



**DATARAPPORT FRA
GRUNNUNDERSØKELSE**

**NVE Midt-Norge
Utglidning Amundsdalen, Klæbu**

Oppdrag nr: 6090687
Rapport nr. 01

Dato: 7.1.2010

Fylke Sør Trøndelag	Kommune Klæbu	Sted Amundsdalen	UTM 05739 70240(WGS 84)
Byggherre			
Oppdragsgiver NVE Midt-Norge			
Oppdrag formidlet av NVE Midt-Norge v/Einar Lyche			
Oppdragsreferanse Bestilling av 5.10.2009.			
Antall sider 5	Tegn.nr 101 - 116	Antall appendiks -	Antall tillegg 3

Prosjekt-tittel

**NVE MIDT-NORGE
UTGLIDNING AMUNSDALEN, KLÆBU.**

Rapport-tittel

**Grunnundersøkelser
Datarapport**

Oppdrag 6090687	Rapport 01	Rev:	Dato 7.1.2010	Kontr <i>BLW</i>
Oppdragsleder: Øyvind Bredvold		Utarbeidet av: Øyvind Bredvold <i>Øyvind Bredvold</i>		
SAMMENDRAG				
Rapporten inneholder resultater av grunnundersøkelser utført for nødvendige vurderinger og tiltak av raset ved Amundsdalen i Klæbu.				
I de øvre lag kan det stedvis påtreffes fyllmasse og/eller lagdelte masser med varierende innhold (leire, silt og sand).				
Videre med dybden består grunnen hovedsakelig av middels fast til fast leire ned til avsluttet sondering ca. 30-48 meter under terreng.				
Det er påvist kvikk/sensitiv leire i de fleste borpunktene. Mektigheten av kvikk/sensitiv leire er størst i nedre del av skråningen og avtagende videre oppover i skråningen.				
Prøvetakingen viser udrenert skjærstyrke $S_u \approx 27-130$ kPa og et vanninnhold i størrelsesorden 25-42 %. Tyngdetetthet av leirmassene er på 19-20 kN/m ³ . Konsistensgrenseforsøkene viser at leira er lite plastisk, $I_p = 4-9$ %.				

INNHold

1	INNLEDNING	3
1.1	Prosjekt	3
1.2	Oppdrag	3
1.3	Innhold	3
2	UNDERSØKELSER.....	3
2.1	Feltundersøkelser	3
2.2	Oppmåling	3
2.3	Laboratorieundersøkelser.....	4
2.4	Resultater	4
3	GRUNNFORHOLD	4
3.1	Terreng	4
3.2	Løsmasser	4
3.3	Fjell	5
3.4	Grunnvann.....	5

TEGNINGER

Tegn. nr.	Rev. nr.	Tittel	Målestokk
101		Oversiktskart	1 : 50 000
102		Situasjonsplan	1 : 1 000
103		Profil A-A m/boreresultater	1 : 200
104		Profil B-B m/boreresultater	1 : 200
105		Profil C-C m/boreresultater	1 : 200
106		Profil D-D m/boreresultater	1 : 200
107		Totalsondering, pkt 5	1 : 200
108		Trykksondering (CPTU), pkt 1	1 : 200
109		Trykksondering (CPTU), pkt 8	1 : 200
110		Borprofil, hull 1	1 : 100
111		Borprofil, hull 8	1 : 100
112		Ødometerforsøk, hull 1 dybde 8.6m	
113		Ødometerforsøk, hull 1 dybde 17.6m	
114		Treaksialforsøk, hull 1, lab nr 09	
115		Treaksialforsøk, hull 1, lab nr 09	
116		Poretrykksmålinger pkt 1 og 6	1 : 200

TILLEGG

I	Feltundersøkelser
II	Laboratorieundersøkelser
III	Spesielle undersøkelser

1 INNLEDNING

1.1 Prosjekt

En utglidning har inntruffet der Amundsbekken krysser Fv 885 ved Amundsdalen i Klæbu. Raset er ca. 30 m bredt og rasmassene har ført til en oppdemming av Amundsbekken. NVE Midt-Norge vil utføre nødvendige vurderinger og tiltak av raset. Området der raset har inntruffet ligger innenfor kvikkleriesone 1093 – Storugla.

1.2 Oppdrag

Rambøll Norge AS er engasjert for å utføre grunnundersøkelser i området for å avdekke grunnforholdene og evt. forekomst av kvikkleire i området.

1.3 Innhold

Rapporten er en ren datarapport og inneholder resultater av de utførte grunnundersøkelser.

2 UNDERSØKELSER

2.1 Feltundersøkelser

Feltarbeidet er utført 7.10-8.10.2009 og 17.11-20.11.2009. Følgende feltundersøkelser ble utført:

- 8 dreietrykksonderinger inntil 45 m dybde.
- 2 prøveserier, prøvetaking inntil 24 m dybde.
- 2 trykksonderinger (CPTU) inntil 36 m dybde.
- Poretrykksmålinger i 2 punkt, med avlesning i 2 dybder i pkt 1 og i 1 dybde i pkt 6.

Borpunktene plassering framgår av situasjonsplanen, tegning 102.

Utførelse av feltundersøkelser er nærmere beskrevet i tillegg I bak i rapporten.

2.2 Oppmåling

Borpunktene er satt ut og innmålt (koordinatsystem EU-ref 89 og NGO høydesystem) av Rambøll Norge AS. Målingene er utført med GPS med utgangspunkt i punkt G25T0318.

Tabell 1 - Koordinatliste

Borpunktnr	X (Nord)	Y (Øst)	Høyde (m)
1	7024005.4	573876.1	97.5
2	7024036.1	573901.5	105.4
3	7024067.0	573927.0	113.2
4	7024092.0	573947.1	119.9
5	7024112.9	574129.9	134.3
6	7023989.6	573912.9	91.2
7	7024039.9	573844.7	95.2
8	7023959.3	573884.9	90.8

2.3 Laboratorieundersøkelser

Det er tatt opp 13 uforstyrrede Ø54 mm sylinterprøver i 2 punkt og 3 uforstyrrede Ø75 mm sylinterprøver i 1 punkt. Prøvene er åpnet og undersøkt ved Rambølls og ved NTNUs laboratorier i Trondheim.

Prøvene er klassifisert, og det er utført rutinemessig undersøkelse av vanninnhold og tyngdetetthet. Det er videre målt udrenert skjærstyrke s_u ved konusforsøk og enaksiale trykkforsøk. Det er i tillegg utført bestemmelse av konsistensgrenser på 3 prøver.

For vurdering av effektive skjærstyrkeparametere, er det utført i alt 2 treaksialforsøk på prøver av kvikkleire.

For vurdering av overkonsolideringsgrad og opprinnelig terrengnivå i området er det utført 2 kontinuerlige ødometerforsøk. Forsøkene er utført ved NTNU.

Utførelse og resultatpresentasjon av laboratorieundersøkelser er nærmere beskrevet i tillegg II og III bak i rapporten.

2.4 Resultater

Plassering av borepunkter og boredybder er vist på situasjonsplanen, tegning 102. Resultater av dreietrykksonderinger og trykksonderinger (CPTU) er framstilt grafisk i profiler og som enkeltboringer på tegning 103-109.

Resultater fra laboratorieundersøkelsene er vist i borprofilene på tegning 110 og 111. Ødometer- og treaksialforsøkene er vist på tegning 112-115.

Poretrykkmålingene er framstilt på tegning 116.

Profilene er tegnet på grunnlag av oppmåling 7.10.2009 og 16.11.2009.

3 GRUNNFORHOLD

3.1 Terreng

Rasområdet ligger ved der Amundsbekken krysser Fv 885 ved Amundsdalen i Klæbu kommune. Amundsbekken og Fv 885 ligger i dalbunn og terrenget ligger her på ca. kote +87 til +90. Videre skråner terrenget opp til ca. kt +135 til +140 mot Ytterugla i nordøst og Rønningen i sørvest. Kart over området tyder på at terrenget før raset inntruffet hadde en gjennomsnittlig skråningshelning på ca 1:4.

3.2 Løsmasser

Pkt 1-4 og pkt 6-8

I det øvre lag tyder sonderingene på lagdelte masser av antatt leire, silt og sand. Mektigheten er størst øverst i skråningen og varierer fra 2-18 meter.

Videre med dybden består løsmassene av middels fast til fast leire til avsluttet sondering ca 35-48 meter under terreng.

Det er påvist kvikk/sensitiv leire i de fleste borpunktene. I øvre del av skråningen er dybden til kvikkleira stort sett 12-20 m. Dybden til kvikk/sensitiv leire minker mot sørvest, til anslagsvis 5 m ved nedre del av skråningen. Mektigheten av kvikk/sensitiv leire er størst i nedre del av skråningen opp til 5-20 meter og avtagende videre oppover i skråningen 2-5 meter mektighet.

Fra ca kote +70 til +77 er det påtruffet et fastere lag av antatt leire og/eller silt ned til avsluttet sondering.

Utbredelsen av kvikkleire er ikke avgrenset mot vest, sør eller nord. Det er derfor grunn til å anta at kvikkleira har utbredelse som er angitt på NVEs faresonekart.

Prøvetakingen av leirmassene viser vanninnhold i størrelsesorden 25-42 % og tyngdetetthet 19-20 kN/m³. Udrenert skjærstyrke målt med fallkonus og enaksiale trykkforsøk viser $S_u \approx 27-130$ kPa. Konsistensgrenseforsøkene viser at leira er lite plastisk med $I_p = 4-9$ %.

Pkt 5

Dreietrykkssonderingen tyder på leire ned til 15 meters dybde over lagdelte masser av antatt leire, silt og sand ned til avsluttet sondering ca 30 meter under terreng.

3.3 Fjell

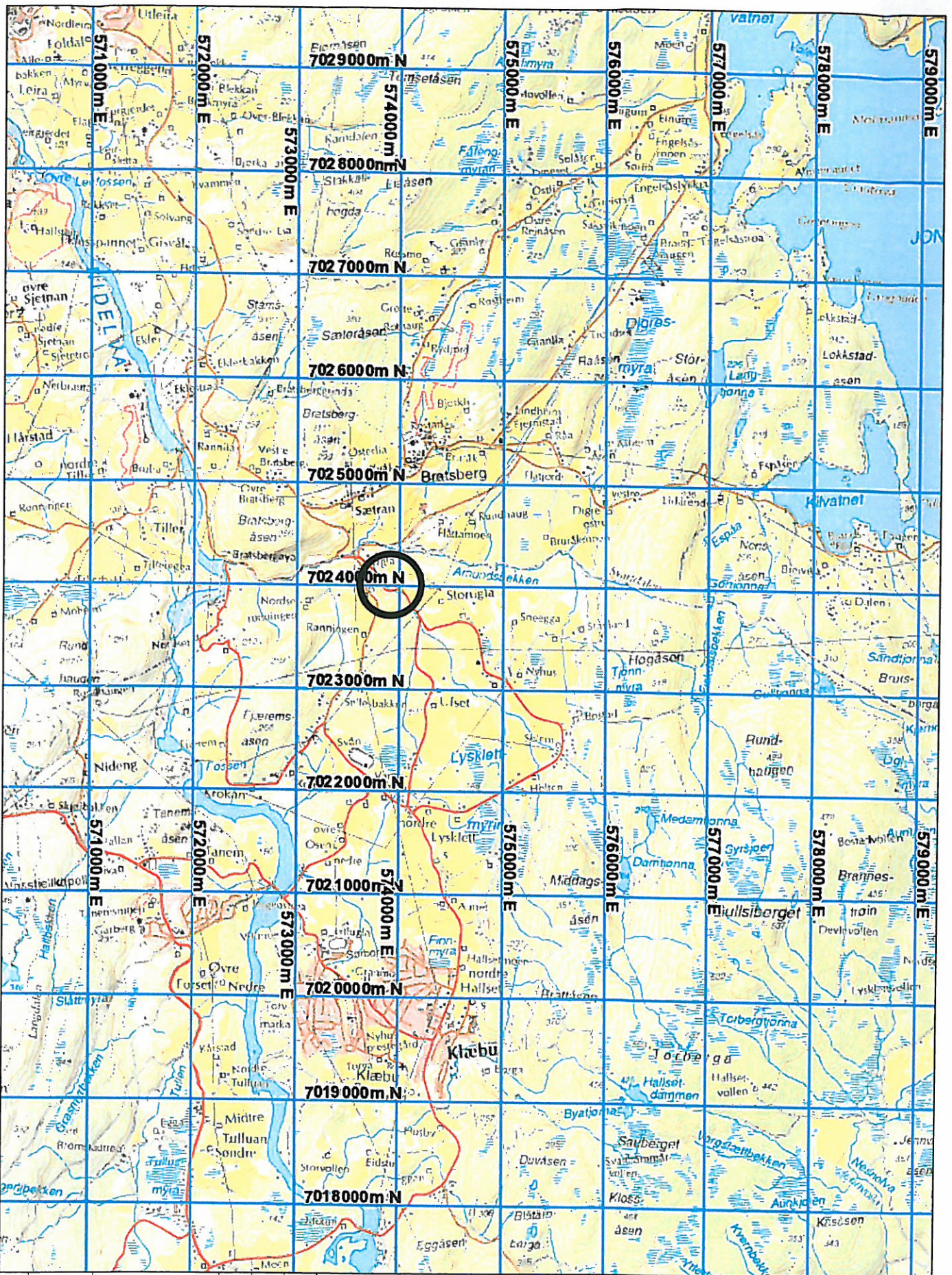
Fjellet forventes å ligge dypt. Det er boret inntil 30-48 m uten å treffe fjell.

