



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

No. 38

SÄRTRYCK OCH PRELIMINÄRA RAPPORTER

REPRINTS AND PRELIMINARY REPORTS

Supplement to the "Proceedings" and "Meddelanden" of the Institute

Provtagningsdag 1969

**Symposium anordnat av Svenska Geotekniska
Föreningen den 28 oktober 1969**

STOCKHOLM 1970



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

No. 38

SÄRTRYCK OCH PRELIMINÄRA RAPPORTER

REPRINTS AND PRELIMINARY REPORTS

Supplement to the "Proceedings" and "Meddelanden" of the Institute

Provtagningsdag 1969

**Symposium anordnat av Svenska Geotekniska
Föreningen den 28 oktober 1969**

FÖRORD OCH INTRODUKTION

Upptagning av jordprover är en nödvändig och viktig del av en geoteknisk undersökning. Provets kvalitet och erforderlig provstorlek är beroende av flera faktorer såsom byggnadsobjektets art, planeringsstadium, dvs. om det krävs översiktliga eller detaljerade undersökningar samt jordmaterialets sammansättning och lagringsförhållanden. Proverna skall med andra ord vara representativa för respektive fall och behov.

Begreppet "representativa prover" innebär här att man i vissa fall kan nöja sig - och även kanske måste nöja sig - med störda prover. Detta gäller främst vid friktionsjordarter där hög lagringstäthet, stenar och ur provtagningssynpunkt ogynnsamma grundvattenförhållanden kan innebära stora svårigheter vid upptagning av prover och leda till höga undersökningskostnader, som till synes är orimligt höga. Upptagning av störda prover - kompletterad med sondering, vingborrning eller seismisk undersökning - kan många gånger vara tillfyllest för att ge den nödvändiga informationen om en jordprofil. Så är t ex ofta fallet när det är möjligt att utföra siktninganalyser.

Kohesionsjordarters skjuvhållfasthet och kompressionsegenskaper måste ofta bestämmas på laboratoriet på upptagna prover. I sådana fall krävs skostörda jordprover, i första hand upptagna med kolvborr.

Utvecklingen av provtagningsmetoder och tillhörande redskap har i stort följt de problemställningar som efterhand uppstått, vilka i sin tur berott på den typ av mark som utnyttjats för olika objekt. I stort kan sägas att tagning av ostörda prover i kohesionsjord var ett av de dominerande geotekniska problemen i vårt land fram till 1960-talet. Forskningen på provtagningsområdet kom sålunda att koncentreras kring utvecklingen av en lämplig kolvborrtyp. Parallellt fanns kravet på ökad rationalisering av neddrivnings- och uppdragningsmetoder i allmänhet

Under det senaste årtiondet har emellertid byggnadsenheterna blivit allt tyngre, dvs. påkänningarna har ökat, och byggnaders grundläggningsnivå sänkts allt mer, varvid behovet att kunna noggrannare undersöka även friktionsjordarternas hållfasthets- och deformations-egenskaper blivit allt större. Behovet att kunna ta intakta prover även i dessa jordarter har sålunda ökat. Härtill kommer den snabba utvecklingen på bergmekanikområdet, där provtagningen även är en viktig del och bidragit till att driva fram metoder för kombinerad jord-bergprovtagning.

Statens geotekniska institut har främst kommit att göra sina insatser inom forskningen i samband med upptagning av ostörda prover med kolvborr och foliekärnborr. Sådan forskning påbörjades redan vid tiden för institutets tillkomst 1944, och resultatet av undersökningarna publicerades i olika omgångar under 1950- och 60-talen. I anslutning till bildandet av Svenska geotekniska föreningens provtagningskommitté 1956, vilken hade till uppgift att utveckla en svensk standardkolvborr, kom en stor del av tillhörande forskning att förläggas till institutet. Resultatet av de omfattande undersökningarna har publicerats i SGI:s serier, varvid den framkomna standardkolvborren och tillhörande normer beskrivits i detalj. Standardkolvborren, som finns i två versioner (St I och St II), har i stort fungerat tillfredsställande.

För att få en samlad bild av dagens situation på provtagningsområdet anordnade Svenska geotekniska föreningen genom sin provtagningskommitté en speciell provtagningsdag den 28 oktober 1969. Ett antal föredrag hölls om provtagning i olika jordarter och i berg. Härvid redogjordes bl a även för erfarenheter av och önskemål om förbättringar av standardkolvborren i enlighet med vad som framkommit i samband med en enkät.

Det har för institutet varit naturligt att medverka vid sammanställningen och tryckningen av dessa föredrag och utge dem i sin serie. I görligaste mån har originalmanuskripten medtagits utan andra ändringar än vissa justeringar av nomenklaturen. Detta gäller även

enkätsvaren. I ett fall har endast en förkortad version av en bandinspelning varit tillgänglig som manuskriptunderlag.

Detaljprogrammet för provtagningsdagen har utformats av civilingenjör Rolf Brink i samråd med provtagningskommitten. Redigeringsarbetet för publikationen har utförts av civilingenjör Gunnar Fjelkner.

Stockholm i maj 1970

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid.
PROVTAGNING I LÖS KOHESIONSJORD Erik Sandegren	1
PROVTAGNING I LÖST LAGRAD FRIKTIONSJORD Ture Olofsson	13
PROVTAGNING I MORÄNLERA Karl-Erik Nyman	25
PROVTAGNING I MORÄN Rune Lundström	37
PROVTAGNING I BERG Leif Holmvall	43
PROVTAGNING I BERG Per Olof Sahlström	51
INTERNATIONELLA SAMARBETET PÅ PROVTAG- NINGSSOMRÅDET Bengt B Broms	55
FORSKNINGSBEHOV OCH ALLMÄNNA UTVECKLINGS- TENDENSER Torsten Kallstenius	73
DISKUSSION	87
AVSLUTNING Erik Sandegren	91

INLEDNING¹⁾

Svenska geotekniska föreningens provtagningskommitté tillsattes i december 1956 och kallades till att börja med kolvborrkommittén. Sedan dess första uppgift, utveckling av standardkolvborren (St I), lösts och slutrapporten tryckts, nedtonades kommitténs arbete för att fram till 1964 endast omfatta bevakning av kolvborrstandarden (instruktionsböcker, materialfrågor samt uppföljning av kalibrering, kontroll och godkännande av St II). Härefter kan kommitténs arbete i stort sett anses ha varit vilande fram till 1968. I december samma år aktiverades kommittén genom att önskemål framfördes om deltagande i följande utredningar:

- 1) Vägverkets forskningsönskemål beträffande provtagning
- 2) Möjligheter att ta ostörda prover i morän
- 3) Provtagning i olika slag av friktionsmaterial
- 4) Uppföljning av kolvborrstandarden

Emellertid visade det sig vid en diskussion att kommittén måste begränsa sin verksamhet främst beroende på att arbetande sekreterare saknas. Det uttalades därför att kommittén i första hand tills vidare skulle verka för spridning av information rörande provtagning.

Med hänsyn härtill beslöt kommittén att anordna en provtagningsdag den 28 oktober 1969 i ABF-huset i Stockholm för att följa upp nuläget och pejla utvecklingstendenserna samt ge en översikt över var vi står och ge nya impulser för den framtida utvecklingen.

¹⁾ Utdrag ur inledningsanförandet av SGF:s ordförande överingenjör Erik Sandegren.

PROVTAGNING I LÖS KOHESIONSJORD

Överingenjör Erik Sandegren, Statens Järnvägar, Geotekniska kontoret.

Provtagning i lös kohesionsjord har förekommit i Sverige så länge som seriösa geotekniska undersökningar utförts. Sålunda har i Statens Järnvägars geotekniska meddelande nr 1 (1917) en noggrann arbetsbeskrivning över provtagning med skruvborr, kannborr och skopborr redovisats /10/. Härvid erhöles endast störda prover. Problemet att ta upp "ostörda" jordprover har däremot varit betydligt mera svårlöst. Den första provtagaren, med vilken det var möjligt att ta tillfredsställande "ostörda" prover, konstruerades av J Olsson 1923 /7/. Denna kolvborr blev sedan under en följd av år normgivande för all provtagning. 1933 kom Göteborgs Hamns /8/ och 1936 W Kjellmans första modell. I och med Statens Geotekniska Instituts tillkomst utprovades ett antal kolvborrar, som dock i allmänhet hade alldeles för kort slaglängd i förhållande till diametern. M J Hvorslevs banbrytande arbeten /2/ klarlade de viktigaste parametrarna, som inverkar på störningen av proverna.

Varje land och inom Sverige varje firma med självaktning konstruerade sin eller ännu värre sina egna kolvborrar. Detta förhållande medförde att i slutet av 50-talet hade vi ett otal kolvborrar i Sverige, om vars egenskaper man visste föga eller ofta intet. 1954 redogjorde B Jakobson /3/ för de första jämförande försöken mellan några kolvborrtyper och 1958 utkom T Kallstenius /4/ med en mer omfattande analys av de då mest använda svenska kolvborrarna samt Norges Geotekniske Institutt's kolvborr. Förhållandena hade blivit outhärdliga genom att statliga verk, kommuner och konsulter använde olika provtagare samt att normer för utvärderingen saknades eller var ofullständiga varför provningsresultaten icke direkt kunde jämföras med varandra. I december 1956 tillsatte därför Svenska Geotekniska Föreningen en kolvborrkommitté vars uppgift var att i samarbete med SGI och i samråd med förvaltningar och konsultfirmor konstruera, utprova och utvärdera en standardkolvborr. Den 8 april 1960 redovisades för Svenska Geotekniska Föreningen ett förslag till standardkolvborr.

Efter noggrann testning och kalibrering framlades för föreningen den nya standarden, som godkändes den 10 februari 1961. Den nya standarden är beskriven i kommitténs slutrapport /11/. Observeras bör att det endast är kolvens diameter (50 mm), slaglängd (700 mm), och släppning (0,4 %) samt eggutformning och provhylsor som standardiserats. Däremot är neddrivningsanordningarna ej standardiserade. Dessa skall dock vara så konstruerade att de möjliggör ett provtagningsförfarande enligt standarden /6/, /11/.

Standardkolvborrens utvärdering och dess inverkan på provkvaliteten finns beskrivna i en avhandling av kommitténs sekreterare /5/.

Den 4 februari 1964 godkände kommittén en av AB Borro konstruerad kolvborr benämnd St II. Givetvis är den helt i överensstämmelse med St I beträffande alla standardiserade detaljer, men skiljer sig beträffande neddrivnings- och utlösningssättet. Även denna kolvborr finns dokumenterad genom en beskrivning över dess konstruktion och en anvisning för handhavandet /1/. Standardkolvborrarna, åtminstone som prototyp, har nu använts i 10 år, varför jag, när jag fick i uppgift att till provtagningsdagen redovisa provtagning i lös lera, beslöt att sända ut en enkät med följande frågor till alla statliga och kommunala institutioner och verk samt konsulter och entreprenörer, som kunde tänkas ta prover i lös lera.

1. Förekommer provtagning med kolvborr St I?
 - a) antal kolvborrar?
 - b) ungefärligt antal prov/år?
 - c) erfarenheter, nackdelar, fördelar.
2. Förekommer provtagning med kolvborr St II?
 - a) antal kolvborrar?
 - b) ungefärligt antal prov/år?
 - c) erfarenheter, nackdelar, fördelar.
3. Förekommer provtagning med annan kolvborr eller annat redskap?
 - a) antal kolvborrar eller redskap?
 - b) ungefärligt antal prov/år?
 - c) erfarenheter, nackdelar, fördelar.

4. Övriga synpunkter eller upplysningar.

Följande företag erhöll enkäten och ett x) markerar att enkäten besvarats.

Chalmers Tekniska Högskola^x, Kungl Byggnadsstyrelsen^x, Kungl Tekniska Högskolan^x, Statens Geotekniska Institut^x, Statens Järnvägar^x, Statens Planverk^x, Statens Vattenfallsverk^x, Statens Vägverk^x, Tekniska Högskolan i Lund^x, Göteborgs Gatukontor^x, Göteborgs Hamn^x, Stockholms Gatukontor^x, Stockholms Hamn^x, Atlas Copco^x, Allmänna Ingenjörbyrå^x, Flygfältsbyrå^x, Gekonsult^x, Geo-expert, Göteborgs Förorter^x, Hagconsult^x, HSB Riksförbund^x, Jacobson och Widmark^x, Kjessler & Mannerstråle^x, Kommunernas Konsultbyrå^x, Nya Asfalt^x, Ingenjörfirman Orrje & Co-Scandiaconsult^x, Skånska Cementgjuteriet^x, Stabilator^x, Herman Strandberg konsulterande ingenjörbyrå^x, Svensk Geoteknisk Undersökning, Svenska Riksbyggen^x, Sydsvenska Ingenjörbyrå^x, Terratest^x, Sven Tyrén, Vattenbyggnadsbyrå^x, VIAK^x och Vägförbättringar^x.

