

Fylke Sør-Trøndelag	Kommune Trondheim	Sted NTH	UTM 5702 70332 (ED50)
Byggherre NTNU			
Oppdragsgiver NTNU			
Oppdrag formidlet av Prosjekt Styring A/S			
Oppdragsreferanse Telefax 06.03.96			
Antall sider 6	Antall tegninger 8	Tegn.nr. 101 - 108	Antall tillegg 2

Prosjekt-tittel

**Institutt for Produktdesign,  
NTNU**

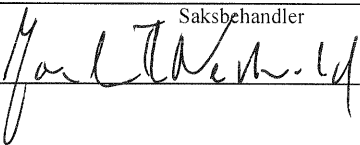
Rapport-tittel

**Grunnundersøkelse  
Geoteknisk vurdering**

Oppdrag nr.

11291 Rapport nr.1

13.mars 1996

Overingeniør Jarle Th. Nestvold	Saksbehandler 
<p>SAMMENDRAG</p> <p>Grunnen består for det meste av relativt løs silt, men med både sandlag og leirlag.</p> <p>Bygget kan direktefundamenteres på søylefundamenter og banketter, med dimensjonerende bæreevne som angitt i avsnitt 4. Det må påregnes setninger av størrelsesorden 3 - 5 cm ved full last. Da de øvre lagene kan være påvirket av tidligere bygg eller aktiviteter, må massene i utgravningen kontrolleres og evt. urene eller tvilsomme masser vurderes utskiftet.</p>	

## **INNHold**

1. Orientering
2. Undersøkelser
3. Grunnforhold
4. Fundamentering

## **TEGNINGER**

Tegn. nr.	Tittel
101	Oversiktskart M =1:10.000
102	Situasjonsplan
103 - 104	Profiler. Borerresultater
105	Borprofil
106	Ødometerforsøk. Moduler
107 - 108	Ødometerforsøk. Tidsmoduler

## **TILLEGG**

- I MARKUNDERSØKELSER
- II LABORATORIEUNDERSØKELSER

## 1. ORIENTERING

### Prosjekt:

Det skal bygges nybygg for Institutt for Produktdesign ved NTNU.

Bygget blir plassert sør for Kjelhuset og øst for Gamle Kjemi, kfr. tegning 101. Bygget skal være uten kjeller, og får i første omgang 3 etasjer, som senere kan bli øket til 5.

### Oppdrag:

KUMMENEJE har utført grunnundersøkelse for bygget.

### Innhold:

Rapporten fremlegger resultater fra undersøkelsene, i felt og laboratorium, og en fundamenteringsteknisk vurdering. Vurderingen bygger delvis også på tidligere undersøkelser på Gløshaugen.

## 2. UNDERSØKELSER

Det er utført:

- Dreietrykksondering til ca. 25 meters dybde i 5 punkter.
- Opptak av 9 uforstyrrede prøver i ett av punktene.

Punktplasseringen, som angitt på tegning 102, er delvis bestemt av adkomstmulighet, og av kabler, ledninger og andre hindringer i grunnen.

På grunn av massiv is og snø over de nærmeste fastmerkene er terrenghøyder i borpunktene bestemt ved nivellement fra golv i Kjelhuset. Nøyaktigheten antas  $\pm 0,2$  m.

Sonderingsresultater og hovedfordeling av jordarter er vist i profilene, tegning 103 og 104.

Prøvene er åpnet, klassifisert og rutinemessig undersøkt i laboratoriet, med resultat som sammenstilt i borprofilet, tegning 105.

Det er videre utført 2 ødometerforsøk som sikrere grunnlag for setningsberegning, - tegning 106, 107 og 108.

Tillegg 1 og 2 gir metodebeskrivelser for henholdsvis boringer og laboratorieundersøkelser.

### 3. GRUNNFORHOLD

Terrenget på tomta er tilnærmet jevnt og horisontalt, på mellom kote +48 og +49.

