

Fylke Sør-Trøndelag	Kommune Trondheim	Sted NTH	UTM 5704 70330 (ED 50)
Byggherre Papirindustriens Forskningsinstitutt (PFI)			
Oppdragsgiver Ingeniør Per Søvik A/S			
Oppdrag formidlet av Per Søvik / Sture Nyberg			
Oppdragsreferanse Brev 22.05.96 (Kummeneje), og prosjektmøter			
Antall sider 5	Antall bilag 14	Tegn.nr. 202 - 214, 101	Antall tillegg 2

Prosjekt-tittel

**PFI - NTNU
NYBYGG, GLØSHAUGEN**

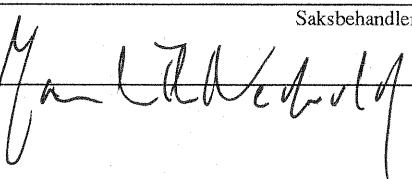
Rapport-tittel

**Grunnundersøkelser
Datarapport for anbud**

Oppdrag nr.

11238 Rapport nr.2

28.06.1996

Overingeniør Jarle Th. Nestvold	Saksbehandler 
SAMMENDRAG	
Grunnforhold:	
<ul style="list-style-type: none"> - Varierende dybde til fjell, stort sett 10 - 15 meter, men ca 25 m ved søndre ende. - Løsmasser: I hovedsak leire, middels fast. Kvikkleire på større dybde ved søndre og sørvestre del. Sandlag, og til dels oppfylte/tilbakefylte masser i topplagene. 	
Fundamentering:	
<ul style="list-style-type: none"> - Hel bunnplate under hoved-delen, akse J - akse K. - Stålkjernepeler til fjell under «skrå-delen», akse K - akse L. 	
Byggegrop:	
<ul style="list-style-type: none"> - Uavstivet byggegrop. Spesielt forsiktig graving utenfor søndre ende, og om nødvendig midlertidig sikring av fjernvarmekulvert. 	

INNHOLD

- 1 ORIENTERING
- 2 UNDERSØKELSER
- 3 GRUNNFORHOLD
- 4 FUNDAMENTERING
- 5 BYGGEGRØP

BILAG

Bilag nr.	Tegn. nr.	Tittel
1.	101	OVERSIKTSKART M = 1:10.000
2.	202	SITUASJONSPLAN
3. - 5.	203-205	PROFILER. BORERESULTATER
6. - 11.	206-211	BORPROFILER
12. - 14.	212-214	ØDOMETERFORSØK

TILLEGG

- I MARKUNDERSØKELSER
- II LABORATORIEUNDERSØKELSER

1. ORIENTERING

Prosjekt

For flytting av PFI til Trondheim skal det oppføres nytt forskningsbygg på NTNU's område på Gløshaugen.

Prosjektet omfatter et bygg med grunnflate ca 800 m², plassert mellom Institutt for Geologi og Verkstedtekniske Laboratorier (bilag 1 og 2). Byggets høyde er 5 etasjer + kjeller, men konstruksjoner og fundamentering dimensjoneres for evt. senere økning til 8 etasjer.

Oppdrag

Prosjekteringen utføres av en prosjekteringsgruppe ledet av Ing. Per Søvik A/S.

KUMMENEJE inngår i gruppen som geoteknisk rådgiver, og har utført grunnundersøkelser for prosjektet.

Innhold

I denne rapporten fremlegges samlede resultater fra undersøkelsene, utført i forprosjektfasen og for det endelige prosjektet. Videre gis hovedkonklusjoner mht fundamenteringsprinsipp.

2. UNDERSØKELSER

2.1. Feltundersøkelser

Utførte borer for prosjektet er plassert som angitt på bilag 2, som også viser plassering av tidligere borer nær tomta.

Dreietrykksonderingene 1 - 6 og prøvetaking i punkt 1, 4 og 6 ble utført i februar 1996. Som supplering ble det i juni 1996 tatt opp prøveserier i punktene 2 og 5, og utført dreietykksondering + prøvetaking i punkt 7. Samtlige resultater er tatt med i denne rapporten, tegning 203 - 205.

Sonderingene er ført ned til stopp, antatt mot fjell. Slike sonderinger gir imidlertid ikke fullstendig sikker fjellbestemmelse.

Terrenghøyder i borpunktene er innmålt ved nivellelement i forhold til punkter med angitt nivå (Trondheim kommunes høydesystem).

Metodebeskrivelser: Tillegg I.

2.2. Laboratorieundersøkelser

Ved åpning er prøvene beskrevet og klassifisert, og rutinemessig undersøkt med hensyn til vanninnhold, tyngdetetthet (romvekt), udrenert skjærstyrke og sensitivitet. Resultatene er sammenstilt i borprofilene, tegning 206 - 211.

Det er videre utført ødometerforsøk på i alt 7 av prøvene, for undersøkelse av setningsegenskaper. Deformasjons- og modulkurver er vist på tegning 212 - 214. (Kurver for konsolideringskoeffisient c_v foreligger.)

Metodebeskrivelse m.m. for laboratorieundersøkelser: Tillegg II.

3. GRUNNFORHOLD

Dagens terrengforhold fremgår av kart og profiler. Hoveddelen av tomta er planert og nesten horisontal på kote +52,0 - +52,7. Nordøstre ende kommer ut i skråningen mot Høyskoledalen, hvor nivået på vegen er ca +49,5.

Tidligere terren: Eldre kart viser at opprinnelig, naturlig terreng har ligget noe høyere på hoveddelen av tomta, - kote +55 - +56. Ved nordøstre ende kan det imidlertid være litt oppfylt.

Fjell: Verkstedteknisk lab. er fundamentert på peler til fjell, med fjellnivå ca kote +42 - +44 ved enden nærmest PFI.

Stoppnivå ved de nye boringene, som er angitt på tegning 202 og som antas å være mot fjell, tyder på at fjelloverflaten har svakt fall mot vest under storparten av bygget, - kote +41 - +42 under vegg nærmest Verkstedteknisk, ca kote +38 under vegg nærmest Geologibygget. Ved søndre/sørvestre ende faller imidlertid fjellet nokså bratt av, til kote +27 - +28 i borpunkt 4 og 1. Dette stemmer overens med hovedtrekk som kan trekkes ut av tidligere borer.

Løsmasser: Løsmassene på tomta består i hovedsak av leire.

Leira er stort sett middels fast med lav eller moderat sensitivitet ned til 8 - 10 meter under terren, som i en del av punktene vil si ned til fjell. Ved de dypeste prøveseriene, punkt 4 og 5, er det imidlertid bløt til middels fast kvikkleire i dyben, - fra ca kote +43 - +42. Ut fra sonderingskarakteristikken antas det å være kvikk eller sensitiv leire også i den dypeste delen av boring 1. - Forekomst av kvikkleire er kjent også fra tidligere borer vest og nord for tomta.

De øvre lag består til dels av sand. Ut mot dalen ved nordre ende av bygget kan det være noe oppfylte masser. Lokalt kan masser i de øvre lag være påvirket av tidligere graving og tilbakefylling.

Grunnvannstanden er ikke kontrollert.

Ødometerforskene viser at leira er noe overkonsolidert, og dermed relativt lite kompressibel ved moderate tillleggsspenninger.

Det vises til grafisk fremstilling i bilagene for oversikt og detaljer.

4. FUNDAMENTERING

Følgende hovedprinsipper tilrås:

- Fundamentering på hel bunnplate for hoveddelen av bygget, fra søndre ende til akse K.
- Fundamentering på stålkjernepeler til fjell for «skrå-delen», akse K - akse L.

Stålkjernepelene bores, fra bunn av utgraving eller fra terreng, ned i fjell.

Bygget må ha konstruktiv fuge ved akse K, av hensyn til forskjellig fundamenteringsform og mulige setningsdifferanser.

