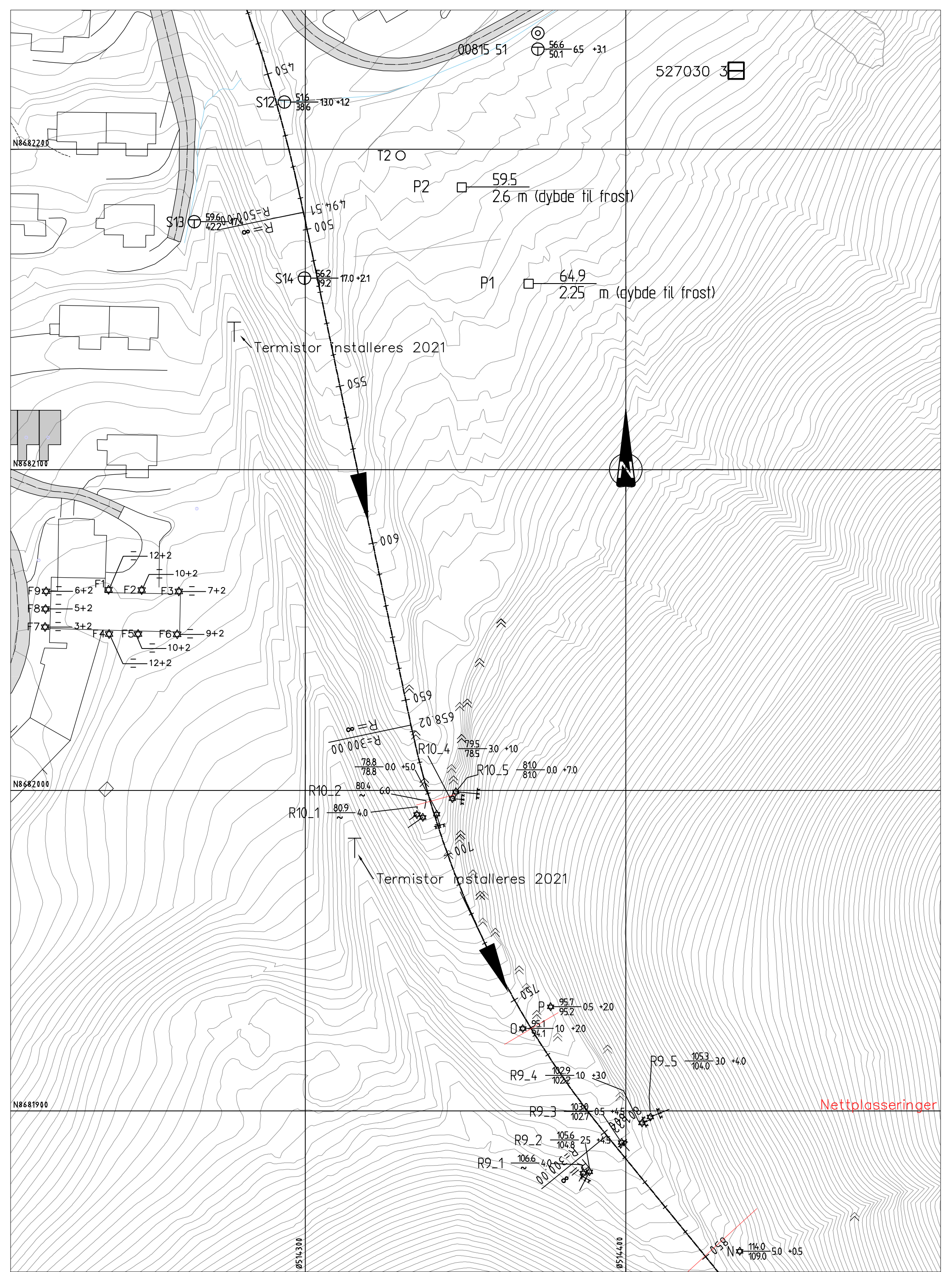
00	01.03.2021		SYBE	MBP	MBP
REV.	DATE	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

