



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R118:1983

Undersökningsmetod med borrhör \varnothing 36 mm och tung utrustning

Bo Alte

Bengt-Olov Johansson

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac <i>801</i>

*K
Ant*

R118:1983

UNDERSÖKNINGSMETOD MED BORRÖR Ø 36 MM
OCH TUNG UTRUSTNING

Bo Alte
Bengt-Olov Johansson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770174-6
från Statens råd för byggnadsforskning till Bo Alte AB,
Göteborg.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt
anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit
ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R118:1983

ISBN 91-540-4014-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Spångbergs Tryckerier AB, Stockholm 1983

INNEHÅLL

FÖRORD	4
SAMMANFATTNING	5
1 INLEDNING	7
2 TOTALTRYCKSONDERING MED BORRSTÅNG ϕ 36 mm	11
2.1 Allmänt	11
2.2 Utrustning	11
2.21 Dimensioner och materialkvalitet	11
2.22 Spetsar	12
2.23 Registrering och redovisning	14
2.24 Borrigg	15
2.25 Fordon	16
2.3 Utförande	16
2.31 Neddrivningssätt	16
2.4 Totaltrycksondering på olika provfält	17
2.5 Klareberg, Göteborg	17
2.6 VTI, Linköping	35
2.7 Kolbyttemon, Linköping	39
2.8 Angered, Göteborg	43
3 UTVÄRDERING	47
3.1 Känslighet	47
3.11 Känslighet med hänsyn till spetsens utformning	47
3.12 Känslighet med hänsyn till rotation	49
3.2 Nedträngningsförmåga	51
3.21 Nedträngningsförmåga genom ytjordlager	51
3.22 Nedträngning på större djup	51
3.3 Utvärdering av sonderingsdiagram	52
3.4 Ekonomi och praktisk användning	52
4 ÖVRIGA BORRMETODER MED ϕ 36	54
4.1 Spets- och manteltrycksondering	54
4.2 Portrycksondering	55
4.3 Hejarsondering	55
4.4 Vingprovning	55
4.5 Skruvprovtagning	56
4.6 Kolvprovtagning	56
5 LITTERATURFÖRTECKNING	57

FÖRORD

Syftet med forskningsuppgiften har varit att utprova ett borrhör ϕ 36 mm som är lämpligt för våra olika undersökningsmetoder i Sverige, samt att jämföra sonderingsresultat med denna utrustning med andra sonderingsmetoder i Sverige.

Projektet har gemensamt finansierats av Statens råd för byggnadsforskning, BFR och Styrelsen för teknisk utveckling, STU.

Projektet har utförts av Civilingenjör Bo Alte AB och ett tack riktas till den personal, som bidragit till projektets genomförande.

Göteborg i augusti 1982

Bo Alte

Bengt-Olov Johansson

SAMMANFATTNING

I rapporten redovisas utförande och resultat av totaltryckssondering med borrhåll ϕ 36 mm. Främst har vi studerat sonderingsresultatets inverkan av

- o kontinuerlig rotation av borrhållarna under neddriften
- o spetsens utformning med avseende på dels nedträngningsförmåga i olika jordar och dels känslighet vid registreringen

Sonderingsresultatet med borrhåll ϕ 36 mm har jämförts med andra typer av sonderingar. Borrhållarna har utförts inom fyra provområden med starkt varierande jordlagerförhållanden.

Resultaten visar att ökande rotation ger en lägre vertikalkraft men samtidigt en större vridkraft. Jordlagerbilden är i stort densamma oavsett om stångerna roteras eller ej under sonderingen. Spetsens utformning har relativt liten inverkan på känsligheten vid registreringen, men däremot varierar nedträngningsförmågan genom svår genomträngliga ytjordar, där det visat sig att skruvformade spetsar har bästa genomträngningsförmågan.

Slutligen kan konstateras att man med borrhåll ϕ 36 mm har erhållit en utrustning som klarar de flesta provtagnings- och sonderingsmetoder. Utrustningen är kraftig, har god nedträngningsförmåga och har fullt acceptabel känslighet för varierande fasthet i såväl lös som fast jord. Eftersom utrustningen är flexibel kan man också lätt ändra och komplettera omfattningen under pågående fältarbete. Kvaliteten på den geotekniska undersökningen ökar härigenom avsevärt. Med en effektiv och praktiskt utformad borrhåll kan dessutom fältarbetet utföras utan ökad kostnad.

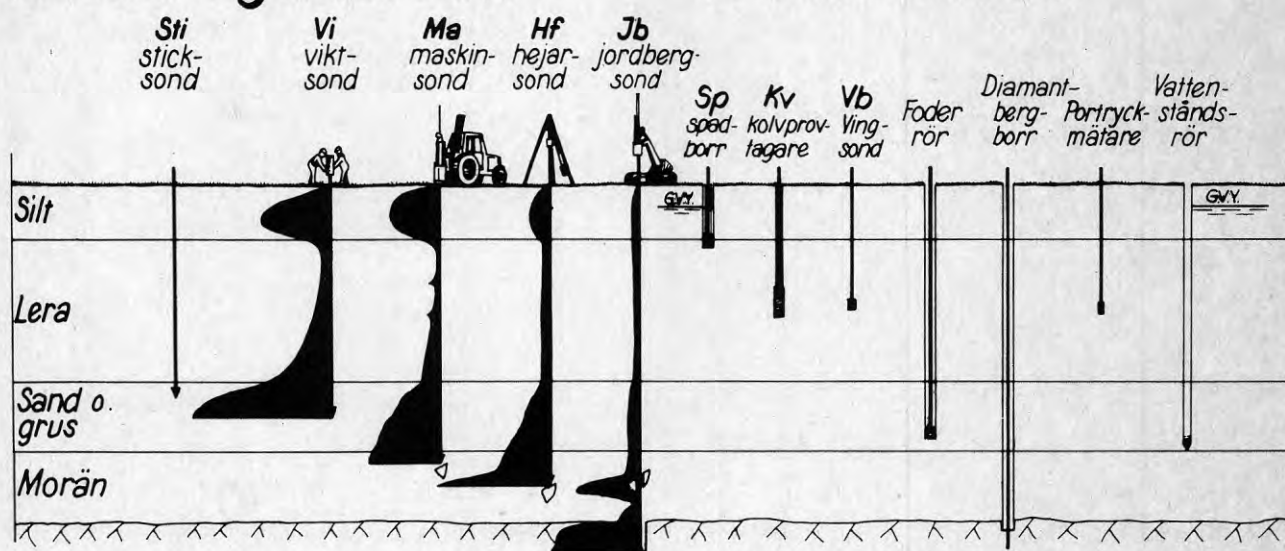
1 INLEDNING, NUVARANDE BORRMETODER

Inom geotekniken förekommer idag ett flertal olika sonderings- och provtagningsmetoder. Skälet till detta är främst varierande fasthet i jordlagren som kräver motsvarande styrka hos borrarutrustningen (figur 1) men också varierande krav på undersökningens kvalitet och omfattning.

Undersökningsmetoderna utföres med olika utrustning avseende borrarstänger, spetsar, borrhög mm, vilket är mycket opraktiskt eftersom man ofta tvingas byta utrustning i samband med ett och samma fältarbete. Alternativt nöjer man sig av tidsskäl eller ekonomiska skäl med en enklare undersökning och får då ofta en bristfällig kvalitet på undersökningen.

Sonderingsmetoder

Provn. metoder

Andra metoder

Seismisk mätning
Resistensmätning
Ekolod

Andra metoder

Schaktgropar
Plattförsök
Pressometer
Radiometriska metoder
Provpålning
Provpumpning

FIG 1 Översiktlig sammanställning av förekommande sonderings- och provningsmetoder för olika jordarter. Maskinsond (Ma) är en föregångare till vad som nu kallas totaltrycksond.

En uppenbar strävan inför framtiden bör vara att kunna arbeta med en typ av borrstång för samtliga sonderingar och provtagningar i stället för det stora antalet borrstänger inkl olika tillbehör som nu finns (se tabell 1).

Dimension Ytterdiameter/ Innerdiameter/ Håldiameter i skarvtapp	Nummer	Längd m	Vikt kg	Gänga	Metod	Anmärkning
20 Massiv	11.01.0474	1		M 14	Vi	Användes idag som innerstång i Vingborr. GEONOR, GEOTECH
22 "	11.02.0498	1		M 14	Vi/(S1b)	Övergångsdim från ϕ 20 - ϕ 22 M14
22 "	11.03.0511	1		M 16	Vi/S1b	Komb stång Viktsond std-slagsond
22/12,8	11.02.0496	1		M 14	Vi	Övergångsdimension från ϕ 20 - 22 M14 Norge, Finland
22/12,8	11.03.0509	1	2	M 16	Vi/LSD	Standard viktsond
22/12,8	11.03.2593	1	2	BORRO 16	Vi	Proverie framtagen för byte av gänga (std)
22/12,8 A1	15.05.0703	1	0.7	M 16	Vb	Lätt stång för handsond i lera
25 Massiv	11.04.2056	1	3,5	M 18	S1b	Special framtagen på beställning
25/15,5	11.04.0525	1	2,5	M 18x1,5	S1b	Rekommenderad slagsondstång
25/15,5/8	18.02.1800	1	2,5	M 18x1,5	S1b/GW	Samma som ovan med hålad tapp
25/15,5	11.04.1729	1	2,5	BORRO 18	S1b	Samma som ovan med ny tapp
25/15,5/8	11.04.5536	1	2,5	BORRO 18	S1b/GW	Samma som ovan med ny tapp hålad
25/15,5	11.04.1754	2	5	BORRO 18	S1b	Samma som ovan med ny tapp 2 m långd
32 Massiv	04.01.2595	1	6,2	M 20	Hf	Till Autom hejarblock
32 "	04.01.4755	1,5	9,3	M 20	Hf	Till frifallshejarutr i Motorbock
32 "	04.01.4763	1	6,2	BORRO 20	Hf	Provas till Autom hejarbock
32/20/10	18.01.0748	1	4	M 24x2	Pp	Till Geonor Piezometer
32/20/10	18.01.0749	2	8	M 24x2	Pp	Till Geonor Piezometer
32/16/16	24.05.3666	1		KONISK	CPT 4 ton	Holländsk Standard
36/24/10	11.13.4765	1	4,5	BORRO 28	Jb	Ny J/B-sond med inv koppl
36/24/16	24.05.5831	1	4,5	BORRO 28	CPT	Samma som ovan med hålad tapp
36/20/8	11.13.4762	1		BORRO 24		
36/16/16	24.05.3623	1	6,3	KONISK	CPT 20 ton	Vanlig Holländsk standardtyp
42/33/23	14.04.0709	1	4,5	PLATT	Kv ST I	Standard för kolvprovtagare
60/50/33	13.13.5648	1	8	PLATT 5 mm	Mn Provt	Borros special

TABELL 1 Tabell visande det antal borrstänger som en leverantör måste hålla i lager (enl Borro AB, november 1981)

Denna strävan att göra borrarutrustningen mera generell delar vi givetvis med geotekniker i många länder och vid val av en ny standardiserad utrustning måste vi söka internationellt samarbete. I Norge har man tidigare arbetat med kraftigare borrhjugar än i Sverige och Geonor A/S har tagit fram borrstänger med diametern 36 mm att användas vid sondering. I länder som Holland, Belgien, Frankrike m fl där spetstrycksondering ofta utförs, använder man också borrstänger ϕ 36 mm.

Borrstång ϕ 36 har förutsättningar att bli en allround-stång för nästan alla förekommande borrhjugar. Borrstången utformas av flera skäl som ett rör med ytterdiametern 36 mm och innerdiametern 16 mm. Skarvtapparna är normalt homogena men kan vid vissa typer

av borrhning förses med hål. De borrhmetoder man då täcker med borrhstång ϕ 36 är totaltrycksondering (TrT), spetstrycksondering (TrS), portrycksondering (TrP), slagsondering (Hf, Slb), provtagning (Kv, Skr), spolborrning m fl. Enligt leverantören av borrhutrustning bör man kunna tillverka dessa borrhstänger med så god kvalité att de kan användas även för jordbergsondering (Jb).

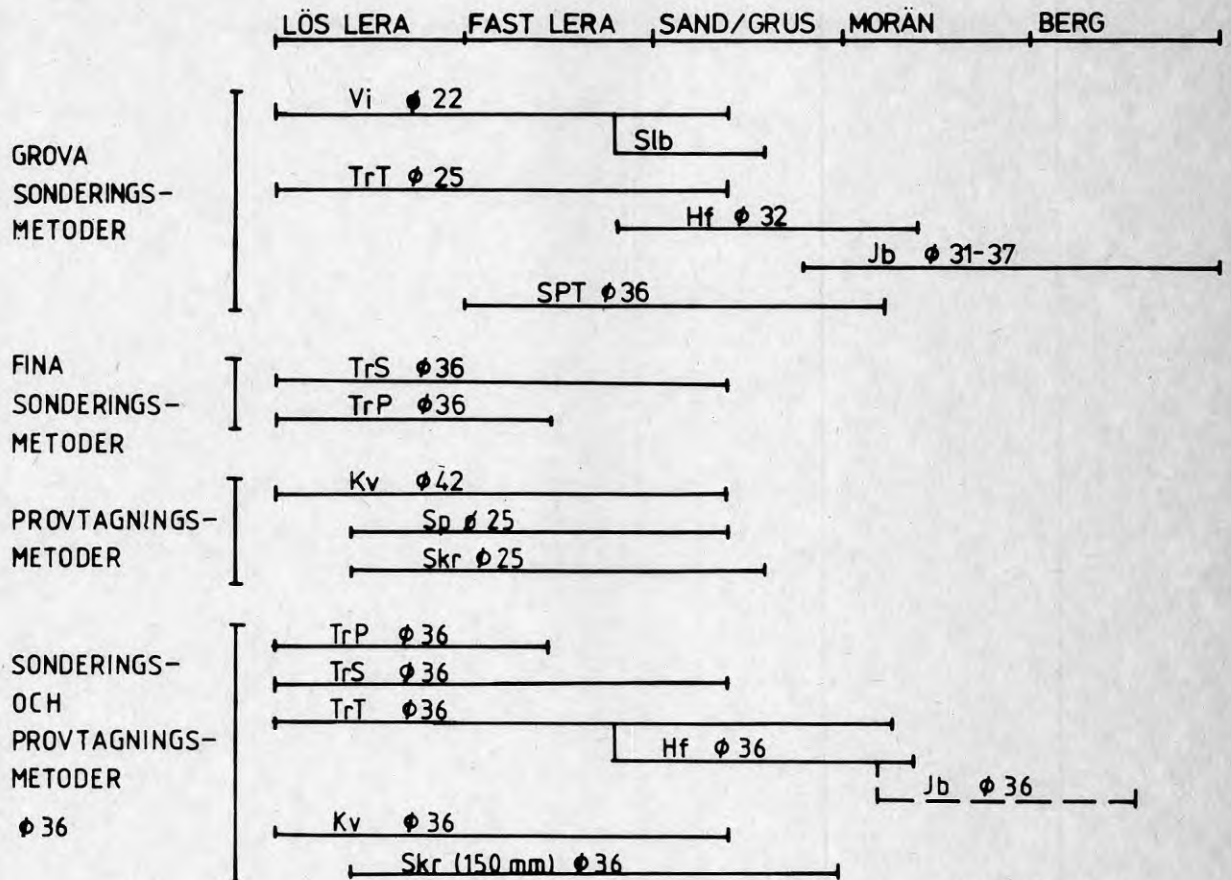


FIG 2 Olika borrhmetoder/borrhstänger i olika jordarter.

Förklaring: Vi = viktsondering för hand
 Slb = slagborrning
 Hf = hejarsondering
 Jb = jordbergsondering
 TrT = totaltrycksondering
 TrS = spetstrycksondering
 TrP = portrycksondering
 Kv = kolvprovtagning
 Skr = skruvprovtagning
 Sp = spadborr
 SPT = standard penetration test

Borrstång ϕ 36 bör alltså kunna användas vid alla förekommande borrheter. Vi har i vårt företag använt borrheter ϕ 36 under cirka 5 år och har mycket positiva erfarenheter framför allt ur praktisk och ekonomisk synpunkt. Det har däremot varit en viss osäkerhet vid tolkningen av sonderingsresultaten jämfört med andra sonderingsmetoder. Sättet för sonderingen har ändrats i takt med vunna erfarenheter.

Denna utredning syftar till att bedöma kvaliteten på totaltrycksondering med borrheter ϕ 36 i olika jordarter, att beskriva dimensioner och materialkvalitet på utrustningen och att ge riktlinjer för hur sonderingen bör utföras. Slutmålet är att få metoden standardiserad i Sverige och helst även internationellt.

Internationellt används ofta borrheter ϕ 36 vid sonderingar bl a i Norge vid Dreietrycksondering och i Holland vid spetstrycksondering (TrS). Den norska metoden Dreietrycksondering beskrivs av Nils Rygg i Dreietrycksondering (intern rapport nr 16, Veglaboratoriet, Oslo) och Arild Andresen i Current Practice of Planning and Carrying Out Site Investigation in Norway (NGI, Oslo).

Den holländska metoden TrS beskrivs av G.Sanglerat i The Penetrometer and Soil Exploration.

2 TOTALTRYCKSONDERING MED BORRSTÅNG ϕ 36.

2.1 Allmänt

Med totaltrycksondering menas helt enkelt att en med spets försedd sondstång drives ned i jorden varvid den totala neddrivningskraften registreras. Sondstången neddrives med eller utan rotation. I vissa fall roteras stången enbart då motståndet är mycket högt. Även utrustningarna varierar och då främst borrhängerna (stångdiametern, skarvar mm) och sondspetsen (form, lös eller fast i förhållande till stången).