Av samtliga 37 tillfrågade var det således endast tre konsultfirmor som icke besvarat frågeformuläret. Av de återstående var det 9, som icke utförde provtagning i egen regi men dock bidrog med synpunkter. De 25 återstående svaren har beträffande frågorna 1 a) och b), 2 a) och b) samt 3 a) och b) bearbetats i tabell 1. I denna har företagens, institutionernas och firmornas namn tagits bort enligt önskemål framförda efter provtagningsdagen.

Av tabellen framgår att det finns minst 131 standardkolvborrar i tjänst i landet, varav 111 St I, med vilka det i medeltal per år tas 33165 prov och 20 St II, med vilka det i medeltal per år tas 5260 prov. Vidare kan konstateras att, trots att standardiseringen genomförts för mer än 9 år sedan, det finns några kolvborrar kvar i bruk med mindre diameter (ca \emptyset 43) av typ Borro, GK VI (används endast i speciella fall) och SCG, trots att den minsta möjliga diameter för att med säkerhet få fullgoda prov är \emptyset 50. Denna diameter valdes därför av kommittén även av ekonomiska skäl (ju mindre diameter ju billigare utrust-

Verk eller firma	Östörd provtagning						Störd provtagning	
	St I	Prov/år	St II	Prov/år	Övriga kolvtyper	Prov/år	Redskap	Prov/år
	1	200	—	—	—	—	Spetsprovtagare	1060
Lån		50	—	—	—	—	—	—
	7	1500	—	—	Foliekärn-	okänt	Jalusi-, kann-, skruv-, spad-	okänt
	9	3200	—	—	Kolvlod	varierar starkt	Borrospets Kann-, spad-	1500
	1	200	—	—	4" provtagare	okänt	Tubkärn	okänt
	19	4315	3	660	—	—	Kann-, skruv-, spad-	5870
	4	800	—	—	—	—	Skruv-, spad-	1000
	4	600	—	—	GK VI 2st	okänt	—	—
Hyr		200	—	—	GK VI	se nästa grupp	Kann-, Sondkanna	100
	6	1500	—	—	Borra \varnothing 60 3st	50	—	—
	—	—	1	600	Borra \varnothing 43 1st borra \varnothing 60 1st	150	—	—
	1	700	—	—	—	—	—	—
	1	500	—	—	—	—	Kann-, skruv-, spad-, spets-	1000
	2	1000	1	500	—	—	—	—
	2	1200	—	—	—	—	—	—
	11	2000	—	—	—	—	—	—
	1	300	4	1000	Borra \varnothing 43 1st Borra \varnothing 60 1st	350	—	—
	10	1500	2	1500	Utprovtag. 56l Kaffebruk	100	—	—
	—	—	—	—	—	—	Provtagare \varnothing 35 Craelius \varnothing 50	50
	15	9000	4	500	—	—	—	—
	—	—	—	—	SCG \varnothing 42,25	500	—	—
	2	2000	—	—	—	—	Tub \varnothing 50 5st	500
	—	—	1	300	—	—	Spets \varnothing 25 \varnothing 34	okänt
	4	800	2	100	—	—	Skruv-, Spad-	500
	11	1600	3	100	—	—	Kann-, Spets-, Tub	500

Tabell 1. Sammanställning av enkätsvar.

ning och lättare arbete). Däremot har andra modeller med mindre diameter, t ex typ SJ och Göteborgs Hamn, glädjande nog helt försvunnit ur marknaden, trots att framför allt modell SJ var mycket spridd innan standardiseringen skedde.

Vid bearbetning av svaren på frågeformulärets punkter 1 c), 2 c) och 3 c) samt 4 kan för det första allmänt sägas, att man är mest nöjd med kolvborr modell St I, medan St II föredras när det gäller provning i mycket fasta leror och moränlera. Dessutom tas prover i friktionsjord med den. Sålunda har Statens Vägverk kolvborr modell St II i L, M och O län (DpO). I L och O län finns även kolvborr modell St I. Även konsulternas kolvborrar modell St II är huvudsakligen lokaliserade till södra Sverige. Följande detaljuppgifter av intresse kan noteras.

Statens Geotekniska Institut

Enligt utsago av vissa borrhingsledare på vägförvaltningarna i t ex Skåne är St II med vevdomkraft bättre än St I i de fasta lerorna.

Statens Järnvägar

Erfarenheterna av St I är goda, dock bör spännskruven till bromsen förses med spärr, då den har benägenhet att gånga upp sig. Valsdomkraft typ Jonell och Nilsson (Nilcon) är betydligt rationellare för neddrivning och upptagning än normalutrustningen. Av kommittén godkänd fixeringsanordning vid användning av valsdomkraft efterlyses (normerna punkt B:5). Normernas punkt A:2 b) tycks vara dåligt känd.

Statens Vägverk

DpO: St II. I mycket lös lera o d händer det att proven ramlar ur även om slutarbleck används. Om kolvborren efter nedföring får stå minst en halv timme före uppdragning, ramlar proven icke ur och provtagningen blir bättre.

C-län: St I. Fördelar. Arbetet med neddrivning och uppdragning av kolvborren sker numera med valsdomkraft, vilket har underlättat fältarbetet med provtagningen betydligt. Valsdomkraften

vrids antingen med användande av motordrivnet vridaggregat eller manuellt. (Hur stämmer detta med standarden? Se även följande. Förf. anm.) Nackdelar. Vid provtagning med hjälp av vridaggregatet är denna upphängd och fäst vid stativet. Vissa vibrationer kan uppstå med risk att proverna störs under upptagningen. Vridaggregatet bör därför vara upphängt i ett fristående stativ. Hylsa av typ engångsförpackning önskas.

D-län: St I. Goda erfarenheter. Arbetet går snabbare än med den gamla kolvborren, man får tre provhylsor vid varje provtagning och proverna blir mindre störda. En nackdel är att det kan vara svårt att få kvar proverna i hylsorna vid vissa leror. Goda erfarenheter av skruvborr för tagning av störda prover.

E-län: St I. Vid provtagning i botten på vattendrag måste slutarbleck användas i alltför stor utsträckning.

H-län: St I. Fördelar. Robust, vikten ringa samt en provtagning, som lämnar ett gott resultat. Nackdelar. Ring, egg och egg-hållare bör vara i samma stycke. (Enl. standarden /6/ får den göras och görs numera oftast i ett stycke. Förf. anm.)

K-län: St I. Är i stort sett bra. Skärebben skadas lätt om leran innehåller friktionsmaterial eller borren drivs genom något lager av fastare material. Materialet i provburken har ofta benägenhet att "rinna ur", varför man mestadels får använda slutare.

L-län: St I. Borren lätt att arbeta med under gynnsamma förhållanden, men då lera genomdras av grövre material kan neddrivningen vålla problem. Stubbrytare måste i regel anskaffas för uppdragningen. Ävenså slakar wiren och får spännas om alltså oftast under utstansningen av provet. St II. Har haft större användningsområde inom L-län, då leran varit mycket hård. Vid enstaka tillfällen har provhylsorna, troligen vid borrens utlösning, trängt in i och skadat varandra. En fördel är att borren är robust så att den kan användas vid provtagning i grövre material såsom mo och sand.

M-län: St II. Borren vill gärna kärva vid utstansningen, om den inte är ordentligt rengjord, eller vid kall väderlek. Ibland är det svårt få översta provhylsan helt fylld. (Se instruktionen, Förf. anm.)

- N-län: St I. (Jonell och Nilssons, Nilcon AB, valsdomkraft används.) Utrustningen är väl lämpad för provtagning i lös lera genom en snabb och smidig manuellt eller motordriven ned- och uppdrivning av kolvborren. Tidsvinsten med motordrivning är störst, då provtagningsdjupet överskrider 8-10 m. Nackdelen med utrustningen är att den ej kan neddrivas medelst slag, vilket skulle behövas i de fall då hårdare skikt av sand, mo och dylikt påträffas. (Jo, om standardneddrivningsanordning med hejartillsats används. Förf. anm.) Utformningen av bandlåset till utlösningssbandet är ej helt tillförlitligt.
- O-län: St I. Erfarenheterna goda. Det har dock hänt att prover släppt på 3 m-nivån, trots att slutare använts. Utlösningsswiren har ersatts med ett bandjärn, som icke har benägenhet att hänga upp sig i röret. Skäreagg används uteslutande i ett stycke.
- P-län: St I. Smidig, provet vill dock rinna ut utan slutare.
- R-län: St I. Erfarenheterna goda.
- S-län: St I. Utrustningen fungerar fullt tillfredsställande. Sedan år 1965 används valsdomkraft typ Jonell och Nilsson (Nilcon AB). Denna metod har stora fördelar jämfört med den tidigare, då borren drevs ned med hejare.
- T-län: St I. Svårt att anbringa slutare, speciellt tjockt slutarbleck. Wiren är känslig för ovarsam behandling. Valsdomkraft används och erfarenheterna är goda i jämförelse med metoderna att pressa ned kolvborren för hand eller med hejare. Med hjälp av valsdomkraften kan kolvborren relativt enkelt pressas genom fast lagrad lera och även genom löst lagrad mo- och sandlager. Skruvborr är ett utmärkt hjälpmedel vid tagning av störda prover.
- U-län: St I. Svårt ta upp prover utan slutarbleck i lös lera.
- X-län: St I. Ingen anmärkning mot kolvborrens funktion.
- Y-län: St I. Utrustningen tung. Skruvborr är ett snabbt provtagningsredskap. Tveksamhet kan dock råda, om man verkligen får provet från den avsedda nivån, när leran är mycket lös.

AC-län: St I. Valsdomkraft används.

BD-län: St I. Wiren utbytt mot stänger, vilket gett en stabilare infästning. I övrigt är kolvborren lätt att arbeta med utom vid temperaturer under 0° , då isbildning sker mellan provhylsa och provtagare.

Göteborgs Hamn:

Utför icke längre provtagning i egen regi.

Göteborgs Stads Gatukontor:

Använder St I med valsdomkraft. Skjuvhållfastheten bestämd med vingborr och kolvborr visar god överensstämmelse för leror i de övre jordlagren där vingborrvärdena är 0-5 % lägre än kolvborrvärdena. Under 10 à 15 m djup är vingborrvärdena 0-25 % större och skillnaden ökar alltmer med djupet. Skjuvhållfastheten bestämd på prover från St I är i regel 10-15 % större än från kolvborr $\varnothing 43$ eller $\varnothing 48$ med tolkning $= \frac{H_3}{40+0,055 H_3}$. Vid lös lera har den tjockare typen av slutare måst användas. Underhysan har ofta speciellt vid fasta leror gett 10-15 % högre hållfasthetsvärden än mellanhysan. Provbekastning av pålar visar relativt god överensstämmelse med skjuvhållfastheten bestämd på prover från kolvborr.

Följande önskas utrett

- a) Skillnaden i provningsresultaten vid användning av olika kolvborrtyper och dimensioner (se /2/, /3/, /4/ och /5/. Förf. anm).
- b) Huruvida rekommendationer om provning på mellanhysan även generellt skall gälla i framtiden (se /5/. Förf. anm).
- c) Om de olika slutarna har olika störande inverkan och hur väsentliga dessa störningar är.

Stockholms Stads Gatukontor:

Kolvborr GK VI används endast i foderrör, där St I inte går ner.

Stockholms Hamn

I princip nöjd med St I. Vid större provtagningsdjup (40-60 m) syns stången för utlösning vara för lätt så att tappen har svårighet att glida ner i klon. Detta kan bero på att wirarna har benägenhet att efter viss tids användning bukta sig och orsaka friktion i röret. GK VI används i första hand i samband med drivning av 3" foderrör. När slutare icke finns, är den endast lämplig vid viss konsistens hos leran.

Allmänna Ingenjörbyrå

St I bra. Borro \emptyset 60 används speciellt i Norrland, som ett lämpligt komplement till hejarsonden.

Flygfältsbyrå

St II. Relativt svårarbetad, svårt undvika störning i provet på första provtagningsnivån. Borro \emptyset 43 och \emptyset 60 ersätts alltmer av St II.

Gekonsult

St I. Relativt stora underhållskostnader. Skarvlänkarna svaga.

Göteborgs Förorter

St I förnämlig. Ibland dock krångel med slutare, som släpper prover. För störd provtagning efterlyses en mekaniserad utrustning för skruvborr med god framkomlighet i terräng och prisbillig.

HSB

St I. Borrställningen svår att förankra tillfredsställande där ytskikten är relativt lösa och prover skall tas i fast lera.

Kjessler & Mannerstråle

St I är mest lämplig vid lösa, djupa lerlager främst genom uppdragningsanordningen. St II lämpar sig bäst vid mellansvenska grundförhållanden bl a genom att den kan nå lösa lager under fasta skikt. Borro \emptyset 43 är ej standardiserad men lätt att transportera i terräng, eftersom endast sondstänger behövs. Borro \emptyset 60 är mer robust. Ger

goda prov i fast lera. Lämplig på internationella uppdrag.

