

Intern rapport nr. 2195

**Praktisk utførelse av
trykksondering
med poretrykksmåling**

CPTU

Februar 2001

Vegteknisk avdeling

Intern rapport nr. 2195

Praktisk utførelse av trykksondering med poretrykksmåling CPTU

Sammendrag

Denne rapporten skal gi en generell innføring i praktisk utførelse av CPT-sondering med de to utstyrspakkene som Statens vegvesen benytter i dag levert av ENVI og Geotech.

Det er gitt en kort orientering om oppbygning av utstyret, funksjon og anvendelsesområde samt kvalitets klasser for utførelsen av CPT-sonderingene. En nevner også friksjonsreducerende tiltak ved sondering i friksjonsmasser.

Rapporten er ment å gi veiledning i CPT-sonderingene slik at vi skal få til en lik feltmessig utførelse av disse.

Det er tatt med en del enkle metoder for å teste at utstyret fungerer før bruk.

Metting av porøse filtre er gjennomgått og forskjellige måter å mette spaltefiltre er beskrevet.

Slitasjeskader på deler av utstyret, som skal føre til kassering av utstyrsdeler, er tatt med.

Emneord: *Grunnundersøkelser (CPT-sonderinger)*

Kontor: *Geoteknisk*
Saksbehandler: *Willy Holm*
Dato: *Februar 2001*

/ RDA

Innhold

1. INNLEDNING	2
2. MÅLE PRINSIPP	2
3. NØYAKTIGHETSKLASSER FOR CPT-UTSTYR OG UTFØRELSE	4
4. BRUKSOMRÅDER:	4
5. CPT-UTSTYR I STATENS VEGVESEN	5
6. NØDVENDIG UTSTYR I FELTEN	7
7. RENSING OG METTING AV SPISSER MED SPALTEFILTER	9
8. KLARGJØRING AV PORØSE FILTRE	12
9. TEMPERATUR UTJEVNING OG NOEN ANDRE FAKTORER SOM GIR NULLPUNKTSAVVIK	13
10. PENETRASJONSHASTIGHETEN	15
11. FRIKSJONSREDUSERENDE TILTAK	15
12. SELVE CPT-SONDERINGEN	17
13. PORETRYKKSUTJEVNING	19
14. CPT-SONDERING MED GEOTECHS UTSTYR	21
15. OVERFØRING AV DATA FRA FELT TIL SAKSBEHANDLER	21
16. KONTROLL AV UTSTYRET	22
17. PROTOKOLLFØRSEL	24

1. Innledning

Trykksondering kan inndeles i to hovedtyper:

- 1) Trykksondering (CPT, **C**one **P**enetration **T**est)
- 2) Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU, **C**one **P**enetration **T**est **U** (poretrykk))

Det første CPT utstyr var i bruk i Nederland i begynnelsen av 1930 årene.

Utstyret kunne måle spissmotstand og sidefriksjon ved hjelp av mekanisk registrering under penetrasjon. Utstyret var bare egnet for bruk i sand og grusmasser.

Etter at poretrykksmåling under penetrasjon ble mulig på slutten av 1970 årene ble utstyret også anvendbart til tolkning av lagdeling i finkornige masser som silt og leire.

Utviklingen av kabelfrie løsninger for overføring av registreringene midt på 1980 tallet førte til at utstyret også ble langt enklere å bruke i felten.

Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling (tidligere Veglaboratoriet) i Oslo gikk til innkjøp av CPT i 1981 og kabelfritt CPT utstyr i 1988 etter en låneperiode fra høsten 1987.

I Statens vegvesen er det nå tatt i bruk CPT utstyr fra 2 ulike leverandører: Envi og Geotech.

Fylkene Finnmark, Møre og Romsdal og Hordaland har anskaffet Geotech utstyr, som har akustisk overføring av registreringene under penetrasjonen.

Nordland, Troms og Buskerud fylker samt Vegteknisk avdeling har utstyr fra Envi. Med dette utstyret lagres registreringene i sonden under penetrasjonen og overføres til Geoprinteren etter at sonderingen er avsluttet og sonden er trukket opp. CPTU målinger blir trolig tatt mer og mer i bruk ved grunnundersøkelser i Statens vegvesen. Rapporten er ment å gi veiledning for å få til en mer lik feltmessig utførelse av disse sonderinger.

2. Måle prinsipp

CPT sonderingen utføres ved at en sylindrisk sonde med elektronisk registrering presses ned i jorda med konstant hastighet 20 mm/sek (1,2 m/min).

Sonden har tverrsnittsareal på 1000 mm² og en konisk spiss med spissvinkel 60°. Under penetrasjonen registreres spissmotstanden mot spissen, overflatefriksjonen mot en sylindrisk friksjonshylse med lengde 133,7 mm og overflate areal på 15000 mm². Med samtidig poretrykksmåling måles endring i vesketrykket under penetrasjonen gjennom et filter, som vanligvis er plassert mellom den koniske spissen og friksjonshylsa. Sondering med poretrykksmåling betegnes med "CPTU". Se Figur nr. 2.1.

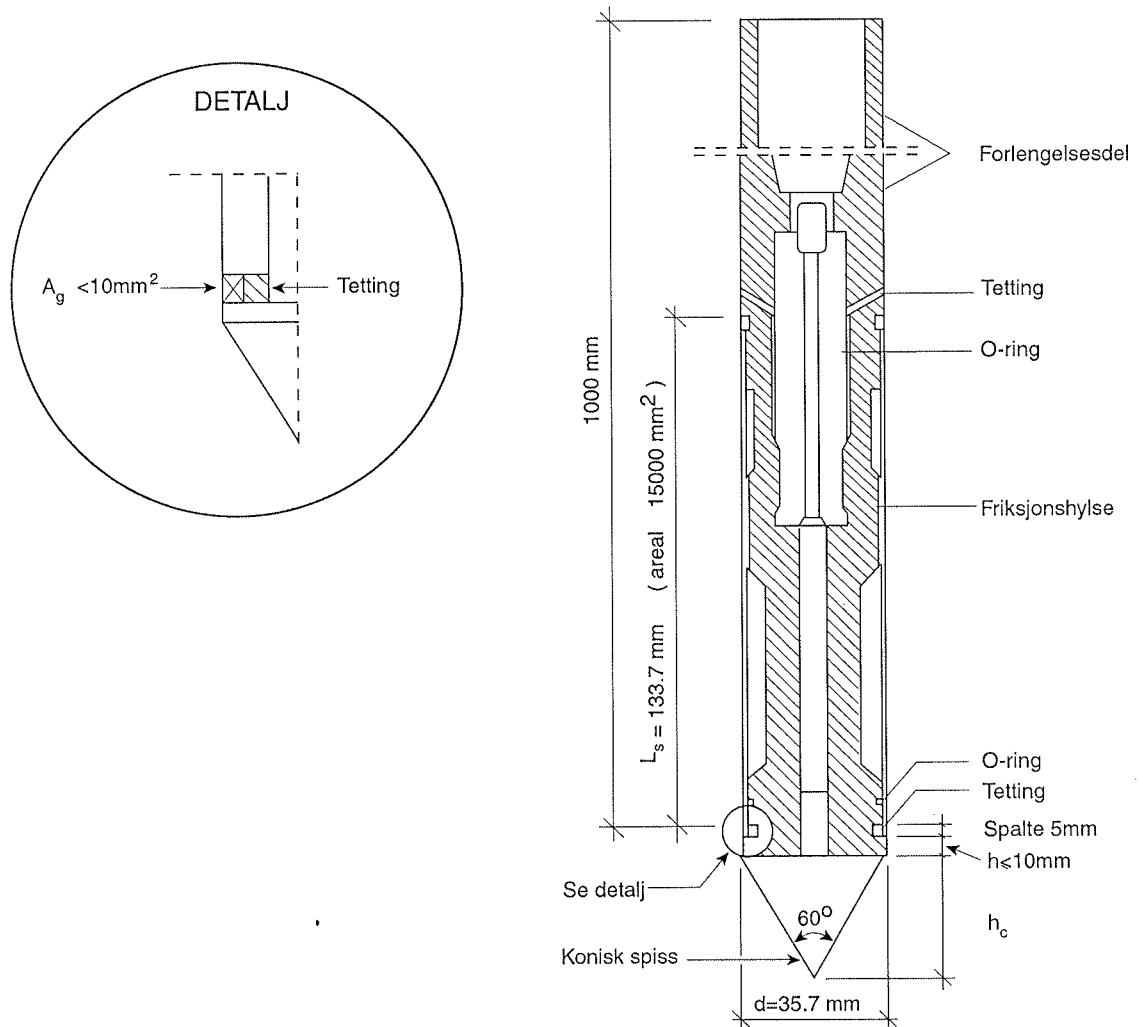


Fig. 2.1. Snitt gjennom en vanlig trykksonde [(Norsk Geoteknisk Forening melding nr. 5.) (NGF melding nr. 5.)]

Hovedhensikt med en CPT sondering er å få et best mulig bilde over lagdelinger og variasjoner i jordas egenskaper i dybden.

Ved å gjøre opphold (stans) i nedpressingen kan utjevningforløpet av poretrykket studeres med hensyn til jordlagenes dreneringsegenskaper.

I permeable jordlag der utjevningen skjer raskt kan eksisterende poretrykk bestemmes i de forskjellige lag med en gang.

Tross mange muligheter, kan det likevel være på sin plass å minne om at en CPT sondering tross alt er en sondering og verdiene bør vektlegges deretter.

3. Nøyaktighetsklasser for CPT-utstyr og utførelse

NGF melding nr 5. Klassene er: Lav - middels - høy.
SGF rapport 1293: Jevnført med Sverige: Klass 1 - Klass 2 - Klass 3.

For de enkelte klassene kreves en viss målenøyaktighet gitt i % av sondens maksimale kapasitet. Det er også krevd at kalibreringusikkerhet skal være mindre enn 0,5 % av kapasiteten. Disse krav gjelder for målinger av spissmotstand - poretrykk og friksjon.

I vår hverdag i Statens vegvesen benyttes det i dag bare sonder med kapasitet henholdsvis 5 og 10 tonn i spissmotstand. I tillegg finnes det også sonder med kapasitet 1 tonn.