Valgt løsning skyldes nokså store søylelaster som kommer ned nært inntil eksisterende isotoplab., som kompliserer direktesfundamentering, samtidig som det ikke er ønskelig å ramme peler eller spunt, av hensyn til rystelser som kan virke inn på datautstyr og andre installasjoner i omkringliggende bygg.

5. BYGGEGRØP

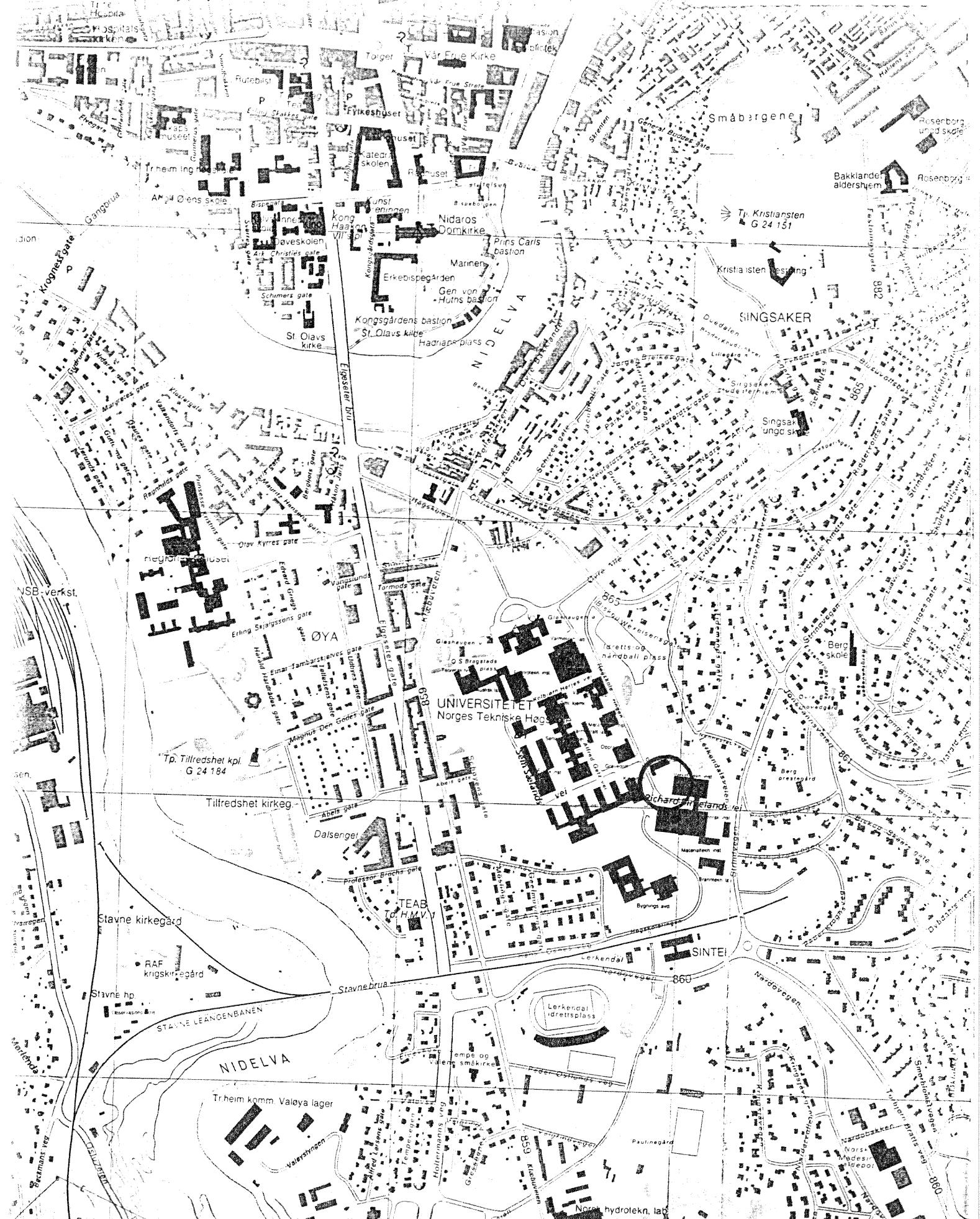
Det regnes med uavstivet byggegrop.

Mot øst (mot Verkstedteknisk) og vest (mot Geologi-bygget) må utgravningen utføres med stabile skråninger, - helning slakere enn 1:1,5. Hvis nødvendig av hensyn til adkomst og innkjøring, kan det bli aktuelt å foreta utskifting med bedre masser langs Verkstedteknisk.

Utenfor søndre ende passerer en betongkulvert for fjernvarme m.m. forbi bygget. Kulverten ligger relativt grunt. Nøyaktig dybde og avstand må påvises ved gravingen. Her må gravingen utføres spesielt forsiktig, og kulverten overvåkes og om nødvendig sikres, f.eks. ved frigraving på motsatt side for å redusere horisontaltrykket på kulverten, evt. undergraving og punktvis etablering av midlertidige fundamenter. Det er videre viktig at utgravningen til full dybde blir så kortvarig som mulig, og at lagring av masser langs kantene, store nyttelaster eller rystelser unngås.

Under disse forutsetninger er det tilstrekkelig sikkerhet mot dype glidninger.

Utgravning og øvrig anleggsarbeid må generelt utføres på slik måte at nabobygg influeres minst mulig, - med hensyn til stabilitet, deformasjoner, rystelser o.l. Nabobyggene må overvåkes i anleggstiden.



Kummeneje



Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

A.S. TØRRKOPI

PFI - NTNU

OVERSIKTSKART.

MÅLESTOKK
1:10.000

OPPDAG
11 238

TEGNET/KONTR.

BILAG

N.

