

Oppdragsgiver: Flakk Gruppen AS
Oppdragsnavn: Sula Gondol
Oppdragsnummer: 634101-01
Utarbeidet av: August Fiskum Ness
Oppdragsleder: Leif Egil Friestad
Dato: 01.11.2021
Tilgjengelighet: Åpent

Notat Georadarmålinger på Sulafjellet

Innhold

Notat Georadarmålinger på Sulafjellet.....	1
1. Innledning	3
2. Metode og gjennomføring	4
3. Om det undersøkte området.....	5
3.1. Områdebeskrivelse.....	5
3.2. Løsmasser og berggrunn	6
4. Resultater	7
4.1. Toppstasjon.....	7
4.2. Fundament 20	12
4.3. Fundament 17	13
4.4. Mellomstasjon	14
4.5. Fundament 9 og 10	21
5. Konklusjon.....	22

Versjonslogg:

01	Dato	Nytt dokument	AFN	REF
VER.	DATO	BESKRIVELSE	AV	KS

Sammendrag

Asplan Viak er engasjert av Flakk Gruppen AS for å gjøre en ingeniørgeologisk kartlegging av topp-, mellomstasjon og fundamentplasseringer for Sula gondol. På Sulafjellet er det totalt blitt utført 18 georadarprofil fordelt på fem områder for kartlegging av grunnforhold mtp. utarbeidelsen av reguleringsplan for Sula gondol.

Georadar viste seg å ha en varierende egnethet i området. På toppstasjonen og enkelte av fundamentene gir ikke georadar entydige svar. Ved mellomstasjonen fikk man kartlagt utbredelsen av myr og bergoverflaten med høy detaljeringsgrad.

Ved toppstasjonen er det ikke funnet noe berg i dagen, hverken under befarings eller av tilgjengelige foto og flyfoto. Området er kartlagt av NGU som et tykt morenedekke. Georadarkartleggingen ga ingen entydige svar i dette området, da det er flere overganger og laggrenser som ses i profilene. En mulig tolkning av radarprofilene er 1-3 meter med morene over 2-3 meter med forvitret berg over mer fast fjell, men for sikker tolkning av radarprofilene bør de korreleres mot enten totalsonderinger eller sjakting.

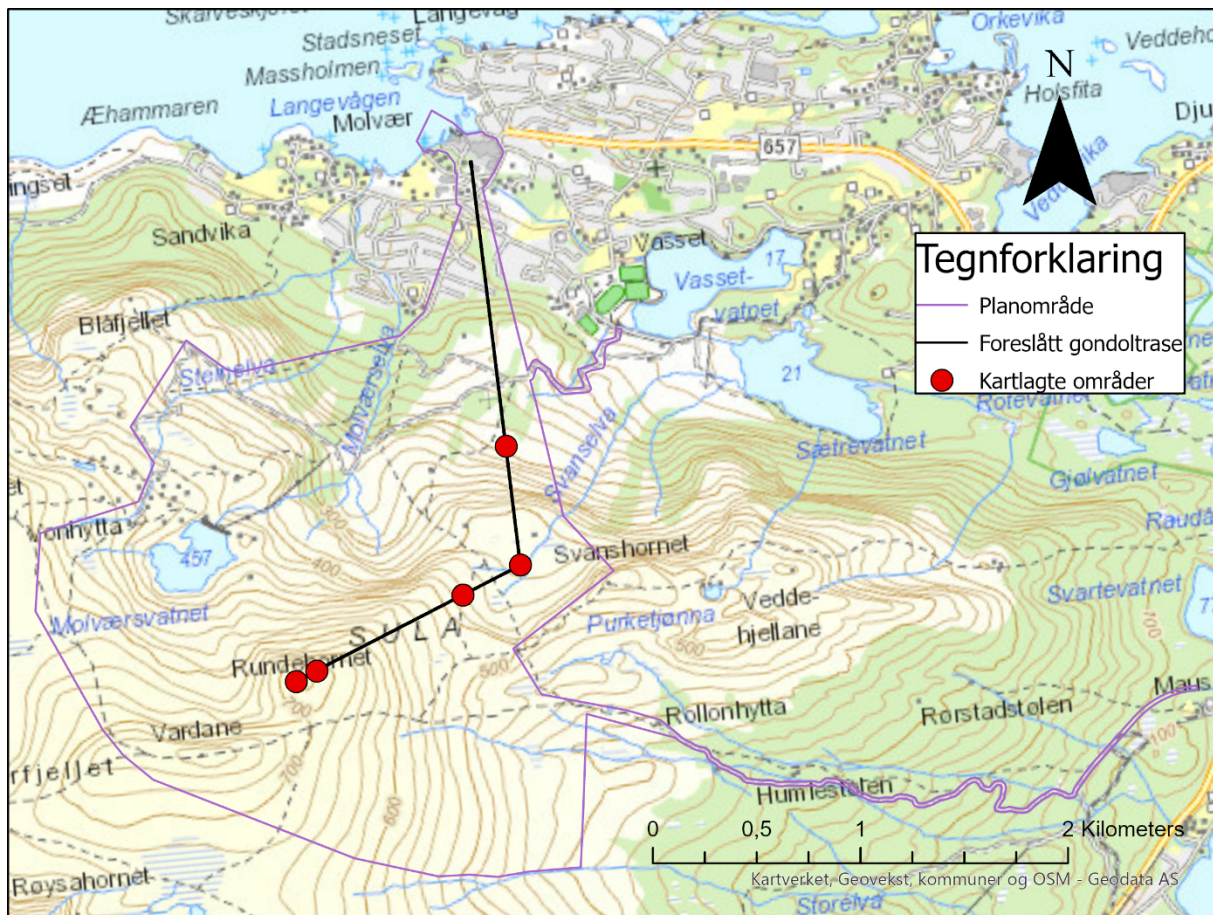
Ved fundament 20 og 17 er det tolket en marginal løsmassemekthet. Plassering av fundament 20 er eksponert da den ligger i bratt hellende terreng, og fjellet i dette området antas å være forvitret. Ved fundament 17 kan en se berg i dagen og plassering av fundamenter virker å være bra.

Ved mellomstasjonen fikk en kartlagt utbredelsen og dybden av myr godt. Det er to myrdrag som går øst-vest i området som blir avskilt av en fjellrygg. Det største dypet av myr finnes nord-vest for mellomstasjonen med en myrddybde mellom 2-2,5 meter.

Ved fundament 10 og 9 ble det ikke påvist berg, og boniteringsstang stopper i maks 70 cm i faste masser. Georadarprofilen indikerer mellom 2-4 meter med rasur/morene over fjell. Plasseringen av disse fundamentene må vurderes opp mot skredfare.

1. Innledning

Asplan Viak er blitt engasjert av Flakk Gruppen AS for å gjennomføre en ingeniørgeologisk kartlegging av fundamentplasseringer og plassering av topp og mellomstasjon i utarbeidelsen av reguleringsplanen til Sula gondol i Sula kommune. Dette inkluderer sonderinger med boniteringstang og bruk av georadar for å kartlegge dybde til berg. I dette notatet gis en oppsummering av kartleggingen som ble utført med georadar. Kartet nedenfor viser det aktuelle planområdet og hvor det er blitt kartlagt med georadar. Det er blitt utført georadarprofil ved tiltenkt toppstasjon, fundament 20, fundament 17, mellomstasjon og fundament 9 og 10.



1-1 Oversiktskart over planområdet for Sula gondol, foreslått gondoltrase og kartlagte områder med georadar.

2. Metode og gjennomføring

Georadar er et geofysisk måleinstrument som sender elektromagnetiske bølger ned i bakken. Bølgene reflekteres i bakken når de møter en kontrast i elektromagnetiske parametere, hvor de deretter mottas og registreres i en antenneenhet. Refleksjonene viser lagdeling og strukturer i grunnen, og metoden gir blant annet indikasjoner på løsmassetykkelse, løsmassetype og dyp til grunnvannsspeil. En sikrere tolkning av georadarmålingene krever boringer eller sjakter for å kunne relatere refleksjonsmønsteret på georadarprofilene til dokumenterte løsmasseprofil. Målingenes dybderekkevidde/penetrasjon er avhengig av flere faktorer:

- Løsmassetype. Finkornige løsmasser gir dårligere penetrasjon sammenlignet med grove sedimenter.
- Den elektriske ledningsevnen i grunnvannet og løsmassene. Høy elektrisk ledningsevne som kan skyldes hardt grunnvann, høyt innhold av ioner/salter, marint påvirket grunnvann (saltvann) eller forurensset grunnvann (gjødsel, kloakk, sigevann) gir dårligere penetrasjon.
- Overflateforhold. Hardt pakke de løsmasser (vei), aurdellelag/jernutfelling, gjødsling av dyrket mark og veisaltning er eksempler på overflateforhold som gir redusert penetrasjon.

Georadarmålingene gir ikke sikker påvisning av dybden til fjell, men de gir et godt grunnlag for å velge ut områder for mer detaljerte undersøkelser i form av boringer. Metoden er spesielt egnet mht. å finne størst mektighet av permeable sedimenter (sand/grus) eller myr innenfor et område, noe som ofte kan medføre vesentlig mindre behov for prøveboringer. **All geofysikk skal i realiteten verifiseres med enten boringer eller sjakter.**

For å kartlegge forholdene på Sulafjellet er det til sammen gått 18 georadarprofiler fordelt på 5 områder (totalt 1275 meter). Det er benyttet 100 MHz RTA-antenne (Rough Terrain Antenna), for å oppnå maksimalt penetrasjonsdyp samtidig som man får detaljert nok informasjon om løsmassestrukturer og geologisk lagdeling. Dette er også den mest hensiktsmessige antennen for frakt og praktisk bruk til fjells. Under kartleggingen er det benyttet en sampling frekvens på 1560 MHz og et tidsvindu på 361 ns.

Alle målingene er blitt filtrert og prosessert for å forsterke signal-støy forholdet. Dette er blitt utført i programvaren ReflexW 2D dataanalysis. Dybden som georadarmålingene viser, er et resultat av bølgehastigheten som benyttes i programvaren. I det aktuelle

området er det blitt benyttet 50 m/ μ s og 90 m/ μ s. Dette er et gjennomsnitt av tabulerte verdier for bølgehastighet i hhv. myr og morene. Disse hastighetene gir erfaringsmessig omtrent korrekt dyp, men for sikker tolkning av dyp til grenseflater bør hastigheten korrigeres mot boringer. Det er ikke foretatt høydekorreksjon av profilene. Terrengoverflaten opptrer på grunn av dette som flat, og profilene viser meter under terreng og ikke meter over havet.