2.2 Utrustning

2.21 Dimension och materialkvalitet

De borrhänger, som vi använt, har tillverkats av Geonor AS i Norge och består av rör med ytterdiameter 36 mm och innerdiameter 16 mm. Borrroren kan levereras i längder om 1 eller 2 meter och väljes med hänsyn till borrhägen. Skarvningen utföres med en invändig tapp (se fig 3). Skarvtappen kan förses med hål ϕ 12 mm. Materialkvalitet framgår av tabellen nedan.

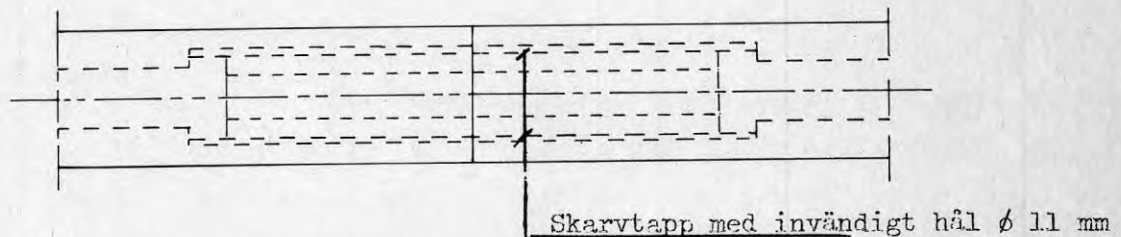


FIG 3 Skarvning med invändig tapp.

		Sträckgräns 0.2 min (N/mm ²)	Brottgräns B min (N/mm ²)	Förlängning 5 min (%)	Kontraktion min (%)
Borr- stång	SKF 75 SIS 2172 kallvalsat	740	760	10	60
Skarv- tapp	SIS 254	690	880-1080	12	55

TABELL 2 Materialkvalitet för borrarstång och skarvtapp.

Skarvarna tål teoretiskt ett vridmoment av ca 3 kNm. Vi har dock funnit att vridmomentet ej bör överstiga ca 1.5 kNm för att inte få alltför stor kassation. Skarvtappen kan förses med hål vilket möjliggör spolborrning och borring där man har anledning att använda innerstång eller elektrisk kabel. Vid totaltrycksonderingen har vi normalt använt en homogen skarvtapp.

2.22 Spetsar

Under försöken har ett antal olika spetsar testats. Spetsens utformning påverkar främst följande faktorer

- o känslighet
- o nedträngningsförmåga
- o ekonomi
- o praktisk användning

I inledningsskedet testade vi därför följande spetsar

1. vriden spets, serietillverkad av Geonor (se fig 4)
2. fyrkantig spets, med plana ytor (se fig 5), möjlig att serietillverka genom gjutning
3. vriden spets av egen tillverkning
4. rund spets (se fig 6), möjlig att serietillverka

Spetsarna 1 och 3 svetsas fast direkt på borrarstången, medan de övriga fästes till borrarstången med hjälp av adapter och sprint (se fig 5). Den vridna spetsen av egen tillverkning smiddes av ett fyrkantsämne (45x45 mm) till en konisk spets. Spetsen är ca 20 cm lång.

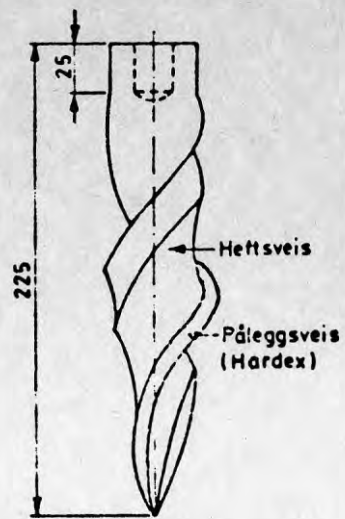


FIG 4 Vriden spets, typ Geonor

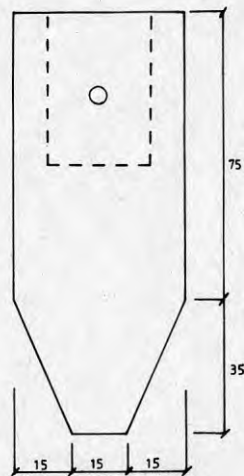


FIG 5 Fyrkantig spets och adapter

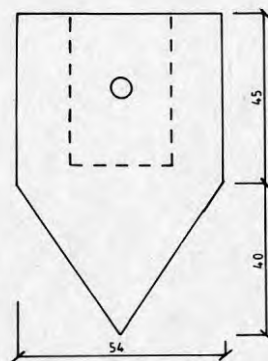


FIG 6 Rund spets

2.23 Registrering och redovisning

Vid totaltrycksonderingen registreras normalt totala vertikalkraften. Speciellt för denna forskningsuppgift har vi dessutom registrerat vridmomentet och rotationshastigheten.

Totala vertikalkraften har mätts med en dynamometer (typ svängande sträng).

Vridmomentet har registrerats genom att mäta vridmotorns oljetryck med en mätare av typ svängande sträng.

Rotationshastigheten mäts genom att en elektrisk spole får en impuls av en magnet för varje varv stången roterar.

Skrivaren är elektrisk av typ Geotech. Den är framtagen till Geotech:s spetskrafts sond som överför mätvärden till skrivaren med hjälp av ljudsignaler. Genom att bygga ut skrivaren kan den också användas vid totaltrycksondering. Skrivaren har möjlighet att samtidigt registrera och ge utskrift på tre oberoende kanaler. Utskriften (se fig 7) erhålls på papper som automatiskt frammatas i takt med neddriften. Det finns också utrustning som samtidigt registrerar kurvan digitalt så att den kan uppritas av en dator. Det resultat som erhålls på skrivaren i fält kan vara svårt att överföra på geotekniska ritningar. Man kan naturligtvis kopiera eller rita av kurvorna för hand. Vi har valt ett mellansteg innebärande att vi digitaliserar kurvan till en dator som sedan ritar upp de olika borrhålen enligt önskemål.

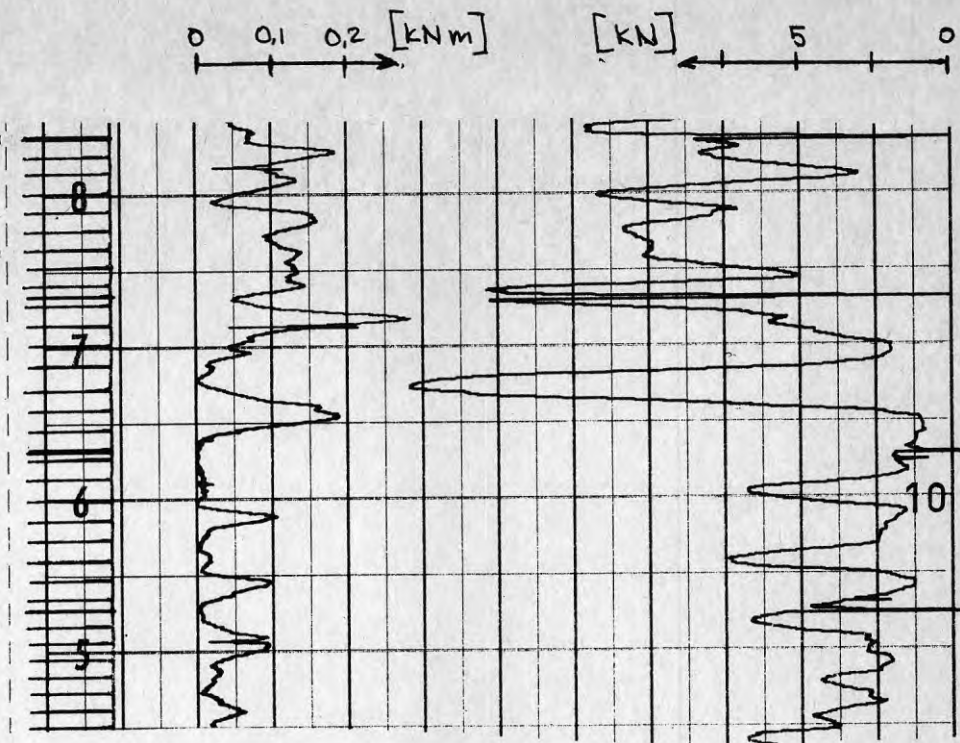


FIG 7 Utskriftsremsa. Papperet frammatas i skala 1:100 med djupet. Vertikaltrycket ritas på högra sida och vridmomentet på vänstra sida. Kurvorna är i höjddled föreskjutna 4 mm för att få plats med tuschpennorna. Rotationshastigheten visas som streck längst till vänster, där varje streck motsvarar ett varv.

2.24 Borrrigg

Borrriegen (se fig 8) är en ombyggd truckställning med slaglängden 2.2 m. Den är försedd med hydraulisk chuck och vridmotor. Bakpå borrarställningen är en plattform monterad och i anslutning till denna står borrarstängerna i ett vertikalt koger. Borrställningen är utformad så att den normalt kan skötas av en man. Borrriegen är också utrustad för hejarsondering med hejarvikten 63.5 kg och fritt fall 50 cm.

Vid borrarning med borrarstång ϕ 36 ställs relativt stora krav på borrarutrustningens styrka. Ungefär följande krav bör uppfyllas.

	Tryck		Vridning
	ned	upp	
Totaltrycksondering	25	70 kN	1.5 à 2 kNm
Spetstrycksondering	70	70 kN	
Skruvprovtagning			2 à 3 kNm



FIG 8 Borrigen i arbete.

2.25 Fordon

Den typ av fordon som borrarutrustningen monteras på är ur borrarings-synpunkt av underordnad betydelse. Val av fordon bestäms helt av terrängens karaktär där man normalt har sitt arbetsområde.

Vi har valt att montera vår utrustning på en jeep av märket UNIMOG.

2.3 Utförande

2.31 Neddrivningssätt

Vid totaltrycksondering med borrarstång ϕ 25 mm har man normalt tryckt ned borrarstången utan vridning med en vertikalkraft av max 10 kN. Vid större motstånd har man vridit borrarstången för att kunna tränga ned djupare. Sonderingsdiagrammet får då diskontinuiteter och blir både överskådligt och svårtolkat speciellt för personer som inte är väl förtrogen med utrustningen. I syfte att få en kontinuerlig kurva har vi i denna forskningsuppgift studerat hur sonderingsresultat påverkas av vridningen.

Neddrivningshastigheten har i samtliga fall hållits konstant 6 cm/s,

vilket är en hastighet som vi tidigare funnit praktisk att använda och som passar utrustningen och vårt sätt att arbeta. Hastigheten kan tyckas vara något hög men vi har inte konstaterat några olägenheter såsom sämre registrering eller dylikt.

Rotationshastigheten har varierats enligt följande

- a. ingen rotation.
- b. rotation med periferihastigheten 3 cm/sek (motsvarar 15 v/min).
- c. rotation med periferihastigheten 6 cm/sek (motsvarar 30 v/min).

Periferihastigheten 3 och 6 cm/sek innebär att en punkt på borrhållarens periferi rör sig nedåt i lutning ca 30° resp 45° .

2.4 Totaltrycksomring på olika provfält

Allmänt

Det är synnerligen angeläget att studera totaltrycksomringen i olika jordarter. Vi har därför lagt ned mycket arbete på att finna lämpliga provfält. Förutom skilda jordlagerförhållanden bör provfälten vara så placerade att de kan användas under lång tid framåt för kalibrering av borrhållare även i andra sammanhang.

Vi har valt två platser i Göteborg och två platser i Linköping. Vid provfälten i Linköping har Statens Geotekniska Institut (SGI) tidigare utfört olika typer av undersökningar.

Översiktligt förekommer följande dominerande jordarter inom de fyra provfälten.

Klareberg, Göteborg	: lös lera med siltskikt
VTI, Linköping	: lera och silt med lerinblandning
Kolbytteomon, Linköping	: sand med varierande fasthet
Angered, Göteborg	: fast lera med delvis hög sensitivitet

2.5 Klareberg, Göteborg

Provfältet är beläget på Hisingen i Göteborg, mellan E6 och Göta älv och ca 50 m söder om Agnesbergsbron. Jordlagren utgöres från markytan i huvudsak av

1. Vegetationsjord 0.2 m
2. Lös lera 10 à 15 m
3. Skikt av sand/silt och lera 5 à 10 m

4. Blockrik friktionsjord

Leran är delvis gyttjig och siltig och dessutom förekommer skikt av silt. Överst utgöres den av torrskorpelera ca 1 m. Lerans vattenkvot och konflytgräns varierar mellan 10-120% resp 35-80. Skjuvhållfastheten varierar mellan 10 och 25 kPa. Sensitiviteten är hög, 20-300.

Sonderingsresultat från Klareberg redovisas i följande figurer.

- Figur 9 : Borrplan
- Figur 10 : Totaltrycksondering ϕ 25 samt provtagning
- Figur 11 : Spetstrycksondering
- Figur 12 : Totaltrycksondering ϕ 25
- Figur 13 : Viktsondering
- Figur 14 : Jordbergsondering
- Figur 15-24 : Totaltrycksondering ϕ 36 mm

Vi har utfört fler sonderingar men de redovisas ej i denna rapport.

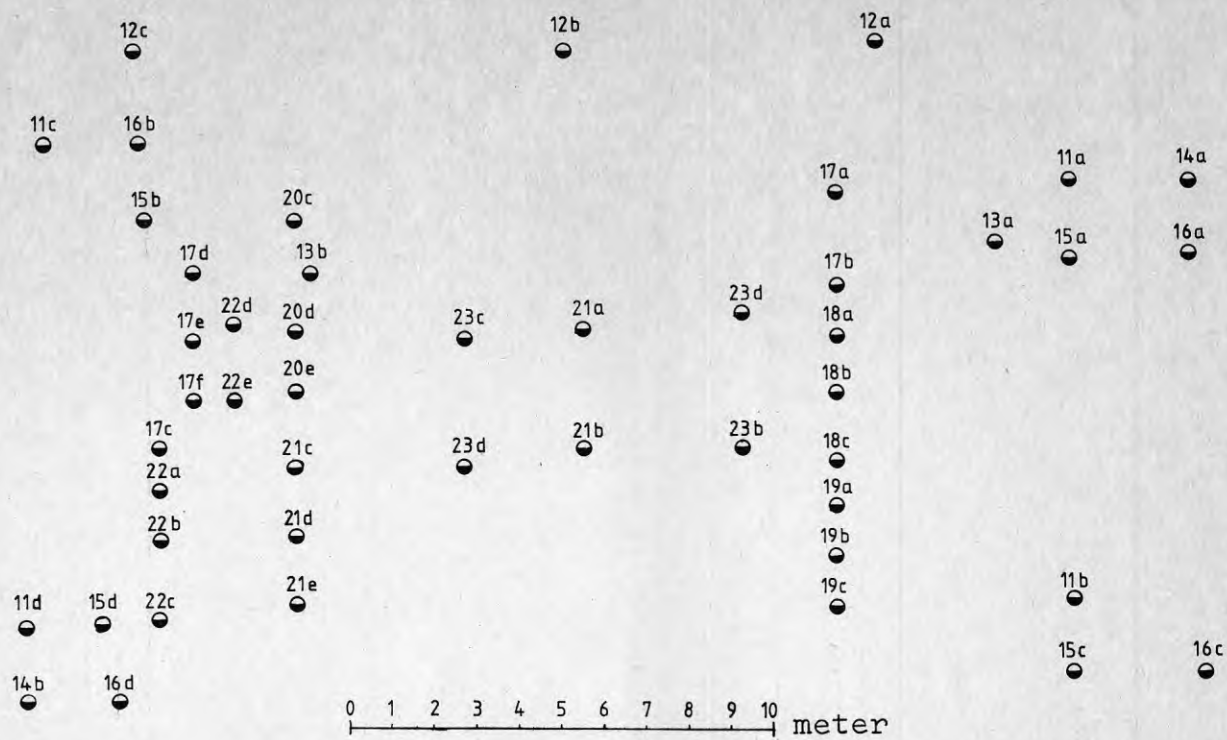


FIG 9 Klareberg, Göteborg
 Översiktlig borrhplan
 Borrhålsnumren motsvarar figurnumren

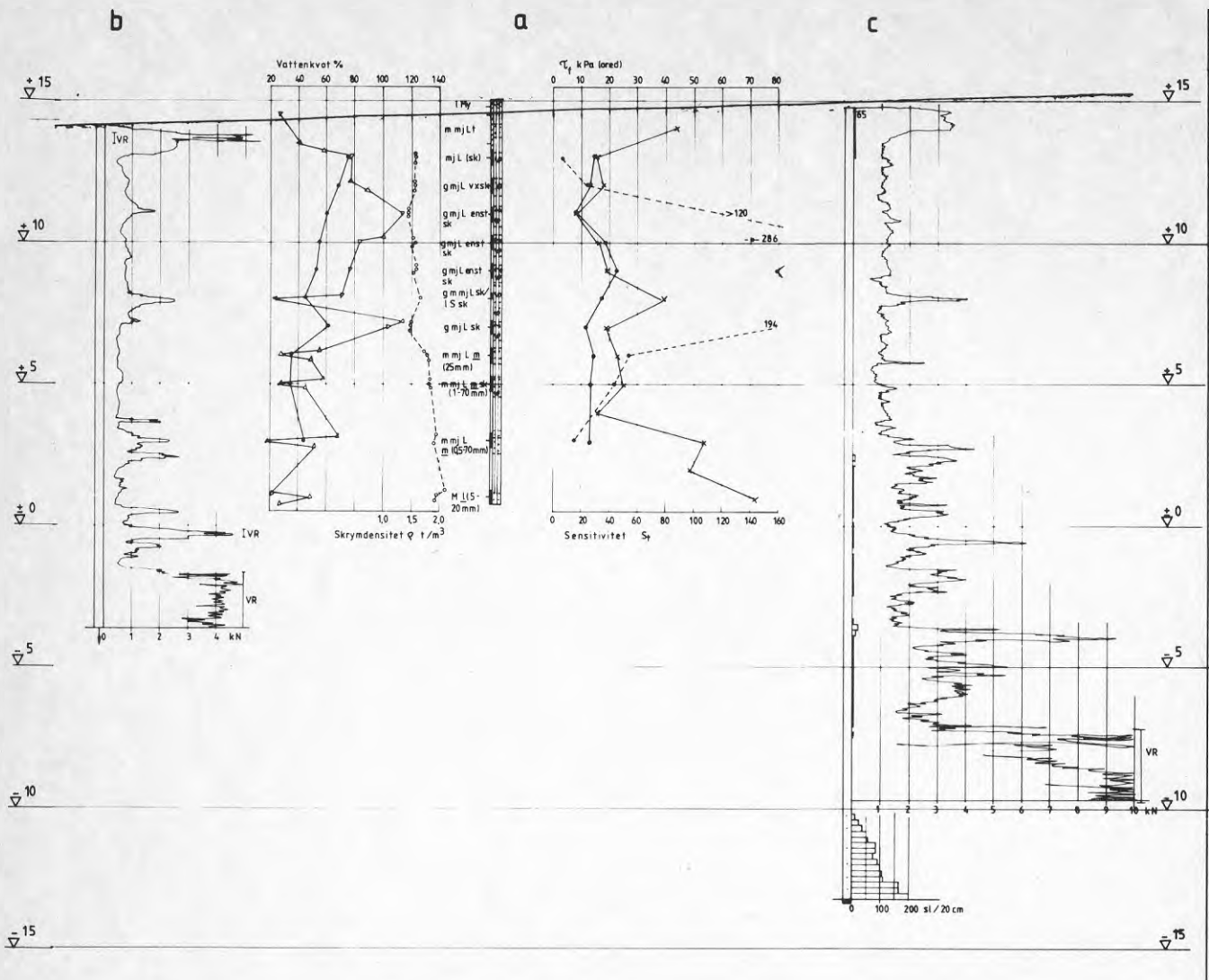


FIG 10 a-c Klareberg, Göteborg

- a) Provtagning
- b) Totaltrycksosdering med borrhstang ϕ 25 mm och vriden spets.
- c) Totaltrycksosdering med borrhstang ϕ 25 mm, vriden spets och hejarosdering

Kommentar

Av både osdering och provtagning framgår att jordlagren är skiktade beträffande material och fasthet.