3.4 Grunnvann

Poretrykksmålingen i punkt 1 indikerer grunnvann ca. 2,5 meter under terreng. Poretrykksfordelingen i dybden er tilnærmet hydrostatisk.

Poretrykksmålingen i punkt 6 indikerer overtrykk på 50 kPa ved ca 12 meters dybde da grunnvannsnivået er antatt i samme nivå som Amundsbecken, ca 1,5 meter under terreng.

For detaljer vedrørende grunnforholdene henvises til rapportens bilag.



0	8.10.2009		OBD		
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj

Oppdrag nr. 6090687 Målestokk: 1:50 000 Status: Datarapport

NVE Midt-Norge
 Utglidning Amundsdalen

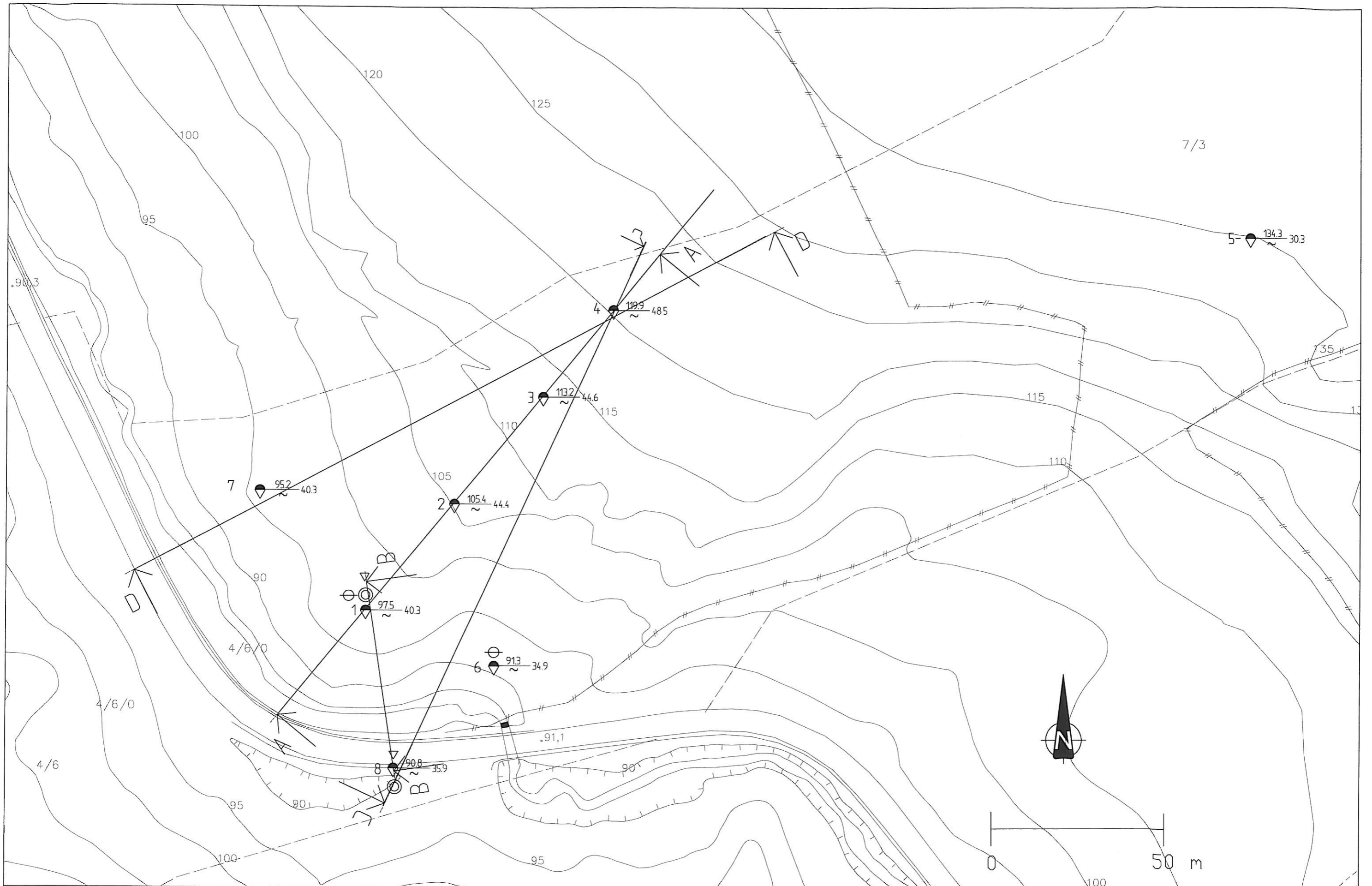
Oversiktskart

UTM-ref: 05739 70240

RAMBOLL

P.B. 7493 Mellomlia 79
 N-7018 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
 www.ramboll.no

Tegning nr. Rev.
 101 0



00	6.1.2010		OBD	<i>RAM</i>	
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS		Datarapport			

RAMBOLL

Ramboll Norge AS - Region Midt-Norge
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