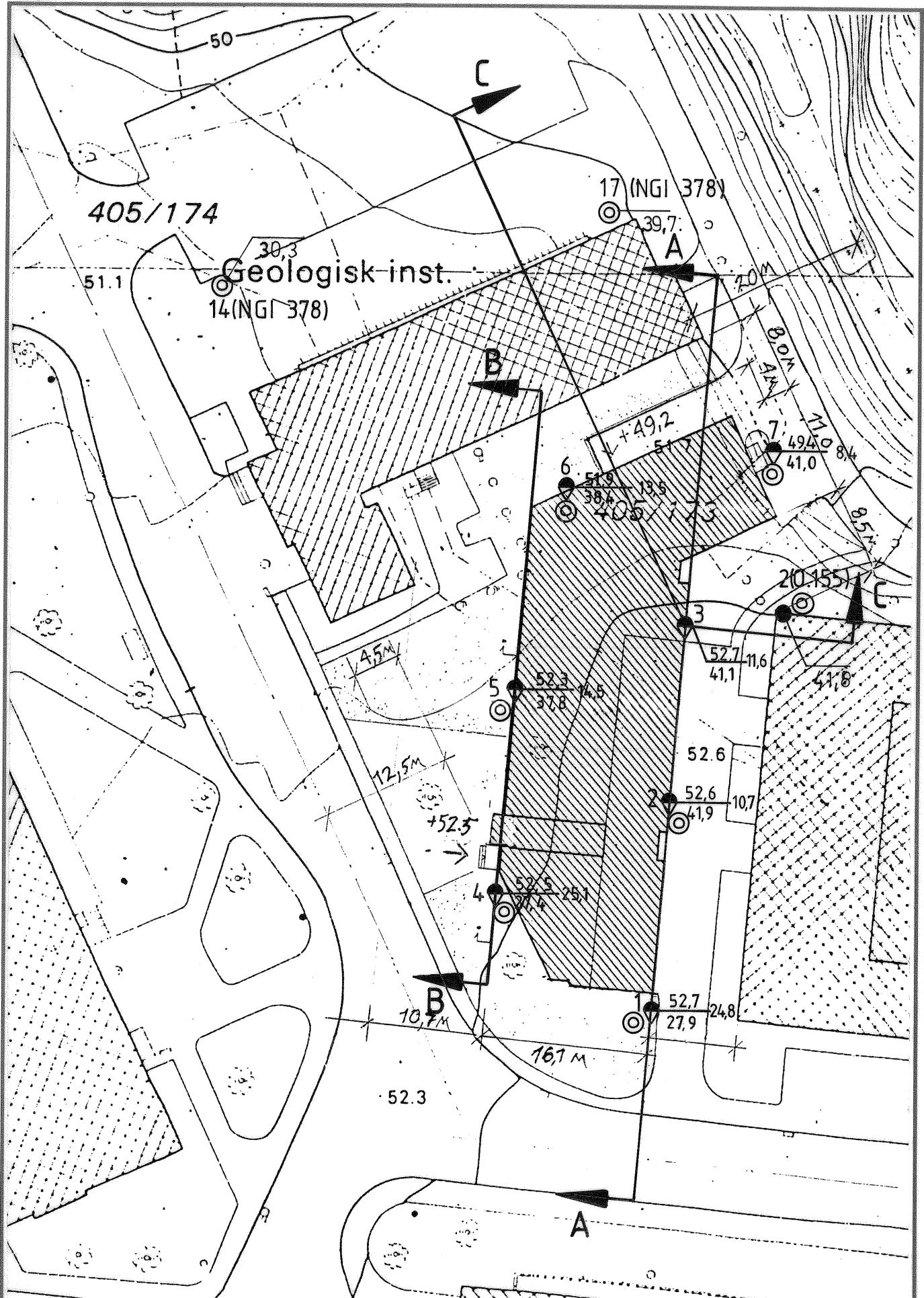
1

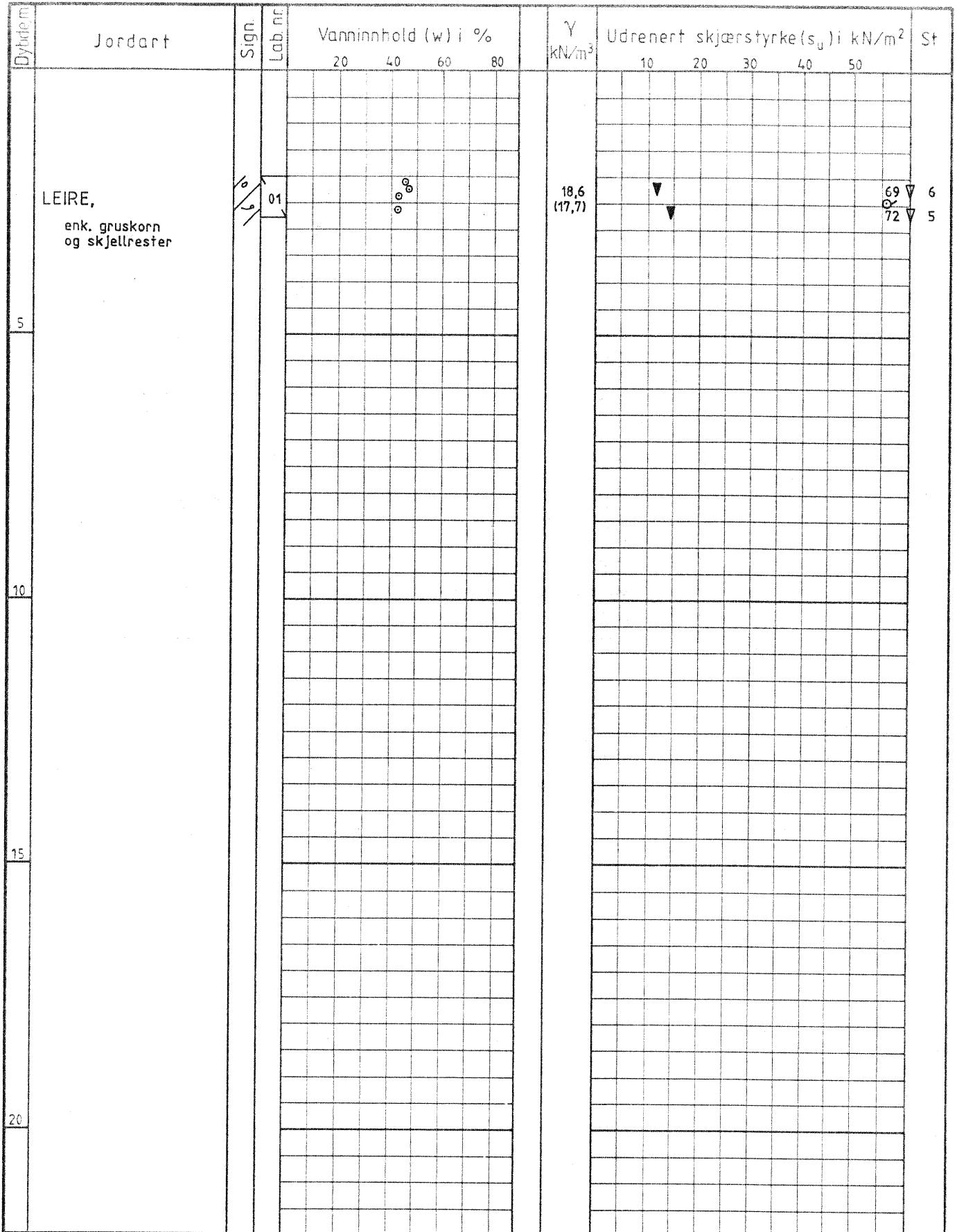
DATO

TEGN. NR.

17.02.96

101





Enkelt trykkforsök: ϕ_{10}^0 (strek angir def.% v/brudd) Konusforsök - Omrört/Uforstyrret: ▼/▽

