



Leveranserapport Geofysiske undersøkelser

Løkkemyra

- 2D Georadar (GPR) fra Drone / bakkekoblet GPR

1. Innholdsfortegnelse

1.	Innholdsfortegnelse	2
1.	Generelt.....	3
1.1.	Oppdragsgiver.....	3
1.2.	Oppdragstaker	3
1.3.	Oppdragsinfo.....	3
1.3.1.	Koordinatsystem.....	3
1.3.2.	Oppløsning og Nøyaktighet.....	3
1.4.	Levering av digitale data	4
1.5.	Oppbevaringssted for benyttet materiell	4
1.6.	Rapporter	4
2.	Datainnsamling Georadar	5
2.1.	160MHz bakkekoblet 2Dradar antenne	5
2.2.	Dronebasert innsamling med 80Mhz antenne	5
2.3.	Personell	6
2.4.	Gjennomføring	6
2.5.	Vanskeligheter	6
3.	Prosessering.....	7
3.1.	Personell.....	7
3.2.	Programvare	7
3.3.	Prosessering av GPR rådata.....	7
4.	Tolkning.....	9
4.1.	Kvalitetssikring	10
5.	Leveranse.....	10
5.1.	Topp fastfjell i absolutt høyde i dwg format.....	10
6.	Generell informasjon.....	10

1. Generelt

1.1. Oppdragsgiver

FinansGruppen Eiendom AS
Storgata 41
6508 KRISTIANSUND
Kontaktperson: Ole Birger Ulseth

Prosjektnavn: GPR Løkkemyra

1.2. Oppdragstaker

Terratec AS
Vækerøveien 3
0281 Oslo
Prosjektleder: Tobias Jokisch

Terratec sitt oppdragsnummer: 80018

1.3. Oppdragsinfo

Det ble forespurt georadarundersøkelse for å undersøke mektighet løsmasseoverdekning / vann og levere fjellkote på et myrområde i nærheten av Kristiansund lufthavn.

Terratec har gjennomført noen profiler med en bakkekoblet radar og brukt underleverandøren Senseloop til å utføre GPR-målinger fra Drone.

Denne rapporten omhandler arbeidet som er utført og de produktene som er levert.

1.3.1. Koordinatsystem

Dataleveransen er foretatt i følgende koordinatsystemer:

Euref 89 UTM 32, høyder i NN2000

Punktsky fra NDH-prosjektet (NDH Averøy-Eide-Kristiansund 2pkt 2016) ble brukt til å transformere relativ mektighet til absolutt høyde

1.3.2. Oppløsning og Nøyaktighet

Oppløsningen på georadarmålinger er avhengig av dataenes frekvensinnhold. For de bakkebaserte dataene (der en 160MHz antenne ble brukt) er den vertikale oppløsningen 5-7cm (basert på de elektriske egenskapene av undergrunnes materialet).

Dataene fra dronebasert datainnsamling har en vertikal oppløsning på 94cm i luft og 11cm under bakken.

Dataene måles i tid og må konverteres til dybde. Usikkerheten i dybdekonverteringen og dermed usikkerheten i absolutt dybde på fastfjell anslås med å være +/- 6cm for de bakkekoblete dataene og +/-13cm for de dronebaserte dataene.

Løsmassen er veldig bløtt i det området og det var derfor ikke mulig å skille mellom vann / vannmettet løsmasse. Dette ligger til grunn for dybdens nøyaktighet.

Gjennomsnittlig dybde i det området er 1,5m, den varierer fra 13cm / fjell i dagen til 2,9m dybde.

1.4. Levering av digitale data

Leveransen består av sluttrapport og tolkning som TIN-flate i .dwg format. Dwg-filen ble levert via epost den 10.6., rapporten ble levert den 14.6.

1.5. Oppbevaringssted for benyttet materiell

All rådata er lagret hos Terratec AS og oppbevares i 5 år etter leveranse.

1.6. Rapporter

Rapporter tilhørende prosjektet leveres digitalt, kopi lagres hos Terratec AS sammen med rådata.

2. Datainnsamling Georadar

Georadar eller ground-penetrating radar (GPR) er en elektromagnetisk geofysisk metode som gjør det mulig å undersøke undergrunnen på en ikke-destruktiv måte. Elektromagnetiske bølger sendes ned i grunnen og reflekteres hvor man har en forandring i de elektriske egenskapene mellom to lag. Denne refleksjonen registreres av instrumentet og gjør det mulig å kartlegge begravd infrastruktur og grunne geologiske strukturer. Innen infrastrukturelle undersøkelser vil georadar kunne anvendes til identifikasjon, måling og kartlegging av egenskaper som asfalttykkelse, posisjoner av armering, posisjon av rør etc. i undergrunnen.

