

Fylke Sør-Trøndelag	Kommune Trondheim	Sted NTH	UTM NR 702 333 (ED 50)
Byggherre Statsbygg			
Oppdragsgiver Stensrud og Danielsen A/S			
Oppdrag formidlet av Frode Stensrud			
Oppdragsreferanse Ordrebekreftelse 24.02.95			
Antall sider 6	Antall bilag 9	Tegn.nr. 101 - 109	Antall tillegg 2

Prosjekt-tittel

**KJELHUSET, NTH
OMBYGGING**

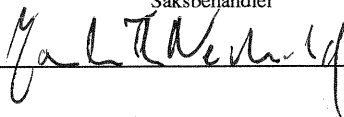
Rapport-tittel

**Grunnundersøkelse.
Geoteknisk vurdering**

Oppdrag nr.

10665 Rapport nr.1

16.03.1995

Overingeniør	Jarle Th. Nestvold	Saksbehandler	
SAMMENDRAG			
<p>Grunnen består av silt med sandlag.</p> <p>Det kan anvendes direkte fundamentering på søylefundamenter. Bæreevne og setningsforhold behandles i avsnitt 4.</p>			

INNHold

1	ORIENTERING	S. 3
2	UNDERSØKELSER	S. 3
	2.1 Tidligere undersøkelser	S. 3
	2.2 Nye boringer	S. 3
	2.3 Laboratorieundersøkelser	S. 3
3	GRUNNFORHOLD	S. 4
4	FUNDAMENTERING	S. 5
	4.1 Bæreevne	S. 5
	4.2 Setninger	S. 5

BILAG

Bilag nr.	Tegn. nr.	Tittel
1.	101	OVERSIKTSKART
2.	102	SITUASJONSPLAN
3.	103	PROFILER. OVERSIKT OVER GRUNNFORHOLD
4.	104	BORPROFIL HULL 1
5.	105	BORPROFIL, TIDLIGERE PRØVESERIE
6.	106	ØDOMETERFORSØK. MODULKURVER
7 - 9.	107 - 109	ØDOMETERFORSØK. TIDSFORLØP

TILLEGG

- I MARKUNDERSØKELSER
- II LABORATORIEUNDERSØKELSER

1. ORIENTERING

Prosjekt:

Kjelhuset på NTH benyttes ikke lenger til sine opprinnelige formål, og planlegges ombygd til auditorier, lesesaler, kontorer, kantine m.m. De nye funksjonene vil fordele seg over inntil 5 etasjer inne i det bestående hallbygget, dels på nye fundamenter, men dels også på eksisterende gamle fundamenter.

Oppdrag:

KUMMENEJE har utført en enkel grunnundersøkelse, som sammen med tidligere boringer gir grunnlag for en fundamenteringsteknisk vurdering for prosjektet.

Innhold:

Rapporten gir resultater av undersøkelser i felt og laboratorium, og behandler bæreevne- og setningsforhold. Vurderingene bygger på foreløpige skisser og opplysninger, ikke endelige planer.

2. UNDERSØKELSER

2.1 Tidligere undersøkelser:

Det er utført en rekke grunnundersøkelser på Gløshaugen tidligere, for forskjellige prosjekter. Mest relevant for det aktuelle prosjektet er en undersøkelse for Varmetekniske Laboratorier (KUMMENEJE O.90, 1961). Borepunkter fra denne er angitt på situasjonsplanen, bilag 2. - Videre er det utført forholdsvis omfattende undersøkelser langs østskråningen (NGI O.378, 1956), og for utbyggingen av Elektro og EFI, vest på Gløshaugen (KUMMENEJE O.3493, 1981, og O.4098, 1983 - 84). Resultater fra disse undersøkelsene er benyttet som del og som suppleringsgrunnlaget.

2.2 Nye boringer:

Av praktiske og økonomiske årsaker ble nye boringer utført utvendig, like inntil vestsiden av bygget istedenfor innvendig, se bilag 2.

Det er her utført dreiesondering til 25 meter under terreng, og tatt opp 7 uforstyrrede prøver til 12 meters dybde.

2.3 Laboratorieundersøkelser:

Ved åpning i laboratoriet er prøvene klassifisert og rutinemessig undersøkt etter relevante metoder. Resultatene er sammenstilt i borprofilet, bilag 4. Bilag 5 viser tilsvarende resultater fra en tidligere prøveserie, sør for Kjelhuset.

Det er utført 3 ødometerforsøk for å bestemme parametre for setningsberegning, bilag 6 - 9.

Tidligere undersøkelser har bl.a. omfattet et antall treaksialforsøk, som gir effektive styrkeparametre (attraksjon og friksjonsvinkel), og flere ødometerforsøk.

Tillegg I og II beskriver utførelsesmetoder og datapresentasjon.

3. GRUNNFORHOLD

Terreng:

Utvendig terreng rundt bygget er horisontalt på ca. kote +47,5, mens overkant av kjellergolv er kote +44,45.

Løsmasser:

I nivåer som har interesse for byggeprosjektet består grunnen i hovedsak av silt, men inneholder lag av sand, - til dels grov.

Det mest markerte sandlaget i boring 1 har tykkelse ca. 2,5 meter, mellom ca. kote +42,5 og ca. kote +40,0, og synes ut fra andre boringer på området å stige svakt østover inn under bygget. Dette vil si at laget kan komme opp mot eller opp i fundamentnivået på østre del.