2-1 Bilde tatt fra kartleggingen med georadar på toppen av Rundehornet

3. Om det undersøkte området

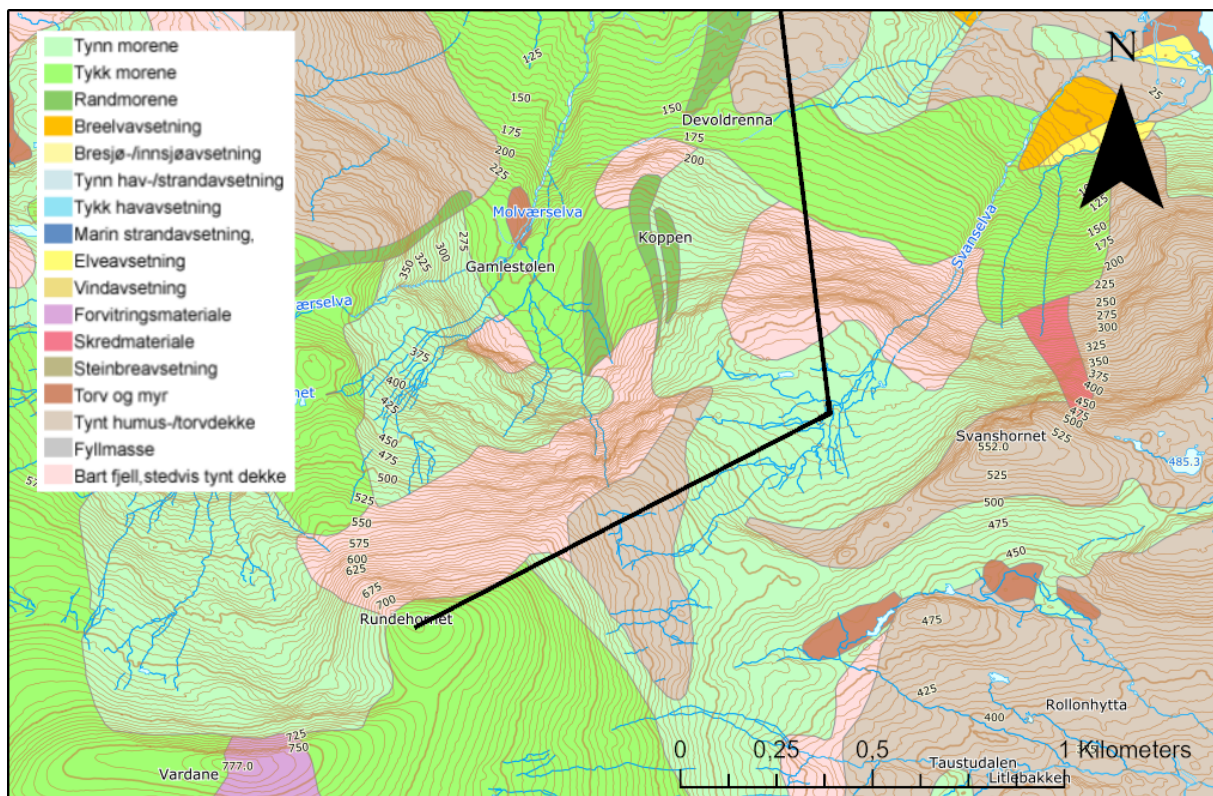
3.1. Områdebeskrivelse

Området som skal vurderes fremgår av figur 1-1, og inkluderer et større areal fra Langevåg opp mot Rundehornet (725 moh.) i Sula kommune. Gondoltraseen starter ved Devoldfabrikken i Langevåg, og følger en rett linje til et flatt område nedenfor Svanshornet hvor det er planlagt en mellomstasjon. Fra mellomstasjonen endrer gondoltraseen retning, og går i rett linje mot Rundehornet. I gondoltraseen varierer områdene alt fra høyfjell, myrterreng, skogsområder til bebyggelse.

3.2. Løsmasser og berggrunn

Rundehornet og gondoltraseen er dekket av berggrunnskart i 1:50 000 skala. Ifølge berggrunnskartet til NGU består berggrunnen rundt kartleggingsområdet av gneis. Tegnforklaringen til kart i skala 1:250 000 gir en ytterligere beskrivelse av bergarten; «Granittisk ortogneis med bånd eller striper, noen steder migmatittisk gneis med diorittisk til granittisk samansetting, noen steder øyegneis.». Under befaring ble flere blotninger av øyegneis observert.

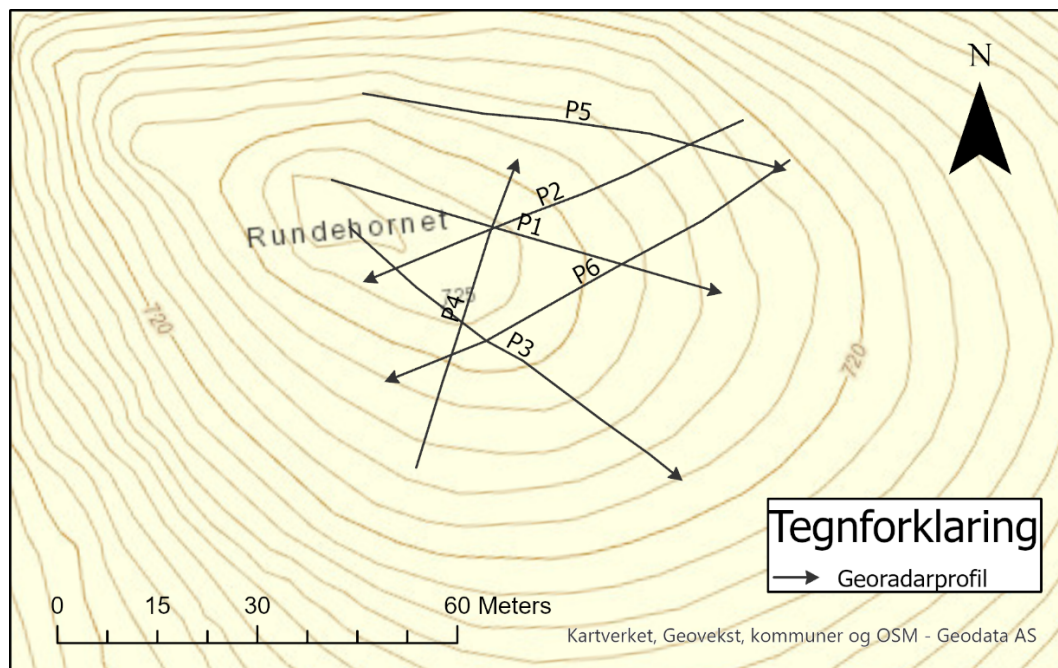
Ifølge NGU sitt løsmassekart (se figur 3-1) er det primært morenemasser av ulik mektighet innenfor kartleggingsområdet. På Rundehornet finner man ifølge NGU tykke morenemasser, og ved mellomstasjonen er det blitt kartlagt tynne morenemasser. Av flyfoto kan også enkelte myrdrag identifiseres ved mellomstasjonen. I tillegg til dette er nord og nordøstsiden av Rundehornet angitt som bart fjell og et areal øst på Rundehornet angitt som tynt humus-/torvdekke (i praksis bart fjell).



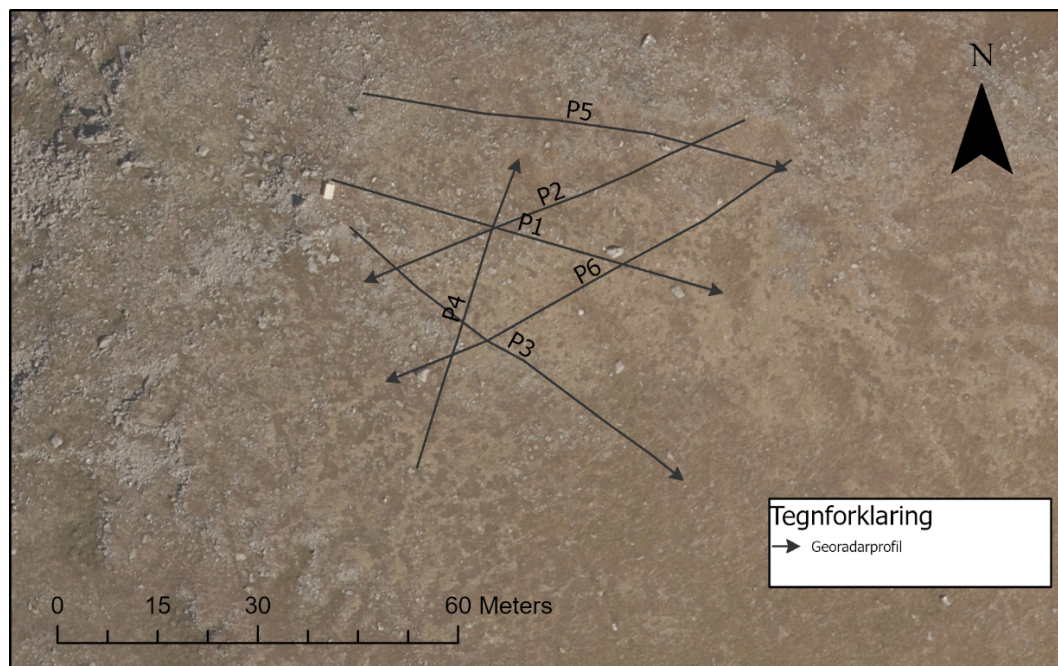
3-1 Løsmassekart over kartleggingsområdet og den foreslåtte gondoltraseen.

4. Resultater

4.1. Toppstasjon



4-1 Oversiktskart av utførte georadarprofil ved toppen av Rundehornet

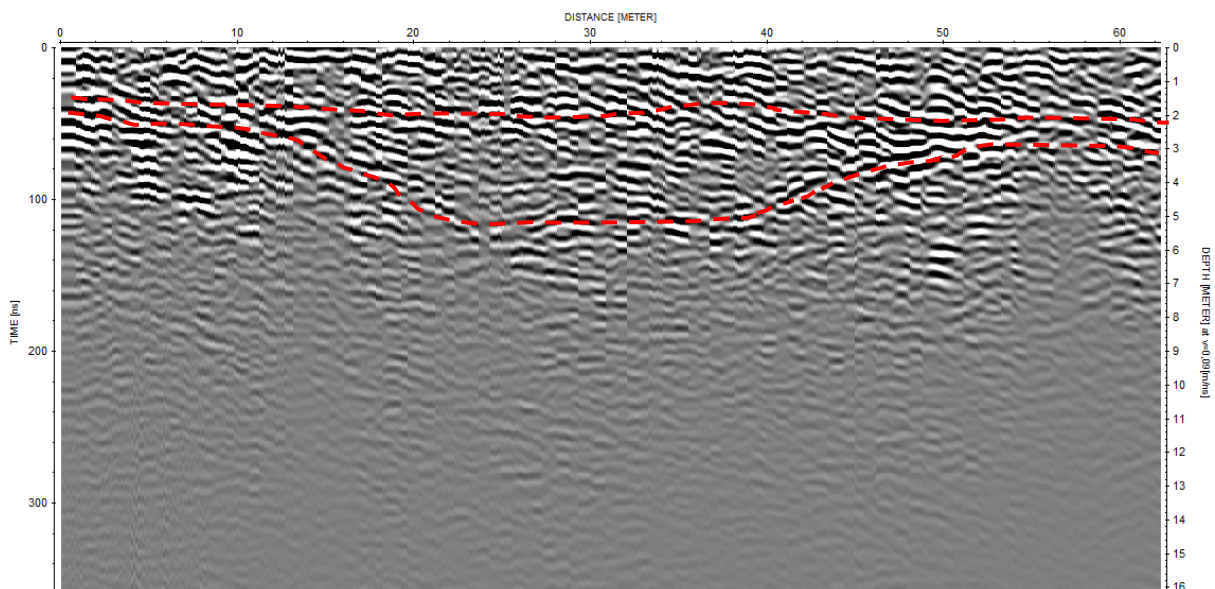


4-2 Flyfoto som viser utførte georadarprofil. Det er ikke mulig å skimte bergoverflaten på noen av profilene.