Enbart hejarosdering ger en dålig bild av de lösa jordlagren och dess egenskaper, men är ett bra komplement till totaltrycksosderingen.

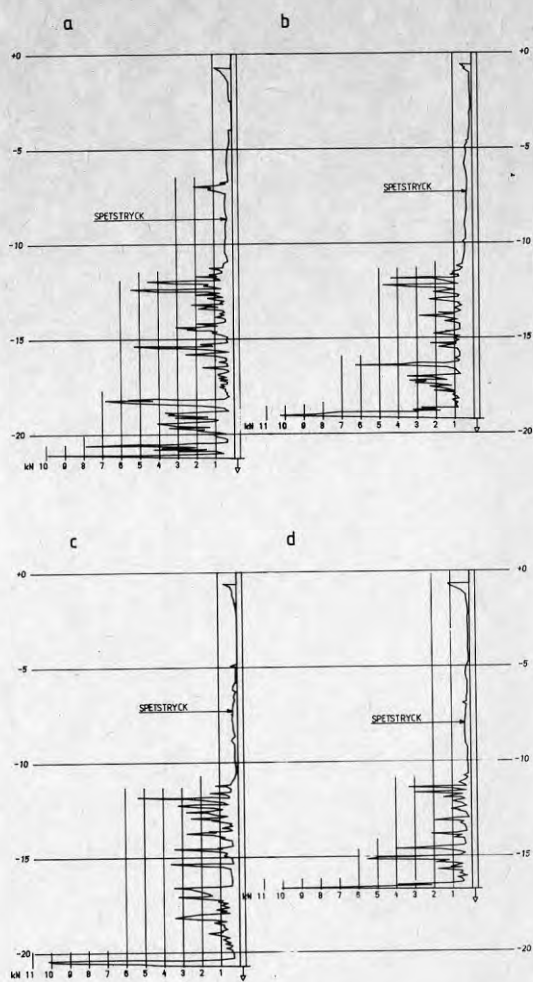


FIG 11 a-d Klareberg, Göteborg

Spetstrycksondering med sondspets typ Geotech,
neddrivningshastighet 2 cm/s.

Kommentar

Trots att sonderingarna är utförda inom 15 à 20 m avstånd är sand-
skikten inte alltid kontinuerliga genom jordprofilen. Detta syns
lättast på skiktet på ca 7 m djup.

Skiktet saknas på tre av diagrammen beroende på att det inom delar
av området saknas eller har en lagringstäthet som motsvarar om-
kringliggande material.

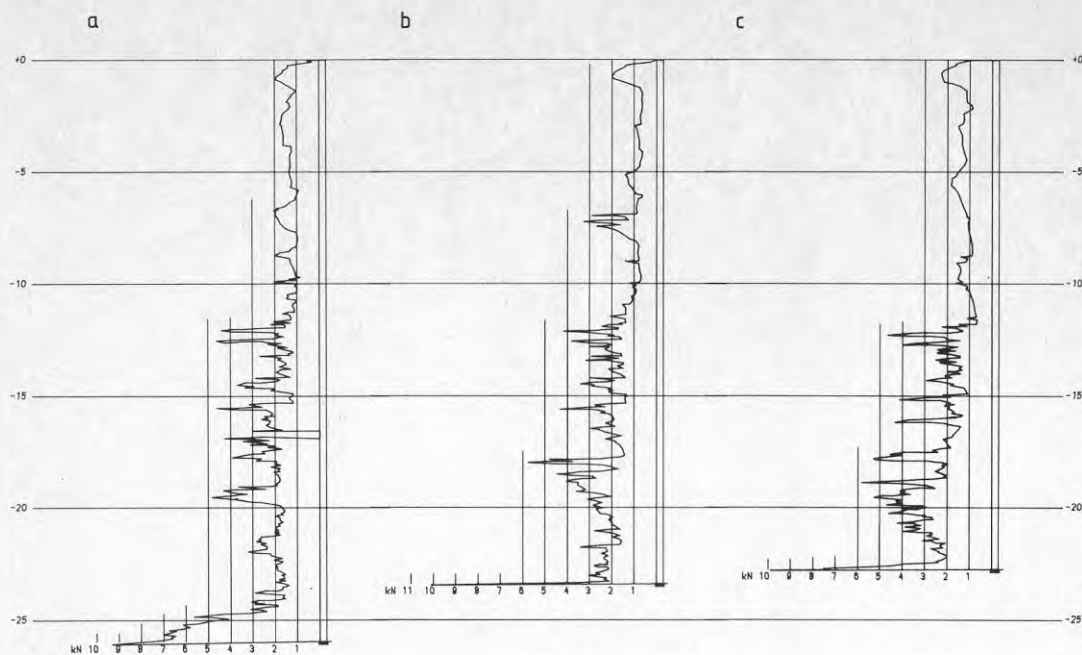


FIG 12 a-c Klareberg, Göteborg

Totaltrycksondering med borrhång ϕ 25 mm
 Spets (glappkoppling) av typ Geotech
 Neddrivningshastighet 6 cm/sek
 Rotationshastighet 0

Kommentar

Beträffande sandskiktet på 7 m djup (se text fig 11).

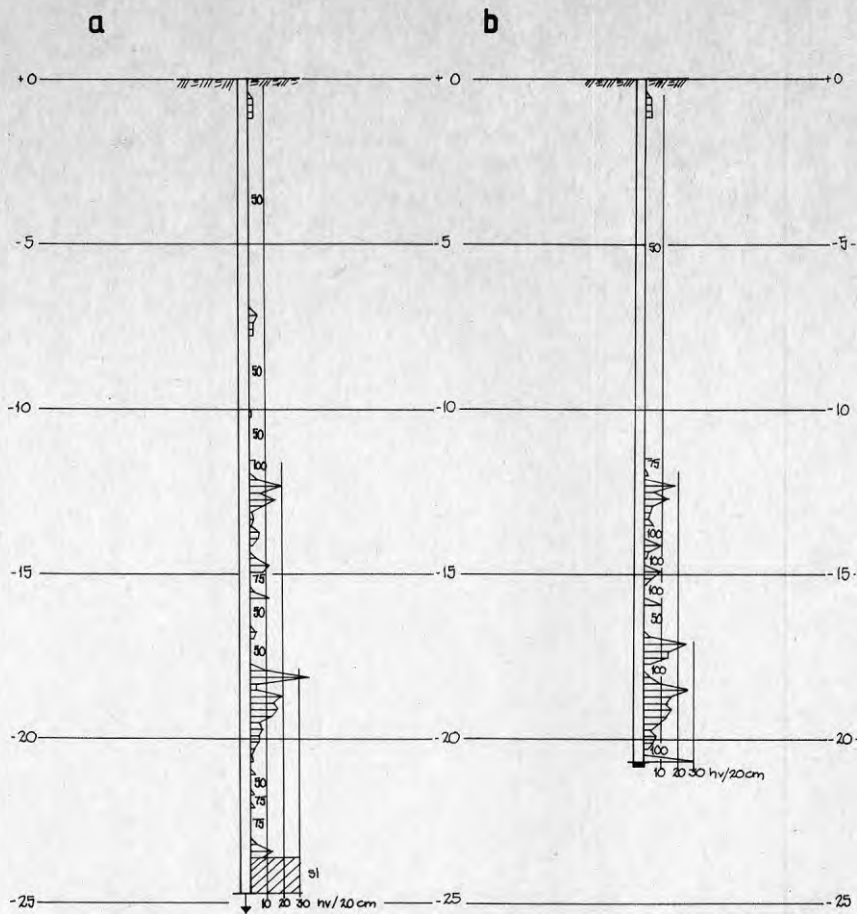


FIG 13 a-b Klareberg, Göteborg
Viktsondering

Kommentar

Vid viktsondering förloras en del information beroende på att registreringen utföres per 0.2 m. Man kan inte med viktsondering lika tydligt se hur skiktade jordlagren egentligen är. Viktsonden har en förhållandevis god nedträngningsförmåga.

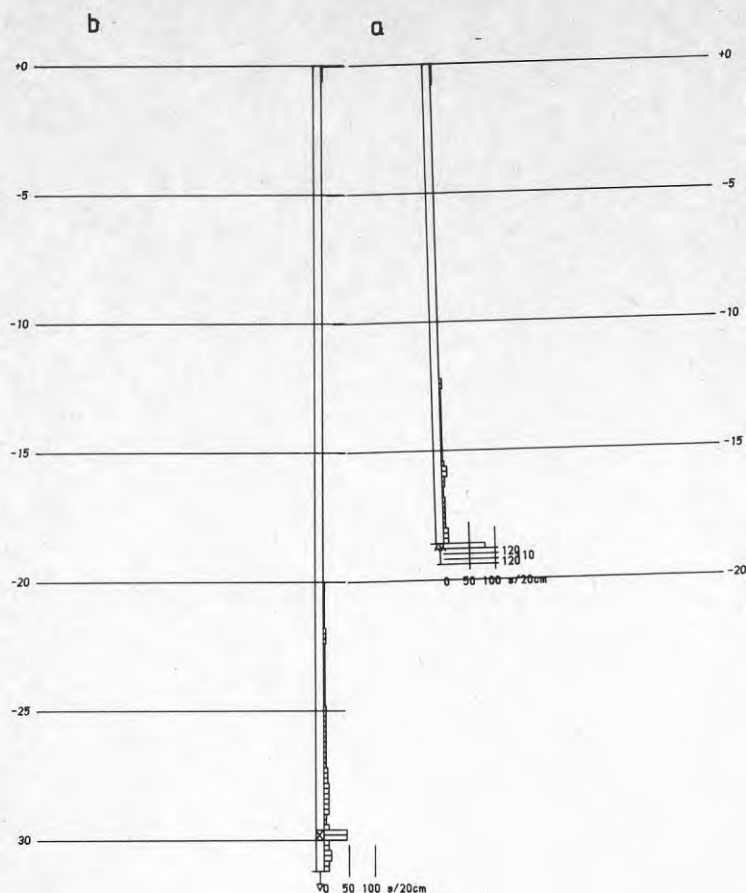


FIG 14 a-b Klareberg, Göteborg

Jordbergsondering med tryckluftsdreven borrarutrustning typ Atlas Copco BBE 51 försedd med 1 1/2" skarvstångs-utrustning och 64 mm borkrona.

Kommentar

Sonderingen visar att friktionsjordens mäktighet är stor samt att den innehåller större block. Sonderingarna är utförda ca 20 m från varandra.

Sondering b har ej nått berget pga brott på stången.

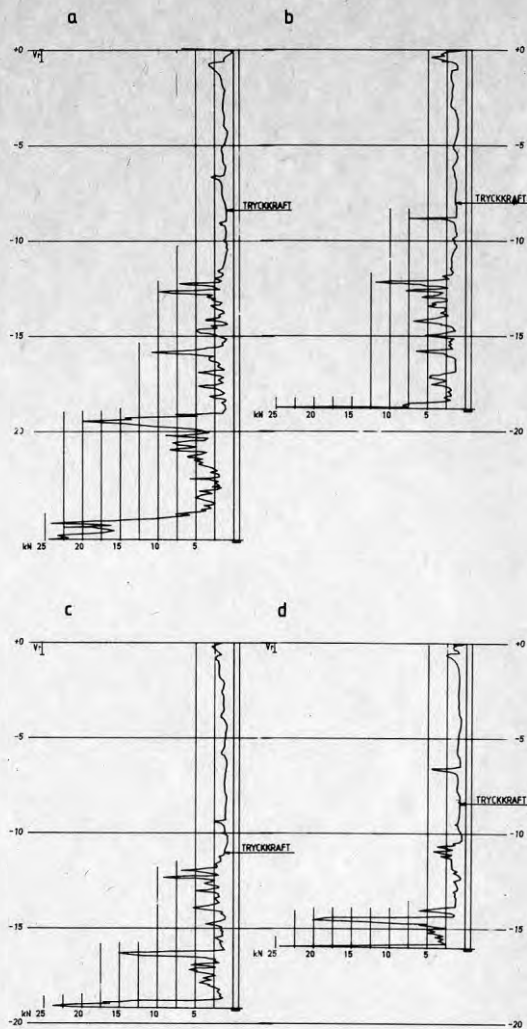


FIG 15 a-d Klareberg, Göteborg

Totaltrycksondering (ϕ 36 mm)
 vriden spets typ Geonor
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 0
 Registreringsintervall 0-25 kN

Kommentar

Distinkt registrering trots att det är en "spetsformad" spets. Be-
 träffande sandskiktet på ca 7 m djup se fig 11. Sonderingarna är
 utförda inom 20 m avstånd. Jämförelse mellan diagrammen visar att
 man får en objektiv bild av jordlagren. Skillnaderna mellan diagram-
 men beror sannolikt på varierande fasthet i jorden.

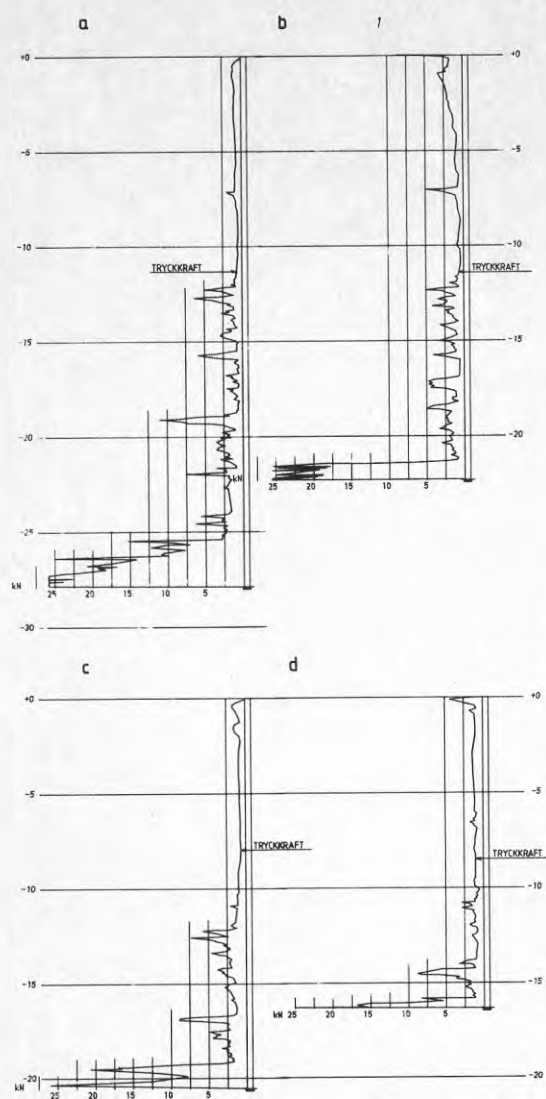


FIG 16 a-b Klareberg, Göteborg

Totaltrycksondering (ϕ 36 mm)

Vriden spets av typ Geonor

Neddrivningshastighet 6 cm/s

Rotationshastighet 3 cm/s (ca 15 v/min)

Registreringsintervall 0-25 kN

Kommentar

Man märker att tryckkraften blir något mindre när stängen roteras under sonderingen; jämför fig 15. Däremot förlorar man egentligen ingen information till följd av rotationen. Kurvorna blir dock inte så distinkta vid rotation av borrhållningen som vid enbart tryckning.

