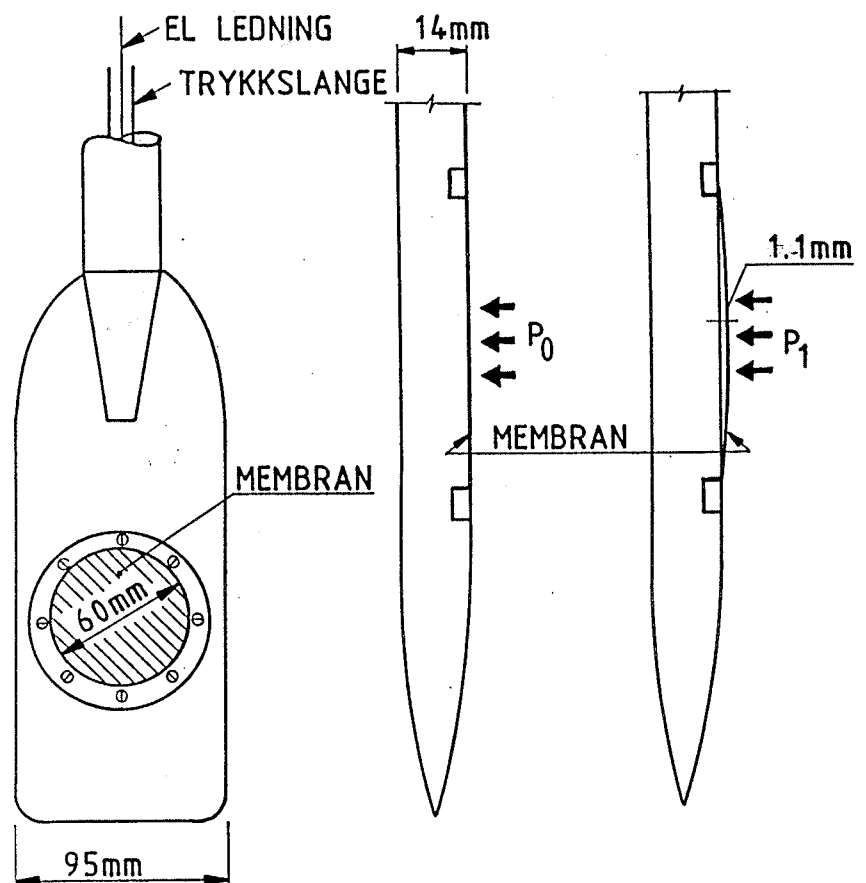


Intern rapport nr. 1557

Dilatometer manual



Mai 1992

Veglaboratoriet

Intern rapport nr. 1557

Dilatometer manual

Sammendrag

Dilatometer er en feltmetode som brukes til å kunne bestemme laggrenser og jordas egenskaper i et jordartsprofil.

Utstyret består av et 14 mm tykt stålblad med en sirkulær stålmembran på den ene siden. Dilatometeret presses ned i jorda og avlesninger taes for hver 0,2 m.

På oppdrag fra Veglaboratoriet har NGI utarbeidet denne manualen som inneholder retningslinjer til bruk ved forberedelse og gjennomføring av dilatometerforsøk. Prosedyrer for standard forsøk og spesialforsøk er inkludert. Enkle sjekklister for pakking og kontroll av utstyret og feilsøking i felt er utarbeidet.

Emneord: *Dilatometer, feltforsøk, sjekkliste, forsøksprosedyrer*

Seksjon: 47 - Geoteknisk
Saksbehandler: J. Vaslestad
Dato: Mai 1992

/JFB

Statens vegvesen, Vegdirektoratet

Veglaboratoriet
Postboks 6390 Etterstad, 0604 OSLO
Telefon (02) 63 99 00, Telefax (02) 46 74 21



Norges
Geotekniske
Institutt
Norwegian
Geotechnical
Institute

RAPPORT
DILATOMETER MANUAL
VEGLABORATORIET

892530-1

29. januar 1990

DENNE MANUALEN INNEHOLDER RETNINGSLINJER TIL BRUK VED FORBEREDELSE OG GJENNOMFØRING AV DILATOMETERFORSØK. PROSEDYRER FOR STANDARD FORSØK OG SPESIALFORSØK ER INKLUDERT. ENKLE SJEKKLISTER FOR PAKKING OG KONTROLL AV UTSTYRET OG FEILSØKING I FELT ER UTARBEIDET.

for NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

Tom Lunne

Tom Lunne

Karl Henrik Mokkelbost

Karl Henrik Mokkelbost

808/h
Post Address:
P.O.Box 40 Tåsen
N-0801 Oslo 8
Norway

Street Address:
Sognsveien 72
Oslo

Telephone:
National
(02) 23 03 88
International
+47 2 23 03 88

Telefax:
National
(02) 23 04 48
International
+47 2 23 04 48

Telex:
19 787 ngin

Postal Giro
Account No.:
5 16 06 43

Bankers:
Bergen Bank
Account No.:
5096.05.01281

DILATOMETERFORSØK ER EN ENKEL OG BILLIG IN SITU FORSØKSMETODE SOM GIR ET TILNÆRMET KONTINUERLIG JORDARTSPROFIL OG EN REKKE JORDARTSPARAMETRE KAN TAES UT FRA RESULTATENE.

Innenfor geoteknikken er det et stort behov for raskt å kunne bestemme laggrenser i en avsetning, og få fastlagt jordas egenskaper i de enkelte lag. Dilatometerforsøk er en av de in situ forsøksmetodene som er utviklet til dette formålet. En sondering med dilatometer vil gi et tilnærmet kontinuerlig profil med avlesninger normalt hver 0.2 m. Dette muliggjør en forholdsvis nøyaktig fastleggelse av laggrenser, og deteksjon av lag med tykkelse større enn 0.3 - 0.4 m. Test resultatene kan korreleres til flere geotekniske parametre med tildels god nøyaktighet.

UTSTYRET BESTÅR AV ET 14 mm TYKT STÅLBLAD MED EN SIRKULÆR STÅLMEMBRAN PÅ DEN ENE SIDEN. DILATOMETERET PRESSES NED MED TRYKKSONDERINGSUTSTYR OG AVLESNINGER TAES NORMALT HVER 0.2 m.

Bladet er 95 mm bredt og har en 16° spiss-vinkel (se figur 1). Membranen er 60 mm i diameter og kan ekspanderes (skyves mot jorda) ved bruk av komprimert gass (N_2). Normalt stoppes penetrasjon for hver 0.2 m og trykk avleses ved 0.05 mm (P_0) og 1.10 mm (P_1) membran bevegelse. Nedskyving (installering) av dilatometer bladet kan utføres med samme type utstyr som brukes i trykksonderingsforsøk. Dynamisk installering ved bruk av hammer o.l. bør unngås da det vil påvirke resultatene.

DENNE MANUALEN ER LAGET FOR BRUK I FORBEREDELSENE MED, OG GJENNOMFØRINGEN AV FELTOPPDRAK.

Appendix A inneholder korte beskrivelser og sjekklister for pakking og kontroll av utstyret. Enkle retningslinjer for standard forsøk og



spesialforsøk er tatt med, samt enkel feilsøking i felt. Appendix B gir en oversikt over beregningsgrunnlaget. Appendix C inneholder en referanseliste.