Gjentatte kalibreringer viser at begge holder seg godt innenfor de krav som gjelder for utførelse av høyverdig CPTU-sondering.

Til høyverdige sonderinger skal sonden være nykalibrert.

Ved utførelsen av en høyverdig CPTU-sondering er det spesielt metningsmediet og mellomfyllvesken som det bør settes fokus på. Etter K. Elmgrens, ENVI's egne forsøk anbefaler han Gelatin metning av spisser med spaltefilter og kokt vann som mellomfyllveske, til (Klass 3) høyverdige sonderinger. Se bilag 1.

Kravet til penetrasjonshastigheten i NGF veiledning nr. 5 er satt til 20 mm/sek \pm 0,5 mm/sek eller 120 cm \pm 3,0 cm pr. min. Geotech setter penetrasjonen til 1,8 - 2,2 mm/sek. eller 108 - 132 cm pr./min. Begge disse kravene er unødig romslige ved penetrasjon i vanlig sand og leirmasser. Våre rigger klarer fint å holde avviket mindre enn 2 cm pr. 120 cm sondering. Dette må vi tilstrebe spesielt når høyverdige CPTU sonderinger skal utføres.

Der en får nesten stopp, hastighetsvariasjoner o.l. under penetrasjonsforløpet kan ikke målingene defineres som høyverdige CPTU sonderinger.

4. Bruksområder:

CPTU sonderinger kan utføres i leir - silt - sand og i løslagrede grusmasser. Sonderinger med poretrykkmåling gjør det mulig å finne tynne lag av finkornige masser, som leire og silt i andre materialavsetninger. Også kornvariasjon i leire og siltmasser kan ofte tolkes ut av CPT sonderingene.

CPTU sonderinger er derfor den beste insitu metode en i dag har for å bestemme lagdeling og lagringsegenskaper for jordmaterialer.

Det er også utviklet et utall av beregningsmodeller og programmer for bruk til å utlede jordartenes mekaniske egenskaper ut fra CPTU målinger. Det er derfor meget viktig at

arbeidet i felten med CPTU målingene utføres mest mulig likt fra måling til måling og fra prosjekt til prosjekt.

Statens vegvesens håndbok "015 Feltundersøkelser" gir innføring og retningslinjer for CPT sonderinger i Kap. 15.2.

Norsk Geoteknisk Forening har gitt ut melding nr. 5 "Veiledning for utførelse av trykksondering i 1982. Denne er senere revidert i 1994, og gir en god innføring i krav og regler som gjelder for CPT-sonderingene samt div. regnemodeller for parameterbestemmelser.

SGF rapport 1:93 "rekommenderad standard for" CPT-sondering" gir også god innføring innen samme felt.

Det er utgitt flere bøker om emnet. For spesielt interesserte anbefales boken om Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice av T. Lunne, P.K. Robertson and J.J. M. Powell.

5. CPT-utstyr i Statens vegvesen

Vi har to typer CPT utstyr i bruk i Statens vegvesen i dag. Begge er svenskproduserte og begge har kabelfrie løsninger for overføring av registrerte måledata.

Geotech utstyr levert av Geotech/Geosafe bruker porøse filtre. Utstyret har spisser med åpne brønner og brønner med sammensintrede kuler.

Utstyret har akustisk kontinuerlig overføring av data gjennom borstengene til en mikrofon på toppen av stengene. Sonderingsdata overføres til Geologg og PC.

Mikrofonenheten må bygges om dersom spyling skal kunne benyttes som friksjonsreducerende tiltak. Utstyret måler spissmotstand, poretrykk og friksjon under penetrasjonen. Nyere utstyr måler også hellingsvinkelen på sonden. Leverandøren har en type spaltefilter under utprøving. Vann- og frostveske og oljer av forskjellige typer kan benyttes som metningsvesker.



Figur 5.1 Foto av Geotech utstyret

Batteriene er eneste begrensning i operasjonstid.

Memocone utstyret leveres av Envi/Geonor. Figur nr. 5.2 viser foto av ENVI utstyret. Utstyret leveres med det patenterte spaltefilteret. En kan velge forskjellige metningsmasser som f.eks. flere typer fett og Gelatin. Som mellomfyll kan benyttes vann - frostveske og div oljer. På memoconen kan også porøse filtre anvendes. Sonden lagrer måledata under sonderingen og dataene overføres til geoprinter etter opptrekk.

Borddata kan overføres til diskett og PC. Utstyret er meget robust og tåler store påkjenninger under penetrasjonen.

Nye sonder etter 1999 har en operasjonstid på 7 - 8 timer med nye batterier.

Spyling kan benyttes som friksjonsreducerende tiltak uten noen form for ombygging, dersom rørene gir gjennomstrømning.

Figur nr 11.1 på side 16 viser plassering av rømmer og sprøytehull.



Figur 5.2. Foto av Envis utstyr.

6. Nødvendig utstyr i felten

En ser det som en klar fordel å benytte tunge rigger til trykksonderinger, fordi en har nok dødvekt og stabilitet under sonderingen. Lettere rigger kan også benyttes dersom en klarer å etablere nødvendig fast forankring.

Memoconen MK I var klargjort for rørforlengelse med dreietrykkstenger. Dvs med skjøtetapp påmontert. MK II har ikke denne løsningen. Type forlengelse fra batterirøret må bestilles når sonden bestilles. Foruten overgang til dreietrykkstenger (36 mm) kan overgang til ytterrør for 54 mm prøvetaker (36 mm) kan også være aktuelt, eller overgang til Geostenger (44 mm). Sistnevnte stenger vil gi betydelig større overflatefriksjon og fordrer større dødvekt og krefter til sonderinger. Disse stengene er stivere, kraftigere og rettere i sammenføyningene og gir derfor en rettere borstreng. Bruk av geostenger har så langt fungert utmerket under CPT-sonderinger i leir- og sandmasser. Dessuten er de alltid med på riggen og kan benyttes til å tilføre friksjonsreducerende vesker under sonderingen uten annet ekstra utstyr enn en hullkrans rundt overgangen.

Rigger levert av Geonor har Geoprinter 60 som dataregistreringsenhet. For CPT sonderinger med MKI gjelder program nr. 15 -16 og 18.

Program nr. 15 gjelder for klargjøringen og selve sonderingen.

Program nr. 16 gjelder for overføring av CPT data fra sonden til Geoprinter med maks kraftskala 50 kN.

Program nr. 05-10 og 20 Gjelder når annen kraftskala ønskes.

Program nr. 18 benyttes når poretrykksutjevningssdata overføres fra sonden til Geoprinteren.

For CPT sonderinger med MK II gjelder program nr. 70 - 75 og 79 Relax B.

Program nr. 70 gjelder for klargjøring og selve sonderingen.

Program nr. 75 gjelder for overføring av måledata fra sonden til Geoprinteren i maks skala.

Program nr. 79 gjelder for overføring poretrykksutjevningssdata fra sonden til Geoprinter.

Program nr. 05 - 10 og 20 er til for å endre kraftskala fra CPT sonderingen.

Det er ønskelig at alle Geoprintere av typen 60 i etaten får installert programmene 15 - 16 - 18 og 70 - 75 - 79 for CPT-sonderinger, samt programmene 05 - 10 og 20 for endring av kraftskala.

I brukerinstruksen "Allmän beskrivning for Geoprinter 60" er det også tatt med beskrivelse av CPT-sondering med kabel. Dette kommer neppe til noen større anvendelse hos oss, så vi kan se bort fra disse programmene.

Med disse programmene inninstallert ville en sjekklister for feltutstyret bestå av memoconen med tilhørende spisser og batterier, kommunikasjonskabel fra Geoprinter til sonde samt en ca. 20 l vannkanne være hele feltutstyret.

CPT-sonderinger utført med memocone og Geotech rigg medfører at Geoprinter med kabel for strømforsyning av printeren, samt dybdegiver må være med på sjekklisten.

Trykksondering med Geotechs sonde starter med klargjøring av sonden som beskrevet i bilag nr. 2. Deretter monteres mikrofonen til borhodet og geologen slås på.

Slå på programmet CPT og mat inn kalibreringskoder og borhullsposisjoner.

Hold deretter sondens øvre ende mot mikrofonen. Unngå å holde grep om sonden nedenfor øvre del av friksjonshylse. Friksjonshylsa og delen nedenfor skal være synlig og ubelastet under kalibreringsavlesningene.

På geologen fremkommer rutene for kraftskala og poretrykkskurvene samt ruten for friksjonskurven.

Hodet på rutene inneholder nå alle kalibreringsdata. Sonden settes nå ned i det forborede sonderingshullet, gjerne med et eller flere rør påskrudd sonden. Mikrofonen senkes ned på toppen av stanga slik at kontakt opprettes. En lar sonden stå i ro 5 - 10 min for temperaturutjevning før sonderingen startes opp. Sonderingen igangsettes ved å trykke E på geologen.

En kan stoppe sonderingen og utføre poretrykksutjevning i ønskede nivåer under sonderingen ved å taste F1 på tastaturet. Da kommer det opp en ny rute på skjermen der tid og trykk vises så lenge en ønsker å utføre poretrykksutjevningen. Testen avsluttes ved å trykke F1 en gang til og da går programmet direkte i pause. Videre sondering igangsettes ved å taste E. Filen blir lagret som egen fil med samme nr. som CPT filen, men med DPT til slutt i filnummeret.

Etter at sonderingen er utført til ønsket nivå trekkes sonden opp og nullavlesning utføres ved å holde sonden mot mikrofonen samtidig med at borhodet kjøres ubelastet ned ca. 0,5 m. På denne måten registreres givernes ubelastede verdier på den siste del av sonderingskurven.

7. Rensing og metting av spisser med spaltefilter

Etter hver sondering skal CPT-spissene renses omhyggelig. Spisser som har vært mettet med fett må blåses ren med trykkluft og renses videre med fettløsende midler. Selv om spissene var rensset med trykkluft, whitespirit og igjen trykkluft har det alltid kommet slam av spissene ved koking.

Den beste metning av spaltefiltrene oppnås når CPTU-spissene kokes inn med en gelatinoppløsning etter rengjøring. Når gelatin er benyttet som metningsmedium er også rengjøringen enkel. Spissene spyles under rennende varmt vann etter at spaltefilteret er tatt av og spyltes på samme måte.