Sandlaget stiger sannsynligvis også sørover. En må imidlertid regne med at både helning og lagtykkelse kan være mer uregelmessig enn det en interpolering gir inntrykk av.

Sonderinger og andre boringer tyder på flere sandlag på større dybde.

Silten er fast eller middels fast, og virker relativt homogen i hull 1. Den dypeste prøven er mer leirig. I andre borpunkter forekommer tynne leirlag også høyere oppe.

På stor dybde er det sannsynlig at det ligger leire.

På grunnlag av nye og tidligere forsøk er følgende karakteristiske parametre lagt til grunn for beregningene:

Silt:	Attraksjon	a	=	0 - 15 kPa
	Friksjon	$\tan \phi$	=	0,6
(Udrenert:	s_u		>	40 kPa)
Modultall	m		=	120 - 140
Kons. koeff.	c_v		=	175 m ² /år

Sand (vurdert på empirisk grunnlag):

Attraksjon	a	=	0
Friksjon	$\tan \phi$	=	0,7
Modultall	m	=	250

Fjell:

Dybden til fjell er ukjent, men stor, og uten praktisk interesse for prosjektet.

Grunnvann:

Ut fra tidligere målinger virker sandlagene delvis drenerende. "Reell grunnvannstand" antas mest sannsynlig å stå i nedre del av sandlaget. På Gløshaugen forekommer det imidlertid lokale "hengende grunnvannsspeil", dvs. at tettere lag kan gi grunnvannsmetning selv om dypereliggende masser er drenert.

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

4. FUNDAMENTERING

Nåværende bygg er så vidt vites direktefundamentert. Fundamentsystem og såletrykk kjennes ikke, men en del av fundamentene har hatt betydelige laster.

Det er naturlig å direktefundamentere de nye bygningskonstruksjonene, på søylefundamenter eller evt. på veggbanketter.

Det antas at nye fundamenter bare føres til en dybde under kjellergolv som er tilnærmet lik fundamentenes høyde, slik at situasjoner med undergraving av gamle fundamenter ikke er aktuelt.

4.1 Bæreevne:

Bæreevnen avhenger av fundamentenes dimensjoner, form og dybde.

For kvadratiske eller tilnærmet kvadratiske søylefundamenter med sentrisk og vertikal last kan dimensjonerende bæreevne i bruddgrensetilstand bestemmes av

$$\sigma_v' = (150 \cdot D + 52,5 B_0) \text{ kPa,}$$

hvor D = dybde fra o.k. kjellergolv til u.k. fundament,
 B_0 = fundamentets (minste) sidekant, begge i meter.

Det bør ikke regnes med høyere bæreevne enn 250 kPa.

4.2 Setninger:

Som beregningseksempler er antatt kvadratiske fundamenter med følgende forutsetninger og resultat:

Eks.	Dybde D	Sidekant B_0	Vertikallast N	Såletrykk σ	Beregnet setning δ
1	0,85 m	2,5 m	1.200 kN	192 kPa	24 mm
2	0,85 m	3,0 m	1.200 kN	133 kPa	22 mm
3	1,5 m	2,5 m	1.200 kN	192 kPa	21 mm
4	0,85 m	2,0 m	600 kN	150 kPa	16 mm

Kommentarer:

Setningsberegninger kan vanligvis ikke ventes å gi nøyaktig korrekte resultater, selv om datagrunnlaget her vurderes som ganske godt. Resultatene er angitt så nøyaktig for å demonstrere

effekten av å endre fundamentene, under ellers uendrede forutsetninger. Det bør regnes med en usikkerhet eller variasjon på kanskje $\pm 25\%$. Bl.a. vil sandlagets dybde og tykkelse under de enkelte fundamenter kunne variere. Videre er det ikke tatt hensyn til at grunnen stedvis kan være forbelastet, spesielt av last på tidligere fundamenter.

Hvis lastene føres ned dels på gamle og dels på nye fundamenter, vil setningsdifferanser mellom gamle og nye fundamenter være mer vesentlig enn absolutte setningsstørrelser. - Ved påføring av last på gamle fundamenter vil disse også få en viss deformasjon, men av mer elastisk karakter, og mindre enn for nye fundamenter. Videre kan eldre fundamenter få litt tilleggssetning på grunn av spenningsspredning fra nye fundamenter nært inntil. Det antas imidlertid at deformasjonene av gamle fundamenter vil begrense seg til få mm.

Tidsforløp:

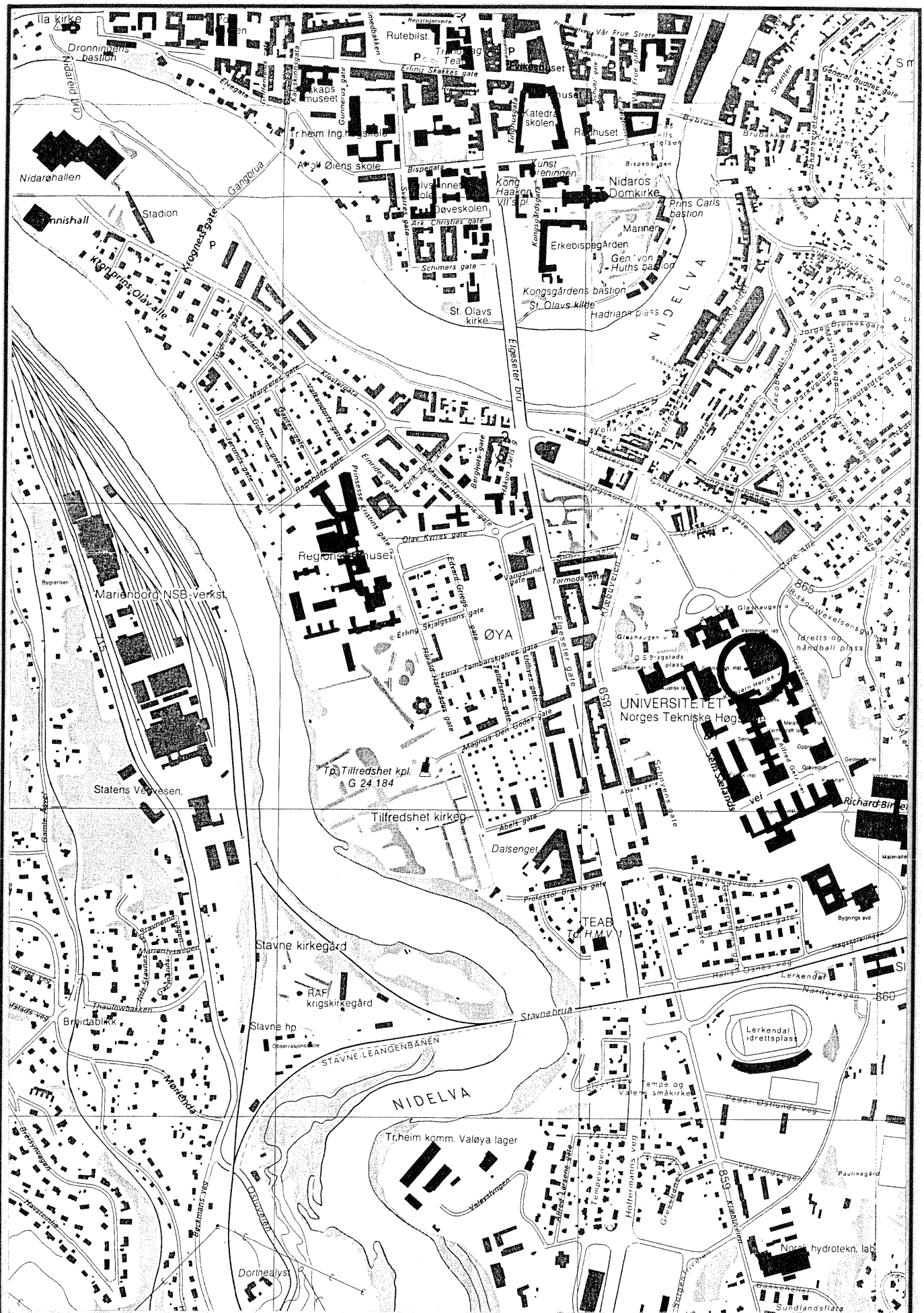
Setningene kan ventes å få et nokså hurtig tidsforløp. Beregnet med antatt noe ugunstige forutsetninger finnes at 50% inntreffer innen 1 uke etter lastpåføring, 90% innen 1 måned, og 100% konsolidering innen ca. 2 måneder.

Lastene vil i virkeligheten bli påført gradvis, ikke momentant som beregningsmodellen forutsetter. Det alt vesentlige av konsolideringssetningene kan imidlertid ventes å påløpe i byggetiden.

Vurdering:

Forholdene tatt i betraktning synes det å være større sannsynlighet for at setningene blir mindre enn beregnet enn at de blir større.

Bygget og bygningskonstruksjonene bør likevel ikke utformes slik at det oppstår alvorlig skade om setninger og setningsdifferanser blir av størrelsesorden som indikert foran.



Kummeneje



Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

KJELHUSET
NTH

OVERSIKTSKART

MÅLESTOKK

1:10000

OPPDRAG

10665

TEGNET/KONTR.

00/

N

BILAG

1

DATO

03.03.95

TEGN. NR.

101

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr.	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Udrenert skjærstyrke (s_u) i kN/m ²					St
				20	40	60	80		10	20	30	40	50	
5	SILT	Sand, grov	01					19,3 (19,2)				(Q)		
			02					Ø 19,7 (18,9)						(69 Q)
			03					18,5 (18,7)						
			04					18,0						
10	SILT,	Sand, fin, siltfig	05					Ø 20,1 (19,3)				(Q)		
			06					20,3 (19,6)	▼			(Q)	▽	7
			07					Ø 20,4 (19,6)	▼				▽	(Q) 9
15														
20														

Enkelt trykkforsøk: $\sigma_1 - \sigma_3$ (strek angir def.% v/brudd) Konusforsøk - Omrørt/Uforstyrret: ▼ / ▽
 Penetrometerforsøk: □ Konsistensgrenser: W_p ——— W_L Andre forsøk:
 T = Treaksialforsøk Ø = Ødometerforsøk K = Kornfordeling