Kommunernas Konsultbyrå:

St I. Man kan aldrig vara säker på att få ostört prov. Stänger används i stället för wire. St II. Man kan aldrig vara säker på att få ostört prov. Används företrädesvis när hejarsondering förekommer. Ytprovtagare SGI, kaffeburk och dylikt används för att ta prover i provgröp ur representativa skikt.

Orrje & Co-Scandiaconsult: St I. God mekanisk hållfasthet. Enkelt handhavande vid provtagning om vev- eller valsdomkraft används. Enkel demontering vid fullständig rengöring. Slutaranordning med olika tjocklekar på slutarbleck är ej tillfyllest - prov tappas relativt ofta. St II. God mekanisk hållfasthet. Handhavande vid provtagning och användning av vevdomkraft är ganska enkel, dock är utlösningen av kolvborren mera komplicerad än St I. Slutaren monteras ej så lätt, dess funktion enligt St I. Demontering för fullständig rengöring något mer komplicerad än för St I. Används motorbock, blir utrustningen relativt tung och dyr.

Skånska Cementgjuteriet:

SCG Ø 42 har visat god överensstämmelse med St I och St II. Borren är enligt vår uppfattning betydligt snabbare att arbeta med än de båda St-typerna. (Enligt /2/, /3/, /4/ och /5/ är dock diametern för liten. Förf. anm.)

Stabilator:

Se Skånska Cementgjuteriet.

Riksbyggen:

St I. God kvalitet på proverna, funktionssäker och slitstark. Gammalmodig i fråga om neddrivnings- och upptagningsanordningar. (St I kan kompletteras med hand- eller maskindriven valsdomkraft. Förf. anm.) Det kan i vissa fall vara svårt att få upp prover trots att slutarbleck används. Tung utrustning. Neddrivnings- och upptag-

ningsanordningar för kolvborrar bör utvecklas ytterligare.

Sydsvenska Ingenjörbyrå

I lösare leror av göteborgstyp är St II lätt att använda. Går även att slå ned med hejare i fastare leror t ex den som förekommer i halmstadstrakten. Kan också med risk för sönderslagning användas för upptagning av prover i moränlera. För provtagning i moränlera borde ett stabilt provtagningsdon utvecklas med större diameter än 50 mm.

Vattenbyggnadsbyrå - VBB

St I. Goda erfarenheter. St II används framför allt i friktionsjord.

VIAK

St I. Olämplig i fast jord. St II. Omständlig i fält, dyrbar i underhåll, används i fast jord.

Vägförbättringar

Vi anser det önskvärt att provtagning normalt sker på sådant sätt att så fullständiga upplysningar som möjligt erhålls om leran, sålunda bör man ej nöja sig med t ex vingborrprov.

ooooooo

Sammanfattningsvis kan sägas att standardkolvborren tycks ha utfallit till relativt stor belåtenhet, främst versionen St I. Dock bör man här observera behovet av ett effektivare provtagningsätt. Många använder redan nu valsdomkraft såväl med hand- som motordrift. Det vore lämpligt att studera hur detta förfarande inverkar på provkvaliteten, främst motordriften. Med ett lämpligt tillbehör för upp- och neddrivningen tycks St I kunna bli idealisk under förutsättning att tendensen att tappa prover kan åtgärdas. För störd provtagning tycks skruvborren vara mest populär, varför en lämplig standardtyp med motoriserad drift bör arbetas fram.

Slutligen vill författaren föreslå att SGI:s kurser i provtagning med standardkolvborr upprepas, då svaren i flera fall visat att det råder okunnighet dels om själva standarden samt framför allt om hur standardprovtagning tillgår.

Litteraturförteckning

- /1/ Ingenjörsfirman Borros AB, 1964. Anvisningar för provtagning med standardkolvborr St II typ Borro, Solna.
- /2/ Hvorslev, M. J., 1949. Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purposes. New York (U. S. Waterw. Exper. Stat.)
- /3/ Jakobson, B., 1954. Influence of Sampler Type and Testing Method on Shear Strength of Clay Samples. Stockholm (R. Swed. Geot. Inst. Proc. No. 8).
- /4/ Kallstenius, T., 1958. Mechanical Disturbances in Clay Samples Taken with Piston Samplers. Stockholm (R. Swed. Geot. Inst. Proc. No. 16).
- /5/ Kallstenius, T., 1963. Studies on Clay Samples Taken with Standard Piston Sampler. Stockholm (Swed. Geot. Inst. Proc. No. 19).
- /6/ Kallstenius, T. & Hallén, A., 1963. Provtagning med standardkolvborr St I. Stockholm (Stat. Geot. Inst. Medd. Nr 6).
- /7/ Olsson, J., 1925. Kolvborr, ny borrtyp för upptagning av lerprov. Teknisk Tidskrift 55 VOV H2 p 13-16.
- /8/ Petterson, K. E., 1933. Förbättrad apparat för upptagning av lerprov. Teknisk Tidskrift 46 Veckouppl. H 30 p 281-287, H 31 p 289-291.
- /9/ Statens Järnvägar: Geotekniska Kommissionen 1914-1922, 1922. Slutbetänkande. Stockholm (Stat. Järnv. Geot. Medd. Nr 2).
- /10/ Statens Järnvägar: Geotekniska Kommissionen, 1917. Vägledning vid jordborrningar för järnvägsändamål. Stockholm. (Stat. Järnv. Geot. Medd. Nr 1).
- /11/ Swedish Geotechnical Society, 1961. The Swedish Committee on Piston Sampling. Stockholm (Swed. Geot. Inst. Proc. No. 19).

PROVTAGNING I LÖST LAGRAD FRIKTIONSJORD

Civilingenjör Ture Olofsson, AB Vattenbyggnadsbyrån - VBB.

Med löst lagrad friktionsjord innefattas i denna översikt mo, sand och grus med eller utan inblandning av andra jordarter från organiska lager, lera och mjäla till sten och block. Blandningen av flera fraktioner kan förekomma antingen som en mer eller mindre homogen inblandning, t ex som lerig sand eller som skikt, t ex som sand med stenskiikt. Valet av provtagningsmetod påverkas dels av det byggnadsobjekt undersökningen utförs för, dels av förhållandena i jordlagren, såsom grundvattenytans läge i förhållande till provtagningsdjupet och förekomsten av sten och block.

Friktionsjord utgör ju som regel god byggnadsgrund och har även mångsidig användning som fyllningsmaterial. Men även om friktionsjordarna är lämpade att uppbära belastningar av byggnader, är byggnadsarbeten i dessa jordarter ej problemfria. Vattnet i jorden skapar de flesta problemen vid grundläggning under grundvattenytan. Om vi ej behövde ta hänsyn till grundvattnet, skulle schaktnings- och grundläggningsarbetena vara mycket enklare att utföra. Genom uppdämning kan svårbemästrade problem med erosion och dränage uppkomma, t ex vid anläggning av en damm på genomsläpplig grund. Sten- och blockhalten påverkar schaktbarheten, inte minst under grundvattenytan. I nedanstående tabell illustreras för olika projekt några av de frågor som grundundersökningarna bör ge besked om. Det bör här framhållas att det ej är möjligt att genom enbart provtagning lösa alla frågor förknippade med grundläggning.

Om grundvattnet samt mängden av sten och block i jorden är betydelsefulla faktorer vid grundläggningsarbetet, gäller detta även för provtagningarna vid grundundersökningarna. Därför behandlas först de enklaste fallen, nämligen provtagning i mo och sand fria från sten och block.

<u>Projekt</u>	<u>Problemställning</u>	<u>Undersökningar</u>
1. Ytlig grundläggning av byggnad	Bärighet Sättning	Jordartsklassificering Grundvattenyta Lagringstäthet
2. Djup grundläggning av byggnad	Schaktbarhet Länshållning Bärighet Sättning	Jordartsklassificering Grundvattenyta Sten- och blockhalt Vattentillrinning Lagringstäthet
3. Vattentäkter	Vattengenomsläpplighet Dimensionering av silar	Jordartsklassificering Grundvattenyta Korngradering
4. Infiltrationsanläggning	Infiltration i bassänger eller brunnar	Jordartsklassificering Grundvattenyta Korngradering Vattengenomsläpplighet
5. Dammbyggnader på jord	Grundens täthet Erosionsrisk	Jordartsklassificering Korngradering Vattengenomsläpplighet
6. Grundläggning i vattendrag (broar, kajer, fyrar)	Schaktbarhet Bärighet Sättningar Erosionsrisker	Jordartsklassificering Sten- och blockhalt Korngradering Lagringstäthet
7. Materialtag	Bärighet, packbarhet för byggnadsgrunder Bankfyllningar Filter	Jordartsklassificering Grundvattenyta Korngradering

Vid provtagning över grundvattenytan går det bra att använda spadbörren, som är en av de äldsta provtagarna. Det finns exempel på att man utfört provtagning med spadborr till 15 m djup, när grundvattenytan legat så djupt. Med spadbörren erhåller man en kontinuerlig och fullständig bild av jordlagerföljden. Proverna är omrörda men kan användas för siktanalys. Inlagrade skikt av andra fraktioner kan vara svåra att upptäcka och sådana iakttagelser kräver stor uppmärksamhet och noggrannhet hos undersökningsledaren. Provtagningsdjupet är emellertid begränsat ned till eller strax under grundvattenytan. Eftersom spadbörning kräver en proportionsvis stor personalinsats i förhållande till provtagningens hastighet är metoden bäst lämpad för ytlig provtagning. En fördel är att utrustningen är lätt att bära.

I löst lagrad mo och sand kan även mosskannborren användas. Förutsättningen är att borrhålet står öppet under provtagningen, vilken då kan utföras även under grundvattenytan. Sådana förhållanden kan förekomma i svämbildningar av löst lagrad mo och sand.



Fig. 1. Skruvborr

Man har försökt mekanisera provtagning av ovannämnda typ genom att introducera skruvborrar av varierande typer. På fig. 1 visas en skruvborr monterad på en traktor. Denna skruvborr kan även användas manuellt med sondborrstänger. Borren neddrivs därvid vanligen med vridmotor och dras upp med borryft. Borren på bilden har en längd av ca 1 m och den neddrivs vid varje tagning ett stycke lika med borrens längd. Borrhålets väggar stabiliserar provet så att det kan tas upp till markytan under förutsättning att borren ej utsätts för skakningar under uppdragningen. Innan provet tas ut från borren, är det viktigt att borrhålets ledaren skrapar av provets yttersta del, som erhållits vid borrens uppdragning genom jordlagren över provtagningsnivån. Proverna blir störda, men det är möjligt att före provets uttagning från borren observera skikt i provet. Skruvborren bör ha stort vridande moment och stor uppdragningskraft.

Även om standardkolvborren är konstruerad för provtagning i lera, kan den användas i stenfri friktionsjord. Borren måste därvid oftast neddrivas genom hejning och det är därför ej möjligt att undvika en viss störning av proverna vid tagningen. I de lösast lagrade jordarterna erhåller man en packning av proverna. Vid upptagningen av borren är det lätt att förlora provet eller en del av detta, när borren passerar grundvattenytan. För att hålla kvar provet förses borren med slutare. Provtagningen kan även utföras inom 3" foderrör och då minskar man jordprovernas störning något. Provtagningen med kolvborr ger god information om jordlagrens skiktning. Bestämning av volymvikten är mycket osäker, då graden av störning vid tagningen ej kan fastställas. Volymvikten bör bestämmas omedelbart på provtagningsplatsen, eftersom proverna lätt packas till tätare lagring vid transport. Volymvikten kan vara till en viss vägledning för bedömning av risken för omlagring av lösa jordlager av vibrationer på marken av exempelvis tung trafik. En sådan bedömning baseras lämpligen på bestämning av jordartens kritiska portal. Man måste emellertid vara medveten om att det för närvarande ej finns någon provtagningsmetod att erhålla helt ostörda prover av friktionsjord, varför sättningsberäkningar baserade på undersökning av jordprover blir osäkra. Vanligen nöjer man sig med att bedöma packningsgrad och sättningsbenägenhet med ledning av indirekta undersökningar, såsom exempelvis viktsondering. Deformationsberäkningar kan grundas på provbelastningar eller mätningar med exempelvis Menards geocell.

Med foliekärnborren kan relativt ostörda prover tas om provtagningen utförs inom foderrör i förening med stabiliserande, tung borrhväska, fig. 2. Foderröret är försett med en borrhväska och neddrivs genom rotation. Borrhväskan pumpas från rörets insida ut genom borrhväskan och upp på rörets utsida. Härigenom underlättas foderrörets neddrivning. Foliekärnborren hålls hela tiden under foderrörets underkant och man kan erhålla långa, kontinuerliga prover i stenfria jordarter. Denna borrhväska är dyrbar och har ej fått någon större användning.

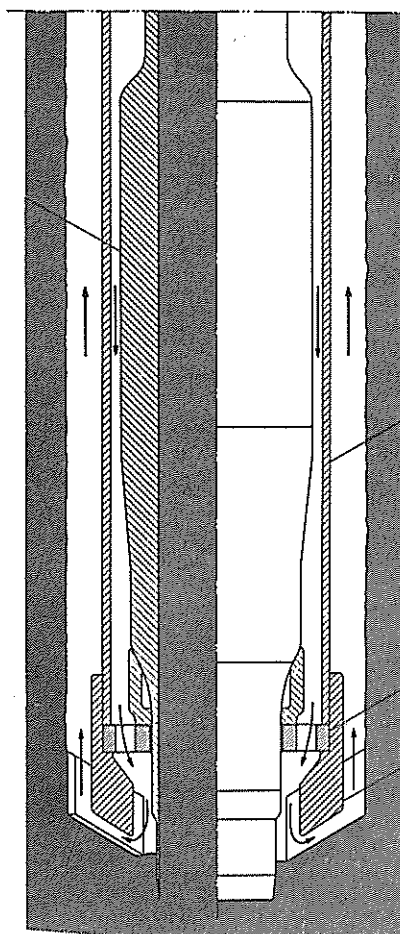


Fig. 2. Foliekärnborr

Vid Duplexmetoden använder man en diamantbormaskin med ett yttre foderrör med diamantborrkrona och ett inre kärnborrör, i vilket provet erhålls. Borren neddrivs genom tryck och rotation och kan användas i förening med tung borrhväska på liknande sätt som foliekärnborren. Med denna borr är det möjligt att borra genom block och större stenar, medan mindre stenar kan försvåra neddrivningen på grund av att stenarna rullar runt under borrar-kronan.

Provtagning i ytliga jordlager utförs ofta genom grävning av provgropar. Med de hydrauliskt manövrerade grävmaskinerna kan man schakta ned till ca 5 m under markytan. Genom att först schakta en pall för grävaren kan man vinna ytterligare någon meter i schaktdjup. Vid provgropsgrävning under grundvattenytan måste man läns-pumpa gropen för att kunna besiktiga schaktväggarna och då uppkommer viss urspolning

av det finare materialet. På fig. 3 visas en provgrop i stenig, blockig, grusig sand. Man ser hur den nedre delen under grundvattenytan spolats ur så att stenen kommit att dominera. En fördel med provgropsgrävning är att grundvattenförhållandena studeras säkrare i provgropar



Fig. 3. Provgrop

än i borrhål. Genom att schakta inom brunnsringar eller stålringar kan provgropar nedföras till stort djup under markytan. Sådan djup provgropsgrävning kan vara lämplig när fasta lager förekommer inlagrade i den löst lagrade friktionsjorden.

I jordlager som innehåller sten och block är det nödvändigt att hålla borrhålet öppet med ett foderrör och utföra provtagningen inuti detta. Foderrördrivningen kan utföras på två i princip olika sätt, nämligen antingen krossning genom stötning och sprängning av steniga lager eller genom nedmalning med roterande borrar med hårdmetallskär.

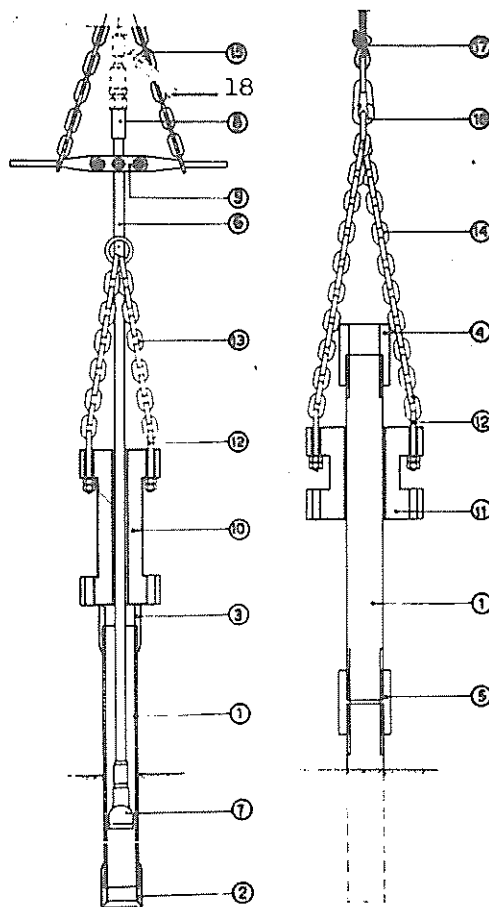


Fig. 4. Linstötbörning

Den klassiska metoden är linstötbörning eller brunnsbörning, som innebär neddrivning av foderrör genom hejning och samtidig spolning och mejsling inuti röret, som visas på fig. 4. När man träffar på sten eller block, måste sprängning tillgripas. Uppspolningen av jorden inuti borrhöret sker med vatten eller luft, varigenom starkt störda prover erhålls. Provtagningsmetoden är emellertid mycket osäker, då man lätt tappar bort de finaste fraktionerna vid uppspolningen. Därför kan det vara svårt att upptäcka skikt av finkorniga fraktioner, såsom lera eller mjåla, vilka kan vara av betydelse vid schaktning under vatten eller vid infiltration av vatten i grunden. Man har därför försökt förbättra provtagningen genom att utföra denna antingen med särskild provtagare, t ex Craeliusspetsen, under foderrörets mynning, eller genom att ta prover i samband med rörets uppdragning. I sistnämnda fall placerar man en liten behållare på borrhålets botten, i vilken man samlar upp material som faller in i borrhålet när borrh-

röret slås upp. Denna provtagning är ej heller helt representativ, eftersom jordlagren i borrhålens väggar kan ha spolats ur i varierande grad under rörets neddrivning.

En variant på provtagning från sidan inom foderrör utgör den av SJ utvecklade gruskannborren. Kannan består av ett 68 mm rör med borrhetspets. Borrkannan har en slits på sidan, vilken kan öppnas och stängas. Borren drivs ned med trycklufthejare. Inuti kannan nedförs en behållare med ca 2 liters volym. Man öppnar kannan genom att vrida den medsols och då faller material in i behållaren av de skakningar som uppkommer. Proverna är representativa för kornstorleksbestämning men helt omrörda.

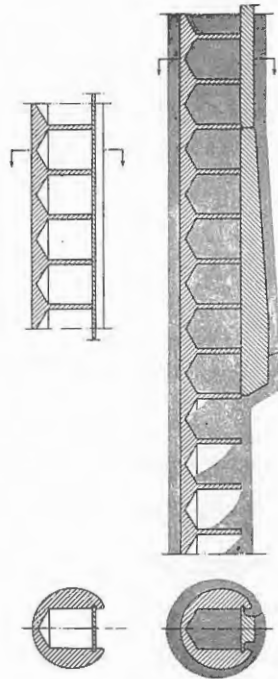


Fig. 5. Jalusiborr

Även med jalusiborren tas proverna från borrhålets sida, men foderrör erfordras ej. Borren utgörs av stålstänger försedda med små cirkulära hål i borrens tvärled, som vid neddrivningen är täckta av ett stålband. Borren drivs ned genom hejning. Efter neddrivningen tas stålbandet bort, varefter en kil hejas ned i spåret framför hålen, varvid jorden pressas in i hålen. Man erhåller då ett långt kontinuerligt prov uppdelat på små delprover i hålen. Borrens funktionssätt visas schematiskt på fig. 5.

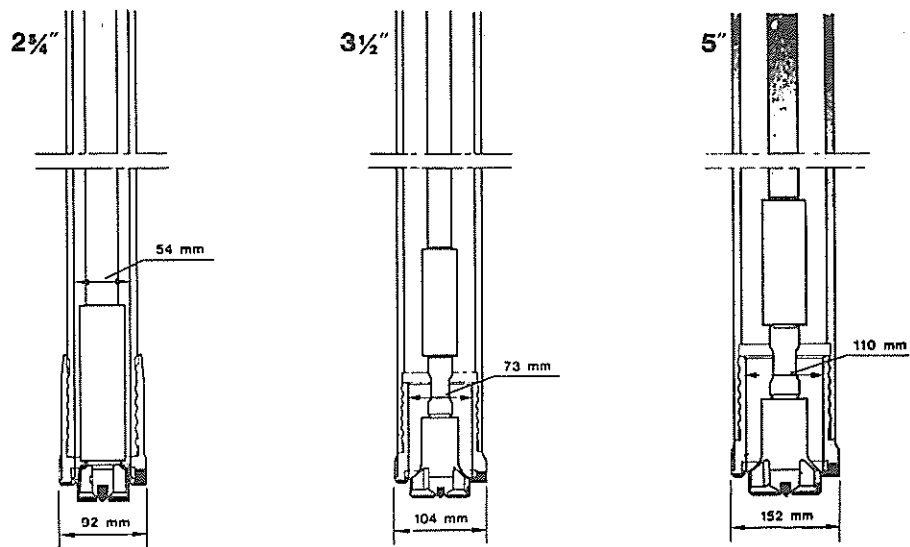


Fig. 6. Lindöborr

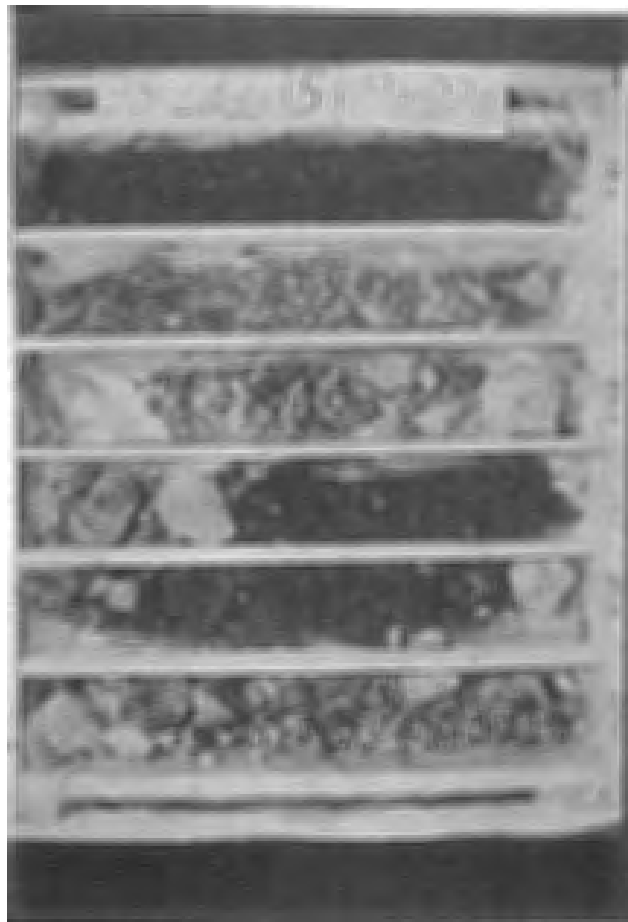


Fig. 7. Jordprover tagna med Lindöborr

Vid utförandet av Lindö kanal på 1950-talet utvecklades en metod att snabbt föra ned ett foderrör till berg, som kallas Lindömetoden. Principen illustreras på fig. 6. Utrustningen består av ett yttre foderrör försett med ringborrkrona och en inre borrhång med fyrskärskrona. Foderröret och borrhången drivs samtidigt ned med tryckluft genom slagning och rotation med samtidig vattenspolning under högt tryck. Genom att man ej behöver göra avbrott för sprängning av stenar och block blir neddrivningshastigheten hög. Vid provtagningar tar man upp den inre borrhången och byter ut borrhången mot en provtagare av typen nedtill öppet rör, som slås ned under foderröret. Jordlagren närmast under foderröret blir oundvikligen något urspolade. Flera varianter på denna princip av neddrivning av foderrör har framkommit, men provtagningen utförs på samma sätt. På fig. 7 visas en serie prover som tagits med Lindöborr.

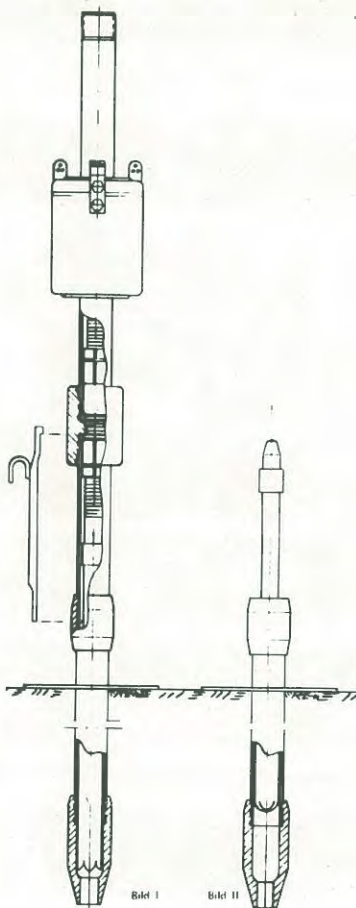


Fig. 8. Tubkärneborr

Tagning av prover med nedtill öppna rör innebär alltid risk att man tappar provet. I tubkärneborren har man eliminerat denna risk genom att provtagningsröret är försett med flikar i nederänden, fig. 8. Efter provtagningen sluter man röret före upptagningen.