Eventuelle fastklebede partikler på hullveggene fjernes ved å føre en fyrstikk gjennom hullene.

Så legges spisser med filtre påmontert i en kjele og kokes opp. Blir det mye slam i vannet gjentar en prosessen med rent vann. Deretter settes filtrene på spissene samtidig som de to O-ringene ettersees for mulige skader. Den minste sprekkdannelse på de to permanent monterte O-ringene skal medføre utskifting av disse. De ferdig monterte CPTU-spissene legges nå i kjelen og kokes forsiktig opp. Væskemengden over spissene bør være 2 – 3 cm. 6 – 8 plater gelatin pr. liter vann gir vanligvis en passelig stivhet. Om gelatin bløtes opp i kaldt vann før de legges i kjelen med spissen går oppløsningen hurtigere og sammenløping unngås. En kjele med diameter ca. 15 cm, trenger bare 1 l vann til metningen. Under forsiktig koking kan en med en vanlig blyant pumpe vesken i væskekammeret mens spissen holdes under væsknivå. Dette sikrer at gelatinoppløsningen fyller alle kanaler og rom i spissen med en kort koketid (ca. 5 min).

Kjelen settes så til avkjøling først i rom, senere i kjøleskap. Spissen oppbevares i kjelen til de skal brukes. Kjelen med mettede spisser må beskyttes mot varme og kulde i felten. Både varme, kulde og sterke vibrasjoner kan skade en ellers god metning.

Med gelatinmetning forutsetter en at spisser for et dagsbehov (4 – 6 spisser) mettes under en operasjon. Når rensing og metningen av spissene sees under ett er metoden også arbeidsbesparende når alle spissene for en dagsproduksjon er klare til bruk.

Væske til mellomfyll er vanlig rent vann, eller kokt vann når best mulig utførelsesgrad ønskes.

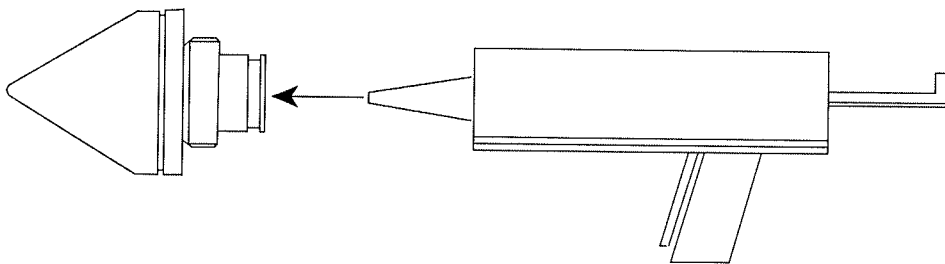
Når vannet helles ned i sondens væskekammer skal alle luftblærer under gjengepartiet plukkes bort før spissen skrues på sonden. Luftboblene evakueres ved å dytte dem med et strå, en tynn pinne eller en fyrstikk. Vær nøye med at O-ringene spesielt de 2 mellom spissen og friksjonshylsen kommer ordentlig på plass fig. 7.3.

Når en kan forvente å penetrere dilatante lag under sonderingen kan spissen mettes med sterkere gelatinoppløsning (stivere gelatin) for å motvirke utsuging av spissen. Gelatinblandingen kan brukes om og om igjen mange ganger dersom spissene renses godt før metningen ved ny koking. En for stiv Gelatinblanding kan gi for dårlig poretrykksrespons i grunne sonderinger og i lagmessig varierende permeabilitet.

Figur nr. 7.1 og 7.2 viser metning med fett og olje eller vann. Det er likevel ingen garanti for at spissens kanaler er luftfri selv om fettet presses ut av poretrykkspalten, som fig nr. 7.2 viser. Om det er slik at en ikke alltid trenger en 100 % mettet spiss for å utføre sonderinger

for å avdekke lagdeling o.l., skal en være klar over at CPT sonderingene kan bli benyttet som grunnlag for å utlede fasthetsparametre o.l. Da er det en betingelse at en har 100 % metning, og derfor må dette tilstrebes for hver eneste måling.

Spaltefilter med fett + olje



Fyll hulrommet i nederdelen på Memoconen med olje og ta bort boblene som dannes

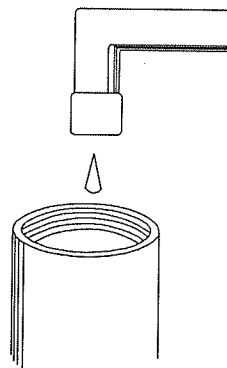


Fig. nr. 7.1

spaltefilter med fett + vann

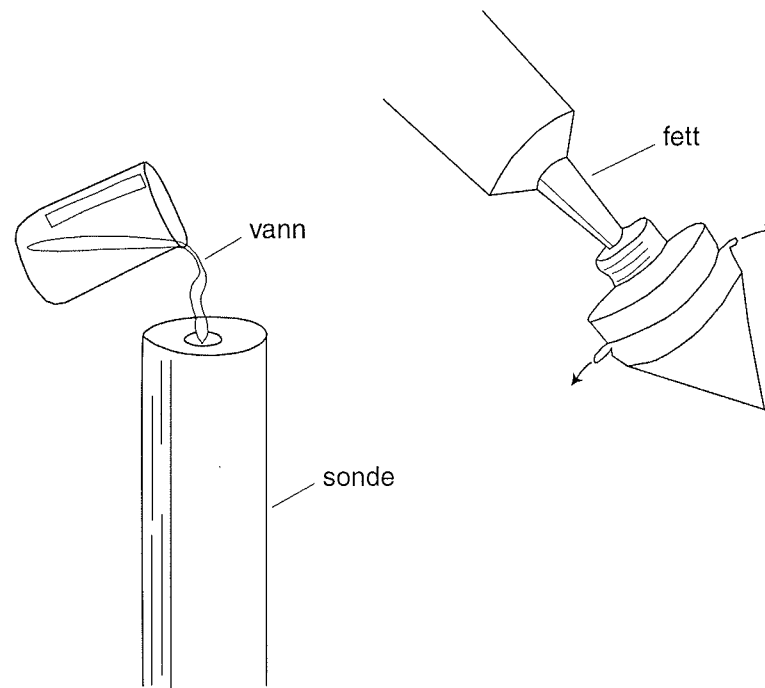


Fig. nr. 7.2

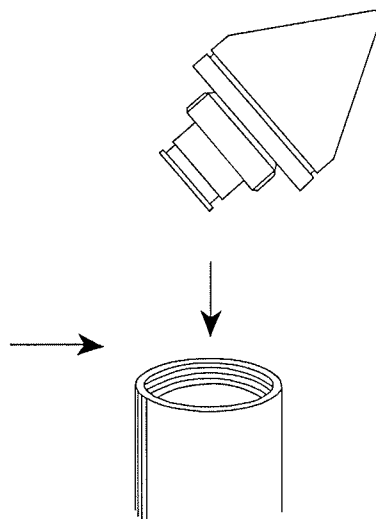


Fig. nr. 7.3 a

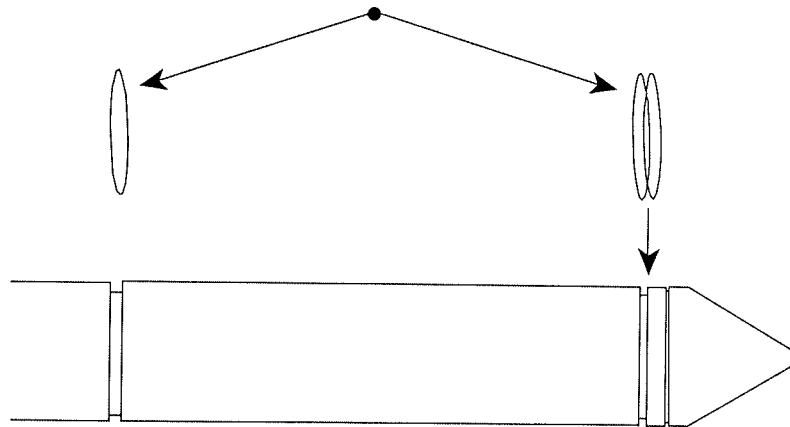
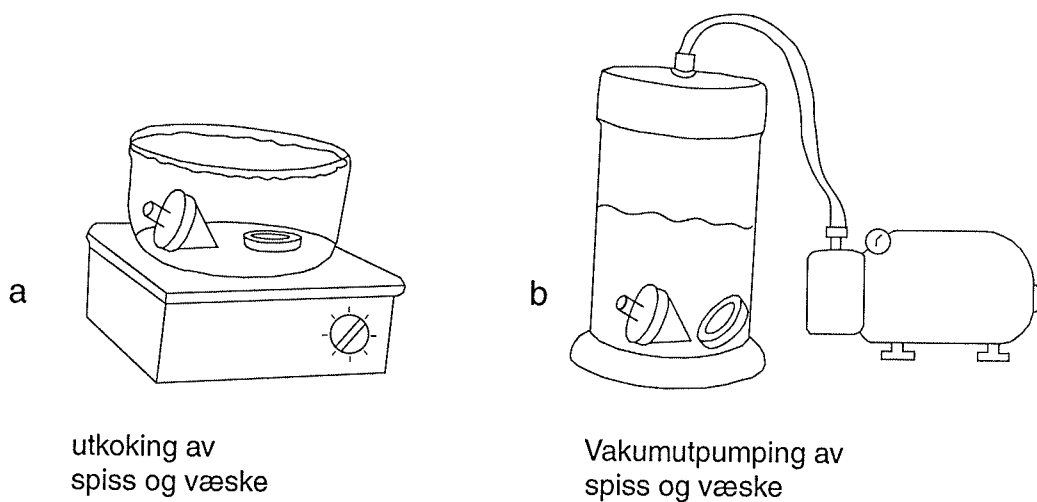


Fig. nr. 7.3 b

8. Klargjøring av porøse filtre

Metning av bronsefiltre og andre porøse filtre er en omstendelig prosess om en skal tilfredsstille CPT sondering av høy klasse. Fig. nr. 8.1 og 8.2 viser fremgangsmåten for metning av porøse filtre.