Kummeneje

R Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

KJELHUSET
NTH

BORPROFIL HULL: 1

Terr.høyde: ~47,5 Prøve ø: 54mm

DATO
03/95

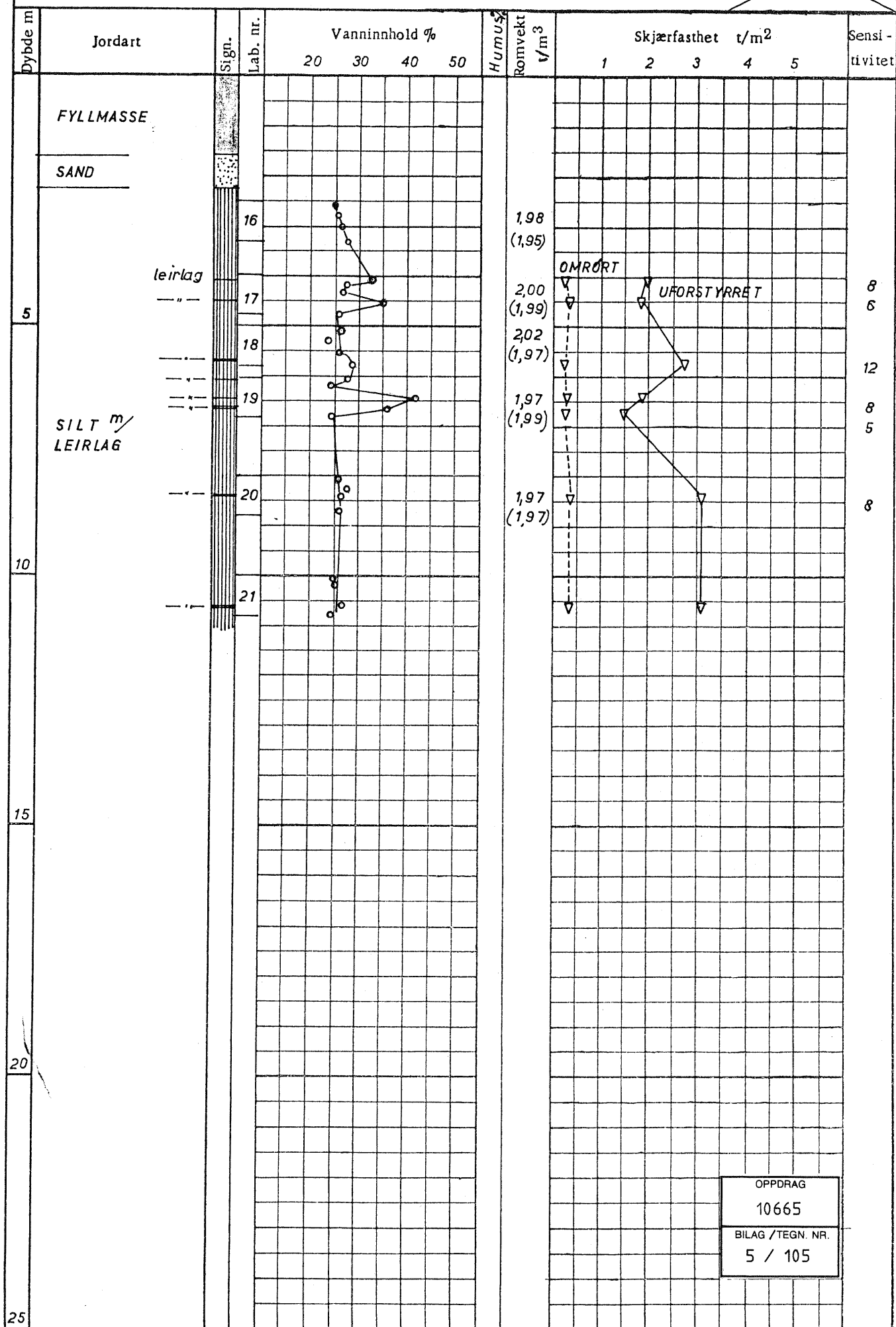
TEGNET AV
KS/00

KONTR

OPPDAG
10665

BILAG
4

TEGN. NR.
104

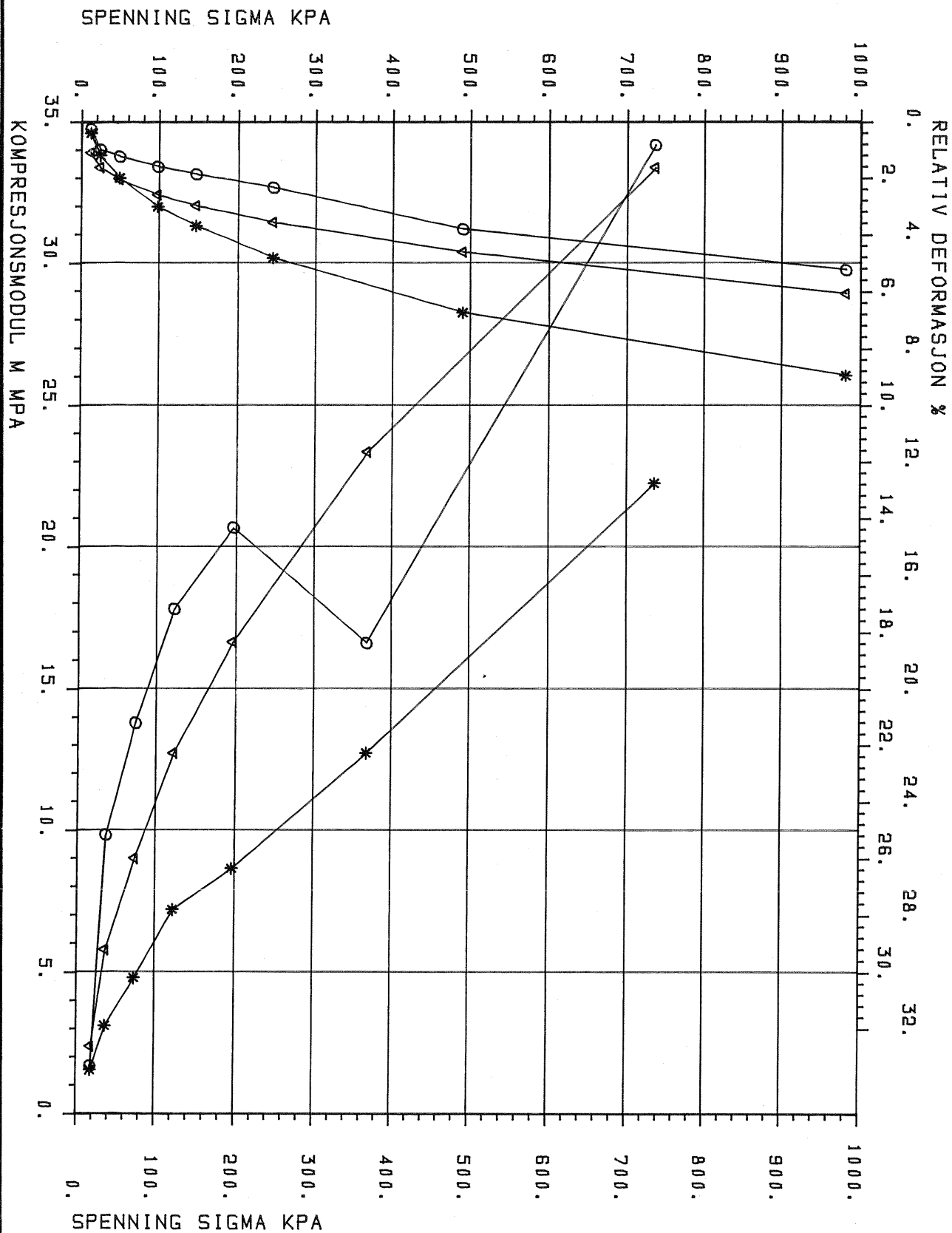


OPPDRA

10665

BILAG / TEGN. NR.

5 / 105



○ LAB.02 HULL 1 D=4.60m SILT

△ LAB.05 HULL 1 D=8.75m SILT

* LAB.07 HULL 1 D=11.65m SILT, leirig

Kummeneje

R Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

KJELHUSET
N. T. H.