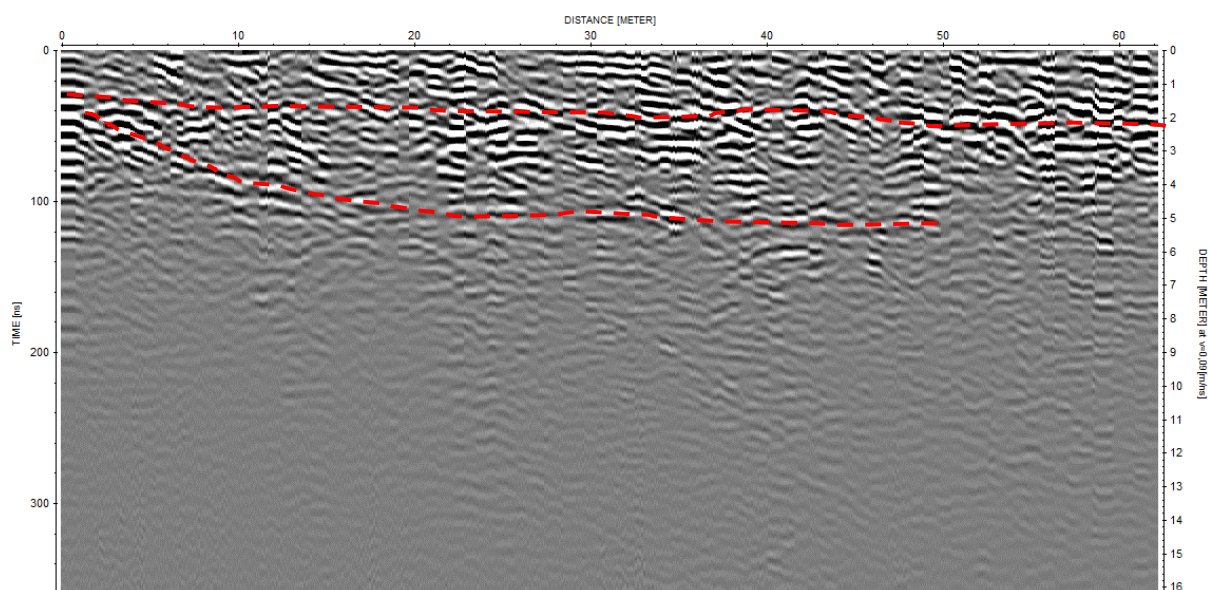
I figurene over vises hvor georadarprofilene på toppen av Rundehornet er blitt utført. Under befaring og kartlegging var området snødekt, og det var derfor ikke mulig å identifisere noe berg i dagen. Av flyfoto (se figur 4-2) kan en heller ikke identifisere noen tydelige bergblotninger, og må dermed anta at det trolig er et sammenhengende morenedekke av varierende tykkelse over bergflaten der toppstasjonen er foreslått plassert.

Å skille mellom morene, forvitret fjell og oppsprukket fjell er vanskelig med georadar, fordi ofte kan disse forskjellige geologiske materialene ha ganske lik vannmetning, som er komponenten som styrer de elektromagnetiske parameterne i størst grad. På grunn av dette gir dessverre ikke georadarprofilene entydige svar på disse laggrensene. I profilene som følger under kan flere mulige grenser/overganger mellom geologiske materialer tolkes. Den øverste kan være overgangen fra morene til fjell, den nedenfor kan vise grense mellom mer forvitret fjell og fast fjell, eller så kan refleksjonene vise refleksjoner fra gjennomgående vannførende sprekker i bergmassen. Det kreves borer for å knytte refleksjonene til en spesifikk laggrense. Om fjellet ligger under 1 meter under terreng er det vanskelig å identifisere dette med 100 MHz-antenne.

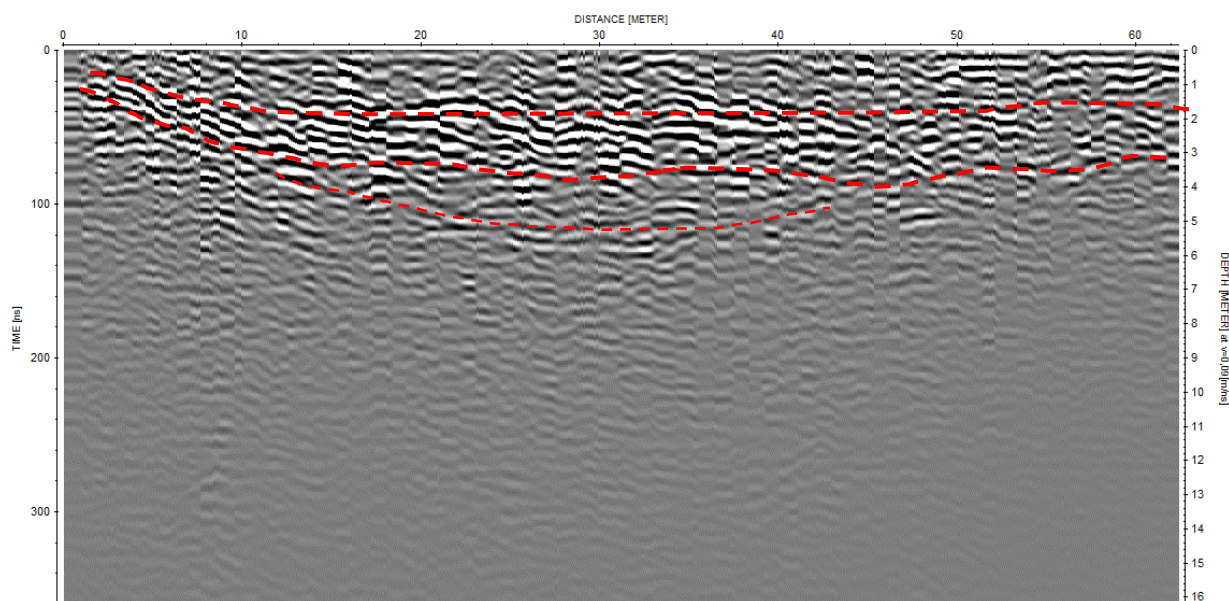
Nedenfor vises georadarprofilene i kronologisk rekkefølge med inntegning av to tydelige refleksjonsflater som kan være overgang mellom morene, forvitret fjell og fastere fjell. Hastigheten som er benyttet på profilene er 90 m/μs, for korrekte dybder til grenseflater er det sikreste alternativet å korrelere bølgehastigheten mot borer.



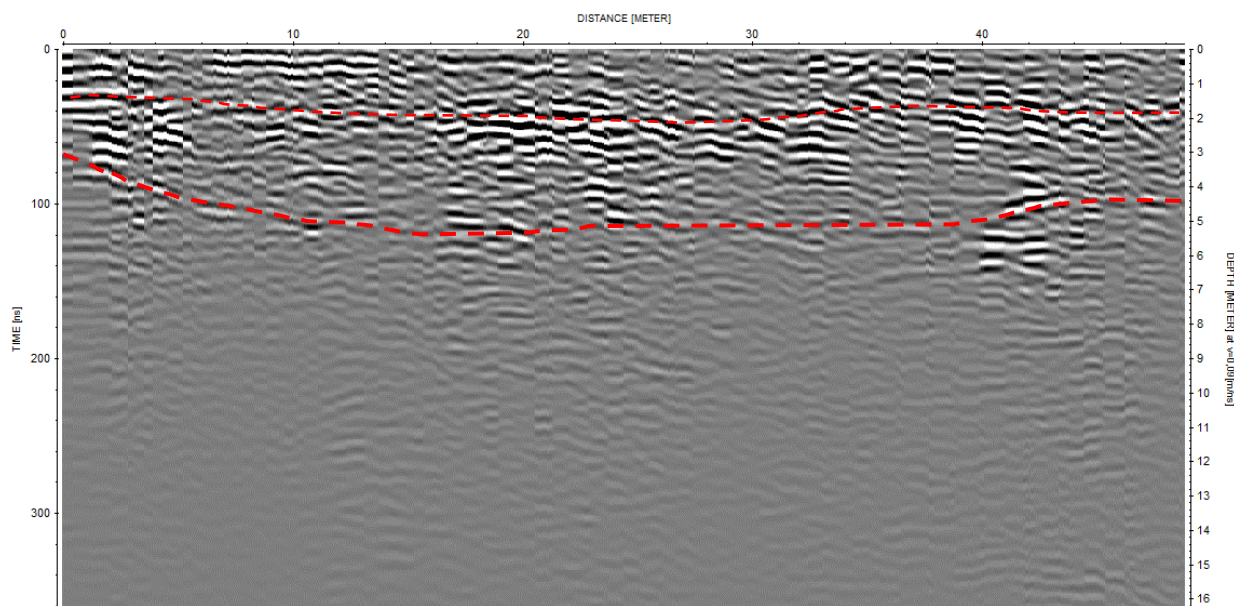
4-3. Georadarprofil 1 gått fra benk på toppen og via midtpunktet av toppstasjonen. Viser en kontinuerlig refleksjon omtrent 2 meter under terreng, og en sterk refleksjon som dukker dypere ned i terrenget omtrent 10 meter ut i profilet, og kommer opp igjen mot slutten.



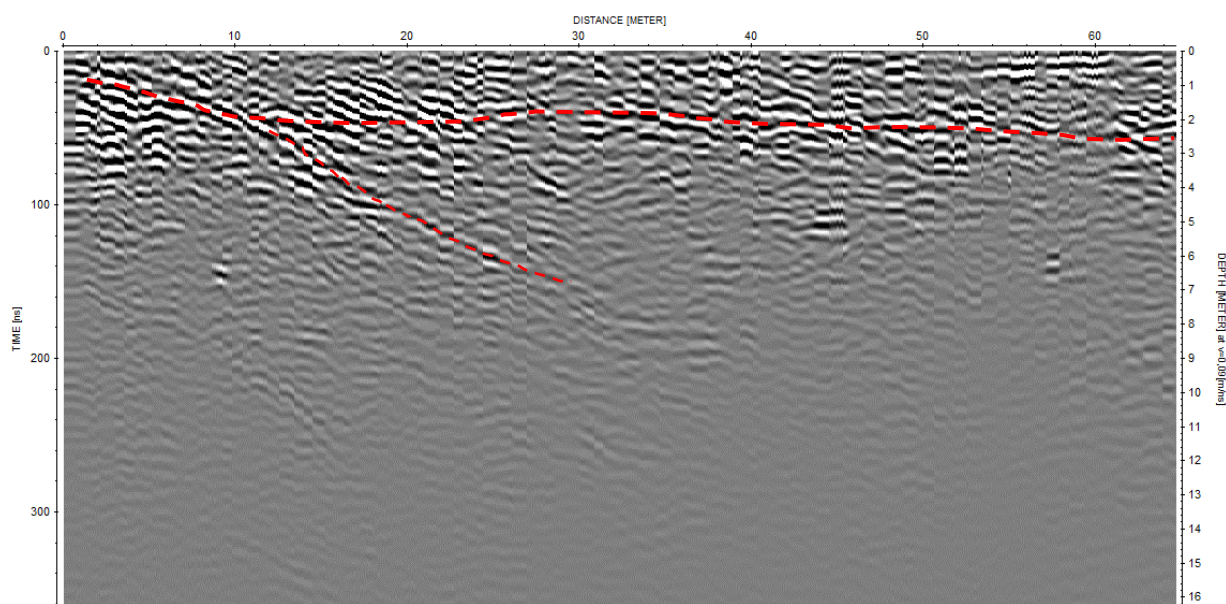
4-4 Georadarprofil 2 som er gått fra fundament 21 mot midtpunktet av toppstasjonen. Viser en kontinuerlig refleksjon mellom 1-2 meter under terreng, og en annen refleksjon som dukker ned i terrenget i starten av profilet, som blir vanskelig å spore omtrent 50 meter ut i profilet.