2.1. 160MHz bakkekoblet 2Dradar antenne

Det ble samlet inn noen profiler rundt dammen ved hjelp av et 2D-system med en senterfrekvens op 160MHz.

Figur 1 viser et bilde av oppsettet som ble brukt under innsamlingen.



Figur 1: Oppsett brukt under innsamlingen

2.2. Dronebasert innsamling med 80Mhz antenne

For innsamling over selve dammen ble det benyttet en antenne fra Radarteam med en senterfrekvens på 80MHz (Cobra Plug-In GPR SE-70) som var montert på en DJI M600 Pro Drone. Se Figur 2 for Drone med GPR som ble brukt til innsamling.



Figur 2: Drone med 80MHz GPR antenne

2.3. Personell

Terratec har benyttet følgende personell til datainnsamling:

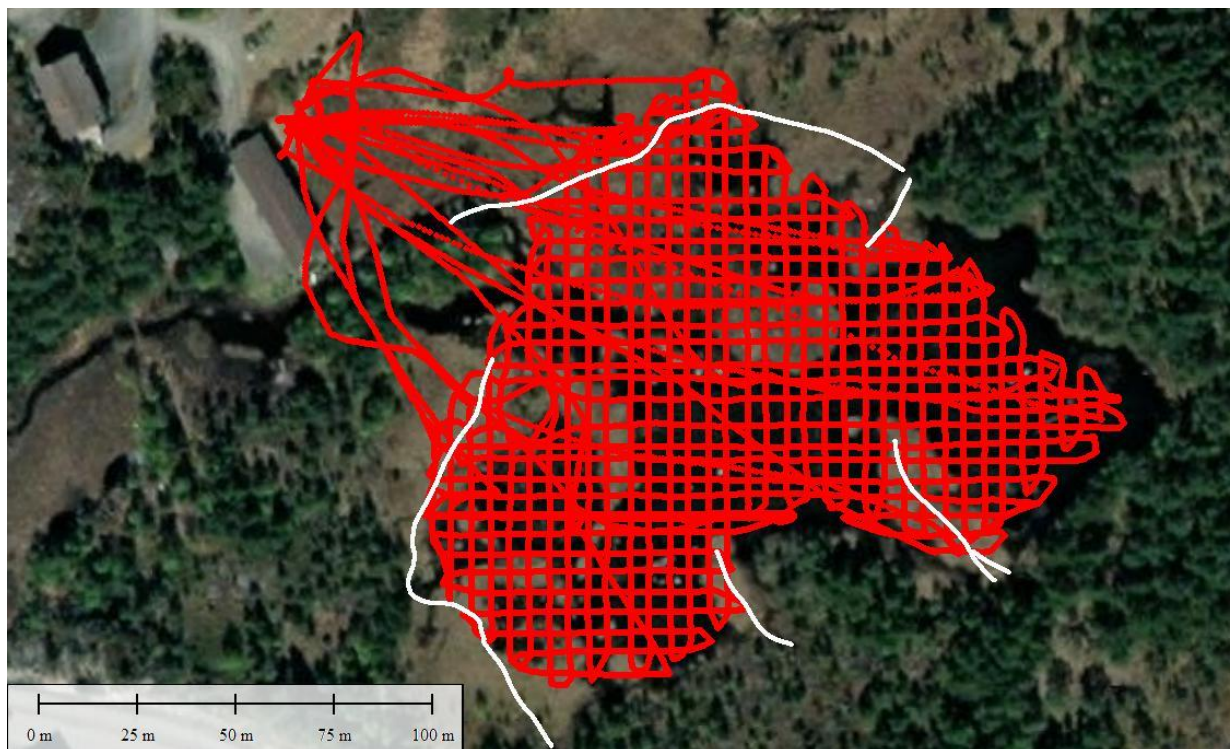
Tobias Jokisch	Geofysiker
Johne Landa	Operatør/Geofysiker (bakkekoblet radar)
Marius Myrseth	Måling kontrollpunkter
Roger Gildseth	Operatør Drone (Senseloop)
Tomas Fritsvold	Operatør Drone (Senseloop)

2.4. Gjennomføring

Datainnsamlingen av bakkekoblete data ble gjennomført 11.5.2021. Posisjonering av georadaren ble foretatt med RTK-GNSS-målinger. Det ble totalt samlet inn 6 profiler. Etter prosessering ble det valgt noen punkter fordelt på de ulike profilene for måling av kontrollpunkter.