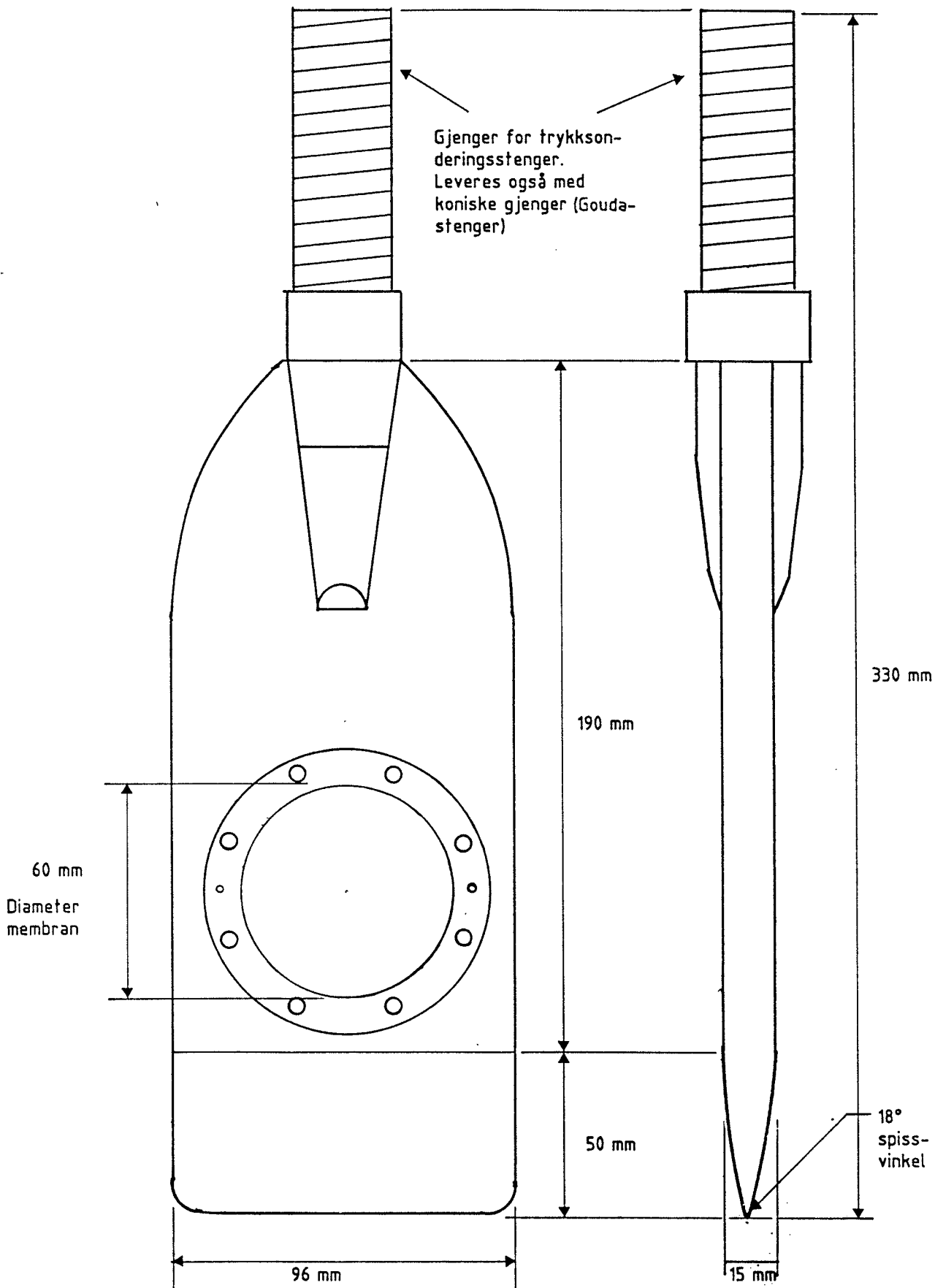
For beskrivelse av kompliserte reparasjoner henvises det til detaljerte manualer på engelsk utarbeidet av Marchetti og Crapps, 1981 og Schmertmann, 1988.



A P P E N D I X A: FELT PROSEDYRER FOR DILATOMETER

A P P E N D I X B: BEHANDLING AV DATA

A P P E N D I X C: REFERANSER



DILATOMETER MANUAL

Dilatometerbladets geometri
(Fra Schmertmann, (1988))

Rapport nr.
892530-1

Figur nr.
1

Tegner
dm

Dato
24.01.90

Kontrollert
T. Lu.

Godkjent
KHM



A1. UTSTYR NØDVENDIG I FELT. PAKKLISTE

Nødvendig utstyr for å utføre dilatometerforsøk er foruten dilatometerblad, vanlig nedpressningsutstyr, gassbeholder (vanligvis nitrogen, N₂), reduksjonsventil, manometer og strømkilde for signal (9V batteri). De tre sistnevnte delene er bygd inn i en feltmessig koffert som vist på bilde i figur A1. Nitrogengass blir vanligvis brukt som trykk-kilde for ekspansjon av membranen. Det anbefales å velge en liten flaske (5 - 10 l, 200 bar) for større sikkerhet og enklere håndtering. Standard reduksjonsventil for den valgte gass må medbringes. Gjengediameter for tilkobling til gassflasken varierer avhengig av gasstype.

Standard trykksonderingsstenger (Gouda stenger) blir vanligvis brukt til nedpressing av dilatometeret. De har høy bruddstyrke og har koniske gjenger som gjør at de er lette å håndtere. Ellers kan alle typer stenger brukes som har tilfredsstillende bruddstyrke, og innvendig boring på minimum 17 mm for enkelt å kunne tre igjennom elektrisk/pneumatisk kabel (tilkoblingskontakt har ytre diameter, D_y = 15 mm).

Vanlige geotekniske borerigger kan brukes for å installere dilatometeret. Lett hydraulisk utstyr med skyvekapasitet 3-4 tonn og jordforankring har vært brukt til å teste jordprofil ned til 30 m dybde i bløte og til dels siltige leirer. Kraftigere utstyr må velges dersom det skal testes i harde leirer og sand til dybder mer enn 5 m.

For detaljert pakking av utstyr henvises det til Tabell A1 og A2, Pakklister.

A2. KONTROLL AV UTSTYR

En hurtig kontroll og sammensetting av utstyret bør gjøres før man forlater kontoret. Den skal sikre at utstyret som bringes med ut i felten ikke har alvorlige skader, og at alle viktige deler blir tatt med. Følgende sjekklister kan være til hjelp.

Dilatometer blad

- Bladene må være fri for ytre skader. Skader på eggen slipes ned.
- Kontrollør at gjenger er intakt ved å montere 'adapter' eller trykksonderingsstang.
- Kontrollør om bladet er bøyd. Kan f.eks. gjøres ved å montere bladet på en trykksonderingsstang og legge det flatt på et bord. Mål avstand fra bord til spiss av blad når membran vender opp, og samme avstand med membran pekende ned. Avvik på mindre enn 3 mm kan tolereres.

Kontroll enhet

- Påse at kontrollenhet og manometer ikke har ytre skader.
- Audio-visuell signal.
Aktiver bryter. Trykk på kontroll knappen for å sjekke at galvanometer og lydkilde virker. Galvanometer er mer nøyaktig enn "piper".
- Fjern transportskrue. (Kobber skrue på undersiden av panel).
Transportskruen skal tapes fast under lokket når den ikke er i bruk. Bestem nullpunkt på manometer, Z_M , ved å åpne hovedventil og bank forsiktig på glasset. Z_M bør være mindre enn 1% av maks verdi for manometer (0.4 bar for 40 bar manometer).

- Membran stivhet ΔA og ΔB .
Monter opp nødvendig utstyr for å utføre membran kalibrering, figur A2, og kontroller at ΔA og ΔB er slik som notert på bladet. Konferer pkt. A3 og A7.

Sammensetting av dilatometer utstyr

- Foreta en rask montering av utstyret ved å koble trykk-kilde og dilatometer til kontrollenhet ved bruk av 4 m slange og 20 m pneumatisk-elektrisk slange, figur A3. Husk jordledning. Aktiver gasstrykk, og utfør noen ekspansjoner av membranen.
- Skru av dilatometeret og blokkør slangen med tett kobling. Tilfør gasstrykk og steng alle ventiler. Observer eventuelt trykkfall over tid. Trykkfallet bør være minimalt over en periode på 10 min. for at utstyret skal fungere tilfredsstillende.

Avslutning

- Pakk utstyret i følge pakklister I og II.

Monter transportskrue på manometer hvis det blir utsatt for lang og hardhendt transport.

A3. KALIBRERING AV DILATOMETER. MEMBRANSTIVHET ΔA og ΔB .

I fri luft vil membranen være plassert et sted mellom 0.05 mm ekspansjon (løftettrykk, A-trykk) og 1.10 mm ekspansjon (B-trykk). Trykket som skal til for, i fri luft, å holde membranen i posisjonene representert ved A- og B-trykkene kan bestemmes. Disse kalibreringsverdiene for membranen kalles ΔA (0.05 mm) og ΔB (1.10 mm), og brukes til

å korrigere test-avlesningene (Ref. B2). Kalibreringsverdiene avleses nøyaktig ved å bruke vakuum manometer og stor plastikk sprøyte som vist på figur A2.

