

## 1. INNLEDNING.

Aktualisert av muligheter for rimelige steinmasser fra A/S Norcem's planlagte fabrikanlegg i Borgsåsen, har Levanger Kommune fremlagt planer om oppfylling i Sundet i Levanger, mellom den gamle Sundbrua og Strømjetéen. Samtidig ønsket en vurdert jetéens sikkerhet, om det var foregått erosjon i slik grad at utbedring eller sikringstiltak var nødvendige.

I henhold til foreløpig vurdering med forslag til undersøkelsesprogram i brev av 21. september 1978 og kontrakt datert 12. desember 1978, har vi utført opplodding og grunnundersøkelser for disse formål.

I og med A/S Norcem's henleggelse av sine planer er forutsetningene for fyllingsplanene noe endret, i det minste i tid.

I denne rapport fremlegges alle geotekniske resultater, dvs. fra boringer og laboratorieundersøkelser, med en generell beskrivelse og vurdering av forholdene. Bunnkart, plan for oppfylling, samt vurdering av jetéens sikkerhet fremlegges separat.

## 2. FELTUNDERSØKELSER.

På grunnlag av de skisserte planer og behov ble undersøkelsesprogrammet lagt opp med sikte på å avklare

- a) Stabilitet i fyllingsfront
- b) Fare for erosjon og evt. behov for beskyttelsestiltak ved fyllingskant og i strandbredden på Nettet-siden
- c) Mulighet for å finne fyllmasser av tilfredsstillende kvalitet i sjøen i Sundet
- d) Stabilitet av nåværende jeté

Programmet omfattet

- 1) Opptak av nytt bunnkart på strekningen fra ovenfor Sundbrua til utenfor Moan
- 2) Grunnundersøkelse bestående av sonderboringer og opptak av uforstyrrede prøver

(1) Bunnkart: Som grunnlag for planlegging av fyllingen, og for orientering om evt. endringer i dybdeforholdene i forhold til eldre kart, ble det utført loddinger med ekkolodd i ca. 20 profiler tvers over sundet og ved jetéen. Resultatene er benyttet for fremstilling av bunnkart (gjengitt som bilag 1).

Det gjøres oppmerksom på at profilavstanden er noe større enn hva som vanligvis anvendes for et fullstendig bunnkart i denne målestokken. Spesielt på steile og uregelmessige partier av sjøbunnen må en derfor regne med uregistrerte detaljer.

(2) Boringer: Det er utført dreiesondering i 20 punkter (hvorav 1 viste bart fjell), med beliggenhet vist på bilag 1.

Videre er det tatt opp i alt 62 prøver, hovedsakelig uforstyrrede prøver tatt med 54 mm sylindrerprøvetaker, fra 6 stasjoner. Ved boring 5, hvor det tross vanskelige forhold ble ansett særlig viktig å oppnå uforstyrrede prøver fra leira, måtte det tas prøver i 3 nærliggende punkter for å få tilfredsstillende dekning.

Boreddybder og sonderingsmotstand er vist grafisk i profilene, bilag 2 - 9, med en jordartsinndeling i hovedtrekk, med støtte i prøvetakingene. Boremetoder og resultatfremstilling er generelt beskrevet i tillegg I.

### 3. LABORATORIEUNDERSØKELSER.

Ved åpning i vårt laboratorium er de opptatte prøver beskrevet og klassifisert, og rutinemessig undersøkt med hensyn til vanninnhold, romvekt, og udrenert skjærstyrke i uforstyrret og omrørt tilstand (for kohesive prøver). Data fra rutineundersøkelse er samlet i borprofilene, bilag 10 - 17.

Videre er det utført konsolideringsforsøk i ødometer på 2 prøver, som grunnlag for setningsberegning (bilag 19), og kornfordelingsbestemmelse ved sikting og hydrometeranalyse for 8 prøver, for vurdering av massenes egenskaper ved evt. mudring og innfylling (bilag 18).

Som grunnlag for stabilitetsvurdering er det også utført treaksialforsøk (bestemmelse av skjærstyrkeparametre på effektivspenningsbasis) på 4 prøveserier, bilag 20 - 23.

Forsøksmetodene er beskrevet i tillegg II og III.

### 4. GRUNNFORHOLD.

Dybdeforholdene fremgår av kart og profiler. Stort sett er det små dybder på området mellom Sundbrua og jetéen, til dels tørt ved lavvann midt i sundet, med litt dypere strømløp langs land på begge sider. Ved jetéen er det dannet meget markerte og dype groper på hver side av åpningen, med karakteristiske sekundærhvirvel-groper på begge sider av jetéen inn mot Moan.

Fjell ligger på stor dybde, dypere enn kote -25, på Levanger-siden av Sundet. På nordsiden ligger fjellet grunnere og til dels i dagen, således i Snekkarberget i forlengelsen av moloen.

Løsmassene består, grovt inndelt, hovedsakelig av sand og silt i de øvre lag på Levanger-siden, med et 2 - 5 meter tykt lag av leire rundt kote -10 og sannsynligvis igjen overgang til leire på større dybde. På Fagerstrand-siden er det derimot bare et relativt tynt sand- og siltlag i toppen, over leire som kommer opp over fjelloverflaten innover på land.

På en del av profilene har vi, for å lette oversikten, antydnet laggrenser mellom de enkelte lag. Det understrekes imidlertid at disse er basert på tolkning og interpolering, og ikke må betraktes som eksakte.

Sanden i de øvre lag varierer i gradering fra grov, grusholdig til fin, siltig, som vist ved kornfordelingskurver for en del av prøvene (bilag 18). Typiske romvekter ligger stort sett over  $19 \text{ kN/m}^3$  og indikerer en middels fast til fast lagring.

Leira er ved boringene 5, 11, 14 og (21) i søndre del av sundet middels fast og lite sensitiv. Udrenert skjærstyrke ligger i området  $30 - 40 \text{ kN/m}^2$ , med jevnt økende tendens med dybden. Tilsvarende fasthetsforhold er også funnet ved tidligere undersøkelser lenger øst i havneområdet, bl.a. ved kaiene og cementsiloen.

I boring 4 på nordsiden er leira betydelig bløtere, med udrenert skjærstyrke ned i under  $10 \text{ kN/m}^2$ . Boring 20 i kanten av den dype evja øst for Snekkarberget viser kvikkleire, her middels fast i ufor-

styrret tilstand. Fra tidligere undersøkelser er det kjent at det er bløt kvikkleire i stranden vestenfor Snekkarberget, og at kvikkleira strekker seg opp under blokkene på Fagerstrand.

Ved triaksialforsøkene finner en at effektiv skjærstyrke for leira fra søndre del av Sundet, boring 5 og 14, kan beskrives ved

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \phi &= 0,45 \\ a &= 7 - 10 \text{ kN/m}^2. \end{aligned}$$

For silt finnes

$$\operatorname{tg} \phi = 0,75.$$

For en kvikkleireprøve fra hull 20 finnes overraskende høy friksjonsvinkel og også en uventet, dilatant bruddutvikling, med

$$\operatorname{tg} \phi = 0,75.$$

Dette kan skyldes at kvikkleira er meget mager, grensende opp til silt i gradering og styrkekaraktéristikk.

For oversikt og detaljer henvises for øvrig til grafisk fremstilling i bilagene.

##### 5. GENERELLE KONKLUSJONER.

Da forholdene vedr. mulig oppfylling samt med hensyn til evt. utbedring av jetéen vil bli behandlet separat, gis det her bare et meget kort resymé av de viktigste konklusjoner.

### Fylling, - stabilitet.

Med de påviste grunnforhold vil en oppfylling av tilnærmet det omfang som ble antydnet som ønskelig, være stabilitetsmessig mulig. En viss mudring utenfor fyllingen (kfr. neste avsnitt) vil også kunne tillates. På det dypere parti nærmest Strømjetéen må utførelsen vurderes nærmere for at ikke stabiliteten skal settes i fare.

### Masser til oppfylling.

Massene i de øvre lag (sand) på øra midt i Sundet er godt egnet for bruk i fylling, bak en innfatningsjeté av stein.

Forholdene synes å ligge bra til rette for sugemudring, men Sundbrua setter begrensninger for hvilket utstyr som er mulig å få inn.

### Erosjon.

I følge forhåndsvurdering ved muntlig kontakt med VHL antas en viss utfylling langs sydsiden av Sundet å kunne utføres uten vesentlig innvirkning på strøm- og erosjonsforhold. Det tilrås at ferdig prosjekt forelegges Vassdrags- og Havnelaboratoriet for vurdering.

På de grunnere partier består massene på sjøbunnen av sand. Kornfordelingskurvene kan benyttes for vurdering av hvilke strømhastigheter som kan forårsake erosjon.

Fyllingsfronten kan sikres f.eks. ved en tå av samfengt stein.

*for våres del  
må vi ha  
dette avklart*

Stabilitet - Fagerstrandsiden.

På nordsiden av Sundet er det nødvendig å unngå erosjon eller inngrep som kan svekke stabiliteten.

Dette gjelder spesielt utenfor Fagerstrand, på begge sider av Snekkarberget, hvor et eventuelt brudd i stranden kan få uberegnelige følger i kvikkleira.