Boringene tyder på relativt regelmessige grunnforhold i hovedtrekk på tomta. De samme hovedtrekkene kan følges også over et større område, ved å sammenholde med tidligere boringer for bl.a. Varmetekniske laboratorier og Sentralbygg 2, men nivå og mektighet på de forskjellige lag kan variere.

I de øvre 2 - 4 meter er det varierende forhold med lag av silt, tørrskorpeaktig leire og sand. En må regne med at de øvre lagene til dels kan være påvirket av tidligere aktivitet, med sannsynlige innslag av fylling, oppgravde og tilbakefylte masser, og eventuelt bygningsrester. F.eks. måtte borpunkt 4 flyttes på grunn av at første forsøk stoppet i 4 meters dybde mot uidentifisert hindring, muligens rester etter gammelt brannlaboratorium.

Av tidligere undersøkelser kan det sees at det opprinnelig har gått en ravinedal fra Høyskoledalen inn mot tomta. Sannsynligvis har denne ikke nådd helt inn til planlagt bygg, men forholdet kan kontrolleres ved graving for fundament i akse D på søndre del.

Under de øvre lag, fra ca. 3 meter under terreng i borpunkt 5, domineres grunnen av silt. Silten er til dels leirig og inneholder renere leirlag, som stort sett er av tykkelse 0,1 - 0,2 m. Udrenert skjærstyrke i denne siltavsetningen og leirlagene er relativt lav, ned i ca. 20 kPa, økende med dybden.

I følge ødometerforsøkene er silten moderat kompressibel, med modultall  $m = 70 - 110$  i aktuelle spenningsområder. Setningsforløpet vil være relativt hurtig (konsolideringskoeffisient  $c_v = 100 - 200 \text{ m}^2/\text{år}$ ).

Fra 7 - 10 meter under terreng ned til 18 - 20 meter under terreng består grunnen hovedsakelig av sand, med varierende men nokså fast lagring. Under dette sandlaget er det igjen siltige og leirige avsetninger, og det er kjent fra tidligere dype boringer at det er kvikkleire på større dybde.

Fjellet ligger dypt, og er uten interesse for prosjektet.

Ut fra tidligere målinger virker sandlagene delvis drenerende. På Gløshaugområdet finnes det lokale «hengende grunnvannsspeil», det vil si at tettere lag kan gi grunnvannsmetning selv om dypere liggende masser er drenert. Vi antar at dette kan være tilfelle på denne tomta, men med de små gravedybden som her er aktuelle vil det neppe være grunnvannsproblemer.

#### 4. FUNDAMENTERING

Bygget skal ha kjeller bare på en liten del ved nordre ende, mens resten er kjellerløst. Fundamentene blir således stort sett relativt grunne.

##### Bæreevne:

Bæreevnen avhenger noe av fundamentenes dimensjoner, form og dybde. Bæreevnen begrenses av at det ligger relativt løs silt forholdsvis høyt opp mot fundamentnivået.

Både for søylefundamenter og veggbanketter kan dimensjonerende bæreevne i bruddgrensetilstand ( $\sigma_v'$ ) bestemmes av

$$\sigma_v' = (150 \cdot D + 40 \cdot B_0) \text{ kPa}$$

hvor D = minste dybde fra o.k. golv eller fra utvendig terreng til u.k. fundament.

$B_0$  = fundamentets minste bredde,  
begge i meter.

Uavhengig av uttrykket foran bør det ikke regnes med høyere bæreevne enn 175 kPa.

Det er forutsatt i hovedsak ren vertikallast.

##### Setninger :

Beregningene er basert på kompressibilitetsverdier ifølge ødometerforsøkene for silten, mens det er brukt empirisk baserte verdier i sand- og leirlag.