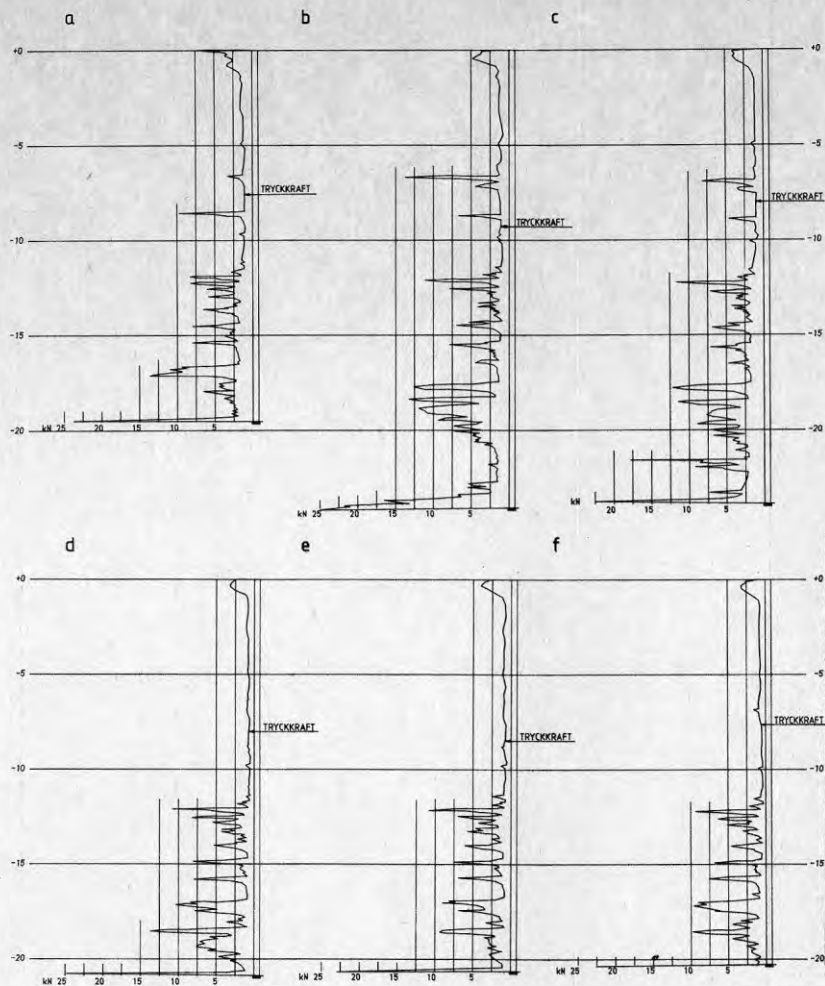


FIG 17 a-f Klareberg, Göteborg

Totaltrycksondering (ϕ 36 mm)

a-c) Fyrkantig spets
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 0
 Registreringsintervall 0-25 kN

d-f) Fyrkantig spets
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 3 cm/s (ca 15 v/min)
 Registreringsintervall 0-25 kN

Kommentar

Distinkt registrering och god upplösning. Man märker att tryckkraften minskar något när stängen roteras under sonderingen, dock utan att detaljer i diagrammet förloras.

Sandskikten på 7 och 9 m djup saknas vid vridningen (d-f) men detta beror på att dessa skikt saknas eller är lösare lagrade inom delar av provningsområdet (se fig 11).

Sonderingarna a-c är utförda på 2 m avstånd. Skillnaden i borrstopp visar att sonderingarna lätt stoppar på sten eller block i friktionsjorden.

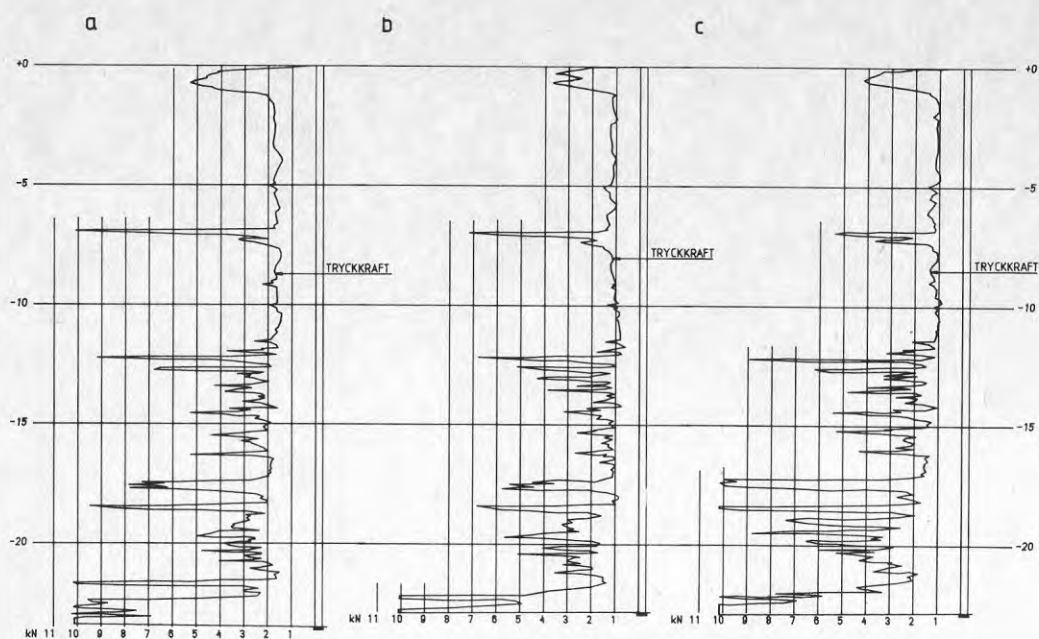


FIG 18 a-c Klareberg, Göteborg

Totaltrycksondering	(ϕ 36 mm)
Fyrkantig spets	
Neddrivningshastighet	6 cm/s
Rotationshastighet	0
Registreringsintervall	0-10 kN

Kommentar

Distinkt registrering och god upplösning. Med registreringsintervallet 0-10 kN blir naturligtvis utslagen från varje skikt större, men man erhåller inte mer information än vid intervallet 0-25 kN (se fig 17).

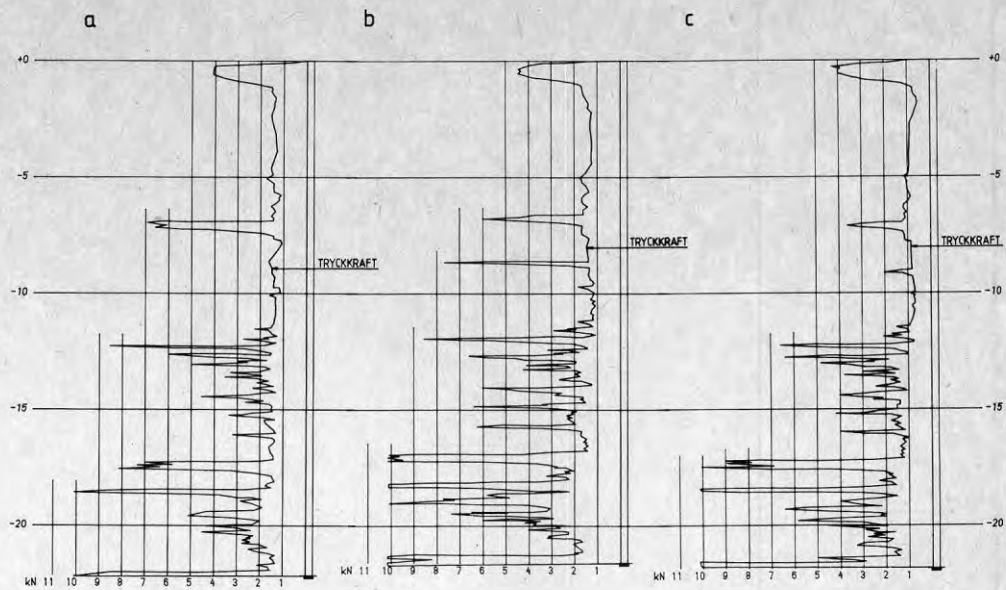


FIG 19 a-c Klareberg, Göteborg

Totaltrycksondering (ϕ 36 mm)
 Rund spets fäst till stången
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 0
 Registreringsintervall 0-10 kN

Kommentar

Distinkt utslag och god upplösning. Utslagen från varje skikt blir tydligare i registreringsintervallet 0-10 kN men informationsmängden blir inte större. Jämförelse med fyrkantig spets figur 18 visar mycket lika diagram.

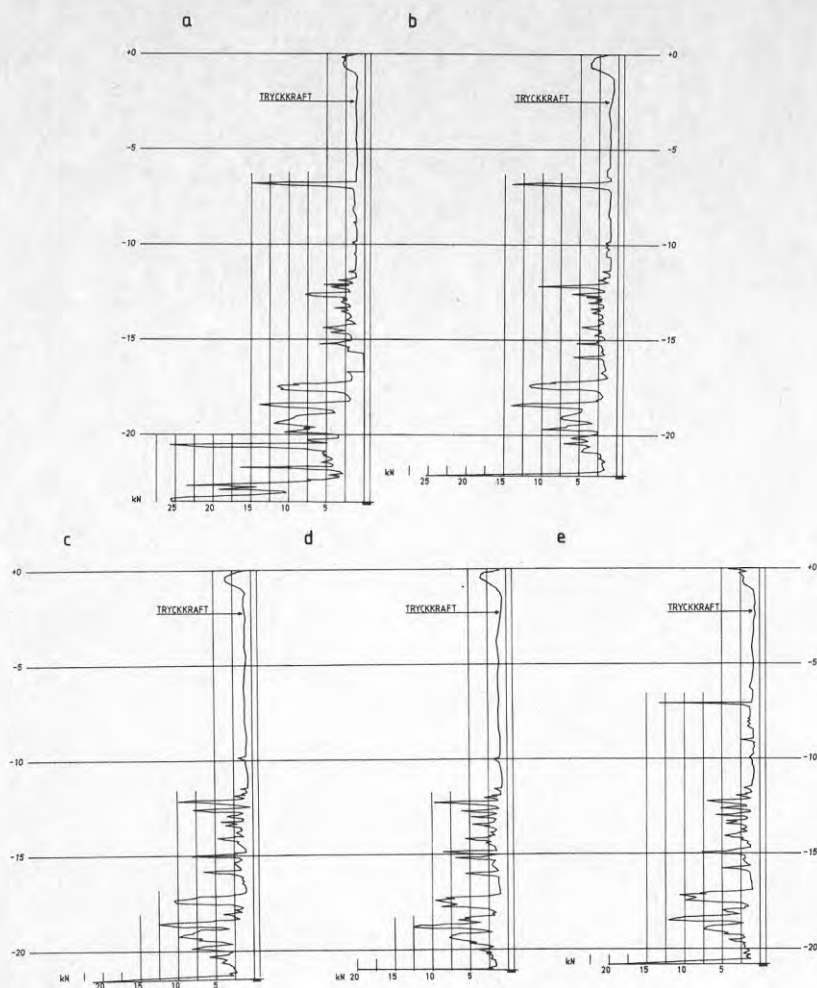


FIG 20 a-e Klareberg, Göteborg

Totaltrycksondering (ϕ 36 mm)

a-b) Rund spets som ej varit fäst vid borrarstången

Neddrivningshastighet 6 cm/s

Rotationshastighet 0

Registreringsintervall 0-25 kN

c-e) Rund spets som ej varit fäst vid borrarstången

Neddrivningshastighet 6 cm/s

Rotationshastighet 3 cm/s (ca 15 v/min)

Registreringsintervall 0-25 kN

Kommentar

Distinkt registrering och god upplösning. Man märker liten eller ingen skillnad på tryckkraftens storlek vid sonderingarna med respektive utan rotation. De olika sonderingarna är sinsemellan mycket lika. Beträffande sandskiktet på ca 7 m djup se text fig 11 och 17.

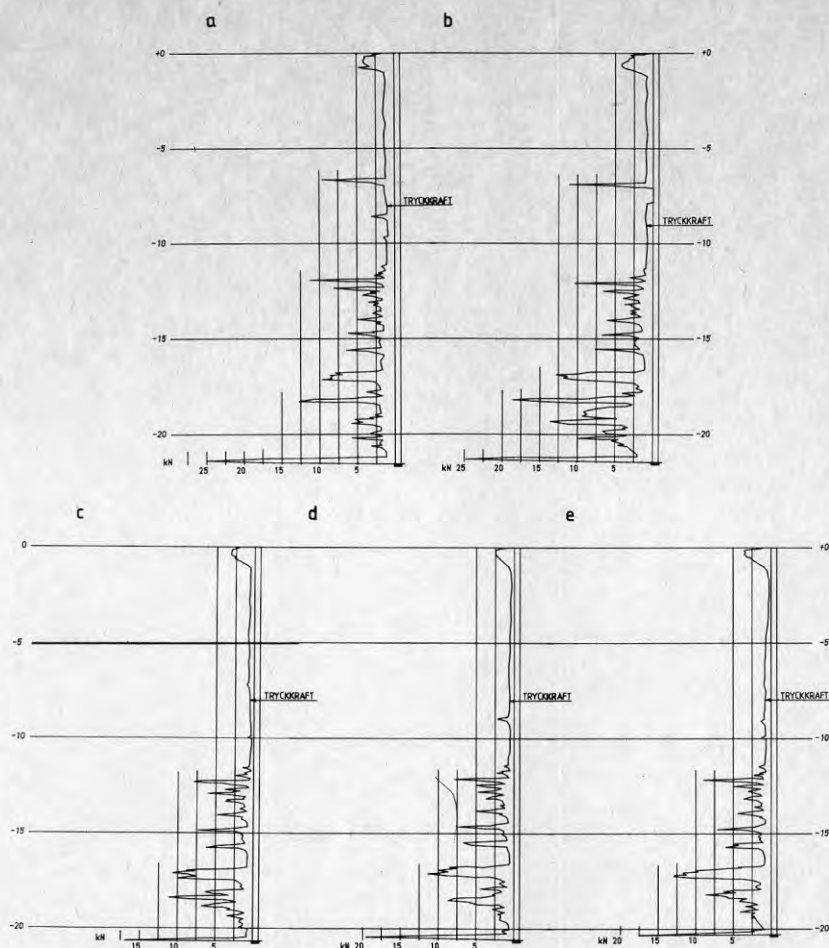


FIG 21 a-e Klareberg, Göteborg

Totaltrycksondering (ϕ 36 mm)

a-b) Rund spets fäst till stängen
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 0
 Registreringsintervall 0-25 kN

c-e) Rund spets fäst till stängen
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 3 cm/s (ca 15 v/min)
 Registreringsintervall 0-25 kN

Kommentar

Distinkt registrering och god upplösning. Tryckkraften är något mindre när borrhängarna roteras under sonderingen än utan rotation. Beträffande sandskiktet på ca 7 m djup se text fig 11 och 17.

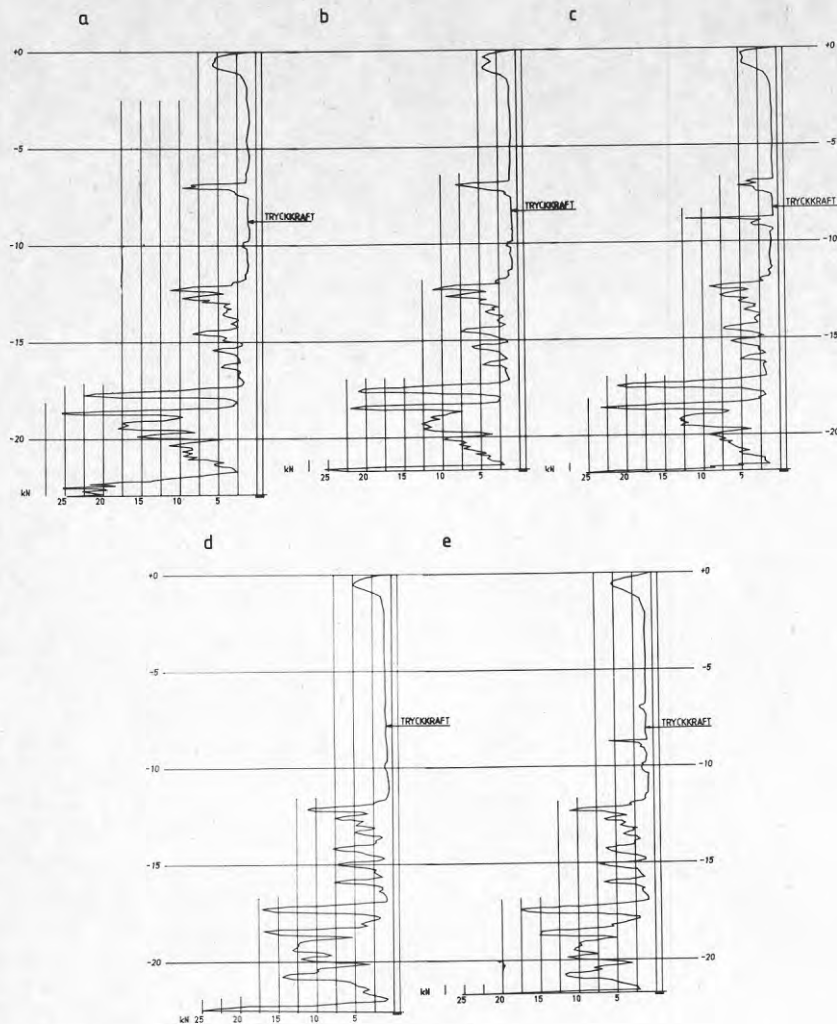


FIG 22 a-e Klareberg, Göteborg

Totaltrycksondering (ϕ 36 mm)

a-c) Vriden spets av egen tillverkning
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 0
 Registreringsintervall 0-25 kN

d-e) Vriden spets av egen tillverkning
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 3 cm/s (ca 15 v/min)
 Registreringintervall 0-25 kN

Kommentar

Skikten registreras med denna spets, som om de vore tjocka och mindre fasta jämfört med tidigare visade diagram. Detta beror på att spetsen har konisk form och att den uppnår sin fulla bredd först efter 20 cm. Sonderingsmotståndet blir därför ett medelvärde av jordmotståndet över 20 cm. Beträffande sandskiktet på ca 7 och 9 m djup se text fig 11 och 17. Tryckkraften blir något mindre då borrarstängerna roteras under sondering jämfört med sondering utan rotation.