ΔA -kalibrering

Fordi membranen i fri luft er plassert mellom 0.05 og 1.10 mm ekspansjon, må det tilføres vakuum for å oppnå ΔA . Dette gjøres ved å tilføre vakuum slik at piperen aktiveres, og så redusere vakuemet til løftettrykket oppnås (piperen stopper). Det trykket som da avleses noteres som ΔA . Selvom ΔA trykk-avlesningen er negativ (vakuum), vil den i jorden erstatte et positivt jordtrykk, og derfor bli lagt til A-trykket i forsøksavlesningen som et positivt trykk. Av den grunn vil ΔA alltid bli notert som et positivt tall når det er vakuum ved bruk av Marchetti dilatometeret.

ΔB kalibrering

B-trykket ved et vanlig forsøk i jord er satt sammen av både membranens og jordas motstand mot membran ekspansjon. For å finne membranens del, ΔB , bestemmes trykket som skal til for å oppnå 1.10 mm ekspansjon (B-trykk) i fri luft. For å korrigere B-trykket avlest ved et vanlig forsøk må derfor den positive ΔB -avlesningen trekkes fra test-avlesningen.

ΔA og ΔB kalibreringen skal tas både før og etter et test profil, og normalt vil et gjennomsnitt av før- og etter-verdiene bli brukt i beregningene. Hvis det er stor forskjell på kalibreringsverdiene før og etter et test profil kan det tyde på stor slitasje på membranen, og at den derfor bør skiftes. For det aktuelle profilet kan det vurderes å bruke gjennomsnittsverdien for kalibreringskonstantene. Dersom det er markert forskjell i jordart i profilet f.eks. bløt leire over sand, kan det alternativt vurderes å bruke før-verdiene i øvre lag (leire)

og etter-verdiene i nedre lag (sand). Det bør generelt utvises best mulig skjønn ved valg av kalibreringsverdier. Se også kapittel B2.

Kalibreringsverdiene ΔA og ΔB vil variere avhengig av membrantype og utforming og slitasje av det enkelte dilatometerblad. Verdiene gitt i Tabell A3 gir normale og anbefalte verdier.

Tabell A3 Anbefalte verdier for ΔA og ΔB

Membran type	ΔA kalibrering Bar (vakum)	ΔB kalibrering Bar
Standard (S)	0.15 \pm 0.05	0.35 \pm 0.25
Hard (H)	0.20 \pm 0.05	0.90 \pm 0.60

Dersom kalibreringsverdiene ligger utenfor verdiene i Tabell A3, bør membranen mykes opp eller ekserseres.

Eksersering av membran

- Monter dilatometer blad, kontrollenhet og trykkflaske sammen som vist på figur A3. Husk å erstatte transport skrue med liten "støv skrue".
- Sett reduksjonsventil på trykkflasken til å gi maksimum 6 bar for standard membran og 20 bar for hard membran. Åpne hovedventil.
- Steng hurtigventileringsventil og åpne mikrometer skru ventilen for å ekspandere membranen.
- Noter avlesning for ΔA og ΔB .
- Øk trykket til 2.5 bar for standard membran og 5 bar for hard membran. Ventiler systemet og gjenta trykkøkningen 5 - 10 ganger.



- Steng mikrometer skruen.
- Slå forsiktig langs periferien på membranen med en plastikk hammer.
- Ta nye kalibreringsverdier, ΔA og ΔB .
- Dersom ΔA og ΔB fortsatt ligger utenfor anbefalte verdier, gjentas prosedyren. For standard membraner økes maksimumstrykket med 0.5 bar og med 3.0 bar for hard membran for hver syklus.
- For egen sikkerhet legges dilatometeret med membranen ned når den utsettes for høye trykk. Utvis forsiktighet ved trykk over 10 bar.
- Dersom tilfredsstillende kalibreringsverdier ikke kan oppnås, prøv en ny membran, og kontroller eventuelt dilatometerets indre funksjoner.

A4. KONTROLL OG VEDLIKEHOLD AV MEMBRAN. SKIFTING AV MEMBRAN

Kommersielt produseres og selges det to typer membraner, en 0.2 mm tykk, myk stålmembran og en membran laget i 0.2 mm tykt varmeherdet stål. Generelt anbefales det å velge den harde membrantypen. Den har større motstand mot slitasje og vil derfor ha lengre levetid i grove materialer. Fordelen med den myke membrantypen er at den yter mindre motstand mot ekspansjon og vil derfor ha lavere korreksjonsverdier (ΔA og ΔB). Den bør velges dersom det bare skal gjøres forsøk i bløte og tildels sensitive leirer.

En membrans levetid er avhengig av i hvilken jordarter den har blitt brukt. Det er erfaring for at profiler på tilsammen 80 - 100 m i bløt leire er gjennomført uten lekkasje i membran. I sandige materialer kan membranen slites ut på mindre enn 10 m penetrering. Membranens korreksjonsverdier vil synke med antall ekspansjoner, og membranen bør derfor brukes så lenge som mulig.

Skifting av membran

Skifting av membran kan enkelt utføres i felt, men krever at man har et rent og tørt sted å arbeide på. Følgende punkter kan være til hjelp:

- Rengjør dilatometerbladet grundig. Fjern jordrester rundt skruer og festering. Bruk vann evt. trykkluft.
- Løsne alle skruer (8) til festering, og ta bort festering. Bruk skruer i gjengede hull i festering dersom festeringen sitter fast.
- Hold på membranen og fjern jordrester med børste. Ta bort membran og gummipakning. (Membran kan også følge med når festering fjernes).
- Gjør helt rent rundt membran setet og 'sensing disk'. Husk at plexiglass-sylinder sitter løst og kan falle ut, figur A4.
- Påse at membransete og 'sensing disk' ikke har ytre skader.
- Kontroller at plexiglass-sylinder er på plass og fungerer riktig ved å trykke lett på den (fjærbelastet).
- Velg en skadefri membran med "riktig hardhet". Gummipakning skiftes sjelden.
- Sett på membran og festering.
- Monter skruene.
- Tiltrekking av skruene må gjøres i "diagonal rekkefølge" slik at gummipakning blir klemt riktig.
- Monter dilatometer og kontrollenhet for avlesning av ΔA og ΔB .

- Ekserser membranen ved å ta ΔA og ΔB flere ganger. Kontroller om kalibreringsverdiene er konstant, og ligger innenfor anbefalte verdier gitt i Tabell A3.
- Konferer pkt. A3 dersom ΔA og ΔB er for høy/lav.

A5. FELTPROSEDYRER

Det forutsettes at utstyr som tas med ut i felt er kontrollert på kontoret, konferer pkt. A2.

A5.1 Forberedelser for testing

- Velg dilatometerblad med riktig type membran og manometer med optimal skala for de jordartsforhold som forventes. Bruk pneumatisk-elektriske slanger som er lange nok for de ønskede test dybder.
- Foreta en rask montering av utstyret som skal brukes.
- Tilfør trykk og observer for mulige lekkasjer. Bruk maksimum 3 bar med dilatometeret tilkoblet, og høyere dersom pneumatisk-elektrisk slangen er plugget. Lekkasjer mindre enn 100 kPa/min kan tolereres, selv om det ikke er ønskelig.

Utfør vanlig kalibreringsrutine (Ref. A3) og noter gjennomsnitt av flere ΔA og ΔB verdier på data arket vist i Tabell A4.

- Trè pneumatisk-elektrisk slange gjennom det nødvendige antall trykkstenger. Utvis ekstra forsiktighet i kaldt vær. Ved lave utetemperaturer blir plastikken i pneumatisk-elektrisk kabel mindre elastisk og har lett for å brette. Husk å inkludere nødvendige adaptere. Tildekk alle koblinger for å unngå forurensning.