**RAMBOLL**  
 Rambøll Norge AS  
 P.b. 9420 Torgarden  
 7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00  
 www.ramboll.no

OPPDRAG  
**Skredsikring Sukkertoppen**  
 OPPDRAGSGIVER  
**NVE Region Nord**

INNHOLD  
**SITUASJONSPLAN**  
 ⊕ Totalsondering  
 ⊙ Prøvetaking  
 □ Prøvegraving  
 T Termistor  
 ⚡ Bergkontroll  
 ⚡ Berg i dagen

OPPDRAG NR. 1350029372	MÅLESTOKK 1:1000 (A3)	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 1402		RE 0	



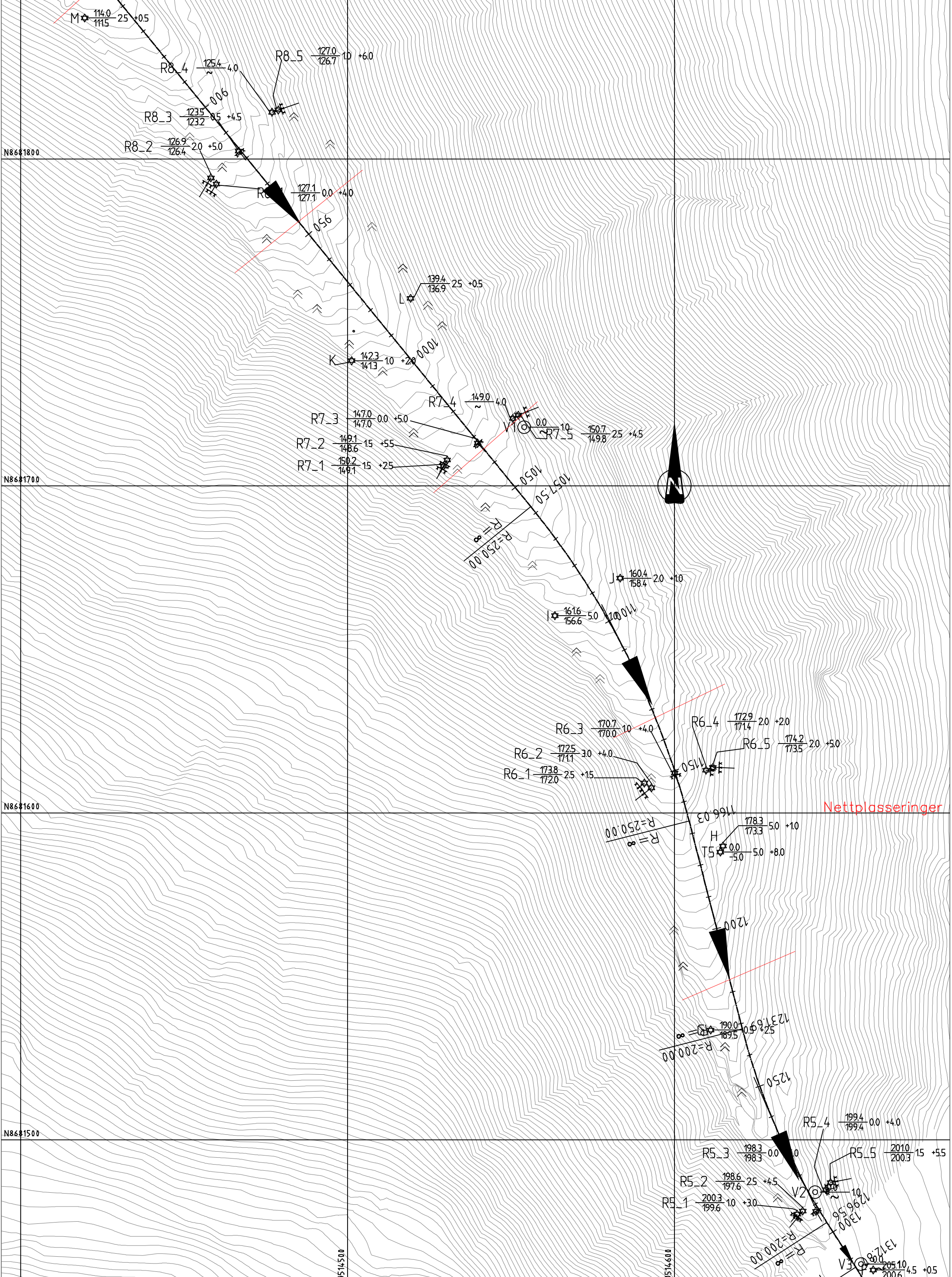
00	01.03.2021								
REV	DATO	ENDRING	SYBE	MBP	MBP	TEGN	KONTR	GODKJ	
TEGNINGSSTATUS									