ØDOMETERFORSØK

MÅLESTOKK

—

TEGNET AV

DATO

03/95

OPPDRAK

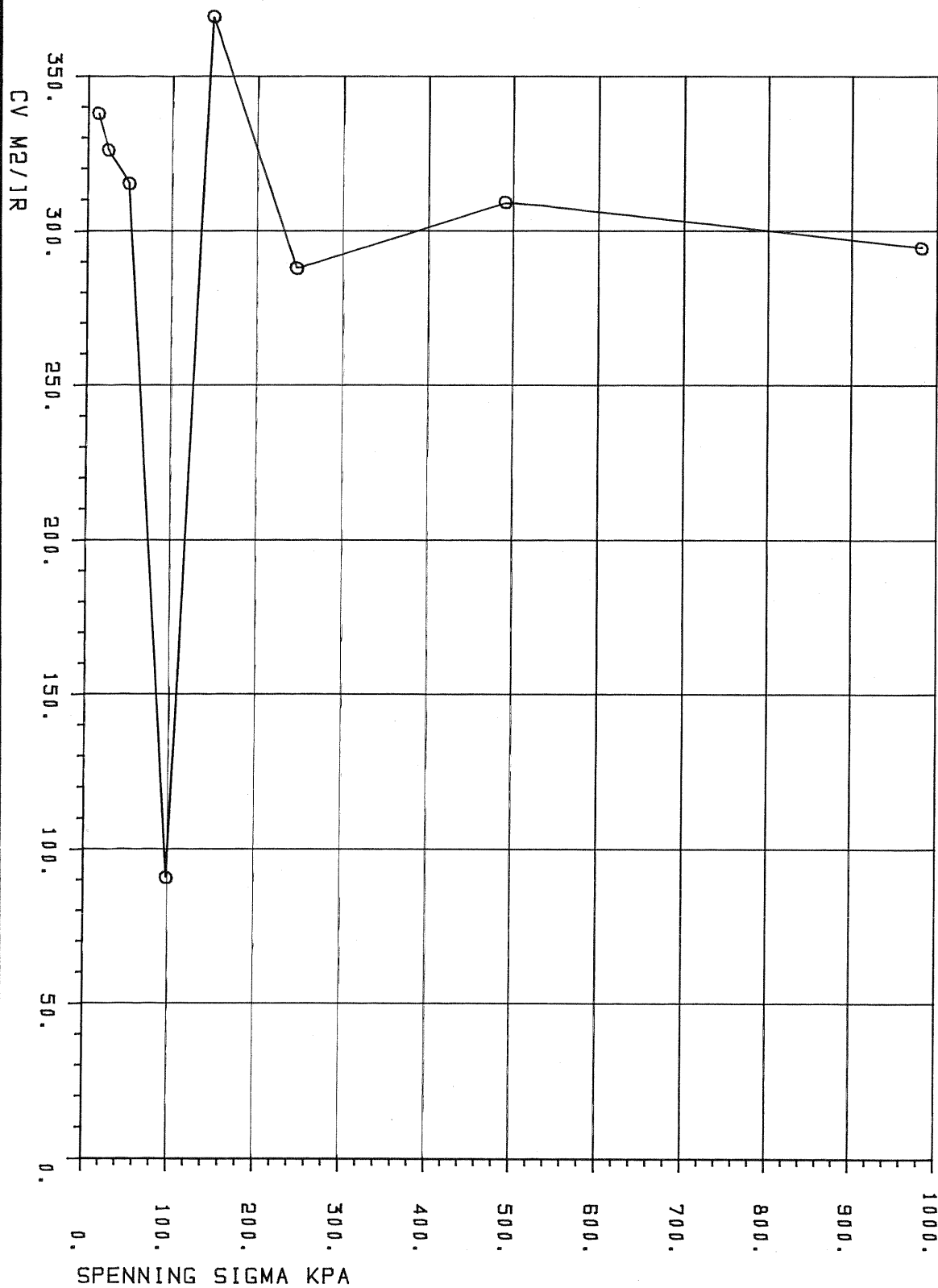
10665

BILAG

6

TEGN. NR

106



○ LAB. 02 HULL 1 D=4.60m SILT

CV = 338. 326. 315. 91. 369. 288. 309. 294.

Kummeneje

R Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