a

utkoking av
spiss og væske

b

Vakumutpumping av
spiss og væske

Fig. nr. 8.1 a og b

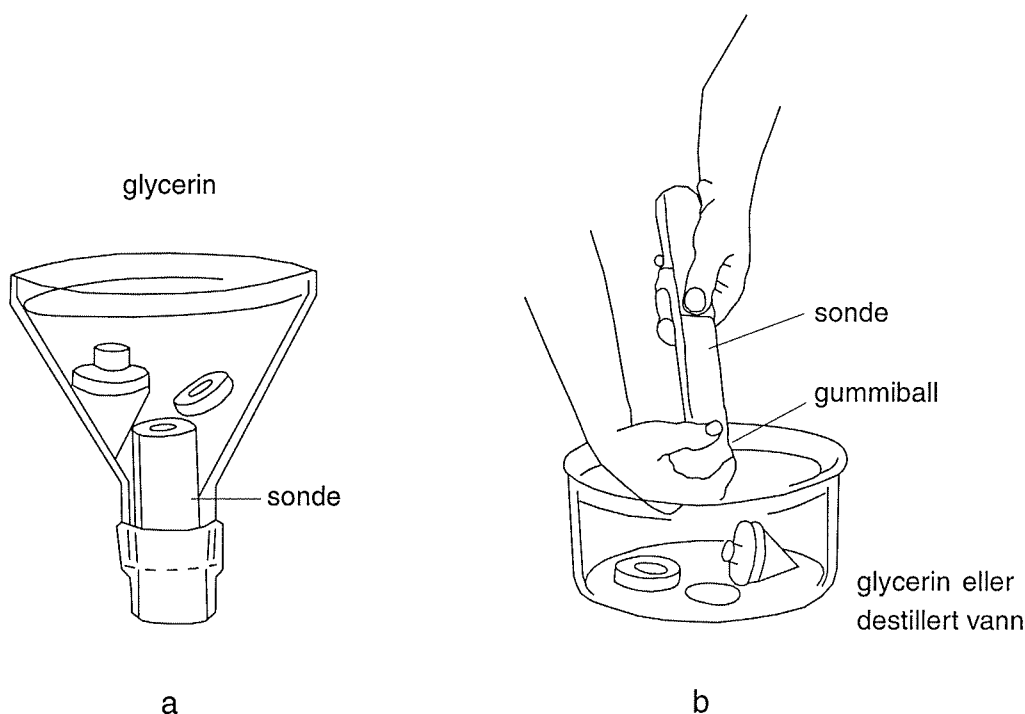


Fig. nr. 8.2 a og b

Rensede spisser med tilbehør og metningsvesken kokes forsiktig, slik at det meste av luften fordrives. Så helles både spisser med tilbehør og veske i en helt tett vakuumbank som er tilkoblet en vakuumpumpe. Utpumpingen under vakuum skal helst pågå i 2 timer, eller mer, avhengig av filtertype. Spissene oppbevares lukket i den luftfrie væsken til bruk. Transport må skje forsiktig slik at luft ikke virvles ned i væsken igjen. Spesialbeholderen på fig. nr. 8.2.a er trolig eneste måte å kunne sikre tilnærmet 100 % metning under montering av spissen til sonden når porøse filtre benyttes.

Fig.nr. b viser en metode der brønnen i sonden fylles med luftfri væske. En gummiball holdes over brønnen mens sonden føres ned i beholderen med spisser. Ballen slippes når brønnen er under væskenivå og spiss med tilbehør skrues på sonden. For begge metodene sikres metningen ved å trekke en kondom over spissen.

Til metningsvæske (mellomfyll) kan benyttes destillert vann, frostvæske eller mer tykflytende væsker som glycerin og flytende silicon. Glycerin anvendes der en forventer å påtreffte lag med dilatante masser.

9. Temperatur utjevning og noen andre faktorer som gir nullpunktsavvik

Når sonden er klargjort og påført mettet spiss, er det en fordel at sonden kan stå i en kanne med nytappet kaldt vann, som normalt har en temperatur $+8^{\circ}$ - 10° og som da er tilnærmet lik kalibreringstemperaturen på $+7^{\circ}$.

Fig. nr. 9 viser sonden satt i en kanne med medbrakt vann for temperaturutjevning.

Da vil en unngå store variasjoner i nullpunktsverdiene før og etter sonderingen, samt spare tid til temperaturutjevning av sonden før sonderingen. Dette vil også sikre at metningen holdes ved like før sonderingen.

Etter at sonden er tatt opp settes den igjen i kannen mens registreringsdata overføres til Geoprinter.

Det er ingen internasjonale krav med hensyn til nullpunktsavvik. Det poengteres bare at nullpunktetene skal måles før- og etter sondering. Det er da opptil opptil saksbehandler hvordan de brukes. Veglaboratoriet i Oslo satte ± 10 som et tallmessig akseptabel verdi for nullpunktsavviket for våre sonderinge med MKI og geoprinter 50 og senere geoprinter 60. Med MKII og Geoprinter 60 er tallverdien på skalaen 20 ganger høyere. Dette skulle innebære at et tallmessig avvik på ± 200 bør ansees som en god måling. Det kan være nyttig å kjenne til noen faktorer som fører til avvik i nullpunktsverdiene.

Etter at nullpunktsverdiene for sonden er overført til geoprinter må en være punktlig ved en eventuell etterstramming av sonden til rørene. Grep med tang om CPT-spissen og rotere borhodet vil endre nullpunktsverdiene betydelig.

Det samme skjer om man tar håndgrep under overkant av friksjonshylse for å utføre samme tilstramming. Husk derfor tangtak og grep øverst på sonden når etterstramming skal utføres. Sondering fra terreng gir nesten alltid nullpunktsavvik, og avvikene øker jo høyere og lavere lufttemperaturen er.

Nullpunktsavvik kan oppstå ved poretrykksutjevning og når det går flere timer før sonderingen avsluttes.

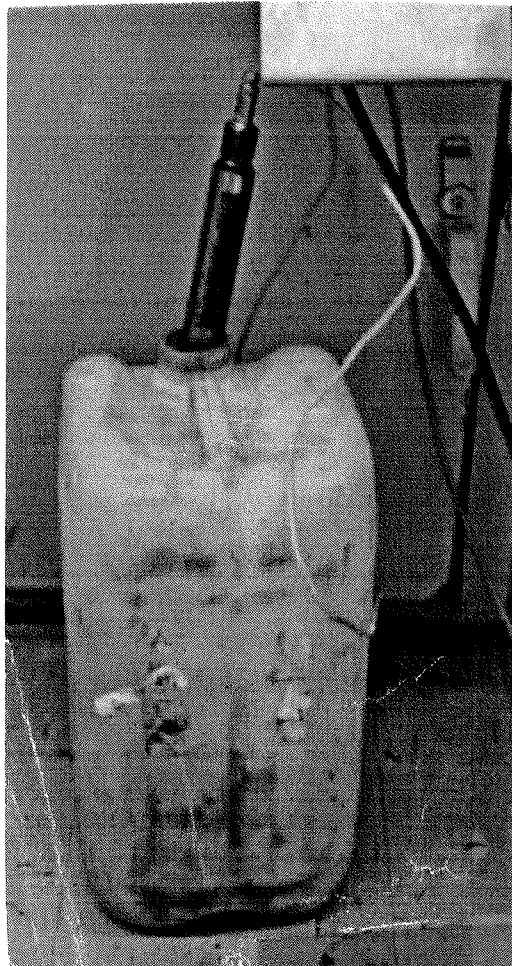
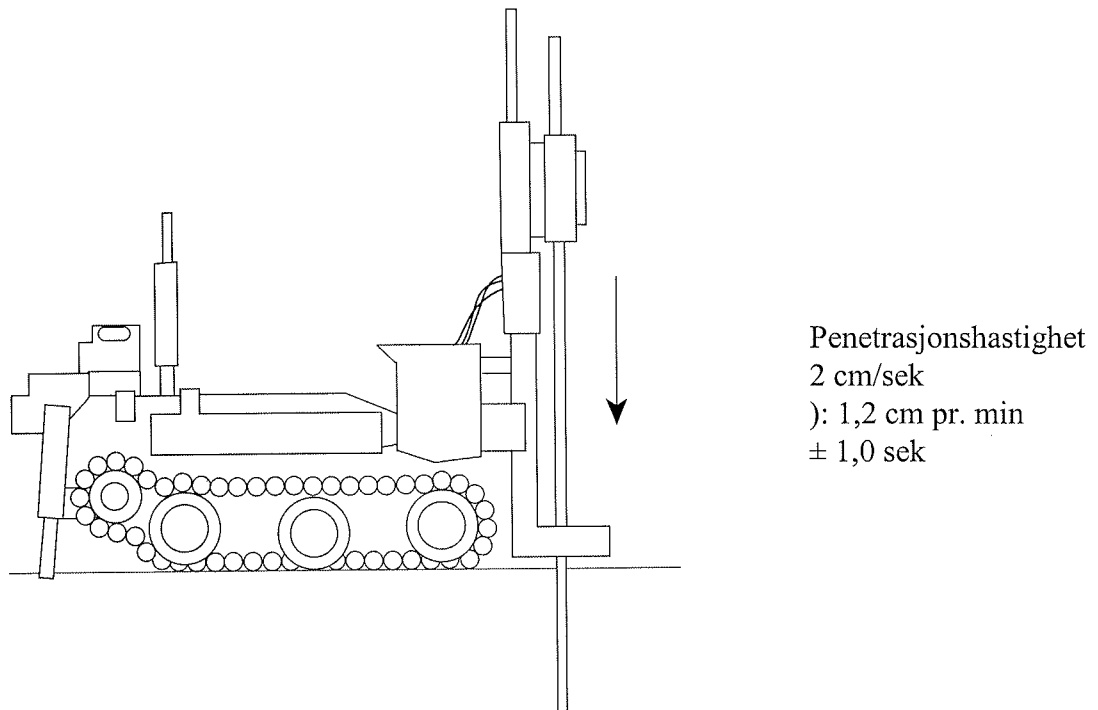


Fig. nr. 9.1

10. Penetrasjonshastigheten

Neddrivingshastigheten (penetrasjonen) stilles inn til 2 cm/sekund eller 1,2 m/min \pm 2 cm/min. På eldre rigger AB2 og Hydroriggen var det mulig å stille inn og å holde hastigheten helt jevn under hele penetrasjonen selv med store forskjeller i lagringsfastheten. Helt jevn penetrasjonshastighet synes ikke å være mulig med de nyere riggene. De må justere hastigheten underveis.