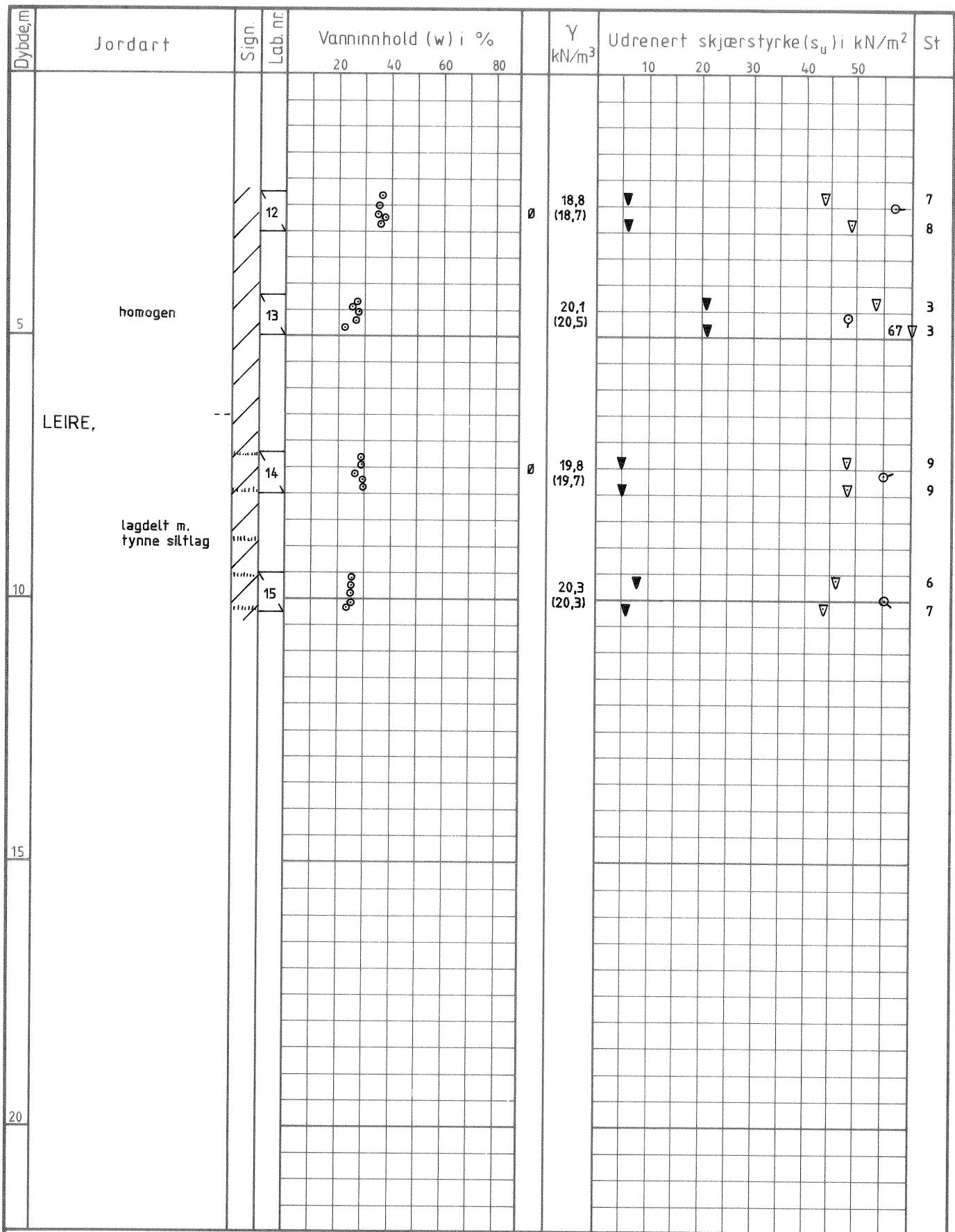
Penetrometerforsök: Konsistensgrense: W_p \rightarrow WL Andre forsök:

T = Treaksialforsök

\emptyset = Ødometerforsök

K = Kornfordeling

 Kummeneje  Rådgivende ingeniører i Geoteknikk og Ingeniørgeologi	PFI - NTNU NYBYGG	DATO 02/96	OPPDRAg 11238
	BORPROFIL HULL: 1	TEGNET AV JN/00	BILAG 6
	Terr.høyde: +52,7	Prøve ϕ : 54mm	KONTR 



Enkelt trykkforsök (strek angir def.% v/brudd) Konusforsök - Omrört / Uforgt / Uforstyrret: □ / □

Penetrometerforsök: Konsistensgrenser: W_p W_L Andre forsök:
 T = Treaksialforsök $\emptyset = \emptyset$ odometerforsök K = Kornfordeling



Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

PFI - NTNU
NYBYGG

BORPROFIL HULL: 2

Terr.höyde: 52,6 Pröve ϕ : 54 mm

DATO
06/96

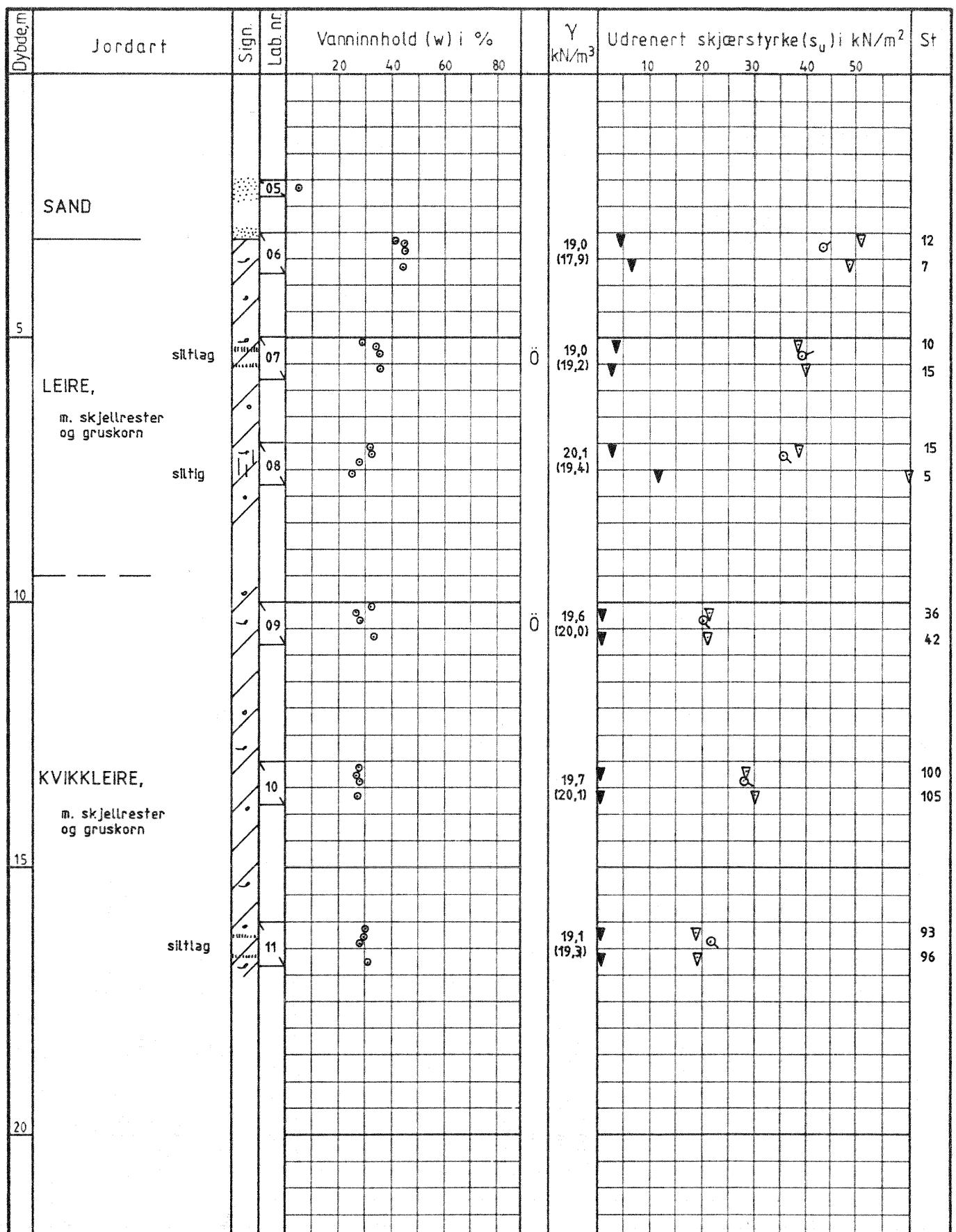
TEGNET AW

KONTR

OPPDRAAG
11238

BILAG

TEGN. NR.