**RAMBOLL**  
 Ramboll Norge AS  
 P.b. 9420 Torgarden  
 7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00  
 www.ramboll.no

OPPDRA  
**Skredsikring Sukkertoppen**  
 OPPDRAGSGIVER  
**NVE Region Nord**

INNHO  
**SITUASJONSPLAN**  
 ⊕ Totalsondring  
 ⊙ Prøvetaking  
 □ Prøvegraving  
 T Termistor  
 ⋄ Bergkontroll  
 ⋈ Berg i dagen

OPPDRA NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
1350029372	1:1000 (A3)	01	01
TEGNING NR.			RE
1403			0



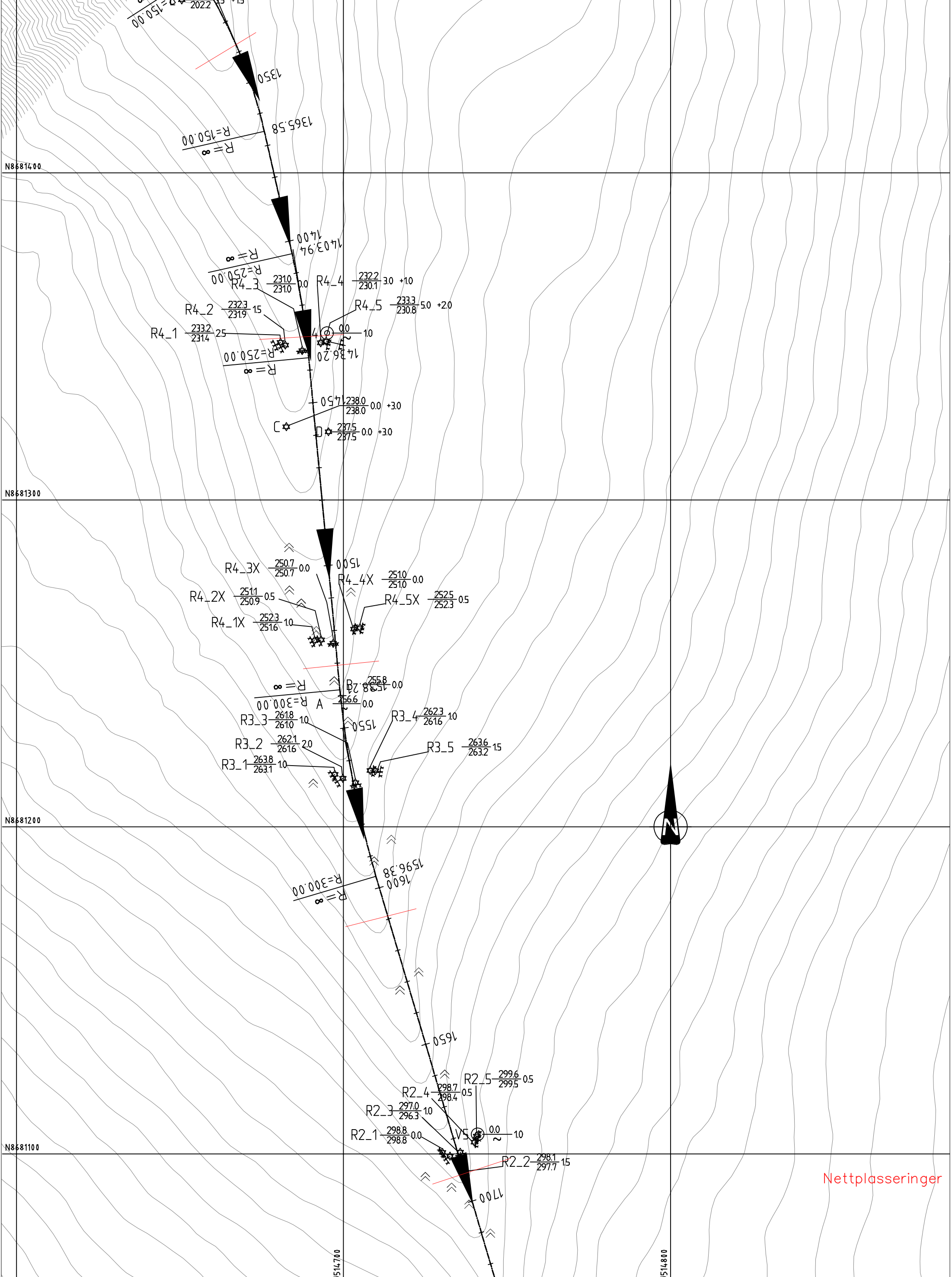
00	01.03.2021		SYBE	MBP	MBP
REV	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