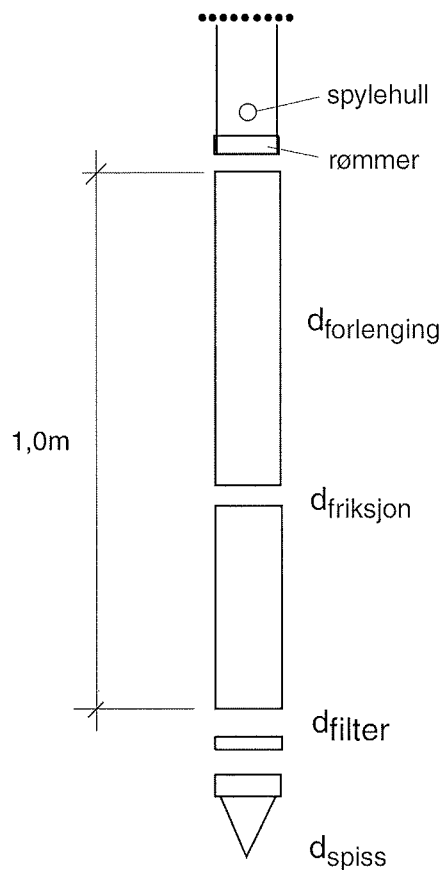
Figur 10.1

Det er viktig at riggene er kjørt varme, før en foretar innstilling av hastighet, spesielt viktig i kaldt vær.

11. Friksjonsreducerende tiltak

I fastlagrede masser spesielt i sand og grus kan det være nyttig å benytte friksjonsreducerende tiltak som rømmer og spyling.

Skissen på fig. nr. 11.1 viser plassering av rømmer og spylehull med minimums avstand fra spissen. Dersom skøtetappene for dreietrykkstengene blir boret opp med et hull på ca 8 mm så kan en med en ekstern høytrykkpumpe pumpe inn væske på toppen av stengene via et tilpasset adapter og slange fra en separat høytrykkpumpe. Det samme kan gjøres ved bruk av prøvetakerør, da med overgang til dreietrykkstapp. Enklest er det likevel med overgang fra sonden til geostenger. Da får en spyling via borhammer og riggens Pumpe.



Memocone med rømmer og spyling, som friksjonsreducerende tiltak

Figur 11.1

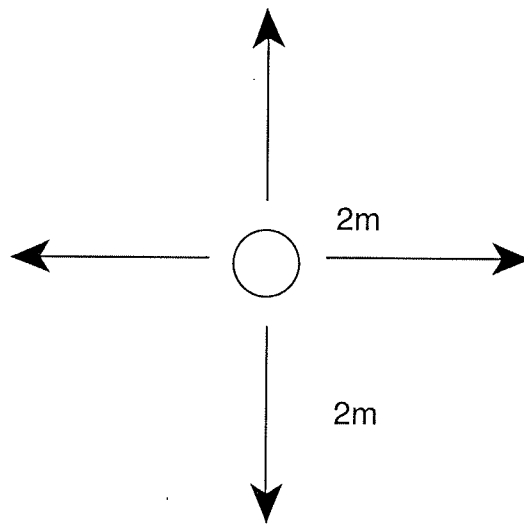
Spylevæske kan være vann eller vann tilsatt såpe som glidemiddel gir betydelig friksjonsreduksjon. Bentonitt utrørt i vann er også godt glidemiddel, men har lett for å danne små klumper som hindrer jevn utstrømning fra spylehullene. Innblanding av kaustisk soda hindrer noe av klumpdannelsen. Bentonittpellets er enklere å løse opp i vann.

“Det må utvises meget stor forsiktighet ved innblanding av kaustisk soda”, på grunn av sprutfaren ved ifylling av kaustisk soda.

12. Selve CPT-sonderingen

Før en CPT-sondering skal det alltid først utføres dreietrykk- eller totalsonderinger ved punktet. Dette for å finne ut om stedet er egnet for CPT og/eller hvilke nivåer som er aktuelle for en slik undersøkelse.

En CPT-sondering skal ikke utføres nærmere enn 2 m fra dreietrykks- eller totalsonderingspunkt slik fig. 12.1 viser. Er det benyttet spyling under totalsonderingen igjennom faste lag bør CPT-sonderingen utsettes noe i tid, gjerne til neste dag.

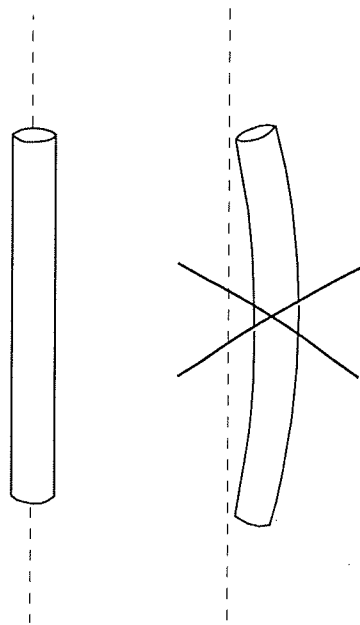


Minste avstand mellom borpunkt

Figur 12.1.

Til CPT-sonderingen er det satt krav til retthet på stengene. De 5 nederste meterne skal maksimalt ha en pilhøyde på 1 mm pr.m. De øvrige stenger skal ha en pilhøyde på 2 mm pr/m. To sammenskrudde skal ha henholdsvis 4- og 8 mm for de nevnte nivåer. Stengenes retthet kan kontrolleres ved å sette stanga vertikalt og la den rotere.

stangkontroll

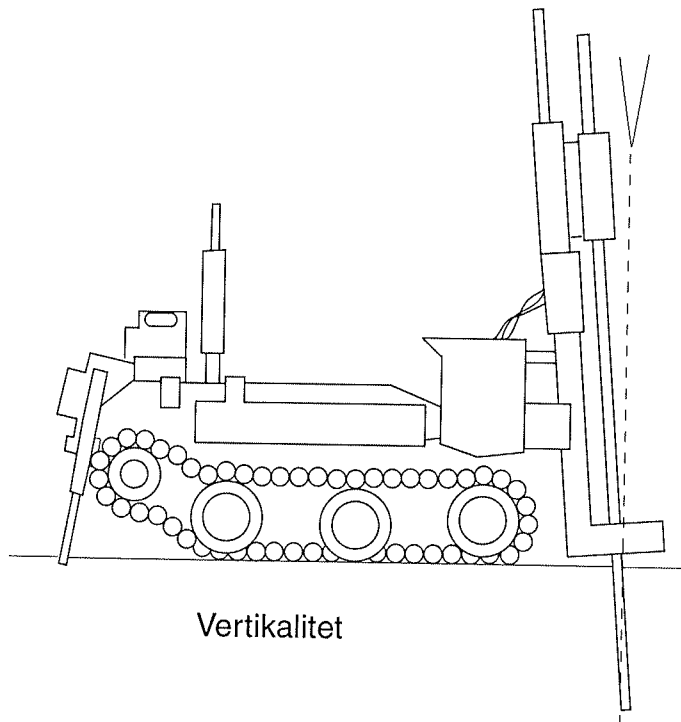


Figur 12.2.

En har så langt ikke klart å oppfylle kravet for de første 5 meterne med dreietrykksstenger og prøvetakerrør. Hver enkelt stang kan være rett, men sammenskrudde stenger viser avvik. Med dilatometer-rør og fjellborstenger (geostenger) er retthetskravet ikke noe problem. Stenger med antydning til krumning benyttes ikke, jevnført med fig. nr. 12.2.

Tårnet på riggen stilles vertikalt før sondering. Rettstillingen kontrolleres på to sider. Vertikaliteten gjelder også for forboringer, og kontrolleres etter en eventuell forankring er etablert. Fig. nr. 12.3 skal minne om dette forholdet.

Dersom saksbehandler ønsker CPT-målinger gjennom tørrskorpelaget bør det utføres med en separat sondering.



Figur 12.3

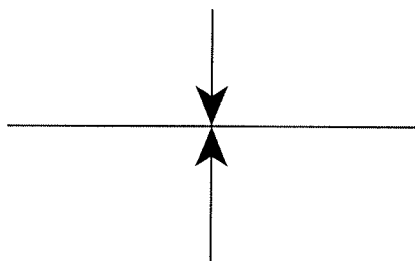
13. Poretrykksutjevning

Poretrykkutjevning med Memocone MK I og MK II utføres ganske enkelt ved at en stopper sonderingen i ønsket antall minutter. 5 min. stans regnes som minimum og kan være nok i grove- permeable masser.

Ingen vet i utgangspunktet hvor lang stans en må ha for å oppnå minst 50 % poretrykksutjevning. Tiden for 50 % poretrykkutjevning er den som vanligvis benyttes i tolkningsmetodene. I finkornige masser prøver en seg vanligvis med 15 - 20 min. stanstid ved poretrykksutjevninger, men en har ved noen forsøk ikke oppnådd 50 % poretrykksutjevning etter en times stans . Etter 1999 har MK I ca. 7 timers operasjonstid fra tilkobling til Geoprinter framtil avsluttet dataoverføring fra memoconen til Geoprinter, da med nye batterier. Med program 18 RELAX overføres poretrykkutjevningene fra sonden til Geoprinter når MK I benyttes.

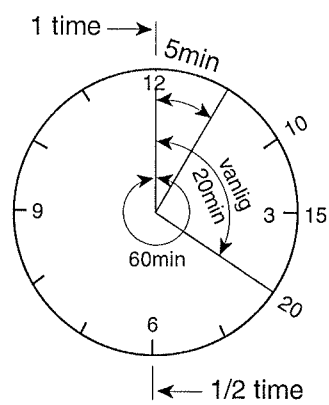
MK II har ca. 8 timers operasjonstid og poretrykksutjevningen overføres fra sonden til Geoprinter med program 79 RELAX B. En bør unngå å tøye operasjonstid helt opp mot maksimum, når en ikke kan teste batteriene før under sonderingen.

