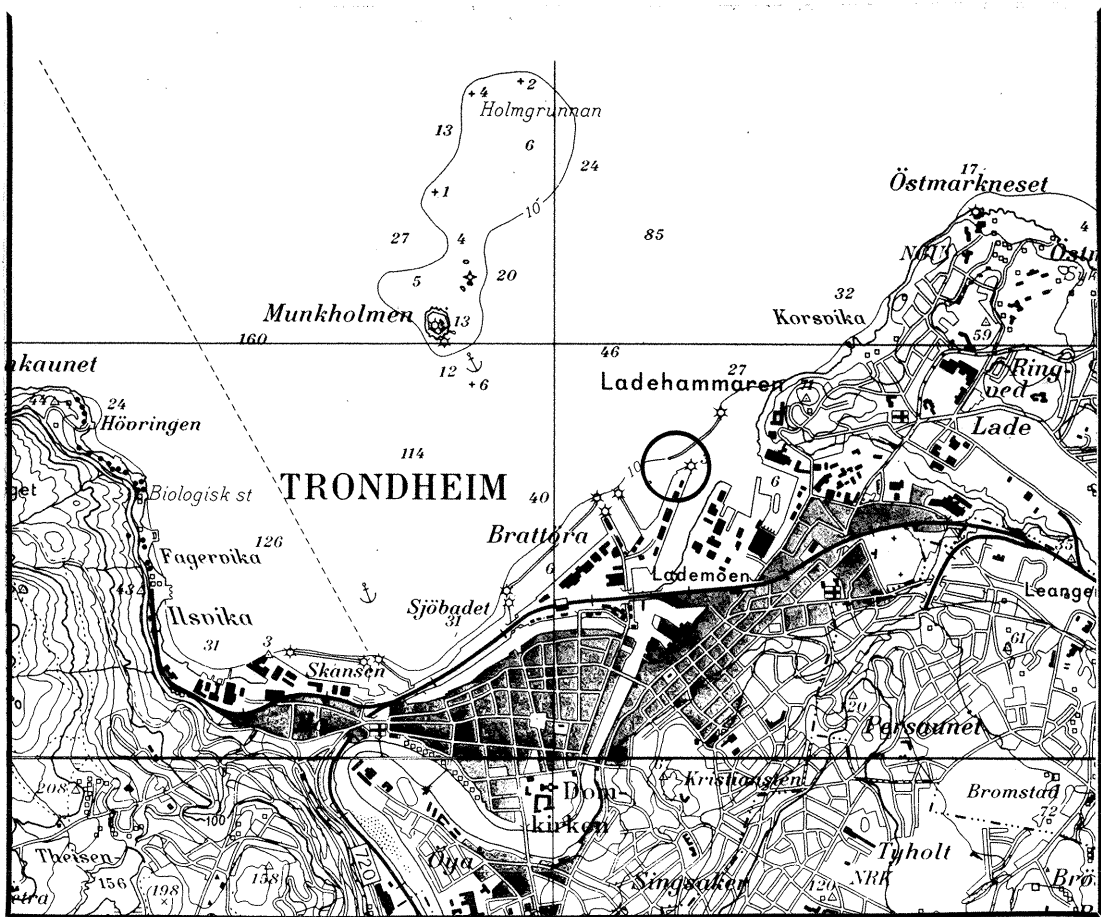


R.960

# PIR II – TRONDHEIM HAVN

UTFYLLING MOT LADE MOLO

GRUNNUNDERSØKELSER  
STABILITETSVURDERING



04.01.96

TEKNISK SEKSJON

UTBYGGINGSKONTORET TRONDHEIM KOMMUNE



**TRONDHEIM KOMMUNE**  
**AVDELING BYUTVIKLING**  
**UTBYGGINGSKONTORET**  
Teknisk seksjon

Rapport fra Geoteknisk faggruppe.

Oppdrag: R.960	<b>PIR II - TRONDHEIM HAVN</b> <b>Utfylling mot Lade molo</b> <b>Grunnundersøkelser</b> <b>Stabilitetsvurdering</b>		
Trondheim den:	04.01.96		
Oppdragsgiver:	Trondheim Havn	Oppdrag ved:	Angelsen
UTM-referanse:	NR 705 361	Sted:	Pir II
Feltarbeide utført:	September -95	Antall bilag:	14
		Antall tekstsider:	5
Feltmetoder:	dreiesonderinger	prøveserier	
Emneord:	bæreevne	stabilitet	flyteskredfare?
Sammendrag:	Saksbehandler: Kåre Sand <i>Kåre Sand</i>		
<p>Det er planlagt utfylling mellom Pir II og Lade molo. Omfanget er vist i bilag 1.</p> <p>Grunnen består av sand med silt og gruslag. Det er flere tynne rene humusskikt i massene.</p> <p>Det er stabilitetsmessig forsvarlig å utføre utfyllingen. Vi kan heller ikke se at risikoen for flyteskred er tilstede her.</p> <p>Setningsmessig må det forventes setninger i undergrunnen på rundt en desimeter. Egensetningene i fyllingen vil avhenge av valgt fyllmasse.</p>			

## 1. INNLEDNING.

- Prosjekt** Trondheim Havn vurderer å fylle ut et areal mellom Pir II og Lade molo. Arealet er vist på situasjonsplanen i bilag 1. Det vil bli fylt til ca kote 3,5 - 4,0.
- Historie** Dette området var inntil 1920-årene et langgrunt strandområde på ca kote -2 og grunnere. Lade molo ble bygget ved at det ble dumpet stein fra lekter til en kom opp mot middelvann. Videre opp ble moloen murt med tilhagd stein. Senere er Pir II fylt opp innenfor spuntvegger, og havnearealet mudret ut mellom piren og moloen.
- Bruk av området** Området har blitt attraktivt til deler av ny godsterminal for NSB. Det vil i så fall bli strenge krav til setningsutviklingen av arealet. Til sammenlikning har det oppfylte området Pir I satt seg godt over 10 cm. Bruken av området kan også sette krav til hvilke fyllmasser en kan benytte. Store deler av havneområdet er fylt opp med tilfeldige masser. Dette kan neppe tolereres om en skal legge jernbanespor fra ferdig utfylt og ferdig "satt" område over på fersk fylling.
- Spesielle forhold** Det har i de siste 108 år gått 3 store undervannsras i Trondheim Havn. De er alle klassifisert som *flyteskred* og har vært ras av stort omfang (3 - 5 mill m<sup>3</sup> hver) og i silt og sandmasser. Det siste store skredet gikk 25.04.1990 fra nordøstre molohode på Lade molo og 500 meter nordøstover. Opp mot 4 mill m<sup>3</sup> gikk her ut. Årsaken er ikke entydig bestemt. Årsaken til det første av skredene, 23.04.1888, er heller ikke fastlagt. Skredmekanismen forklares ved at labil kornstruktur i ensgraderte finsand/grovsiltmasser kollapser, hvoretter massene flyter ut på slake plan (5 - 8 °) over store avstander.