Enkelt trykkforsøk: $\text{st} = \frac{\sigma}{\sigma_0}$ (strek angir def% v/brudd) Konusforsøk - Omrørt/Uforstyrret: ▼/▽

Penetrometerforsøk: □ Konsistensgrenser: $W_p \leftarrow W_L$ Andre forsøk:

T = Treaksialforsøk

Ø = Ødometerforsøk

K = Kornfordeling

Kummeneje



Rådgivende Ingenører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

PFI - NTNU
NYBYGG

BORPROFIL HULL: 4

Terr.høyde: 52,5 Prøve ø: 54mm

DATO
02/96

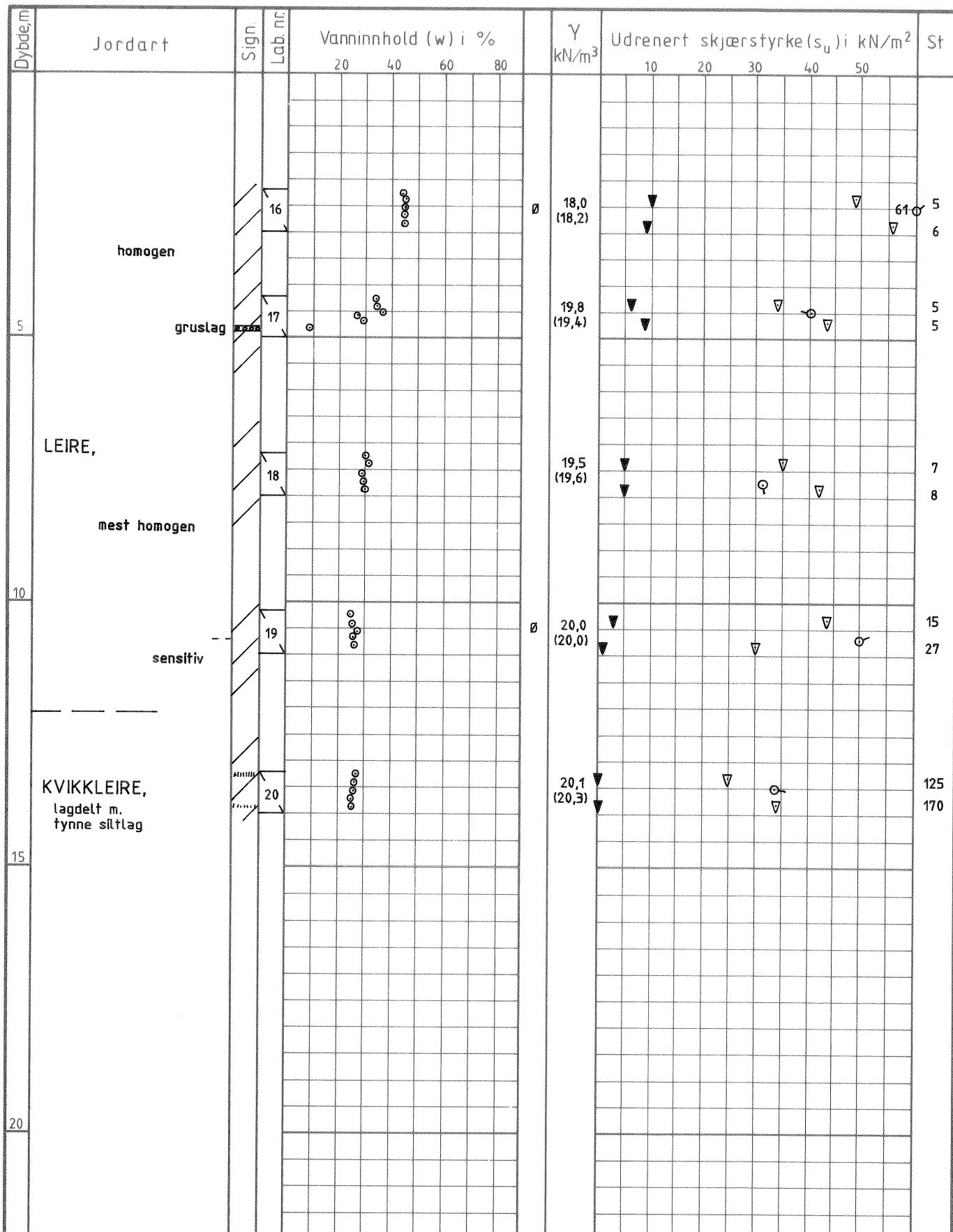
OPPDAGRAG
11238

TEGNET AV
JN/00

BILAG
8

KONTR
N

TEGN. NR.
208



Enkelt trykkforsök : 15⁰₁₉ 5 (strek angir def % v/ brudd) Konusforsök - Omrävt / Uforstyrret: ▼ / ▲

Penetrometerförsök: Konsistensgrenser: W_p ————— W_L Andre försök:
 T = Treaksialförsök $\emptyset = \emptyset$ odometerförsök K = Kornfördelning



Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

PFI - NTNU
NYBYGG

BORPROFIL HULL: 5

Terr.höyde: 52,3 Pröve ϕ : 54mm

DATO
06/96

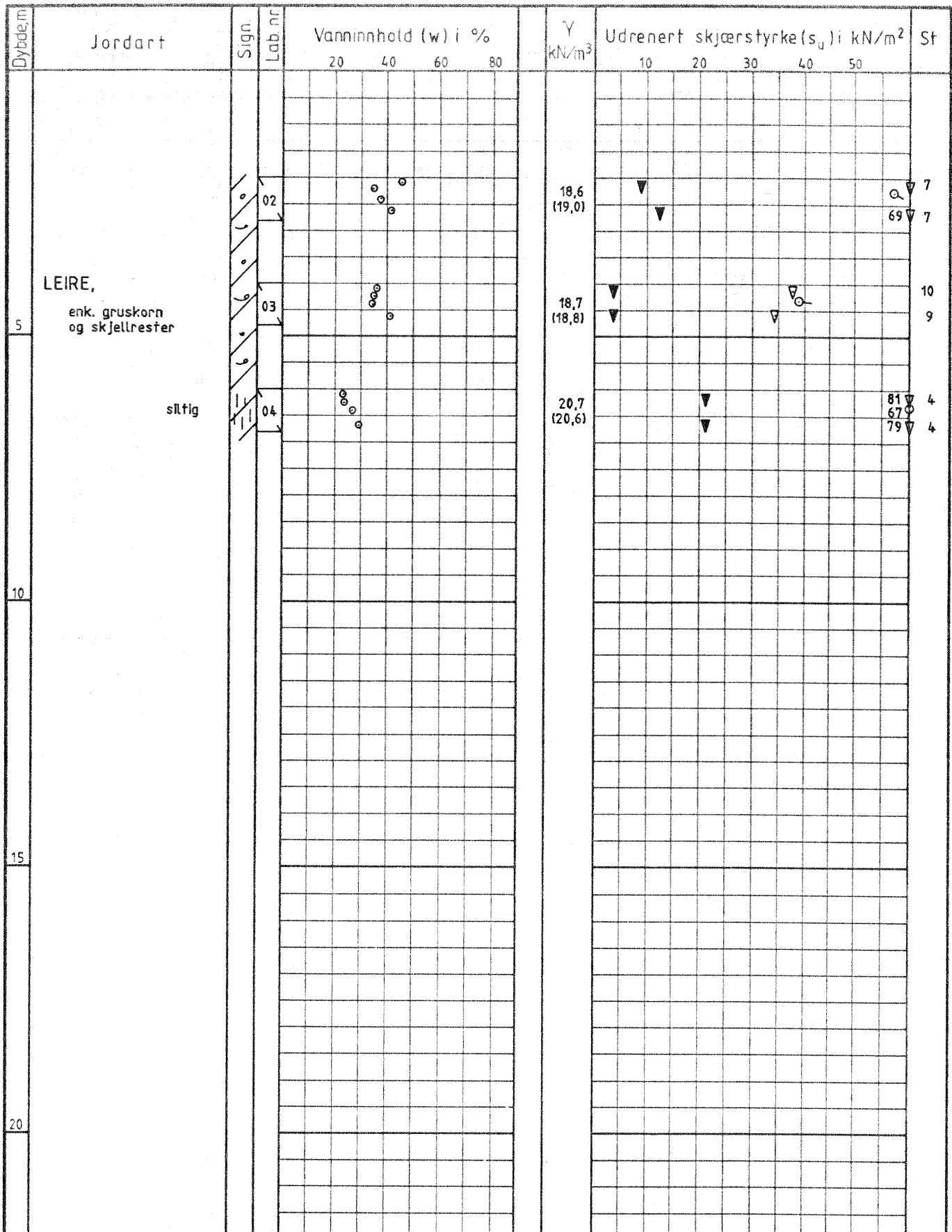
TEGNET AV
MS 122

KONTR

OPPDRAF
11238

BILAG

TEGN. NR.