Av det ovan anförda torde framgå att provtagning i friktionsjord är en komplicerad uppgift och att ingen universalmetod finns. På grund av dessa jordarters olika uppbyggnad är det ej möjligt att erhålla helt o-störda prover. För att klarlägga bärighet och deformationsegenskaper hos löst lagrad friktionsjord erfordras därför som regel kompletterande undersökningar med andra metoder.

PROVTAGNING I MORÄNLERA

av ingenjör Karl-Erik Nyman, Svensk Grundundersökning AB.

MORÄNLERANS FÖREKOMST, BILDNINGSSÄTT OCH GEOTEKNISKA EGENSKAPER

Moränlera ingår i den stora gruppen osorterade mineraljordarter och betecknas som morän genom bildningssättet och att ingående stenar ej är avrundade utan kantiga eller kantrundade. Enligt vedertagen jordartsnomenklatur skall lerhalten överstiga 15 % för att jordarten skall kallas moränlera. Vad som i det följande sägs om moränleror gäller dock i stor utsträckning även för leriga moräner med en lerhalt mellan 5 och 15 %.

Moränlerorna har bildats genom nedkrossning av mjukare sedimentära bergarter, exempelvis lerskifferar och kalkstenar. I vissa fall har även unga, ännu ej hårdnade sediment upptagits av landisen vid dess framryckning och inknådats i moränmaterialet. Så anses fallet vara med sydvästra Skånes baltiska morän, som troligen innehåller preglaciala och äldre kvartära sjöleror, vilka av landisen upptagits vid dess framryckning genom östersjösänkan.

De skånska moränernas vidare indelning sker oftast efter det karakteriserande bergartsmaterialet, t ex lerskiffer-gnejsmorän och krita-kambrosilurmorän. I det följande uppdelas de skånska moränlerorna i nordostmorän och baltisk morän. Nordostmoränen är normalt en sandig morän med småländska urbergsblock. I sydvästra Skåne har den dock bildats av lerskiffern från mellersta Skånes siluområde och är lerig-moig eller utgöres av moränlera. Den baltiska moränen i sydvästra Skåne utgöres i huvudsak av lågbaltisk moränlera och består av nedkrossade kritbergarter. Mot nordväst ökar innehållet av småländska urbergsblock och underliggande rätlias.

Moränlerors och leriga moräners förekomst och utbredning är förknippat med bildningssättet. Således har moränlera särskilt stor utbredning i västra och södra Skåne samt på de danska öarna. Vidare förekommer moränlera i lä om kambrosilurområdena i Västergötland,

Östergötland och Närke samt på Öland och Gotland.

Ur geoteknisk synpunkt kan moränlera normalt betraktas som god undergrund, på vilket de flesta förekommande byggnadsverk kan uppföras utan grundförstärkningsåtgärder. Till följd av bl a bildningssättet varierar moränlerans geotekniska egenskaper och data inom vida gränser. I nedanstående tabell framgår ungefärliga geotekniska data för skånsk moränlera.

Typ av moränlera	Naturlig vattenhalt w (%)	Naturlig volymvikt γ_m (t/m^3)	Skjuvhållfasthet enligt vingborr τ_f (Mp/m^2)	Hållfasthetsparametrar enligt dränerat skjuvförsök	Lerhalt i % enligt slamningsanalys
Baltisk morän	10-20	1,9-2,2	5-40	$c = 2-5 \text{ Mp}/m^2$ $\varphi = 28-36^\circ$	5-40
Nordostmorän	4-15	2,0-2,4	30-100	$c = 0-5 \text{ Mp}/m^2$ $\varphi = 32-40^\circ$	5-20

Moränleran i Skåne är normalt starkt överkonsoliderad med ett förkonsolideringstryck bestämt enligt Casagrandes metod av storleksordningen $100-200 \text{ Mp}/m^2$.

Provtagningsmetoder

Då moränleran huvudsakligen endast förekommer i sydvästra delen av Skåne har tidigare inga speciella metoder använts för geotekniska undersökningar inom denna region. Provtagning i moränlera har således med växlande framgång vanligen utförts med spadborr och kolvborrar av typer som tål att slås ned med hejare.

Då moränleran är stenblandad och oftast genomsluttad av skikt eller körtlar av vattenförande sand och mo kan spadborrning normalt endast utföras till några få meters djup. Vid kolvborrning uppstår av samma skäl problem med borrens neddrivning och utlösning, samtidigt som borren (borreggen) oftast skadas av sten. Utstansningen av provet måste nästan undantagslöst ske genom kraftig hejning, varigenom prov-

kvaliteten blir dålig, varför kolvborrprover upptagna på detta sätt är kraftigt störda.

Dessa förhållanden jämte det faktum, att de ovannämnda provtagningsmetoderna är relativt tidskrävande, har gjort, att man sökt efter nya metoder för upptagning av såväl störda som ostörda prover i moränlera.

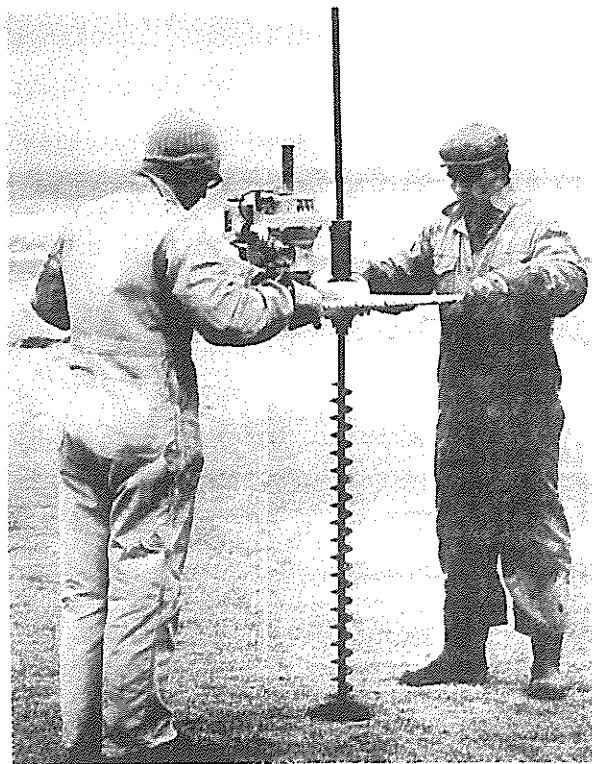


Fig. 1. Provtagning med skruvborr \varnothing 60 x 1000 mm. För neddrivningen används här en motorborrmaskin G-sond.

Upptagning av störda eller omrörda jordprover

Skruvborren

I samband med viktsonderingens mekanisering under slutet av 50-talet erhöles ett drivaggregat, med vilket man på ett enkelt sätt kunde neddriva skruvborrar för upptagning av jordprover. Olika typer av skruvborrar utprovades, varvid man strävade efter att ge borrhållningen och skruvflänsen så klana dimensioner som möjligt för att underlätta neddrivningen och höja provkvaliteten. Skruvborrar passande till nuvarande bärbara motorborrmaskiner (se fig. 1) består av en ca 1,2 m lång borrhållning \varnothing 22 mm, försedd med en högervriden flänsspiral med

tjockleken 3-4 mm. Flänsspiralens längd är 500-1000 mm, och borrets diameter 40 eller 60 mm med en stigning av 35 resp 50 mm. Borrstångens spets är konisk och utdragen ca 50 mm nedanför flänsen för att ge styrning under neddrivningen. Borrstången är försedd med nyckelgrepp och skarvtapp M 16x2, så att borren kan förlängas med sondstänger \varnothing 22 mm. Till skruvborrutrustningen hör förutom sedvanliga verktyg för sondborrning, såsom borryft m m, även utrustning för renskärning av provet, som fastnar mellan skruvborrens flänsar vid uppdragningen. Borryften bör ha en lyftförmåga av minst 5 ton och kan antingen vara handdriven eller mekaniserad. Mekaniserade borryftar, som drives med motorborrmaskinen, har under de senaste åren börjat användas i allt större utsträckning.

Provtagningen tillgår så, att skruvborren med maskinens hjälp vrides ner i marken till avsett djup. Härvid är det av största vikt att borren verkligen följer flänsens stigning så att omrörning av provet ej sker. När borren nått önskat djup uppdrages den med borryften, varvid det jordmaterial, som finns mellan skruvborrens flänsar, avskjuvas och kvarsitter i borren vid uppdragningen. Den 0,5-1 m långa jordcylinder, som man på detta sätt erhåller, rensas väl, varefter jordmaterialet mellan flänsarna skärs ut med kniv eller trådavskärare. Lagerföljden protokollföres och proverna förpackas i plastpåsar. Skruvborren neddrives ånyo ytterligare en sträcka, som motsvarar borrets längd, uppdrages osv. Man kan med skruvborr på detta sätt erhålla en nästan kontinuerlig provtagning, som ej hindras av vattenförande sand- eller moskikt. Metoden begränsas dock av större stenar, som borren ej förmår undantränga. Om sådana påträffas försöker man vanligen att genom lätt hejning på borrstången slå undan stenarna, varefter borringen vanligen kan fortsätta. Skruvborrens nedträngningsförmåga i moränlera är beroende av jordmaterialets fasthet och stenighet samt drivkällans och borryftens kapacitet. Nedträngningsdjupet för den ovan beskrivna utrustningen varierar normalt mellan 5 och 15 m.

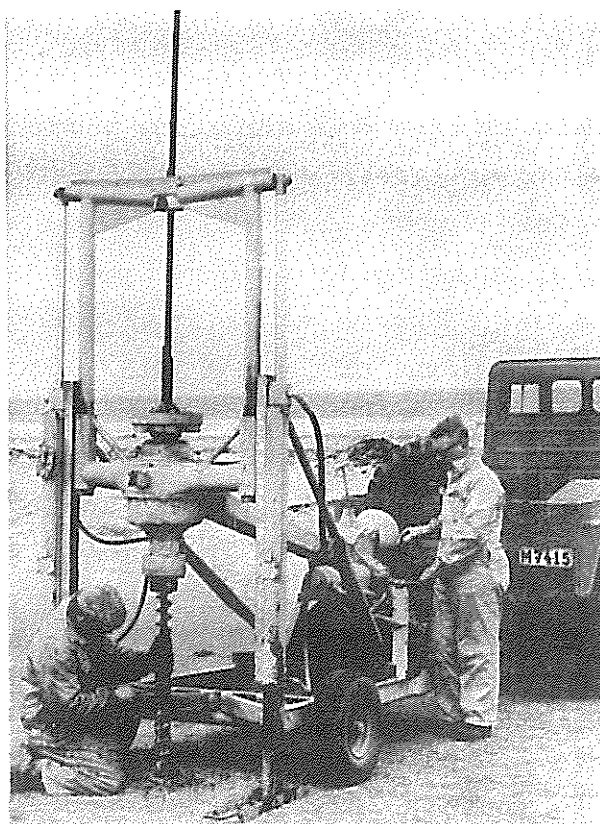


Fig. 2. Provtagning med skruvborr \varnothing 78 x 2000 mm. För neddrivning och uppdragning används här en hydrauldriven provtagningsmaskin.

För att öka nedträngningsförmågan har speciella jordborrmaskiner konstruerats (se fig. 2) med ett vridmoment som är ca 25 ggr större än för den ovan beskrivna motorborrmaskinen. Dessa utrustningar, som arbetar med större skruvborrar av 1000-2000 mm:s längd och 70-100 mm:s diameter, möjliggör provtagning i moränlera och andra fasta stenblandade jordarter till 10-30 m djup.

Prover upptagna med skruvborr är störda och kan ej användas för hållfasthetsundersökningar på laboratorium. I de flesta fall är proverna dock av sådan kvalitet, att de kan användas för bestämning av volymvikt, vattenhalter, kornstorleksfördelning m m.

Skruvborrningen är genom det enkla förfarandet en snabb och ekonomisk provtagningsmetod, som lämpar sig väl för geotekniska fältundersökningar av rutinkaraktär. Provtagningskapaciteten uppgår vid borrhjup på 5-15 m till 25-35 m per dag för 2 man med bärbar utrustning.