A5.2 Standard testing

- Sett dilatometer og stenger på plass i nedskyvingsriggen. Noter hvilken retning membranen peker. Kontroller at stenger er vertikale. Bruk water-pass eller loddsnor.
- Med hovedventil åpen skyves dilatometer ned til første test dybde. Hastigheten bør ligge i intervallet 10-30 mm/s. Under nedpressing skal lydsignalet være aktivert.
- Straks testdybden er nådd, avlastes sonderingsstengene. Hovedventil stenges og ekspansjon startes. A-avlesning (løfte-trykk) bør nåes rolig, og innen 15-30 sekunder etter start ekspansjon. B-avlesning bør nås innen de neste 15-30 sekunder (Totalt bør testen ta 30-60 sekunder).
- Noter A og B verdiene.
- Hovedventil åpnes straks B-verdien er nådd. Steng micrometer flow ventil. Denne prosedyren forhindrer overekspansjon av membranen.
- Fortsett til neste testdybde.
- Det er vanlig å utføre forsøk ved hver 0.2 m dybde. Merking av stengene gjøres eventuelt med et stykke kritt. For ekstra kontroll bør man telle antall stenger som er presset ned.

A.5.3 Lukketrykket, C-avlesning

Etter en ekspansjon av membranen til B-avlesning og ned igjen vil piperen aktiveres når membranen når setet igjen, (samme posisjon som A-avlesning). Trykket ved denne posisjonen kalles "lukketrykket" eller C-avlesning. Figur A5 viser de forskjellige sekvenser i en dilatometer test. Forskning de senere år (Lutenegger and Kabir, 1988, Powell and Uglow, 1982) har vist at C-avlesning er tilnærmet lik in situ poretrykk (u_0) ved testing i sandige jordarter ($I_d > 2$).

Måling av lukketrykket (C-avlesning) krever installering av en micrometer ventil for trykkreduksjon i tillegg til den for trykkøkning.

C-avlesning kan da måles ved at noe av trykket tappes med hovedtappe ventil straks B-avlesning er oppnådd. Deretter åpnes micrometer tappeventil slik at trykket reduseres gradvis og kontrollert.

(Hovedtappeventil stengt, micrometer trykkventil stengt). C-avlesning bør nås 15-30 sekunder etter B-avlesning.

A5.4 Dissipasjonstest for bestemmelse av horisontaltrykket i jorda etter endt konsolidering

Marchetti et al., 1986 presenterte en måte å bestemme poretrykket (f_s) fra spesielle dilatometerforsøk. Forsøket er av typen "dissipasjonsforsøk" og krever avlesning av løftettrykket over lang tid (opptil 24 timer). Forsøket utføres med standard utstyr ved dybder bestemt på forhånd. Resultatene føres i spesialdiagram gitt i Tabell A5.

- Ved ønsket dybde ekspanderes membranen til løftettrykket (A-avlesning)
- Straks A-avlesning er oppnådd, åpnes hovedtappeventil slik at membran går tilbake til membran setet. B-avlesning skal ikke utføres.
- Denne A-avlesning utføres med økende tidsintervall. Løftettrykket plottes mot tid i log skala (figur A6). Avlesningene gjøres så rasjonelle som mulig, og bør tilpasses andre gjøremål i felten. Hvis det er mulig, anbefales det hele tiden å fordoble medgått tid fra siste avlesning slik at avlesning foretas etter følgende tidspunkt fra start: 0, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16, 30 min., 1 t, 2 t, 4 t, 8 t, 16 t, 32 t.
- Når A-avlesningen nærmer seg en nedre grenseverdi, foretas en vanlig dilatometer ekspansjon med avlesning av både A og B trykk.

- Beregning utføres som vist i figur A6. Videre bakgrunnsmateriale finnes i Marchetti et al., 1988.

A5.5 Dissipasjonstest for bestemmelse av horisontal konsolideringskoefisient

Forsøksprosedyren er den samme som for bestemmelse av horisontaltrykket i jorda etter endt konsolidering, men forsøket kan avsluttes tidligere. Vendepunktet for dissipasjonskurven (T_{flex}) inngår i beregningene, se figur A6. Testen avsluttes når T_{flex} er bestemt med tilstrekkelig nøyaktighet, som vanligvis krever 2-3 avlesninger etter T_{flex} . Det krever også at resultatene plottes kontinuerlig, og bestemmelsen av T_{flex} gjøres best ved bruk av automatisk kurve tilpassing (tredje grads ligning). Det teoretiske grunnlaget er gitt i Marchetti og Totani, 1989.

A. FEILSØKING I FELT

Enkle reparasjoner av dilatometerutstyr kan gjøres i felt. Mer kompliserte reparasjoner s.s. skifting av 'sensing disk', skifting av kontakt på pneumatisk-elektrisk slange o.l. bør gjøres på kontoret. Noen punkter for enkel feilsøking i felt er satt opp nedenfor.

* Mangler signal

- Strømkilde mangler/dårlig
- Jordledning mangler
- Brudd i elektrisk ledning
- Brudd i krets i dilatometer

* Kontinuerlig signal (kortslutting)

- Plexiglass-sylinder mangler
- Forurensing mellom stålsylinder og 'sensing disk'
- Isolasjon på elektrisk leder i dilatometer blad er skadet

* B-avlesning mangler (A-avlesning ok)

- Plexiglass-sylinder har ikke fri bevegelse gjennom 'sensing disk'
- Stålsylinder har ikke fri bevegelse i utfresing i dilatometer blad
- Stålsylinder og/eller fjær mangler
- Brudd i trykkledning → ikke høyt nok trykk til B-avlesing
- Brudd i membran

A7. VEDLIKEHOLD AV UTSTYR

Dilatometeret er et enkelt og robust test-instrument som normalt bare krever enkelt vedlikehold. Etter avslutning av en test-serie bør følgende gjøres:

- Vask dilatometerbladet og fjern alle jordrester. Bruk pensel og lite skrujern langs skruer og festering (trykkluft hvis tilgjengelig).
- Sett på plastikk beskyttelseskopp på topp av dilatometer, og på alle slangekontakter.
- Tørk av pneumatisk-elektriske slanger.
- Avles ΔA og ΔB og noter resultatet på en lapp som festes til bladet. Husk dato.
- Membranen er slitt og bør skiftes, men er fortsatt hel. Skift membran, ekserser ny membran og bestem ΔA og ΔB . Noter på bladet nye verdier.

- Dersom dilatometeret har vært brukt i grove materialer og blitt skadet (hull i membran) bør mer omfattende kontroll utføres på kontor evt. verksted. Se også Marchetti and Crapps, 1981, og Schmertmann, 1988.

892530-1

Tabell A1 Pakkliste I

Utstyr	Antall	
	Anbef.	Pakket
Kontroll enhet	1	
Dilatometer blad Serie nr.:	2	
Trykkregulator	1	
Regulator slange (4m)	1	
Pneumatisk-elektrisk slange 10, 20 m	etter	
Pneumatisk-elektrisk slange kort	behov	
Electrisk jordings kabel (4 m)	1	
Adapter, øvre m/slisse	2	
Adapter, nedre	2	
Kalibrerings utstyr		
Plastikk sprøyte+vacummanometer	1	
Data ark, etter behov	>10	
Data ark, spesial forsøk, etter behov	10	
Håndverktøy, minimum følgende:		
Skiftenøkkel 10"	1	
Skrutrekker, stor og liten	2	
Fastnøkkel, 11 mm	2	
Avtrekker for sensing disk	1	
Saks	1	
Kniv evt. skalpel	1	
Silke papir	-	
Sand papir	-	
Q-tips	20	
Tape	2	
Pinsett	1	
Spesial verktøy for å fjerne innvendig plastikksylinder i topp av dilatometer blad	1	
Børste, liten	1	
Plastikk hammer	1	

892530-1

Tabell A2 Pakkliste II

Reservedeler	Antall	
	Anbef.	Pakket
Membraner 0.2mm hard (evt. myke)	10	
Pakning for membran	4	
Batteri 9 Volt	1	
Hurtig kobling, male	1	
Hurtig kobling, female	1	
Plastikk beskytter, male	2	
Plastikk beskytter, female	2	
Plastikk eske inneholdende:		
Skruer, for festering membran	8	
Plexiglass sylinder	4	
Stål sylinder	2	
Stål fjær	2	
Skruer for disk-avtrekker	2	
Følgende medbringes etter behov:		
Manometer 16 bar	1	
Manometer 80 bar	1	
Tripod m/måleur for kontroll av toleranser	1	

892530-1

Tabell A4 Dilatometerforsøk, feltavlesninger.