## 2. UTFØRTE UNDERSØKELSER

- Feltarbeide** Det er utført 3 dype dreiesonderinger og tatt opp prøveserier ved hver sondering. Terrengnivå ved hvert punkt er målt mot nivå på nærmeste kai. Arbeidet er utført av Kummeneje AS.
- Terrengprofilene er tegnet på grunnlag av dybdemålinger utført at Fjellanger Widerøe på oppdrag av Trondheim havn etter raset i -90.
- Det er tidligere utført grunnundersøkelser for hus og kaier på Pir II. Fra disse har vi tatt med resultatene fra Kummeneje AS' rapporter:
- O.552 oktober -66 Fryse og kjølelager, pir II  
O.1065 sept. -70 Utvidelse av pir II
- Presentasjon** Resultatene fra dreiesonderingene er vist på terrengprofilene i bilagene 2 - 4. Børpunktene- og profilenes beliggenhet er vist på situasjonskartet i bilag 1.

Laboratorie undersøkelser	Prøvene er undersøkt ved de geotekniske laboratorier hos Kummeneje AS og kommunens Tekniske seksjon ved Utbyggingskontoret.  Prøvene er først beskrevet og klassifisert ved åpningen, hvoretter det er utført rutineundersøkelser av romvekt og vanninnhold. Alle prøver er friksjonsmasser, og for å bestemme styrkeparametre på effektivspenningsbasis er det utført 14 treaksialforsøk.
Presentasjon	Resultatene fra laboratorieundersøkelsene er sammenstilt i borprofilene i bilagene 5 - 7. Treaksialforsøkene er presentert i bilagene 8 - 14.

### 3. GRUNNFORHOLD

Terreng/sjøbunn	"Langfjæra" gikk opprinnelig ut til litt utenfor der Lademoloen nå ligger. Uk molo ligger på ca kote -2 (kommunens høyderef.system). Innover var det opprinnelig grunnere, men området ble mudret på -20 tallet til ca kote -7.  Utenfor moloen faller sjøbunnen ca 1: 2 - 4 ut til ca kote -15, og slaker så ut videre utover.
Grunnforhold	Grunnen består av sand med lag av silt og grus. Det er også registrert humusholdige lag. Enkelte bærer klart preg av å være rasmasse, med tette skikt av plantemateriale mellom rene mineralske lag. Borprofilene viser enkelte registreringer av høye vanninnhold og lave romvekter. Dette korresponderer for det meste med de humusholdige lagene.  I noen lag er det registrert lav romvekt og liten sonderingsmotstand, uten at det samtidig er påvist humus eller andre spesielle forhold. Disse lagene <i>kan</i> representere den labile strukturen som kan gi flyteskred. Lagene antas å ligge med helning 1,5 - 2,5 ° utover.
Styrkeparametre	Treaksialforsøkene er tolket til $tg \varphi = 0,55$ for $a = 5$ kPa som laveste verdi. Flere forsøk viser høyere verdier for $tg \varphi$ ved $a = 0$ , helt opp mot 0,75 for flere forsøk.
Høydereferanse	Kommunens høydereferanse er lagt til grunn ved tegning av terrengprofilene. Dette nullpunktet ligger 0,743 m over sjøkartverkets nullpunkt for Trondheim, og 1,09 meter over laveste registrerte vannstand.
Fjell	Fjell er ikke registrert ved grunnundersøkelsene og forventes å ligge dypt, sannsynligvis over 50 meter under terreng.

#### 4. STABILITETSFORHOLD

- Generelt
- Stabiliteten av friksjonsmasse skråninger, beregnet ved effektivspenningsanalyse og uten poretrykksoppbygging, er grovt sett et overflateproblem. Med skråningshelninger stort sett slakere enn 1:2,5 (tg  $\beta = 0,4$ ) vil sikkerheten mot overflateglidninger være tilfredstillende.
- Den planlagte oppfylling vil neppe sette opp tilleggs poretrykk av betydning. Dette avhenger av oppfyllingstakten, og er eventuelt det eneste en bør se nærmere på under planleggingen.
- Nærmest moloavslutningen mot vest ligger sjøbunnen ifølge kartet med helning 1:2. Fyllingsfronten ved planlagt nordvestre hjørne bør derfor trekkes minst 10 meter tilbake.
- Flyteskred
- Flyteskredfarene må en imidlertid ta på alvor. Det er ikke mulig å beregne om en slik risiko finnes. En må istedet se på om de faktorer som sammen kan føre til slike skred er tilstede, og om det er sannsynlig at de opptrer samtidig i en ugunstig kombinasjon. Vi må også ha en utløsende årsak, skjønt som vi alt har nevnt, det er ikke alltid like enkelt å peke ut en entydig utløsende faktor.
- Flyteskred inntreffer langs flater med ensgraderte finsand/siltmasser. Vi antar med stor grad av sannsynlighet at vi har slike masser, og at de forefinnes langs sammenhengende lag.
- Vi antar at lagene er sammenhengende, men samtidig vet vi at Lade molo ble bygget ved dumping av masse på sjøbunnen. Dette arbeidet kan ha komprimert de ustabile lagene slik at den labile strukturen er brutt ned og derfor ikke lenger utgjør noen risiko. Ved tidligere ras har en sett at de ikke forplanter seg innunder kunstig oppfylte arealer, (utover det at frontene av slike utfyllinger har rast ned i skredgropen).
- Glideflatene i de skred vi har erfaring fra lå ned mot  $8 - 5^\circ$ . De flater vi mener å ha "funnet" ligger betydelig slakere ( $2,5 - 1,5^\circ$ ).
- Utløsende faktorer er ikke åpenbare i vårt tilfelle. Dersom utfyllingen skulle utgjøre en fare ville også byggingen av Lademoloen ha vært farlig. En faktor som var aktuell ved Laderaset var en mulig "vandrende" poretrykksfront som følge av rystelser. I vårt tilfelle vil det være kortere vei til overflaten ut mot elva eller Pir I enn til marbakken. Spredningen, og derved en svekkelse av fronten, vil også være større her enn ved Laderaset. Fyllingen ved Pir I eller dypkomprimeringen for Pirsenteret ga heller ikke skadelige poretrykksfronter.
- Konklusjon
- Vi konkluderer derfor med at det ikke er spesiell stor risiko for flyteskred.

## 5. SETNINGSFORHOLD

Setninger i  
undergrunnen

Utfyllingen opp til nivå for opprinnelig sjøbunn vil ikke gi vesentlige setninger (kun få cm). De øvre 5 meter oppfylling vil imidlertid kunne gi setninger over 10 cm over lang tid.

Setninger i  
fyllmassene

En må regne med store setninger i fyllmassene. Størrelse og forløp vil avhenge av hvilke masser en velger å anvende. Det beste resultatet oppnås ved bruk av steinmasser. Egensetningene vil da komme iløpet av et år. Størrelsen vil avhenge av tilført komprimerings arbeide. Anvendes tilfeldige fyllmasser må en forvente store setninger over lang tid.