Mindre provtagare av kolvborrtyp

Denna provtagare, ofta benämnd jordprovtagningsspets, har konstruerats för att med sondstänger \varnothing 22 mm kunna neddrivas med bärbara slagborrmaskiner av typ Pionjär, Cobra eller Wacker (se fig. 3). Provtagarens konstruktion och verkningssätt påminner om kolvborrens med den skillnaden, att kolven lyfts till helt öppet läge och låses där innan provet utstansas. Provets diameter varierar vanligen mellan 20 och 34 mm och dess längd mellan 250 och 350 mm. Provtagningen tillgår normalt så att provtagaren neddrivs med slagborrmaskin till önskat djup, varefter kolven uppdrages till sitt övre läge och låses där. När detta skett utstansas provet genom att provtagaren neddrives en sträcka motsvarande provbehållarens längd. Uppdragning av provtagaren sker med borryft av samma typ som för skruvborr. Provet, som vanligen inneslutes i en provhylsa av plast, uttages och



Fig. 3. Provtagare av kolvborrtyp för upptagning av störda jordprover (\varnothing 27 x 300 mm) i fasta jordlager. Neddrivningen sker med en motorslagborrmaskin WACKER 25.

förpackas för vidare transport till laboratorium. Genom provtagningsförfarandet och provtagarens grova dimension i förhållande till provdiametern blir normalt provet kraftigt stört och kan ur störningssynpunkt jämföras med prover tagna med skruvborr. Jordprovtagningspetsar av ovan beskrivna typ är ett utmärkt komplement till skruvborren i de fall moränleran är alltför stenig eller fast för denna, då dess nedträngningsförmåga vanligen är större än skruvborrens.

Provtagningskapaciteten är avsevärt lägre än för skruvborr och uppgår till 8-12 prover per dag vid provtagning en gång per meter och vid borrhjup 5-15 m.

Öppna provtagare

Dessa provtagare består vanligen av ett öppet rör med eller utan provhylsa. För att underlätta provets uttagning är vissa provtagare försedda med delad provhylsa "split spoon sampler". Provtagaren neddrives i jordmaterialet, varvid provet utstansas och tränger upp i röret, varefter provtagaren uppdrages. Genom provtagarens enkla konstruktion måste provtagningen normalt ske inom foderrör. Borrningsmetoden tillgår då så att man med exempelvis linstötbormaskin eller tyngre tryckluftsdreven hammarbormaskin driver eller nedborrar foderröret till önskat djup, varefter provtagaren neddrives och uppdrages. Man kan på detta sätt erhålla punktvisa prover med en diameter som vanligen varierar mellan 40 och 80 mm med en provlängd som varierar mellan 250 och 500 mm. Proverna blir kraftigt störda genom provtagarens grova konstruktion och provtagningsmetodiken. Fördelen med dessa metoder är att prover kan upptas från stora djup, exempelvis har man med linstötbormaskin med framgång lyckats uppta prover till mer än 100 m djup.

Provtagning med denna metod och borrarutrustning är dyrbar och kostnaden uppgår för närvarande till ca 75:- à 150:- kr per prov vid provtagning en gång per bormeter och djup omkring 30 m.

Upptagning av ostörda jordprover

Standardkolvborr St I

Vid relativt lösa och stenfria moränleror med en odränerad skjuvhållfasthet understigande ca 10 t/m^2 kan provtagning utföras med standardkolvborr. Provtagningen utförs enligt "Provtagning med standardkolvborr St I", SGI:s meddelande nr 6. Vanligen måste utstansningen av provet ske genom försiktig hejning, varvid provkvaliteten givetvis försämras. För att undvika detta har framgångsrika försök gjorts med olika maskinella utrustningar för nedpressning av kolvborren i moränlera. För att borren därvid ej skall skadas får presskraften ej överstiga ca 5 Mp. Ett annat problem som vanligen uppstår är att den tunna kolvborreggen skadas då den går mot sten eller grövre gruspartiklar. För att minska dessa skador kan eggen göras kraftigare med en trubbigare vinkel, förslagsvis 15° . Det bör i detta sammanhang påpekas, att då förändringar vidtages på provtagningsmetoden och/eller borrens konstruktion detta alltid skall anmärkas i provtagningsprotokollet.

Då standardkolvborren kan användas i moränlera ger den god provkvalitet under förutsättning att kolvborreggen ej skadats.

Speciella provtagare

I samband med grundläggningen av det nya centralblocket vid Lunds lasarett konstruerade Svensk Grundundersökning AB, Malmö, en provtagare för att möjliggöra upptagning av ostörda prover i den mycket fasta moränleran under grundläggningsnivån på ca 15 m djup under ursprunglig markyta.

Provtagaren (se fig. 4) består av ett ytterrör $\varnothing 140 \text{ mm}$, försett med en skruvformad fläns för borttransport av lossrivet jordmaterial längs provtagarens yttersida. Ytterrörets nedre del är utformad med hårdmetallbelagda skärtänder. I ytterröret monteras en provburk av PVC-plast. Provburken med innerdiametern 118 mm och längden 300 mm är monterad på en lagerplatta, som med en kula lagras mot provtagarens överdel. Denna lagring har tillkommit för att förhindra provburkens rotation under provtagningen.

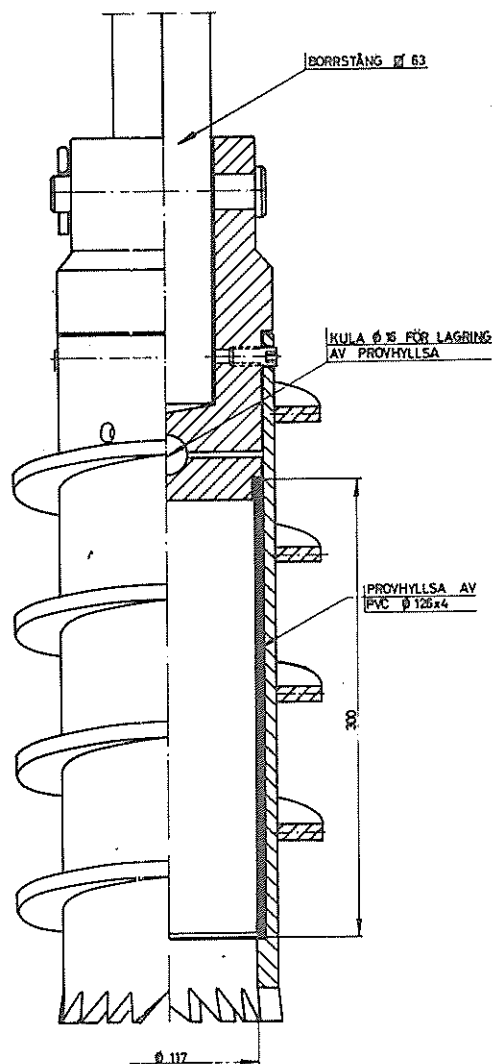


Fig. 4. Specialkonstruerad provtagare för upptagning av ostörda prover i fast moränlera.

Provtagningen utförs med en kraftig jordborrmaskin av fabrikat Highway, monterad på terränglastbil (se fig. 5). Vid provtagningen borrar man först ett hål med skruvborr "auger-drilling" \varnothing 3-400 mm till önskat djup, varefter provtagaren monteras på borrstängen (se fig. 6) och nedförs till botten av det upptagna hålet. Därefter roteras provtagaren under samtidigt tryck från bormaskinen, varvid skärtänderna skär ut en provkärna som pressas in i provtagaren. När den avsedda provlängden borrats uppdrages provtagaren, varefter provburken med jordprov uttages. Provburens ändtytor tätas med paraffin och provburkarna förpackas omsorgsfullt. Vid provtagning under grundvatten-



Fig. 5. Provtagningen med den specialkonstruerade provtagaren sker med en kraftig jordborrmaskin monterad på en terränglastbil.



Fig. 6. Montering av den specialkonstruerade provtagaren. T v syns provburkar samt skruvborren (augern) till förborringen.

ytan i moränlera som innehåller skikt eller körtlar av friktionsmaterial stabiliseras det öppna borrhålets väggar med ett foderrör. Metoden har med framgång använts vid ett antal uppdrag, där upptagning av intakta prover ur mycket fast moränlera erfordrats. Erfarenheterna visar dock, som man kan förutse, att metoden ej ger helt ostörda prover. Metodens begränsning sammanhänger för närvarande med den drivande jordborrmaskinens begränsade djupborrningskapacitet, för närvarande max. ca 10 m.

Sammanfattning

Vid geotekniska undersökningar i Skånes moränleror har provtagning med skruvborr och jordprovtagningsspets erhållit karaktär av standardmetoder. Båda metoderna ger i de flesta fall ett tillfredsställande resultat utan att kostnadskrävande specialundersökningar måste utföras. Vid provtagning från stora djup bör man lämpligen använda öppna provtagare eller provtagare av kolvborrtyp, som neddrives med tyngre kedjematad hammarborrmaskin.

Vid krav på sådana ostörda jordprover kan sådan provtagning utföras med standardkolvborr endast i de fall moränleran är relativt lös och stenfri. Nya metoder för erhållande av ostörda eller måttligt störda prover i fast moränlera har utvecklats. Dessa ger idag geoteknikern möjlighet att på laboratorium mera noggrant än tidigare kunna bestämma den fasta moränlerans hållfasthets- och sättningsegenskaper. Utvecklingen av lämpliga provtagare pågår för närvarande och vunna erfarenheter tyder på att man för att erhålla prover av godtagbar kvalitet i fast moränlera måste inrikta sig på stora provolymer med speciella provtagare, som neddrives med tung borrhutrustning.

PROVTAGNING I MORÄN¹⁾

Direktör Rune Lundström, Orrje & Co - Scandiaconsult.

Neddrivningsmetoder

Duplexborren

Fig. 1 visar en duplexborr. Denna består av två diamantkronor, ett ytterrör, foderrör, och ett innerrör som tar själva provet och genom rotation och nötning arbetar man sig ned. Sedan stoppar man upp under nedborrningen, tar upp innerröret och tar sitt prov. Med denna



Fig. 1. Duplexborren

metod får man kontinuerliga prover inne i provtagningsröret. Vattenspolningen medför emellertid att finmaterialet i regel spolats bort och därför erhålls endast en uppfattning om blockhalten i moränen när man borrar på det här sättet.

Den här metoden har den fördelen att man inte stör framförvarande jord så långt ned eftersom man inte undantränger jorden utan tar bort den. Därför har man större chanser att få ett ostört prov framför denna borr än i det fallet när vi slår oss ned.

1) Artikeln utgör ett kortfattat sammandrag av bandupptagningen vid provtagningsdagen.

Lindöborren

Fig. 2 visar Lindöborren. Med denna slår man sig ned och det har den fördelen att man kommer ned i nästan vilken jord som helst utan större besvär. Metoden har dock den nackdelen att man spolar ganska kraftigt vilket medför att jorden framför spetsen är tämligen störd.



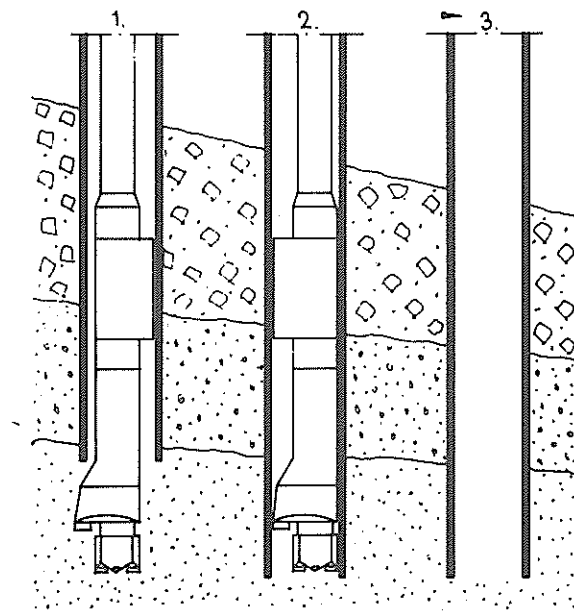
Fig. 2. Lindöborren

Exlerborren

Vid Lindöborren måste man ta upp ett ytterrör och det är i vissa fall ganska dyrbart. Om man då kan hitta på någon annan metod där man kan lämna ytterröret så är det en fördel, speciellt när man har stora djup. En sådan metod är Exlermetoden (se fig. 3). Man har en borrkrona med ett skär på sidan som skär utanför själva foderröret som kontinuerligt följer med. Man har en styrning inne i foderröret som garanterar att borrens sidoskär hela tiden håller sig utanför foderröret. Vid uppdragningen av borren vrids styrningen enligt fig. 4.



Fig. 3. Exlerborren



1. BORRKRONANS LÄGE UNDER BORRNING.
2. BORRKRONANS LÄGE VID NEDSÄTTNING resp. UPPTAGNING.
3. FODERRÖRET KVARLÄMNAT (PEJLINGSRÖR, LADDNINGSRÖR).
KAN ÄVEN DRAGAS UPP.

Fig. 4. Exlerborrens verkningsätt

Linstötborrning

Metoden har beskrivits av Ture Olofsson i denna publikation.

Provtagningsmetoder

Den vanligaste provtagaren är den s k öppna provtagaren. En sådan 63 mm jordprovtagare visas på fig. 5. Provtagaren är, som framgår av figuren, försedd med en kula som släpper ut luft och vatten när man tar provet och som sedan sluter till när man drar upp provet.