**RAMBOLL**  
 Ramboll Norge AS  
 P.b. 9420 Torgarden  
 7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00  
 www.ramboll.no

OPPDRAG  
**Skredsikring Sukkertoppen**  
 OPPDRAGSGIVER  
**NVE Region Nord**

INNHOOLD  
**SITUASJONSPLAN**  
 ⊕ Totalsondering  
 ⊙ Prøvetaking  
 □ Prøvegraving  
 T Termistor  
 ⚡ Bergkontroll  
 ⚡ Berg i dagen

OPPDRAG NR. 1350029372	MÅLESTOKK 1:1000 (A3)	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 1404	RE 0



Nettplasseringer

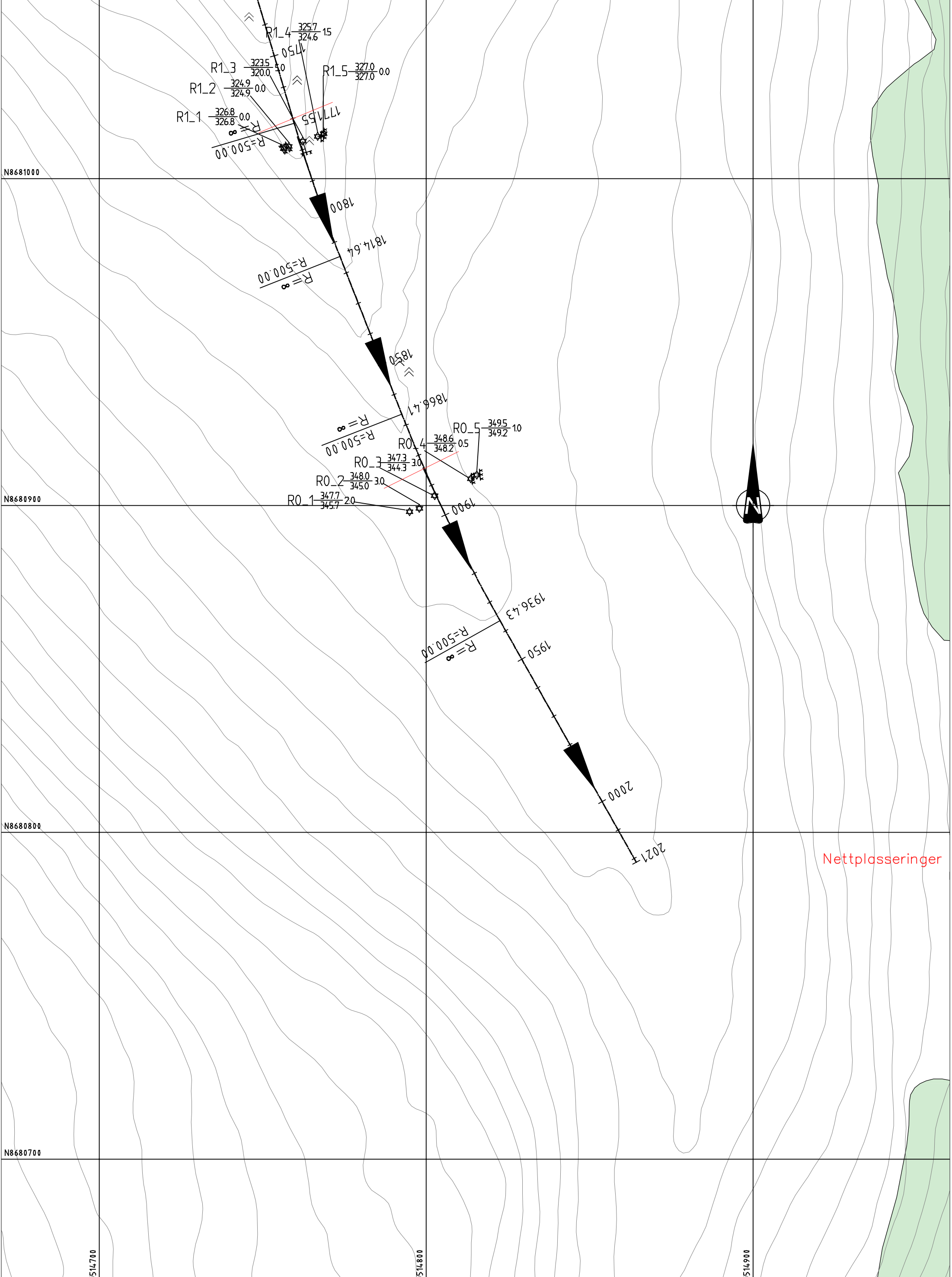
00	01.03.2021								
REV	DATO	ENDRING	SYBE	MBP	MBP	TEGN	KONTR	GODKJ	
TEGNINGSSTATUS									

**RAMBOLL**  
 Ramboll Norge AS  
 P.b. 9420 Torgarden  
 7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00  
 www.ramboll.no

OPPDRAG  
**Skredsikring Sukkertoppen**  
 OPPDRAGSGIVER  
**NVE Region Nord**

INNHOOLD  
**SITUASJONSPLAN**  
 ⊕ Totalsondering  
 ⊙ Prøvetaking  
 □ Prøvegraving  
 T Termistor  
 ⚡ Bergkontroll  
 ⋈ Berg i dagen

OPPDRAG NR. 1350029372	MÅLESTOKK 1:1000 (A3)	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 1405		RE 0	



Nettplasseringer

00	01.03.2021		SYBE	MBP	MBP
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSTATUS					

**RAMBOLL**  
 Ramboll Norge AS  
 P.b. 9420 Torgarden  
 7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00  
 www.ramboll.no

OPPDAG  
**Skredsikring Sukkertoppen**  
 OPPDRAGSGIVER  
**NVE Region Nord**

- INNHOOLD  
**SITUASJONSPLAN**
- ⊕ Totalsondring
  - ⊙ Prøvetaking
  - Prøvegraving
  - T Termistor
  - ⊗ Bergkontroll
  - ∧ Berg i dagen

OPPDAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
1350029372	1:1000 (A3)	01	01
TEGNING NR.			RE
1406			0