Skisse fig. 13.1 b viser variasjoner i tid for stans i sonderingen og en utjevningsskurve for poretrykket.



Nivå for poretrykksutjevning

Fig. nr. 13.1 a



Tid for poretrykksutjevning

Fig. nr. 13.1 b

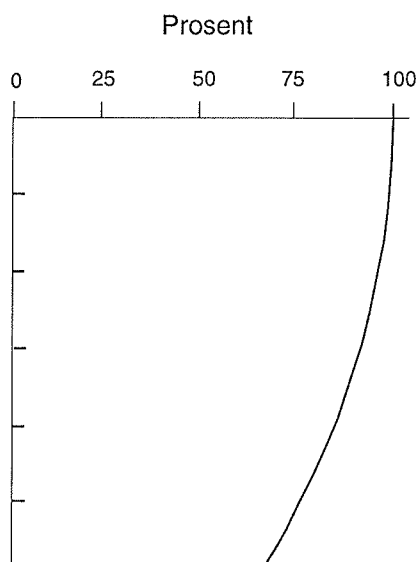


Fig. nr. 13.1 c

For å registrere en måling for poretrykksutjevning må sonden presses ca. 3 - 5 cm videre forbi stoppnivået. Etter avsluttet utjevning kan en sonde videre eller avslutte sondering ved å slå av programmet og trekke opp sonden. Ved måling ned på fjell og faste lag fikseres nødvendig penetrasjon (ca. 3 - 5 cm) med dybdegiver.

Det kan utføres flere poretrykksutjevninger under samme sondering. En må bare se til at operasjonstiden ikke blir overskredet før alle måledata er overført fra sonden til Geoprinteren.

14. CPT-sondering med Geotechs utstyr

Geotech' CPT-utstyr benytter porøse filtre. Metning av disse filtrene for høyverdig CPT-sondering er beskrevet under punkt 8. Geotech' prosedyre for metning og sondering er lagt ved i sin helhet som bilag nr. 2. Denne prosedyre for metningen holder til lav - middels nøyaktighetsklasse etter NGF's melding nr. 5 eller klass 1 og klass 2 etter svensk standard for CPT-sonderinger. Skal en utføre sondering i klass 3 eller høy verdig sondering etter norske krav må metning utføres som beskrevet under avsnitt 8. Ellers skal CPT-sonderingene utføres etter instruksjon før CPT-sondering i bilag 2 side 1 og 2.

15. Overføring av data fra felt til saksbehandler

I dag får saksbehandler måledata fra CPT-sonderingene som regel på diskett.

I fremtiden når vi blir større regioner og lengre avstand mellom feltmannskap og saksbehandler, vil bruk av bærbar datamaskin i felten tvinge seg frem.

Dette vil kvalitetssikre utførelsen og spare tid når registreringene overføres til saksbehandler ved hjelp av bærbar PC og mobiltelefon. Saksbehandler kan da vurdere registreringene ved hjelp av opptegningsprogrammet Plot 60 eller tilsvarende.

16. Kontroll av utstyret

Når en starter opp måleprogrammene for CPT målinger er det en fordel å se til at den røde lampen på Geoprinteren er tent. Dette gjøres for å unngå dybdeimpulser om en kommer bort i dybdegiver eller har lekkasje sig på borhodet. (Trykk ÷ for å tenne lampen.) Når batterihylster skrues på sonden, så stopper en før den er fullt påskrudd. Den ene lampen skal vise blinkende grønt om memoconen MKII har begynt å mate inn sitt måleprogram. Dersom den andre lampen blinker eller lyser rødt, betyr det at batteriene er for dårlige og må skiftes ut. Fig. nr. 16.1 viser plasseringen av kontroll-lampene.

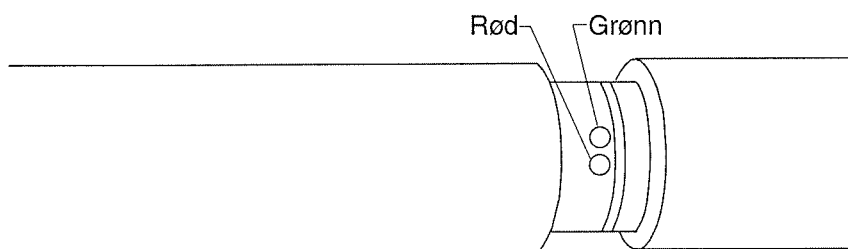


Fig. nr. 16.1

Etter en tøff sondering i grove, hardlagrede masser er det viktig å etterse spiss – filter – friksjonshylsene samt O-ringer (pakninger).

Skader på spiss – filter og friksjonshylsa som vist på figuren 14.2 bør føre til at slike komponenter kasseres.

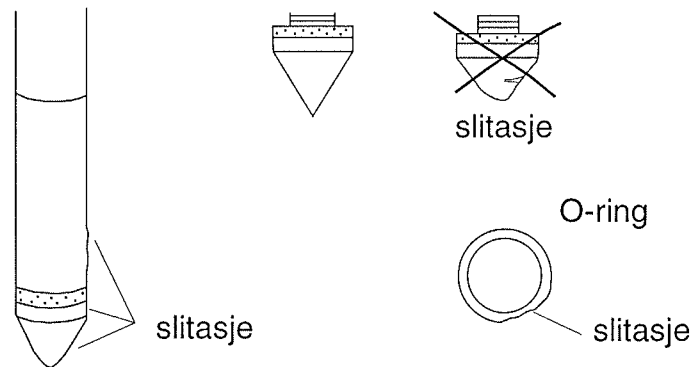


Fig. nr. 16.2

Figur nr 16.3 viser toleransekravene for CPT-spisser når det gjelder lav og høy nøyaktighet samt med og uten poretrykksmåling.

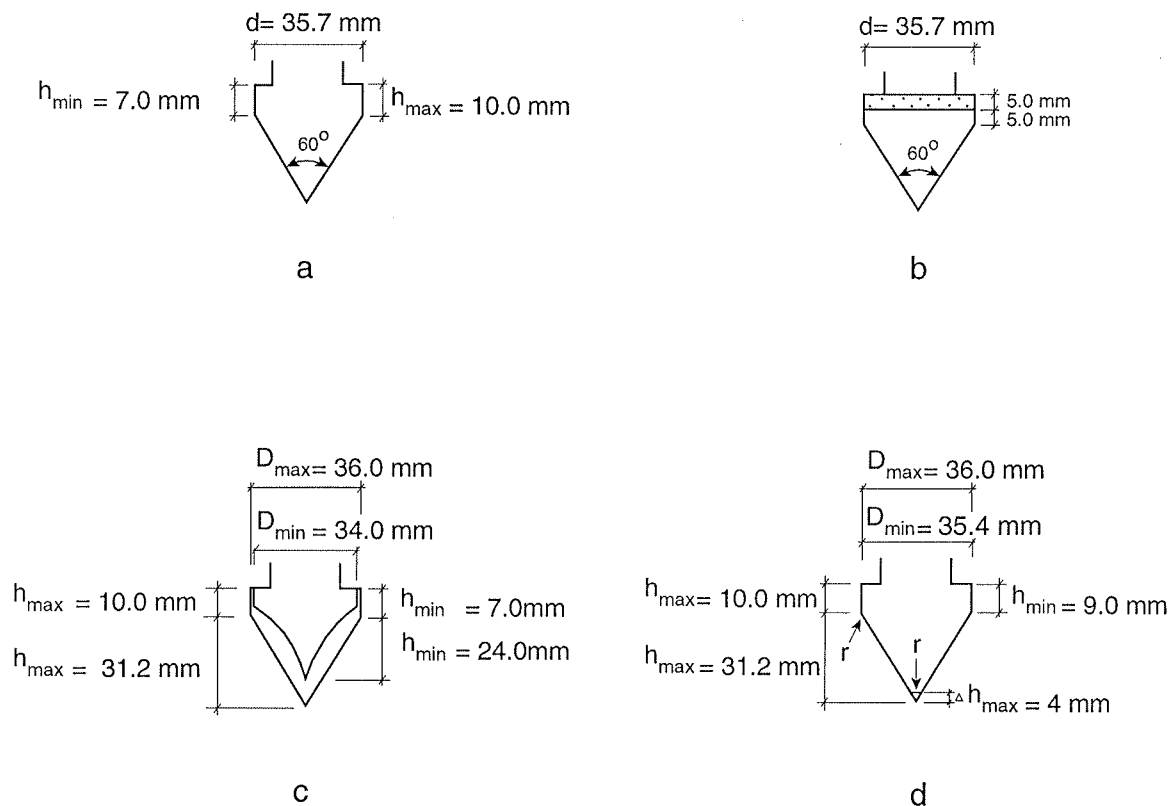


Fig. nr. 16.3

Når memoconen har stått ubrukt 2 – 3 mnd. eller mer, tester vi den før vi tar den ut i felten. Test kan også være nødvendig etter en tøff sondering og etter en sondering der en har store forskjeller mellom O-punktverdiene før og etter sondering.

En test av spissstrykk kan utføres etter følgende prosedyre:

Setter spiss på sonde, kobler på Geoprinter m/strøm og klargjør for måling. Trykker sonden mot bakken (2-3 ganger er nok) med varierende kraft mens dybdehjulet dreies. Resultatet spilles av Geoprinteren. Badevekt kan brukes for å få "eksakt" kontrollerbar måling.

Test av poretrykksgiver kan utføres etter følgende prosedyre:

Setter spis på sonde, kobler på Geoprinter og klargjør for måling. Sondene senkes i PVC rør med overløpshull eksakt 1 m over rørbunn. Dybdehjulet dreies mens sonden løftes ½ m og senkes ned igjen. Resultatet spilles av Geoprinteren.

Ved testing under flåtejobber kan andre målte vanddyb anvendes under testing av poretrykksgiver.

17. Protokollføring

Strimmel med utskrift av sonderingene fra Geoprinter og/eller Geologg skal følge protokollen og disketten til saksbehandler. Rubrikkene i protokollen fylles ut så langt som mulig.

Her anmerker en spesielle iakttagelser før under og etter sonderingene. Usikkert grunnvannspeil og lignende er ting som føres inn her. Skader og uregelmessigheter med utstyret er meget viktig å få med i protokollen.