**PIR II**

Situasjonskart

● Dreiesondering

⊙ Prøvetaking

⊙ Tidl. sonderinger (o.552 og o.1065, Kummeneje)

MALESTOKK:  
1 : 2000

TEGN. AV:  
SSS

DATO:  
13.12.95

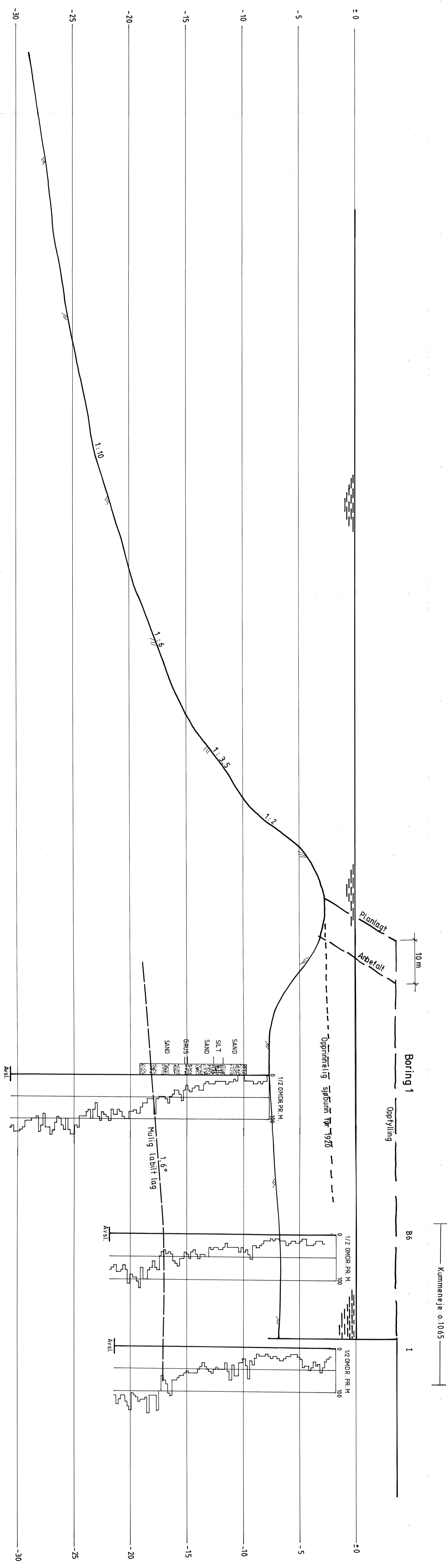
KONTR.:

RAPP. NR.:

R.960

BILAG:  
1

**TRONDHEIM KOMMUNE**  
TEKNISK SEKSJON



MALESTOKK:	LM 1:500 HM 1:200
TEGN. AV:	SSS
DATO:	14. 12. 95
KONTR.:	
RAPP. NR.:	R. 960
BILAG:	2

**PIR II**  
 Profil med dreiesondering - og  
 prøvefaktingsresultat

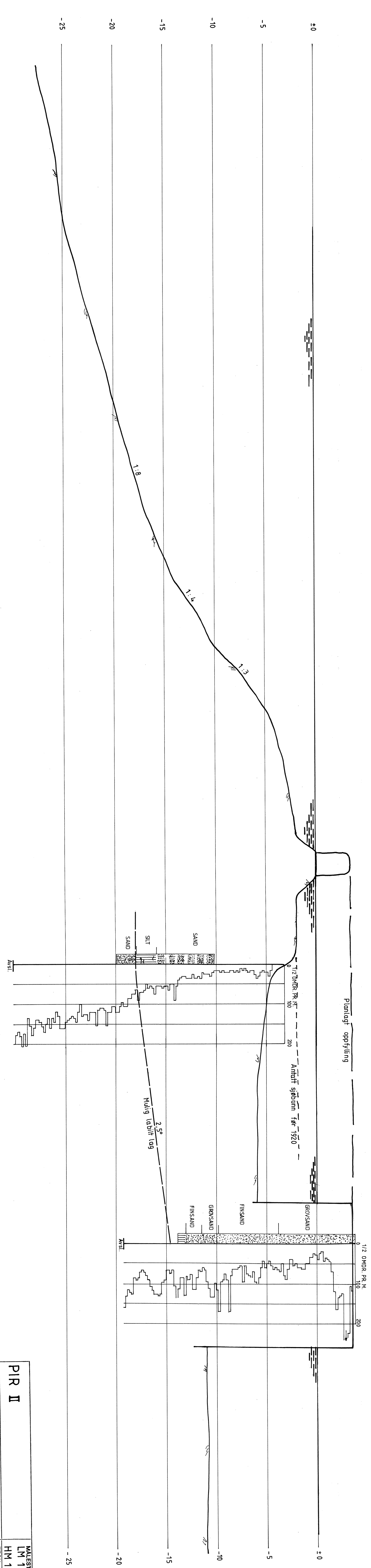
Profil I

**TRONDHEIM KOMMUNE**  
 TEKNISK SEKSJON



Kommuneleie  
 o. 522  
 ● boring 2  
 ● boring 3

Boring 2

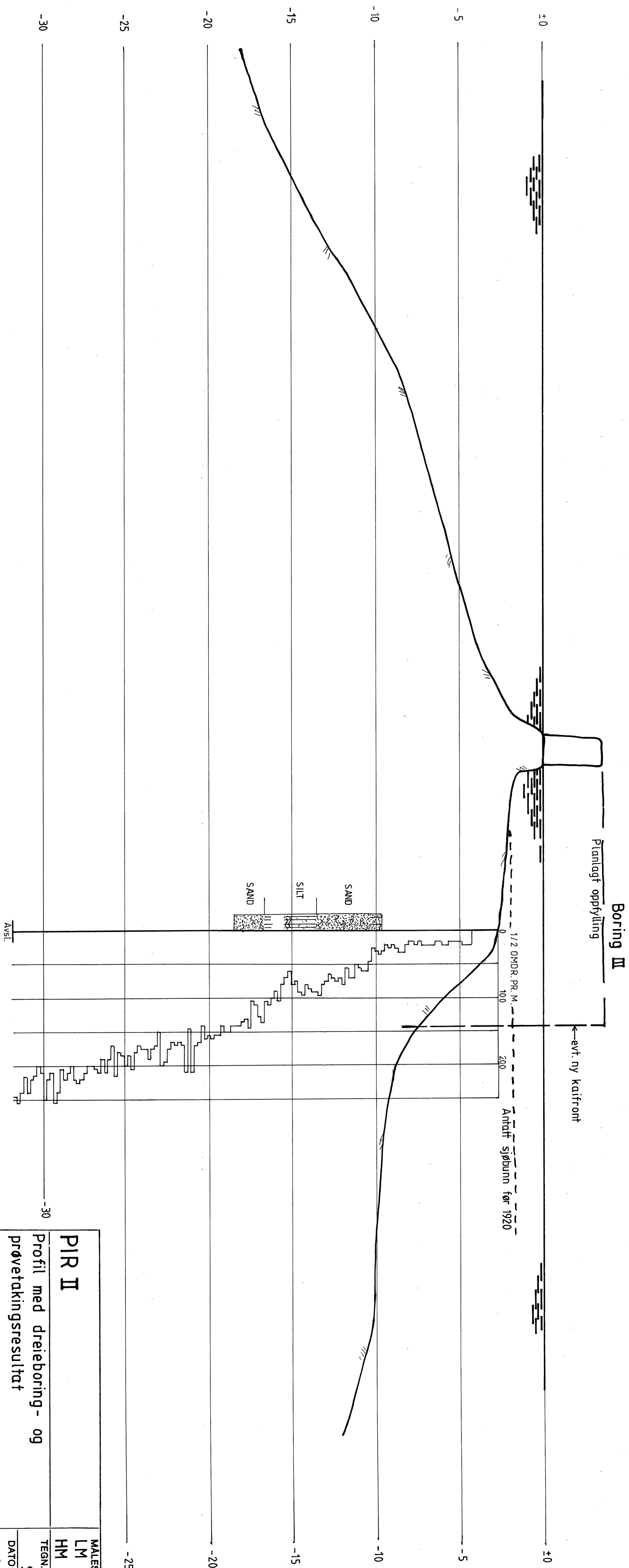


MALESTOKK:  
 LM 1: 500  
 HM 1: 200  
 TEGN. AV: SSS  
 DATO: 14. 12. 95  
 KONTR.:  
 RAPP. NR.: R. 960  
 BILAG: 3

PIR II  
 Profil med dreieboring - og  
 prøvettingsresultat

Profil II

TRONDHEIM KOMMUNE  
 TEKNISK SEKSJON



**PIR II**

Profil med dreieboring - og prøvetakingsresultat

**Profil III**

**TRONDHEIM KOMMUNE**  
TEKNISK SEKSJON

MALESTOKK:  
LM 1:500  
HM 1:200

TEGN. AV:  
SSS

DATO:  
18.12.95

KONTR.:

RAPP. NR.:  
R. 960

BILAG:  
4

Sted: Pir II

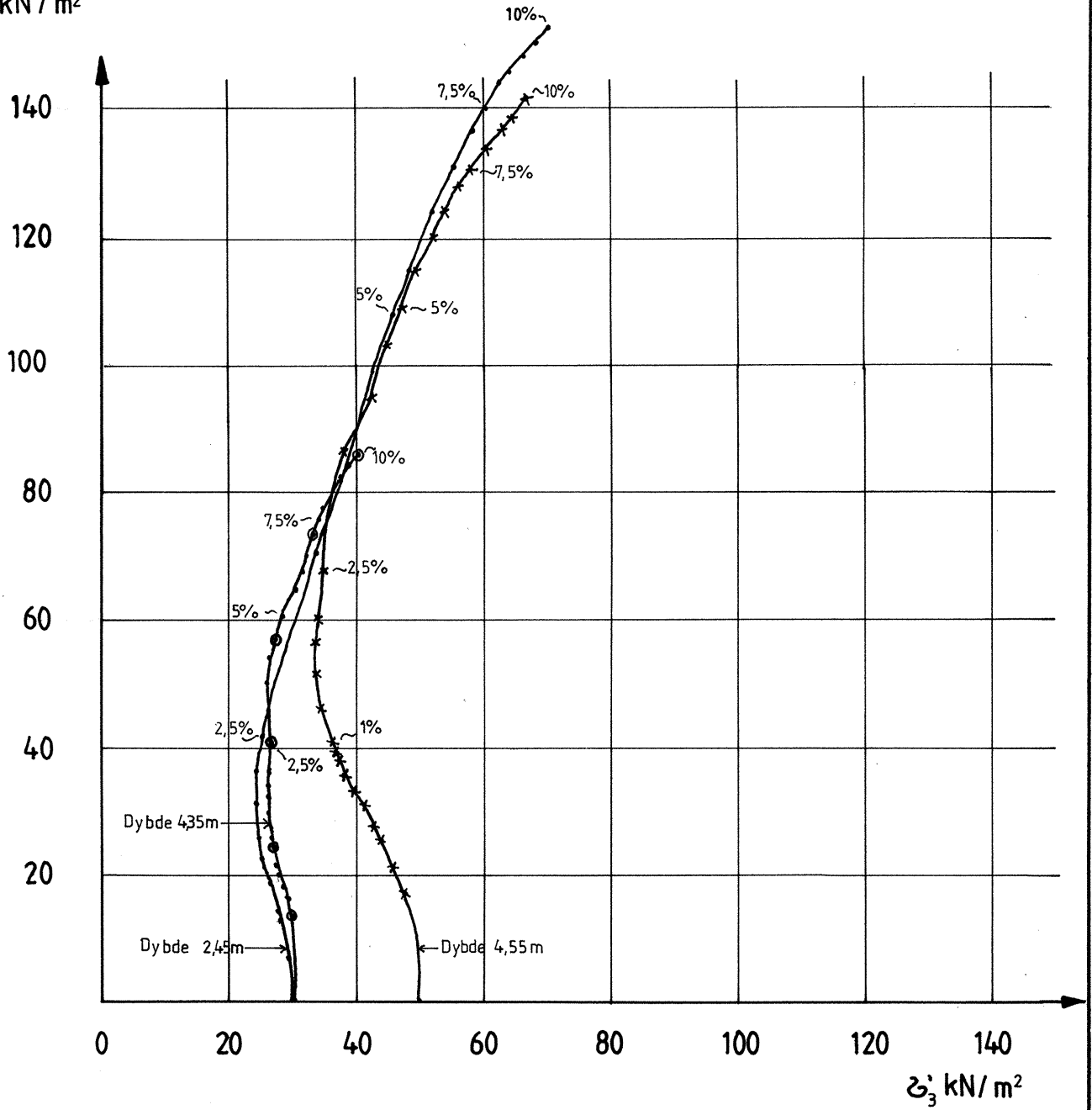
Dybde m	Jordart	Symbol	Pr. nr.	Vanninnhold w					Romvekt kN/m <sup>3</sup>	Skjærfasthet ved trykkforsøk					Sensitivitet
				Plastisk område		w <sub>p</sub> → w <sub>L</sub>				Konusforsøk ∇		Vingeoring +			
				20	30	40	50%		20	40	60	80	100	kN/m <sup>2</sup>	
5	SAND, fin enk. grove siltige lag		19					(19,5)							
			20												
	SILT, grov, sandig enk. skjellrester og hassel nøtter		21					(19,5)							
							242 % →								
	SAND, fin, lagdelt m/trerester		22					17,8 (17,6)							
10	skjellrester		23					(17,6)							
	finsand		24					(17,6)							
	GRUS, fin		25												
	SAND, fin m/tre og planterester		26					18,0 (18,0)							
20	middels sand		27					(16,5)							
	grov		28												
25															

Sted: Pir II

Dybde m	Jordart	Symbol	Pr. nr.	Vanninnhold w				Romvekt kN/m <sup>3</sup>	Skjærfasthet ved trykkforsøk				Sensitivitet	
				Plastisk område		W <sub>P</sub> — W <sub>L</sub>			Konusforsøk ∇		Vingeborring +			
				20	30	40	50%		20	40	60	80	100	kN/m <sup>2</sup>
5														
	SAND, m/te og planterester		09					19,8						
			10						19,8					
	SAND, fin		11					20,2						
10			12											
	SILT, middels		13					(18,2)						
			14											
	SILT, humus sandlag		15					19,0 (18,5)						(○)
			16						19,3 (18,2)					
15	SAND, fin siltig		17					(18,2)						
			18						(18,2)					
20														
25														