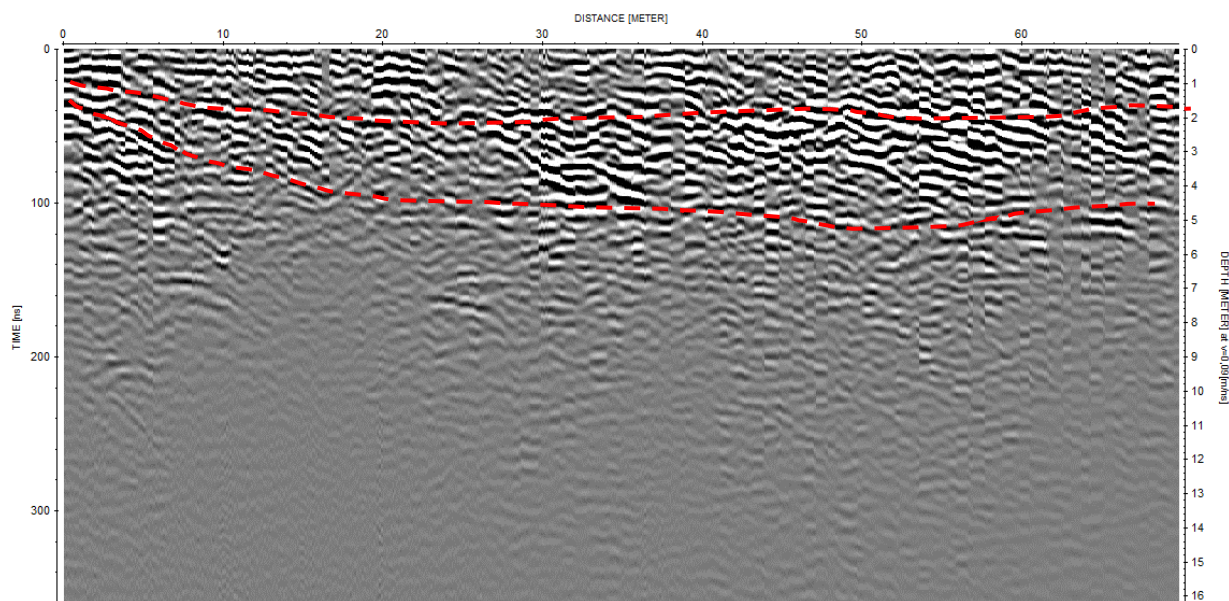
4-5 Georadarprofil 3 som er gått fra toppvarden av Rundehornet og sør-østover. Viser trolig fjell grunnere enn 1 meter under terreng i starten av profilet. I profilet kan to til tre overganger ses, en ved omtrent 2 meter, en ved omtrent 3 meter og en som strekker seg ned til 4-5 meter under terreng.



4-6 Georadarprofil 4 som er utført nordover mot midtpunktet av toppstasjonen. Viser en kontinuerlig refleksjon omtrent 2 meter under terreng og en svakere, men kontinuerlig, refleksjon 4-5 meter under terreng.



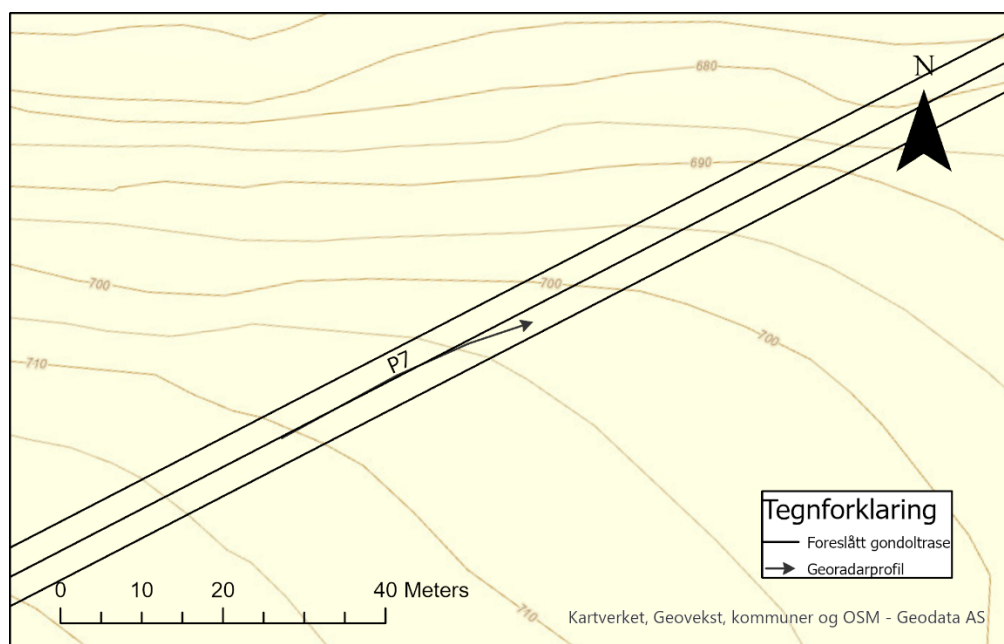
4-7 Georadarprofil 5 som er det nordligste utførte profilet nærmest fjellsida av Rundehornet. Profilet viser trolig fjellrefleksjon grunnere enn 1 meter under terreng i begynnelsen av profilet, og omtrent 2 meter under terreng i enden av profilet. Viser også en refleksjon som går skrått nedover omtrent 15 meter ut i profilet.



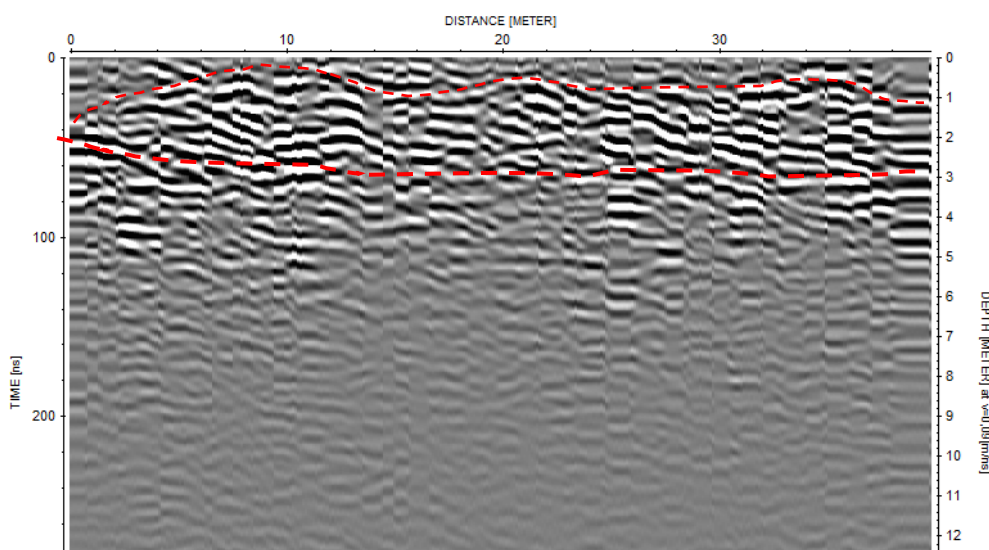
4-8 Georadarprofil 6 gått sør-vestover gjennom toppstasjonsområdet. Profilet viser også to tydelige refleksjoner, en ved 2 meter under terreng og en som går ned til omtrent 4-5 meter under terreng.

Georadarkartleggingen utført på toppen av Rundehornet gir ingen entydige svar av grunnforholdene. Det er vanskelig å si fra georadar hva som er morene, forvitret fjell og oppsprukket fjell, men har man borer er det lettere å knytte refleksjonene mot borer for å få en mer tre-dimensjonal forståelse av grunnforholdene. Rent praktisk vil ikke dybden til fjell ha stor betydning for prosjektet, da morenen på Rundehornet antas uansett å være solid byggegrunn.

4.2. Fundament 20



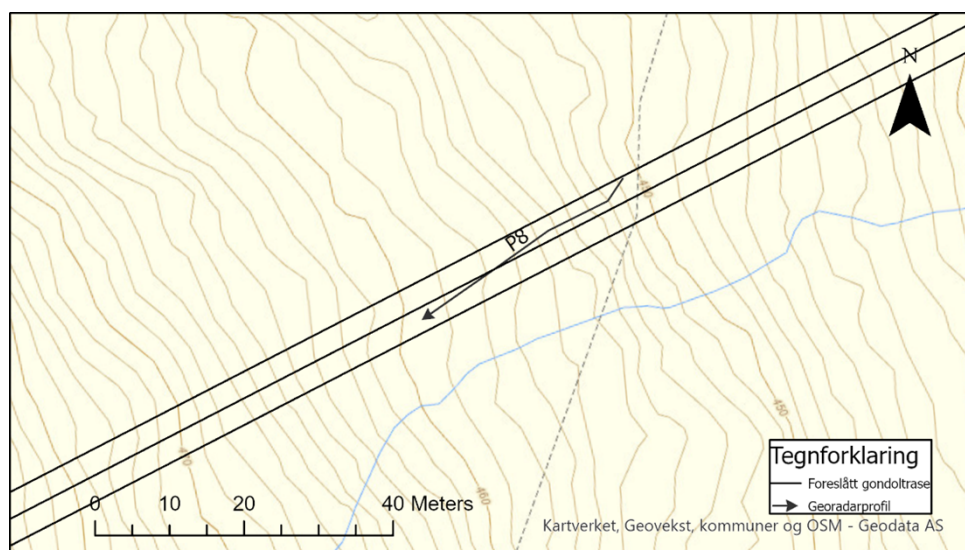
4-9 Plassering av georadarprofil 7 som ble utført ved plassering av fundament 20.



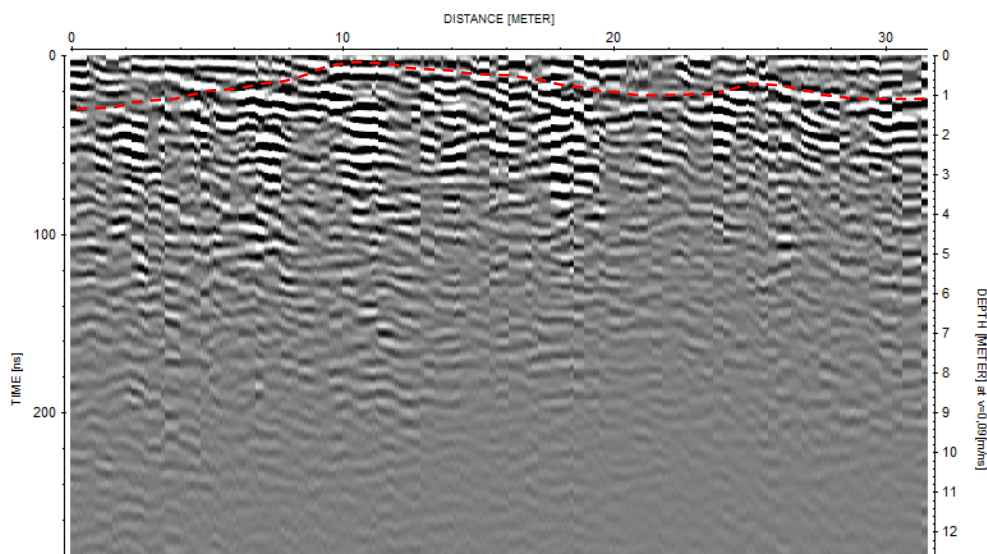
4-10 Georadarprofil 7 utført ved fundament 20. Viser en grunn refleksjon <1 meter under terreng og en annen overgang ved omtrent 3 meter.