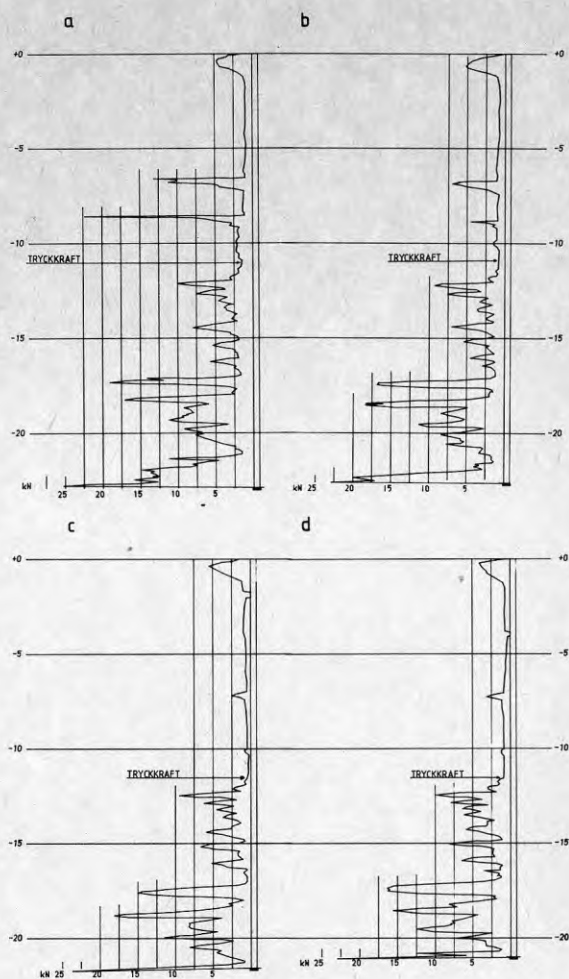


FIG 23 a-d Klareberg, Göteborg

Totaltrycksondering (ϕ 36 mm)

a-b) "Nedsliten" vriden spets av egen tillverkning
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 0
 Registreringsintervall 0-25 kN

c-d) "Nedsliten" vriden spets av egen tillverkning
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 3 cm/s (ca 15 v/min)
 Registreringsintervall 0-25 kN

Kommentar

Neddrivningskraften påverkas i denna jordart förhållandevis litet av spetsens förslitning. I fastare jord kan däremot nedträngningsförmågan påverkas påtagligt av spetsens slitage.

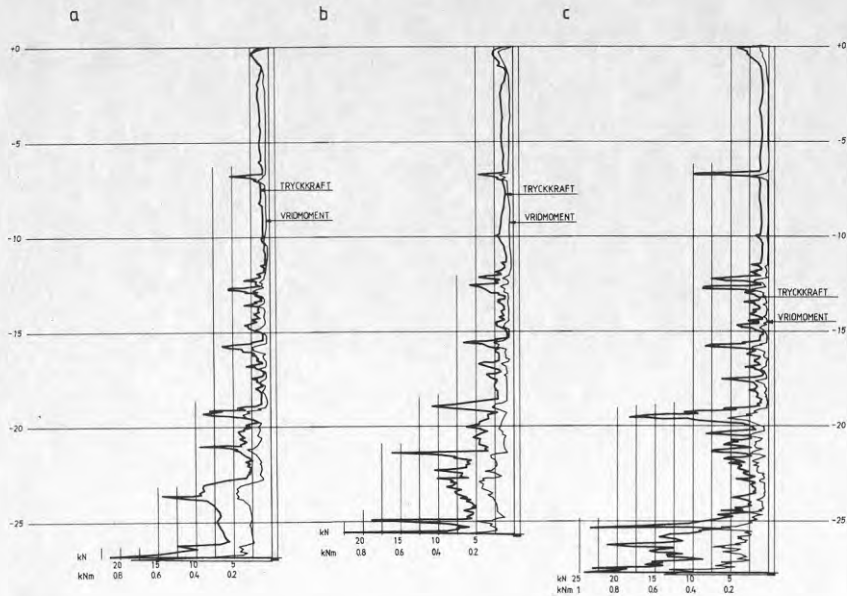


FIG 24 a-c Klareberg, Göteborg

Totaltrycksondering (ϕ 36 mm)

a-b) Vriden spets typ Geonor

Neddrivningshastighet 6 cm/s

Rotationshastighet 6 cm/s (ca 30 v/min)

Registreringsintervall 0-25 kN

c) Fyrkantig spets

Neddrivningshastighet 6 cm/s

Rotationshastighet 6 cm/s (ca 30 v/min)

Registreringsintervall 0-25 kN

Kommentar

Sonderingarna är utförda ca 100 m från övriga sonderingar. Man kan inte märka några väsentliga avvikelser jämfört med sonderingar med långsammare rotation eller helt utan rotation.

2.6 VTI, Linköping

Provområdet är beläget i anslutning till Statens Geotekniska Institut (SGI), i Linköping.

Jordlagren inom området består från markytan i huvudsak av:

1. Vegetationsjord ca 0.3 m
2. Lera ca 5 m
3. Silt ca 10 m
4. Morän

Leran utgöres till ca 3 m av torrskorpa och därunder av lösare lera.

Silten har skiktvis varierande lagringstäthet och fasthet.

Moränen är fast och innehåller rikligt med block.

Sonderingsresultat från VTI, Linköping redovisas i figurerna 25-27.

Figur 25: Provtagning, spetstrycksondering, trycksondering (ϕ 25 mm), hejarsondering, viktsondering.

Figur 26-27: Totaltrycksondering ϕ 36 mm.

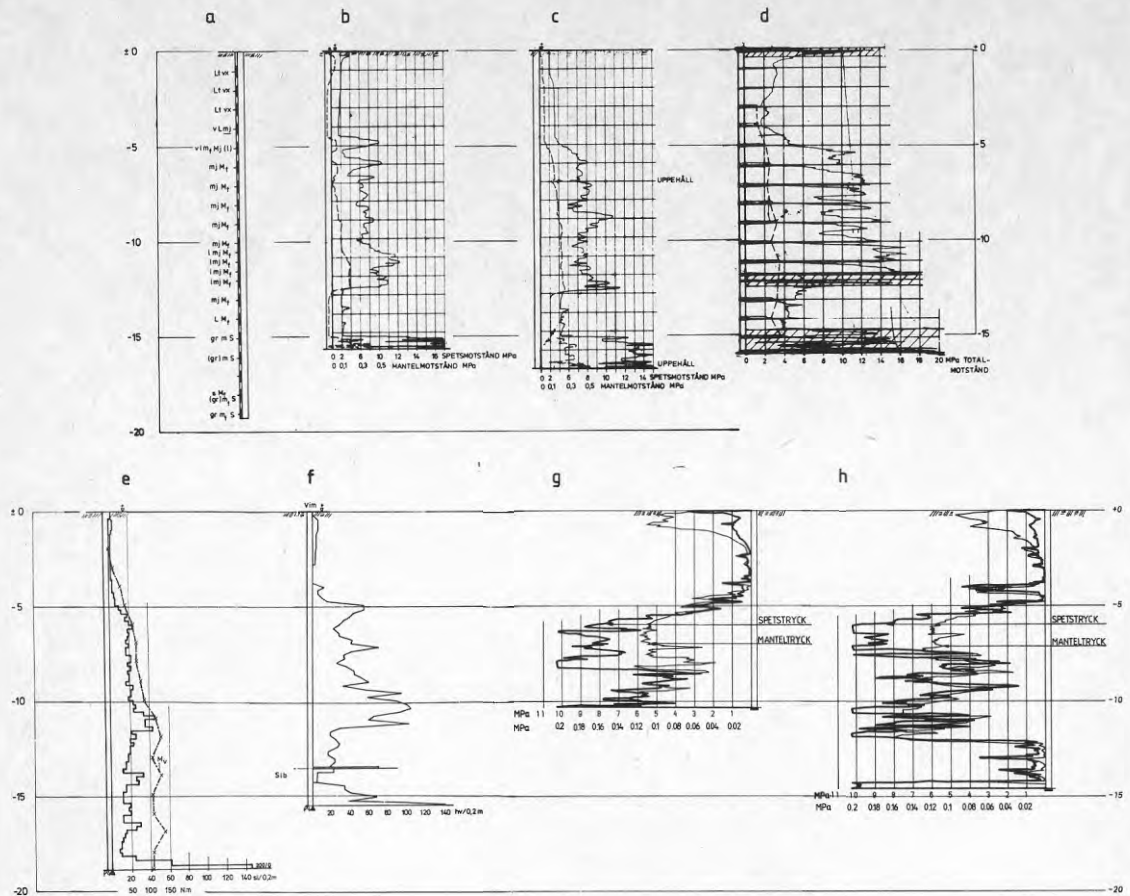


FIG 25 a-h VTI, Linköping

- | | | |
|------|--|----------------|
| a) | Provtagning | utförd av SGI |
| b-c) | Spetstrycksondering | _____ " _____ |
| d) | Totaltrycksondering
(ϕ 25 mm) | _____ " _____ |
| e) | Hejarsondering | _____ " _____ |
| f) | Viktsondering | _____ " _____ |
| g-h) | Spetstrycksondering | utförd av BAAB |

Kommentar

Spetstrycksonderingarna b, c, g och h får anses ge den bästa detalj-informationen om jordens fasthet. Även totaltrycksonderingen ϕ 25 (d) och delvis viktsonderingen (f) ger en motsvarande och relativt detaljerad kurvform. Hejarsonderingen (e) ger en betydligt mindre detaljerad kurva.

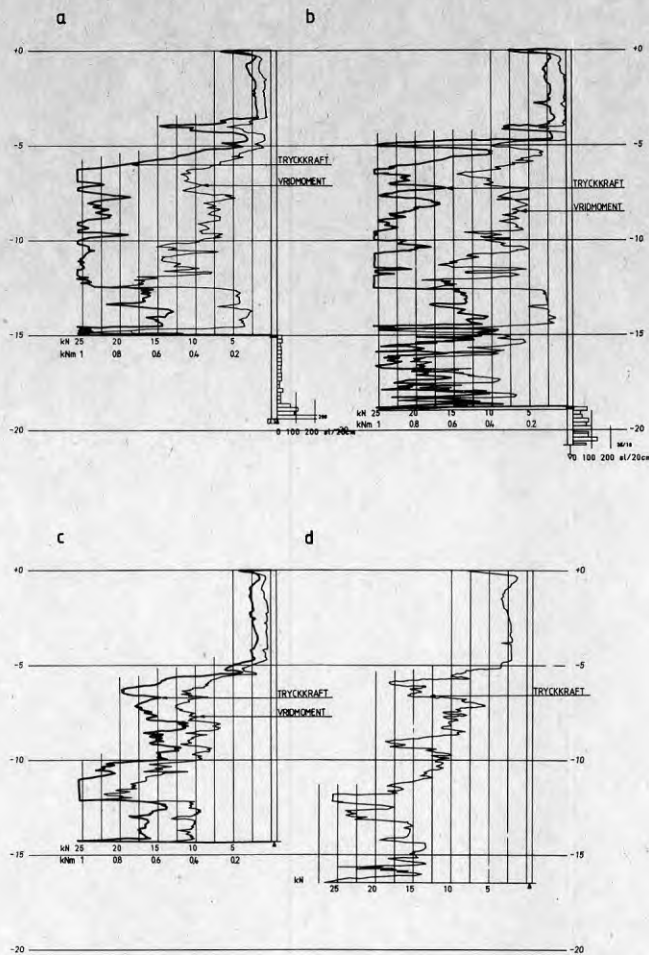


FIG 26 a-d VTI, Linköping

Totaltrycksondering (ϕ 36 mm)

a-b) Vriden spets typ Geonor
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 3 cm/s (ca 15 v/min)
 Registreringsintervall 0-25 kN

c-d) Vriden spets typ Geonor
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 6 cm/s (ca 30 v/min)
 Registreringsintervall 0-25 kN

Kommentar

Diagrammen visar tydligt hur tryckkraften minskar vid ökad rotation. Tryckning utan rotation skulle i detta fall fordra en mycket stor kraft. Vid rotationen 6 cm/s får man en tryckkraft som är mindre än 25 kN och ett diagram som är rikt på detaljer.

Ökad rotationshastighet innebär ett ökat vridmoment vid sonderingen. Vridmomentets variation överensstämmer mycket väl med tryckkraftens variation.

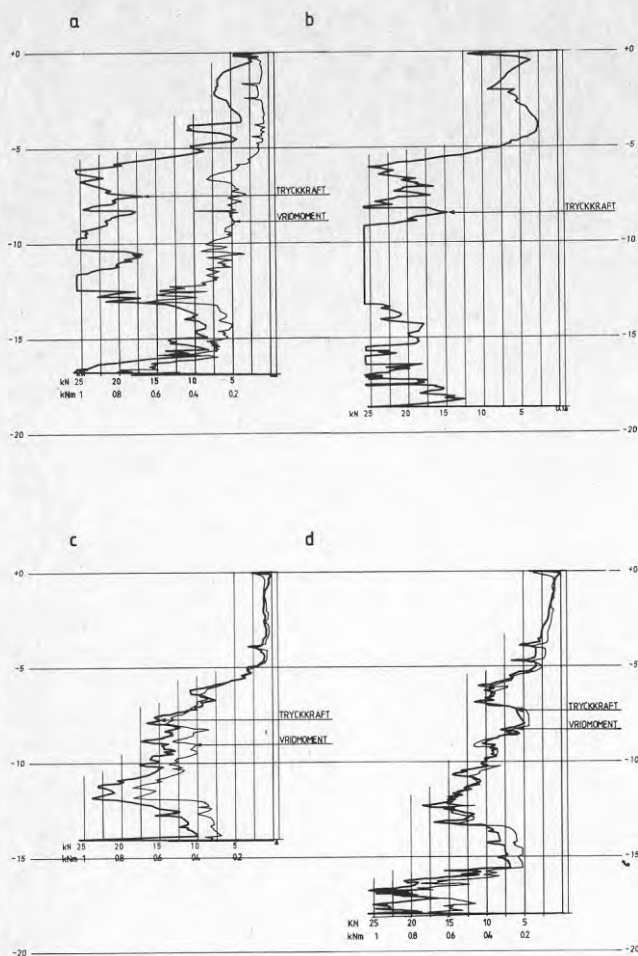


FIG 27 a-d VTI, Linköping

- a-b) Fyrkantig spets
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 3 cm/s (ca 15 v/min)
 Registreringsintervall 0-25 kN
 Sonderingarna har avslutats med Hejarsondering
- c-d) Fyrkantig spets
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 6 cm/s (ca 30 v/min)
 Registreringsintervall 0-25 kN

Kommentar

Liksom i fig 26 finner man att rotationshastigheten bör vara ca 6 cm/s för att tryckkraften skall bli mindre än 25 kN. Den fyrkantiga spetsen ger ett något större motstånd än den vridna spetsen enligt fig 26.

2.7 Kolbyttemon, Linköping

Provområdet är beläget ca 15 km sydväst om Linköping. Jordlagren inom området består från markytan i huvudsak av vegetationsjord och därunder av sand till ca 15 m djup. Enligt sonderingen är sanden fast lagrad.

Sonderingsresultat från Kolbyttemon, Linköping redovisas i figurerna 28-30.

Figur 28: Provtagning, hejarsondering, spetstrycksondering, totaltrycksondering (ϕ 25 mm), viktsondering

Figur 29: Totaltrycksondering ϕ 36 mm

Figur 30: _____ " _____

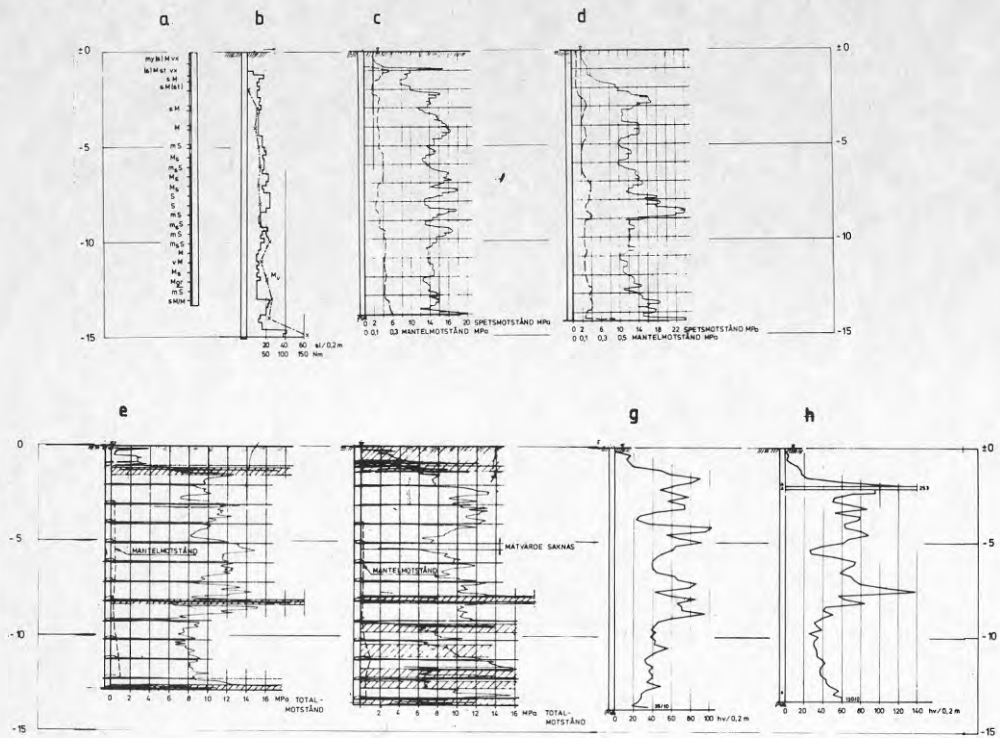


FIG 28 a-h Kolbytteimon, Linköping (utförd av SGI)

- a) Provtagning
- b) Hejarsondering (Hfa)
- c-d) Spetstrycksondering
- e-f) Totaltrycksondering (ϕ 25 mm)
- g-h) Viktsondering (Vim)

Kommentar

Spetstrycksonderingen (c-d) och viktsonderingen (g-h) ger en relativt likartad bild av motståndet i jorden.