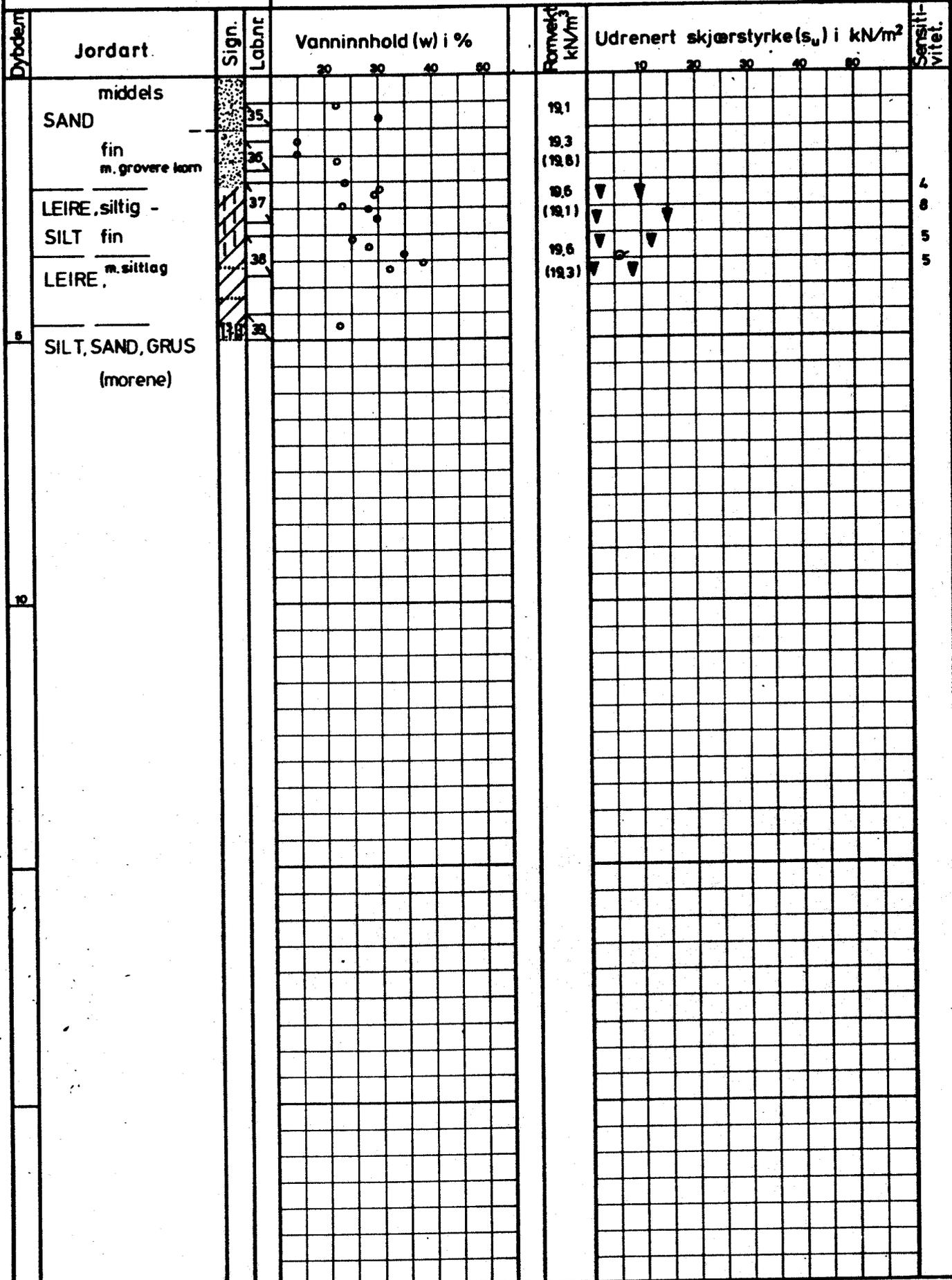
Bygging langs eller på fyllingen.

Oppfylling i Sundet vil gjøre det lettere å plassere nye bygg langs sydsiden, f.eks. i forbindelse med skolene, idet en plassering i skråningen med sokkel-etasje ut mot fyllingen kan tenkes. Konkrete prosjekter må vurderes nærmere med hensyn til setninger, stabilitet o.l.

Normalt bør en fylling ligge en del år før den bygges, da det vil foregå setninger den første tiden.

# BORPROFIL

HULL: 4 TERR.NIVÅ: + 1/4 PRÖVE Ø: 54 mm



Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**  
 TRONDHEIM  
 BODØ — TROMSØ

Sted: Sundet, Levanger Mnd/år: 03/79

SYMBOLER:  
 Enkelt trykkforsøk: (strek angir def.% w/brudd)  
 Konusforsøk - Omrørt: Uforstyrret:   
 Penetrometerforsøk:   
 Konsistensgrenser:  $w_p$  —  $w_L$

OPDRAG: 2946  
 BILAG: 10  
 TEKN.NR.:

# BORPROFIL

HULL: 5(A)

TERR.NIVÅ: -1.0

PRÖVE Ø: 54 mm

Dybde[m]	Jordart	Sign.	Labnr	Vanninnhold (w) i %				Pomvekt kN/m <sup>3</sup>	Udrenert skjærstyrke (s <sub>u</sub> ) i kN/m <sup>2</sup>					Sensitivitet	
				20	30	40	50		10	20	30	40	50		
0	LEIRE siltig humusbl.		01				46.6 55.6 74.7	15.4	▼	▼					3
	grov m. gruskom		02					19.5							
	SAND fin siltig middels		03					19.7 (18.5)		(c)					
	fin litt siltig		04					19.4 (19.2)		(c)					
			05					19.4 (18.8)			(c)				
8	fin siltig siltlag		06					19.4 (19.0)							
			07					19.4 (18.9)			(c)				
	SILT, middels grov		08					19.5 (19.2)			(c)				

Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**  
 TRONDHEIM  
 BODØ — TROMSØ

Sted: Sundet, Levanger Mnd/år: 03 / 79

OPPDRAG:  
**2946**

**SYMBOLER:**

Enkelt trykkforsøk: (strek angir def.% w/brudd)  
 Konusforsøk - Omrørt: Uforstyrret:   
 Penetrometerforsøk:   
 Konsistensgrenser:  $w_p$  —  $w_L$

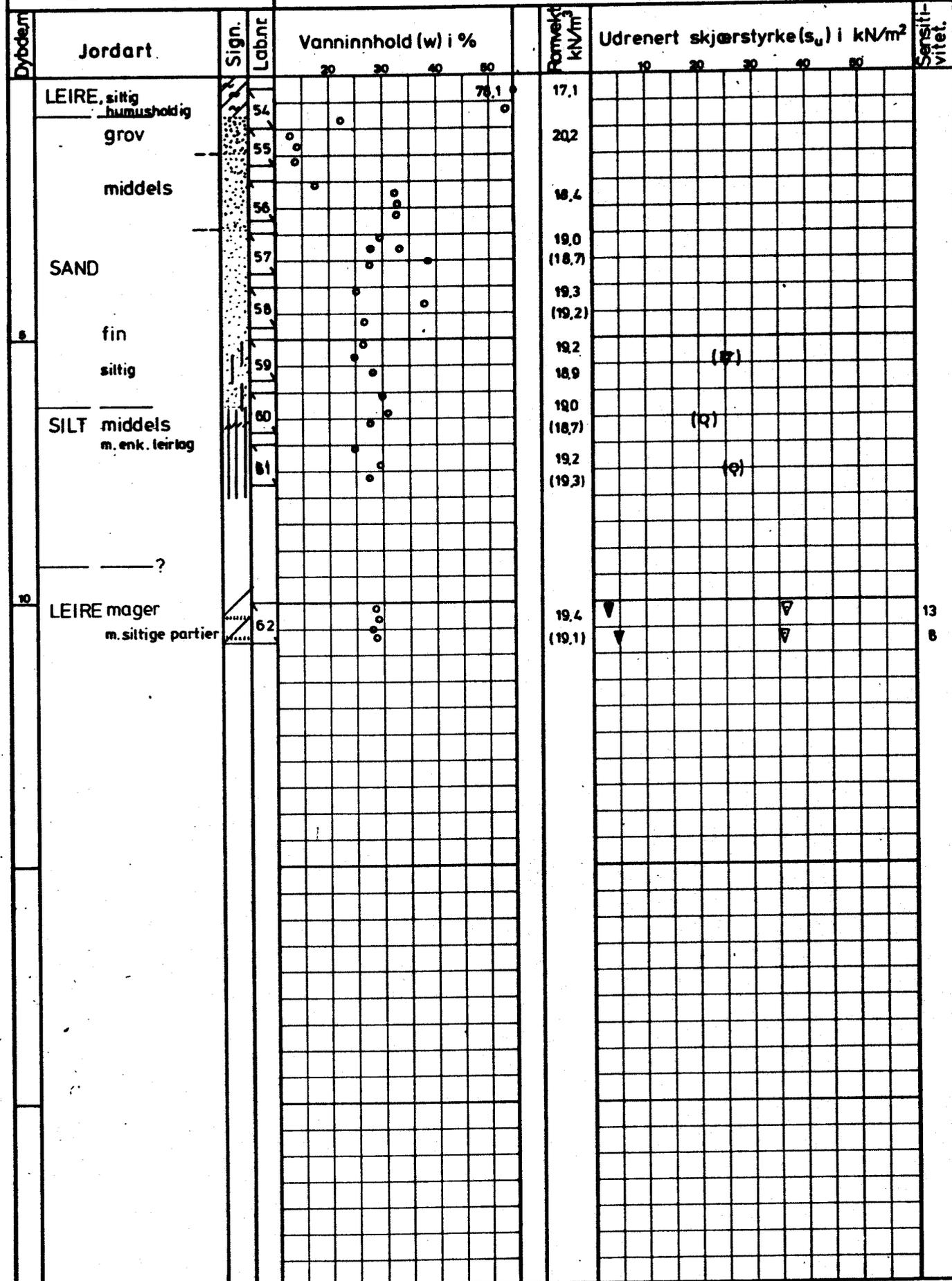
BILAG:  
**11**  
 TEKN.NR.:



# BORPROFIL

HULL: 5 (C)

TERR.NIVÅ: ± 1.0 PRÖVE Ø: 54 mm



Siv. Ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**  
TRONDHEIM  
BODØ — TROMSØ

Sted: Sundet, Levanger Mnd/år: 03 /79

OPDRAG:  
2946

SYMBOLER:

Enkelt trykkforsøk: (strek angir det.% w/brudd)  
Konusforsøk - Omrørt: Uforstyrret:   
Penetrometerforsøk:   
Konsistensgrenser:

BILAG:

13

TEGN.NR.:

# BORPROFIL

HULL: 11

TERR.NIVÅ: ± 5.2

PRÖVE Ø: 30 mm  
54 mm

Dybde[m]	Jordart	Sign.	Lab.nr	Vanninnhold (w) i %				Rørvekt kN/m <sup>3</sup>	Udrenert skjærstyrke (s <sub>u</sub> ) i kN/m <sup>2</sup>					Sætt- vitef.	
				20	30	40	50		10	20	30	40	50		
5	SAND fin m. siltpartier	[Symbol]	17					20,1 (19,4)							
			18					19,4 (19,2)							
	19					19,6 (19,4)									
	20	SILT grov m. finsandige partier	[Symbol]	20					19,2						
	21							19,3							
10	LEIRE siltig lagdelt m. siltlag	[Symbol]	22						▼						
			23						▼						
			24												
	SILT grov	[Symbol]	25												

Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**  
TRONDHEIM  
BODØ — TROMSØ

Sted: Sundet, Levanger Mnd/år: 03/79  
Enkelt trykkforsøk: [Symbol] (strek angir def.% w/brudd)  
Konsultforsøk - Omrørt: ▼ Uforstyrret: ▼  
SYMBOLER: Penetrometerforsøk: □  
Konsistensgrenser: w<sub>p</sub> — w<sub>L</sub>

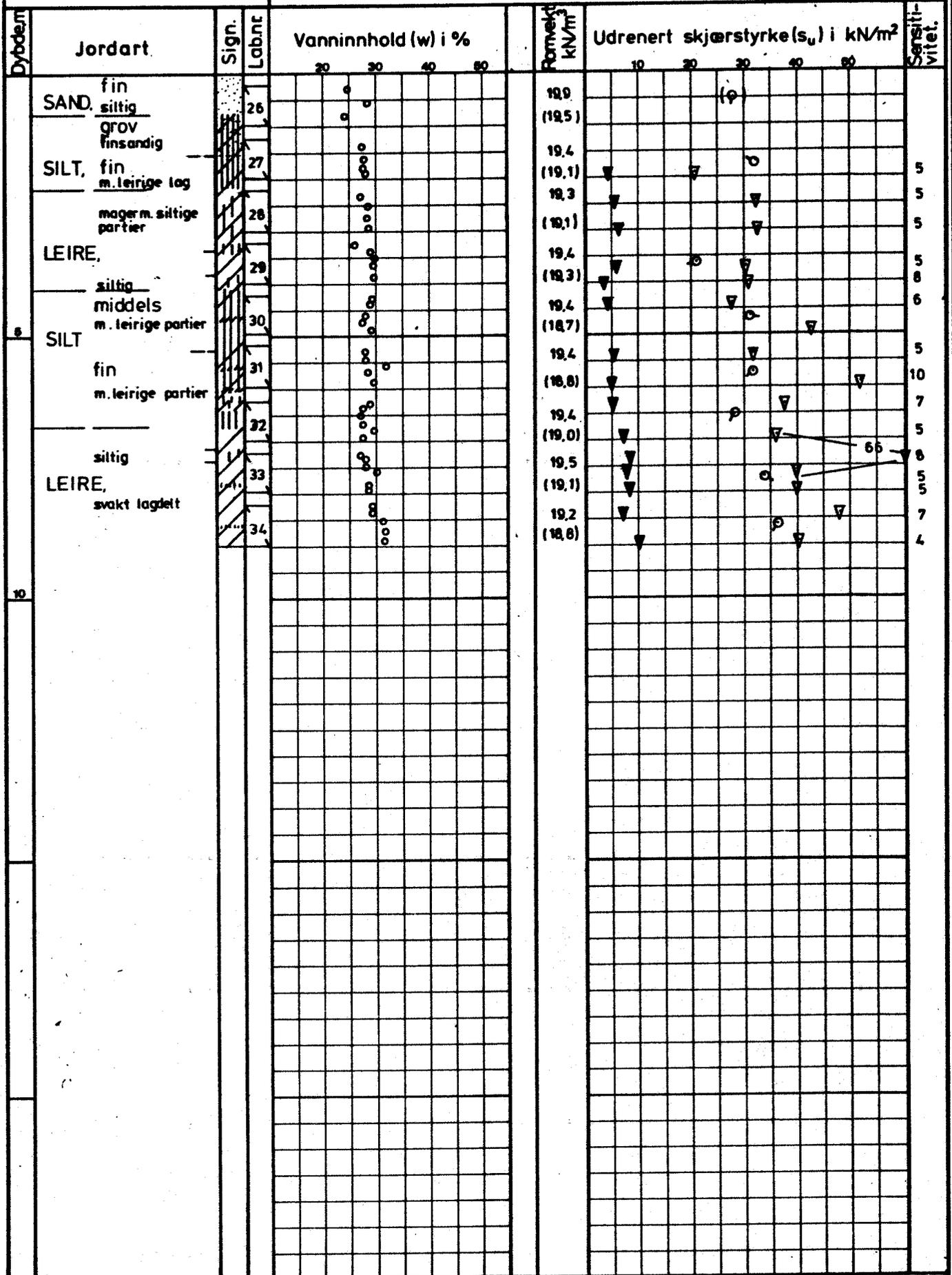
OPDRAG: 2946  
BILAG: 14  
TEGN.NR.:

# BORPROFIL

HULL: 14

TERR.NIVÅ: ±6,5

PRÖVE Ø: 54 mm



Siv. Ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM

BODØ — TROMSØ



Sted: Sundet, Levanger

Mnd/år: 03 / 79

SYMBOLER:

Enkelt trykkforsøk: ○ (strek angir def. % v/brudd)

Konussforsøk - Omrørt: ▼ Uforstyrret: ▽

Penetrometerforsøk: □

Konsistensgrenser: w<sub>p</sub> — w<sub>L</sub>

OPPRAG:

2946

BILAG:

15

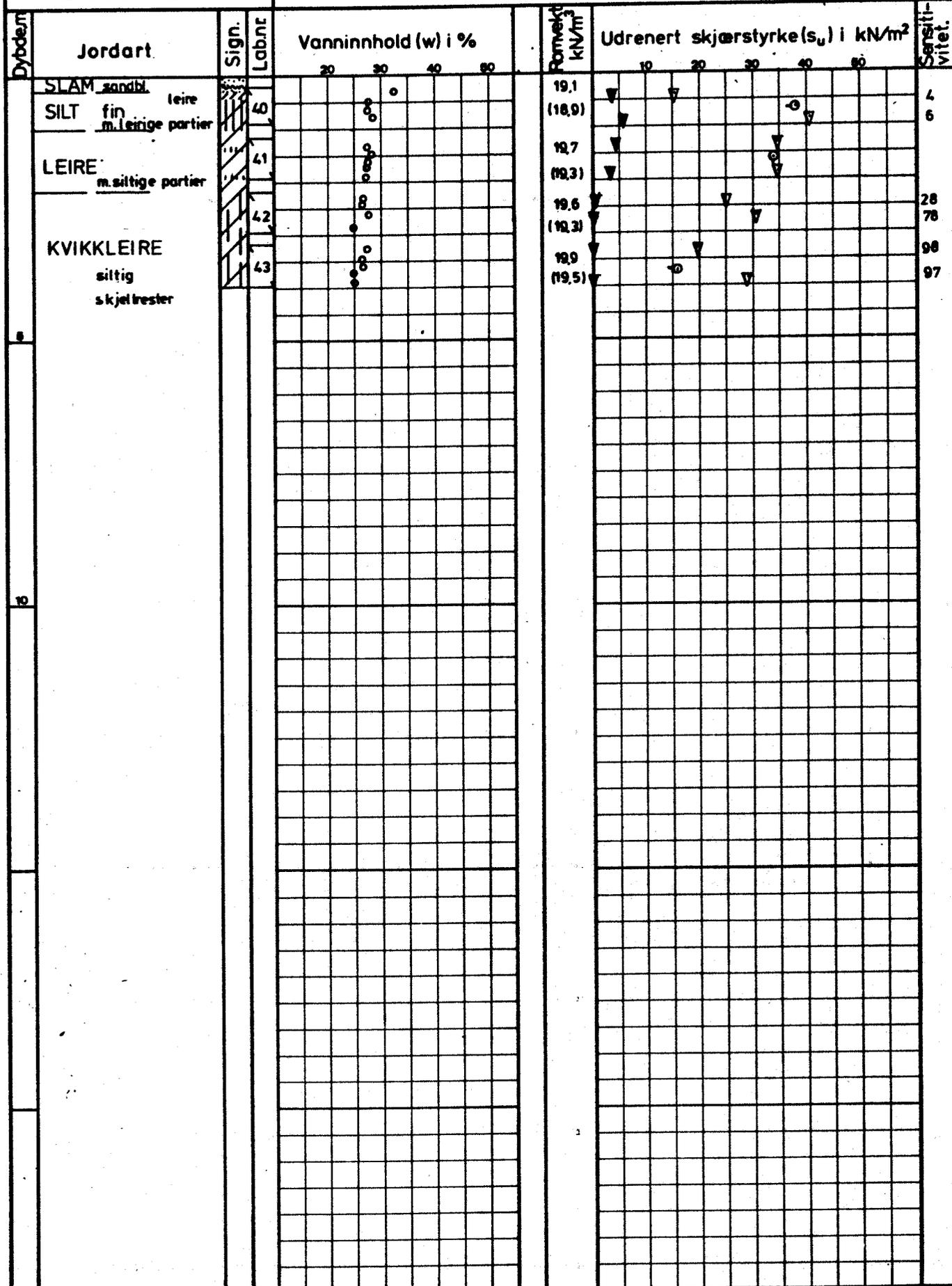
TEGN.NR.:

# BORPROFIL

HULL: 20

TERR.NIVÅ: ± 7,4

PRÖVE Ø: 54 mm



Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM

BODØ — TROMSØ



Sted: Sundet, Levanger Mnd/år: 03 / 79

SYMBOLER:

Enkelt trykkforsøk: (strek angir def. % w/brudd)  
 Konsultforsøk - Omrørt: Uforstyrret:   
 Penetrometerforsøk:   
 Konsistensgrenser: w<sub>p</sub> ————— w<sub>L</sub>

OPPDAG: 2946

BILAG: 16

TEGN.NR.:

# BORPROFIL

HULL: 21 TERR.NIVÅ:  $\pm 0.7$  PRÖVE  $\Phi$ : 30 mm

Dybde[m]	Jordart	Sign.	Lab.nr.	Vanninnhold (w) i %				Porevækt kN/m <sup>3</sup>	Udreneret skjærstyrke (s <sub>v</sub> ) i kN/m <sup>2</sup>					Sensitivitet.	
				20	30	40	50		10	20	30	40	50		
	fin middels grov		44		o										
	SAND grov		45	o											
	mellomsandig		46	o											
			47		o										
8	SILT grov		48			o									
			49			o									
			50			o									
			51			o									
	LEIRE siltig		52			o									
10	m. siltlag		53			o									

Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**  
TRONDHEIM  
BODØ — TROMSØ

Sted: Sundet, Levanger Mnd/år: 03/79

OPPRAG: 2946

**SYMBOLER:**

Enkelt trykkforsøk: (strek angir def.% w/brudd)  
 Konusforsøk - Omrørt: Uforstyrret:   
 Penetrometerforsøk:   
 Konsistensgrenser:  $w_p$  —  $w_L$

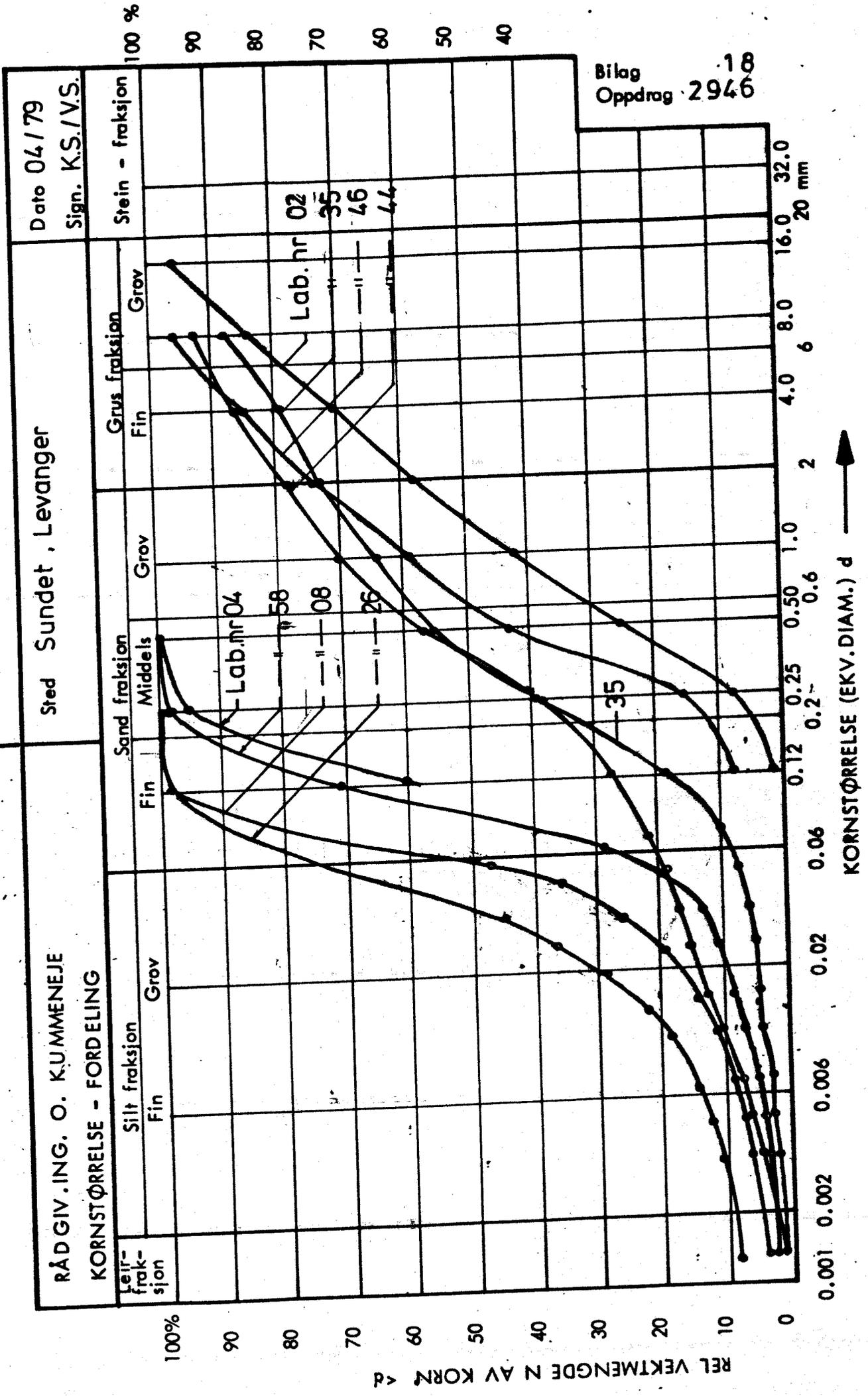
BILAG: 17  
TEGN.NR.:

RÅDGIV. ING. O. KUMMENEJE  
KORNSTØRRELSE - FORDELING

Sted Sundet, Levanger

Date 04/79  
Sign. K.S./V.S.