Det er regnet 2 eksempler :

- a) Søylefundament, brukslast 3.000 kN.  
Antatte fundamentdimensjoner 3,2 x 7,2 meter,  
antatt u.k. fundament ~ 0,5 meter under nåværende terreng.  
Beregnet setning :  $\delta \sim 4,5$  cm.
- b) Veggbankett, brukslast ~ 200 kN/m.  
Antatt bredde 1,8 meter, antatt ~ 0,5 m under nåværende terreng.  
Beregnet setning :  $\delta \sim 3$  cm.

Tidsforløp : Teoretisk ventes 50 % av total konsolideringssetning inntrådt innen 1 måned etter lastpåføring, og 100 % innen  $\frac{1}{2}$  - 1 år.

En må således regne med visse setninger, i og med at en ikke får noen avlastning gjennom utgravning for kjeller, men differansene mellom forskjellige fundamenttyper synes å bli rimelige. Vi vurderer derfor ikke setningene som hindring for å fundamenterer bygget direkte, som planlagt.

Setningseksempelene foran gjelder last fra 5 etasjer, og setningene vil bli litt mindre med redusert last (fra 3 etasjer). - Det vil da nødvendigvis bli noe tilleggssetning hvis bygget senere økes til 5 etasjer, og mulighet for mindre skjevheter og riss, men neppe av konstruktiv betydning.

**Utførelse :**

Både bæreevne- og setningsvurderingene forutsetter at fundamentene kommer ned på ren og uforstyrret grunn. Som nevnt kan det ikke utelukkes påvirkning fra tidligere bygg eller aktiviteter. Før fundamentene støpes bør derfor utgravningen inspiseres. Dersom det lokalt er urene eller tvilsomme masser, bør forholdet vurderes med tanke på eventuell utskiftning.

Massene må regnes som meget telefarlige, dvs. fundamentene må beskyttes mot å skades av frost og tele.



**Kummeneje**



Rådgivende ingeniører i  
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

INST. FOR PRODUKTDESIGN,  
NTNU.

OVERSIKTSKART.