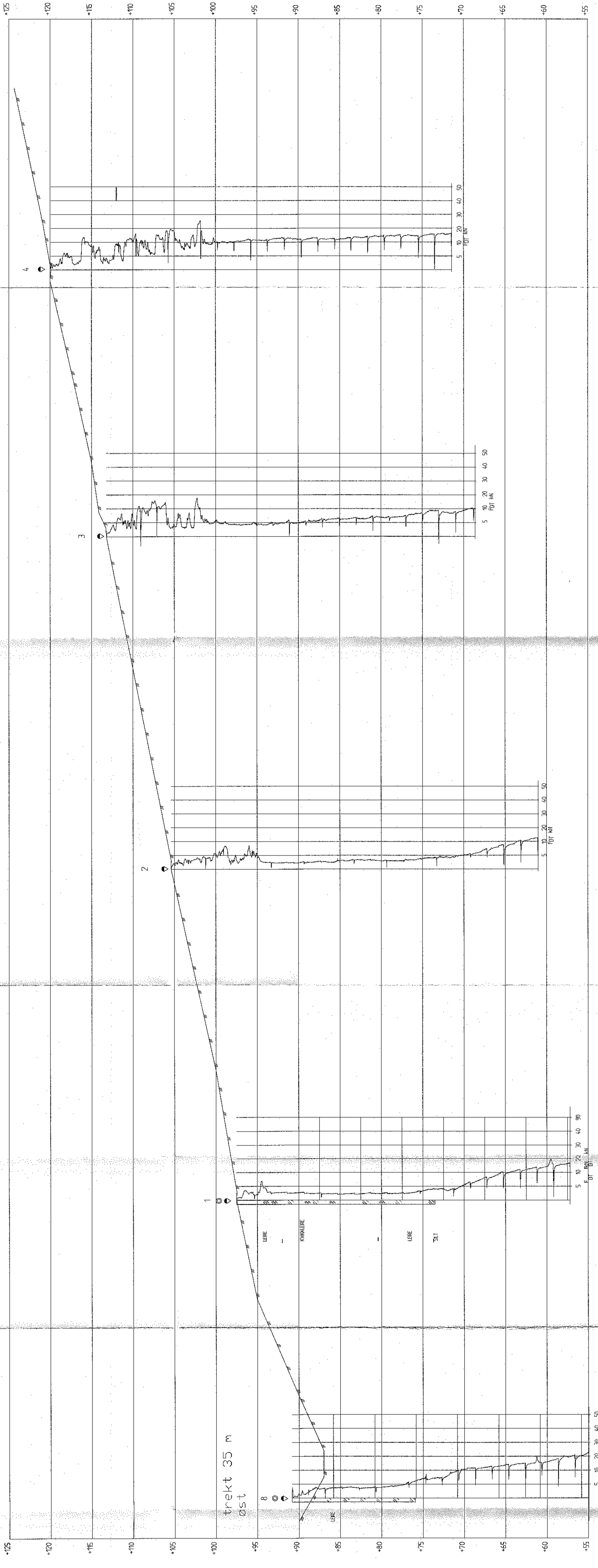
OPPDRAG
Utglidning Amundsdalen

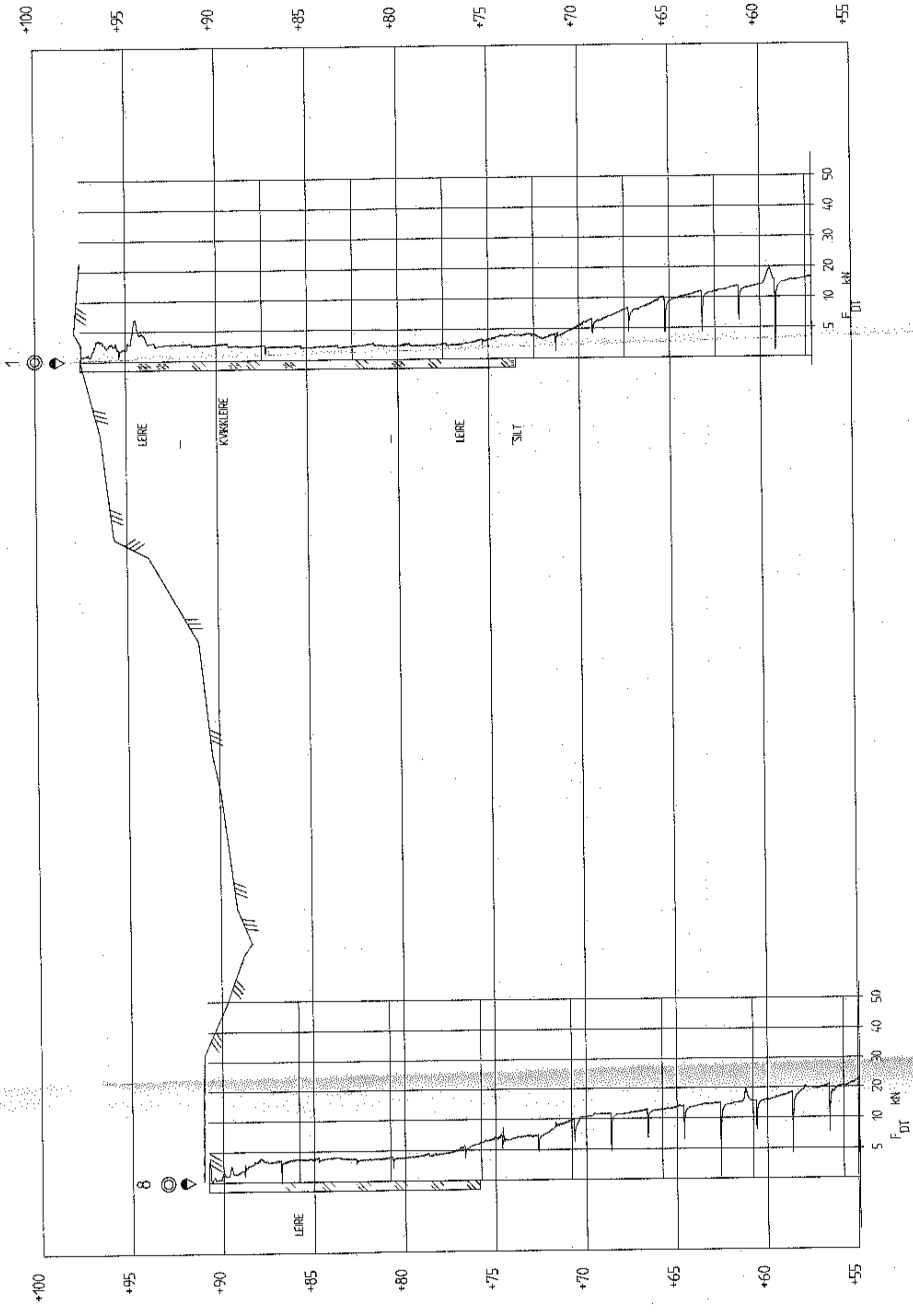
OPPDRAGSGIVER
NVE Midt-Norge

INNHold
Situasjonsplan

Dreietrykkspondering
 Piezometer
 Prøveserie
 Trykksondering (CPTU)

OPPDRAG NR. 6090687	MÅLESTOKK 1:1000	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 102		REV. 0	





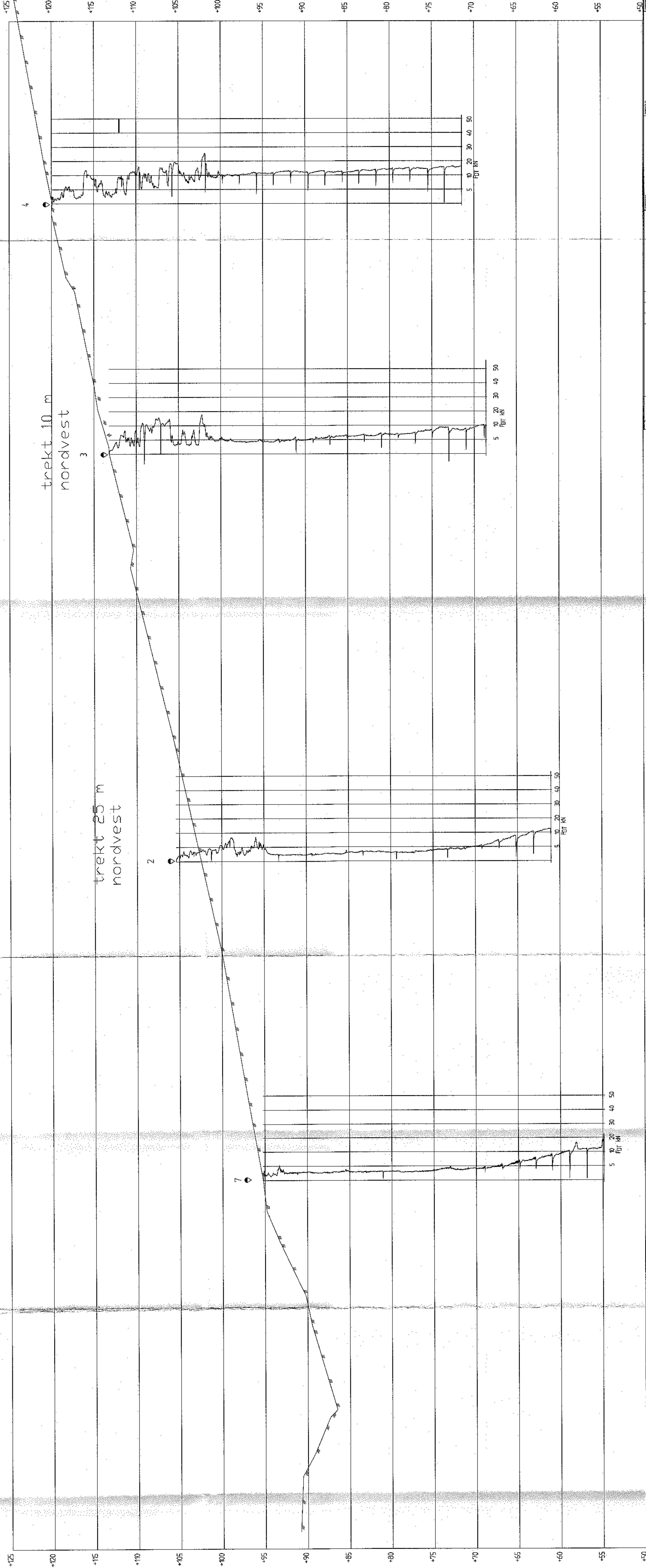
OPPROG NR.	6090687	MÅLSTOKK	1:200	BLAD NR.	01	AV	01
TEGNING NR.	104	REV.	0				

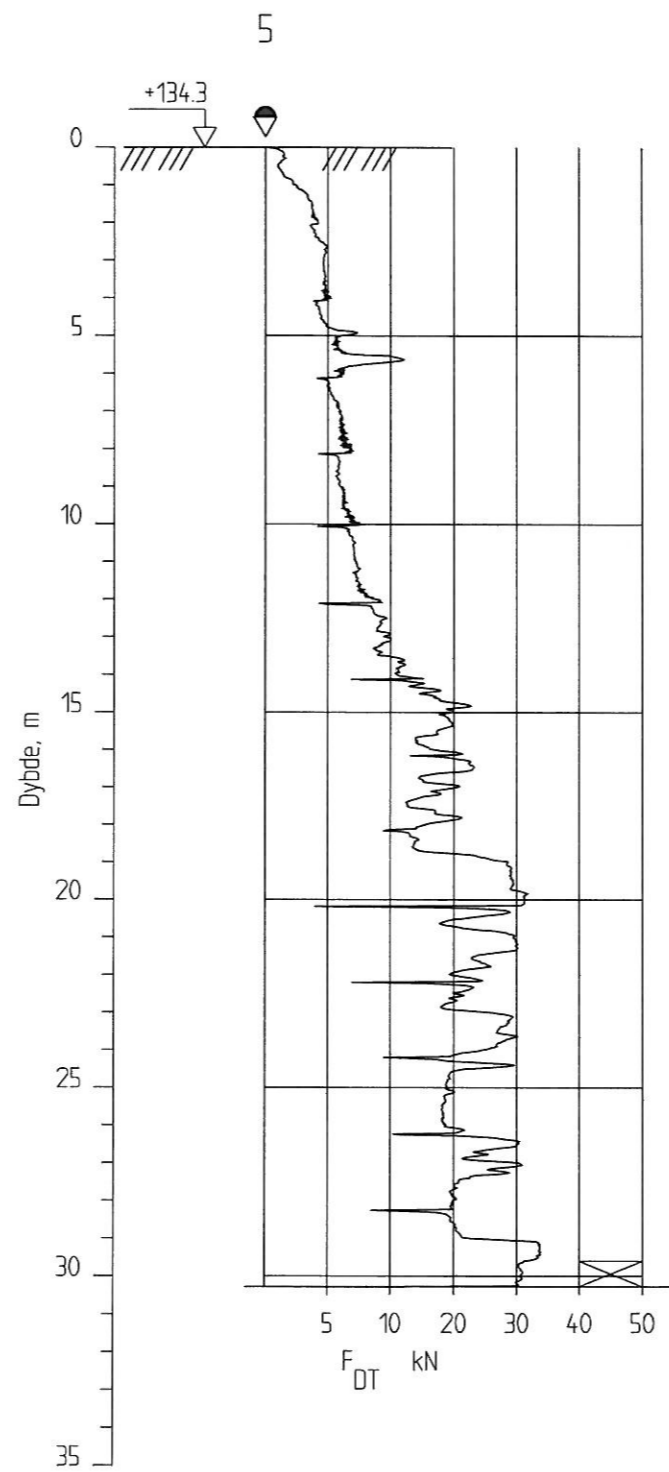
TRINNOLD
 Profil B - Boreresultater
 Dreietrykksondering
 Prøveserie

OPPROG
 Utglidning Amundsdalen
 OPPDRAGSGIVER
 NVE Midt-Norge

RAMBØLL
 Rambøll Norge AS - Region Midt-Norge
 P.B. 7493 Mellomålia 79, N-7018 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 80

TEGNINGSDATO	00	6.1.2010	ORDB	AK
TEGNER			KONTROLLER	
TEGNINGSTATUS	Datarapport			





00	29.11.2009		OBD	<i>[Signature]</i>	
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS		Datarapport			

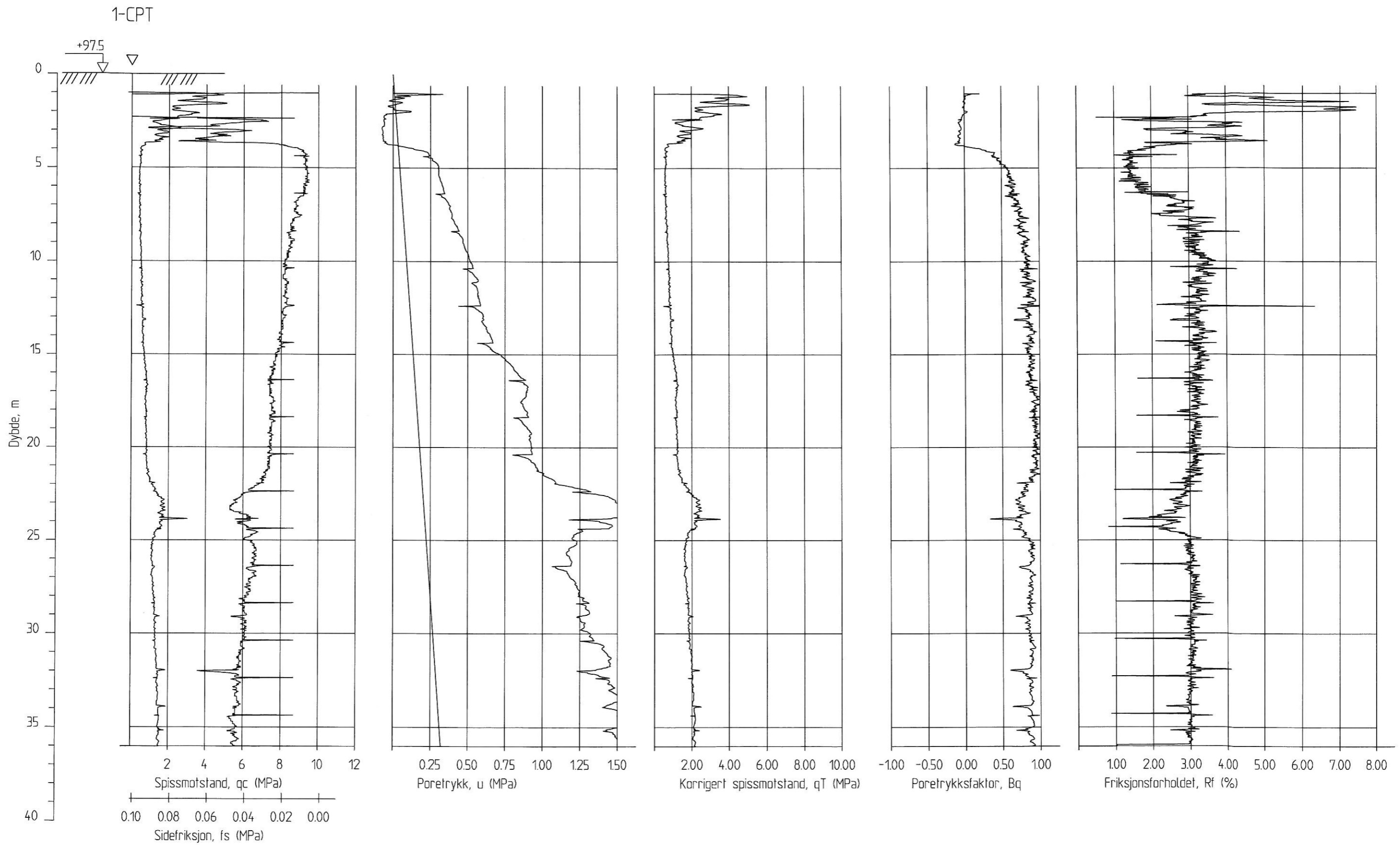


Ramboll Norge AS - Region Midt-Norge
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