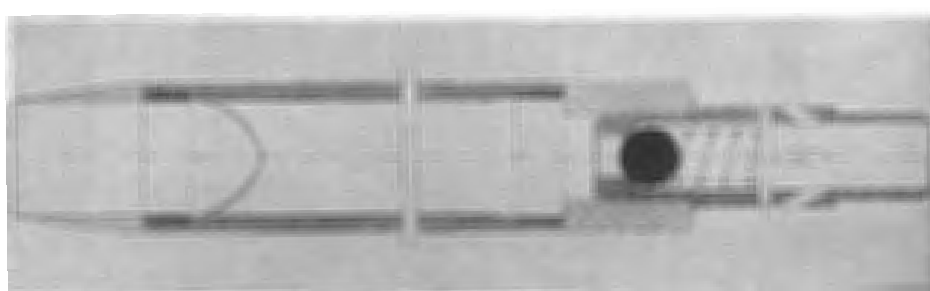


Fig. 5. 63 mm jordprovtagare ($D_i = 48$ mm, $D_y = 63$ mm)

Provtagaren i fig. 5 kan även utföras i två halvor som en s k "split spoon sampler". På fig. 6 har man tagit isär de två halvorna. Provtagaren på figuren är som synes ej försedd med plasthylsa för att samla upp provet. Det är emellertid många gånger lämpligt att förse provtagaren med en sådan plasthylsa. På fig. 7 visas en sammanställning av de olika provtagare som Stabilator och Orrje & Co - Scandiaconsult utvecklat i samarbete.



Fig. 6. "Split spoon sampler"

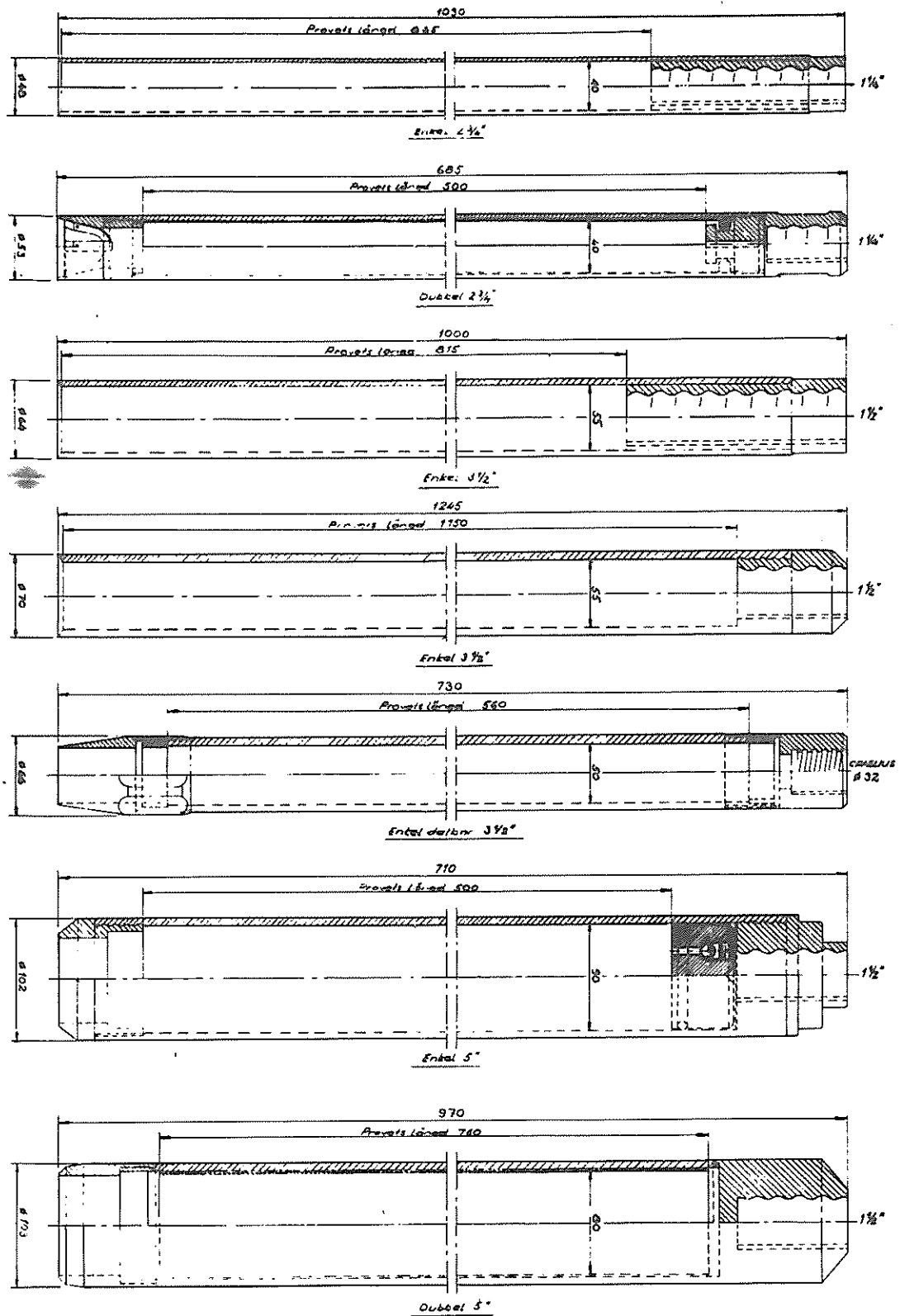


Fig. 7. Sammanställning av jordprovtagare för moränjord, utvecklade av Stabilator och Orrje & Co - Scandiaconsult

PROVTAGNING I BERG

Ingenjör Leif Holmvall, Atlas Copco MCT AB.

Jag skall i denna artikel huvudsakligen behandla kärnborrning. Första frågan är då för vilka ändamål kärnborrning utförs.

I regel kan ändamålen uppdelas i följande tre punkter:

1. Prospekteringsborrning för mineraler
2. Borrning för injektering vid dammbyggnader
3. Borrning för grundundersökningar

Vi skall här i huvudsak beröra de två sistnämnda punkterna. Det kan även i sammanhanget nämnas att användningsområdena för diamantborrning har procentuellt förändrats ganska radikalt under åren efter andra världskriget.

Före 1940 räknade man med att antalet diamantbormaskiner sysselsatta för prospekteringsändamål var ungefär 70 - 80 % av den totala maskinparken i världen och endast 20 - 30 % utförde grundundersökningsbörningar och borrning av injekteringshål vid dammanläggningar.

I dag är bilden helt annan. Procentuellt torde maskinantalet sysselsatta med prospektering av mineraler ej uppgå till mer än 50 - 55 % av den totala maskinparken i världen medan undersökningsbörningar och borrning av injekteringshål i dag praktiskt taget sysselsätter samma antal maskiner som prospekteringsbörning. Härutöver finns ett antal lokalt tillverkade maskiner som entreprenörerna själva har tillverkat och som ej finns inkluderade i någon statistik.

Detta visar om något den fantastiska expansion som tagit plats på grundundersökningens område speciellt under det senaste decenniet. Maskintillverkare har givetvis börjat uppmärksamma denna utveckling och maskiner och utrustning mer lämpade för grundundersökningar börjar så småningom att komma fram. Trots att maskintyperna icke tycks ha utvecklats i någon nämnvärd utsträckning har dock bland

annat ökade prestanda och utveckling av borrarutrustningen gett goda resultat vilket bland annat bevisas av att priset för diamantborrning stått stilla de sista 10 åren, samtidigt som bättre resultat erhållits med bland annat kärnutvinning på 95 - 100 %. Atlas Copco marknadsför fortfarande en stor del av det gamla maskinprogrammet men en del nya typer börjar så småningom växa fram och vi har även tagit upp en amerikansk tillverkares augerborrmaskiner i vårt försäljningsprogram. Detta för att få programmet så fullständigt som möjligt. Dessa augerborrmaskiner kan med små modifikationer även användas för diamantborrning och med de större maskinerna kan även borrning med så kallade "roller bit" utföras i mindre dimensioner.

Som bekant används diamantborrning för grundundersökningar för att i första hand genom examinering av erhållna borkärnor konstatera bergets kvalitet för de byggnadsändamål undersökningen avser. I första hand avses att konstatera krosszoner vid tunnelsträckningar och bergrum samt konstatera bergets eller jordlagrens kvalitet vid planerade större industribyggen, bostadsbyggen, brofästen etc. Där endast jordlagren behöver undersökas sker detta i regel medelst jordprovtagning till fast berg. Atlas Copco har för denna typ av arbeten ett antal maskiner som vi anser lämpliga och nedan redogörs för dessa.



Fig. 1. Bergborrmaskin D 75

D 75

Denna maskintyp är egentligen endast avsedd för ren bergborrning med 36 mm håldiameter och 22 mm kärndiameter. Maskinen är särskilt lämpad i besvärlig terräng på grund av sin ringa vikt, vilket gör att den kan bäras i speciella rygsäckar. Högsta komponentvikten är omkring 35 kg. Maximalt borrhjup vid användande av aluminium-rör är 75 m (fig. 1).

D 750

Med denna maskin kan borraras till 750 m djup och nedborrning genom jordlager med en mäktighet av 30 - 50 m är möjlig. Där jordlagret består av en stor procent friktionsmaterial kan det dock vara nödvändigt att använda 2 beklädnadsrörsträngar för att uppnå detta djup. Detta bör beaktas vid planering av borrhålet (fig. 2).



Fig. 2. Bergborrmaskin D 750

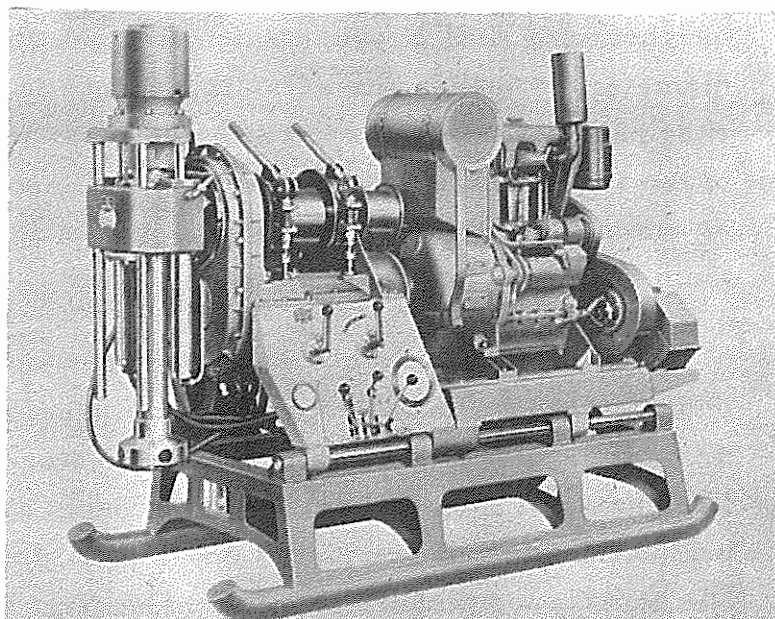


Fig. 3. Bergbormaskin D 1000

D 1000

Med denna maskin har håldjup till 1000 m uppnåtts samt borrhningar genom jordlager med en mäktighet av upp till 80 m. Även här kan givetvis 2 beklädnadsrörsträngar komma till användning.

De större diamantbormaskinerna i marknaden bortser vi ifrån för grundundersökningar då de är alltför stora och dyrbara och utvecklar i regel ett sådant vridmoment att beklädnadsrören vrids av vid större motstånd (fig. 3).

Minuteman

Denna maskin är den minsta i en serie av augerbormaskiner för hål- och provtagning. Då maskinen har en liten motoreffekt är den främst lämpad för mindre dimensioner, ca 3", där borrhjupet blir max 15 m. Auger upp till 304 mm kan dock användas, men borrhjupen i dessa fall blir mycket små (fig. 4).



Fig. 4. Augerbormaskin Minuteman



Fig. 5. Augerbormaskin B 30



Fig. 6. Augerborrmaskin B 40 L

B 30

Detta är en augerborrmaskin monterad på en bil och är utmärkt där endast störda prover eftersträvas och givetvis för andra ändamål där augerborrmaskinen visat sig överlägsen andra maskintyper (fig. 5).

B40L

Denna maskintyp är avsedd för grövre augerborrningshål samt kan även användas med så kallad "roller bit" och även vid diamantborrning med små modifikationer på hydraulsystemet (fig. 6).

Vid augerborrning används tre olika metoder, nämligen:

1. Borrning med kontinuerlig auger
2. Intermittent augerborrning
3. Borrning med provtagningsauger

Kontinuerlig augerborrning används för mindre diametrar och större håldjup, diameter 50 - 300 mm och ned till 100 m. Utrustningen är augerstänger som kan skarvas under arbetets gång, tills det avsedda



Fig. 7. Augerskruv

borrdjupet har nåtts. Augerskruvens spiralfläns har en sådan stigning att det urborrade materialet transporteras till ytan vid rotation (se fig. 7).