Totaltrycksonderingen (ϕ 25 mm, e-f) är i detta fall inte tillräckligt stark utan man har tvingats slå ned stängen genom skikt med större motstånd. Sonderingsdiagrammen blir då mycket svårslästa och delvis missvisande.

Hejarsonderingen (b) ger en odetaljerad kurva och i detta fall samma djup till borrhopp som övriga sonderingsmetoder.

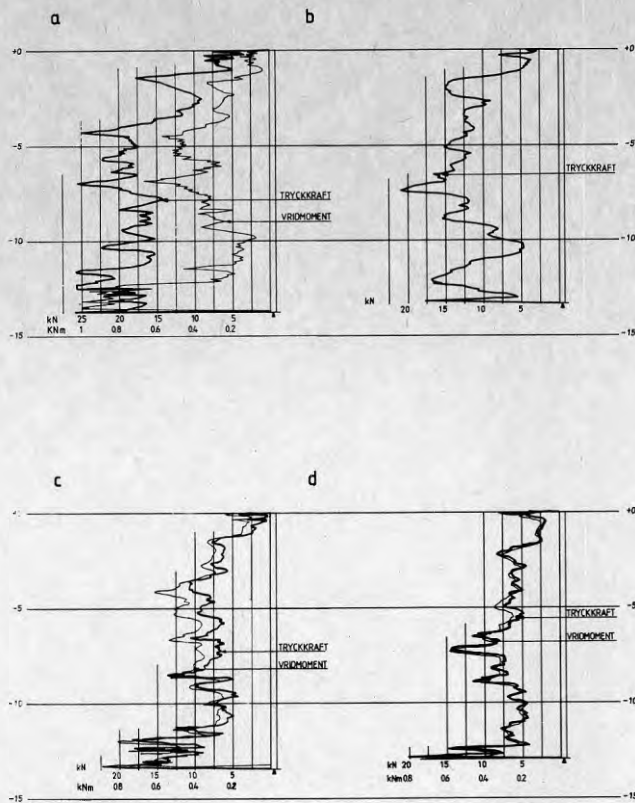


FIG 29 a-d Kolbyttemon, Linköping

Totaltrycksondering (ϕ 36 mm)

- a-b) Vriden spets typ Geonor
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 3 cm/s (ca 15 v/min)
 Registreringsintervall 0-25 kN
- c-d) Vriden spets typ Geonor
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 6 cm/s (ca 30 v/min)
 Registreringsintervall 0-25 kN

Kommentar

Tryckkraften minskar påtagligt vid ökad rotationshastighet medan vridmomentet påverkas mindre.

Variationen i tryckkraft motsvarar väl spetsmotståndet enligt fig 28 c.

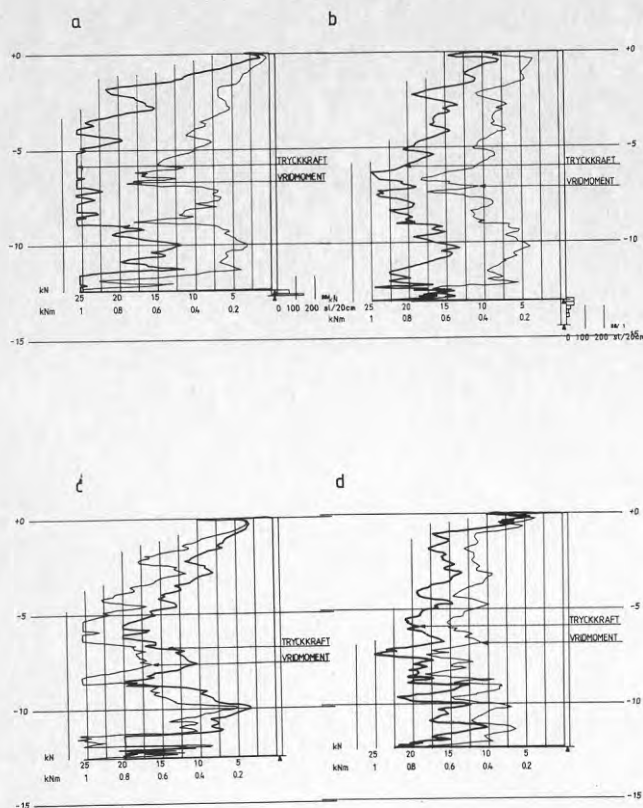


FIG 30 a-d Kolbyttemon, Linköping

Totaltrycksondering (ϕ 36 mm)

- a-b) Fyrkantig spets
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 3 cm/s (ca 15 v/min)
 Registreringsintervall 0-25 kN
 Sonderingarna har avslutats med hejarsondering
- c-d) Fyrkantig spets
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 6 cm/s (ca 30 v/min)
 Registreringsintervall 0-25 kN

Kommentar

En ökning av rotationshastigheten ger en mindre tryckkraft men ett större vridmoment. Den fyrkantiga spetsen ger ett större sonderingsmotstånd än den vridna spetsen, se fig 29.

Vi hade svårigheter att tränga igenom ytjorden med den fyrkantiga spetsen och fick göra flera försök i varje borrhypunkt. Den vridna spetsen trängde däremot utan svårighet genom de ytliga jordlagren.

Hejarsondering har utförts i a-b dock med liten ytterligare nedträngning.

2.8 Angered, Göteborg

Provfältet är beläget ca 300 m sydost om Angereds centrum, i nordöstra Göteborg.

Jordlagren utgöres från markytan i huvudsak av vegetationsjord 0.1 m och därunder av fast lera till ca 10 å 15 m djup. Leran vilar på berg eller på ett tunt friktionsjordlager närmast berget.

Leran inom Angered karakteriseras av att den är starkt överkonsoliderad. Skjuvhållfastheten uppmätt med vingborr är som regel större än 100 kPa, vilket kan jämföras med de normala värdena 10 å 30 kPa hos Göteborgsleran.

Lerans vattenkvot är låg, ca 30-40%. Normalt brukar Angeredslerans sensitivitet vara omkring 20 å 30, men lokalt kan sensitiviteten vara mycket hög.

En annan speciell egenskap hos leran är att ett upptagit lerprov lätt spricker i ett rätvinkligt mönster (brukar kallas stolplera).

Sonderingsresultat från Angered, Göteborg redovisas i fig 31-33.

Figur 31 : Spetstrycksondering, totaltrycksondering (ϕ 25 mm),
viktsondering

Figur 32-33 : Totaltrycksondering ϕ 36 mm

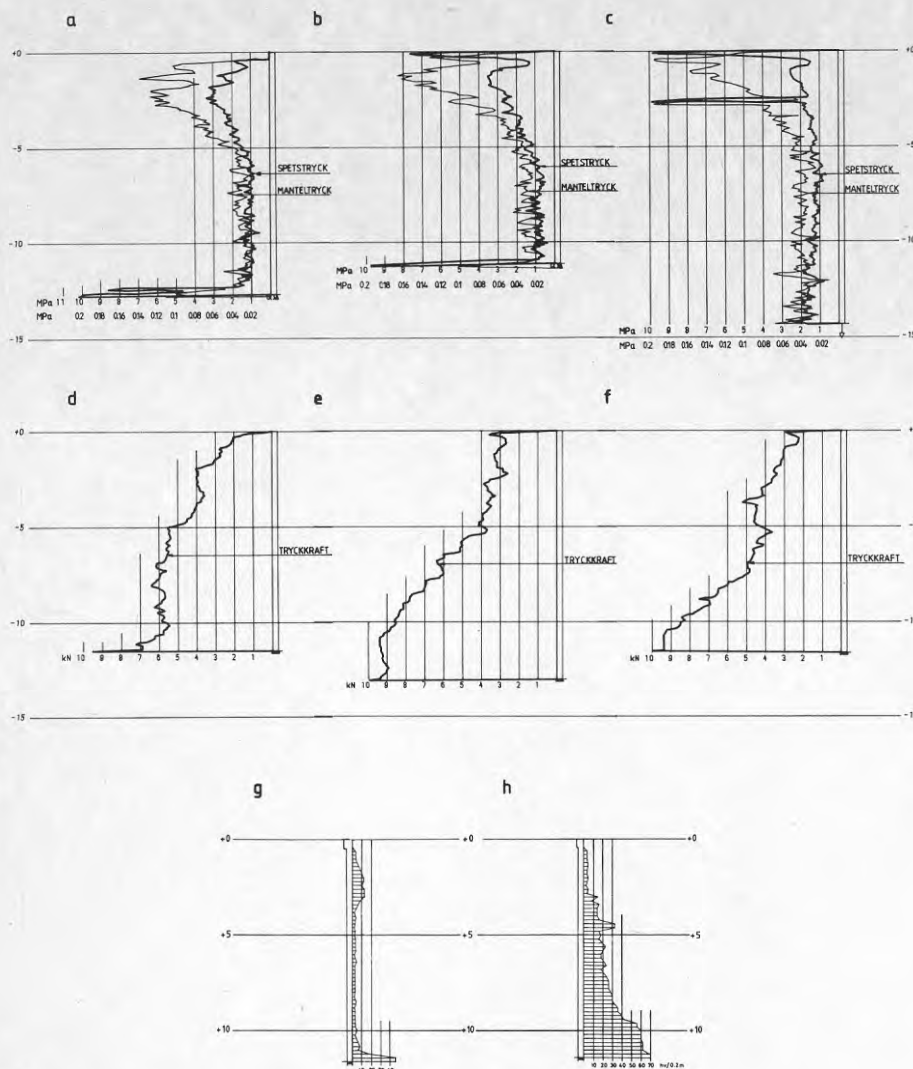


FIG 31 a-h Angered, Göteborg

a-c) Spetsstrycksondering typ Geotech. Neddrivningshastighet 2 cm/s
 d-f) Totaltrycksondering ϕ 25 mm typ Geotech. Neddrivningshast 6 cm/s
 g-h) Viktsondering

Kommentar

Spetsstrycksonderingen (a-c) ger stort spetsmotstånd till 4 å 5 m djup och därunder förhållandevis litet motstånd. Kurvorna är "tag-gigare" än normalt i lerjord. Mantelmotståndet är relativt stort. Totaltrycksonderingen ϕ 25 mm (d-f) visar ett med djupet starkt ökande tryckkraft dvs tvärtemot tendensen vid spetsstrycksonderingen. Vi har utfört ett stort antal totaltrycksonderingar ϕ 25 mm inom Angered och funnit att sonderingsdiagrammet kan variera högst avsevärt. Den troligaste orsaken är att lerans sensitivitet varierar. Viktsonderingen (g-h) visar just hur sonderingsmotståndet kan variera i denna fasta lera. De två diagrammen är helt olika. Avståndet mellan punkterna är 10 m och båda sonderingarna utfördes samma dag under helt likartade förhållanden.

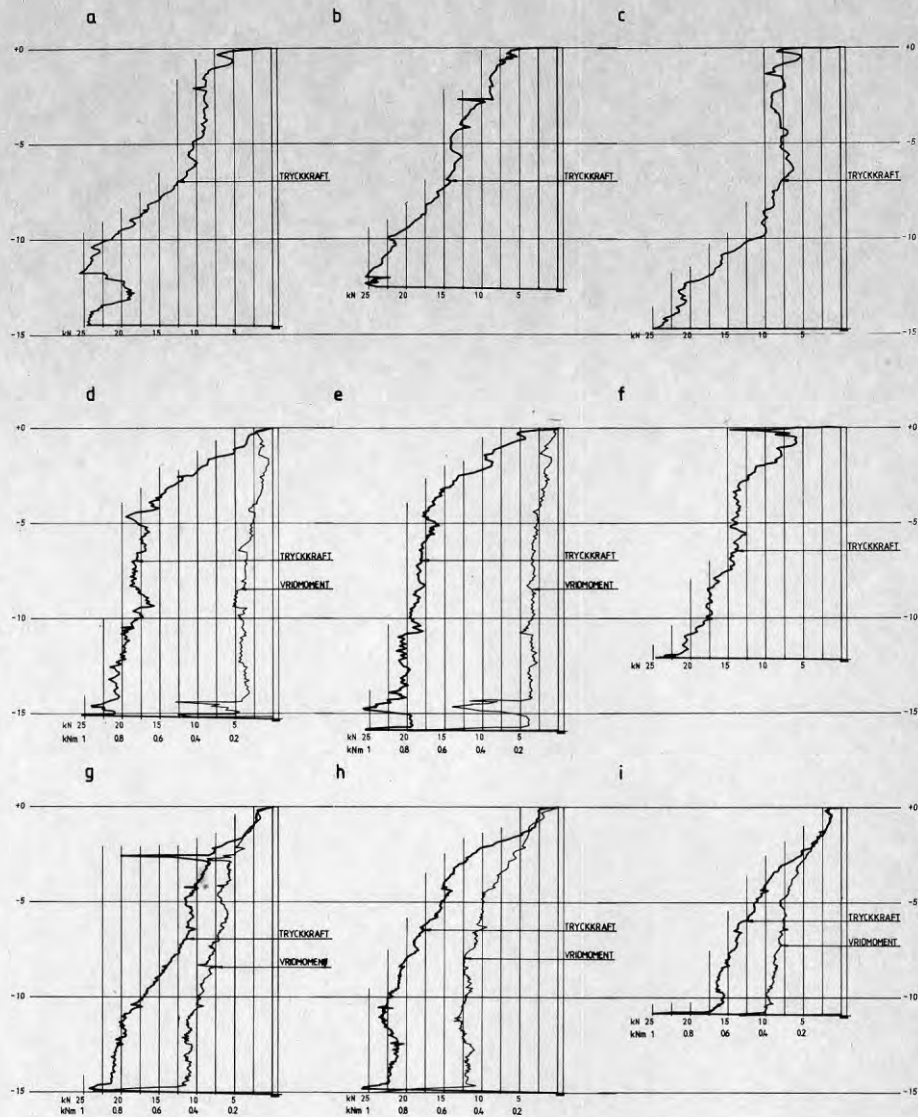


FIG 32 a-i Angered, Göteborg. Totaltrycksöndering (ϕ 36 mm)

- a-c) Vriden spets av typ Geonor. Neddrivningshastighet 6 cm/s
Rotationshastighet 0 cm/s. Registreringsintervall 0-25 kN
- d-f) Vriden spets av typ Geonor. Neddrivningshastighet 6 cm/s
Rotationshastighet 3 cm/s. Registreringsintervall 0-25 kN
- g-i) Vriden spets av typ Geonor. Neddrivningshastighet 6 cm/s
Rotationshastighet 6 cm/s. Registreringsintervall 0-25 kN

Kommentar

I princip synes tryckkraften vara oberoende av rotationen. Vridmomentet däremot ökar med ökande rotationshastighet. Kurvorna är "taggigare" än vanligt i lerjord. Överensstämmelsen med spetsstrycksönderingen är mycket dålig.

Dessa resultat skiljer sig markant från önderingarna inom övriga provfält. Någon entydig förklaring kan inte ges men en möjlig orsak är att vidhäftning längs stängen är extremt stor beroende på lerans fasthet.