OPPDRAG	Utglidning Amundsdalen
OPPDRAGSGIVER	NVE Midt-Norge

INNHOOLD	Boreresultater
	• Dreietrykkssonderinger

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6090687	1:200	01	01
TEGNING NR.			REV.
107			0



00	30.11.2009		OBD	<i>San</i>	
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS		Datarapport			

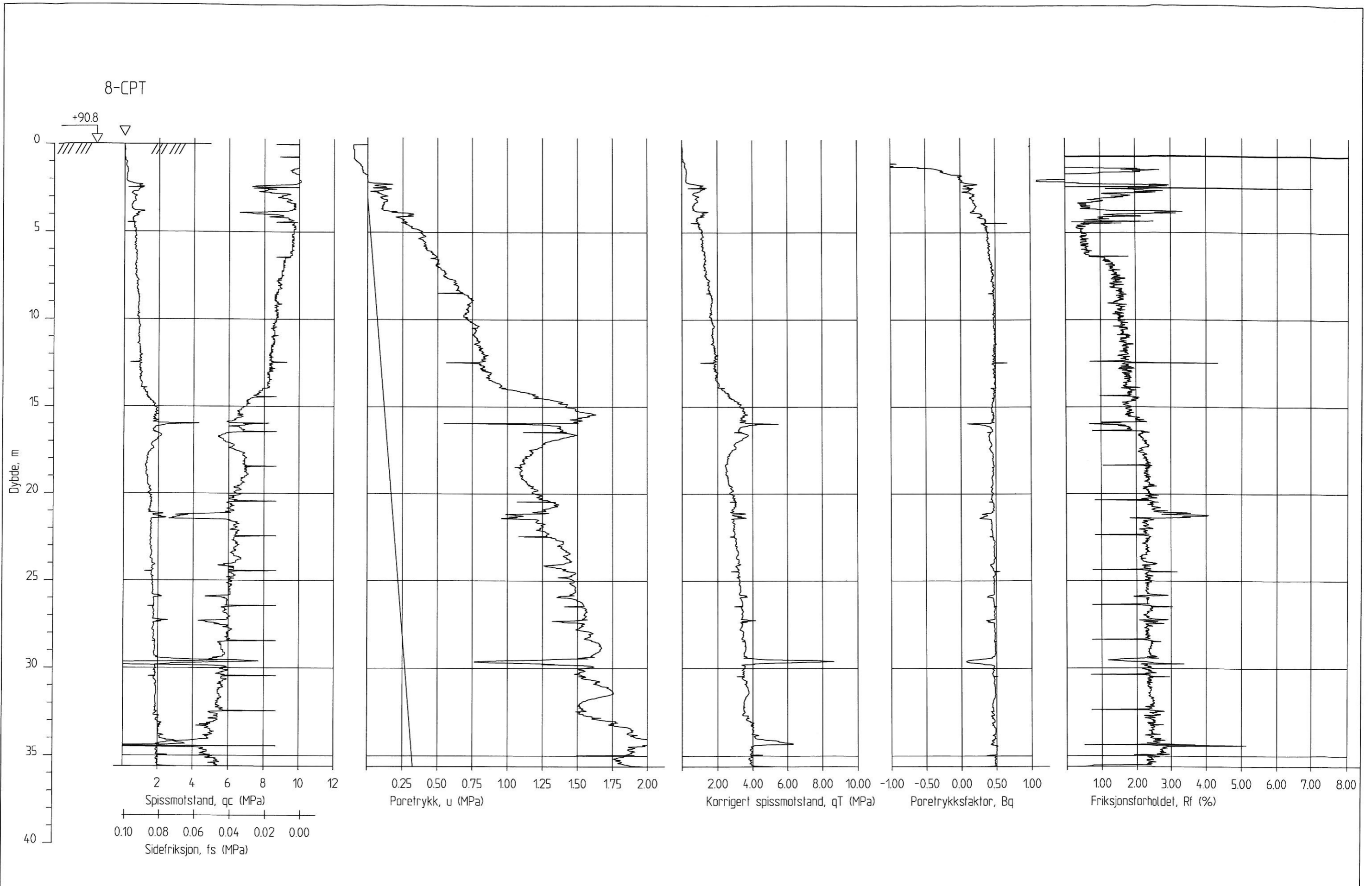


Ramboll Norge AS - Region Midt-Norge
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

OPPDRA Utglidning Amundsdalen
OPPDRA NVE Midt-Norge

INNHO Boreresultater ▽ Trykksondering (CPTU)
--

OPPDRA NR. 6090687	MÅLESTOKK 1:200	BLAD NR. 108	AV 0
TEGNING NR.		REV.	



00	30.11.2009		OBD		
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS		Datarapport			

RAMBOLL

Rambøll Norge AS - Region Midt-Norge
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

OPPDRAG

Utgledning Amundsdalen

OPPDRAGSGIVER

NVE Midt-Norge

INNHOOLD

Boreresultater

▽ Trykksondring (CPTU)

OPPDRAG NR.

6090687

MÅLESTOKK

1:200

BLAD NR.

109

AV

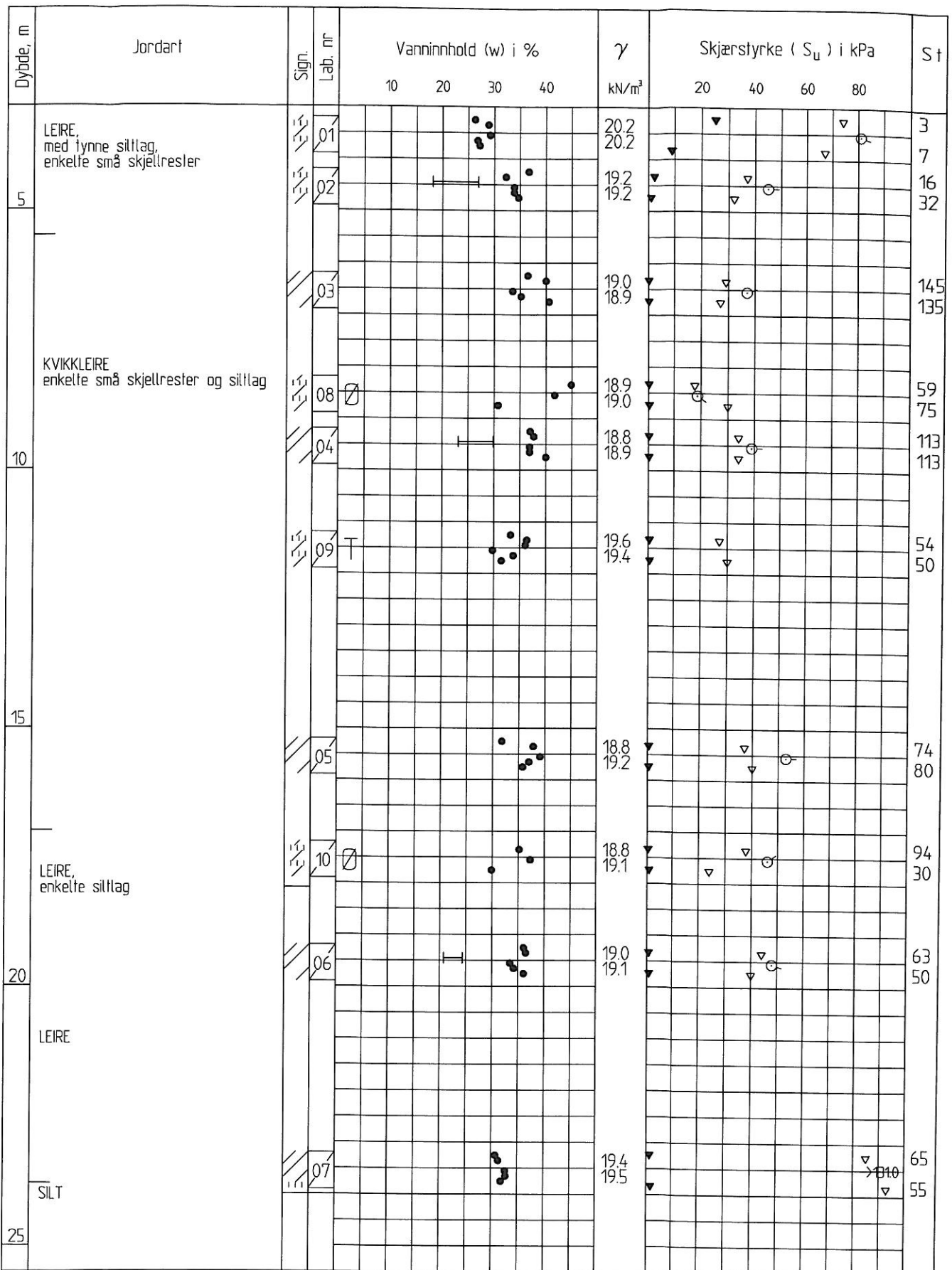
0

TEGNING NR.

REV.