Enkelt trykkforsök: $\frac{0}{10}$ s (strek angir def.% v/brudd) Konusforsök - Omrört/Uforstyrret: ▼/▽

Penetrometerforsök: Konsistensgrenser: Wp \rightarrow WL Andre forsök:
T = Treaksialforsök Θ = Ødometerforsök K = Kornfordeling



Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

PFI - NTNU
NYBYGG

BORPROFIL HULL: 6

Terr.høyde: +51,9 Prøve ϕ : 54 mm

DATO

02/96

OPPDAG

11238

TEGNET AV

JN/00

BILAG

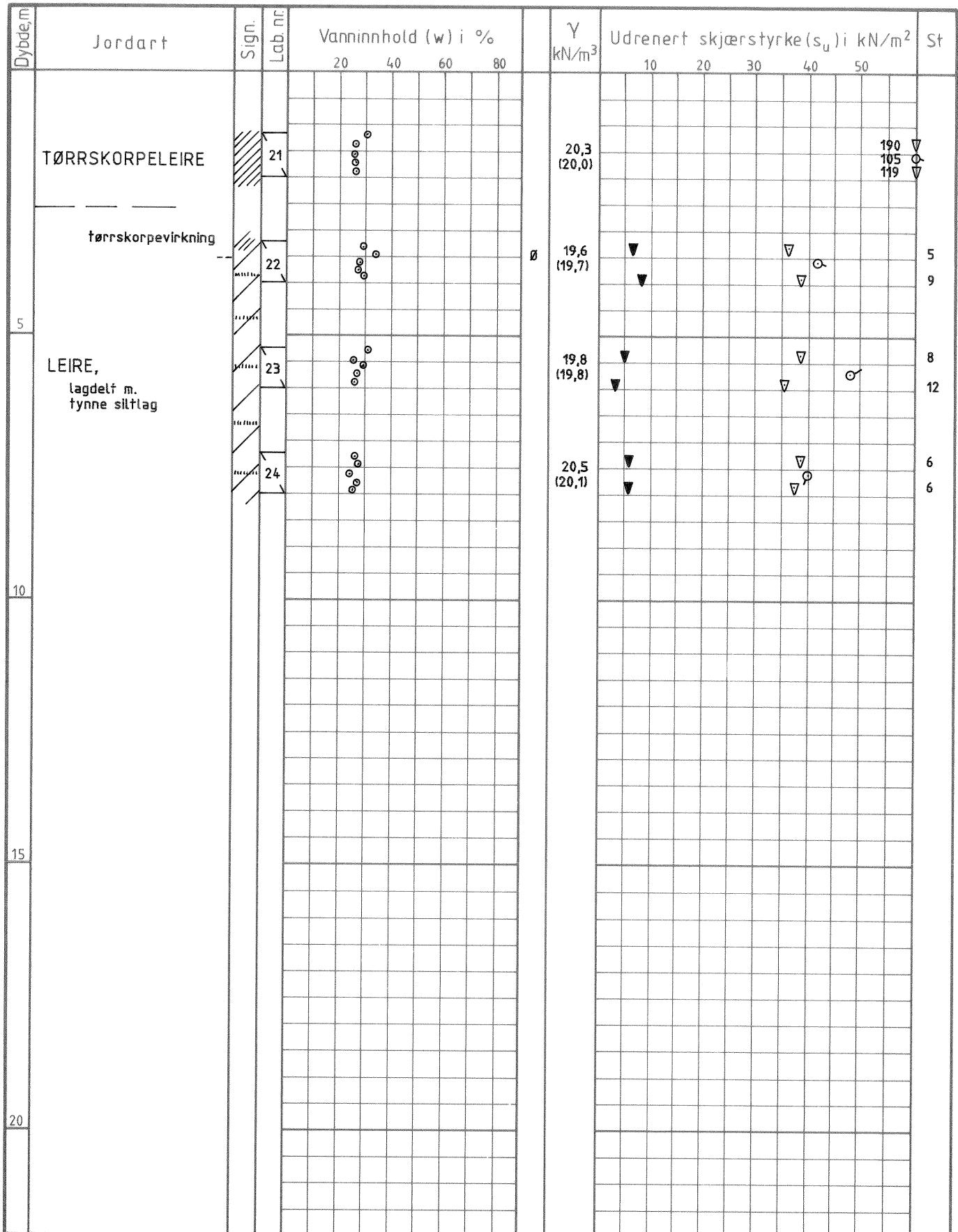
10

KONTR

N

TEGN. NR.

210



Enkelt trykkforsök : 15^o₁₀ (strek angir def% v/brudd) Konusforsök - Omrört/Uforstyrret: ▼ / ▲

Penetrometerförsök: Konsistensgrenser: W_p — W_L Andre försök:
 T = Treaksialförsök $\emptyset = \emptyset$ odometerförsök K = Kornfordeling



Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

PFI - NTNU
NYBYGG

BORPROFIL HULL: 7

Terr.höyde: 49,4 Pröve ϕ : 54mm

DATO
06/96

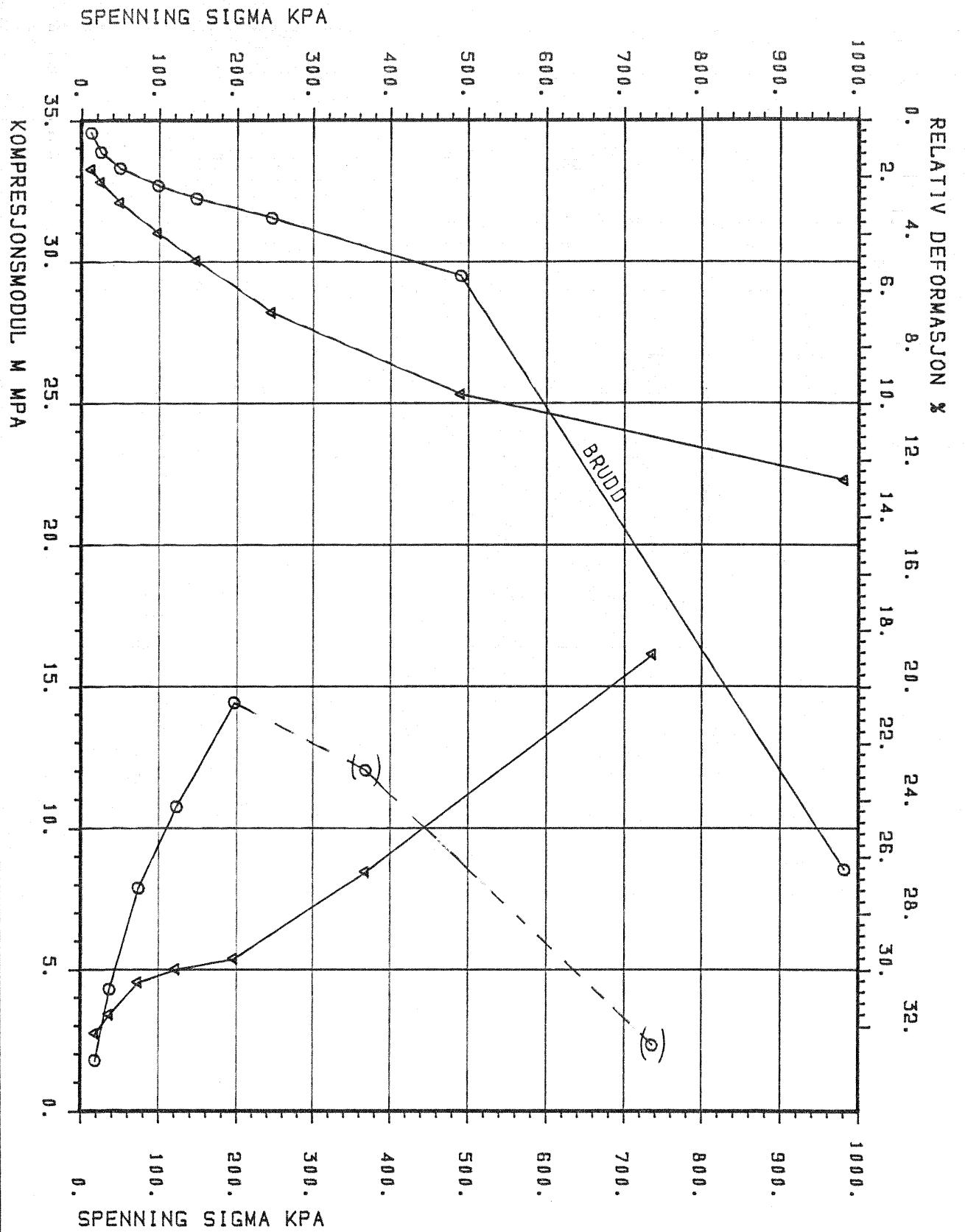
TEGNET AV
KS/00

KONTR

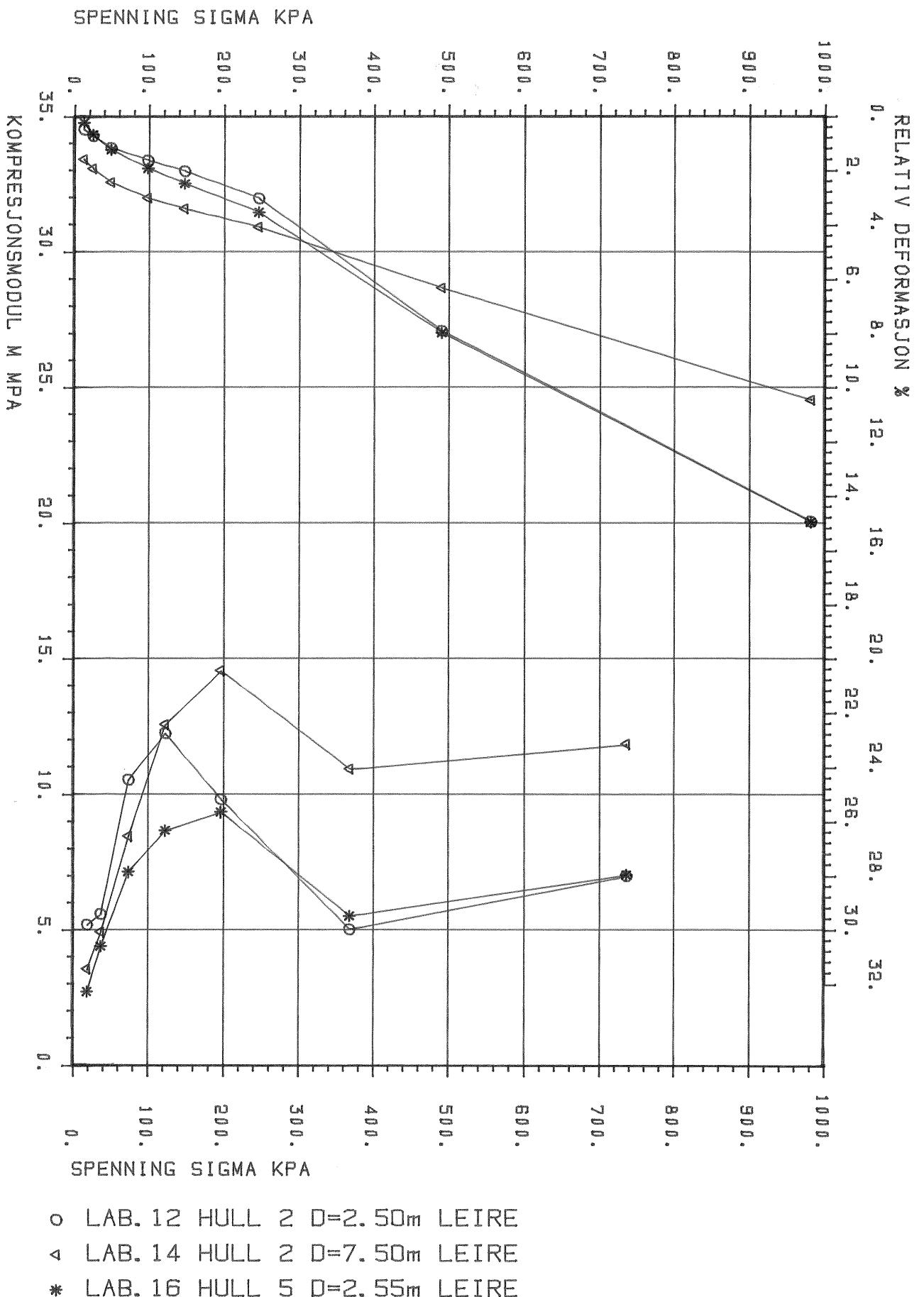
OPPDAG
11238

BILAG
11

TEGN. NR.



Kummeneje Rådgivende ingeniører i Geoteknikk og Ingeniørgeologi	NTNU PFI	MÅLESTOKK	OPPDRAg
	ØDOMETERFORSØK	TEGNET AV	BILAG
		DATO	TEGN. NR
		02/96	212