FIRMA: _____ KLIENT: _____

STED: _____ JOBB NR.: _____

DATO: _____ TEST NR.: _____

KOMMENTAR: _____

GR.V.ST.: _____

DILATOMETER NR.: _____

(bar)	FØR	ETTER	GJ.SN.
DELTA A			
DELTA B			

m\bar	A	B	C	m\bar	A	B	C	m\bar	A	B	C
0.0				4.0				8.0			
.2				.2				.2			
.4				.4				.4			
.6				.6				.6			
.8				.8				.8			
1.0				5.0				9.0			
.2				.2				.2			
.4				.4				.4			
.6				.6				.6			
.8				.8				.8			
2.0				6.0				10.0			
.2				.2				.2			
.4				.4				.4			
.6				.6				.6			
.8				.8				.8			
3.0				7.0				11.0			
.2				.2				.2			
.4				.4				.4			
.6				.6				.6			
.8				.8				.8			

Tabell A5 Dissipasjonsforsøk

DISSIPASJONSFORSØK

TABELL Nr. ___

Dato: _____
 Klient: _____
 Jobb Nr. _____
 DMT Nr. _____

Dybde til gr.v.st. Z_d=_____m

bar	Del A	Del B
Før		
Etter		
Gj.snitt		

	Z(m)	A(bar)	B(bar)
Z _d -40			
Z _d -20			
Z _d			
Z _d +20			
Z _d +40			

Id=_____ OCR=_____ =_____
 Z_d-Z_w=_____ U₀=_____

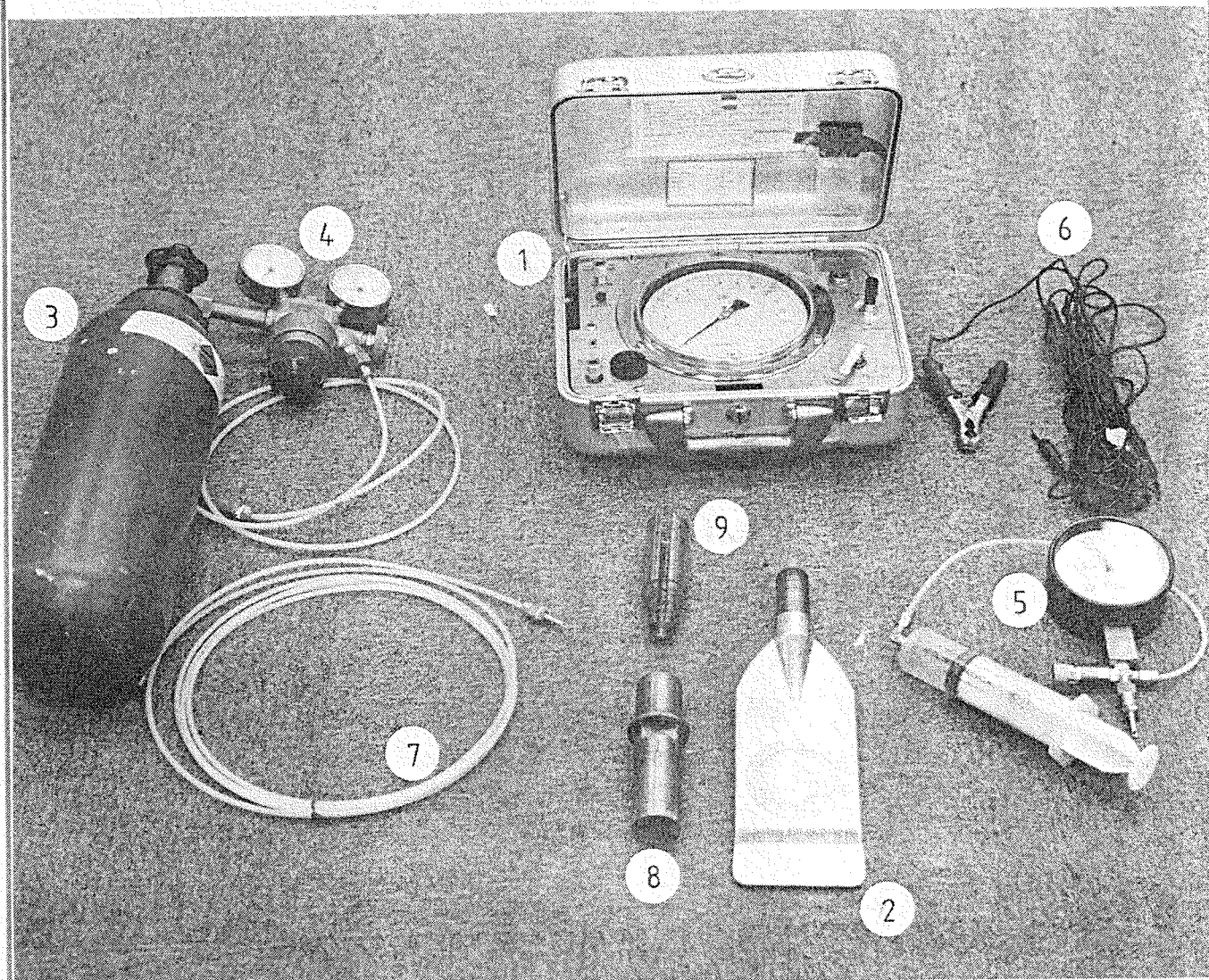
Tid t min sek	T d		A Løftetr. bar
	anbf.	fakt.	
	0		
	0.5		
	1		
	2		
	4		
	8		
	16		
	30		
	1t		
	2t		
	4t		
	8t		
	16t		
	32t		
SLUTT t _f			A _f =
NB-->			B _f =

NØYAKTIGHET: Øk trykket sakte i nærheten av A.

TID NULL: Start tidtaking når dilatometeret kommer ned til test dybden.

SEKVENSER: Bruk tiden effektivt, og følg foreslått tids-sekvenser bare hvis det er praktisk.


AVSLUTTNING: Avhengig av om testen skal måle konsolideringstid (konsoliderings koeffisient) eller horisontal spenning mot pel, avsluttes testen når kurvens vendepunkt (T_{Flex}) er definert, eller når A-avlesning er stabil. Ta **B-avlesning** ved avsluttet forsøk.