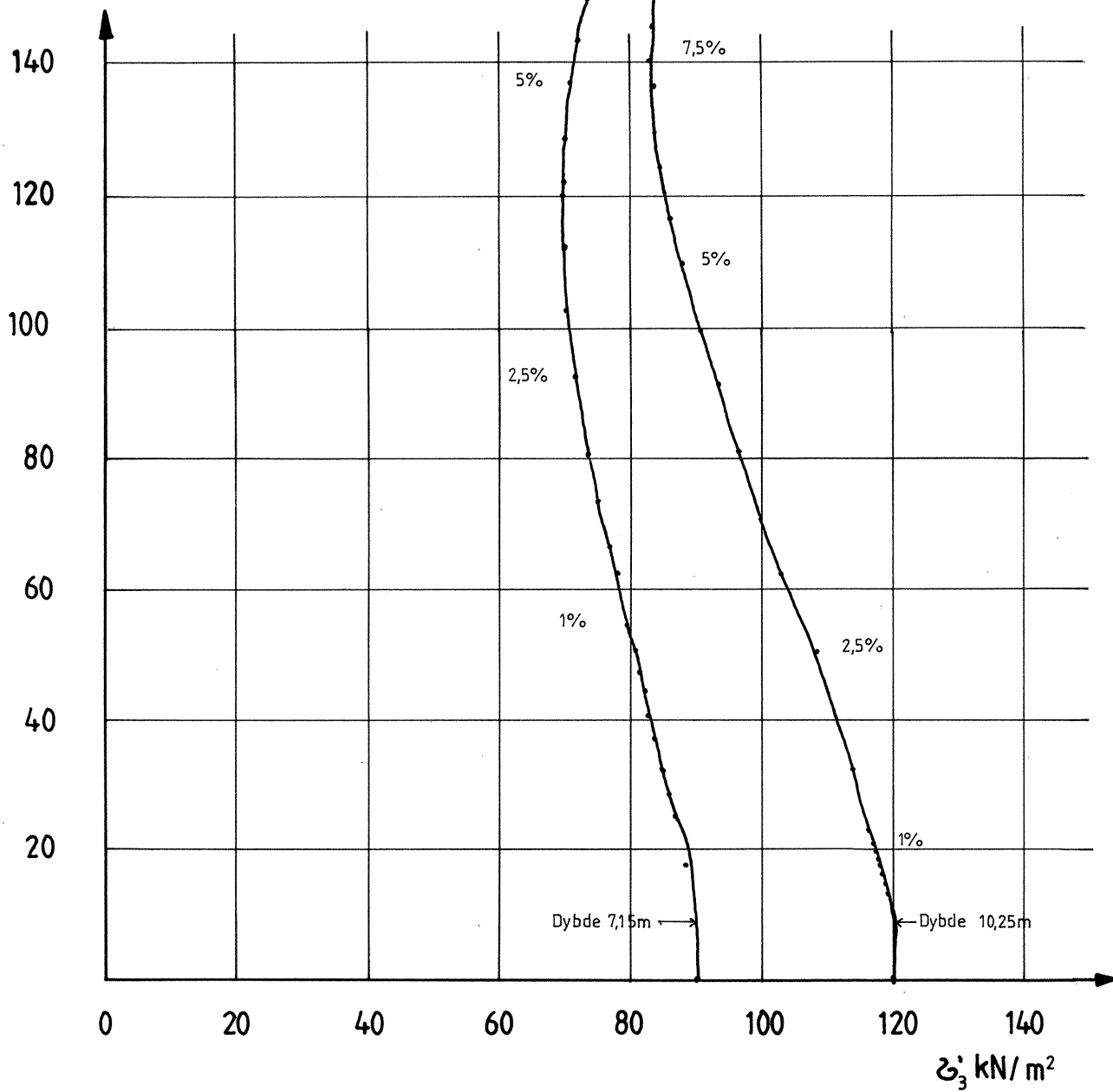


$1/2(\sigma_1 - \sigma_3)$   
 kN / m<sup>2</sup>



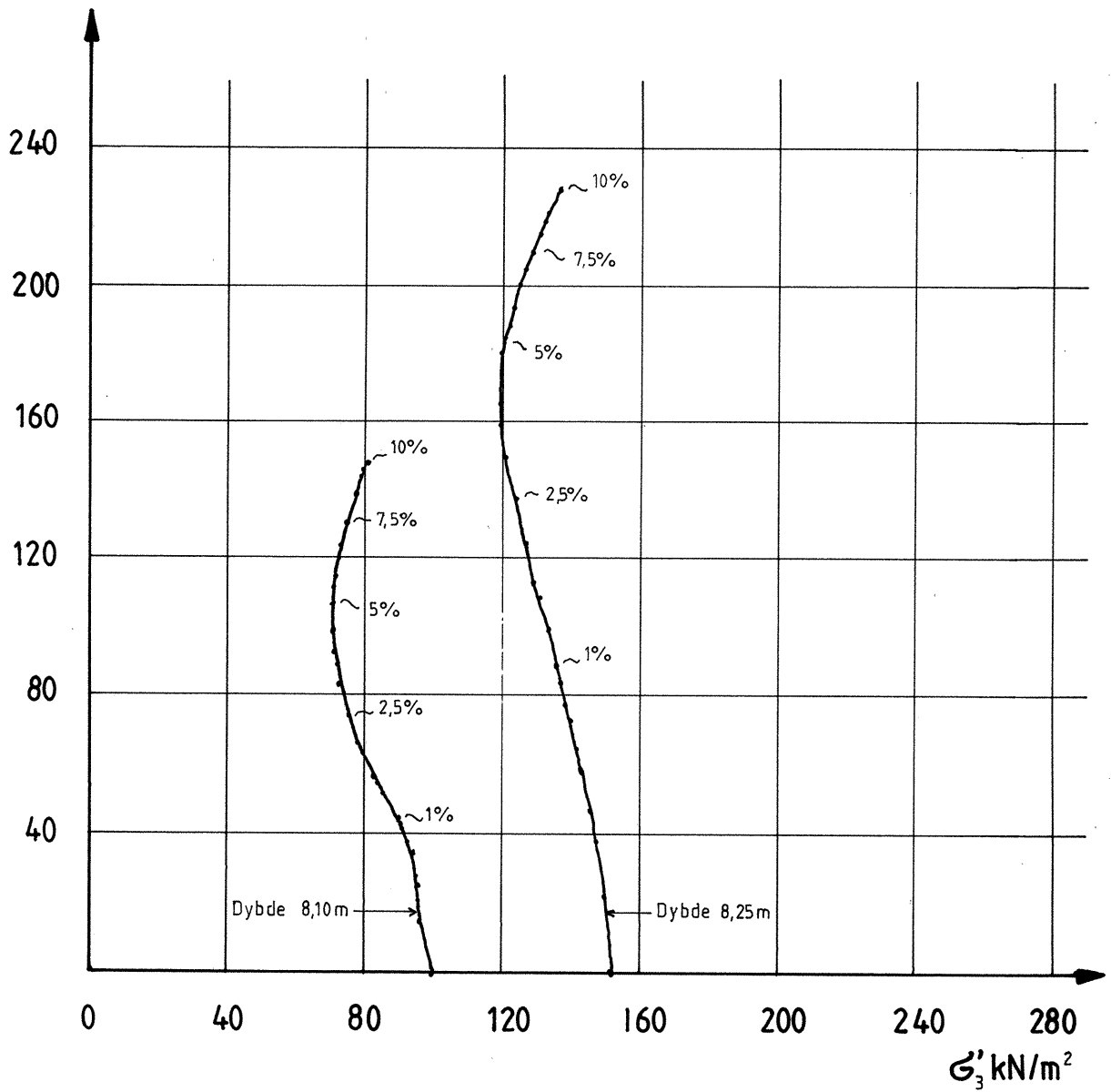
<b>TRONDHEIM KOMMUNE</b> TEKNISK SEKSJON	PIR II		MÅLESTOKK	
	Treaksialforsøk		TEGNET AV <b>KT, SLS</b>	RAPP NR. <b>R.960</b>
	Boring 1, dybde 2,45m, 4,35m og 4,55 m		DATO <b>12.12.95</b>	BILAG <b>8</b>