Dette skal være med på å klassifisere sonderingen.

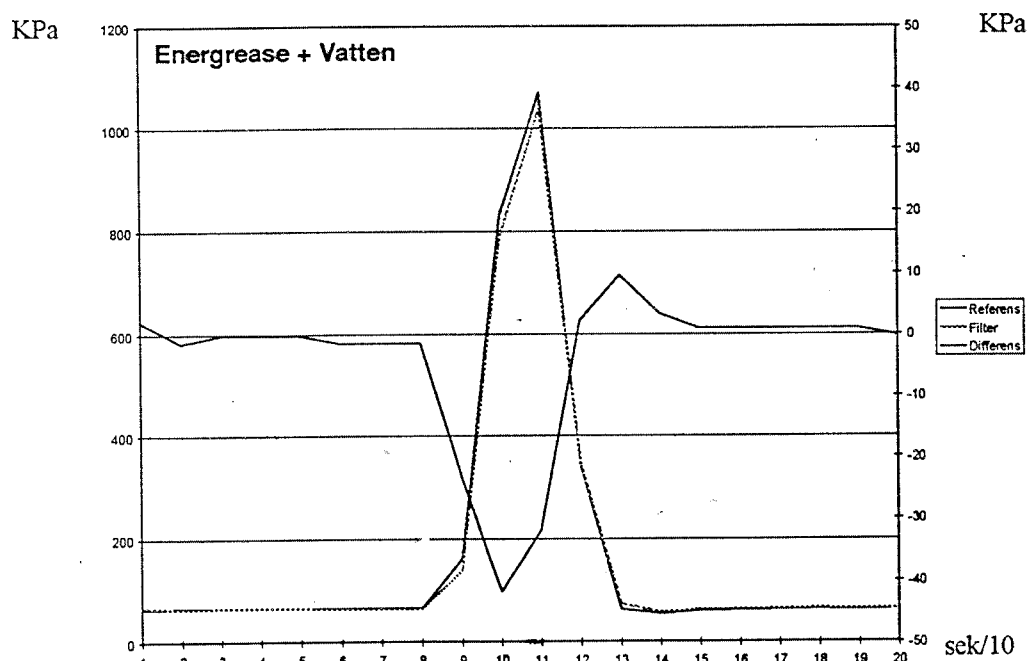
Bilag nr. 3 viser protokollarket som vi benytter.

Utdrag av Kjell Elmgrens, ENVI's publikasjon:
Slot-type pore pressure CPT-4 filters. Behavior of different filling media.

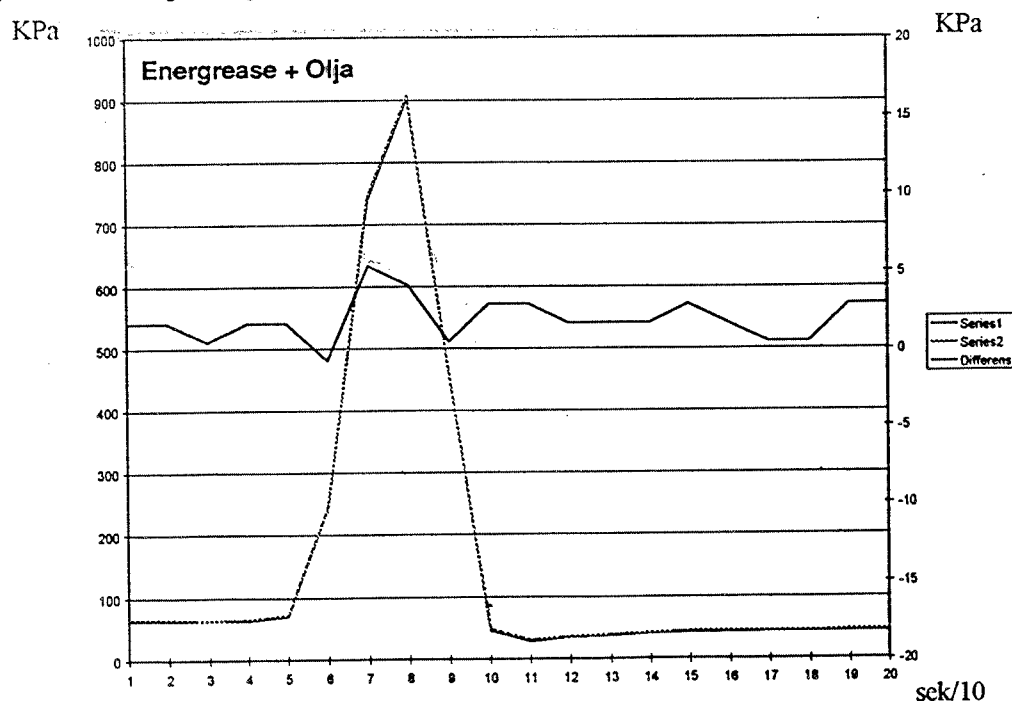
IV DYNAMISK MÄTNING

Vid snabb ändring av trycket kommer hysteresen att öka för de kombinationer av fett och vatten som redovisas. Hos gelatin samt kombinationer med olja och fett är däremot hysteresen liten. Se exempel nedan:

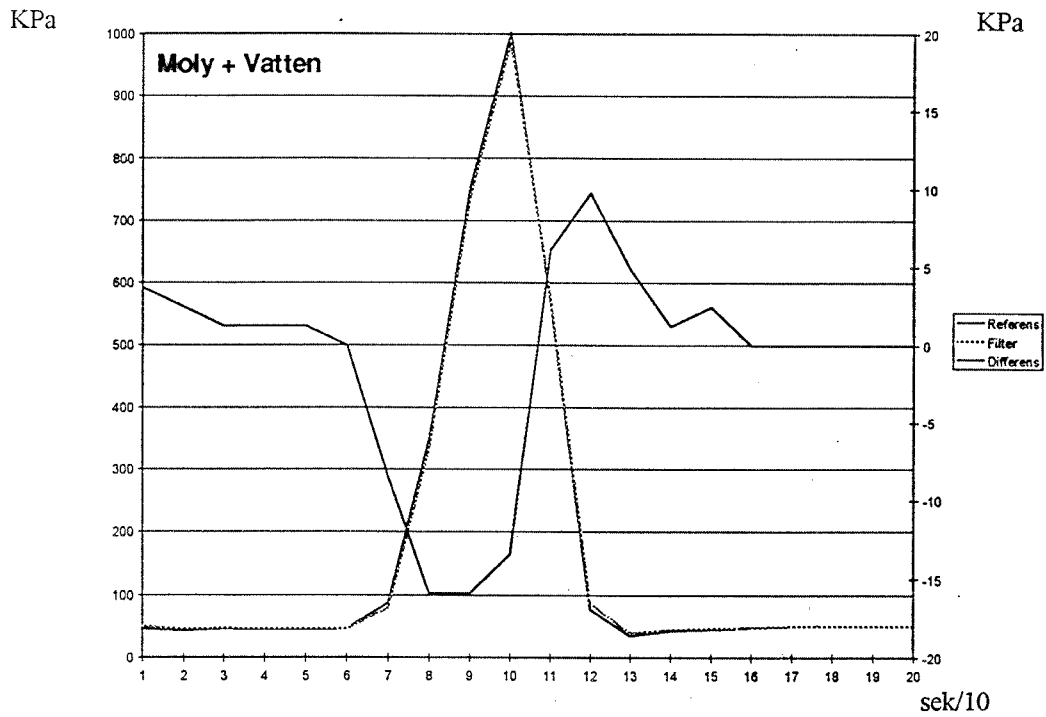
Energerease + vatten, hysteres ca +/- 25 KPa syns tydligt som en skillnad mellan kurvorna:



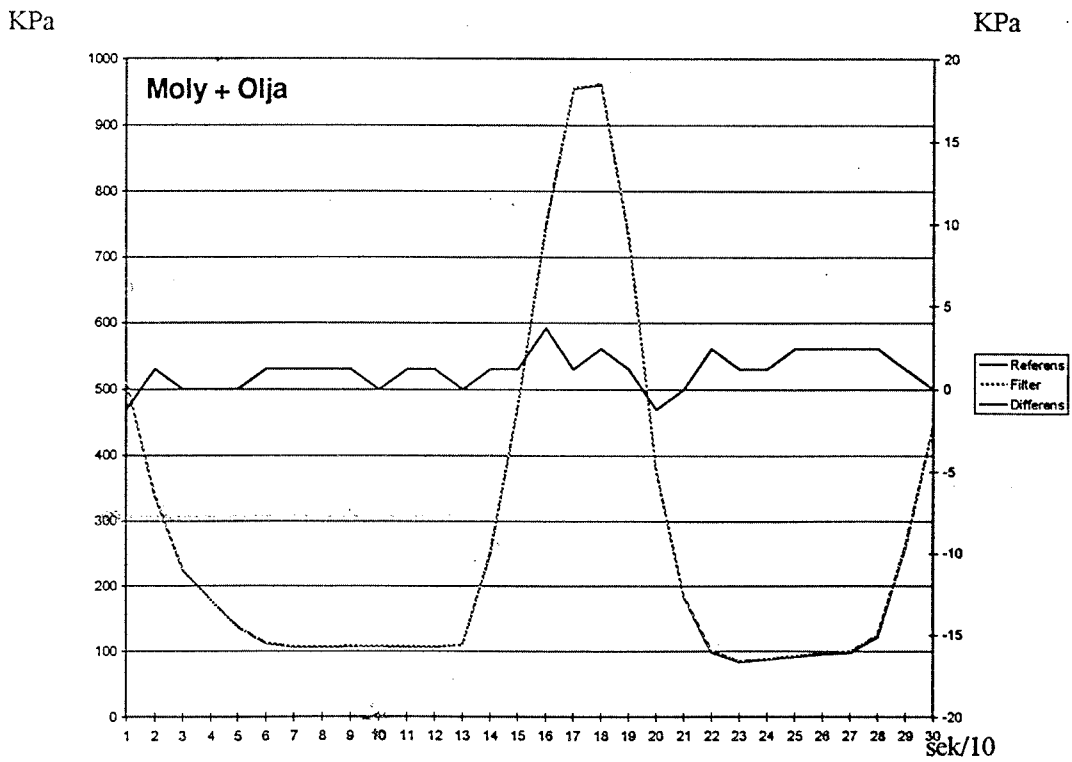
Energerease + olja, hysteres blir endast +/- 2 a 3 KPa:



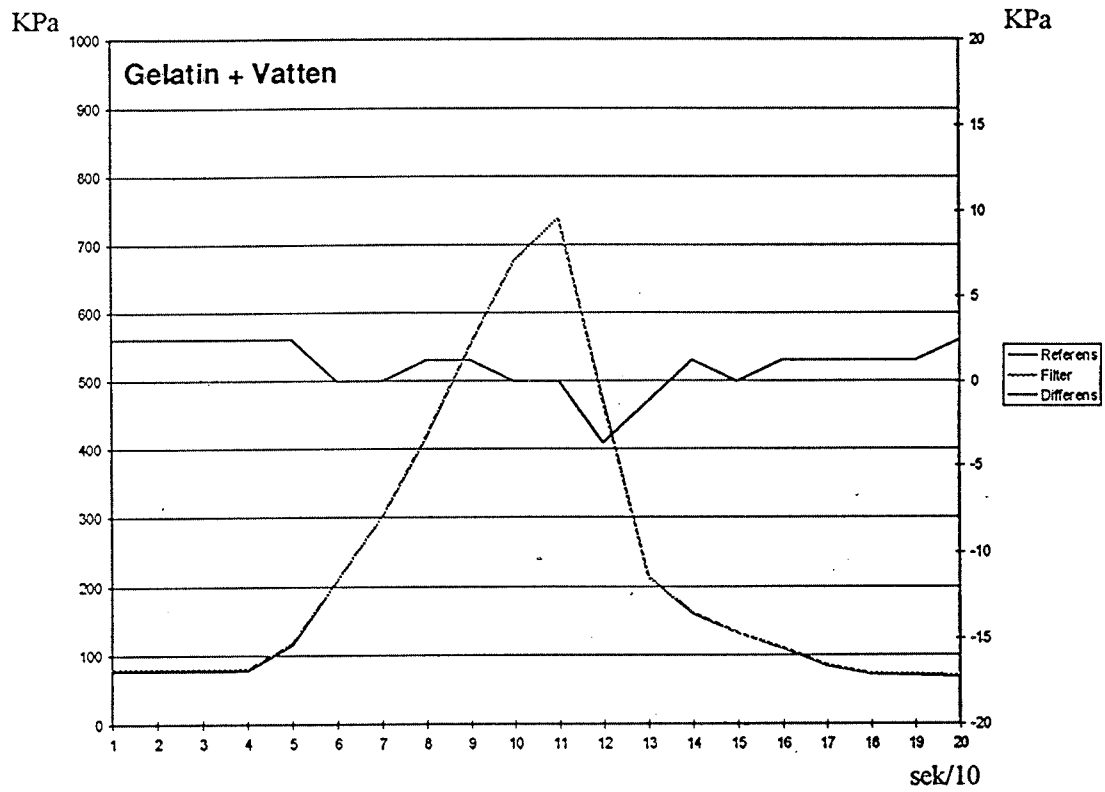
MOLY + vatten, hysteres ca +/- 12 KPa:



MOLY + olja , hysteres +/- 2 KPa:



GELATIN + vatten: hysteres $< \pm 1$ KPa:



V RESULTAT

1.

Man kan först konstatera att GELATIN med vatten som mellanfyllnad fungerar klanderfritt. Både statisk och dynamisk hysteres är låg < 1 KPa. Fördelen med gelatin är även att man genom kokningen är säker på att ingen luft finns i filtret. Man kan tänka sig att för den högsta CPT klassen 3 föreskriva att gelatin skall användas vid bruk av spaltfilter.

2.

Fett och vatten som mellanfyllning ger en statisk hysteres mellan ± 3 och 7 KPa beroende på hur hårt fett som används (se sid 9). Den dynamiska hysteresen är större - mellan ± 12 och 25 KPa. Man bör dock notera att redan efter 0.3 sekunder har trycket i filtret stabiliserats så att det statiska värdet gäller. (Se sid 10)

3.

Fett med olja som mellanfyllning ger statisk hysteres om $< \pm 1$ KPa och dynamisk hysteres om ca ± 2 KPa för alla tre undersökta fett. Det verkar som övergången mellan fett och vatten inuti filtret ger något problem (man kan tänka sig mikroskopiska bubblor), och att detta försvinner med olja. Vid själva spalten har det ingen betydelse om det finns vatten eller olja utanför filtret, resultatet blir detsamma.

4.

Det är svårt att finna någon nackdel med att fylla hydraulolja i sonden. En sådan olja är något som ändå finns med på bormaskinen. Det är lätt att se bubblor i oljan. Vi rekommenderar alla som använder spaltfilter att fylla med olja. Detta bör kunna användas i CPT klass 1 och 2. För klass 3 rekommenderas gelatin och kokt vatten.

INSTRUKTION FÖR CPT SONDERING

940715 LJ

1

Innan CPT utföres så bör platsen vara undersökt med Dreietryck eller Totalsondering. Genom denna undersökning så får man reda på om platsen är lämplig för CPT, samt djup till fjell eller andra hårda lager.

2

Innan man åker ut i fält, så skall vissa förberedelser vara gjorda. Sonden skall vara rengjord och tätningarna runt friktionshylsan insmorda med vaselin. Vidare så skall erforderligt antal Filterringar och Filterspetsar vara avluftade och klara för montering på sonden i fält.

3

Under transport och innan sonderingen påbörjats, så bör sonden inte utsättas för stora temperaturväxlingar. Sonden bör läggas i vatten, som håller en temperatur mellan 0 till + 10 grader, minst 20min innan sonderingen påbörjas.

4

Förborra genom torrskorpa eller fyllning. Sätt sedan skruven som förankring till maskinen. Fyll det förborrade hålet med kallt vatten. Ställ in matningshastigheten på maskinen till 2cm/sek.

5

Förbered CPT-sonden för sondering genom att skruva på avluftad Filterspets och Filterring. Om Glycerin används som vätska i portrycksmätaren, använd tratten då luftbubblorna i gängen tas bort. Om Filterspets och Filterring har urluftats med Vatten eller Glykolblandning så läggs hela sonden i blomlådan, som är fylld med kallt vatten, vid montering av Filterspets och Filterring. Monteringen kan då utföras helt under vatten. Obs lika viktigt att ta bort luftbubblorna i gängen. Efter monteringen, sätt på en kondom över spetsen. Den håller kvar vätskan i filtret. Förvara sonden i "marktemperatur" tills sonderingen börjar.

6

Montera mikrofonen på maskinen och förbered geologgen för sondering genom att mata in Kalibreringskoder, Objektnummer, Position mm. Då sonden skall hållas mot mikrofonen, så gör detta med spets och friktionshylsa synliga, och utan att hålla i eller lasta dessa.

7

Sätt ned sonden i det förborrade hålet (med eventuellt ett borrstål påskruvat), sänk borroket så att mikrofonen kommer i kontakt med ändan. Starta därefter geologgen för sondering.

8

Under sondering, kontrollera att matningshastigheten hålls mellan 1.8-2.2cm/sek. Om inte, efterjustera maskinen. Var uppmärksam på spetstryckets värde på displayen. Om spetstrycket plötsligt ökar, så kontrollera att även friktionen ökar efter några cm. Om inte, så kan sonden träffat berg eller en sten. Om så är fallet föreligger stor risk att sonden knäcks eller skadas.

9

När sonderingen klar, drag upp sonden och läs in givarnas olastade värden. Detta göres på så vis att sonden hålls mot mikrofonen, utan att lasta givarna, och oket matas ca 0.5m. På detta vis registreras givarnas olastade värden sista biten på borrhurvan.

10

Montera av Filterspetsen och Filterringen och lägg dessa i burk för använda spetsar och ringar. Det är viktigt att burken innehåller vatten, så att de ej torkar och därför blir lättare att rengöra.

11

Om fler sonderingar skall göras, fortsätt med punkt 3. Om klar för dagen, rengör sonden och smörj in tätningarna med vaselin.

12

Kontrollera Filterspets och Friktionshylsa så att de ej slitits mer än toleransnivån. Se "Rekomenderad standard för CPT" (SGF). Om så är fallet, byt ut. Rengör filterringarna genom att koka 15min eller tvätta i ultraljud. Tillsätt lite diskmedel. Byt ut de som är för slitna. Koka även filterspetsarna 5min så blir de också avluftade. Lagra filterringar och filterspetsar i vätska med glykol eller lite lut i, (för att undvika att de rostar) tills nästa sondering.

BRA-ATT-HA-LISTA

Burkar att förvara avluftade Filterspetsar och Filterringar i.

Burkar att förvara använda Filterspetsar och Filterringar i.

Blomlåda, att göra klart sonden i fält i.

Vaselin för att smörja tätningar med.

Kondomer att skydda sonden med.

PROTOKOLL FOR CPT-SONDERING

Forsøkssted: _____ Dato: _____

Oppdragsnr.: _____ Sonderingsnr.: _____

Boransvarlig: _____

Forboring: _____ m Fritt grunnvannsspeil: _____ m

Sondetype: _____ Borets nr.: _____

Kalibreringsdato: _____

Filtertype: _____ Benyttet væske: _____

Valgt måleområde:

spisstrykk: _____	<input type="checkbox"/> kPa	<input type="checkbox"/> MPa
poretrykk: _____	<input type="checkbox"/> kPa	<input type="checkbox"/> MPa
overflatefriksjon: _____	<input type="checkbox"/> kPa	<input type="checkbox"/> MPa

Skala:

spisstrykk: _____	<input type="checkbox"/> kPa/cm	<input type="checkbox"/> MPa/cm
poretrykk: _____	<input type="checkbox"/> kPa/cm	<input type="checkbox"/> MPa/cm
overflatefriksjon: _____	<input type="checkbox"/> kPa/cm	<input type="checkbox"/> MPa/cm

Nullavlesning:	før:	etter:
spisstrykk: _____	_____	_____
poretrykk: _____	_____	_____
overflatefriksjon: _____	_____	_____

Målt dybde ved sonderingsstopp: _____ m

Iakttagelser og kommentarer:
