



RAPPORT

# Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner)

DATARAPPORT ERT, TØMMEREGGEN, FROGNER

DOK.NR. 20230480-03-R  
REV.NR. 0 / 2024-06-05

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: Utredning av skredfare for Skibakkveien (Lørenfallet) og Tømmereggen (Frogner)  
Dokumenttittel: Datarapport ERT, Tømmereggen, Frogner  
Dokumentnr.: 20230480-03-R  
Dato: 2024-06-05  
Rev.nr. / Rev.dato: 0/

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Lillestrøm kommune  
Kontaktperson: Kjersti Mikalsen, Solveig Tvester Bratlie  
Kontraktreferanse: Kontrakt signert 2023-09-19, EOF nr. 01 signert 2024-04-19

## for NGI

Prosjektleder: Laura Rødvand  
Utarbeidet av: Asgeir Kydland Lysdahl  
Kontrollert av: Helgard Anschütz, Håkon Heyerdahl

## Sammendrag

NGI har på oppdrag for Lillestrøm kommune utført geofysiske grunnundersøkelser ved Tømmereggen på Frogner, Lillestrøm kommune. Det er benyttet elektrisk resistivitets-tomografi (ERT). Resultatene fra undersøkelsene er presentert i foreliggende data-rapport. Grunnundersøkelsene inngår i kartleggingen av områdeskredfare (kvikkleire-skredfare) på stedet.

Feltarbeidet er utført 2. mai 2024. Det er utført målinger langs 2 profiler, ett på tvers over ravineryggen og ned i ravinene på nord- og sørsiden, og ett langs bekken i den nordlige ravinen. Profilene viser høyere resistivitetsverdier i dybden, som tolkes som berg. Resistivitetsverdiene i løsmassene ligger hovedsakelig i området 10-200  $\Omega\text{m}$ , som er intervallet der man kan finne sensitiv leire, men også andre løsmassetyper. Marin leire med høyt saltinnhold har typisk lavere resistivitet enn 10  $\Omega\text{m}$ , og det er ikke påvist store forekomster av dette.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Gjennomføring</b>	<b>6</b>
2.1	Omfang	6
2.2	Feltarbeid	6
2.3	Datainnsamling	6
2.4	Innmåling	7
2.5	Prosessering	7
<b>3</b>	<b>Resultater</b>	<b>7</b>
3.1	Presentasjon av resultatene	7
3.2	Tolkning	8
<b>4</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Referanser</b>	<b>9</b>

## Vedlegg

Vedlegg A1	Kart over utførte ERT-undersøkelser.
Vedlegg B1	ERT-profil ERT1
Vedlegg B2	ERT-profil ERT2

## Kontroll- og referanseside

## 1 Innledning

Denne rapporten gir et supplement i datagrunnlaget til NGI-rapport 20220480-02-R, som presenterer geotekniske grunnundersøkelser og laboratorieanalyser av prøver tatt fra toppen av ravineryggen, sitat:

*Tømmereggen på Frogner er et gårdsbruk beliggende på en smal ravinerygg. Gården ligger vest for E6 nord for Skedsmokorset. Løsmasseskråningene ned fra ryggen er høye og bratte i flere retninger.*

Målet med ERT-målingene er for å forbedre datagrunnlaget for tolkning av lagdeling i området, spesielt nede i ravinene, der det er vanskelig å kjøre ned en geoteknisk bore-rigg. Løsmassene består av marine avsetninger. Berggrunnen er markert som «ikke kartlagt» (ngu.no), men i nærheten er det registrert tonalittisk gneiss, som vanligvis har høy elektrisk resistivitet ( $> 4000 \Omega\text{m}$ , Palacky 1987) og vil gi en god kontrast til marine avsetninger.

## 2 Gjennomføring

### 2.1 Omfang

Det ble utført to profiler plassert i kryss, ett på tvers over ravineryggen (ERT1) og ett parallelt med bekken i den nordlige ravin (ERT2); se plassering av profilene i Vedlegg A1. Plassering av profilene og lengden av profilene ble valgt for å kunne måle responsen fra berg som var anslått til 20-30 m dybde under ravineryggen, og desto grunnere i bekkedalen, der berg var observert i dagen i bekken. Orienteringen av profilene ble valgt for i størst mulig grad å oppfylle 2D-symmetrien som antas under tomografisk inversjon. Profil ERT1 var 240 m langt (3 m elektrodeavstand) og profil ERT2 var 120 m langt (1.5 m elektrodeavstand), og er vist på kart i vedlegg A.