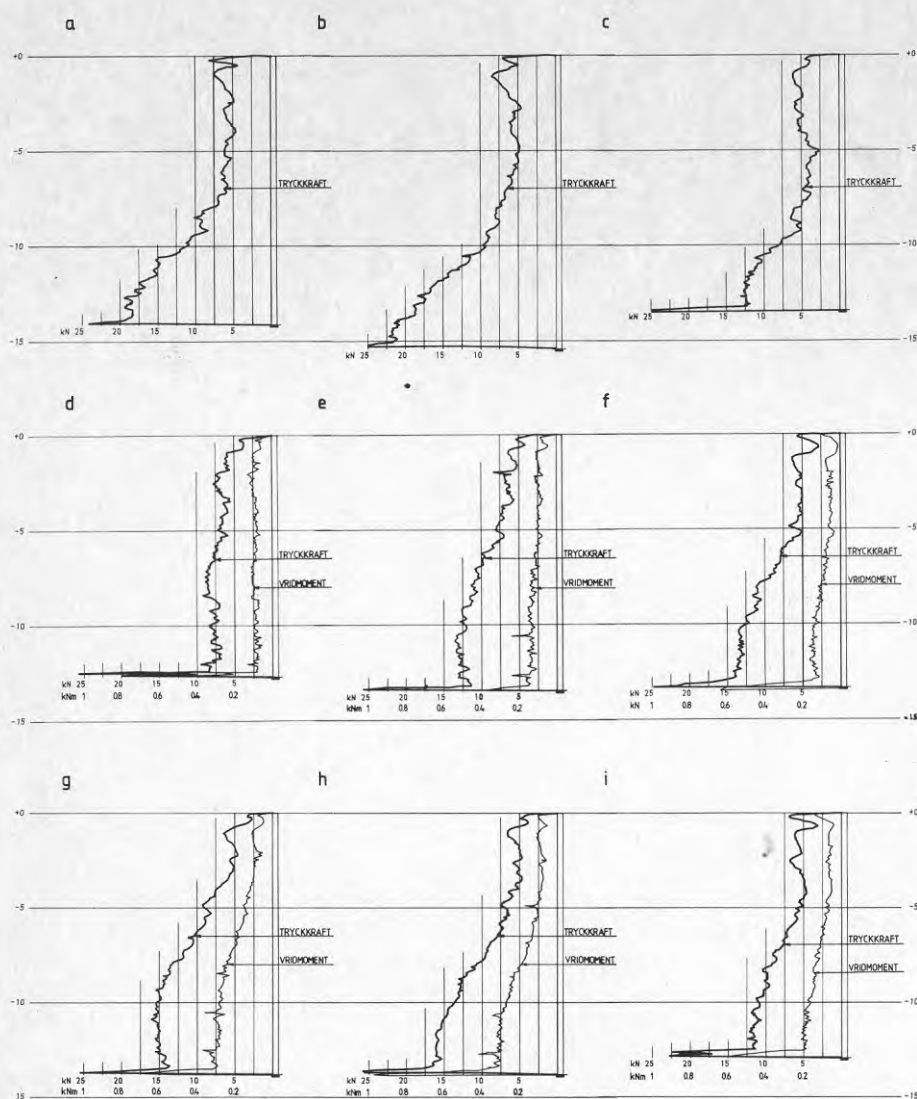


FIG 33 a-i Angered, Göteborg. Totaltrycksondering (ϕ 36 mm)

- a-c) Fyrkantig spets. Neddrivningshastighet 6 cm/s
Rotationshastighet 0 cm/s. Registreringsintervall 0-25 kN
- d-f) Fyrkantig spets. Neddrivningshastighet 6 cm/s
Rotationshastighet 3 cm/s. Registreringsintervall 0-25 kN
- g-i) Fyrkantig spets. Neddrivningshastighet 6 cm/s
Rotationshastighet 6 cm/s. Registreringsintervall 0-25 kN

Kommentar

Tryckkraften och vridmomentet varierar ungefär som för den vridna spetsen, fig 32, men är som absolut-belopp mindre. I silt- och sandjorden i Linköping har den fyrkantiga spetsen tvärtemot givit ett större motstånd. En förklaring kan vara att den fyrkantiga spetsen har större diagonalmått och skapar ett större hål som minskar vidhäftningen längs stängen.

3 UTVÄRDERING

3.1 Känslighet

3.1.1 Känslighet med hänsyn till spetsens utformning

I lös lera har vi inte kunnat se någon skillnad i känslighet mellan de olika spetsarna, beroende på att sonderingsmotståndet är litet. Däremot registreras silt- och sandskikt i leran olika med olika spetsar. Trubbiga spetsar (dvs spetsar som snabbt uppnår sin fulla tjocklek ex fyrkantig spets) ger ett betydligt distinktare utslag för skikt i leran, medan "spetsformade" spetsar (ex den vridna spetsen av egen tillverkning) ger ett utslag som om skiktet vore tjockare och mindre fast. Ingen av spetsarna missar dock något skikt. Vid sondering i silt och sand har den fyrkantiga spetsen gett ett större sonderingsmotstånd än den vridna spetsen (se fig 34). Förmodligen beror detta på att den har en större diagonal och därmed blir det borrade hålets tvärarea större än den vridna spetsen. Dessutom utnyttjas antagligen den vridna spetsens "skruvförmåga".

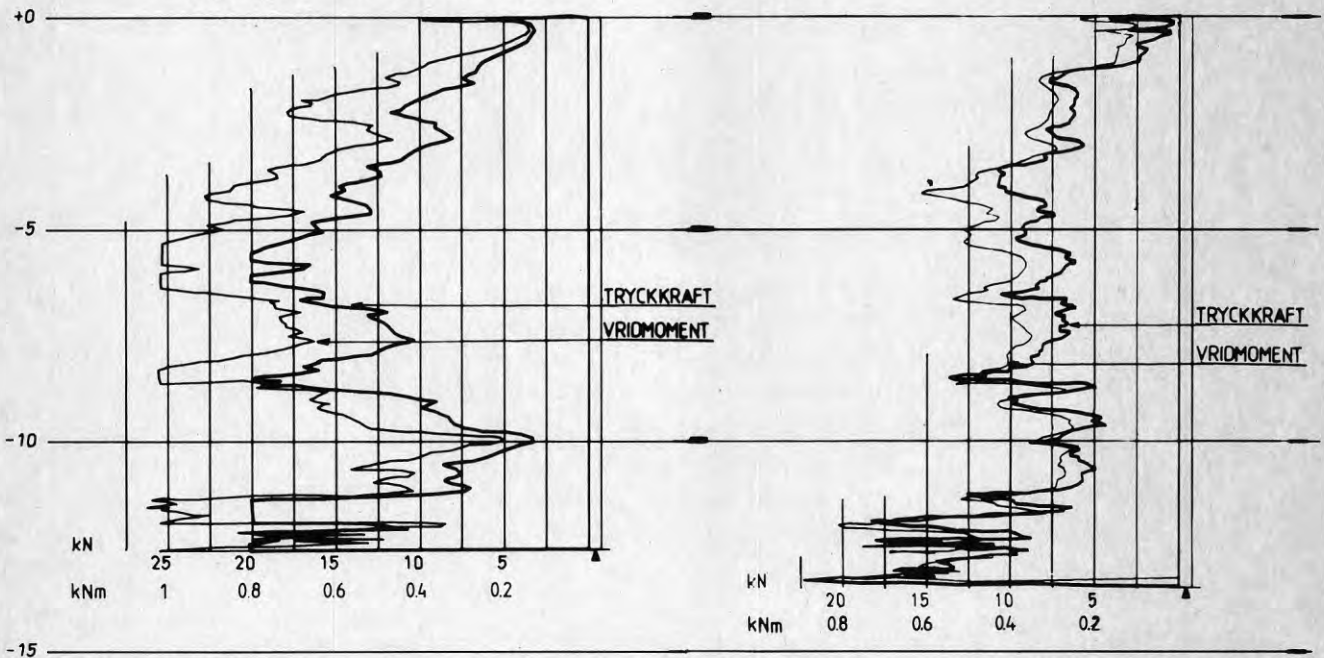


FIG 34 a-b Kolbyttemon, Linköping

Totaltrycksondering (ϕ 36 mm)

- a) Fyrkantig spets
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 6 cm/s
 Registreringshastighet 0-25 kN
- b) Vriden spets av typ Geonor
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 6 cm/s
 Registreringshastighet 0-25 kN

Kommentar

Vid sondering i silt och sand har den fyrkantiga spetsen gett ett större sonderingsmotstånd än den vridna spetsen.

I den fasta leran i Angered är dock förhållandet det omvända. Där har den fyrkantiga spetsen gett ett lägre sonderingsmotstånd än den vridna spetsen (se fig 35). Någon entydig förklaring kan inte ges men en möjlig orsak är att vidhäftningen längs stängen är extremt stor beroende på lerans fasthet. Eftersom den fyrkantiga spetsen ger ett större hål blir mantelkohesionen mindre.

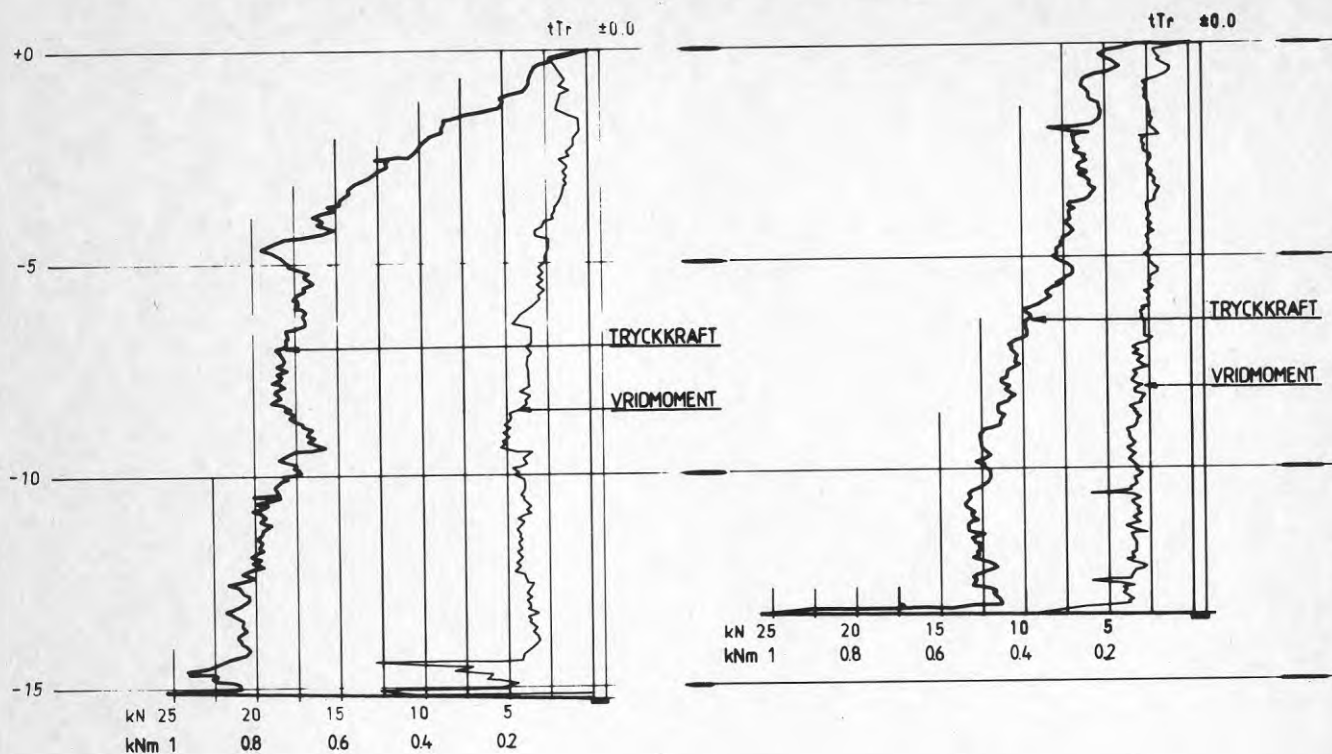


FIG 35 a-b Angered, Göteborg

- a) Vriden spets av typ Geonor
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 6 cm/s
 Registreringsintervall 0-25 kN
- b) Fyrkantig spets
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 6 cm/s
 Registreringsintervall 0-25 kN

Kommentar

I den fasta leran i Angered har den fyrkantiga spetsen gett ett lägre sonderingsmotstånd än den vridna spetsen.

3.12 Känslighet med hänsyn till rotation

Generellt gäller att utan rotation av borrhstänger och spets upptas hela sonderingsmotståndet som enbart en vertikalkraft. Roterar borrhstången under neddrivningen upptas en del av sonderingsmotståndet som en vertikalkraft och en del som ett vridmoment. Vertikalkraften bör alltså minska om borrhstängerna roteras samtidigt som vridmomentets andel av sonderingsmotståndet ökar.

I lös lera minskar tryckkraften något om stängerna roteras under sonderingen. Eftersom sonderingsmotståndet är litet är skillnaden ibland svår att upptäcka. Motståndet för vissa skikt blir vid vridning kanske inte alltid lika stort som utan vridning men jordlagerbilden förblir densamma.

I silt/sand minskar tryckkraften betydligt i samband med ökad rotation samtidigt som vridmomentet ökar något (se fig 36).

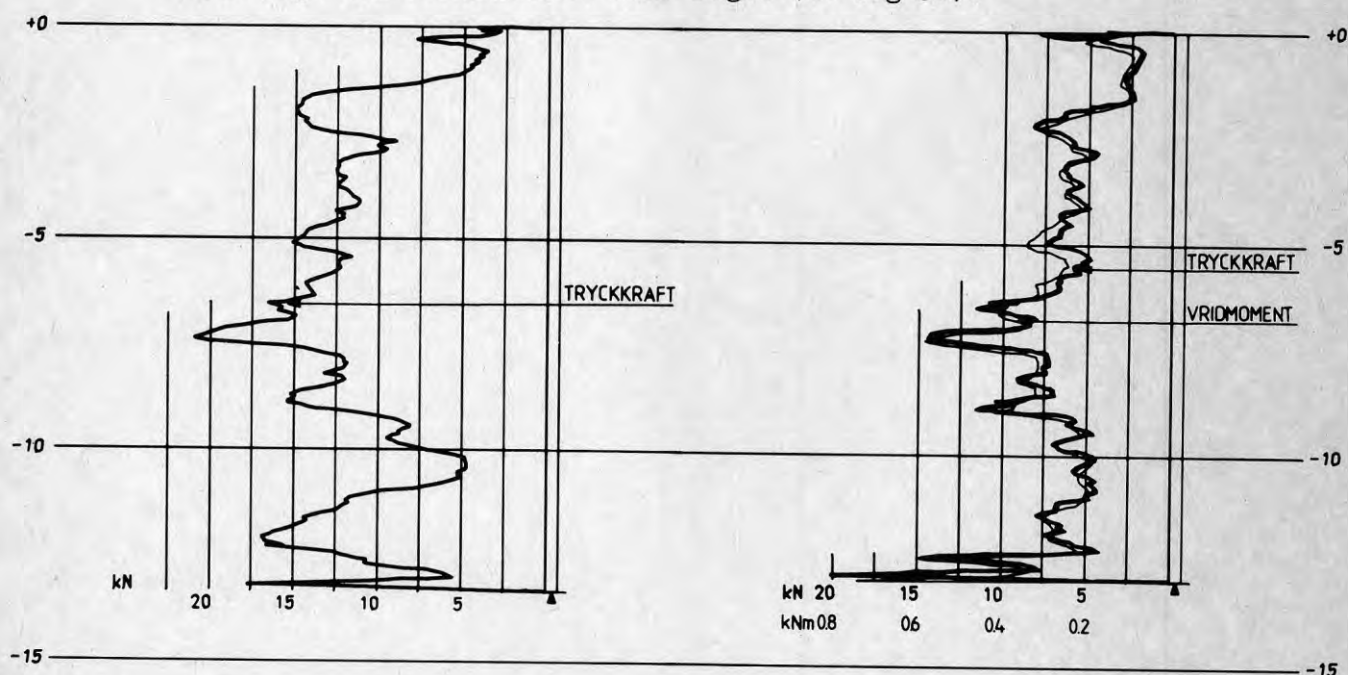


FIG 36 a-b) Kolbyttemon, Linköping

- a) Vriden spets av typ Geonor
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 3 cm/s
 Registreringsintervall 0-25 kN
- b) Vriden spets av typ Geonor
 Neddrivningshastighet 6 cm/s
 Rotationshastighet 6 cm/s
 Registreringsintervall 0-25 kN

Kommentar

I silt/sand minskar tryckkraften betydligt i samband som vridmomentet ökar något.
 I den fasta leran däremot har både tryckkraft och vridmoment ökat när borrhstängerna roteras jämfört med sondering utan rotation (se fig 37)

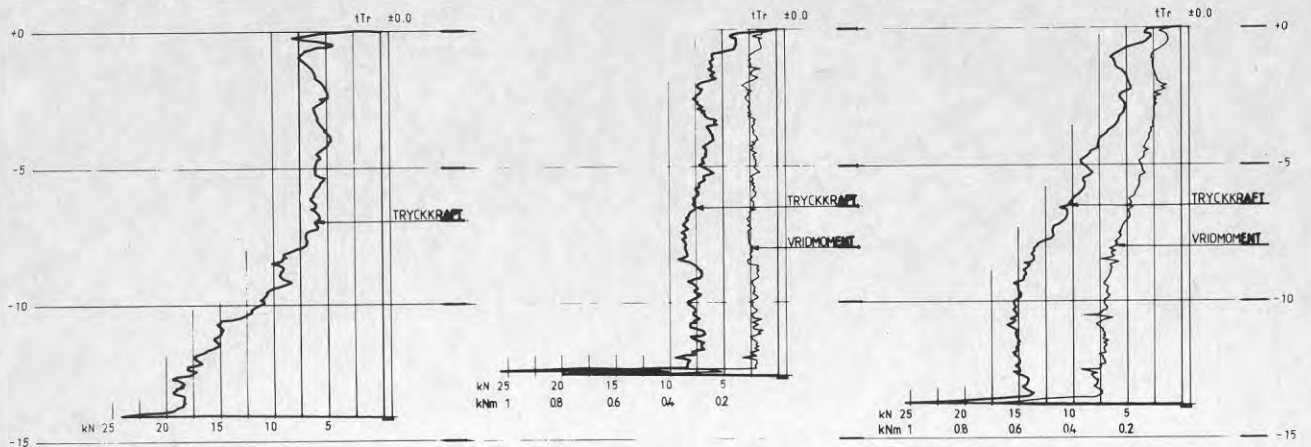


FIG 37 a-c) Angered, Göteborg

- | | | | |
|----|------------------------|------|------|
| a) | Fyrkantig spets | | |
| | Neddrivningshastighet | 6 | cm/s |
| | Rotationshastighet | 0 | cm/s |
| | Registreringsintervall | 0-25 | kN |
| b) | Fyrkantig spets | 6 | cm/s |
| | Rotationshastighet | 3 | cm/s |
| | Registreringsintervall | 0-25 | kN |
| c) | Fyrkantig spets | | |
| | Neddrivningshastighet | 6 | cm/s |
| | Rotationshastighet | 6 | cm/s |
| | Registreringsintervall | 0-25 | kN |

Kommentar

I den fasta leran däremot har både tryckkraft och vridmoment ökat när borrhängerna roteras jämfört med sondering utan rotation.