$1/2(\sigma_1 - \sigma_3)$   
kN/m<sup>2</sup>



<b>TRONDHEIM KOMMUNE</b> TEKNISK SEKSJON	<b>PIR II</b>	MÅLESTOKK	
	Treaksialforsøk Boring 1 , dybde 7,15m og 10,25m	TEGNET AV <b>KT, SLS</b>	RAPP NR. <b>R.960</b>
		DATO <b>12.12.95</b>	BILAG <b>9</b>

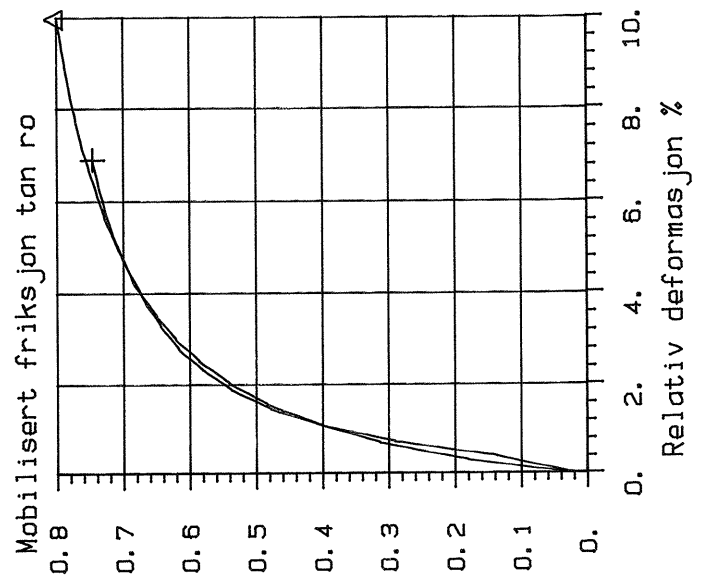
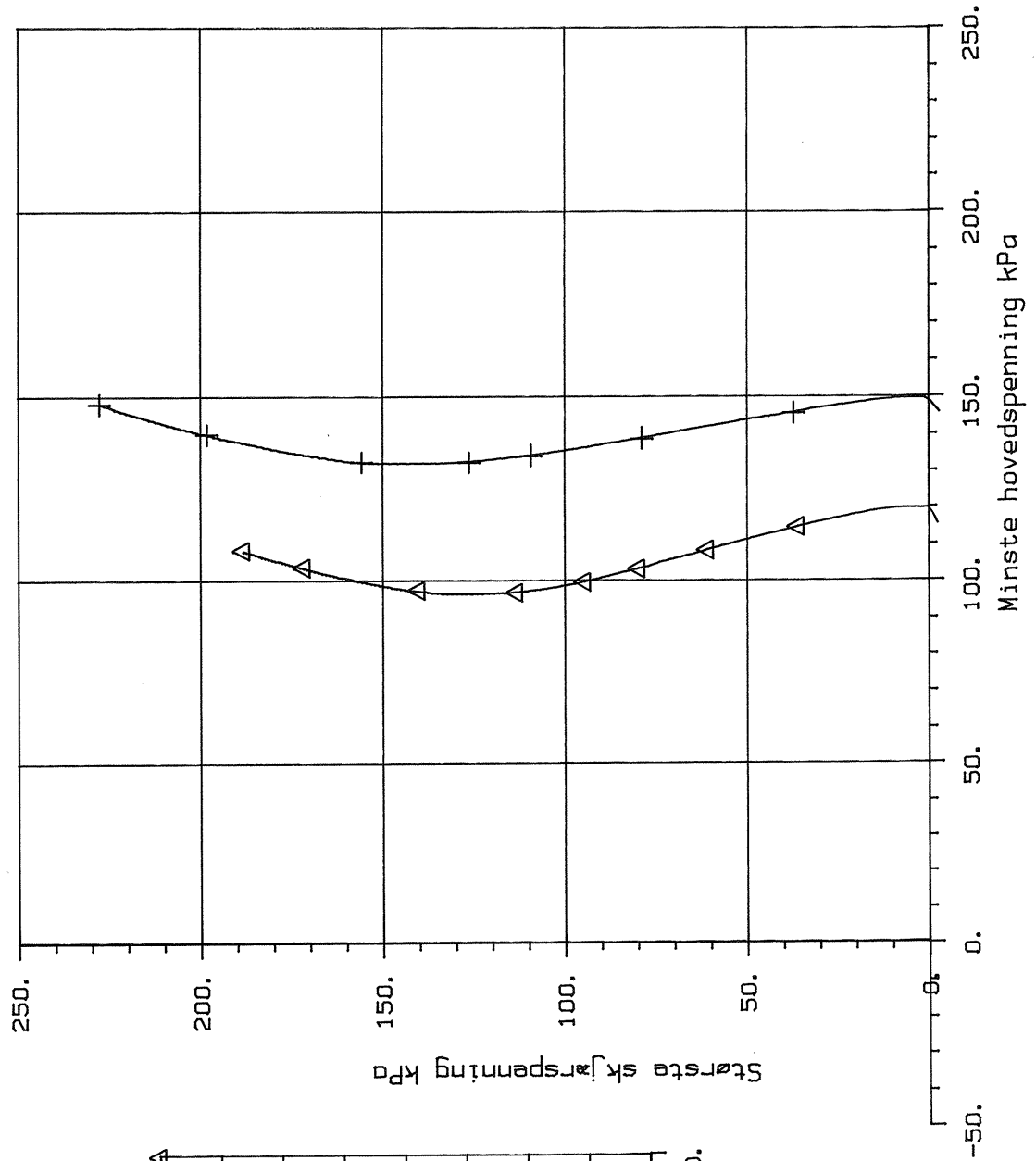
$\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$   
kN/m<sup>2</sup>



<b>TRONDHEIM KOMMUNE</b> TEKNISK SEKSJON	<b>PIR II</b>	MÅLESTOKK	
	Treaksialforsøk Boring 1, dybde 8, 10m og 8, 25m	TEGNET AV <b>KT, SLS</b>	RAPP NR. <b>R. 960</b>
		DATO <b>12.12.95</b>	BILAG <b>10</b>



SYMB Boringnr. Dybde, m Labnr. Forsøkstype Jordart  
 + 2 13.35 15 CIU SILT  
 Δ 2 13.25 15 CIU SILT