### 2.2 Feltarbeid

Feltarbeidet ble utført torsdag 2. mai 2024 av Sander Losnedahl og Asgeir Kydland Lysdahl. Snøen hadde smeltet og overflaten var ganske tørr under målingene. De fleste elektrodene ble installert i jord/leire, mens noen ble installert på stikkveiene rundt huset der det var grus. Sistnevnte elektroder ble drevet inn med slagbormaskin og vætet med saltvann.

### 2.3 Datainnsamling

Dataloggeutstyr av typen ABEM Terrameter LS2 ble brukt til innsamling av data fra målingene. Måleprotokoll (array) var Gradient XL (Dahlin and Zhou, 2006) med 100% duty-cycle. Maksimalspenning ble satt til 400 V og maks effekt til 250 W. Det ble brukt ett bilbatteri per profil. Overgangsmotstandene var generelt lave (under 5 kOhm), som

tilsier gode måleforhold. Det ble logget kun 1 datapunkt med negative resistansverdier som ble forkastet. Datagrunnlaget ansees derfor som godt.

## 2.4 Innmåling

Profilene ble målt inn med en Trimble R12i differensiell GPS med nøyaktighet bedre enn 10 cm, ofte 1-2 cm. Topografien langs profilene legges inn i inversjonen for å gi riktig geometri til inversjonsnettet. Start- og sluttkoordinatene til hvert profil er angitt i Tabell 2-1.

Tabell 2-1 Start- og sluttkoordinater til de utførte ERT-profilene. ETRS89 NTM10

Punktnavn	Øst (m)	Nord (m)
ERT1 start	132528.22	1226218.72
ERT1 slutt	132644.44	1226245.90
ERT2 start	132551.23	1226023.61
ERT2 slutt	132552.93	1226251.38

## 2.5 Prosessering

Innsamlede data ble prosessert med programvaren Res2DInv med L1 norm som regulariseringsbetingelse. Cellestørrelse ble satt til halvparten av elektrodeavstanden (hhv. 1.5 og 0.75 m for profil ERT1 og ERT2). Rådataene ble gått over og 10-20 dårlige datapunkter tatt ut, inkludert negative datapunkter. Topografi langs profilene ble hentet fra en terrengmodell og lagt til hver rådatafil. Inversjonen ble kjørt til 3 iterasjoner som ga absolutt RMS-feil på 12 % og 3.2 % for henholdsvis ERT1 og ERT2. Dette er noe høyere enn man ville forvente på slike homogene masser, men kan forklares med relativt store variasjoner i høyde og resistivitet (spesielt på tvers av bekken) samt at 3 av 80 elektrodekanaler var døde. Resultatene regnes likevel som gode.

# 3 Resultater

## 3.1 Presentasjon av resultatene

Resultatene fra profil ERT1 og ERT2 er vist i hhv. vedlegg B1 og B2, med Res2DInv L1 tomografi. Elektrisk resistivitet er plottet på en fargeskala fra 1 til 4000  $\Omega\text{m}$ . Utførte grunnboringer er projisert inn på profil ERT1 og avstanden fra profilet er angitt i parentes.

Resistivitetsverdiene ligger stort sett mellom 10 og 1000  $\Omega\text{m}$ , og det er brukt en fargeskala som viser forskjeller spesielt i området 1-10 (blått) og 10-100  $\Omega\text{m}$  (grønt, gult og oransje). Vi ser et 1-3 m tykt topplag med varierende resistivitetsverdier over 30 Ohm. Under det finner vi en relativt homogen fordeling med resistivitetsverdier mellom 10 og 100  $\Omega\text{m}$  i opptil 25 m tykkelse. I dybden øker igjen resistivitetsverdiene, noen steder til

over 3000  $\Omega\text{m}$ . Dette laget er grunnest i nordre del av profil ERT 1 og vestre del av profil ERT2, og blir mer uklart mot sør og øst.

## 3.2 Tolkning

Tolkningen av ERT-profiler gjøres i to steg:

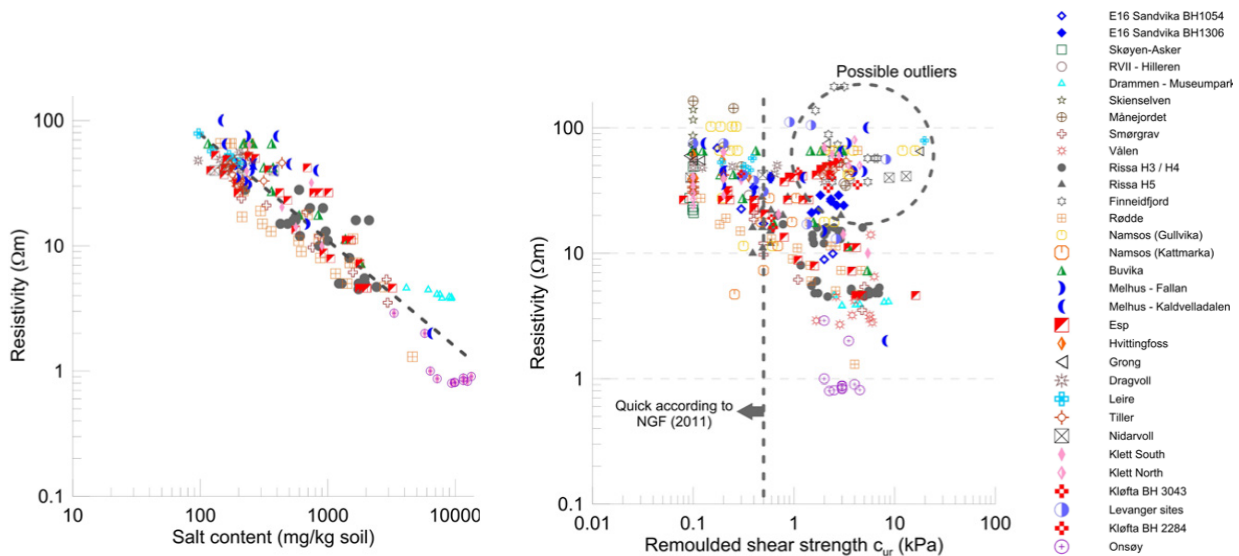
- 1) Vurdering av beregningene og i hvor stor grad resistivetsprofilene virkelig viser grunnens elektriske ledningsevne. I dybden (f.eks. i midtre del av profil ERT1) blir overgangen til høye resistivetsverdier mer uklar. De virkelige resistivetsverdiene kan i dybden følge skarpe konturer som ikke plukkes opp ved målingene pga. glattingen i inversjonsberegningen. Derimot er oppløsningen høyere nær overflaten.
- 2) Klassifisering av materialer og omsetning til andre verdier ved hjelp av empiriske relasjoner og geologiske betraktninger.

Overgangen til høye resistivetsverdier i dybden er tolket som overgang til berg. Tolkningen er angitt som svarte punkter med tilhørende subjektivt anslått usikkerhetsintervall. Kontrasten mellom marine avsetninger og berg blir i all hovedsak svakere med dybden. Tolkningen støtter seg delvis på borede dybder i nærheten, selv om disse er et stykke unna. Bergoverflaten ligger rett under ravinebunnen i nord-vest, i samsvar med bergblotninger som er registrert i bekken her, og faller av mot sør og øst. Det tynne overflatelaget i toppen av profilene tolkes som tørrskorpe, mens laget imellom tolkes som marine avsetninger. De små variasjonene i leirlaget er vanskelig å tilordne geologiske materialer utover dette, både pga. glatting mot berget, men også fordi resistiviteten til marine avsetninger bestemmes av mange faktorer (NGTS-rapport 20160154-03-R):

- ↗ Kornfordeling
- ↗ Vanninnhold
- ↗ Type leirmineraler
- ↗ Porevannskjemi

Av disse er likevel den siste faktoren, dvs. porevannskjemi, viktigst. Tidligere ERT-målinger på tvers av raviner på Romerike har vist at elektrisk resistivitet kan være betydelig lavere i en begrenset sone rundt og under bekken, og dermed at saltinnholdet i leiren her er høyere. Dette er bekreftet ved å måle saltinnholdet i laboratorium. Tidligere sammenstillinger av prøvedata fra leire i Norge viser at når resistivetsverdien er lavere enn 10  $\Omega\text{m}$  er omrørt skjærstyrken over 0.5 kPa (Figur 3-1). I profil ERT1 er det tendens til den samme effekten rundt bekken, men ikke i signifikant grad. Figur 1 viser også at prøver av kvikkleire har resistivetsverdier mellom 10 og 200  $\Omega\text{m}$ , men dette gjelder også annen leire.