MÅLESTOKK  
1:10.000

OPPDRAG  
11 291

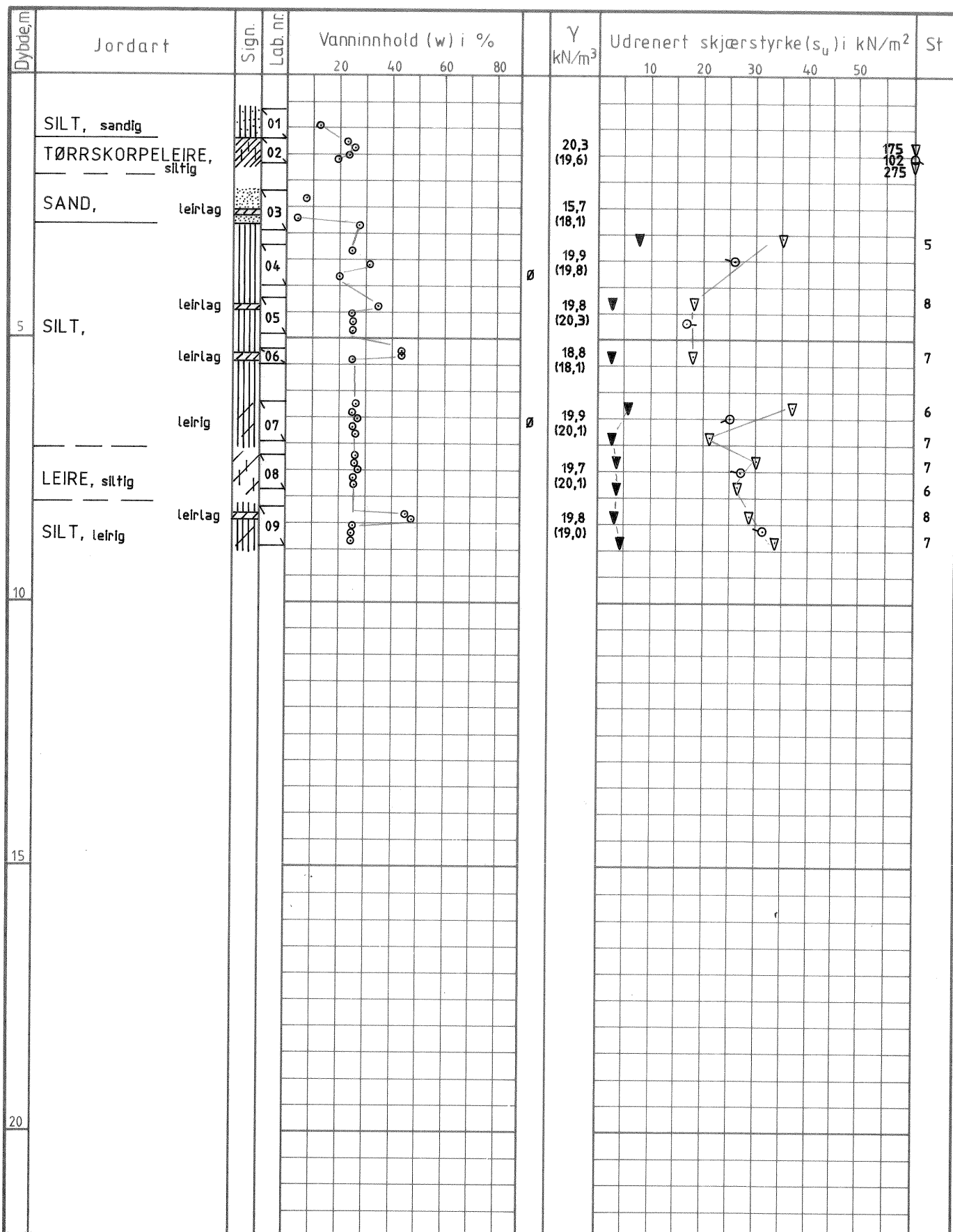
TEGNET/KONTR.

BILAG

1

DATO  
13.03.96

TEGN. NR  
101



Enkelt trykkforsøk:  $\sigma_1 - \sigma_3$  (strek angir def. % v/brudd)    Konusforsøk - Omrørt/Uforstyrret:  $\nabla / \nabla$   
 Penetrometerforsøk:  $\square$     Konsistensgrenser:  $W_p \text{ --- } W_L$     Andre forsøk:  
 T = Treaksialforsøk     $\emptyset$  =  $\emptyset$ dometerforsøk    K = Kornfordeling