109

0



Enkelt trykkforsøk : (strek angir def.% v/brudd) Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▼ / ▽
 Penetrometerforsøk □ Konsistensgrense w_p ————— w_L Andre forsøk:
 T= Treaksialforsøk Ø= Ødometerforsøk K= Kornfordeling

0	25.11.2009		OBD	<i>[Signature]</i>
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr

Oppdrag nr. 6090687 Målestokk: 1:100 Status: Datarapport
 NVE Midt-Norge
 Utglidning Amundsdalen
 BORPROFIL HULL NR.: 1
 TERRENGHØYDE: +97.5 PRØVETYPE: 54 mm/75 mm

A L

P.B. 7493 Mellomila 79
 N-7018 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
 www.ramboll.no

Tegning nr. Rev.
 110 0

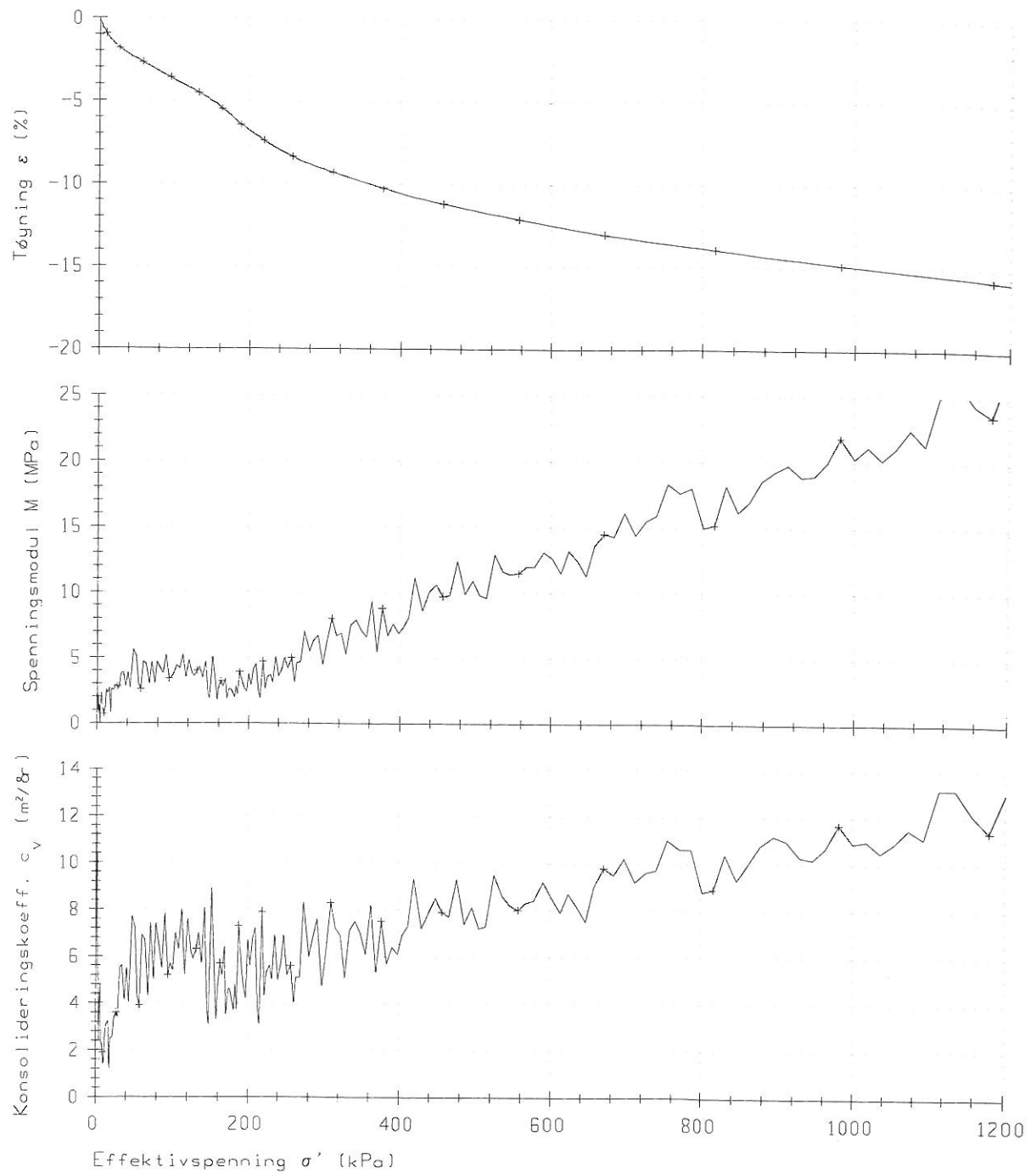
Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Skjærstyrke (S _u) i kPa				S _f
				10	20	30	40		20	40	60	80	
				[Grid]					[Grid]				
5			11				18.9 20.0					20 39	
			12				19.2 19.6					48 46	
10			13				18.8 18.9					42 64	
			14				19.0 19.2					28 34	
			15				19.3 19.3					23 23	
15			16				19.3 19.5					36 62	
20													

Enkelt trykkforsøk : (strek angir def. % v/brudd) Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▼ / ▽
 Penetrometerforsøk Konsistensgrense w_p ———— w_L Andre forsøk:
 T= Treaksialforsøk Ø= Ødometerforsøk K= Kornfordeling

0	29.11.2009		OBD	<i>[Signature]</i>
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr

Oppdrag nr. 6090687 Målestokk: 1:100 Status: Datarapport
 NVE Midt-Norge
 Utglidning Amundsdalen
 BORPROFIL HULL NR.: 8
 TERRENGHØYDE: +90.8 PRØVETYPPE: 54 mm

RAMBOLL
 P.B. 7493 Mellomila 79
 N-7018 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
 www.ramboll.no
 Tegning nr. 111 Rev. 0



Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
1	8.58	100	CRS	Amundsdalen

KONTINUERLIG ØDOMETER

Oppdrag
2009.32

NTNU Geoteknikk

Dato
2009-12-19

Fig.

RAMBOLL

NVE Midt-Norge AS
Utgledning Amundsdalen

MÅLESTOKK

OPPDRAG
6090687

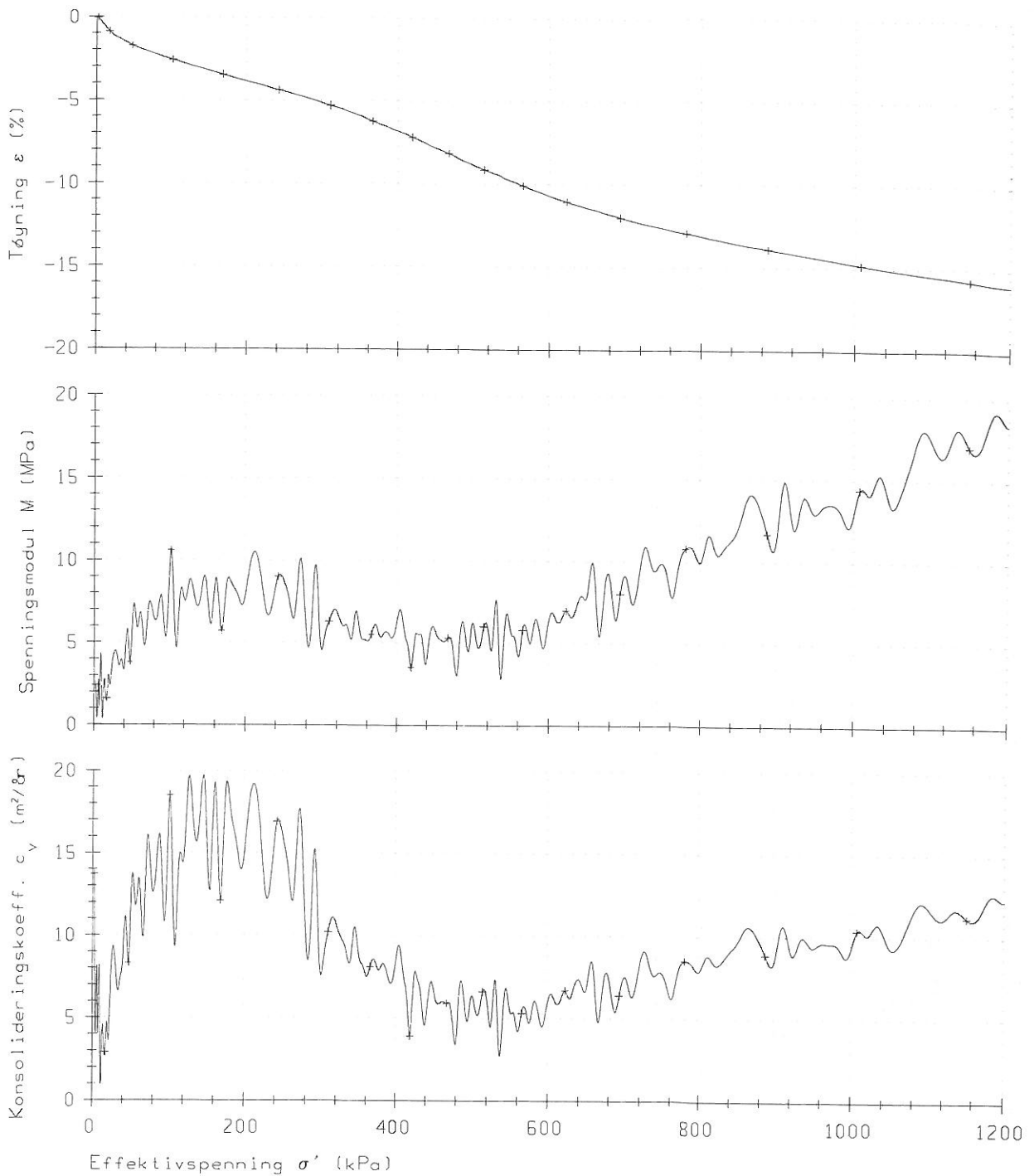
Kontinuerlig ødometer
Boring 1, dybde 8.6 m,
labnr. 100

TEGNET
OBD

BILAG

DATO
6.01.2010

TEGN.NR.
112



Boring	Dybde,m	Labnr.	F.type	Kommentar
1	17.56	100	CRS	Amundsdalen

KONTINUERLIG ØDOMETER

Oppdrag
2009.32

NTNU Geoteknikk

Dato
2009-12-20

Fig.