KJELHUSET
N. T. H.

ØDOMETERFORSØK

MÅLESTOKK

—

TEGNET AV

DATO

03/95

OPPDRAK

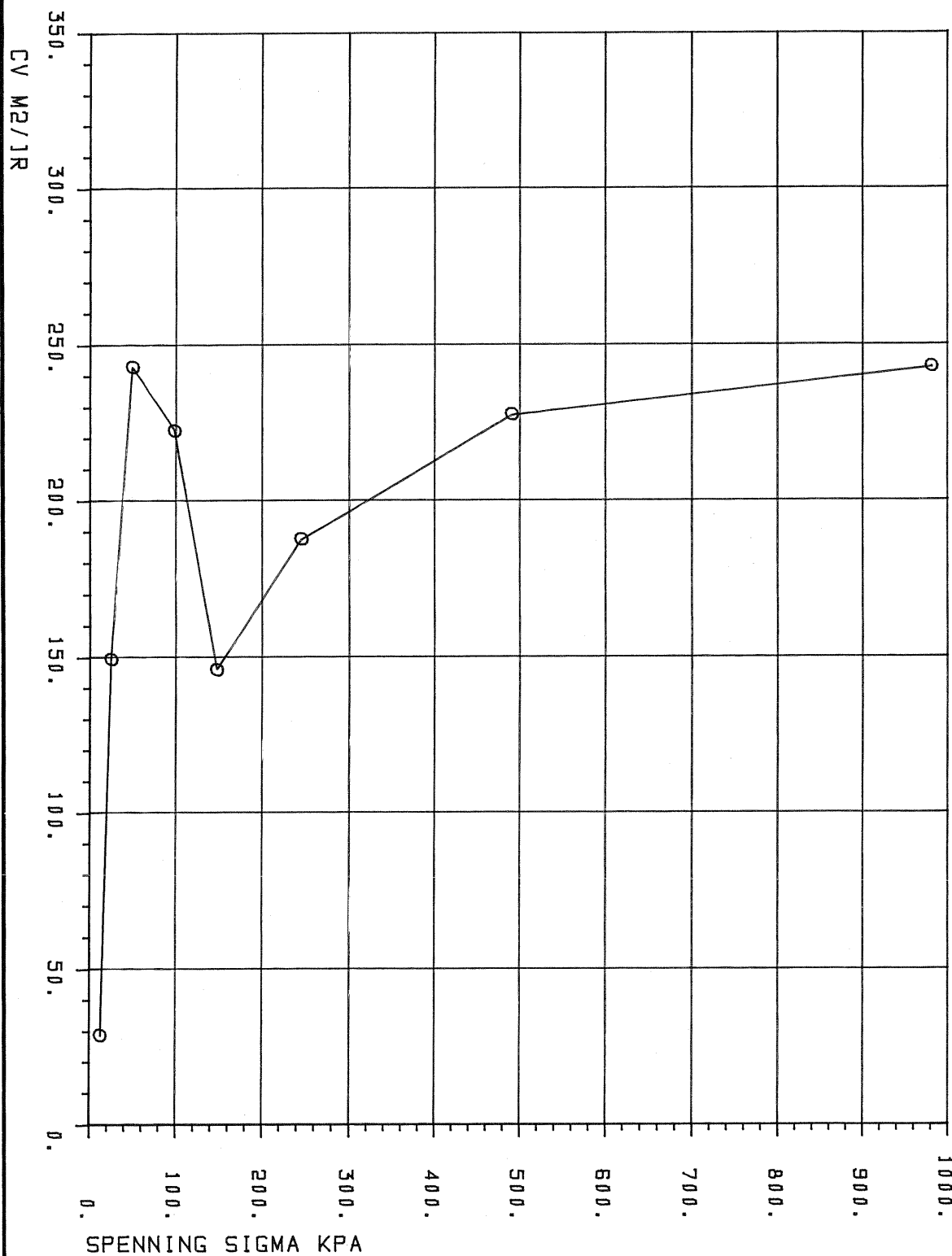
10665

BILAG

7

TEGN. NR

107



○ LAB. 05 HULL 1 D=8.75m SILT

CV = 29. 150. 243. 223. 146. 188. 228. 243.