Vi anser inte att man förlorar väsentlig information om jordlagren (ex silt/sand-skikt i leran) vid rotation av stängerna jämfört med sondering utan rotation. Fördelar med kontinuerlig rotation är att sonderingen utförs på samma sätt såväl i lös jord som i fast jord och att sonderingsdiagrammen fås utan diskontinuiteter, vilket underlättar tolkningen av undersökningen. Det är troligt att borrhängerna går rakare vid sonderingar om stängerna vrides kontinuerligt.

De jämförande sonderingarna visar att man vid neddrivningshastigheten 6 cm/s bör välja vridningen 6 cm/s (30 varv/min), dvs en punkt på borrhängens periferi rör sig i lutning 1:1 nedåt. Vid stort sonderingsmotstånd blir ofta neddrivningshastigheten något mindre men vår erfarenhet visar att detta inte har så stor praktisk betydelse.

3.2 Nedträngningsförmåga

3.21 Nedträngningsförmåga genom ytjordlager

Nedträngningsförmågan genom fyllningar och hårda svårgenomträngliga ytjordar varierar mycket mellan olika spetsar. Bästa genomträngningsförmågan har den vridna spetsen typ Geonor medan den helt runda spetsen har den sämsta genomträngningsförmågan. Av de olika provområdena fanns problem med genomträngning i ytjordlagren endast vid Kolbytteomon. Den fyrkantiga spetsen stoppade där ofta på stenar i ytjorden och vi var tvungna att göra flera försök vid några av sonderingarna för att komma genom. Däremot trängde den vridna spetsen genom ytjordlagret vid första försöket vid alla sonderingar. Rotation ger större nedträngningsförmåga i ytjordlager eftersom man lättare kan driva undan stenar och liknande hinder om stängen roteras. I de övriga provfälten bestod ytjorden av torrskorpelera som ju normalt inte medför några genomträngningsproblem vid sonderingar. Från våra ordinarie konsultuppdrag har vi dock stor erfarenhet av andra typer av ytjordar och där har den vridna spetsen visat sig ha överlägsen genomträngningsförmåga jämfört med andra typer av spetsar. I jämförelse med andra sonderingsmetoder (viktsondering, trycksondering ϕ 25 mm, spets-trycksondering) anser vi att borrhåll ϕ 36 med norsk spets har klart bättre genomträngningsförmåga.

3.22 Nedträngning på större djup

Man kan inte konstatera någon större skillnad på djupet till borrhåll mellan fyrkantig spets och vriden spets, dvs förmågan att tränga igenom exempelvis hårda friktionsjordar på djupet skiljer sig inte. Vi kan ej heller märka någon större skillnad mellan denna sonderingsmetod och andra sonderingsmetoder typ hejarsondering i fråga om djupet till borrhåll. Antagligen beror det på att stenar eller mindre block är tillräckliga för att erhålla borrhåll, eftersom det är mycket svårt att spräcka stenen eller att få den att flytta sig i sidled. De geologiska förhållandena i Sverige är normalt sådana att stenar och block förekommer rikligare på större djup och framför allt finns nästan undantagslöst ett fast moränlager närmast berget. Den enda säkra metoden att tränga igenom sådana fasta, steniga jordlager och bestämma bergnivån är bergsondering.

Enligt leverantörer av borrarutrustning kan borrarstänger ϕ 36 mm göras så starka att de kan användas för jordbergsondering. Man kan förmoda att totaltrycksonderingen avslutad med jordbergsondering i framtiden kommer att bli en vanlig sonderingsmetod.

3.3 Utvärdering av sonderingsdiagram

Totaltrycksondering och viktsondering är "grova" sonderingsmetoder, som dock ger en god bild av jordlagerföljden och jordens varierande fasthet. Man bör däremot inte göra någon utvärdering av absolutvärden (såsom kompressionsegenskaper, skjuvhållfasthet mm) ur sonderingsdiagrammen. Sådana utvärderingar kan möjligen utföras från noggranna sonderingar typ spetstrycksonderingar eller in-situ-mätningar ex vingssonderingar eller provtagning med efterföljande laboratorieundersökning.

3.4 Ekonomi och praktisk användning

Det ligger en stor ekonomisk vinst i att man endast har en uppsättning av borrhög och borrarstänger för samtliga provtagnings- och sonderingsmetoder, istället för en utrustning till varje metod. Vinsten ligger både i en lägre kostnad för lagerhållning och i att fältarbetet blir effektivare. Kostnaden för fältarbetet blir mindre främst därför att man minimerar tiden för byte från en borrhögmetod till en annan och att man lättare och snabbare kan arbeta i fastare jordlager.

Borrarstänger ϕ 36 mm är dyrare i inköp än andra borrarstänger men i gengäld har enligt vår erfarenhet antalet kasserade stänger varit betydligt mindre, beroende på att både borrarstänger och skarvtappar är kraftigare och utförda av material med hög kvalitet. Det är viktigt att tillse att borrarstängerna går rakt under sonderingen eftersom gänggången lätt spricker upp om den böjs.

Det är viktigt att spetsen kan serietillverkas. Den vridna spetsen serietillverkas redan utav Geonor A/S. De övriga spetsarna, som vi testat, serietillverkas ej idag men vi bedömer att det är fullt möjligt och dessutom till ett lägre pris eftersom de är av enklare utförande.

Förbrukningen av spetsarna är vid vanlig totaltrycksondering relativt liten, medan den är stor vid hejarsondering beroende på att spetsen ofta går av eller lossnar vid uppdragning av borrarstängerna.

Spetsen av norsk tillverkning svetsas fast vid stången, vilket måste utföras på verkstad. De övriga spetsarna fästes till borrhålen genom en sprint, vilket är enklare och framförallt billigare men å andra sidan lossnar spetsen lättare och spillet av spetsar blir större.

Sammanfattningsvis vill vi konstatera att man med borrhålen ϕ 36 mm har erhållit en utrustning som klarar de flesta provtagnings- och sonderingsmetoder. Utrustningen är kraftig, har god nedträngningsförmåga och har fullt acceptabel känslighet för varierande fasthet i såväl lös som fast jord. Eftersom utrustningen är flexibel kan man också lätt ändra och komplettera omfattningen under pågående fältarbete. Kvaliteten på den geotekniska undersökningen ökar härigenom avsevärt. Med en effektiv och praktisk utformad borrhålen kan dessutom fältarbetet utföras utan ökad kostnad.

4 ÖVRIGA BORRMETODER MED ϕ 36

4.1 Spets- och manteltrycksondering

Vid spetsstrycksondering registreras spetsmotståndet och mantelfriktionen. Spetsmotståndet registreras på en rund konisk spets med tvärsnittsarean 10 cm^2 och diametern 36 mm. Mantelfriktionen registreras på en friktionshylsa som är placerad omedelbart över spetsen och är 150 cm^2 . Mätningen sker vid spetsen med en elektrisk kraftgivare vars information överförs med kabel eller ljud genom borrhöret till en skrivande utrustning på marken.

Spetskraftsondering används främst för att finna tunna skikt av lera, silt eller sand som är av betydelse vid stabilitets- och sättningsanalyser.

Med borrhör ϕ 36 mm kan spetskraftsondering utföras med båda systemen (kabel eller ljud) för informationsöverföring till skrivaren.

Vi har valt systemet med ljudöverföring från spetsen till skrivaren. I fig 38 redogörs schematiskt för hur metoden utförs.

Spetsmotståndet mäts i kPa (tryck). Mätområdet begränsas av sonden som tål ett tryck av 30 MPa. Normalt arbetar vi dock inom mätområdet 0-10 MPa för spetsmotståndet och 0-0.2 MPa för mantelfriktionen.

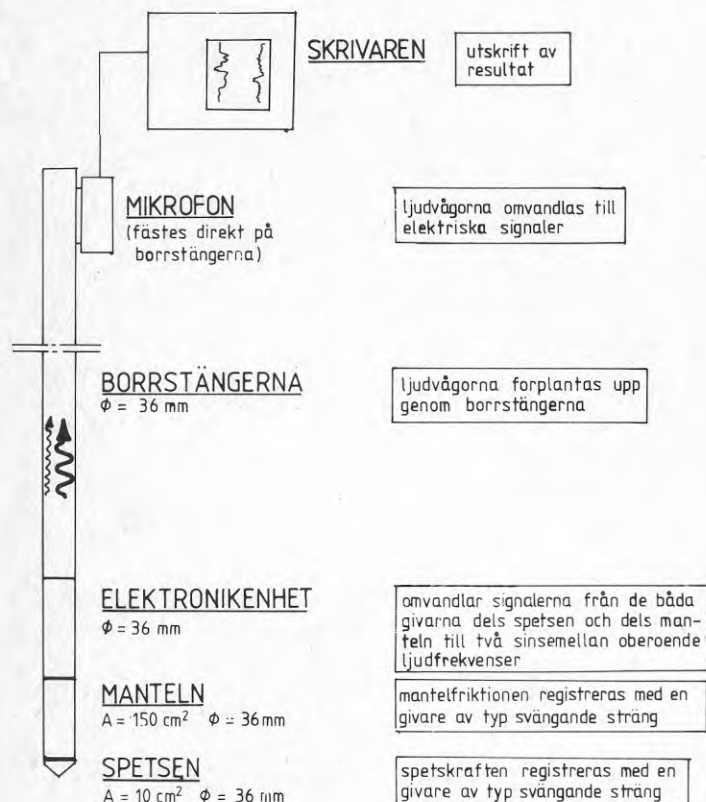


FIG 38 Schematisk figur över spetsstrycksondering.

4.2 Portrycksondering

Vid portrycksondering mäts det portryck som genereras när en sond neddrivs i jorden. Sonden har en konisk spets och däröver en cylindrisk del med ϕ 15 mm diameter. Portryckmätningen sker vid spetsen med en elektrisk givare och information överförs med kabel eller ljud till en skrivande utrustning på marken (dvs i princip samma sätt som vid spetstrycksondering).

Portrycksondering används främst för att finna permeabla skikt i lösarlager.

Precis som vid spetstrycksondering kan båda systemen användas vid sondering med borrhör ϕ 36 mm.

Vi har även här använt systemet med ljudöverföring från spets till skrivare. Mätområdena är normalt 0-50, 0-100 eller 0-150 mvp.

4.3 Hejarsondering

Vid hejarsondering (HfA) registreras antalet slag per 0.2 m neddrivning. Hejarvikt är 63.5 kg och fri fallhöjd är 50 cm. Metoden är standardiserad för borrhänger ϕ 32 mm i Sverige. Hejarsondering används främst för att bestämma sannolik pålstoppnivå.

Vi använder i princip HfA-metoden även med borrhänger ϕ 36 mm och fyrkantig spets. Vi utför hejarsondering normalt efter det att sondstopp erhållits med totaltrycksondering.

Vår erfarenhet av hejarsondering är att vi normalt inte finner någon större skillnad på djupet till borrhörstopp mellan hejarsondering (vare sig med borrhör ϕ 36 mm eller ϕ 32 mm) och totaltrycksondering ϕ 36 mm. Däremot kan stödpålar tränga betydligt djupare. Framförallt gäller detta vid områden där blockrika friktionsjordlager förekommer (ex Sisjön i Göteborg). Anledningen torde vara att det räcker med större stenar (100-200 mm) för att erhålla borrhörstopp vid hejarsondering, totaltrycksondering mm. Vid påslagning däremot så antingen krossas eller undanträngs stenar av denna storlek.

4.4 Vingprovning

Vingprovning utföres på konventionellt sätt. Vi har ännu inte utarbetats något bra sätt att anpassa metoden till borrhängerna ϕ 36 mm.

I framtiden kommer förmodligen vingprovning att i större utsträckning

utföras så att man samtidigt mäter vingens vridvinkel och vridmoment. Denna vingsondutrustning kräver en relativt kraftig borrhåll.

4.5 Skruvprovtagare

För upptagning av störda jordprover använder vi en skruvprovtagare med diametern 150 mm.

För att undvika vakuum vid uppdragningen kan skruven förses med ett rör, vilket gör det möjligt att spola ned ex bentonit i hålet samtidigt som man drar upp skruven.

Vi har mycket god erfarenhet av denna typ av provtagning. Kvalitén på jordproverna blir mycket bra och provtagningen är i allmänhet lätt att genomföra ned till ca 10 m djup.

4.6 Kolvprovtagning

Upptagning av ostörda jordprover kan utföras med kolvprovtagare St I eller St II. Vi använder oss av St II med mycket gott resultat.

5 LITTERATURFÖRTECKNING

Andersson, Olof H., 1981, Borrning och Dokumentation - Borrningsteknik jämte Metodik för Geologiska Datainsamling under Borrnings gång. Lund.

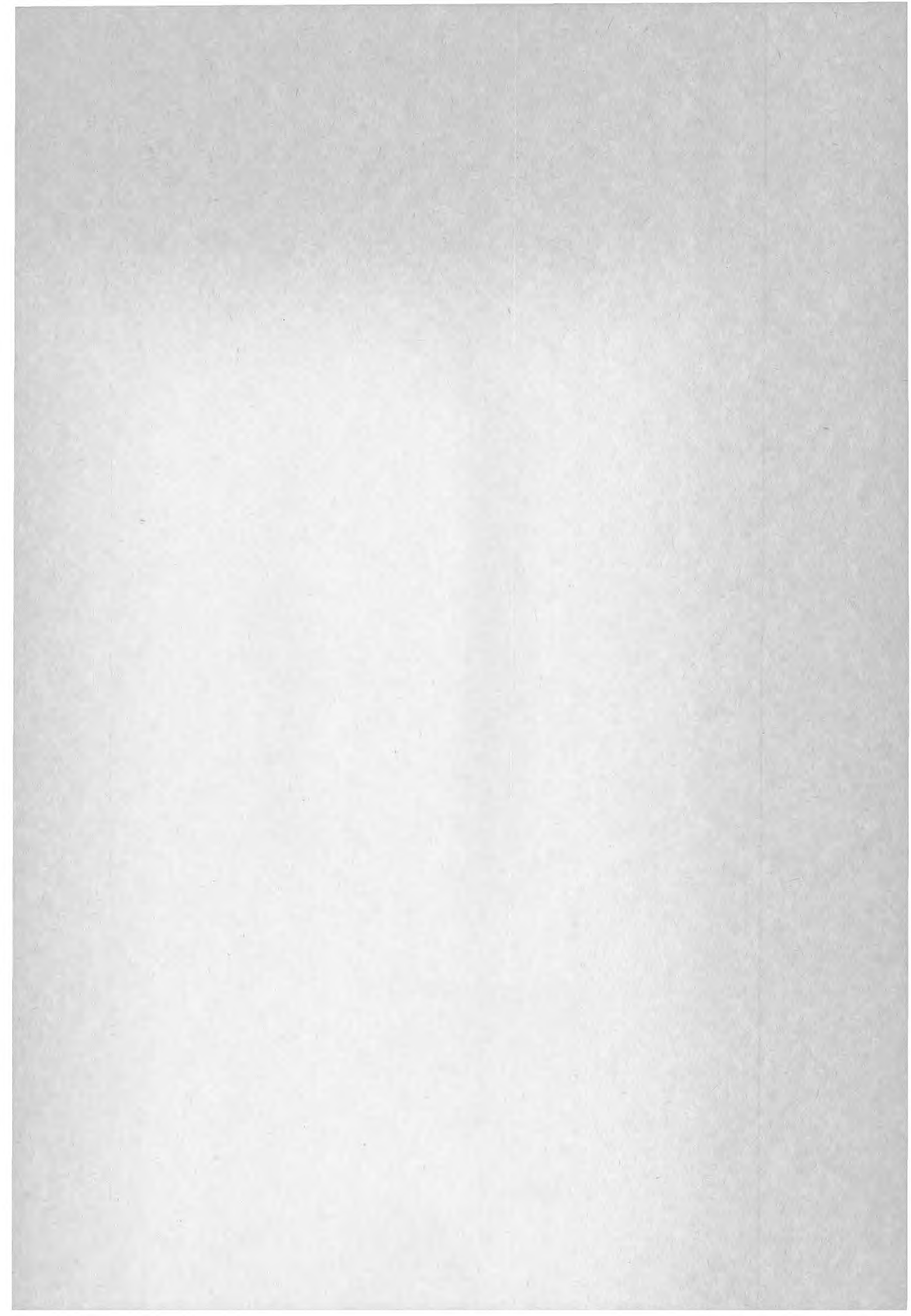
Andresen, Arild, Current Practice of Planning and Carrying out Site Investigation in Norway. NGI, Oslo, Norway.

Borros AB. 1976, Static and Dynamic Sounding Tests. General Program. Stockholm, Sverige.

Broms, B Bengt. Field and Laboratory Methods in Sweden. Tekniska högskolan, Stockholm.

Rygg, Nils. Dreietrykksondering, tolkning av sonderingsresultater. Veg-laboratoriet (intern rapport nr 816), Oslo, Norge.

Sanglerat, G. 1972, The Penetrometer and Soil Exploration. Amsterdam, London, New York.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770174-6
från Statens råd för byggnadsforskning till Bo Alte AB,
Göteborg.**

Art.No: 6700818

**Abonnemangsgrupp:
V. Anläggningsteknik**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

R118:1983

ISBN 91-540-4014-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Cirka pris: 25 kr exkl moms