Dronebasert datainnsamling ble gjennomført 31.5.2021. I tillegg ble de kontrollpunktene målt med spett (dybde til fastfjell) samme dag. Dronen fløy i en høyde på 3,5m over bakken. Dermed måtte innsamlingsområdet avgrenses iht. vegetasjonen. Flyhøyden ble valgt slik at den var mindre enn signalens bølgelengde i luft (som er 3,8m). Profilene ble samlet inn ved 10 flyvinger (6 øst-vest, 4 nord-sør), hver flyving dekket altså flere enkeltprofiler.

Figur 3 viser ortofoto fra området med dekning av georadarprofilene.



Figur 3: Profilplan. Droneprofiler i rød, bakkekoblete profiler i hvit.

2.5. Vanskeligheter

Det var ingen spesielle vanskeligheter med datainnsamlingen. Dronebasert innsamling måtte koordineres med Avinor og utsettes når det var fly eller helikopter i luften, men til tross for disse avbrekk ble datainnsamlingen avsluttet rundt kl 14.

3. Prosessering

3.1. Personell

Følgende personell har vært ansvarlig for prosesseringsarbeid:

Tobias Jokisch	Kvalitetssikring og kontroll Prosesseringsansvarlig GPR Tolkningsansvarlig GPR
Morten Aasan	TIN-modellering

3.2. Programvare

Følgende programmer har vært brukt til behandling av data i prosjektet:

Programvare	Versjon	Anvendelse
GPR-Slice	7.MT	Prosessering og tolkning av georadardata
FME	2019	Generering av produkter

3.3. Prosessering av GPR rådata

For å kunne tolke dataene må rådata fra GPR prosesseres først. Prosesseringen omfatter:

- Set Time ground
- Gain
- Bandpass filtering

De dronebaserte dataene gikk i tillegg gjennom

- Background Removal (BGR)
- Residual Gain

For korrekt dybdekonvertering er det avgjørende å bestemme hastigheten av de elektromagnetiske bølgene i undergrunnen. Hastigheten er knyttet til den dielektriske konstanten ϵ :

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$$

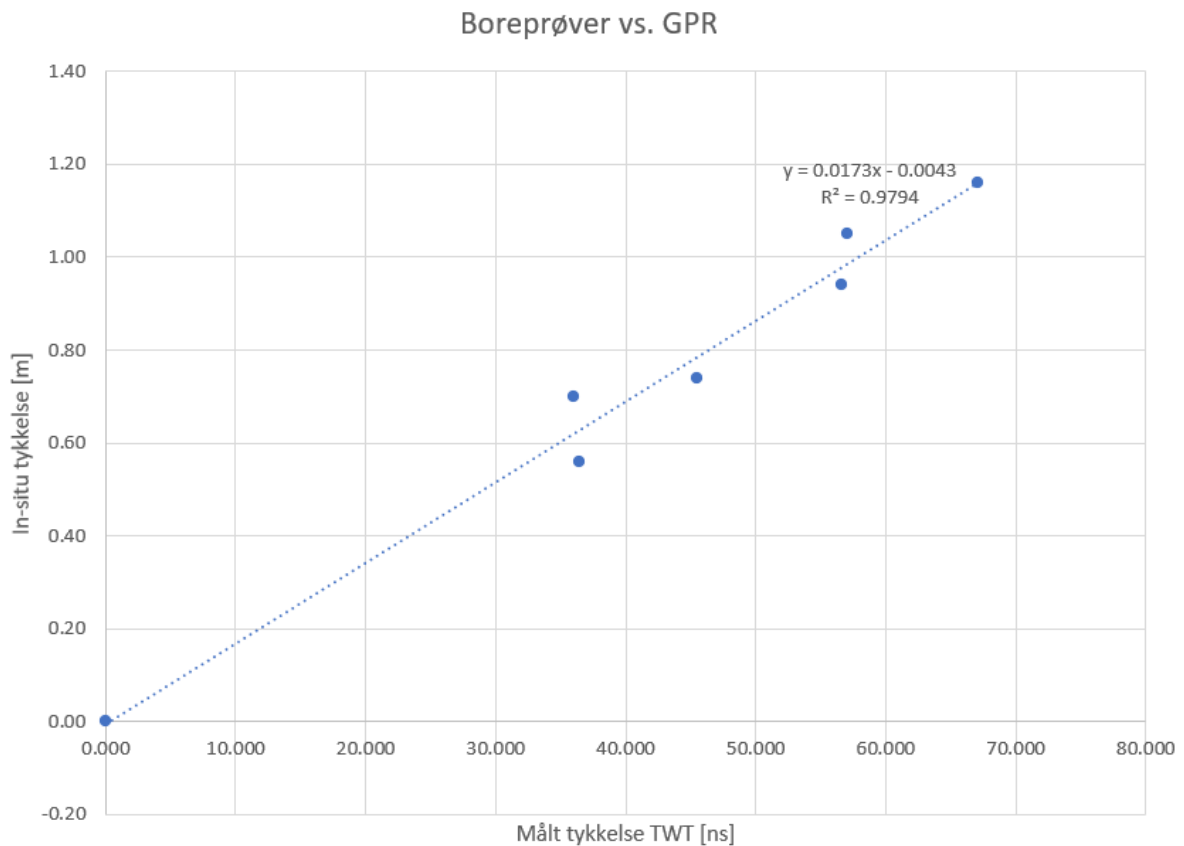
hvor c er lyshastighet i vakuum.