Ved fundament 20 ble det utført et georadarprofil samt stukket med boniteringsstang ved flere punkt. Med stanga kom en maks 50 cm ned, og det er uvisst om det var stopp i morenemasser eller fjell. Fundamentet er plassert nært fjellkanten og i bratt terreng. Den samlede vurderingen etter kartleggingen med georadar og bonitering er at det er kort til oppsprukket eller forvitra berg, men at plasseringen av fundamentet er ganske eksponert.

4.3. Fundament 17



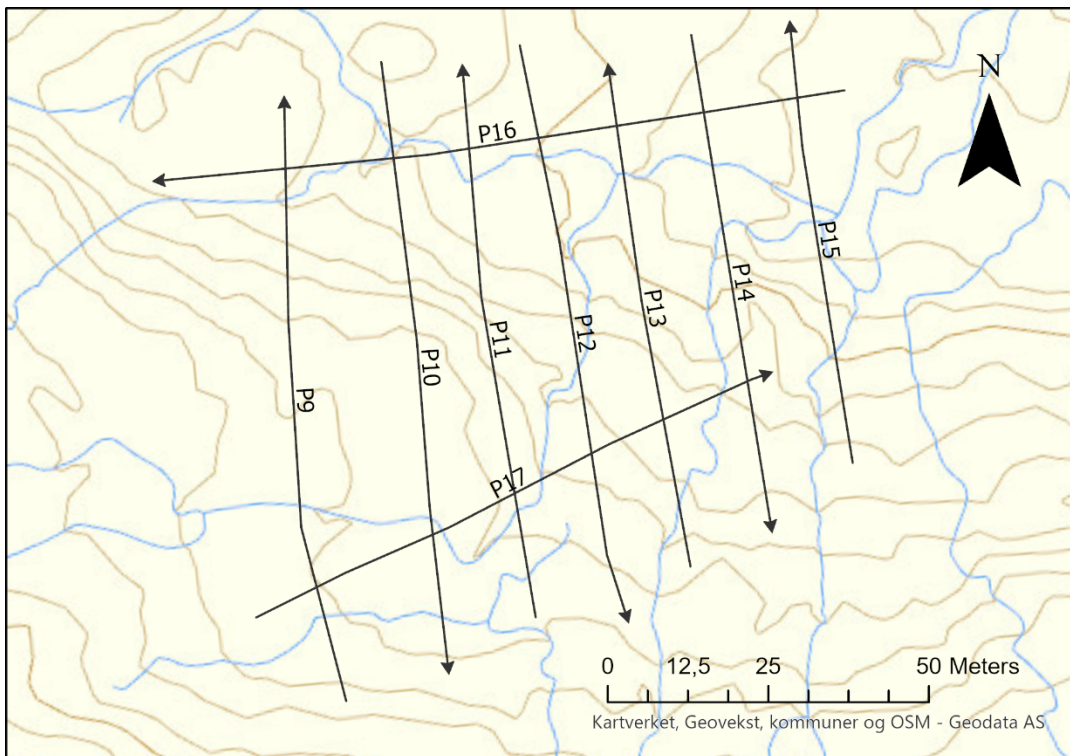
4-11 Profil 8 som ble utført der fundament 17 skal plasseres.



4-12 Profil 8 som viser en grunn fjellrefleksjon trolig 0-1 meter under terreng.

Georadarprofil 8 ble utført ved fundament 17, i et område som er kartlagt som tynt morenedekke. Omtrent 10 meter ut i profilet kan en se berg i dagen, og med boniteringsstanga kommer en ned omtrent 50 cm på det meste. Fra georadarprofilet kan en dermed trekke linje som viser antatt fjelloverflate 0-1 meter under terreng.

4.4. Mellomstasjon

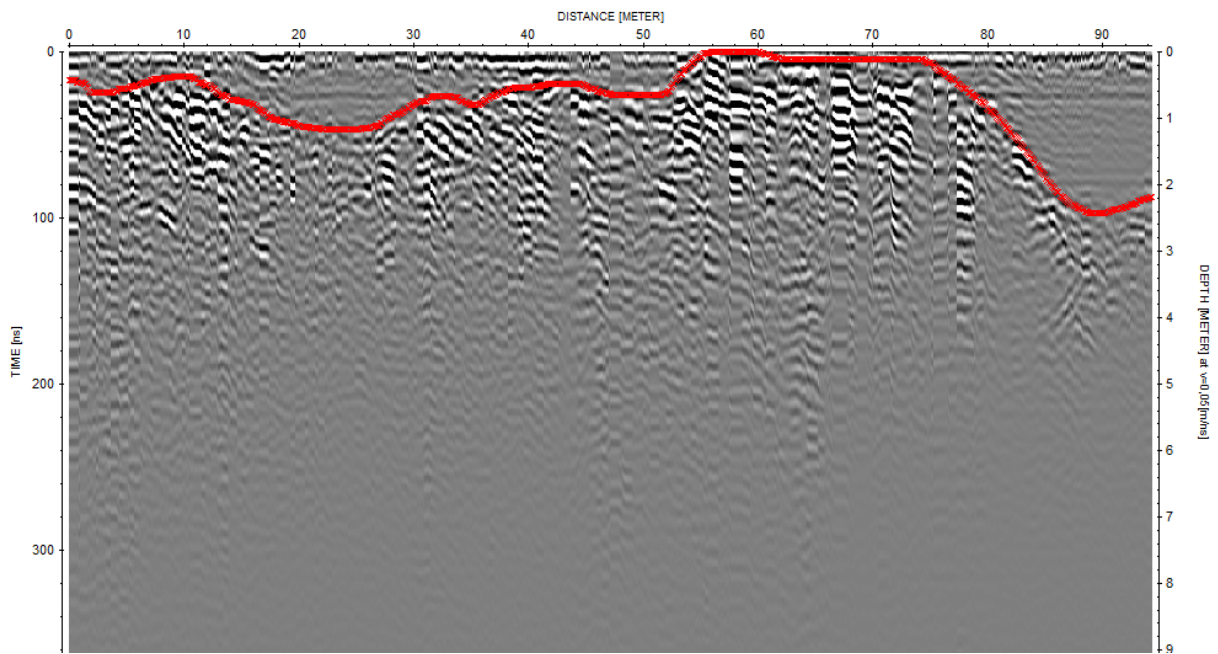


4-13 Oversiktskart over utførte georadarprofil ved mellomstasjonen

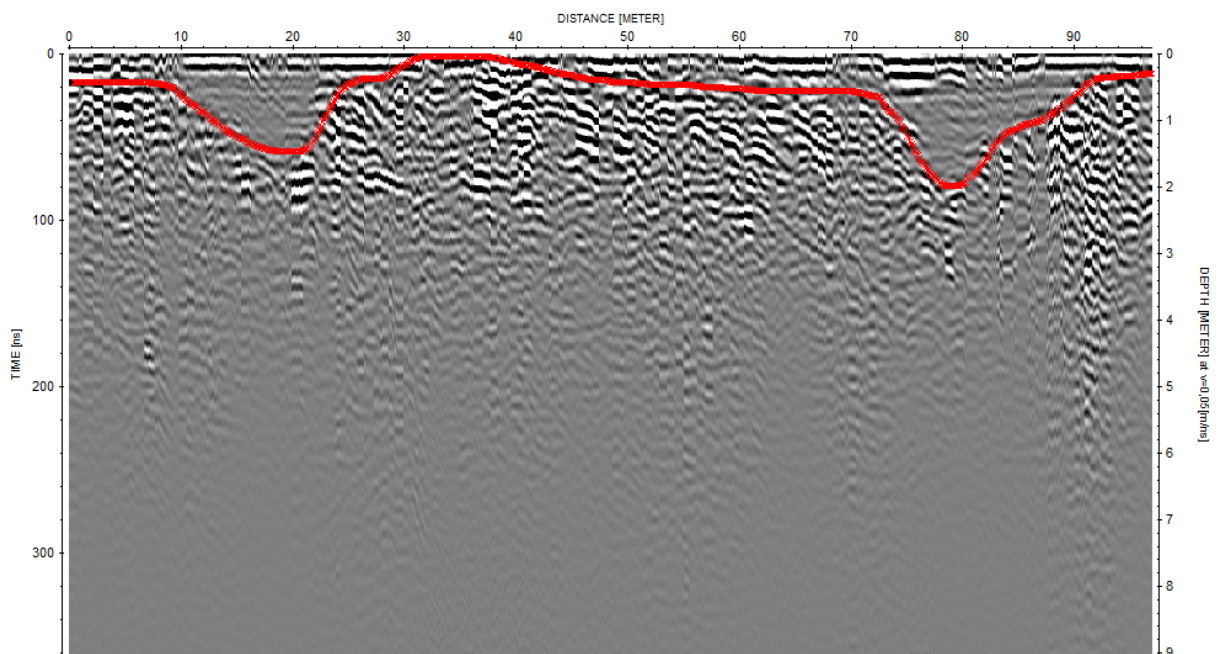
Ved mellomstasjonen ble det kartlagt mer systematisk med georadar. Det ble utført 9 georadarprofil, hvor 7 av dem ble utført nord/sør-retning og to som tverrprofiler øst-vest. Georadar er et høyst egnet verktøy til å kartlegge utbredelse og dybder av myr, og en har dermed fått en god oversikt over grunnforholdene ved mellomstasjonen.

Det har blitt fokusert på å kartlegge utbredelsen av myr, men det skal nevnes det kan være et tynt morenelag over fjell som blir vanskelig å plukke ut med georadar og 100 MHz-antenne. Det ble over hele området gått etter med boniteringsstang, og enkelte av sonderingene med boniteringsstanga nådde sand/grus under myra og ikke fjellet.