**Kummeneje**

Rådgivende ingeniører i  
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

INST. FOR PRODUKTDESIGN, NTNU

BORPROFIL HULL: 5

Terr.høyde: + 48,5    Prøve  $\phi$ : 54mm

DATO  
03/96

TEGNET AV  
KS/00

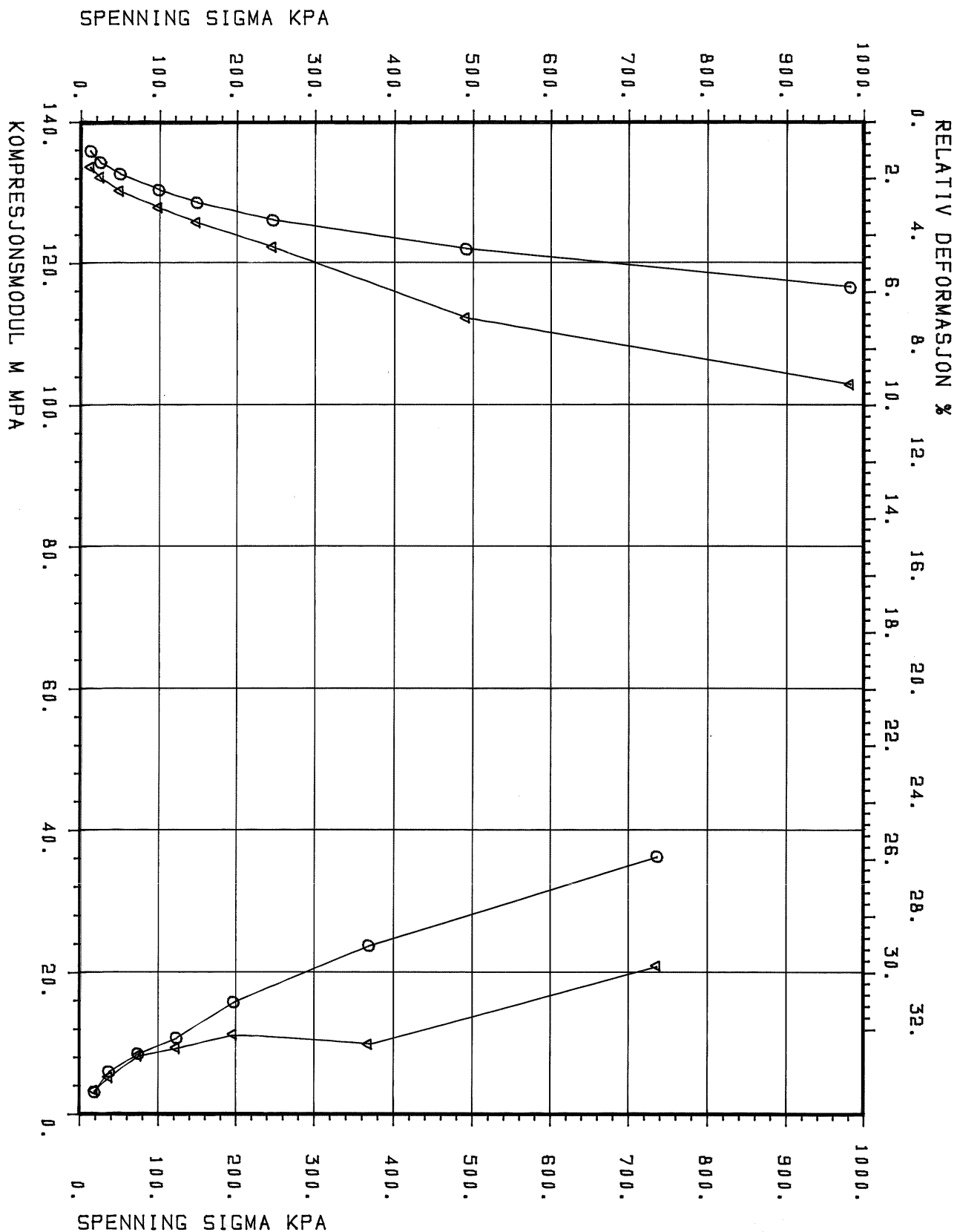
KONTR  
N

OPPDRAK  
11291

BILAG  
5

TEGN. NR.  
105





○ LAB.04 HULL 5 D=3.55m SILT

△ LAB.07 HULL 5 D=6.50m SILT, leirig.