Figur 3-1 Korrelasjon mellom resistivitet og saltinnhold (venstre) og resistivitet og omrørt skjærstyrke (høyre), fra Long et al. (2017)

## 4 Konklusjon

Hovedfunnet fra ERT-målingene er dybde til berg under Tømmereggen, og også langs ravinebunn nord for bolighusene. Løsmassene under ryggen er relativt homogene, og er tolket som marin leire. Tolkningen viser lite tegn til store mengder av intakt leire med høyt saltinnhold, som kunne vært brukt til å utelukke tilstedeværelse av kvikkleire.

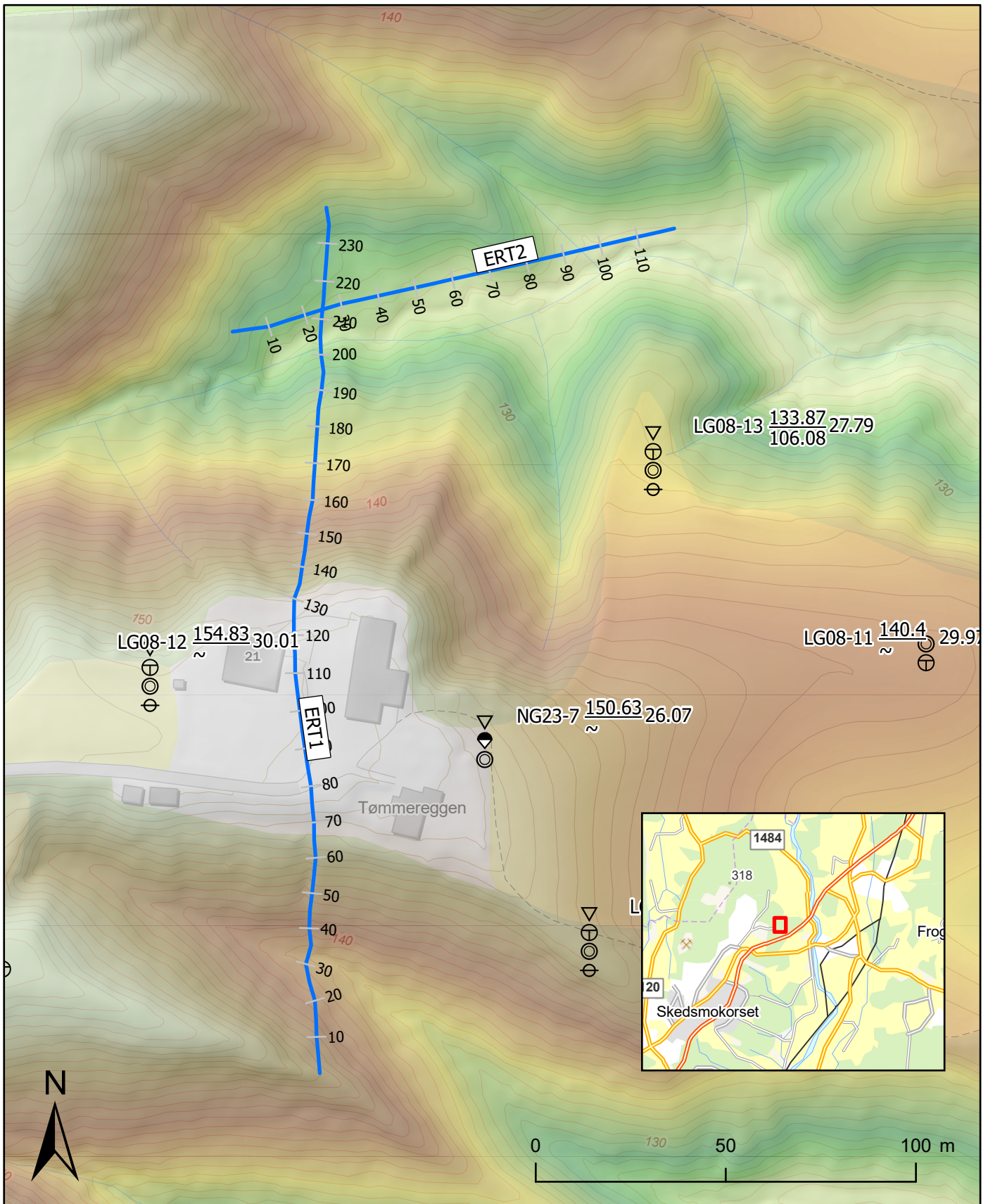
## 5 Referanser

Dahlin, Torleif and Bing Zhou, 2006: "Multiple-gradient array measurements for multichannel 2D resistivity imaging". Near Surface Geophysics 4, p. 113-123.