RAMBOLL

NVE Midt-Norge
Utgledning Amundsdalen

Kontinuerlig ødometer
Boring 1, dybde 17.6 m,
labnr. 100

MÅLESTOKK

TEGNET
OBD

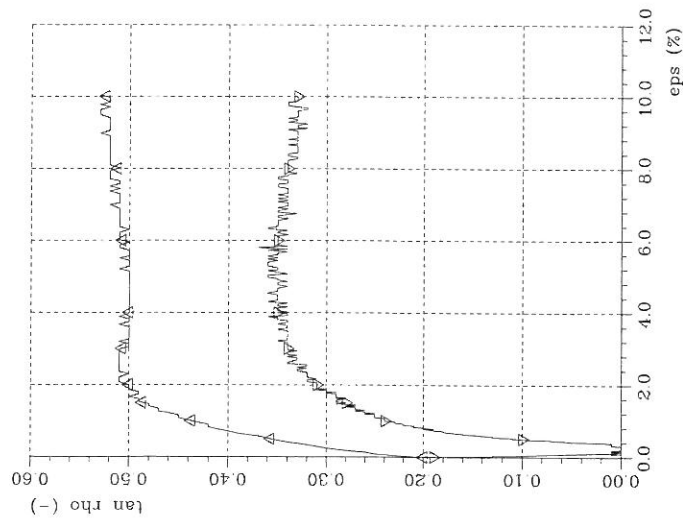
DATO
6.1.2010

OPPDRAG
6080789

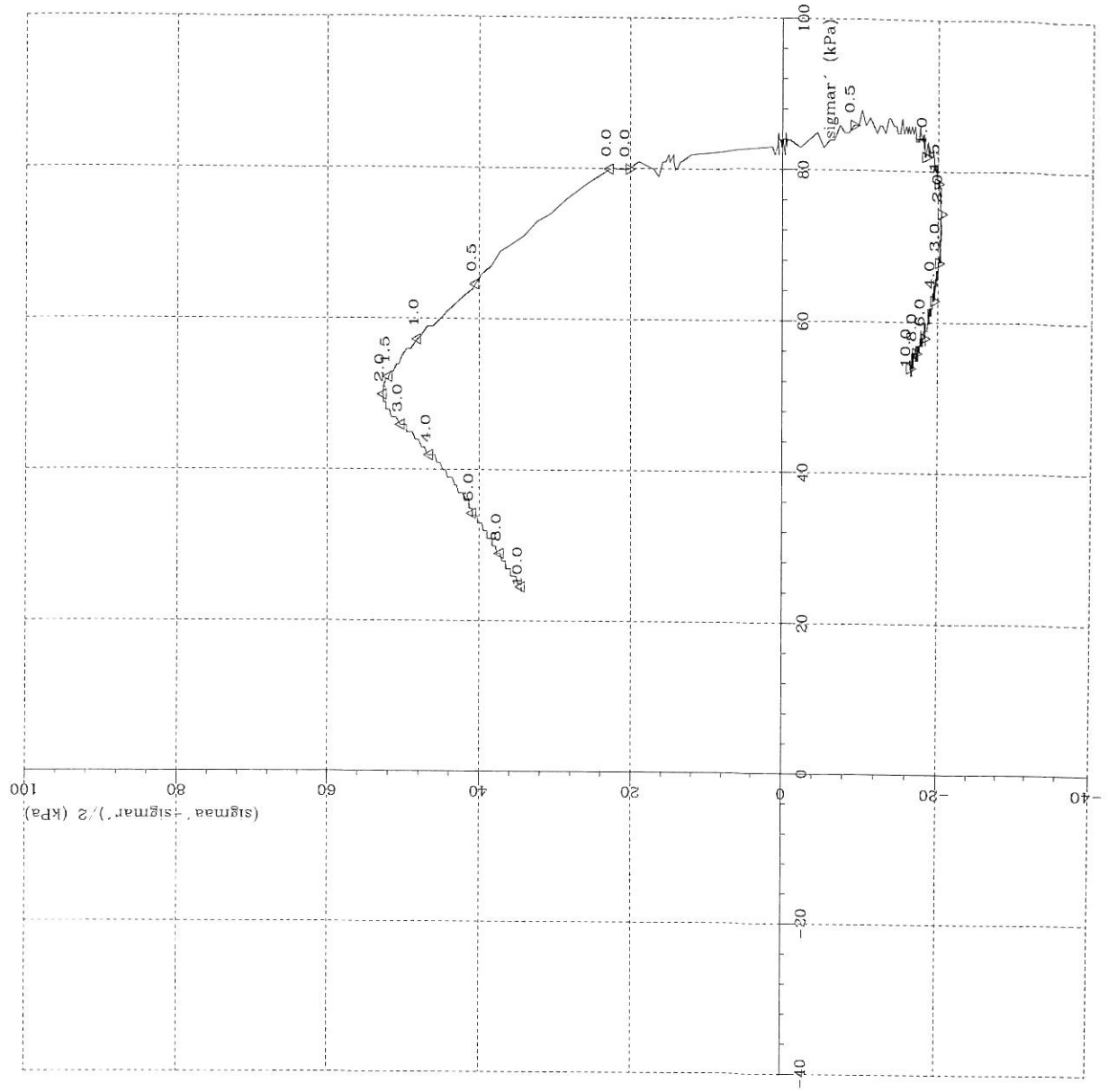
BILAG

TEGN.NR.
113

Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøkstype	dV(cm3)	Korr.	Kommentar
	1	11.60	09	CAUA	4.80	4	Kvikkleire
	1	11.70	09	CAUP	5.20	4	Kvikkleire



a (kPa) = 15.00
 a (kPa) = 15.00



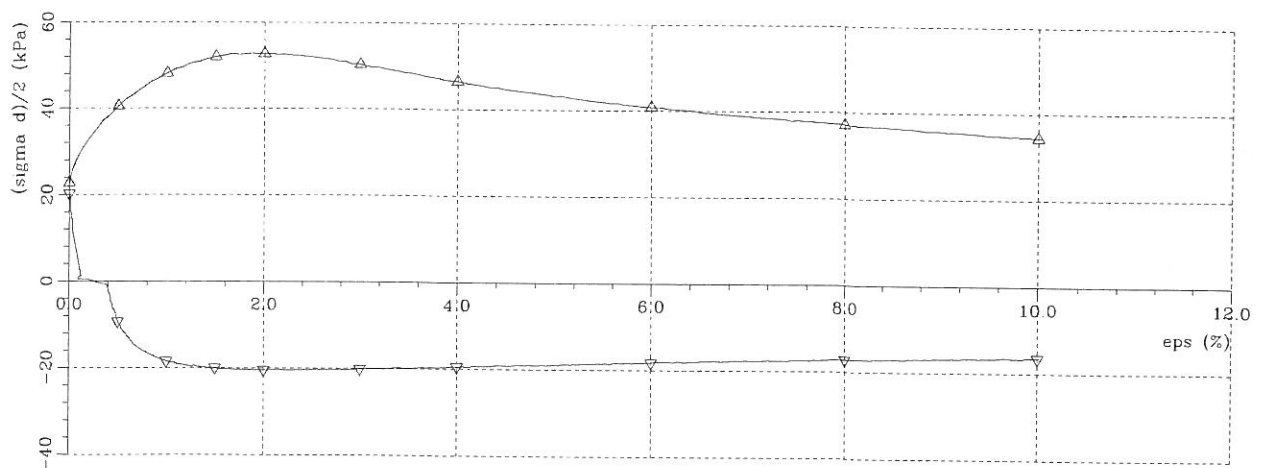
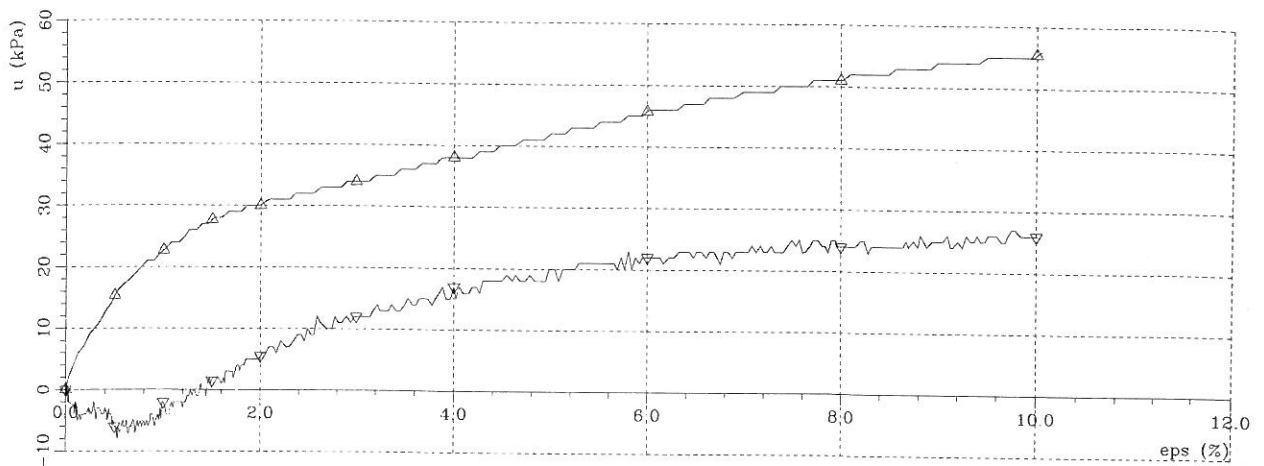
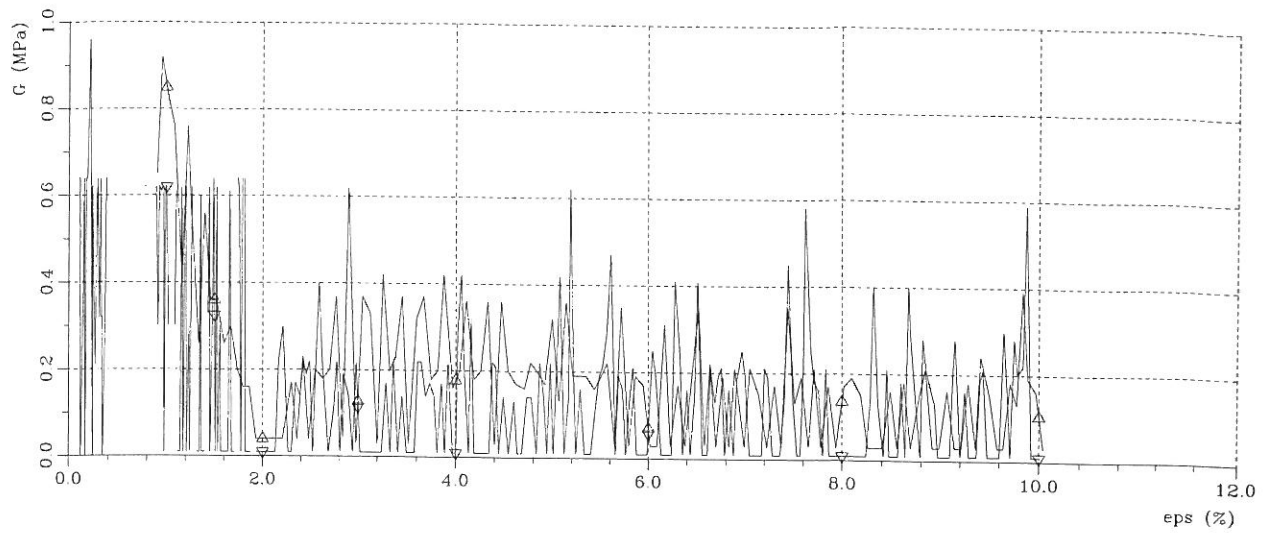
TREAKSIALFORSØK

RAMBØLL, divisjon Geo og Miljø

Oppdr.nr.
6090687

Dato
6. 1.10

Fig.
114



Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøksstype	dV(cm ³)	Korr.	Kommentar
▲	1	11.60	09	CAUA	4.80	4	Kvikkleire
▼	1	11.70	09	CAUP	5.20	4	Kvikkleire