**Kummeneje**

Rådgivende ingeniører i  
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

N. T. H.

ØDOMETERFORSØK

MÅLESTOKK

TEGNET AV

DATO

OPPDRAG

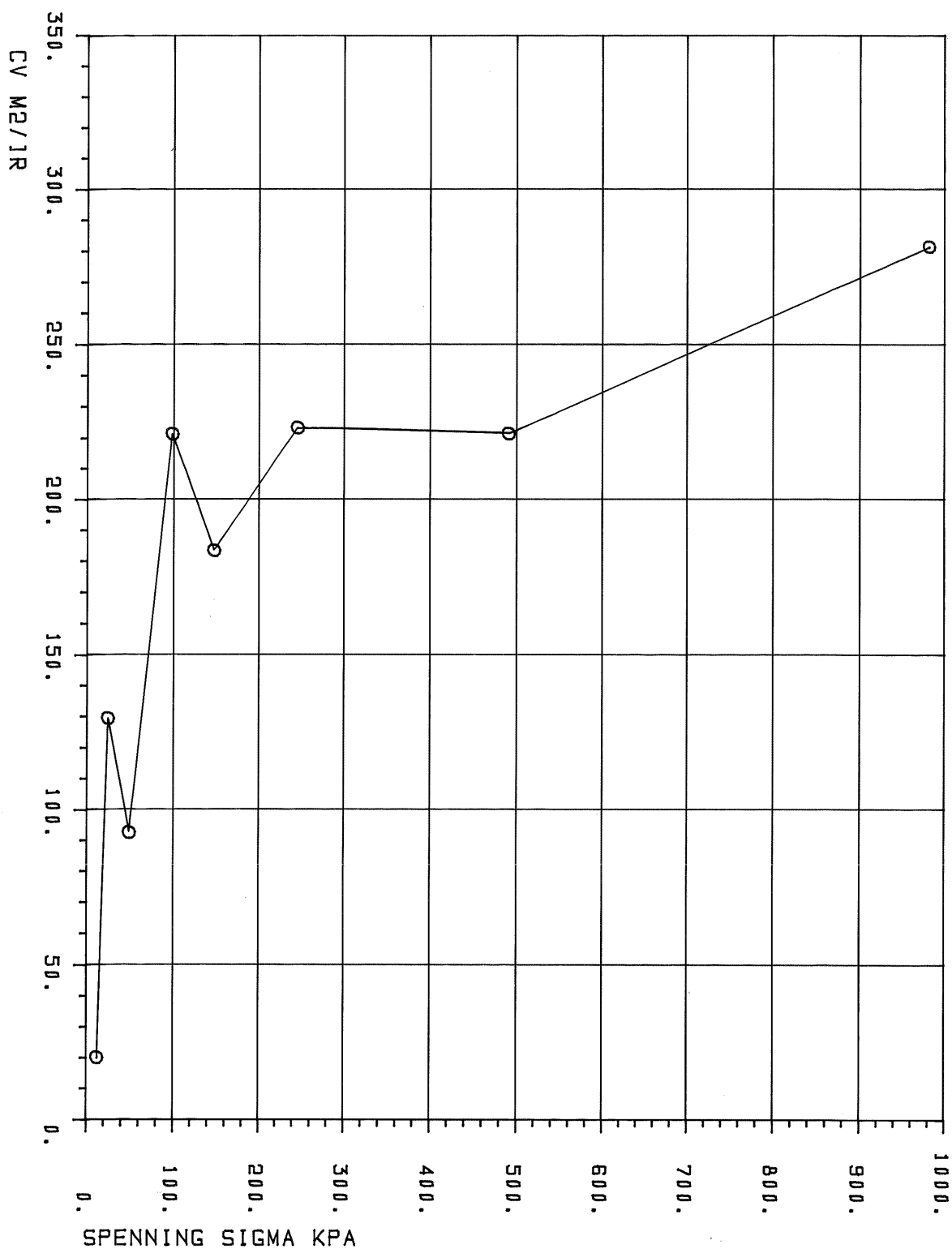
11291

BILAG

6

TEGN. NR

106



○ LAB. 04 HULL 5 D=3.55m SILT

CV = 20. 130. 93. 221. 184. 223. 221. 282.