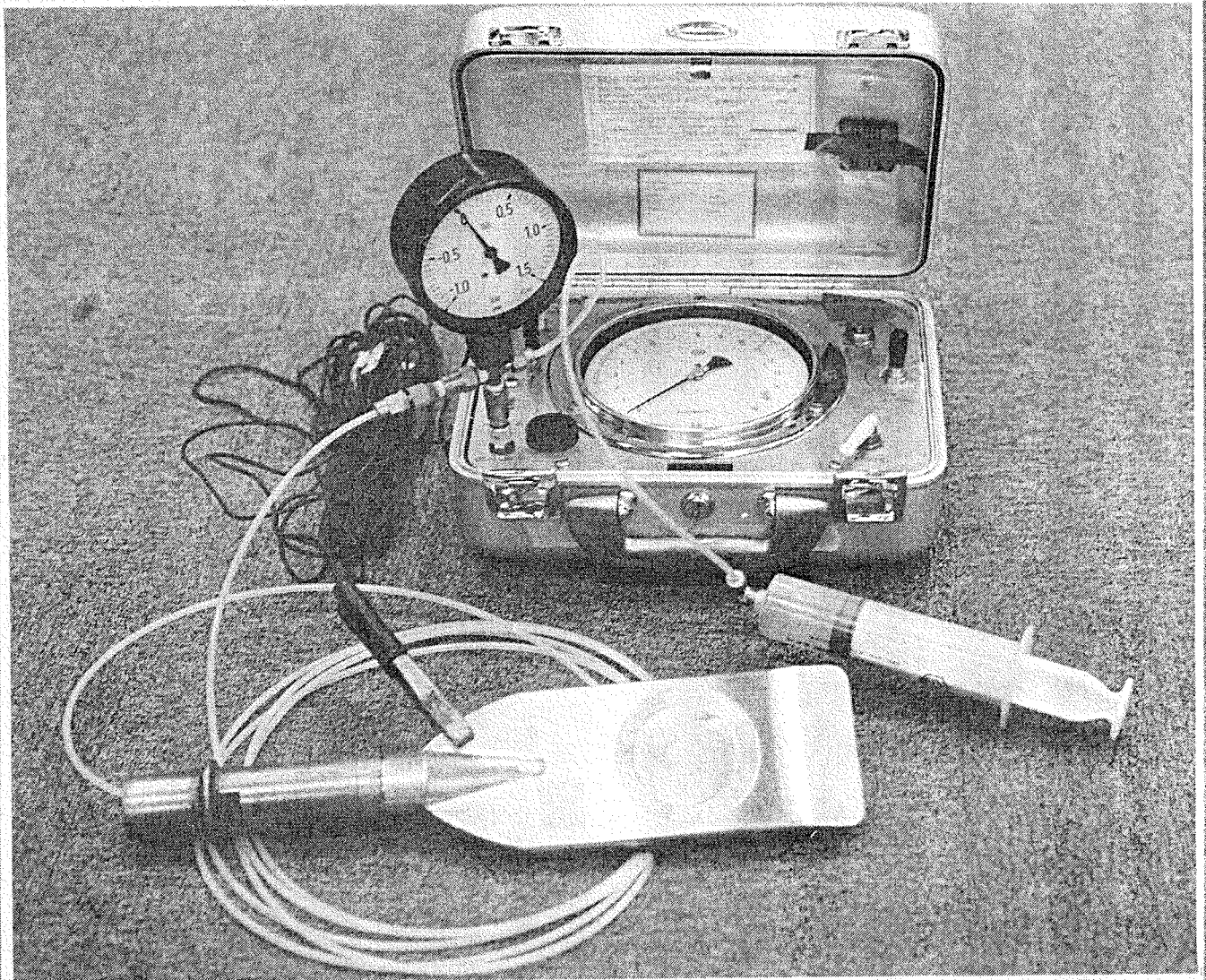


1. Kontrollenhet
2. Dilatometerblad
3. Gassflaske (N₂)
4. Trykkreduksjonsventil
5. Vakuum-manometer m/sprøyte for kalibrering
6. Jordingskabel
7. Kort pneumatisk-elektrisk kabel (4m)
8. Nedre adapter
9. Øvre adapter m/slisse

DILATOMETER MANUAL

Utstyr for dilatometer forsøk

Rapport nr. 892530-1	Figur nr. A1
Tegner <i>das</i>	Dato 25.01.90
Kontrollert <i>T. L.</i>	
Godkjent <i>KHM</i>	



"Normalverdier" for ΔA og ΔB

Membran type	ΔA (vakum)	ΔB
Standard (S)	0.15 ± 0.05 Bar	0.35 ± 0.25 Bar
Hard (H)	0.20 ± 0.05 "	0.90 ± 0.60 "

DILATOMETER MANUAL

Oppsett for kalibrering av membran
(ΔA og ΔB)

Rapport nr.
892530-1

Figur nr.
A2

Tegner

ELP

Dato
25.01.90

Kontrollert

T.Lu.

Godkjent

KHM



NGI



DILATOMETER MANUAL

Oppsett for kontroll av utstyr.

Rapport nr.
892530-1

Figur nr.
A3

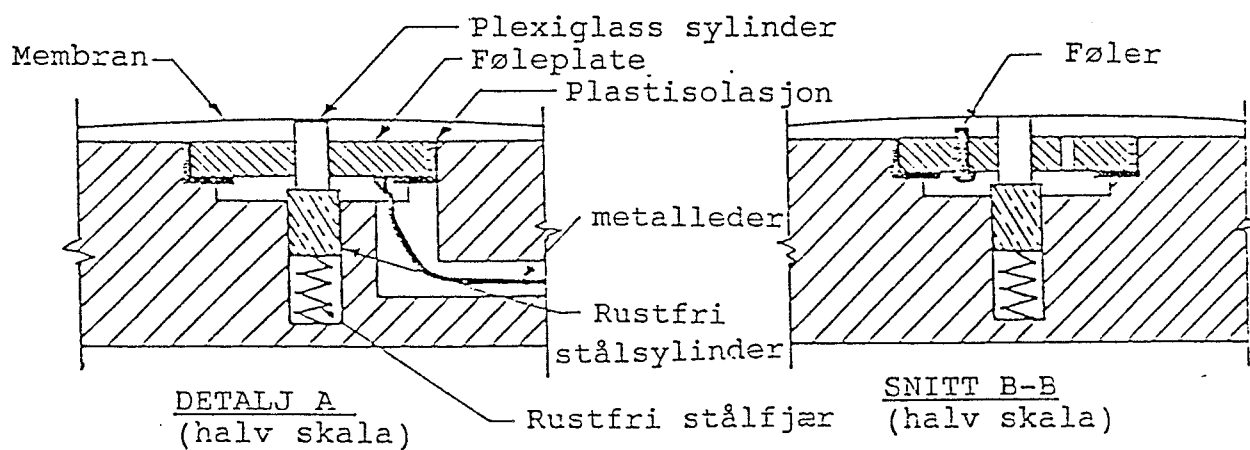
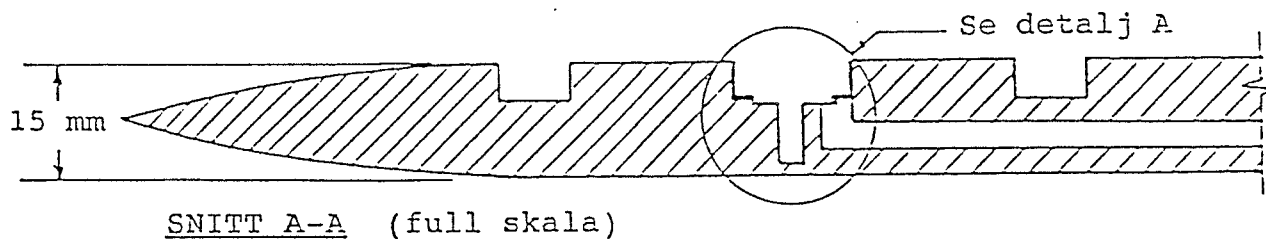
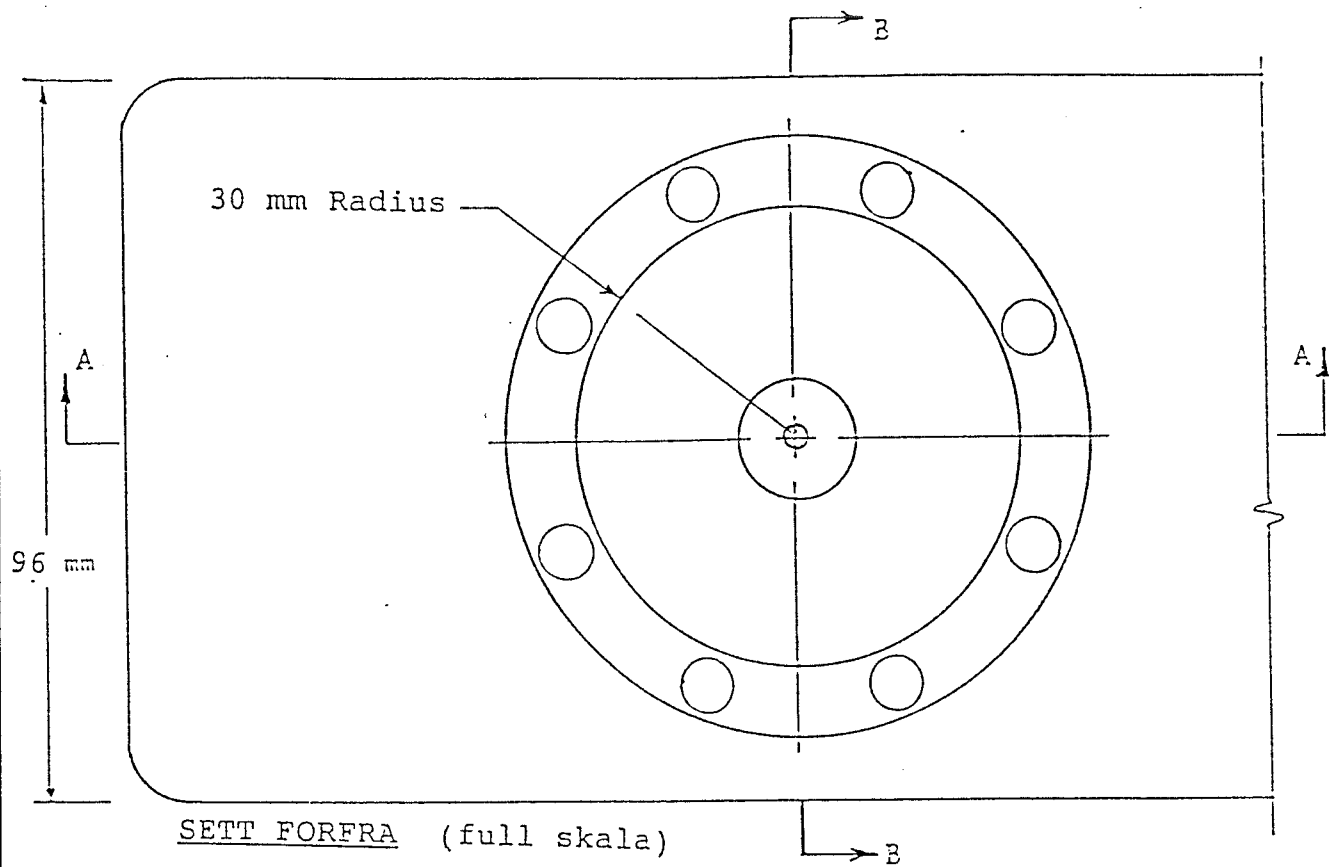
Tegner
dlw