ϵ ble estimert ved hjelp linear regresjon av de spettprøvene. Siden prøvelokasjonene ble lagd på de profilene samlet inn med det bakkekoblede utstyret er det data fra sistnevnte som ble brukt til inversjonen.

Tabell 1 viser resultat fra spettprøvene vs. two-way-travel time (TWT) fra georadarmålinger. Disse er grafisk fremstilt i Figur 4. Linear regresjon gir en epsilonverdi på $\epsilon=75$ og der er denne verdien som ble brukt til dybdekonvertering av både drone og bakkebaserte data.

Borepøve	målt [m]	GPR TWT [ns]	beregnet dybde [m]	differanse [cm]
1	0.56	36.4	0.63	6.97
2	0.7	36	0.62	-7.72
3	0.74	45.5	0.79	4.72
4	0.94	56.6	0.98	3.92
5	1.16	67.1	1.16	0.08
6	1.05	57.1	0.99	-6.22

Tabell 1: Resultat fra spettprøve vs. GPR-måling. Beregnet dybde brukte epsilon=75.

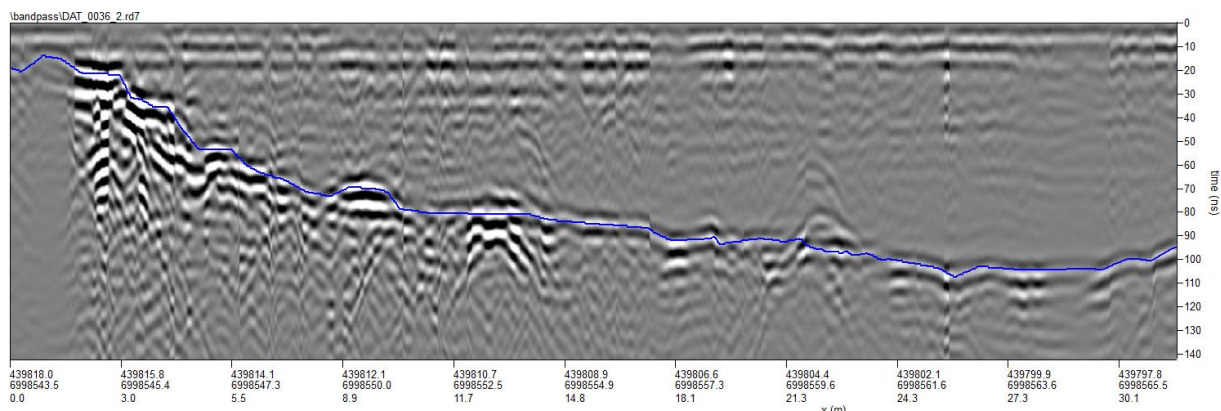


Figur 4: Linear regresjon av spettprøveresultatet. Avvik kan forklares med forskjeller i vanninnhold

Epsilon-verdien i myrområder er i stor grad avhengig av vanninnholdet. Tatt i betraktning at det er stor variasjon i vanninnholdet fra lokasjon til lokasjon er korrelasjonen som vises i Figur 4 veldig god.