**Kummeneje**

**R** Rådgivende ingeniører i  
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

N. T. H.

ØDOMETERFORSØK

MÅLESTOKK

TEGNET AV

DATO

OPPDRAG

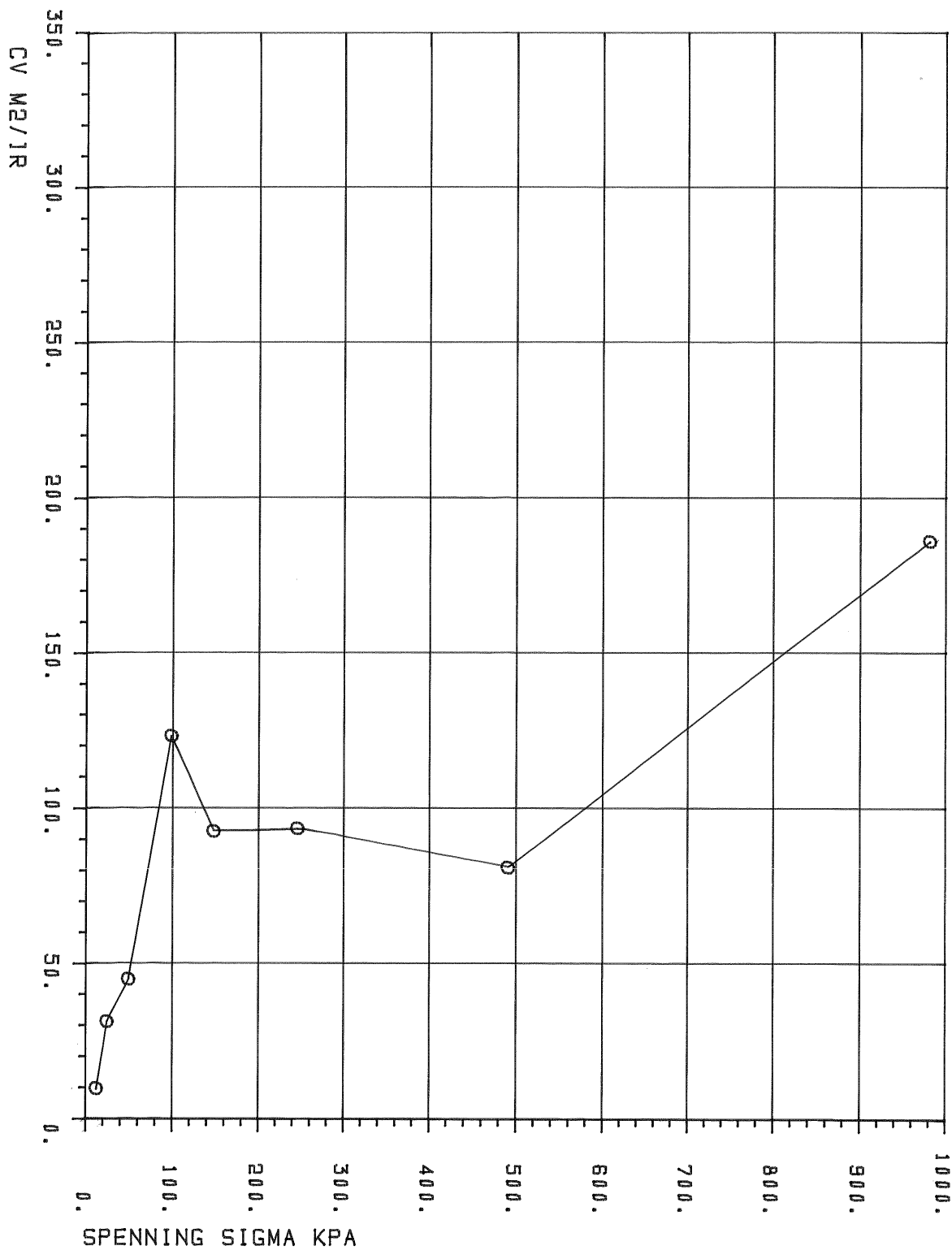
11291

BILAG

7

TEGN. NR

107



o LAB. 07 HULL 5 D=6.50m SILT, leirig.

CV = 10. 31. 45. 123. 93. 94. 81. 186.