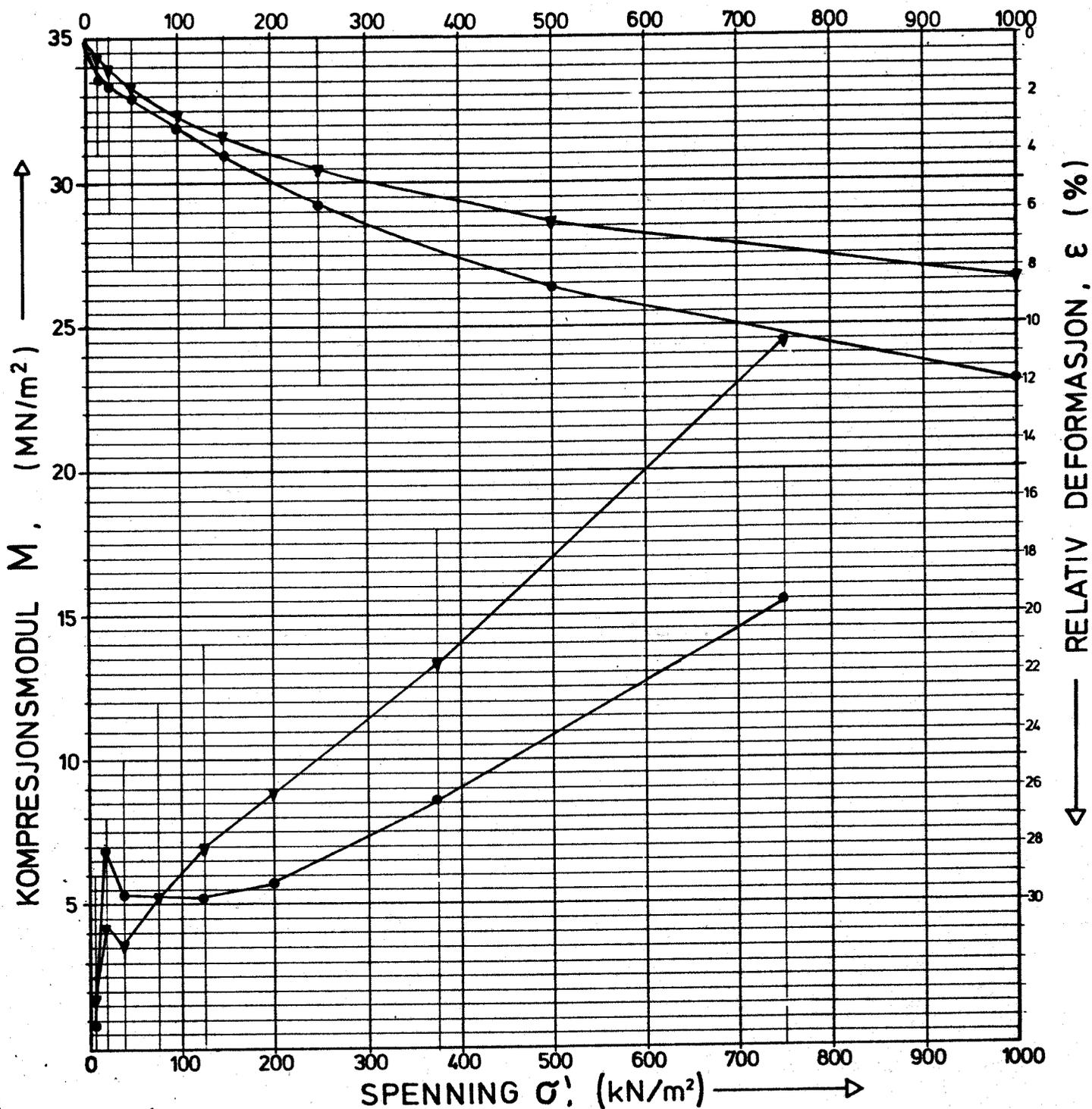
Bilag 18  
Oppdrag 2946



REL VEKTMENGE N AV KORN >

KORNSTØRRELSE (EKV. DIAM.) d

SPENNING  $\sigma'$ , (kN/m<sup>2</sup>) →



PRØVEDATA , Sted : Sundet, Levanger Mnd/år: 03 / 79

LAB. NR:	HULL NR:	DYBDE:	$P_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	OCR	JORDART	ANM.
62	5 C	10,35				Leire, mager, siltige partier	●
61	5 C	7,40				Silt, middels	▼

Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM

BODØ — TROMSØ



### BELASTNINGSFORSØK I ØDOMETER

Relativ deformasjon  
og kompresjonsmodul

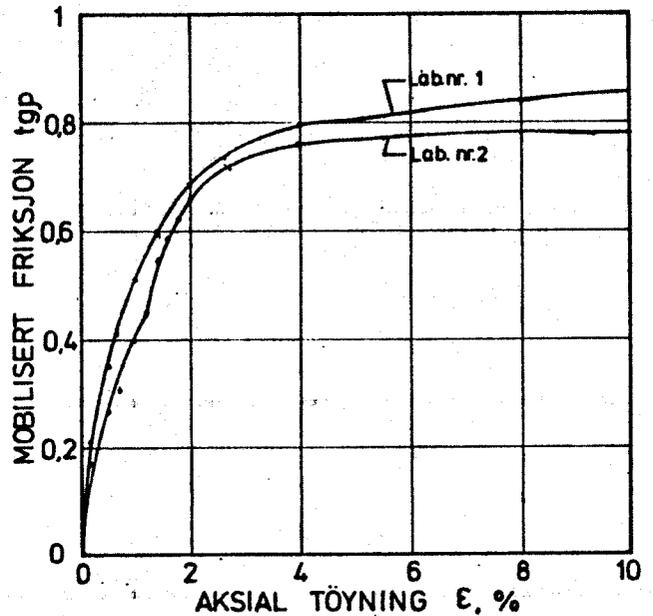
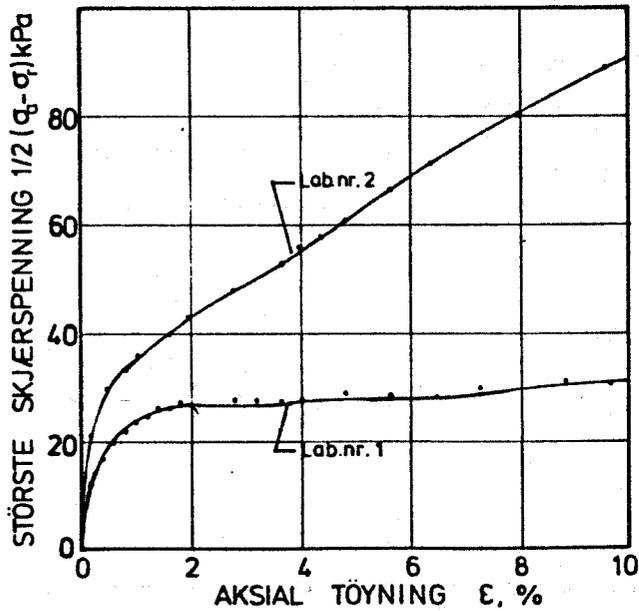
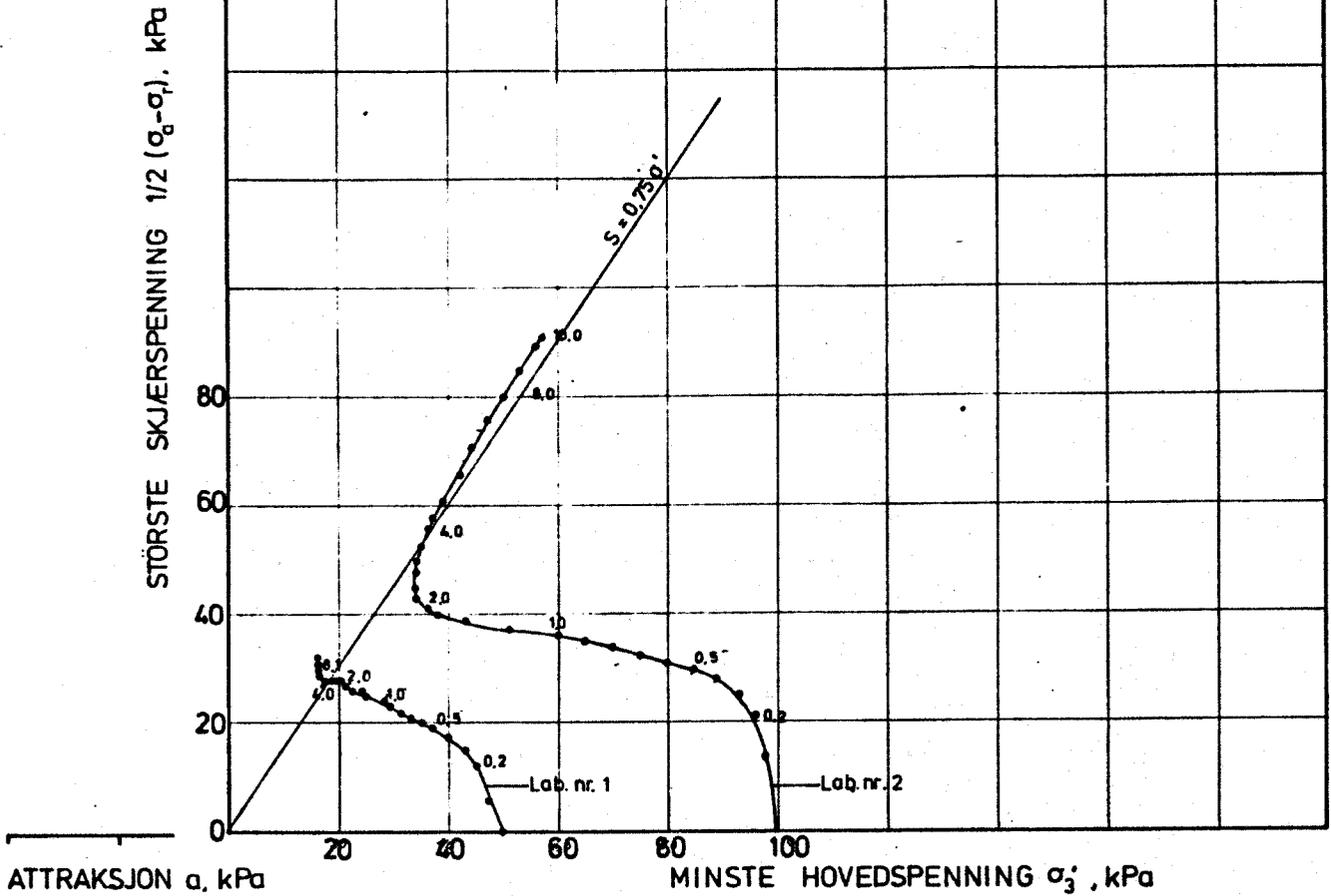
OPPDRAG :  
2946

BILAG :

19

TEGN. NR.