Kummeneje

R Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

KJELHUSET
N. T. H.

ØDOMETERFORSØK

MÅLESTOKK

—

TEGNET AV

DATO

03/95

OPPDRA

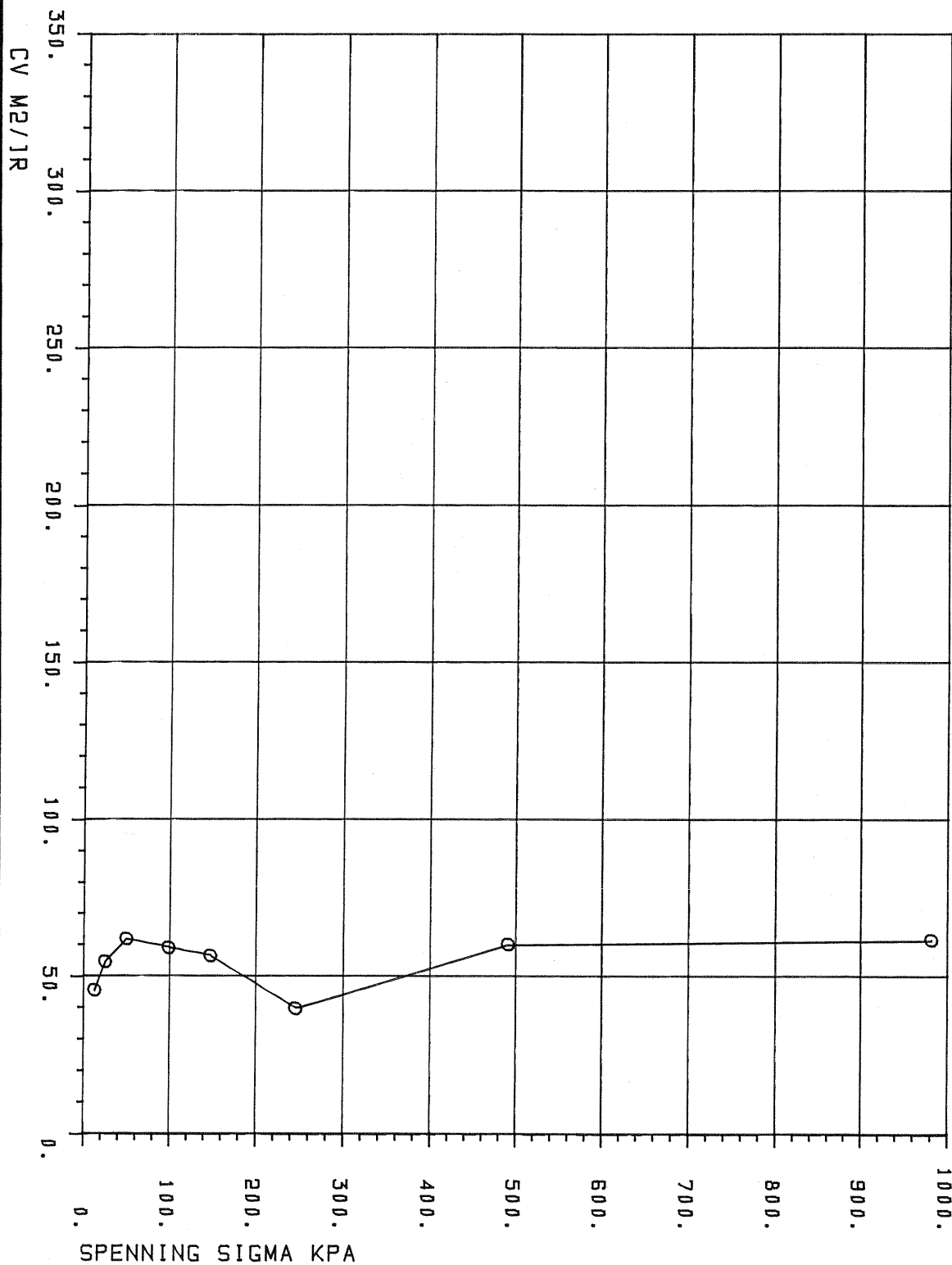
10665

BILAG

8

TEGN. NR

108



o LAB. 07 HULL 1 D=11.65m SILT, leirig

CV = 46. 55. 62. 59. 57. 40. 60. 62.

Kummeneje

R Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

KJELHUSET
N. T. H.