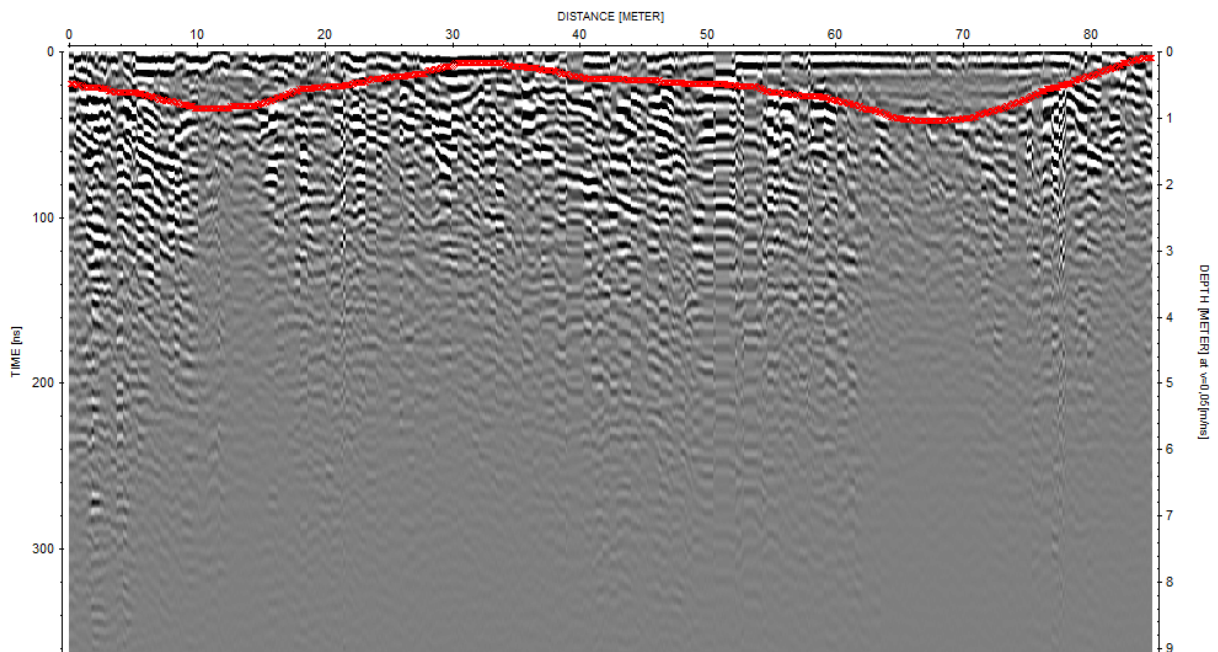
Nedenfor vises georadarprofilene i kronologisk rekkefølge, med inntegnet grense mellom myr/torv og fjell/tynt morenedekke. Hastigheten som er benyttet i disse profilene er 50 m/ μ s, som korrelerte bra med sonderingene som ble utført. Gjør oppmerksom på at horisontal og vertikal skala ikke er 1:1, og mektigheten av myr og løsmasser kan dermed se overdramatisert ut i profilene under.



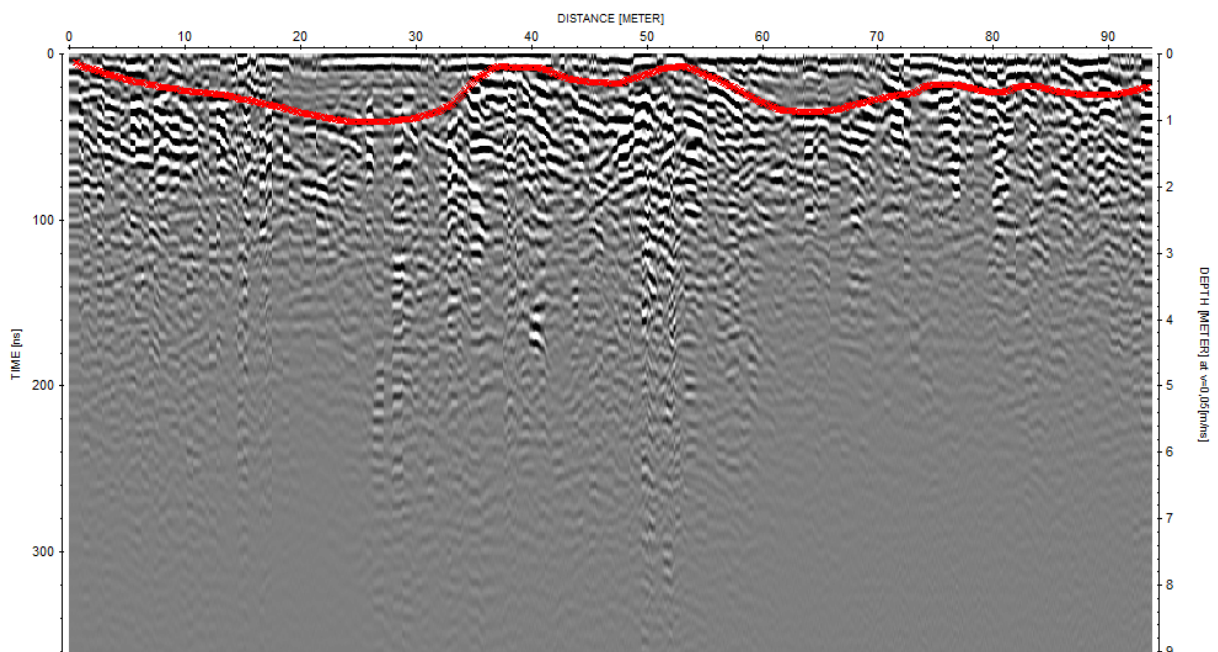
4-14 Georadarprofil 9 med inntegnet grense mellom myr/torv og fjell/tynt morenedekke



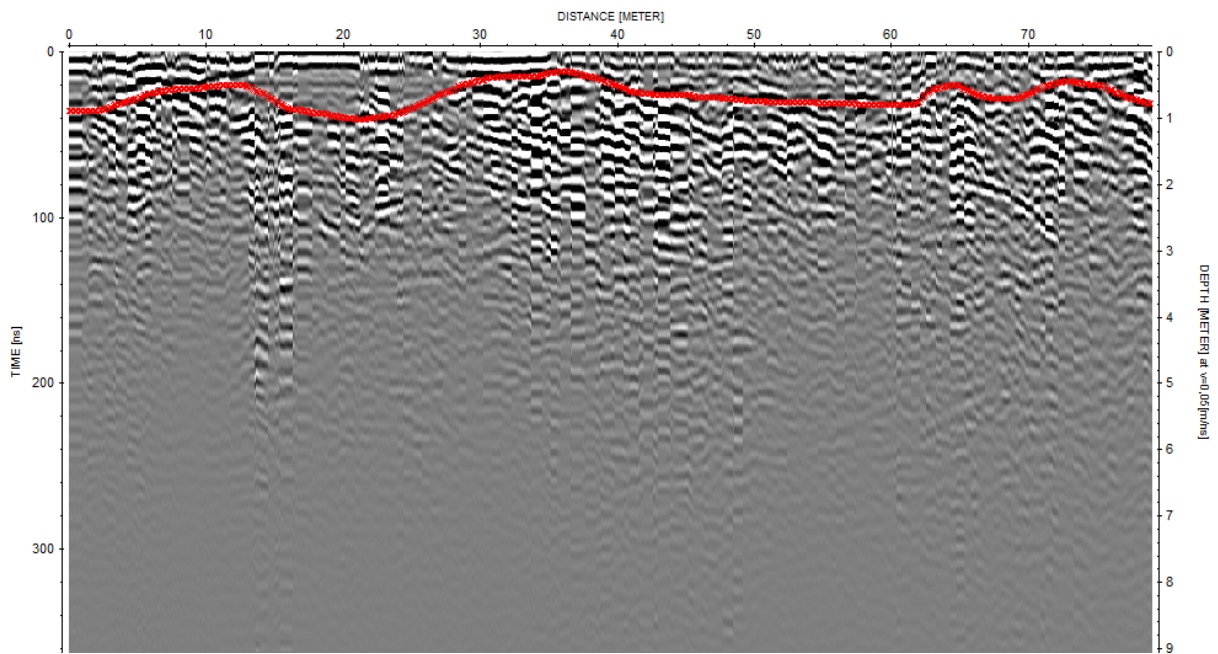
4-15 Georadarprofil 10 med inntegnet grense mellom myr/torv og fjell/tynt morenedekke. Ved 30 meter ble det observert berg i dagen.



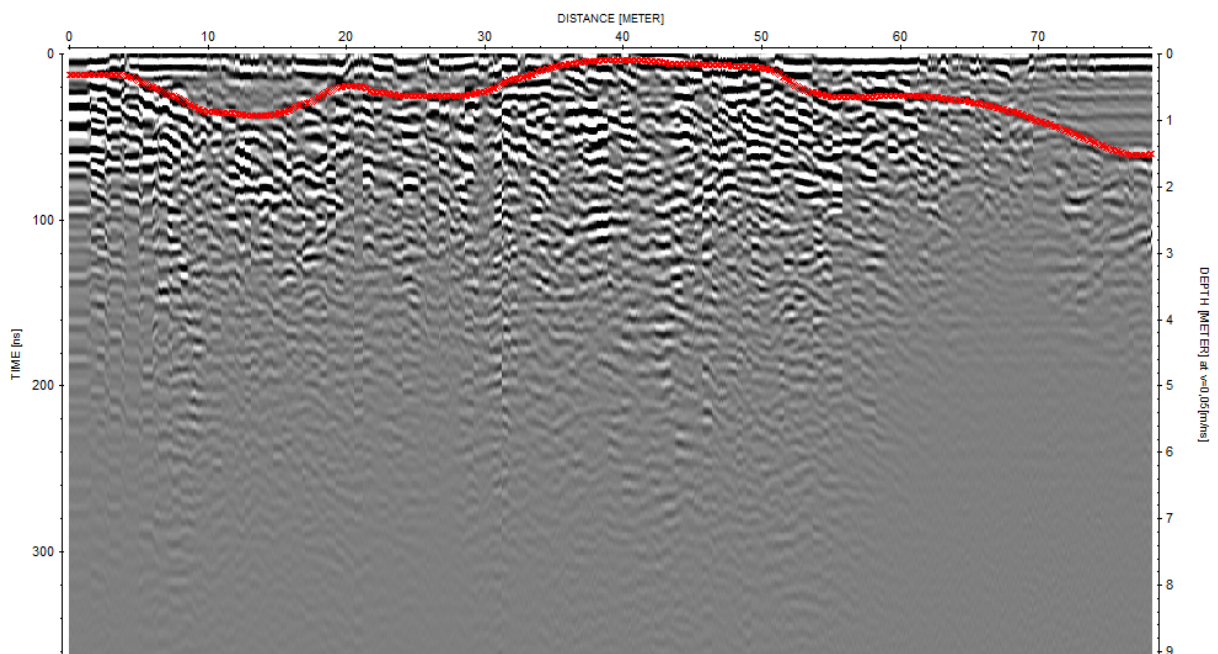
4-16 Georadarprofil 11 med inntegnet grense mellom myr/torv og fjell/tynt morenedekke.