Long M, Pfaffhuber AA, Bazin S, Kåsin K, Gylland A, Montafia A, 2017: "Glacio-marine clay resistivity as a proxy for remoulded shear strength: correlations and limitations". Quarterly J Eng Geol Hydrogeol QJEGH, 51, p. 63–78

Norges Geotekniske Institutt, 2019: Norwegian GeoTest Sites: Standardization of in-situ tests and field work. 20160154-03-R, rev. 0, p. 25

Palacky, G. V. (1987). Resistivity Characteristics of Geologic Targets.



## Tegnforklaring

— ERT profiler

Terrenghøyde

m.o.h.

159.586

116.341

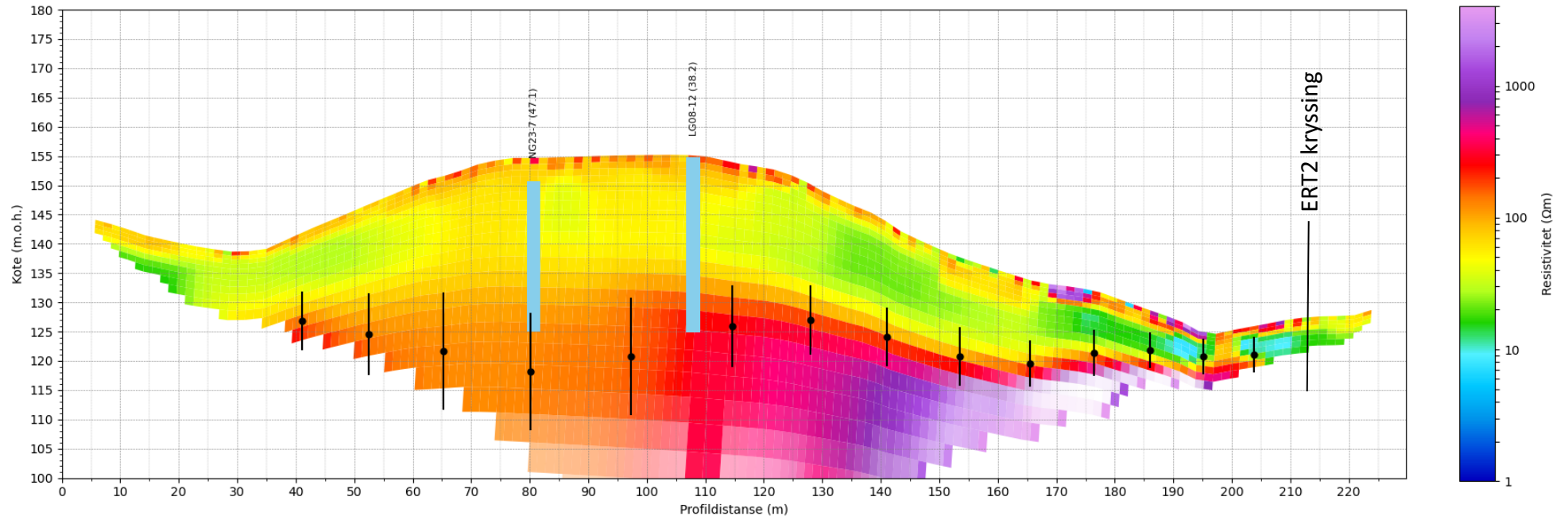
## Tømmereggen

ERT-undersøkelse

Utførte linjer

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2024-05-15	AOL	HAn	LaR
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A4 1:1 400	ETRS 1989 NTM Zone 10		
Prosjektnr.	Dokumentnr.	Kartnr.	Rev.
20230480	03R	A1	-
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT			
Tlf: 22 02 30 00 www.ngi.no			

# ERT1



## Tømmereggen ERT-undersøkelse

Utførte borerer er projisert på profilet (avstand i parentes)  
Svarte merker angir tolket bergoverflate, med tilhørende usikkerhet