+  $\sigma = 5.0 \text{ kPa}$   
 Δ  $\sigma = 5.0 \text{ kPa}$



TRONDHEIM HAVN

TREAKSIALFORSØK  
 27 SEPT. 1995

MÅLESTOKK

OPPDRAG  
 11050

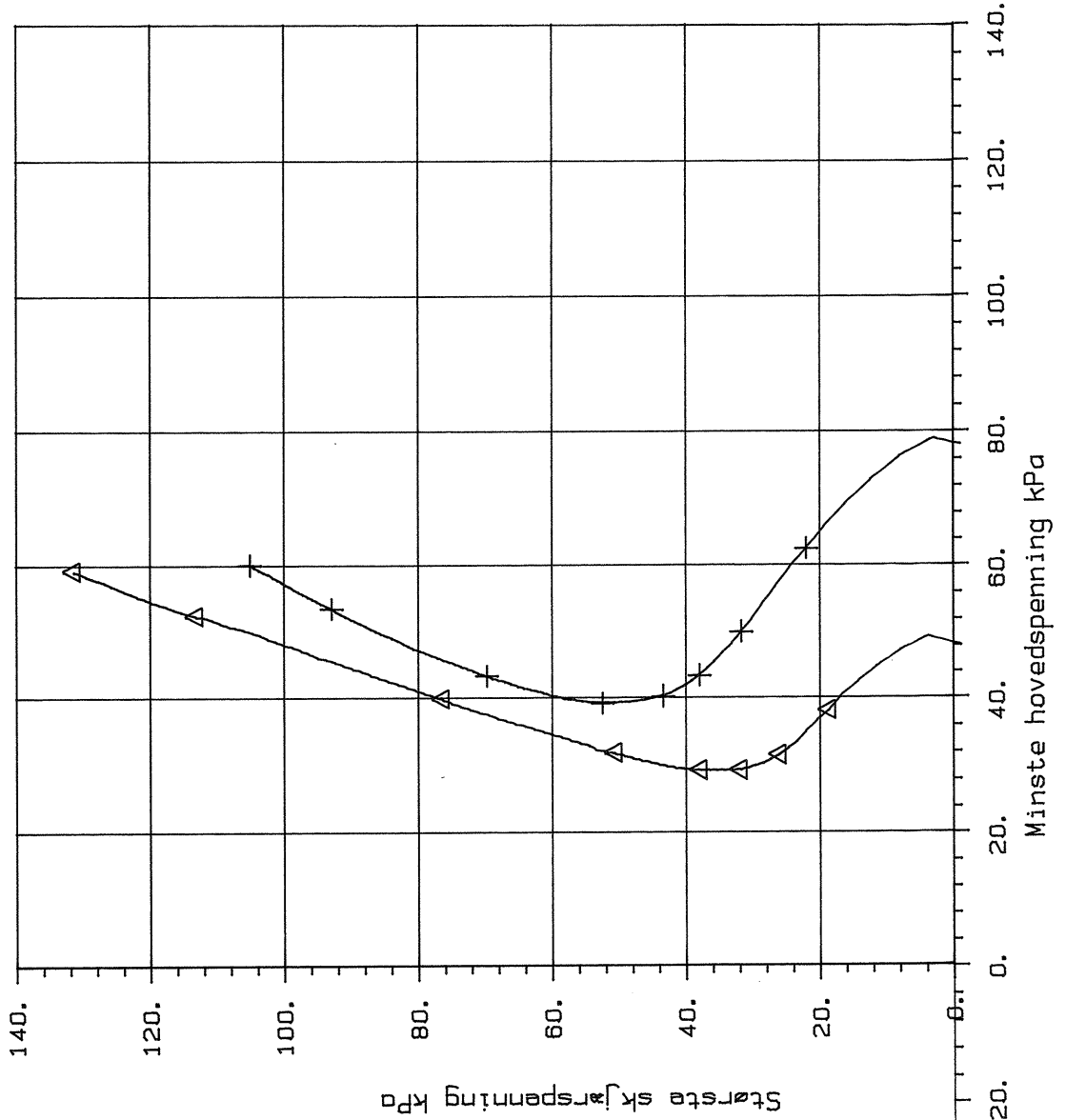
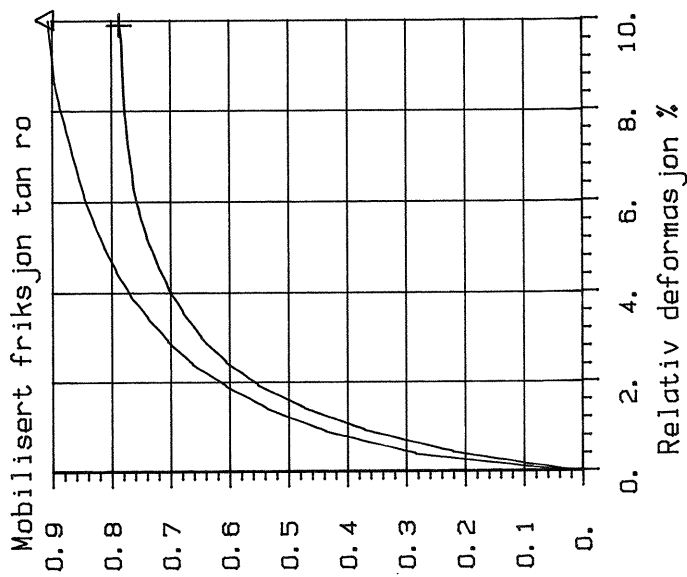
TEGNET AV

R. 960

DATO

TEGN. NR  
 11

SYMB Boringnr. Dybde, m Labnr. Forsøkstype Jordart  
 + 3 7.25 01 CIU SAND, fin, siltig.  
 Δ 3 7.10 01 CIU SAND, fin, siltig.