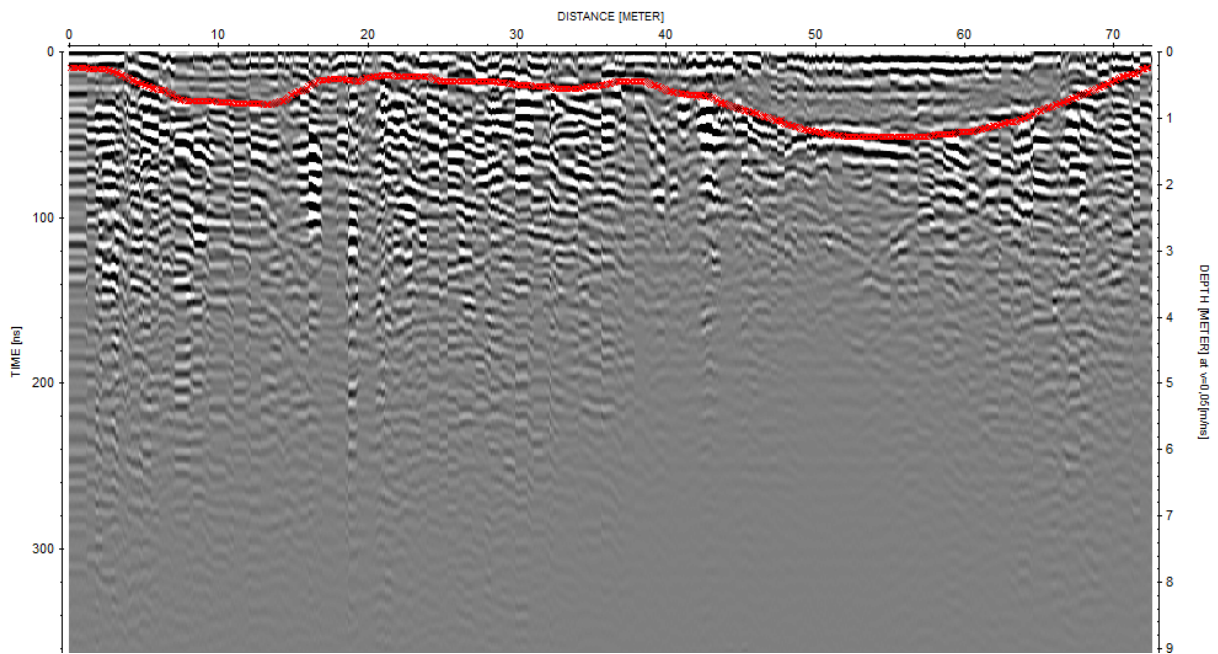
4-17 Georadarprofil 12 med inntegnet grense mellom myr/torv og fjell/tynt morenedekke. Ved 38 meter ble det observert berg i dagen.



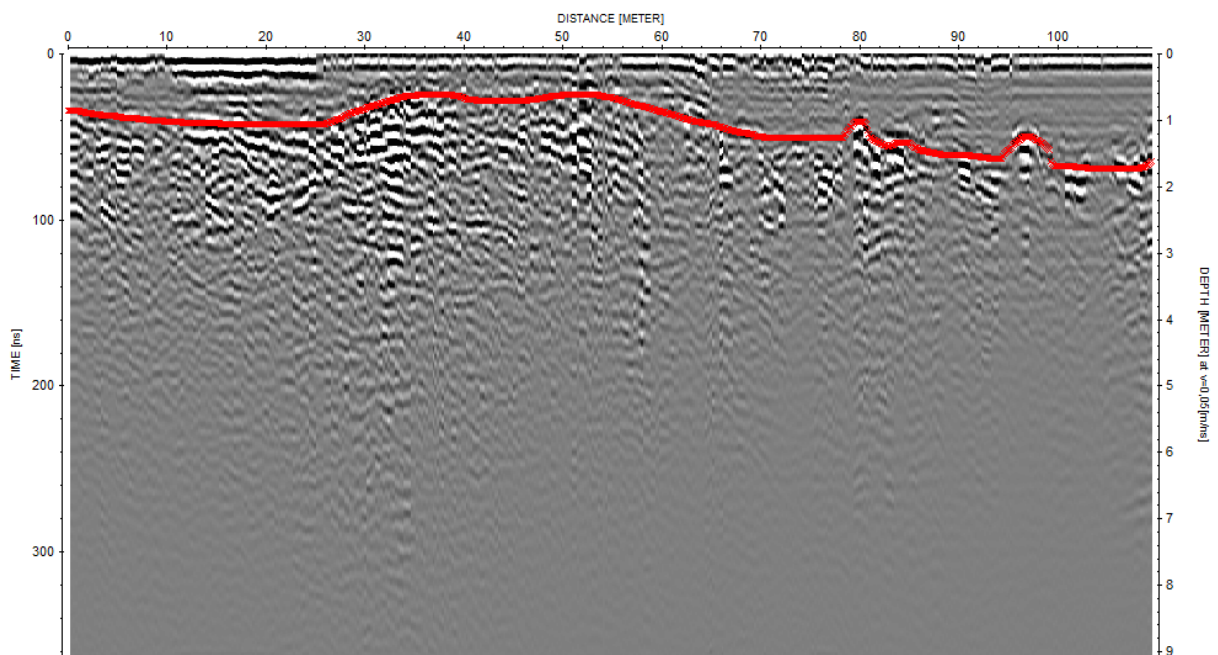
4-18 Georadarprofil 13 med inntegnet grense mellom myr/torv og fjell/tynt morenedekke



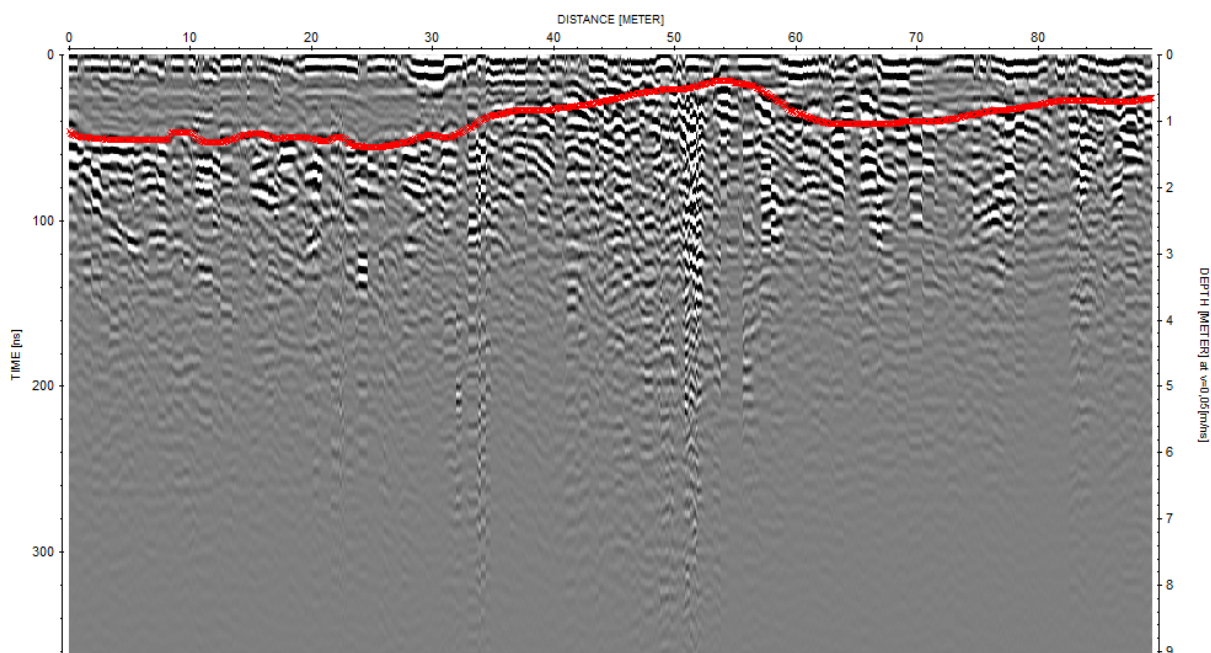
4-19 Georadarprofil 14 med inntegnet grense mellom myr/torv og fjell/tynt morenedekke. Ved 40 meter ble det observert fjell i dagen



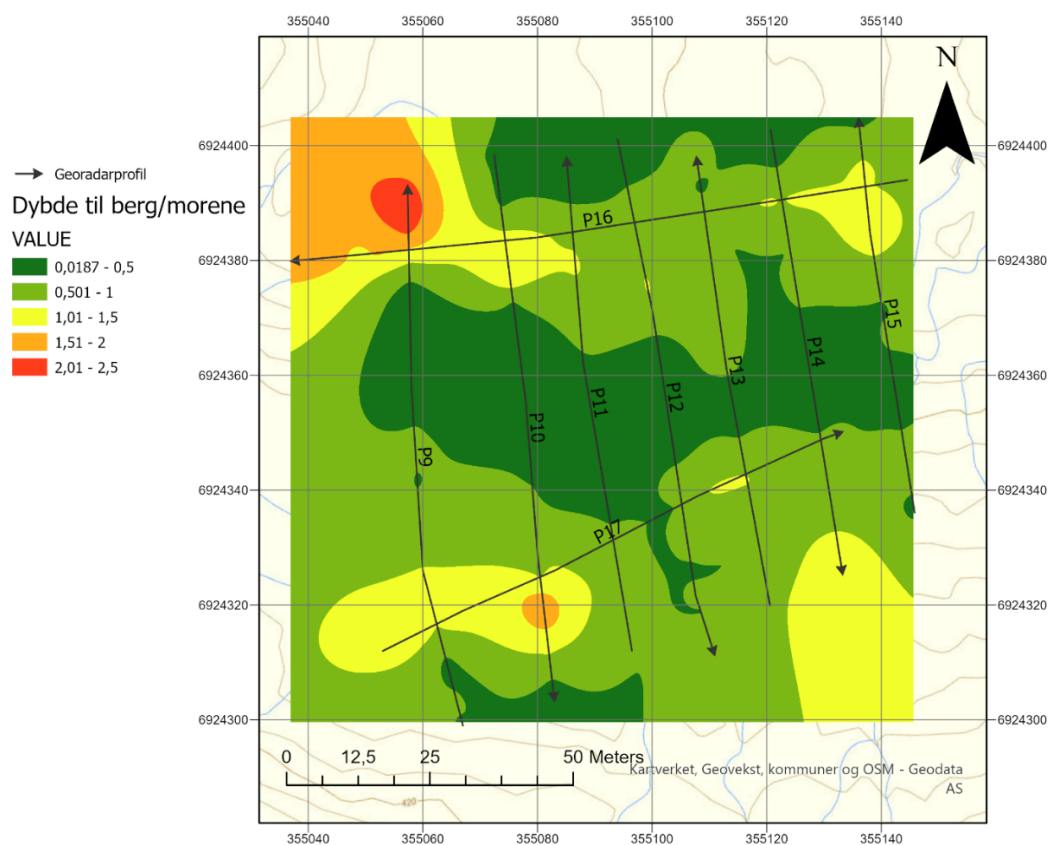
4-20 Georadarprofil 15 med inntegnet grense mellom myr/torv og fjell/tynt morenedekke



4-21 Georadarprofil 16 med inntegnet grense mellom myr/torv og fjell/tynt morenedekke. Tverrprofil gått langs det ene myrdraget.