Date
25.01.90

Kontrollert
T. Lø.

Godkjent
KHM





DILATOMETER MANUAL

Rapport nr.
892530-1

Figur nr.
A4

Prinsipp for avstandsmåling.
(Fra Marchetti og Crapps, 1981)

Tegner
els

Dato
25.01.90

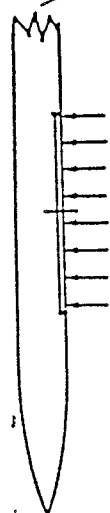
Kontrollert
T.Lu.

Godkjent
KHM



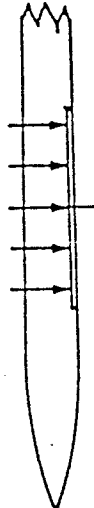
Nedskyving

①



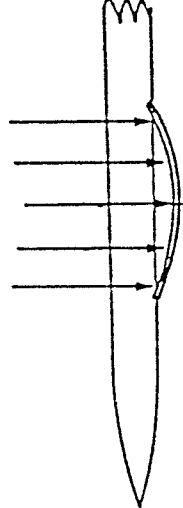
Trykk-
økning

②

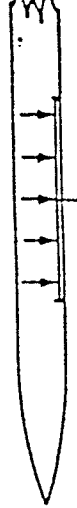


Trykk-
reduksjon

③



④



Lydsignal:

På

Av

På

På

Membran

stilling: 0.0mm

0.05mm

1.1mm

0.05mm

Avlesning

skyvekraft

A

B

C

DILATOMETER MANUAL

Rapport nr.
892530-1

Figur nr.
A5

Sekvenser i en dilatometer test.

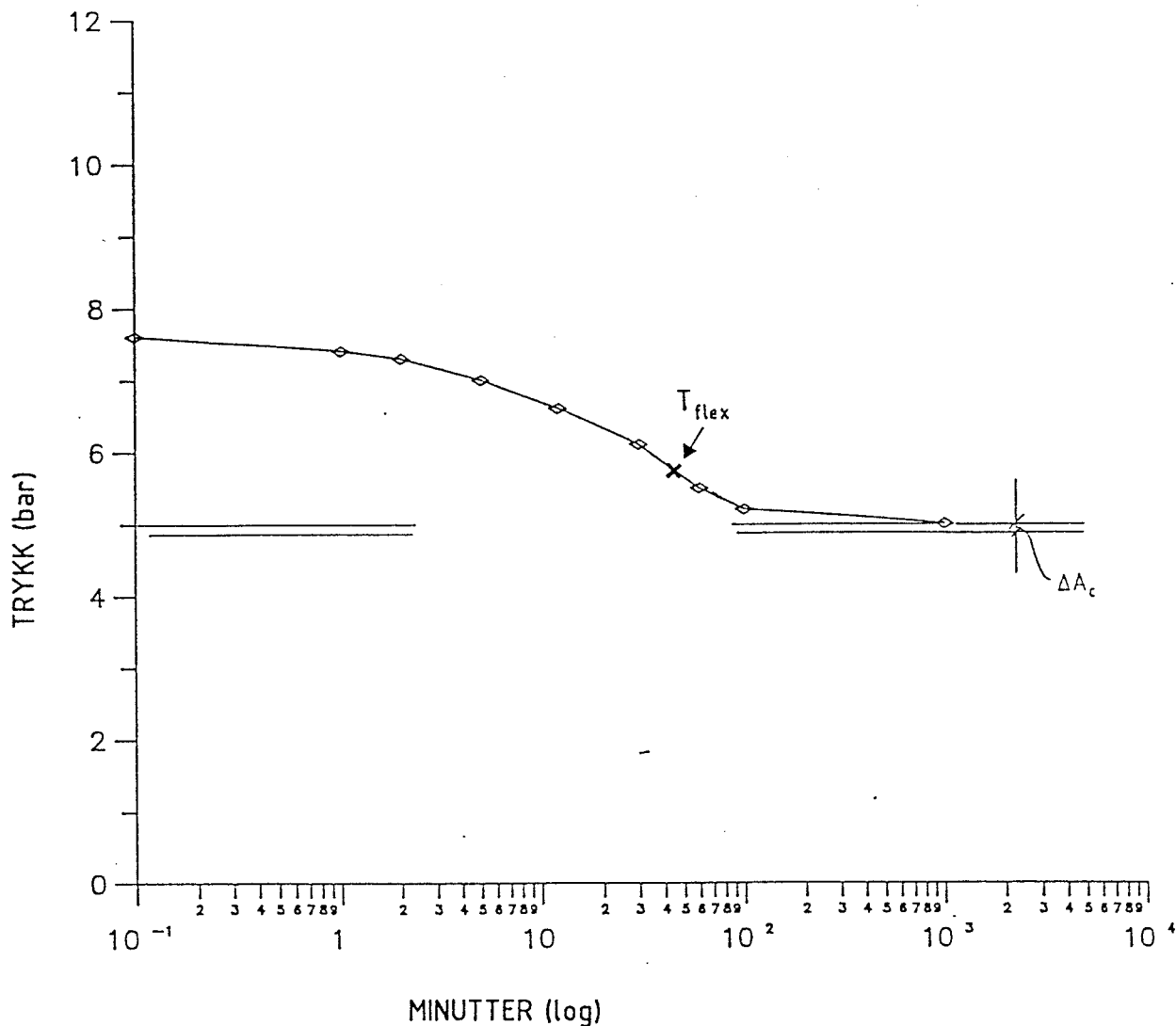
Tegner
[Signature]

Dato
25.01.90

Kontrollert
T. Lu.

Godkjent
KHM





$$P_{of} = 1.05(A_f - Z_M + \Delta A) - 0.05(B_f - Z_M - \Delta B) \quad (\text{Bar})$$

$$P_{oc} = P_{of} - \Delta A_c \quad (\text{Bar})$$

$$\sigma'_{hc} = 100 (P_{oc} - u_o) \quad (\text{kPa})$$

$$f_s = \sigma'_{hc} \cdot \rho$$

hvor:

P_{of} = korrigert løftetrykk ved slutten av dissipasjonstid

A_f = siste A-avlesning

B_f = siste B-avlesning

P_{oc} = horisontal spenning mot dilatometeret ved slutten av dissipasjonstiden

σ'_{hc} = effektivt horisontaltrykk mot dilatometeret ved slutten av dissipasjonstiden

u_o = in-situ poretrykk

f_s = Pile skin friction

ρ = Skin friction ratio

DILATOMETER MANUAL

Rapport nr.
892530-1

Figur nr.
A6

Tolking av A-trykk dissipasjonsforsøk.

Tegner
dm

Dato
31.01.90

Kontrollert
T. Lw.