HULL NR.	LAB NR.	PROVEDYBDE NR.	EFF. OVERLAG m.	EFF. OVERLAG SPENN. kPa	FORKONS. SPENN. kPa	ANM.
5 C	61	1	7,15		50	SILT
		2	7,30		100	



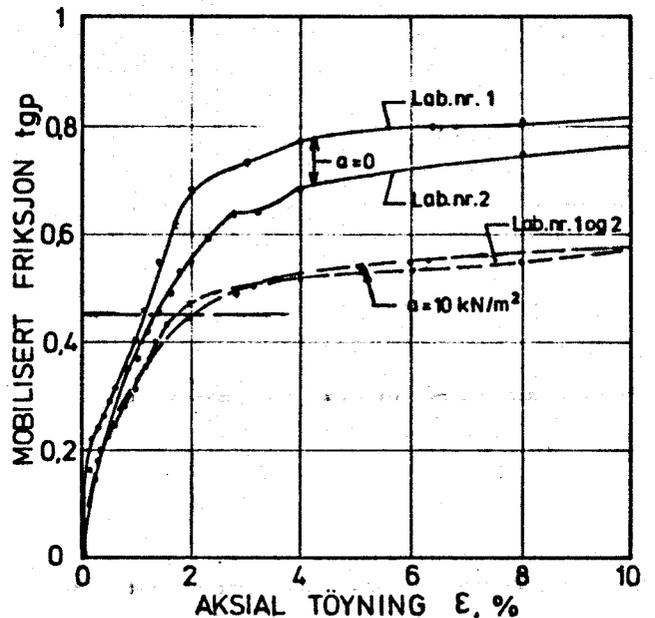
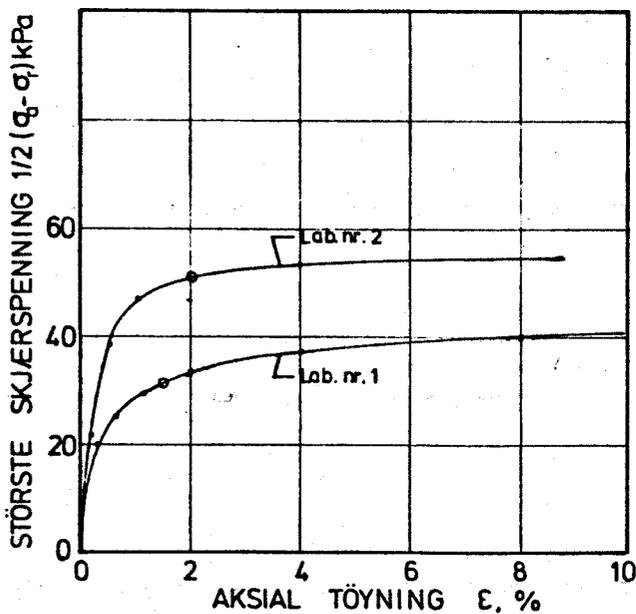
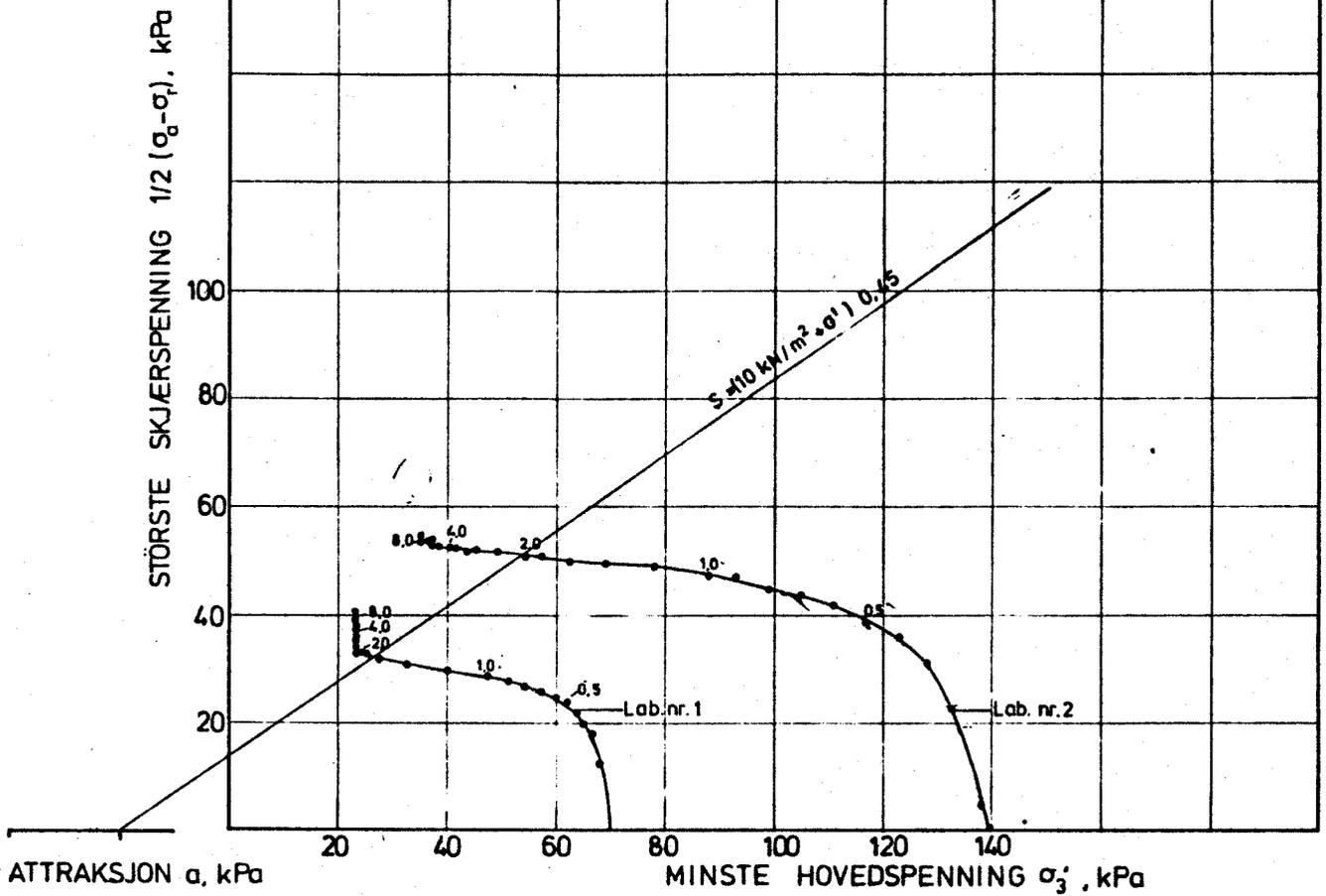
Siv. Ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**  
 TRONDHEIM  
 BODØ — TROMSØ



SUNDET LEVANGER  
 TREAKSIALFORSØK

MÅLESTOKK	OPPDRAG
TEGNET AV	2946
V.S.	BILAG
	20
DATE	TEGN. NR.
25.04.79	

HULL NR.	LAB NR.	PROVE NR.	DYBDE m.	EFFOVERLAG SPENN, kPa	FORKONS. SPENN, kPa.	ANM.
5C	62	1	10,5	~ 100	70	LØRE
		2	10,6		140	



Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM  
BODØ — TROMSØ



SUNDET, LEVANGER

TREAKSIALFORSTÖK

MÅLESTOKK

OPPDRAG

2946

TEGNET AV

BILAG

V.S.