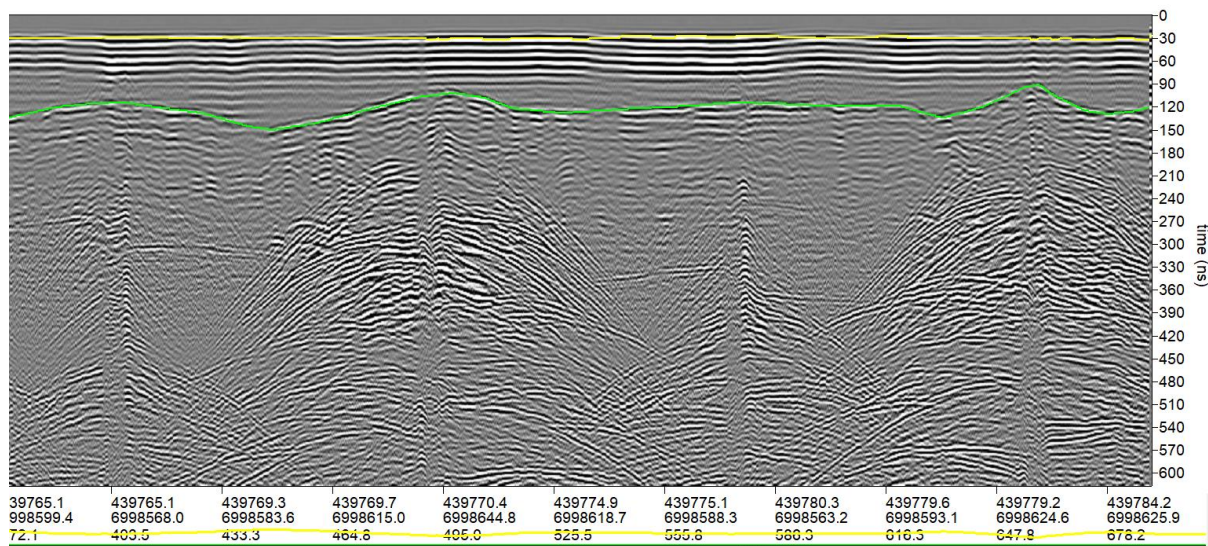
4. Tolkning

Dataene ble i første omgang tolket med hensyn til generell datakvalitet, oppløsning og penetrasjonsdybde. De bakkebaserte dataene viser en veldig tydelig refleksjon fra topp fastfjell (Figur 5).



Figur 5: Eksempel fra bakkekoblet datainnsamling. Profilen begynner i et område med fjell i dagen (venstre og ble dratt ut mot dammen (høyre). Blå linje indikerer topp fastfjell.

Dataene fra drone er derimot vanskeligere å prosessere og tolke (se Figur 6 for et eksempel). Pga. det luftlaget mellom drone og bakke samt den store kontrasten mellom luft og bakkematerial/vann blir nyttesignalet (altså refleksjonen fra topp fastfjell) overdøvet av såkalt ringing. Det var mulig å fjerne noe av det, men som alltid er støyfjerning et kompromiss mellom støy og signal. Topp fastfjell kunne likevel tolkes på mer enn 50% av profilene og resultatet er en sammenhengende tolkning som stemmer godt overens med tolkningen fra de bakkefaste radarprofilene.



Figur 6: Eksempel fra dronebasert datainnsamling. Gul linje markerer topp terreng / vannoverflate som forårsaker et bånd med koherent støy (ringing). Topp fastfjell er indikert med grønn linje. Koherent signal nedenfor skyldes refleksjoner fra elementer over bakken – trær eller andre objekter. Dette viser tydelig begrensningen ved bruk av drone.

4.1. Kvalitetssikring

Avvik mellom bakkekoblet og dronebasert data ble evaluert i de krysningspunkter og er innenfor nøyaktigheten beskrevet oppe.

5. Leveranse

5.1. Topp fastfjell i absolutt høyde i dwg format

Tolkningen ble transformert til absolutt høyde, tinnert og så bruk som grunnlag til triangulering. Mindre hull ble interpolert slik at den ytre avgrensningen av TIN-modellen er jevnt.

6. Generell informasjon

Denne rapporten er basert på geofysiske undersøkelser. All tolkning i denne rapporten er basert på observasjoner av geofysiske målinger, som etter behandling og tolkning gir informasjon om forholdene under bakken i undersøkelsesområdet. Denne rapporten er et resultat av en serie prosesser basert på hastigheten til elektromagnetiske bølger i undergrunnens materiale. Det kan være forhold i bakken som ikke kan spesifiseres. Dette må tas i betraktning når de endelige resultatene fra denne rapporten vil bli brukt i praksis.