Kummeneje



Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

PFI, NTNU

ØDOMETERFORSØK

MÅLESTOKK

OPPDRAg

11238

TEGNET AV

BILAG

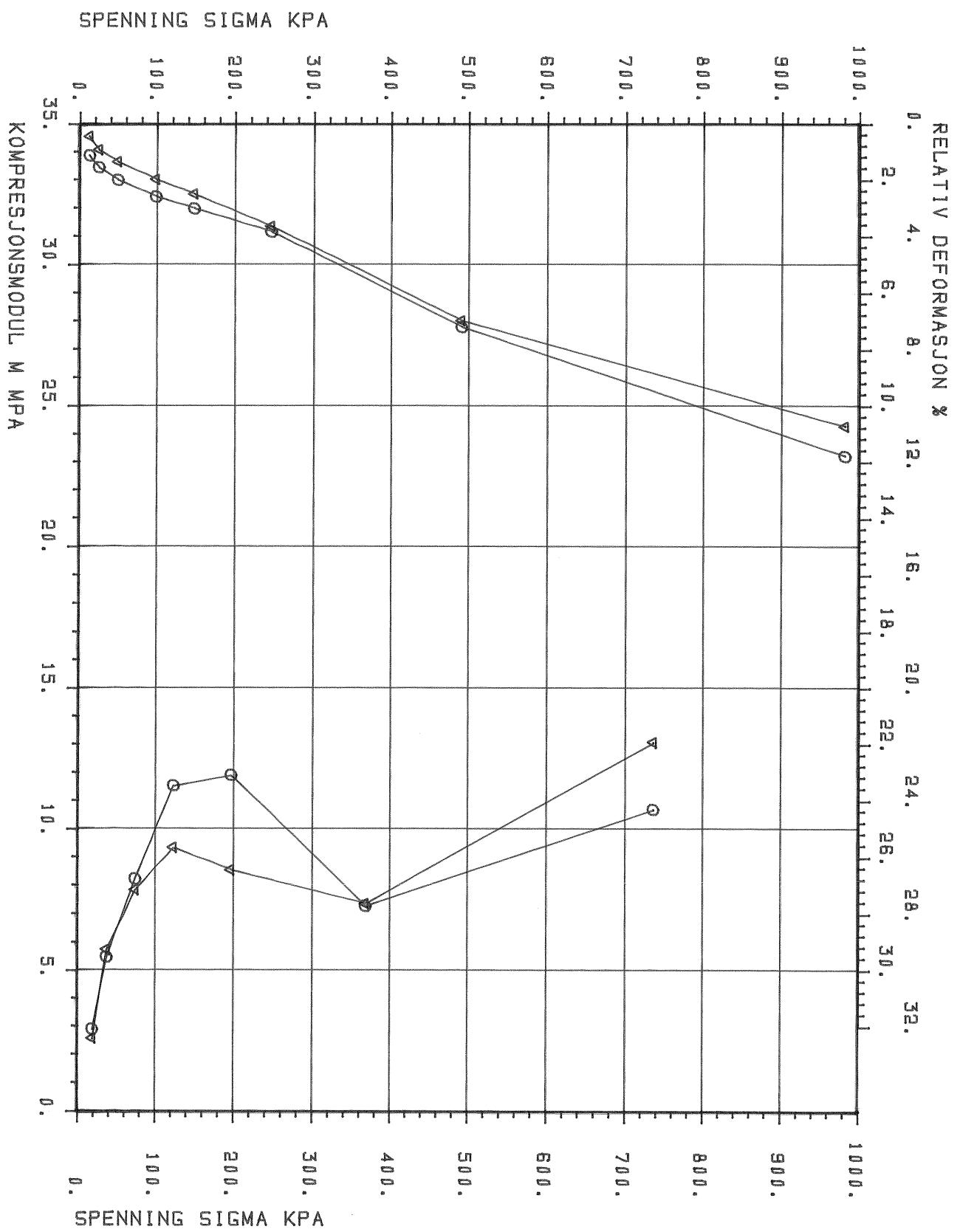
13

DATO

TEGN. NR

06.96

213



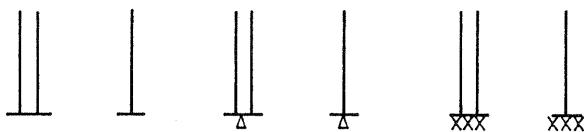
- LAB. 19 HULL 5 D=10.50m LEIRE
- ▽ LAB. 22 HULL 7 D=3.50m LEIRE

 	PFI, NTNU	MÅLESTOKK	OPPDRAg
	ØDOMETERFORSØK	TEGNET AV	BILAG
			14
	DATO	TEGN. NR	214
	06.96		

M A R K U N D E R S Ø K E L S E R

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

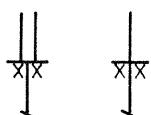
Avslutning av boring (gjelder alle sonderingstyper).



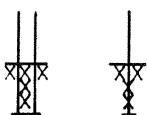
Boring avsluttet
(årsak ikke angitt)

Antatt stein,
morene, sand ol.

Antatt fjell



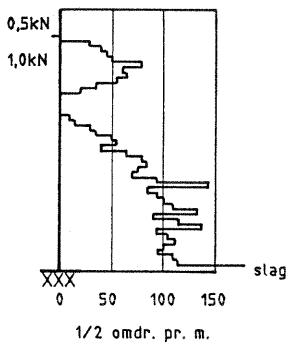
Boret i antatt fjell.
(Hvis overgangen er ukjent,
settes spørsmåltegn.)



Boret i fjell og
kjerne opptatt.

Driesondring

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.



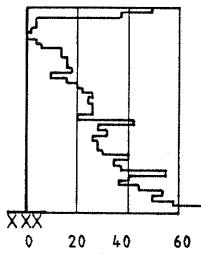
Totalsondering

kombinerer dreietrykksondring og fjellkontrollboring. Det brukes hydraulisk drevet borrigg. 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 registreringseenhet (Geoprinter). Resultatene tegnes opp vha. EDB.

Rammondering

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.



Rammemostenan:

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

angis i diagram som funksjon av dybden.

Fjellkontrollboring

utføres med 32 mm stenger med muffeskjøter og hardmetallkrone 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

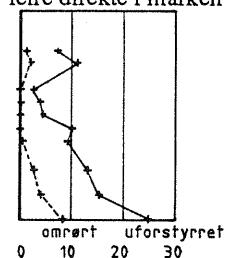
utføres for undersøkelse i laboratoriet av grunnens geotekniske egenskaper.

Uforstyrrede prøver tas opp med NGI's 54 mm stempelprøvetaker. Prøvene skjæres ut med tynnveggede stålsylindre 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 oppspylt materiale ved nedspyling av foringsrør og ved skovlboring i de øvre lag. Slike prøver tas hvor grunnen ikke eigner seg for vanlig sylinderprøvetaker og hvor slike prøver tilfredsstiller formålet.

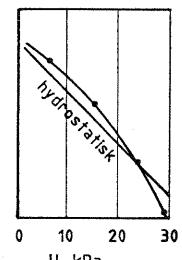
Vingeboiring

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.



Porevantrykket

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

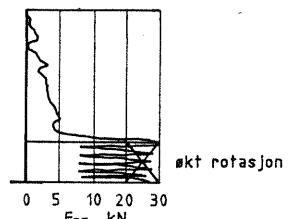


Grunnvannstanden observeres vanligvis direkte ved vannstand i borhullet.

Dreietrykksondring

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

Udrenert skjærstyrke

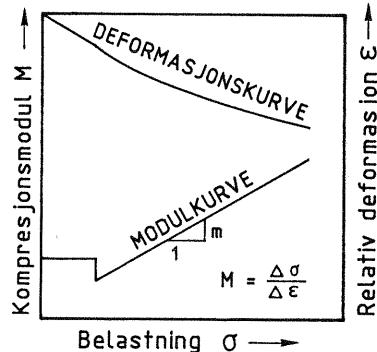
(s_u i kN/m^2) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt $3,6 \times 3,6 \text{ cm}^2$ (evt. hel prøve) og høyde 10 cm. Skjærstyrken settes lik halve trykkfastheten. Dessuten måles skjærstyrken i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk, hvor nedsynkningen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

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 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 setningsberegnung.



Humusinnhold

(relativt) ut fra fargeomslag i en natronlutoppløsning.

En nøyaktigere metode er våt-oksydasjon 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 sølvnitratoppløsning og kaliumkromat som indikator.

Kornfordeling

ved sikting av fraksjonene større enn 0,06 mm. For de finere partikler bestemmes den ekvivalente korndiametrer 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.

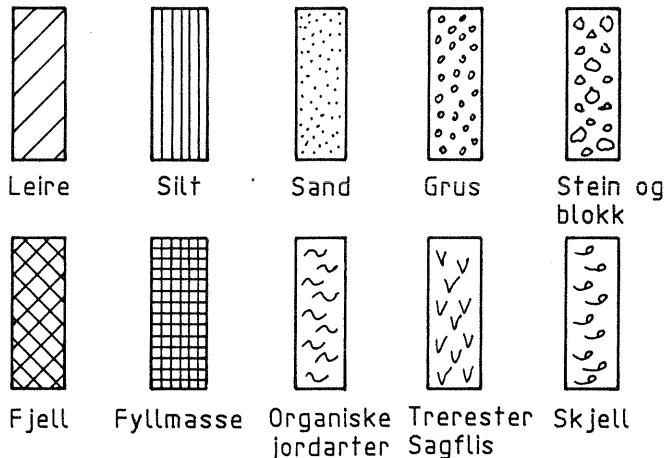
Fraksj.betegn.	Leir	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørr. mm	< 0,002	0,002-0,06	0,06-2	2-60	60-600	> 600

Jordarten

benevnes i henhold til korngråderingen med substantiv for den dominante, 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

klassifisieres 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 bokstavsymbolet settes inn i materialsignaturen:
 - Ca. = kalkkonkresjoner
 - Fe = jernkonkresjoner
 - AH = aurhelle