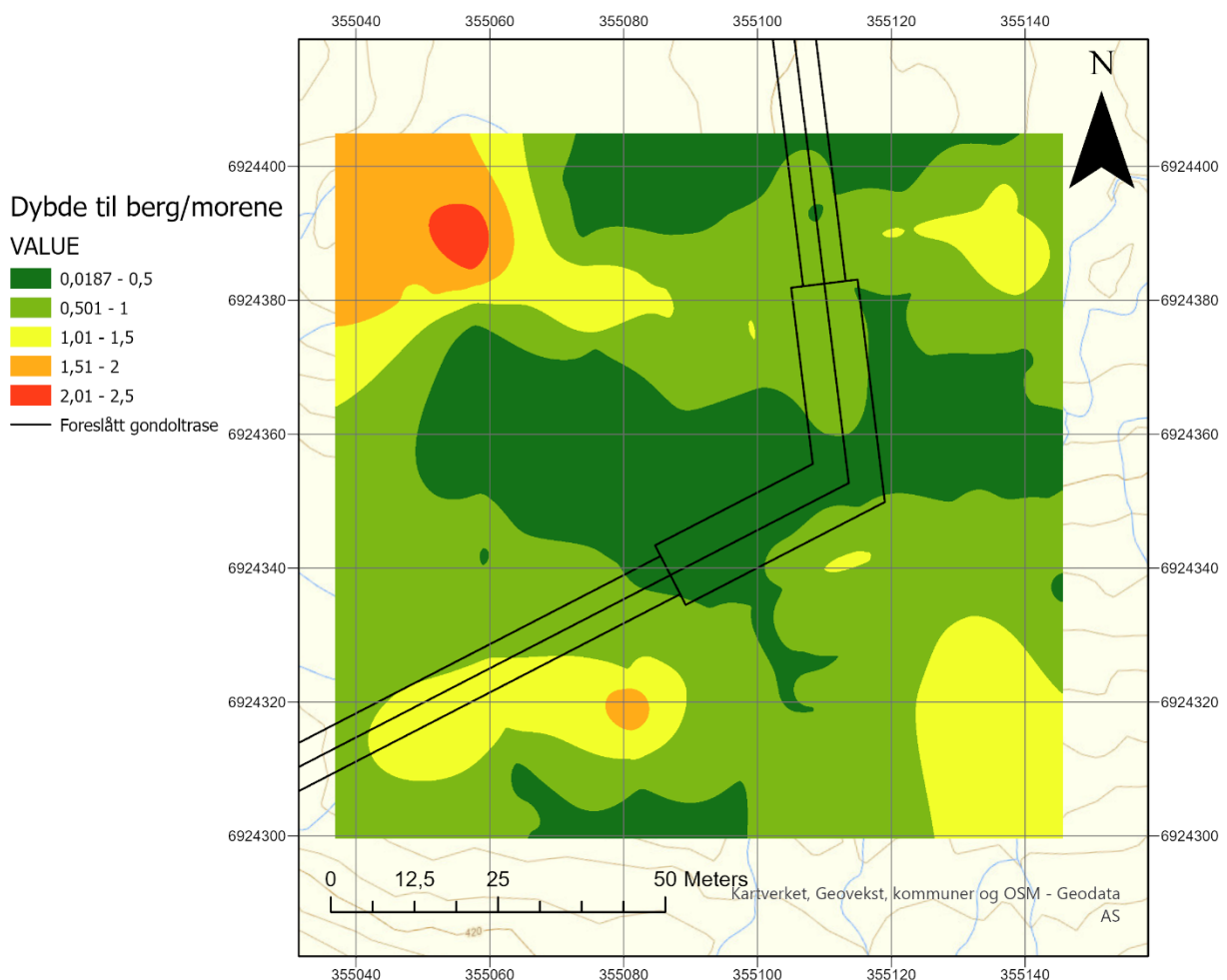


4-22 Georadarprofil 17 med inntegnet grense mellom myr/torv og fjell/tynt morenedekke.



4-23 Modell hvor det er blitt interpolert en antatt bergoverflate basert på tolkningene fra georadar. Modellen viser to myrdrag som går øst-vest, som er avskilt av en fjellrygg hvor det under befaring ble observert berg i dagen. Skalaen er i meter under terreng (ekvidistansen er 0,5m under terreng).

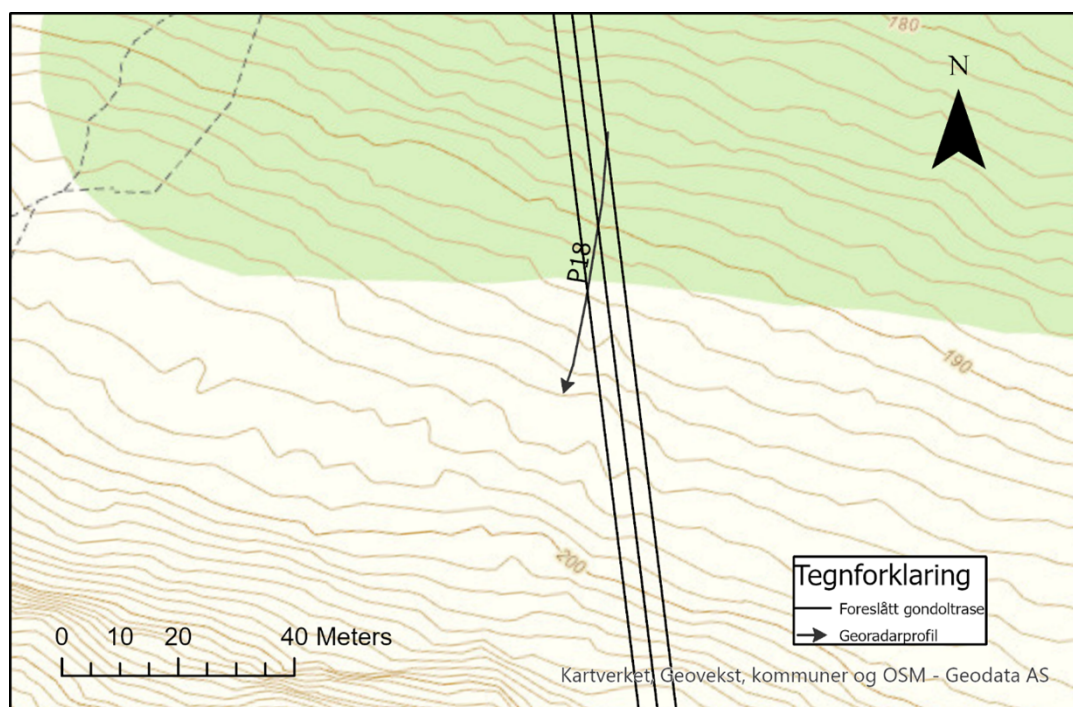
Basert på tolkningene fra georadar kan en lage overflatemodellen som vises i figur 4-23 og 4-24. Den er i en farget skala, hvor grønt er grunne forhold og rød er ned til 2-2,5 meter under terreng. Gjør oppmerksom på at modellen interpolerer mellom profilene som er blitt utført, og utenfor området som er blitt kartlagt med georadar vil modellen være feil. Fjellryggen (mørkt grønt område) fortsetter mest antakelig videre vestover, selv om modellen ikke viser dette. Det gule området sør for profil 14 vil også mest antakelig ikke ha en så stor utbredelse sør som modellen viser.



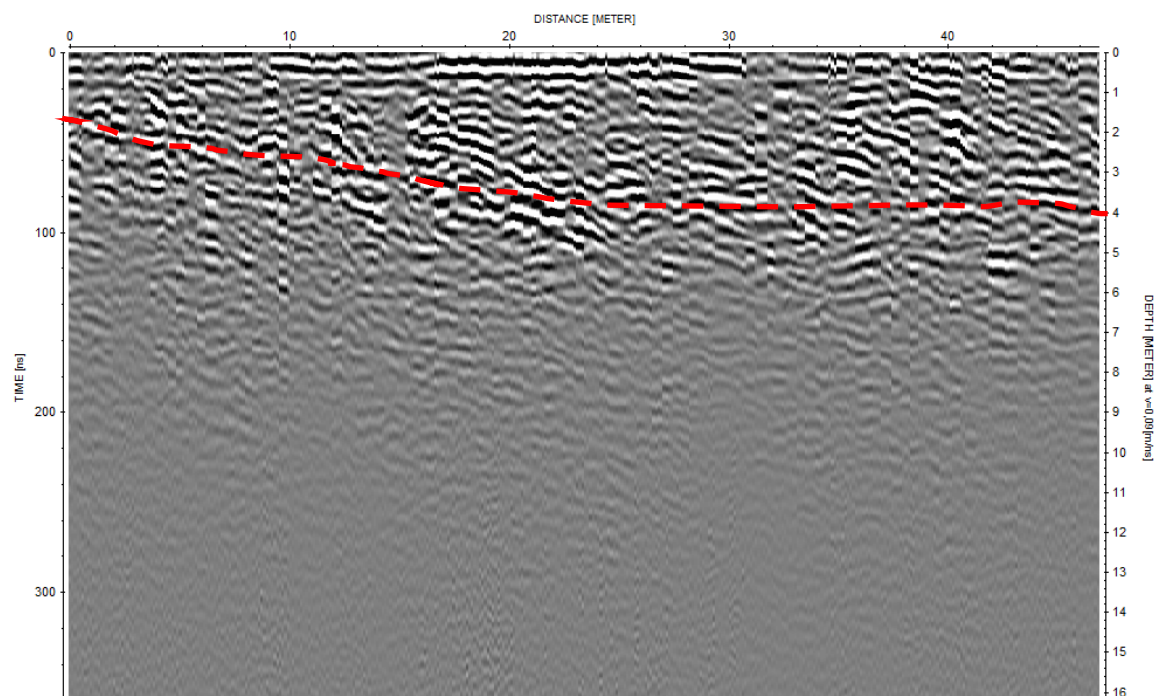
4-24 Samme modell som viser plassering av mellomstasjonen. Skalaen er i meter under terreng.

Oppsummert viser området generelt en liten mektighet av myr/torv ned til fjell eller tynt morenedekke, hvor den maksimale som er blitt kartlagt er ned til 2,5 meter. Det forventes ikke store utfordringer av grunnforhold ved bygging av mellomstasjon.

4.5. Fundament 9 og 10



4-25 Oversiktskart som viser plassering av georadarprofil 18. Utført i området for fundament 9 og 10.



4-26 Georadarprofil 18 utført i området for fundament 9 og 10. Viser en tydelig refleksjon fra 2-4 meter under terreng.

Fundament 9 og 10 er plassert i et fuktig myr/morene område. Med boniteringsstang kommer en maks 70 cm ned med stopp i faste masser. Det er ikke påvist noe berg. Fra georadarprofilen er det en tydelig refleksjon mellom 2-4 meter under terreng som er gjennomgående i profilet. Trolig er dette overgangen mellom rasur/morenemasser til fjell. I profilet er det benyttet en hastighet på 90 m/μs. Plassering av fundamentene må også vurderes iht. sikkerhet mot skred.

5. Konklusjon

På Sulafjellet er det totalt blitt utført 18 georadarprofil fordelt på fem områder for kartlegging av grunnforhold mtp. utarbeidelsen av reguleringsplan for Sula gondol.

Ved toppstasjonen er det ikke funnet noe berg i dagen, hverken under befaring eller av tilgjengelige foto og flyfoto. Området er kartlagt av NGU som et tykt morenedekke. Georadarkartleggingen ga ingen entydige svar i dette området, da det er flere overganger og laggrenser som ses i profilene. En mulig tolkning av radarprofilene er 1-3 meter med morene over 2-3 meter med forvitret berg over mer fast fjell, men for sikker tolkning av radarprofilene bør de korreleres mot enten totalsonderinger eller sjakting.

Ved fundament 20 og 17 er det tolket en marginal løsmassemektighet. Plassering av fundament 20 er eksponert da det ligger i bratt hellende terreng, og fjellet i dette området antas å være forvitret. Ved fundament 17 kan en se berg i dagen og plasseringen anses som god.

Ved mellomstasjonen fikk en kartlagt utbredelsen og dybden av myr godt. Det er to myrdrag som går øst-vest i området som blir avskilt av en fjellrygg. Det største dypet av myr finnes nord-vest for mellomstasjonen med myrdybde mellom 2-2,5 meter.

Ved fundament 10 og 9 ble det ikke påvist berg, og boniteringsstang stopper i maks 70 cm i faste masser. Georadarprofilen indikerer mellom 2-4 meter med rasur/morene over fjell. Plasseringen av disse fundamentene må vurderes mot skredfare.