**Kummeneje**

Rådgivende ingeniører i  
 Geoteknikk og Ingeniørgeologi

TRONDHEIM HAVN

TREAKSIALFORSØK

26 SEPT. 1995

MÅLESTOKK

TEGNET AV

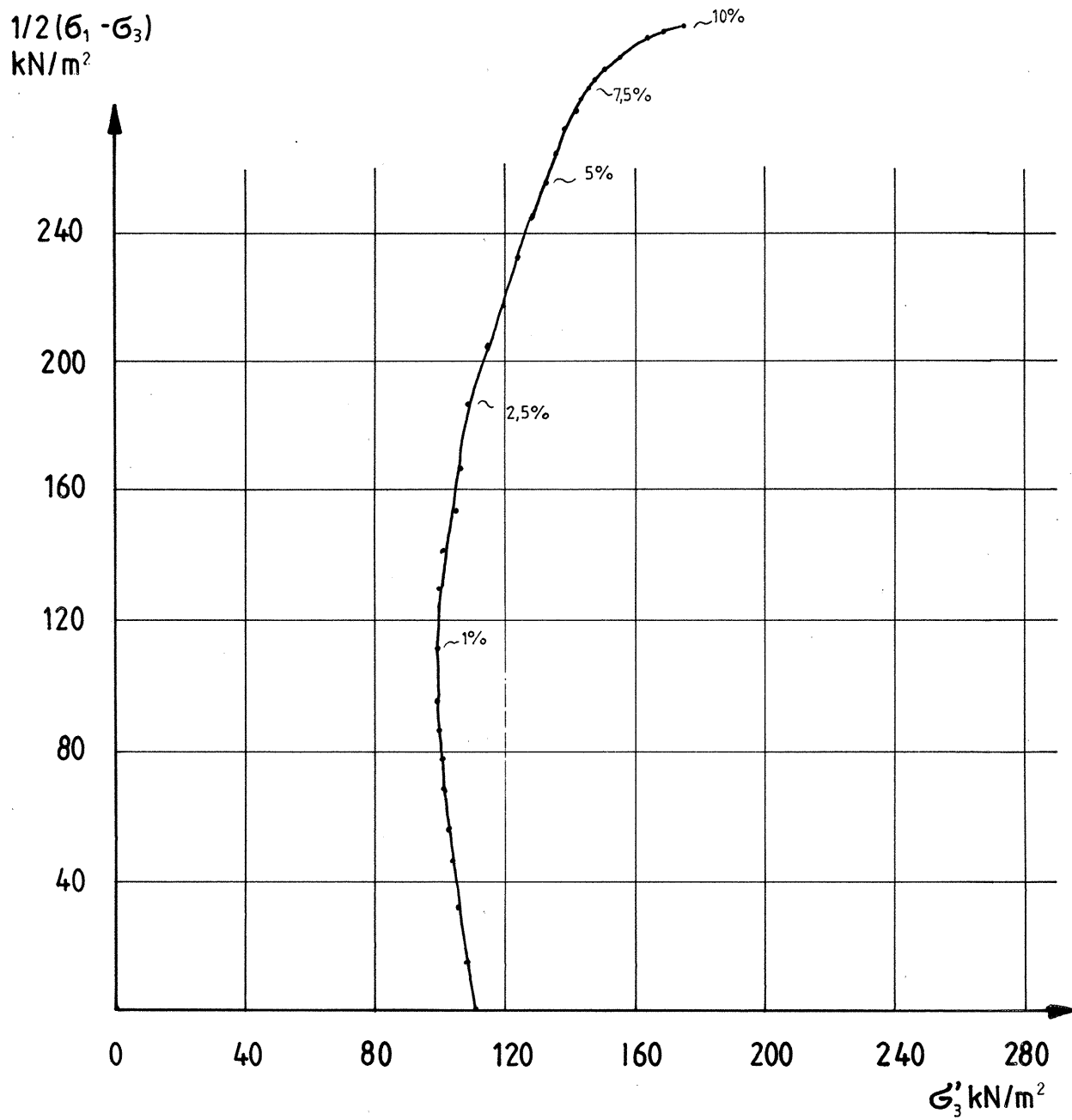
DATO

OPPDRAG  
 11050

R. 960

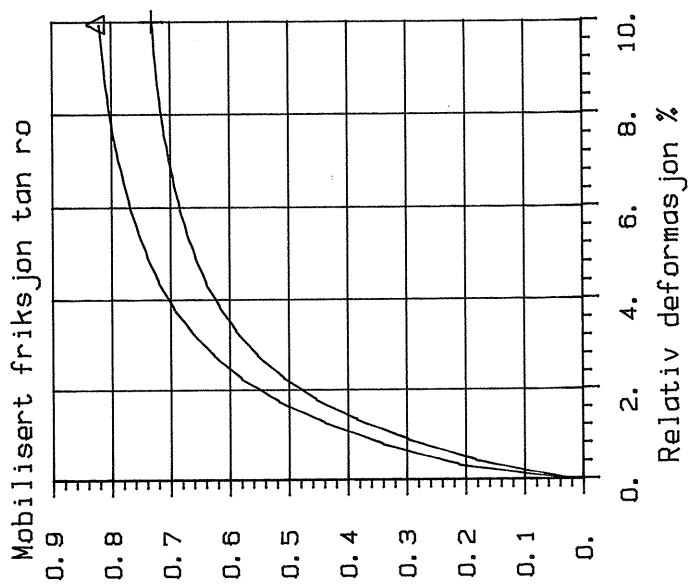
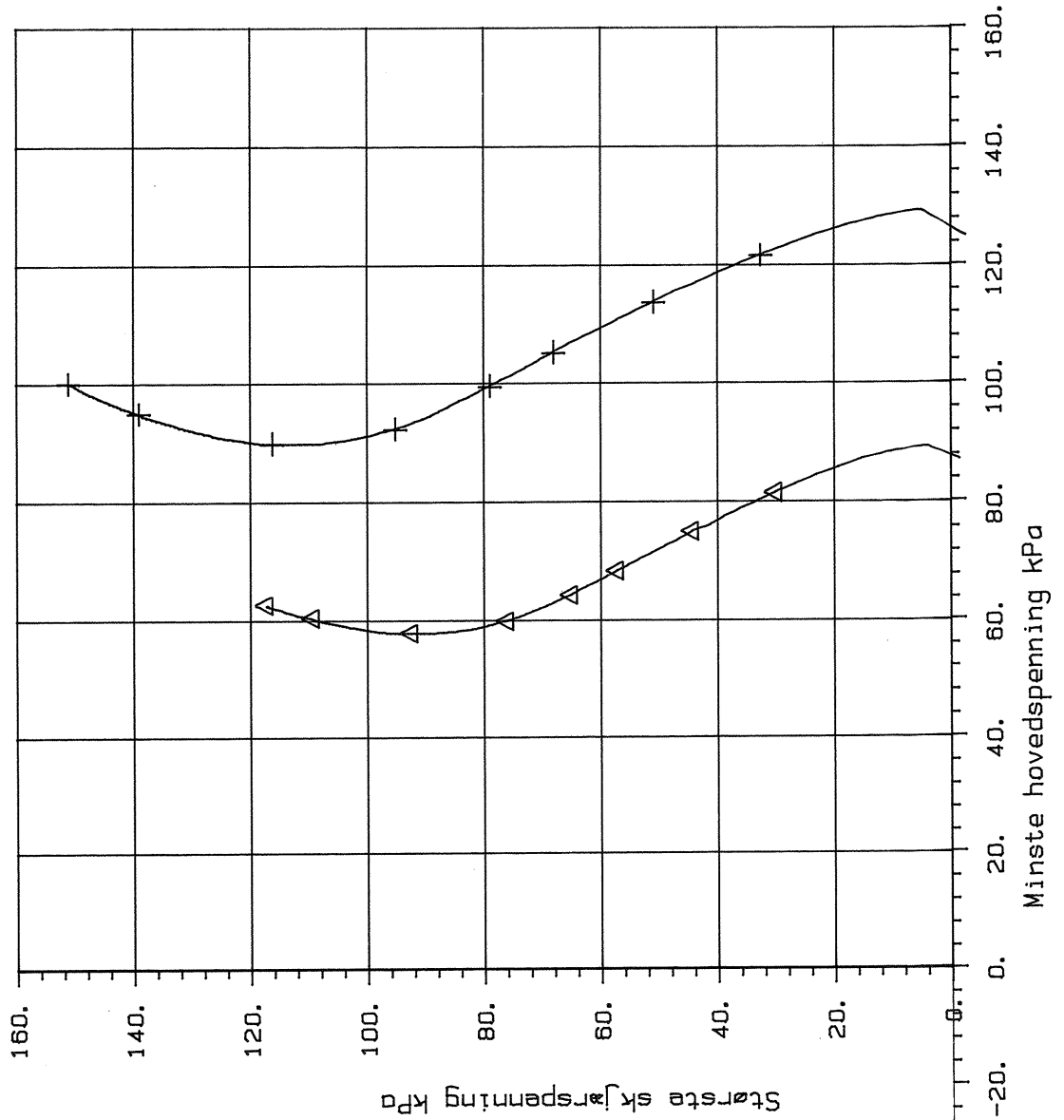
TEGN. NR

12



<b>TRONDHEIM KOMMUNE</b> TEKNISK SEKSJON	<b>PIR II</b>	MÅLESTOKK	
	Treaksialforsøk Boring 3, dybde 9,35m	TEGNET AV <b>KT, SLS</b>	RAPP NR. <b>R.960</b>
		DATO <b>12.12.95</b>	BILAG <b>13</b>

SYMB	Boringnr.	Dybde, m	Labnr.	Forsøksnr.	Jordart
+	3	12.30	06	CIU	SILT, grov, sandig.
Δ	3	12.20	06	CIU	SILT, grov, sandig.



+  $\alpha = 5.0$  kPa  
 Δ  $\alpha = 5.0$  kPa

**Kummeneje**

Rådgivende ingeniører i  
 Geoteknikk og Ingeniørgeologi

TRONDHEIM HAVN

TREAKSIALFORSØK

14 SEPT. 1995

MÅLESTOKK

TEGNET AV

DATO

OPPDRAG

11050

R. 960

TEGN. NR

14