Godkjent
UHM





A P P E N D I X B - BEHANDLING AV DATA

I N N H O L D

B1. BESKRIVELSE AV FORMEL GRUNNLAG

B2. TOLKING AV DATA

B1. BESKRIVELSE AV FORMELGRUNNLAG

A-avlesning og B-avlesning er feltverdier som må korrigeres for membranstivhet før de kan brukes i videre beregninger. Marchetti, 1980, definerte tre dilatometerparametere K_D , I_D og E_D . En fjerde parameter, U_D , er definert på to forskjellige måter av Lutenegger og Kabir, 1988 og Schmertmann, 1988.

$$P_0 = 1.05 (A - Z_M + \Delta A) - 0.05 (B - Z_M - \Delta B) \quad (\text{bar})$$

$$P_1 = B - Z_M - \Delta B \quad (\text{bar})$$

$$P_2 = C - Z_M + \Delta A$$

$$I_D = \frac{P_1 - u_0}{P_0 - u_0}$$

$$K_D = \frac{P_0 - u_0}{\sigma_{v0} - u_0}$$

$$E_D = 34.7 (P_1 - P_0) \quad (\text{bar})$$

$$U_D = \frac{P_2 - u_0}{P_0 - u_0} \quad \text{Lutenegger og Kabir, 1988}$$

$$U_D = \frac{P_2 - u_0}{\sigma_{v0} - u_0} \quad \text{Schmertmann, 1988}$$

hvor:

$$A = \text{første avlesning (0.05 mm ekspansjon)} \quad (\text{bar})$$

$$B = \text{andre avlesning (1.10 mm ekspansjon)} \quad (\text{bar})$$

$$C = \text{tredje avlesning (0.05 mm ekspansjon)} \quad (\text{bar})$$

$$\Delta A = \text{membrankorreksjon i luft} \quad (\text{bar})$$

(vakum, men noteres med positivt fortegn)

$$\Delta B = \text{membrankorreksjon i luft} \quad (\text{bar})$$

$$Z_M = \text{trykkmålerens nullavlesning (manometer)} \quad (\text{bar})$$

P_0	= korrigert løftettrykk ekstrapolert til null membranbevegelse	(bar)
P_1	= korrigert 1.10 mm ekspansjonstrykk (B-avlesning)	(bar)
P_2	= korrigert lukketrykk (C-avlesning)	(bar)
I_D	= Material indeks	
K_D	= Horizontal spenningsindeks	
E_D	= Dilatometer modul	
U_D	= Poretrykksindeks	
σ_{V0}	= Vertikal totalspenning i jorda	(bar)
u_0	= In situ poretrykk	(bar)

B2. TOLKING AV DATA

De tre (4) dilatometer parametrene I_D , K_D og E_D (U_D) er empirisk korrelert til en rekke jordartsparemetre. Marchettis opprinnelige korrelasjoner (Marchetti 1980) er fortsatt i bruk. Utvidet bruk av dilatometeret utover i 80-årene har gitt et bredere erfaringsgrunnlag, og flere forfattere har presentert nye korrelasjoner for flere typer jordarter.

Det er også skjedd en del utvikling innen forsøksprosedyrer. Det er ikke hensikten med denne rapport å gå i detalj m.h.p. interpretering. En grundig gjennomgang av dette vil bli gitt i en evt. kommende rapport.

Nedenfor tabell er imidlertid tatt med for å gi en oversikt over en del av de viktigste referanser når det gjelder utførelse og tolking av dilatometerforsøk:

REFERANSE	INNHOLD
Lacasse og Lunne, 1988	Oppdatering av interpretering m.h.p. jord-artsparametre i sand og leire
Marchetti et al., 1986	Korrelasjon til sidefriksjon av peler i leire
Marchetti og Totani, 1989	Konsolideringskoeffisient i leire
Powell og Uglow, 1988	Korrelasjoner i UK leirer
Larsson og Eskilson, 1989a	Korrelasjoner i vanlige svenske leirer
Larsson og Eskilson, 1989b	Korrelasjoner i organiske svenske leirer
Larsson, 1989	Laggrenser og egenskaper i jord
Lutenegger, 1988	"State-of-the art" om bruk og interpretering
Lutenegger og Kabir, 1988	Definisjon av U_D parameter og korrelasjon til OCR
Lunne et al., 1990	Oppdatering av K_0 -korrelasjoner i leire
Roque et al., 1988	Teoretisk interpretering av dilatometerforsøk etter NTH modell
Gabr, 1988	Lateral kapasitet av peler
Gabr, et al., 1991	Bruk av dilatometer for peledesign

A P P E N D I X C - REFERANSER

REFERENCES

ASTM 1986.

ASTM Subcommittee D18.02 on Sampling and related field testing for soil investigations.

"Suggested methods for performing the flat dilatometer test".

Gabr, M. 1988.

Application of dilatometer for pile design
Evaluation of subgrade reaction for lateral
pile analysis in clay

Joint Res proj NGI/BRE

NGI Internal Report No. 521610-4, 5th October 1988.

Gabr, M., T. Lunne, K.H. Mokkelbost, J.J.M. Powell (1991).

Dilatometer for pile design in clay.

Submitted for publication at the Tenth European Conference
on Soil Mechanics and Foundation Engineering,
Florence, May 1991.

Lacasse, S. and T. Lunne (1988).

Calibration of dilatometer correlations

ISOPT-I, Disney World. Proc. Vol. 1 pp 539-548

Also NGI progress report 40019-28

Larsson, R. (1989).

Dilatometerforsøk

En in situ method för bestämning av lagerföljd
och egenskaper i jord.

Statens Geotekniska Institut, Information 10.

December 1989.

Larsson, R. og S. Eskilson, 1989a.

Dilatometerforsök i lera.

Statens geotekniska institutt, Varia, nr. 243

Lindköping, februar 1989.

Larsson R. og S. Eskilson 1989b.

Dilatometerforsök i organisk jord.

Statens geotekniska institutt, Varia, nr. 258.

Lindköping, august 1989.



Lunne T., J.J.M. Powell, E.A. Hauge, K.H. Mokkelbost and J.M. Uglow. Correlation of dilatometer readings to lateral stress in clay. Paper for possible publication in Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 1990.

Lutenegger, A.J. (1988).
Current status of the Marchetti dilatometer test.
ISOPT-I, Disney World. Proc. Vol. 1, pp 137-156.

Lutenegger, A.J. and M.G. Kabir (1988).
Dilatometer C-reading to help determine stratigraphy.
ISOPT-I, Disney World. Proc. Vol. 1, pp. 549-555.

Marchetti, S. (1980).
In situ tests by flat dilatometer
American Society of Civil Engineers.
Journal Geotechnical Engineering Division.
Vol. 106, No. GT3, pp. 299-321.

Marchetti, S. and D.K. Crapp (1981).
Flat dilatometer manual. Internal Report of C.P.E.
Gainesville, Florida. Var. pag.

Marchetti, S., G. Totani, R.G. Campanella, P.K. Robertson, B. Taddei (1986).
The DMT- σ_{hc}' method for piles driven in clay. ASCE Spec. Conf. In-Situ, 1986, Blacksburg, Va, USA, pp. 765-779.

Marchetti, S. and G. Totani (1989).
 C_h evaluations from DMTA dissipation curves
In proceedings of the Twelfth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, pp. 261-286.
Rio de Janeiro, Aug. 1989.

Powell, J.J.M. and I.M. Uglow (1986).
Dilatometer testing in stiff overconsolidated clays.
39th Canadian Geot. Conf. on "In situ testing and field behaviour".
Ottawa, Canada, 27-30 aug. 1986, pp. 317-326.



Powell, J.J.M. and I.M. Uglow (1988a).
Marchetti dilatometer testing in UK soils.
Proc. 1st Int. Symp. on Penetration Testing (ISOPT), Florida. Vol. 1,
pp. 555-562.

Powell, J.J.M. and I.M. Uglow (1988).
The interpretation of the Marchetti dilatometer test in UK soils.
Proc. Conf. on Penetration Testing in the UK, Birmingham, July 1988.
Paper No. 34.

Roque, R., N. Janbu and K. Senneset (1988).
Basic interpretation procedures of flat dilatometer tests.
ISOPT-I, Disney World. Proc. Vol. 1, pp. 577-588.

Schmertmann, John H. 1988.
Guidlines for using the CPT, CPTU and Marchetti DMT for
geotechnical design. Volume III - DMT test methods and
data reduction.