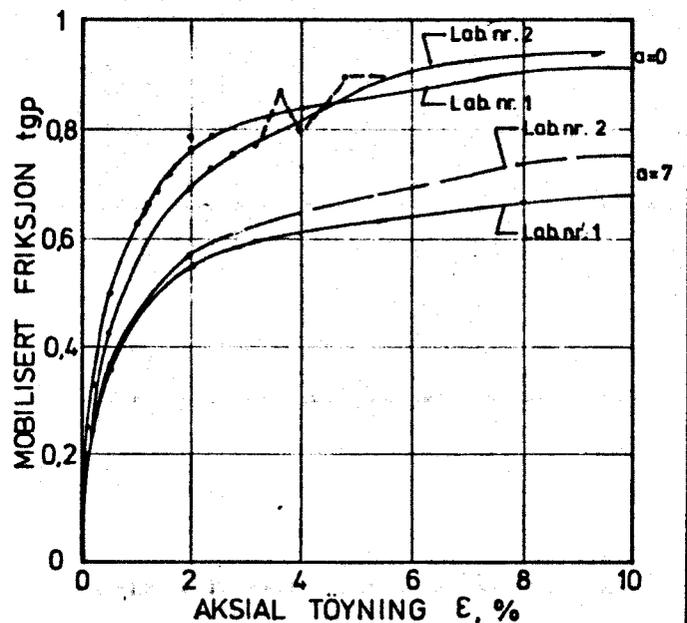
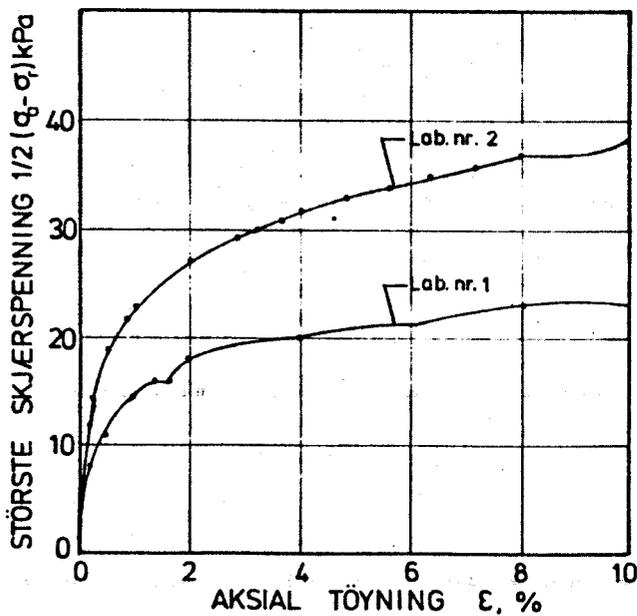
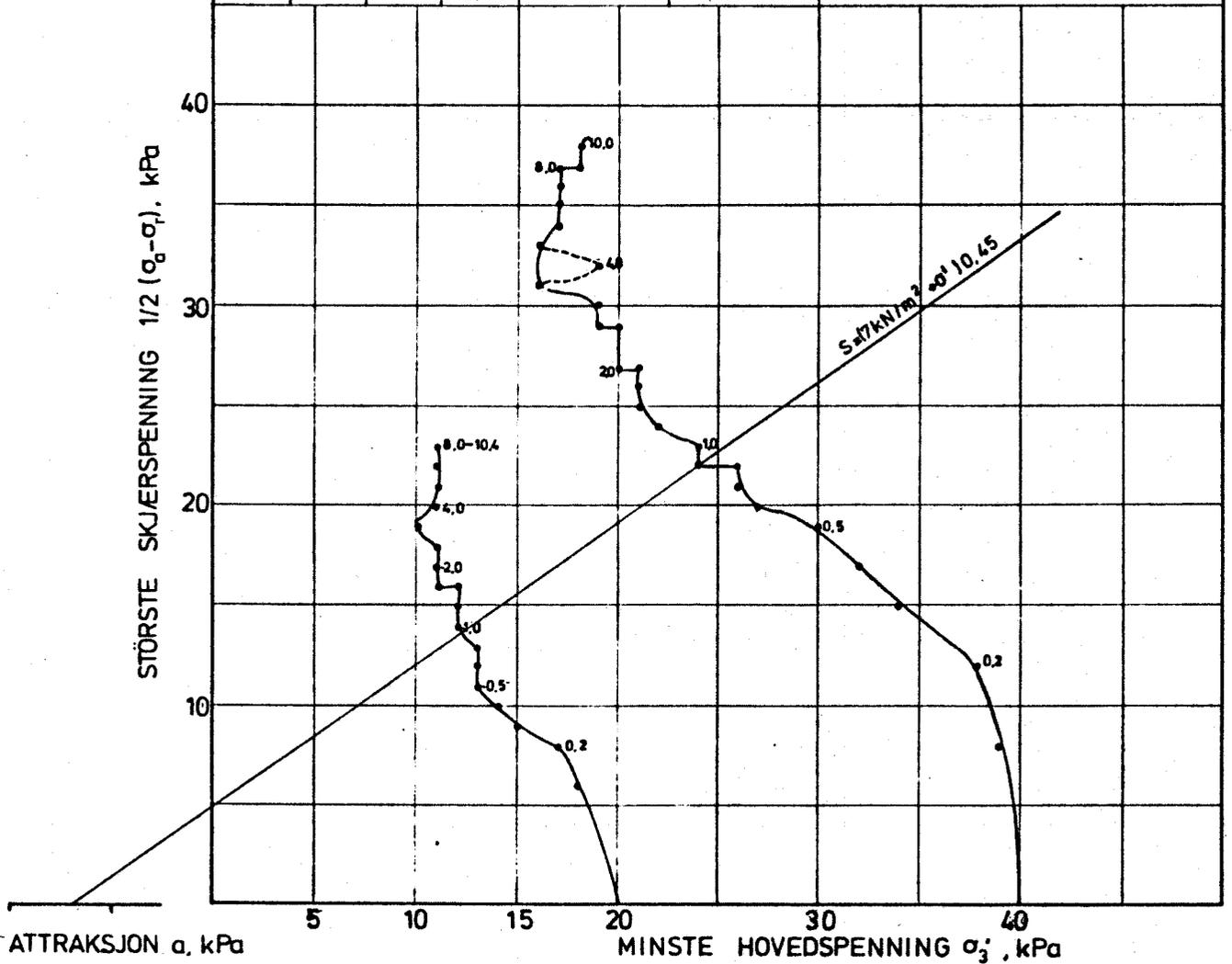
21

DATE

TEGN. NR.

26.04.79

HULL NR.	LAB. NR.	PROVE NR.	DYBDE m.	EFFOVERLAG SPENN, kPa.	FORKONS. SPENN, kPa.	ANM.
14	28	1	2.50		20	LEIRE
		2	2.60		40	



Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM  
BODØ — TROMSØ



SUNDET, LEVANGER

TREAKSIALFORSÖK

MÅLESTOKK

TEGNET AV  
V.S.

DATE  
26.04.79

OPPDRAK

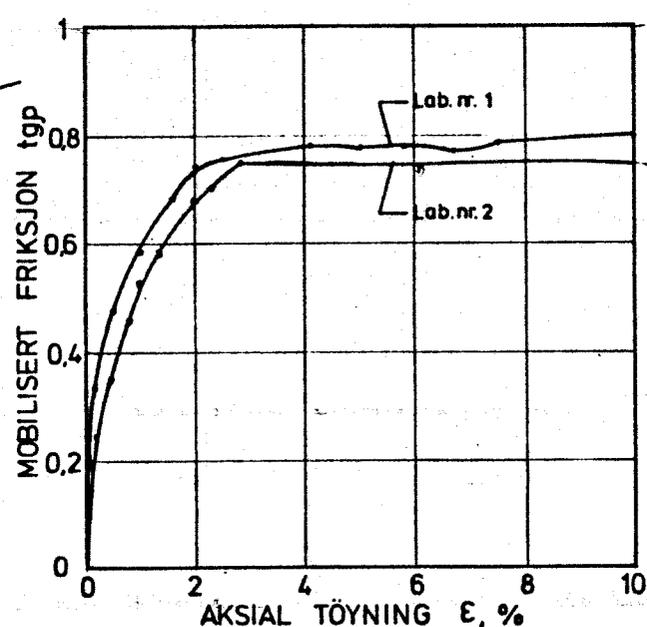
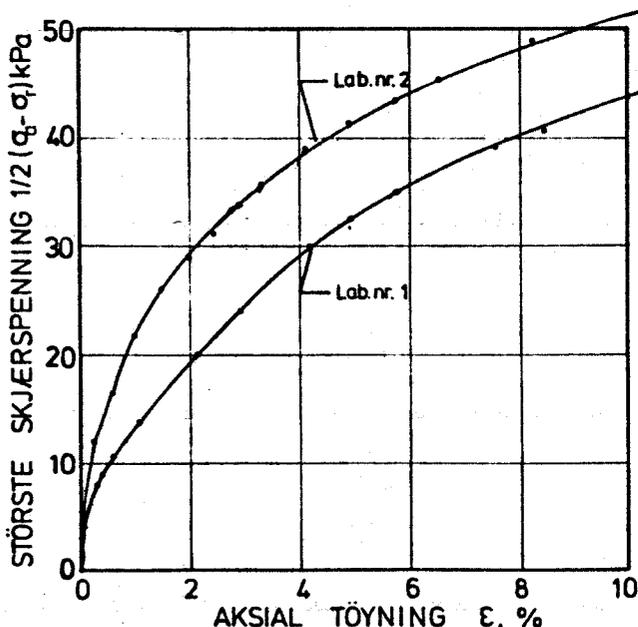
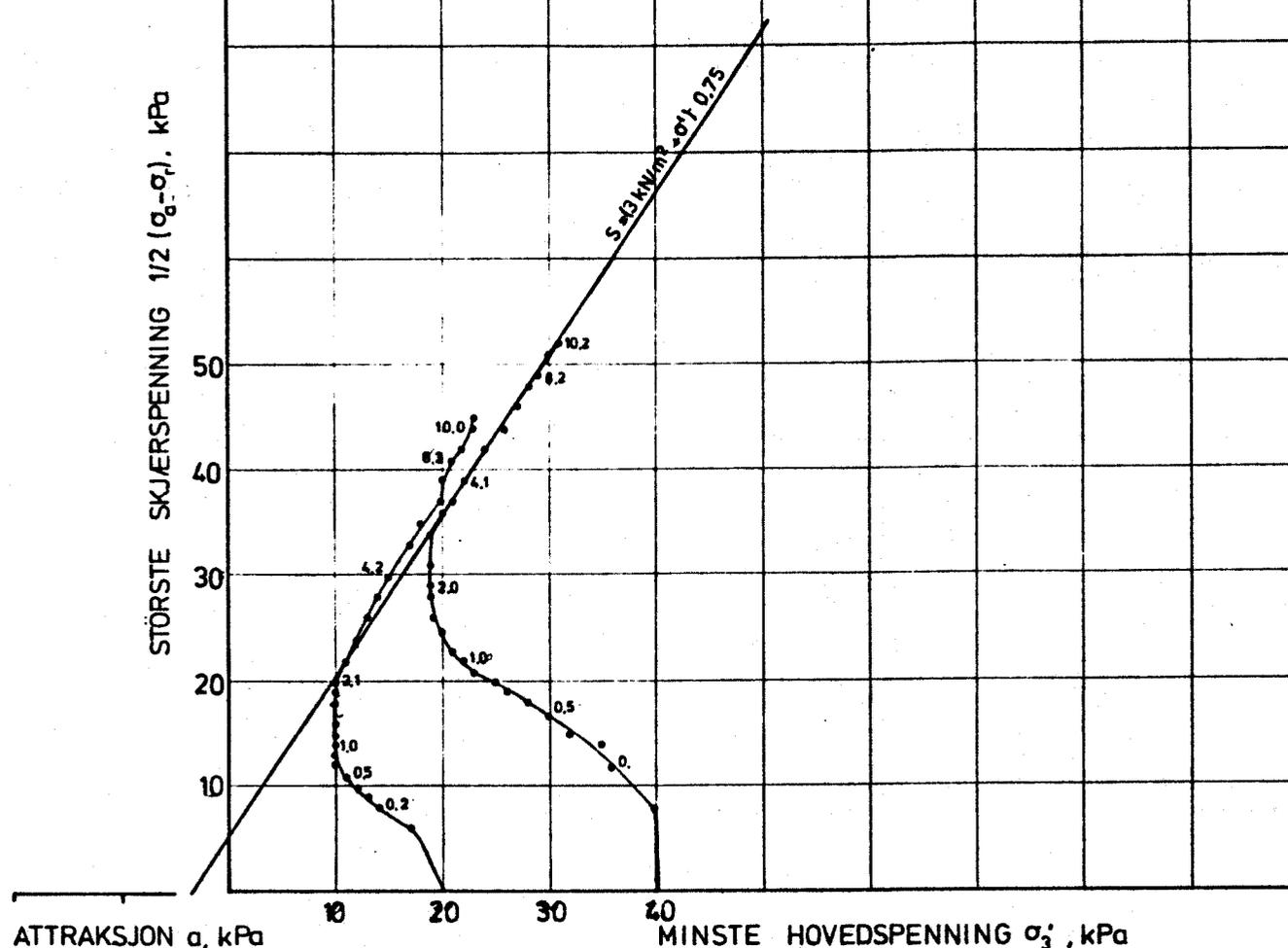
2946

BILAG

22

TEGN. NR.