**Kummeneje**

Rådgivende ingeniører i  
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

N. T. H.

ØDOMETERFORSØK

MÅLESTOKK

OPPDRAG

11291

TEGNET AV

BILAG

8

DATO

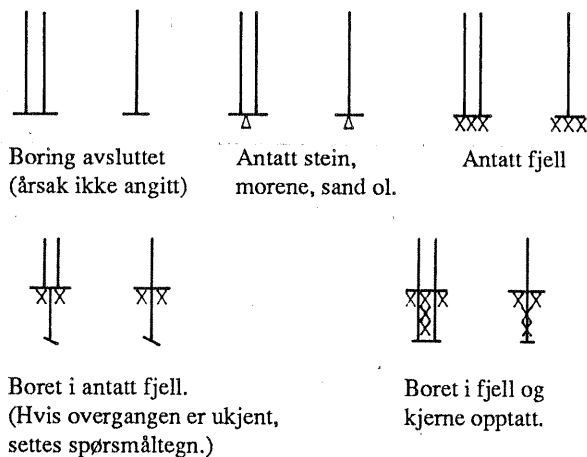
TEGN. NR

108

## 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).



### ⊗ 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

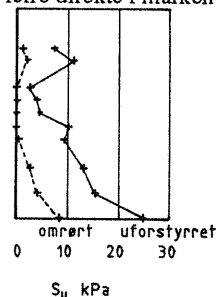
utføres for undersøkelse i laboratoriet av grunnens geotekniske egenskaper.

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

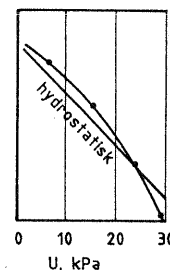
### + Vingeboring

bestemmer udrenert skjærstyrke ( $s_u$ ) av leire direkte i marken (in situ). Måling utføres ved at et vingekor, 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 stighøyden 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.

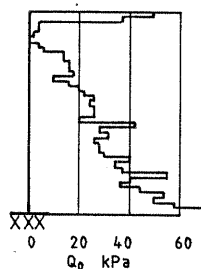
### ▼ Dreietrykksondering

utføres med 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:

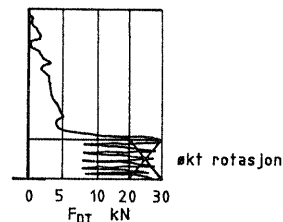
$$Q_0 = \frac{\text{Loddvækt} \times \text{fallhøyde}}{\text{synkning pr. slag}} \quad (\text{kNm/m})$$

angis i diagram som funksjon av dybden.



utføres med 36 mm glatte skjøtbare stålstenger påsett 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 nedpressningskraft 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

( $\gamma$  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 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

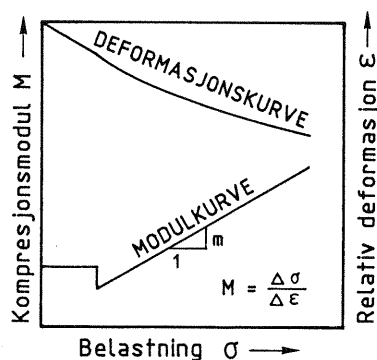
( $s_u$  i kN/m<sup>2</sup>) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt 3,6 x 3,6 cm<sup>2</sup> (evt. hel prøve) og høyde 10 cm. Skjærstyrken settes lik halve trykkfastheten. Dessuten måles skjærstyrken i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk, hvor nedsynkningen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

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 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 vekttapet (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 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).



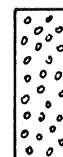
Leire



Silt



Sand



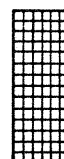
Grus



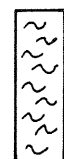
Stein og blokk



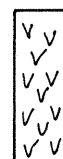
Fjell



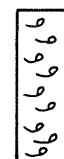
Fyllmasse



Organiske jordarter



Trerester  
Sagflis



Skjell

### 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 = aurbelle