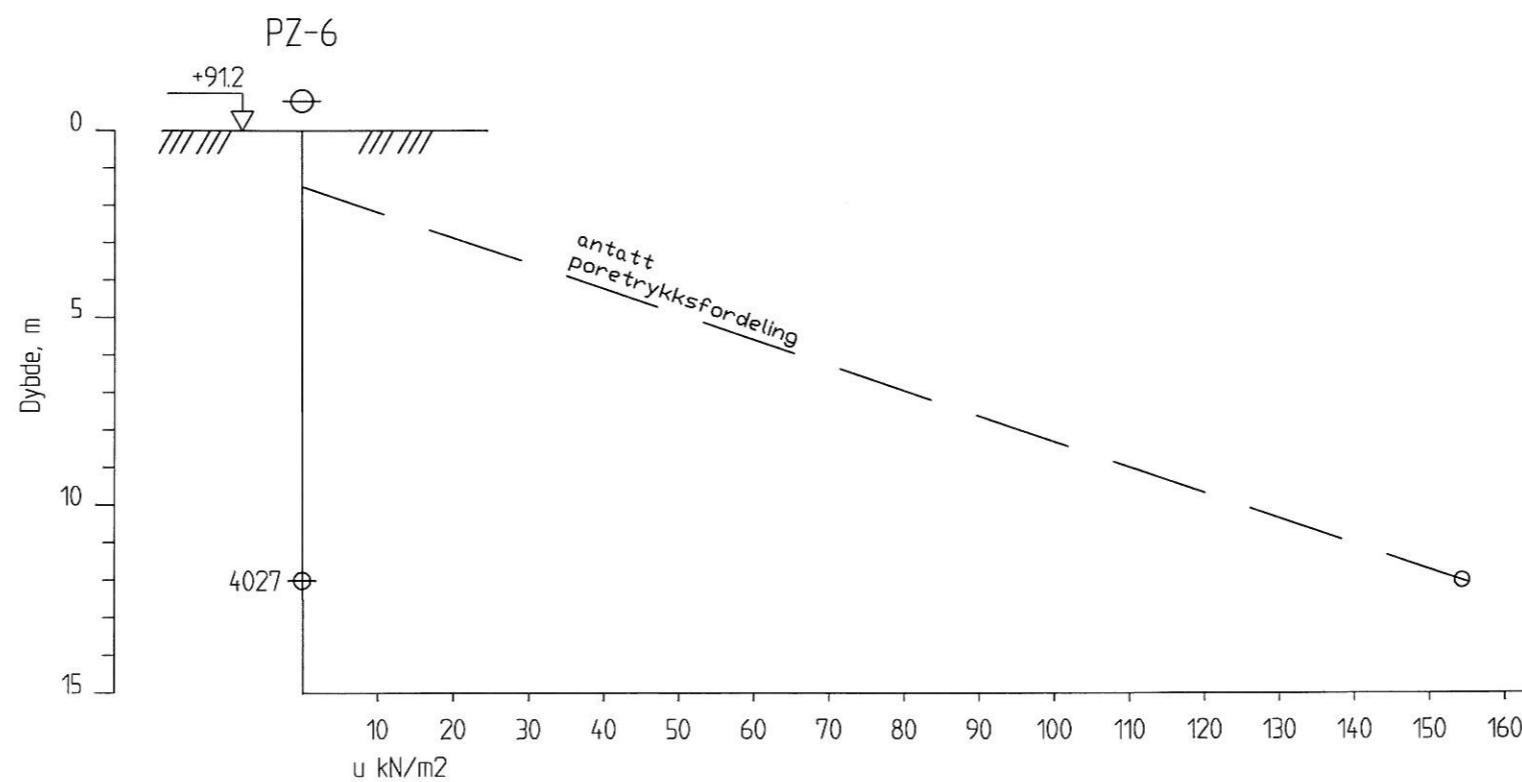
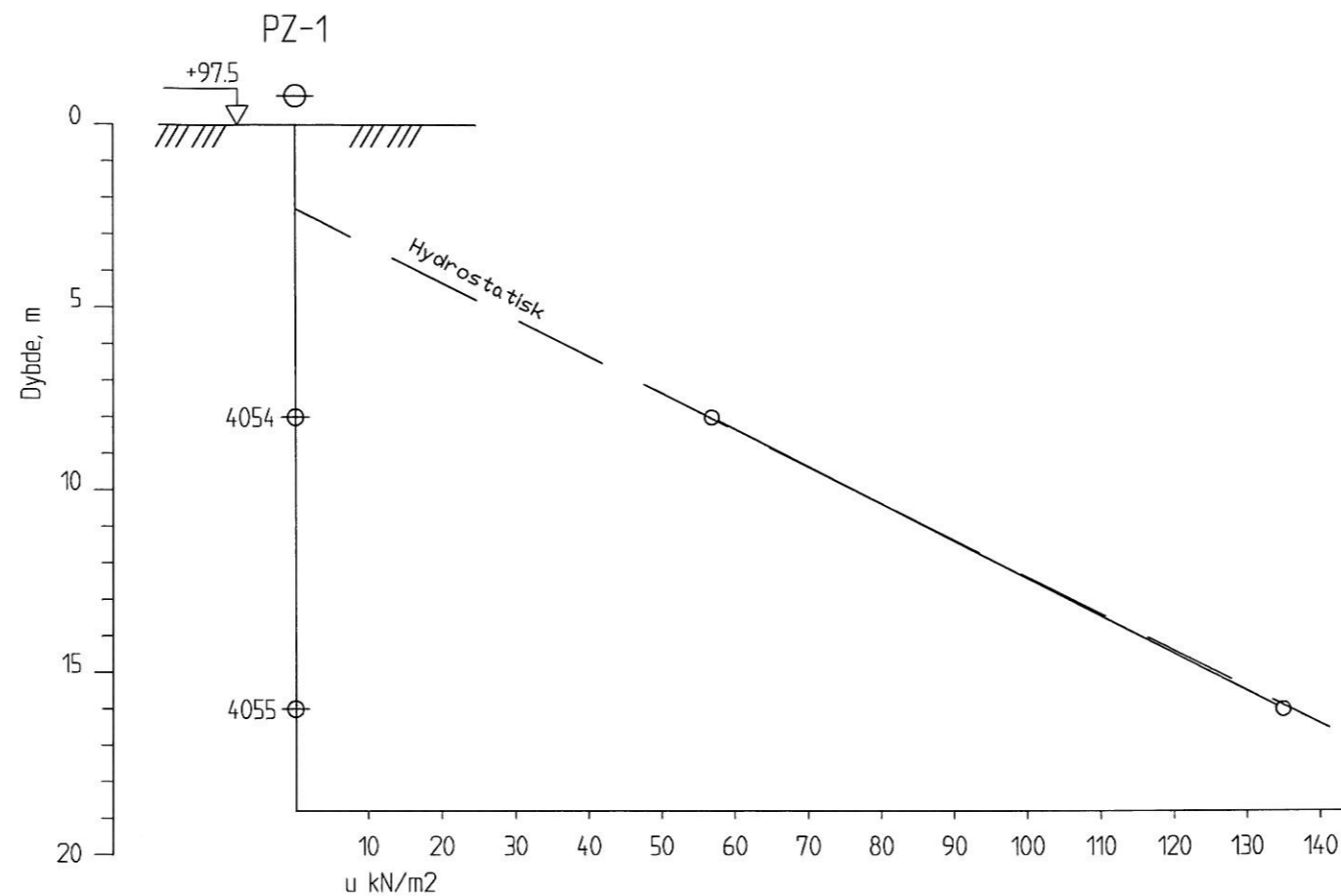
TREAKSIALFORSØK

RAMBØLL, divisjon Geo og Miljø

Oppdr.nr.
6090687

Dato
6. 1.10

Fig.
115



00	7.1.2010		OB	
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR



Rambøll Norge AS - Region Midt-Norge
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

OPPDRAG
Utglidning Amundsdalen

OPPDRAGSGIVER
NVE Midt-Norge

INNHold
Poretrykksmålinger
○ Piezometer

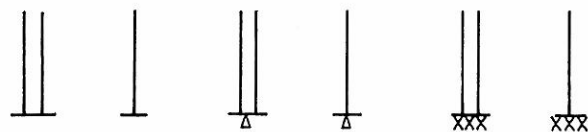
OPPDRAG NR. 6090687	MÅLESTOKK 1:200	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 116			REV. 0

TEGNINGSSTATUS **Datarapport**

MARKUNDERSØKELSER

Sonderinger utføres for å få en orientering om grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt fjell eller annen fast grunn.

Avslutning av boring (gjelder alle sonderingstyper).



Boring avsluttet
(årsak ikke angitt)

Antatt stein,
morene, sand ol.

Antatt fjell

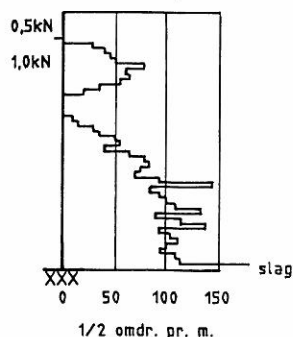


Boret i antatt fjell.
(Hvis overgangen er ukjent,
settes spørsmåltegn.)

Boret i fjell og
kjerne opptatt.

Dreiesondering

utføres med 22 mm stålstenger med glatte skjøter påsatt en 200 mm lang spiss av firkantstål som er tilspisset i enden og vridd en omdreining. Boret belastes med inntil 1 kN og hvis det ikke synker for denne last, dreies det ned med motor eller for hånd. Antall halve omdreininger pr. 20 cm synkning noteres. Ved opptegninger vises antall halve omdreininger pr. meter synkning grafisk med dybden i borhullet og belastningen angis til venstre for borhullet.



Totalsondering

kombinerer dreietrykksondering og fjellkontrollboring. Det brukes hydraulisk drevet borrhigg. Boring gjennom stein og blokk og ned i berg utføres ved slag og spyling.

Boredata (nedpressingskraft, synkhastighet, spyletrykk etc.) måles ved elektriske givere og overføres automatisk til en elektronisk registreringsenhet (Geoprinter). Resultatene tegnes opp vha. EDB.

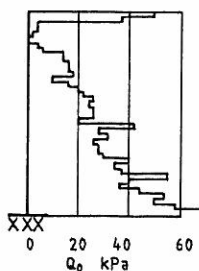
Ramsondering

utføres med 32 mm stålstenger med glatte skjøter og en normert spiss. Boret rammes ned i grunnen av et fall-lodd med vekt 0,635 kN og konstant fallhøyde 0,6 m. Motstanden mot nedramming registreres ved antall slag pr. 20 cm synkning.

Rammemotstanden:

$$Q_0 = \frac{\text{Loddvekt} \times \text{fallhøyde}}{\text{synkning pr. slag}} \text{ (kNm/m)}$$

angis i diagram som funksjon av dybden.



Fjellkontrollboring

utføres med 32 mm stenger med muffeskjøter og hardmetallkroner nederst. Boret drives av en tung trykkluftdrevet borhammer under spyling med vann av høyt trykk. Når fjell er nådd, bores noe ned i fjellet, vanligvis ca. 3 meter, under registrering av borsynk for sikker påvisning.

Prøvetaking

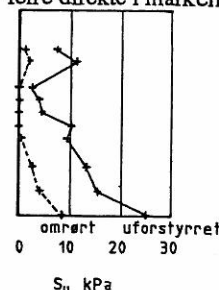
utføres for undersøkelse i laboratoriet av grunnens geotekniske egenskaper.

Uforstyrrede prøver tas opp med NGI's 54 mm stempelprøvetaker. Prøvene skjæres ut med tynnveggede stålsylindrer med innvendig diameter 54 mm og lengde 80 cm (evt. 40 cm). Prøvene forsegles i begge ender for å hindre uttørring før de åpnes i laboratoriet.

Representative prøver tas med forskjellige typer støtbor- og ramprøvetaker, ved sandpumpe i nedspylte eller nedrammede foringsrør, av oppspylt materiale ved nedspyling av foringsrør og ved skovlboring i de øvre lag. Slike prøver tas hvor grunnen ikke egner seg for vanlig sylindrerprøvetaker og hvor slike prøver tilfredsstillende formålet.

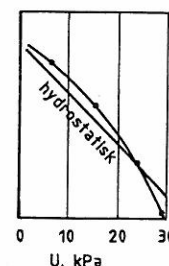
Vingeboring

bestemmer udrenert skjærstyrke (s_u) av leire direkte i marken (in situ). Måling utføres ved at et vingekors, som er presset ned i grunnen, dreies rundt med bestemt jevn hastighet til brudd i leira. Maksimalt dreiemoment gir grunnlag for å beregne leiras udrenerte skjærstyrke, som også måles i omrørt tilstand etter brudd.



Porevanntrykket

i grunnen måles med et piezometer. Dette består av et sylindrisk filter av sintret bronse som trykkes eller rammes ned til ønsket dybde ved hjelp av rør. Vanntrykket ved filteret registreres enten hydraulisk som stige høyden i en plastslange inne i røret (ved overtrykk påsettes manometer over terreng) eller elektronisk ved hjelp av en direkte trykkmåler innenfor filteret.

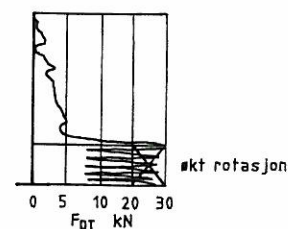


Grunnvannstanden observeres vanligvis direkte ved vannstand i borhullet.

Dreietrykksondering

utføres med 36 mm glatte skjøtbare stålstenger påsatt en normert spiss. Borstangen trykkes ned med konstant hastighet 3 m/min. og konstant rotasjon 25 omdr./min.