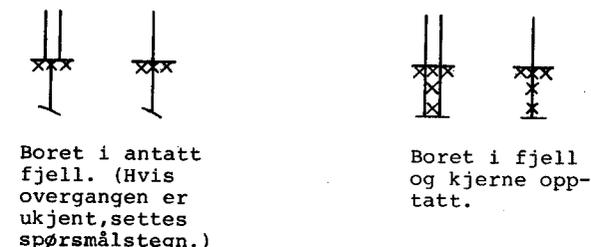
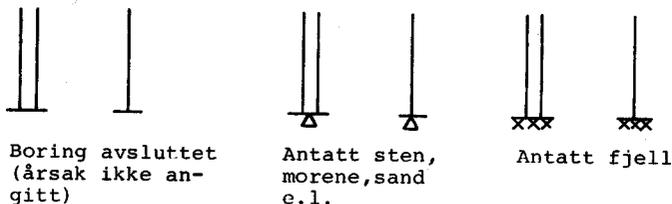
HULL NR.	LAB NR.	PROVEDYDE NR.	DYBDE m.	EFFOVERLAG SPENN, kPa	FORKONS. SPENN, kPa	ANM.
20	42	1	2,40		20	Leire, siltig (silt, fin) KVIKK
		2	2,50		40	



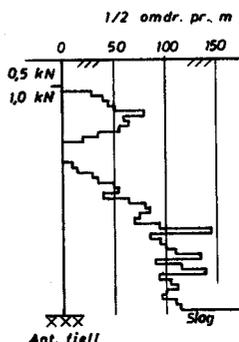
Siv. ing. <b>OTTAR KUMMENEJE</b> TRONDHEIM BODØ — TROMSØ	SUNDET, LEVANGER	MÅLESTOKK	OPPDAG 2946	
	TREAKSIALFORSÖK	TEGNET AV	BILAG 23	
		V.S.	DATE	TEGN. NR.
			25.04.79	

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).

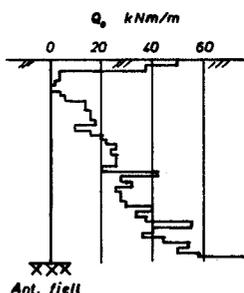


- **Dreiesondering** utføres med 22 mm stålstenger med glatte skjøter påsatt en 200 mm lang spiss av firkantstål som er tilspisset i enden og vridd en omdreining. Boret belastes med inntil 1 kN og hvis det ikke synker for denne last, dreies det ned med motor eller for hånd. Antall halve omdreining pr.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



- **Enkel sondering** består av slagboring med lett fjellboremaskin eller spyleboring til fast grunn eller fjell. Ved slagboring med en spesiell spiss kan ned-synkingshastigheten registreres som funksjon av dybden som uttrykk for boremotstanden. Myrddybden bestemmes ved hjelp av en lett myr-dybdeprøvetaker som presses ned til antatt myrbunn hvor prøve tas for kontroll.

- ▼ **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 fall-høyde 0,6 m. Mot-standen mot ned-ramming regis-treres ved antall slag pr. 20 cm synkning.



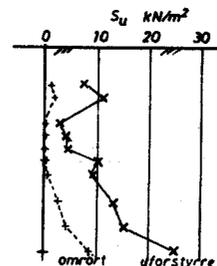
Rammemotstanden  
 $Q_0 = \frac{\text{Loddvekt} \times \text{fallhøyde}}{\text{synkning pr. slag}}$  (kNm/m) angis i diagram som funksjon av dybden.

- ⊛ **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 på-visning.

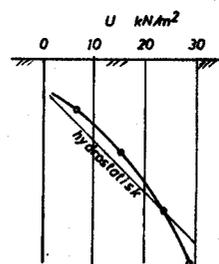
- ⊙ **Prøvetaking** utføres for undersøkelse i laboratoriet av grunnens geotekniske egenskaper. Uforstyrrede prøver tas opp med NGI's 54 mm stem-pelprøvetaker. Prøvene skjæres ut med tynnveg-gede stålsylindere med innvendig diameter 54 mm og lengde 80 cm (evt. 40 cm). Prøvene forsegles i begge ender for å hindre uttørking før de åpnes i laboratoriet.

Representative prøver tas med forskjellige typer støtbor- og ram-prøvetaker, ved sandpumpe i nedspylte eller nedrammede foringsrør, av opp-spylt materiale ved nedspyling av foringsrør og ved skovlboring i de øvre lag. Slike prøver tas hvor grunnen ikke egner seg for vanlig sylind-prøvetaker 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 u-drenerte skjærstyrke, som også måles i om-rørt 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. Vann-trykket ved filteret registreres enten hy-draulisk som stige-høyden i en plastslange inne i røret (ved overtrykk påsettes manometer over terrenng) eller elektro-nisk ved hjelp av en direkte trykkmåler innenfor filtret.



- ⊖ **Grunnvannstanden** observeres vanligvis direkte ved vannstand i borhullet.

LABORATORIEUNDERSKELSER.

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

Romvekt

( $\gamma$  i kN/m<sup>3</sup>) for hel sylinder og utskåret del.

Vanninnhold

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

Flytegrense

( $w_L$  i %) og utrullingsgrense ( $w_p$  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

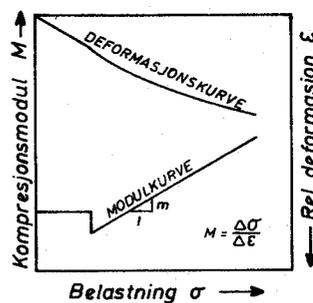
( $s_u$  i kN/m<sup>2</sup>) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt 3,6 x 3,6 cm<sup>2</sup> (evt. hel prøve) og høyde 10 cm. Skjærstyrken settes lik halve trykkfastheten. Dessuten måles skjærstyrken i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk, hvor nedsynkningen 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)

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 kN/m<sup>2</sup>.

Kompressibilitet

av en jordart ved ødometerforsøk. En prøve med tverrsnitt 20 cm<sup>2</sup> og høyde 2 cm belastes 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 vekttafet (evt. glødetapet ved humusrike jordarter) og uttrykkes i vektprosent av tørt materiale.

Saltinnhold

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

Kornfordeling

ved sikting av fraksjonene større enn 0,06 mm. For de finere partikler bestemmes den ekvivalente korndiameter ved hydrometeranalyse. En kjent mengde materiale 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.

Fraksjonsbetegnelse	Leir	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørrelse mm	< 0,002	0,002-0,06	0,06-2-60	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).

Materialsignatur:

	Fjell		Silt		Torv
	Blokk		Leire		Trerester
	Stein		Fyllmasse		Sagflis
	Grus		Matjord		Skjell
	Sand		Gytje, dy		Moreneleire
					Grusig morene

Anmerkning

T = tørrskorpe

- Leire: 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 = aurhelle

SPESIELLE UNDERSØKELSER.SPESIELLE MARKUNDERSØKELSER.Feltkompressometer

benyttes for undersøkelse av grunnens kompressibilitet direkte i marken. I prinsippet består utstyret av en skrueplate 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  $\gamma_d$  ved feltkomprimering og maksimal tørr-romvekt  $\gamma_d \text{ max.}$  bestemt ut fra standardiserte komprimeringsforsøk i laboratoriet.

- Sandvolummeter- og vannvolummetermetoden.

I felten bestemmes  $\gamma_d$  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.

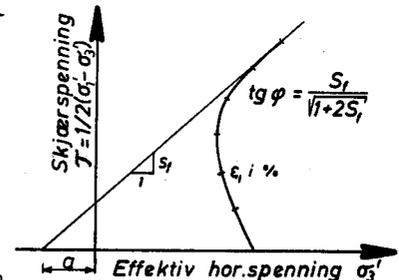
- Platebelastningsforsøk.

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

En sirkulær plate med  $\phi = 30$  cm plasseres på den komprimerte grunnen og belastes trinnvis samtidig som nedbøyning av platen måles med spesielt måleutstyr. Samhørende verdier for belastning og nedbøyning 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.

SPESIELLE LABORATORIEUNDERSØKELSER.Skjærstyrkeparametrene,

friksjonsvinkel ( $\varphi$ ) og attraksjon (a i KN/m<sup>2</sup>, evt. kohesjon  $c = a \cdot \text{tg } \varphi$ ) 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 oftest 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 mineral-kornene, 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 samhørende 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  $\gamma_d \text{ max.}$  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 tilsvarende Modifisert Proctor. Deretter settes sylindern med prøve i vannbad i 96 timer for fullstendig vannmetning. Etter vannmetning påføres prøven belastning ved at et stempel med areal 3 inch<sup>2</sup> 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 tilsvarende 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.