ØDOMETERFORSØK

MALESTOKK

—

TEGNET AV

DATO

03/95

OPPDAG

10665

BILAG

9

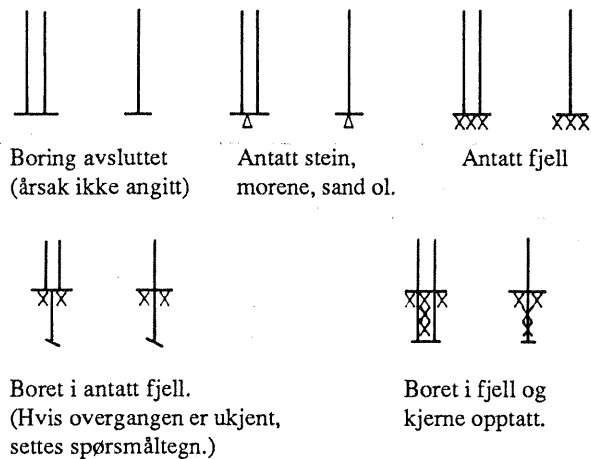
TEGN. NR

109

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 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

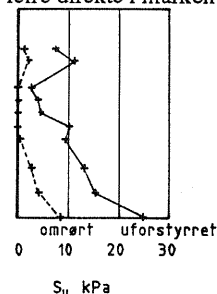
utføres for undersøkelse i laboriet av grunnens geotekniske egenskaper.

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 laboriet.

Representative prøver tas med forskjellige typer støtbor- og ram-prøvetaker, ved sandpumpe i nedspylte eller nedrammede foringsrør, av oppspytt materiale ved nedspyling av foringsrør og ved skovlboring i de øvre lag. Slike prøver tas hvor grunnen ikke egner seg for vanlig sylindreprøvetaker og hvor slike prøver tilfredsstiller formålet.

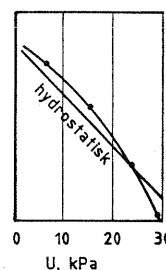
+ Vingeboring

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.

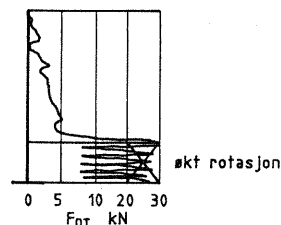


Grunnvannstanden observeres vanligvis direkte ved vannstand i borhullet.

▽ Dreietrykkssondering

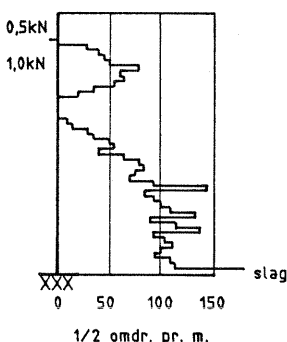
utføres med 36 mm glatte skjøtbare stålstenger påsatt en normert spiss. Borstangen trykkes ned med konstant hastighet 3 m/min. og konstant rotasjon 25 omdr./min.

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



● 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 opptegninger vises antall halve omdreining pr. meter synkning grafisk med dybden i borhullet og belastningen angis til venstre for borhullet.



⊕ Totalsondering

kombinerer dreietrykkssondering og fjellkontrollboring. Det brukes hydraulisk drevet borrhj. 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.

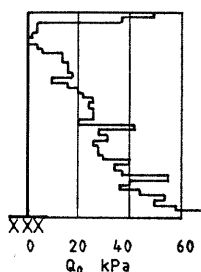
▼ Ramsondering

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:

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

angis i diagram som funksjon av dybden.



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 plastisitetssindeks. Er det naturlige vanninnhold over flytegrensen, blir materialet flytende ved omrøring.

Udrenert skjærstyrke

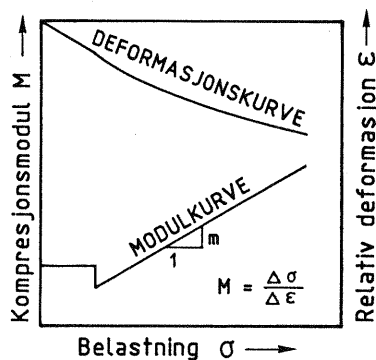
(s_u i kN/m^2) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt $3,6 \times 3,6 \text{ cm}^2$ (evt. hel prøve) og høyde 10 cm. Skjærstyrken settes lik halve trykkfastheten. Dessuten måles skjærstyrken i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk, hvor nedsynkningen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



Humusinnhold

(relativt) ut fra fargeomslag i en natronlutopløsning.

En nøyaktigere metode er våt-oksydasjon 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 siktning av fraksjonene større enn $0,06 \text{ mm}$. 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.

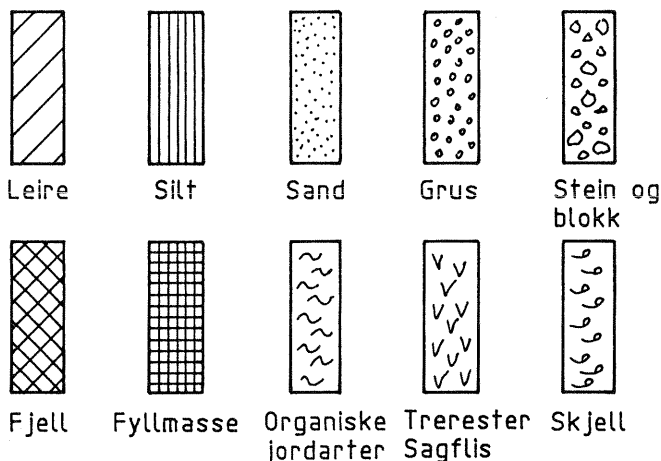
Fraksj.betegn.	Leir	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørr. mm	$< 0,002$	$0,002 - 0,06$	$0,06 - 2$	$2 - 60$	$60 - 600$	> 600

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).



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