Sonderingsmotstanden registreres som den til en hver tid nødvendige nedpressingskraft for å holde normert nedtrengnings-hastighet. Når motstanden øker slik at normert nedtrengnings-hastighet ikke kan opprettholdes, økes rotasjonshastigheten. Dette anføres i diagrammet.



LABORATORIEUNDERSØKELSER

Ved åpning av prøven beskrives og klassifiseres jordarten. Videre kan bestemmes:

Romvekt

(γ i kN/m^3) for hel sylinder og utskåret del.

Vanninnhold

(w i %) angitt i prosent av tørrvekt etter tørking ved 110°C .

Flytegrense

(w_L i %) og utvullingsgrense (w_P i %) som angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk (formbart) område av leirmateriale. Differansen $w_L - w_P$ benevnes plastisitetindeks. Er det naturlige vanninnhold over flytegrensen, blir materialet flytende ved omrøring.

Udrenert skjærstyrke

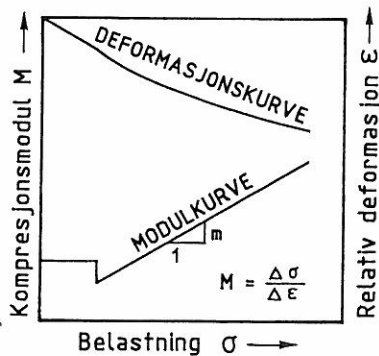
(s_u i kN/m^2) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt $3,6 \times 3,6 \text{ cm}^2$ (evt. hel prøve) og høyde 10 cm. Skjærstyrken settes lik halve trykkfastheten. Dessuten måles skjærstyrken i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk, hvor nedsynkningen av en konus med bestemt form og vekt registreres og skjærstyrken tas ut av en kalibreringstabell. Penetrometer, som også er en indirekte metode basert på innsynkning, brukes særlig på fast leire.

Sensitiviteten (S_p)

er forholdet mellom udrenert skjærstyrke av uforstyrret og omrørt materiale, bestemt på grunnlag av konusforsøk i laboratoriet. Med kvikkleire forstås en leire som i omrørt tilstand er flytende, omrørt skjærstyrke $< 0,5 \text{ kN/m}^2$.

Kompressibilitet

av en jordart ved ødometerforsøk. En prøve med tverrsnitt 20 cm^2 og høyde 2 cm belastnes trinnvis i et belastningsapparat med observasjon av sammentrykningen for hvert trinn som funksjon av tiden. Resultatet tegnes opp i en deformasjons- og modulkurve og gir grunnlag for setningsberegning.



Humusinnhold

(relativt) ut fra fargeomslag i en natronlutopløsning.

En nøyaktigere metode er våt-oksidasjon med hydrogenperoksyd der humusinnholdet settes lik vekttapet (evt. glødetapet ved humusrike jordarter) og uttrykkes i vektprosent av tørt materiale.

Saltinnhold

(g/l eller o/oo) i porevannet ved titrering med sølvnitratopløsning og kaliumkromat som indikator.

Kornfordeling

ved sikting av fraksjonene større enn $0,06 \text{ mm}$. For de finere partikler bestemmes den ekvivalente korndiamter ved hydrometeranalyse. En kjent mengde materialer slemmes opp i vann og romvekten av suspensjonen måles i en bestemt dybde som funksjon av tiden. Kornfordelingen kan så beregnes ut fra Stoke's lov om kulers sedimentasjonshastighet.

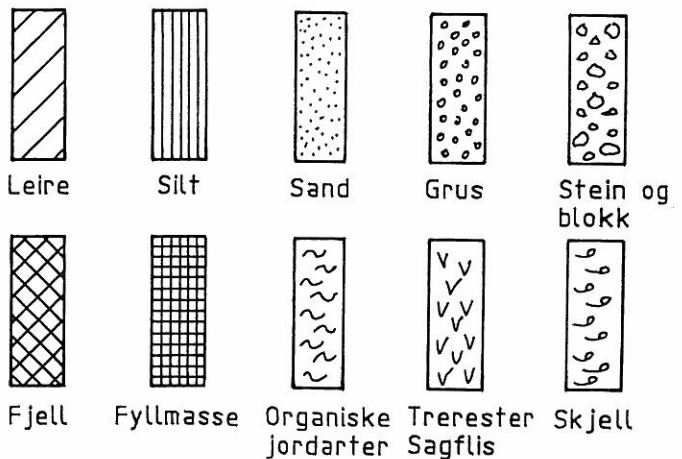
Fraksj.betegn.	Leir	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørr. mm	$< 0,002$	$0,002-0,06$	$0,06-2$	$2-60$	$60-600$	> 600

Jordarten

benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den dominerende, og adjektiv for medvirkende fraksjon. Jordarten angis som leire når leirinnholdet er over 15%. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle kornstørrelser fra leir til blokk.

Organiske jordarter

klassifiseres etter opprinnelse og omdanningsgrad (torv, gytje, dy, matjord).



Anmerkning

- Leire: T = tørrskorpe
R = resedimenterte masser
K = kvikkleire
- Ved blandingsjordarter kombineres signaturene.
- Morene vises med skyggelegging.
- For konkresjoner kan bokstavsymboler settes inn i materialsignaturen:
Ca. = kalkkonkresjoner
Fe = jernkonkresjoner
AH = aurlulle

SPESEIELLE UNDERSØKELSER

SPESEIELLE MARKUNDERSØKELSER.

Feltkompressometer

benyttes for undersøkelse av grunnens kompressibilitet direkte i marken. I prinsippet består utstyret av en skruerplate med diameter 16 cm som kan skrues ned til ønsket dybde.

For hver valgt dybde utføres et belastningsforsøk ved hjelp av en jekk og sammenhengen mellom belastning og setning registreres.

Resultatene fremstilles som deformasjonskurver og derav kan beregnes modultall (m) som uttrykk for grunnens kompressibilitet og benyttes ved setningsberegning.

Permeabilitetsmåling

in situ utføres ved infiltrasjonsforsøk eller prøvepumping. Infiltrasjonsforsøk kan for eksempel utføres ved hjelp av et piezometer som fylles opp med vann og synkehastigheten måles. Ved prøvepumping må vannstanden observeres i flere punkter i forskjellig avstand.

Korrosjonssondering

utføres med en sonde av stål med isolert magnesiumspiss (NGI's type). Strømstyrke og motstand måles i forskjellige dybder i grunnen og derav kan beregnes en relativ depolarisasjonsgrad samt grunnens spesifikke motstand. Ut fra dette kan korrosjonshastigheten for stål vurderes.

Feltkontroll av komprimeringsgrad.

Komprimeringsgraden for oppfylt materiale er forholdet mellom oppnådde tørr-romvekt γ_d ved feltkomprimering og maksimal tørr-romvekt $\gamma_{d\ max}$ bestemt ut fra standardiserte komprimeringsforsøk i laboratoriet.

- Sandvolummeter- og vannvolummetermetoden.

I felten bestemmes γ_d ved å måle volumet av en utgravd prøve og å veie det utgravde materiale i fuktig og tørr tilstand. Volumet av prøven bestemmes ved å fylle det utgravde hull med en tørr sand med kjent romvekt, eller ved å forsegle hullet og fylle det opp med vann. Ut fra kjente data kan således vanninnhold og tørr-romvekt av det utgravde materialet bestemmes. Denne metode kan benyttes i relativt finkornig og ensgradert materiale.

- Platebelastningsforsøk.

I grov og samfengt masse (grov grus, finsprengt stein o.lign.) gir sandvolummeter og vannvolummetermetoden utilfredsstillende nøyaktighet, og komprimeringen av slikt materiale undersøkes ved å bestemme oppfyllingens elastisitetsmodul ut fra platebelastningsforsøk.

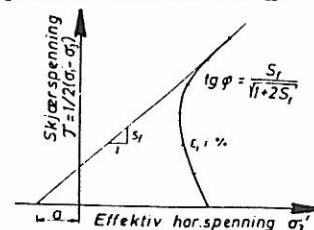
En sirkulær plate med $\varnothing = 30$ cm plasseres på den komprimerte grunnen og belastes trinnvis samtidig som nedbøyning av platen måles med spesielt måleutstyr. Samhørende verdier for belastning og nedbøyning av platen måles med spesielt måleutstyr. Samhørende verdier for belastning og nedbøyning avsettes i diagram og elastisitetsmodulen E beregnes. Den målte elastisitetsmodul sammenholdes med oppsatte krav til elastisitetsmodul ut fra aktuelle belastningsforhold, og forholdet mellom disse verdier betegnes komprimeringsgrad.

SPESEIELLE LABORATORIEUNDERSØKELSER.

Skjærstyrkeparametrene.

friksjonsvinkel (ϕ) og attraksjon (a i kN/m^2 , evt. kohesjon $c = a \cdot \text{tg } \phi$) bestemmes ved triaksialforsøk på små prøver i laboratoriet. En sylindrisk prøve konsolideres for et allsidig trykk og vertikalbelastningen økes deretter til brudd. Under forsøket måles poretrykk, slik at effektive spenninger kan beregnes (totaltrykk minus poretrykk).

Forsøket fremstilles of-



est som en vektor i et hovedspenningsdiagram.

Permeabilitetskoeffisienten

(k i cm/s) er strømningshastigheten for vann gjennom materialet ved en hydraulisk gradient lik 1,0. I laboratoriet måles permeabiliteten ved direkte vanngjennomgangsforsøk på små prøver for konstant eller fallende potensial. Dette kan gjøres i triaksialapparat for finkornige prøver eller i større apparatur for mer grovkornige prøver.

Maksimal tørr-romvekt og optimalt vanninnhold etter Proctor-metoden.

Ved komprimering av jordartsmateriale oppnåes tetteste lagring av mineralkomene, dvs. høyest tørr-romvekt, når vanninnholdet i materialet har en bestemt verdi under komprimeringsarbeidet. Materialets egenskaper som stabilitet øker, og kompressibiliteten avtar med økende lagringstetthet.

I laboratoriet bestemmes det optimale vanninnholdet ved å komprimere prøver av materialet med varierende vanninnhold etter en standardisert forskrift, Proctormetoden. De samnhørende verdier for prøvenes vanninnhold og tørr-romvekt beregnes og plottes i et diagram med tørr-romvekt som funksjon av vanninnholdet. Den høyest oppnådde tørr-romvekt betegnes som $\gamma_{d\ max}$ og det tilhørende vanninnhold W_{opt} .

CBR-forsøk.

For materialer som inngår i veg- og eller flyplassoverbygning, eller trafikkbelastet grunn forøvrig, kan dimensjonerende bæreevne semiempirisk bestemmes ut fra belastningsforsøk etter CBR-metoden (California Bearing Ratio).

Materialet som skal undersøkes komprimeres lagvis ved optimalt vanninnhold i en sylinder med volum ca. 2,3 l. Komprimeringsarbeidet tilsvarer Modifisert Proctor. Deretter settes sylindren med prøve i vannbad i 96 timer for fullstendig vannmetning. Etter vannmetning påføres prøven belastning ved et stempel med areal 3 inch^2 med konstant bevegelsehastighet = 0,05 inch pr. min. presses ned i denne. Rundt stempelet på prøvens overflate er prøven belastet med blyringer med vekt som tilsvarer vekten av evt. overbygning. Stempelkraften ved 0,1" og 0,2" inntrykking av stempelet registreres og sammenlignes med verdier for tilsvarende inntrykking på et referansemateriale. Forholdet mellom den avleste kraft og referansekraften beregnes i prosent og betegnes CBR-verdi. Dersom CBR-verdien ved 0,2" er høyere enn ved 0,1" stempelinntrykking kan denne verdien rapporteres som materialets CBR-verdi hvis dette forhold bekreftes ut fra forsøk på 2 prøver.