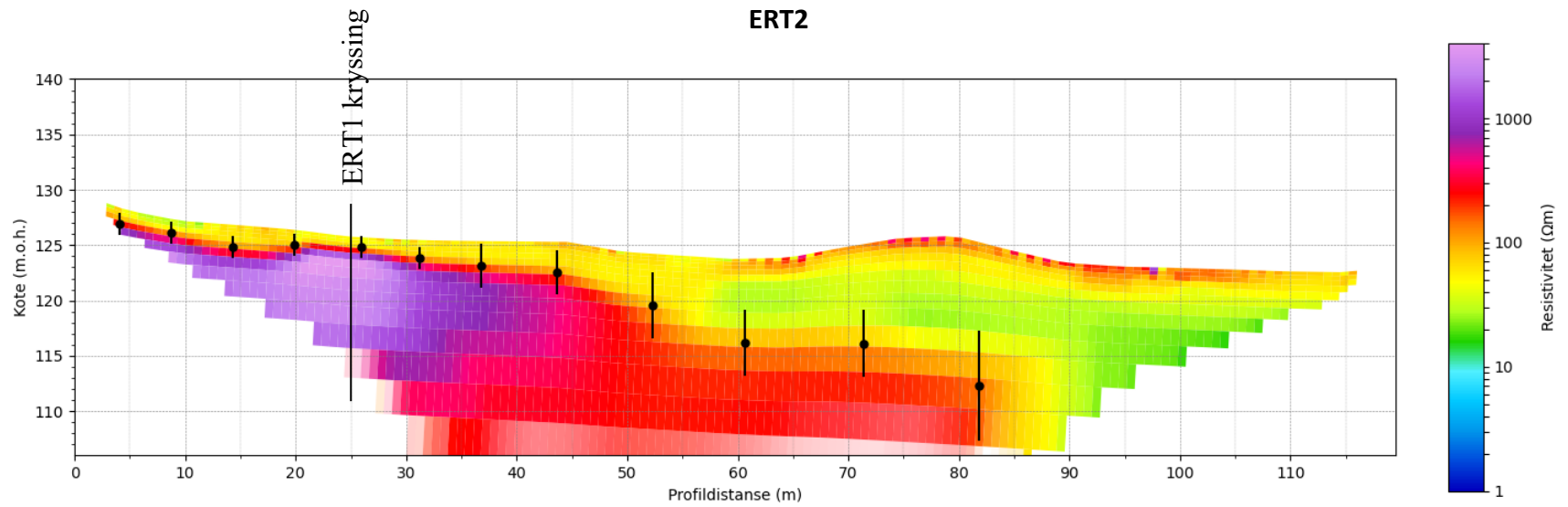
Dokumentnr.  
20230480-03R

Figurnr.  
B1

Dato  
08.05.24

Tegnet av  
AOL





**Tømmereggen ERT-undersøkelse**

Utførte borerer er projisert på profilet (avstand i parentes)  
 Svarte merker angir tolket bergoverflate, med tilhørende usikkerhet

Dokumentnr.  
20230480-03R

Figurnr.  
B2

Dato  
08.05.24

Tegnet av  
AOL



<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Datarapport ERT, Tømmereggen, Frogner		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20230480-03-R
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport / Report	<b>Oppdragsgiver/Client</b> Lillestrøm kommune	<b>Dato/Date</b> 2024-06-05
<b>Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract</b> NGI		<b>Rev.nr.&amp;dato/Rev.no.&amp;date</b> 0 /
<b>Distribusjon/Distribution</b> BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
<b>Emneord/Keywords</b> Geofysikk, datarapport, grunnundersøkelser, ERT, kvikkleire		

<b>Stedfesting/Geographical information</b>	
<b>Land, fylke/Country</b> Norge, Viken	<b>Havområde/Offshore area</b>
<b>Kommune/Municipality</b> Lillestrøm	<b>Felt navn/Field name</b>
<b>Sted/Location</b> Fjellboveien 21, Tømmereggen, Frogner	<b>Sted/Location</b>
<b>Kartblad/Map</b> Kart 10034 i Norge-serien	<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone: 32 Øst: 616120 Nord: 6656425	<b>Koordinater/Coordinates</b> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

<b>Dokumentkontroll/Document control</b>					
<b>Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001</b>					
<b>Rev/ Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>	<b>Egenkontroll av/ Self review by:</b>	<b>Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:</b>	<b>Uavhengig kontroll av/ Independent review by:</b>	<b>Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:</b>
0	Originaldokument	2024-05-15 Asgeir Kydland Lysdahl	2024-05-16 Helgard Anschutz 2024-06-03 Håkon Heyerdahl		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 5. juni 2024	<b>Prosjektleder/Project Manager</b> Laura Rødvand
--	----------------------------------	---

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, forurenset grunn og naturfarer som jord- og snøskred. Forskningen vår leverer kunnskap som bidrar til å løse noen av de viktigste utfordringene verden står overfor innenfor klima, miljø, energi og samfunnsikkerhet.

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](http://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](http://www.ngi.no)