Intermittent borrning innebär att borrverktyget roteras ner ett kortare stycke, varefter det lyfts upp till ytan och rensas från utborrat material. Proceduren upprepas tills avsett djup har nåtts (se fig. 8).

Provtagningsauger är ett verktyg för upptagning av "ostörda" jordprov (se fig. 9). Den vanliga augerstången har här ersatts av ett grövre rör med spiralfläns. Inuti detta rör finns ett centrumrör. Borrkronor monteras i nedre änden av de båda rören. Under borrning är rören låsta vid varandra. Vid provtagning dras centrumröret med pilotkronan ur det yttre röret och borrkronan ersätts med en jordprovtagare. Centrumröret sätts åter ned genom ytterröret och provtagaren fyller genom rotation eller nedslagning. Under denna procedur roterar inte ytterröret. Därefter tas centrumröret med den fyllda prov-

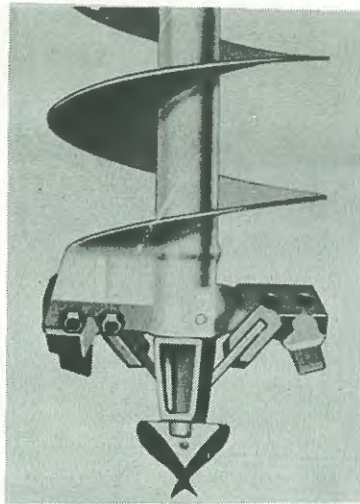


Fig. 8. Augerskruv för intermitterent borrhning

tagaren upp. Ytterröret tjänstgör som beklädnadsrör och förhindrar att jordprovet blandas med partiklar från annat jordlager. Dessutom kan inte hålet rasa under provtagningen eftersom provet tas upp genom ytterröret.

Eftersom augerborrning ej packar underliggande jord kommer det upptagna provet att vara relativt ostört.

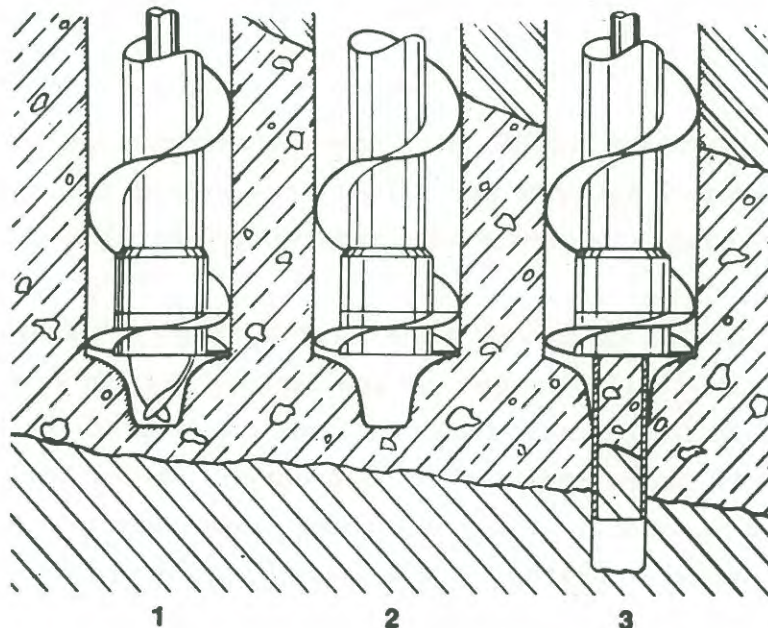


Fig. 9. Provtagningsauger

PROVTAGNING I BERG

Civilingenjör Per Olof Sahlström, Hagconsult AB.

De senaste årens utveckling inom bergbyggnadstekniken har medfört att geotekniker och geologer allt oftare blir engagerade i rena bergbyggnadsprojekt. För undersökningar och provtagning i berg har speciella metoder utvecklats.

Då det gäller provtagning av berg bör man ha de geologiska kausalsammanhangen klara för sig. Till skillnad mot provtagning i de flesta jordar, kan den av inlandsisen renskrapade bergytan i många fall anses ge en representativ bild även av de bergmaterial som förekommer på större djup.

Det enklaste provtagningsredskapet är således den vanliga geologhammaren med vilken man kan knacka loss stuffer för examinering. Det är emellertid uppenbart att bergrums- och tunnelprojektören är tvingad att ta reda på bergets innehåll av slag och krosszoner och att undersöka materialsammansättningen även på den nivå där anläggningen skall utföras. Någon form av borrning blir således nödvändig.

Redan på 1800-talet utvecklades diamantbergborrning som vi tidigare fått beskrivning på. Ingenjören är dock i dag inte enbart hänvisad till kärnborrning utan har under de senaste åren fått andra metoder att arbeta med.

I början av 1950-talet utvecklade Atlas Copco och Sandvikens Jernverk den skarvbara hammarborren för borrarbeten inom gruv- och anläggningsteknik. Borren fick sin första användning i projekterings-sammanhang då Morfeldt m fl i början av 1950-talet använde den första skarvbara borren till undersökningar i Strå kalkbruk och härvid nådde ett djup av ca 25 m. Under den tid som har gått sedan dess har hammarborren fått en alltmer vidsträckt användning i geotekniska sammanhang, då den erbjuder borrning till en meterkostnad som ligger på ungefär 1/4-del av vad kärnborrning kostar.

Vid bergrumsprojektering kan man med hammarborren registrera slag- och krosszoner i berget. För att få en mer objektiv registrering är det dock nödvändigt med någon form av automatisk borrsjunkningsregistrering. Borrsjunkningsregistrering kan emellertid endast bli relativ, dvs lokalisera plötsliga förändringar i borrsjunkningens hastighet. Med hänsyn till de många variabler som påverkar borrsjunkningen, såsom t ex borrhålets slipning, lufttryck, vattenspolning, matningstryck etc., är det svårt att med hjälp av borrsjunkningen klassificera bergets hårdhet eller borrhållbarhet.

För att få en uppfattning om förändringar i bergets materialinnehåll kan man under borrhållningen ta borrhållsprov som analyseras. Man kan på platsen normalt skilja ut t ex karbonatbergarter som dolomit och kalksten genom syraprov, mörka basiska bergarter som diorit, gabbro och diabas på färgen. Bergets struktur kan dock ej bestämmas.

Bergets innehåll av sprickor och slag kan förutom genom borrsjunkningsregistrering också mätas med hjälp av vattentryckning och vattenförlustmätning. Härvid föres manschetter ned i borrhålet över och under den nivå på vilken provtryckning skall ske, varefter man genom mätning av vattentryck och vattenförlust kan få en uppfattning om bergets sprickinnehåll. Sprickornas karaktär kan dock knappast bestämmas med denna metod utan härvid är det nödvändigt att okulärt granska de partier av berget där hög borrsjunkning eller vattenförlust registreras.

För detta ändamål kan man använda sig av en borrhållskikare. Med hjälp av borrhållskikaren kan berget granskas ned till 10 m djup genom successiv hopskarvning av rördelar. Själva kikarenheten kan utbytas mot en kamera och möjliggör fotografering av de partier av berget som man önskar granska speciellt noga. Genom en speciell tolkningsmall kan man fastställa strykning och stupning hos de slag som genomborras.

Kikaren är begränsad i sitt aktionsdjup och vid djupare borrhåll föredrar man därför att arbeta med borrhåll-TV. TV-sonden har i vatten-

tätt utförande en diameter av 45 mm och kräver därför ett borrhål av ca 60 mm i diameter. Kameran kan utrustas för axiell eller radiell bild. TV-sonden kan operera ned till ca 100 m djup, och utveckling pågår för att göra den användbar på ännu större djup. Såväl TV-sonden som kikaren är vattentäta ned till de aktionsdjup som angivits. Vid TV-granskning av borrhål bandas normalt ljud och bild med hjälp av en videobandspelare; det inspelade borrhålet kan sedan i lugn och ro granskas vid skrivbordet och man har möjlighet att granska speciellt intressanta partier obegränsat antal gånger.

Givet är att man vid bergrumsprojektering förutom dessa angivna metoder många gånger också vill ha prov av bergmaterialet på större djup, varför man då tillgriper kärnborrning. Valet av undersökningsmetod betingas helt av vilka uppgifter som är relevanta och intressanta i sammanhanget samt naturligtvis till stor del av ekonomiska faktorer. Prismässigt är situationen i dag följande:

Frånsett kostnaden för etablering av utrustningarna och närvaro av geolog eller ingenjör, vilket är nödvändigt vid vilken metod man än använder, är kostnaden i dag för ett kärnborrhål ca 100:-/m, vilket skall jämföras med kostnaden för ett hammarborrhål, vilket är ca 25 à 30:-/m. Granskningen av borrhålen kostar med kikare ca 5:-/m och med TV-utrustning ca 10:-/m varvid förutsätts en kapacitet av ca 150 m/dag. Man kan således åstadkomma 3 m granskat inspelat hammarborrhål till samma kostnad som 1 m kärnborrhål.

Naturligtvis kan man utföra samtliga dessa undersökningsmetoder i såväl hammarborrade hål som i kärnborrhål, varför man vid bergrumsprojekteringen ofta försöker göra upp ett program där huvuddelen av borringarna utföres som hammarborrning men där provtagning sker i några hål som placeras sedan hammarborrningsprogrammet är genomfört. Samtliga borrhål granskas med TV varefter vattentryckning sker av de partier som bedömes intressanta.

INTERNATIONELLA SAMARBETET PÅ PROVTAGNINGSSOMRÅDET

Överdirektör Bengt B Broms, Statens Geotekniska Institut.

INLEDNING

Vid den 5:e internationella geotekniska kongressen, som hölls i Paris 1961, bildades på ett australiskt förslag en provtagningskommitté "The Subcommittee on Problems and Practices of Soil Sampling". Till ordförande utsågs Torsten Kallstenius, Sverige, och som kommittémedlemmar G D Aitchison, Australien, M Fukuoka, Japan, och J O Osterberg från USA. M J Hvorslev, USA, utnämndes till speciell rådgivare. Kommittén gavs emellertid inga speciella mandat. Till denna kommitté har även knutits "The International Group on Soil Sampling (IGOSS)" som några år tidigare tillkommit på initiativ av Kallstenius.

VERKSAMHETEN 1961-1965

Vid den 6:e internationella kongressen i Montreal 1965 presenterade Kallstenius i en rapport till exekutivkommittén en sammanfattning av de provtagningsmetoder som används i Australien, Brasilien, Frankrike, Tyskland, Indien, Italien, Japan, Norge, Nederländerna, Portugal, Sverige, Schweiz, England och USA. I rapporten framhölls vikten av att provtagningsmetodiken tillämpas på ett riktigt och omsorgsfullt sätt. Upptagningen av borrhålen bör utföras så att jorden under hålen ej störs. Det framhålls att foderrör kan förorsaka störningar av jorden under borrhålens botten om foderröret ej rensas under nedslagningen. Vidare måste vattennivån i foderröret i förhållande till grundvattenytan hållas tillräckligt högt så att det ej sker någon bottenuppluckring. I rapporten påpekas att friktion mellan prov och provtagare i stor utsträckning påverkar provets kvalitet. Det är nödvändigt att provtagaren har en slät yta och att den helst är tillverkad av ej korrosivt material samt att ytfriktionen är låg. Det påpekades att den invändiga friktionen kan reduceras genom att göra provtagarens invändiga diameter något mindre än eggens diameter. Kommittén föreslog en inre släppning (skillnaden mellan provtagarens och eggens innerdiametrar) som motsvarar 0,5 till 1 % vid provtagning ned till 20 m djup i ej svällande jordarter. En släppning som är större än 1 till

3 % förorsakar nämligen att sprickor kan öppnas i jordprovet och att detta sväller om det innehåller gas. Vidare erinrades i rapporten om att provets deformation blir liten om provtagarens vägg göres så tunn som möjligt. Emellertid kan en relativt tjock provtagare tillåtas där provtagarens eggvinkel görs liten. Kommittén rekommenderade följande samband mellan ytkvot och eggvinkel.

Tabell 1. Samband mellan ytkvot och eggvinkel

Ytkvot i procent $\frac{(D_e^2 - D_i^2)}{D_i^2} \times 100$	Eggvinkel, α i grader
5	15
10	12
20	9
40	5
80	4

D_e = provtagarens ytterdiameter

D_i = provtagarens innerdiameter

Själva skäret kan emellertid ha en större vinkel än den som visas i ovanstående tabell. Den kan vara så stor som 60° vid godstjocklekar upp till 0,3 mm.

Kommittén lämnar även rekommendationer angående lämplig provtagningslängd såsom visas i tabell 2.

Tabell 2. Lämplig provtagningslängd

Jordmaterial	Största provtagningslängd
Lera	
$S_t > 30$	20 D
$S_t = 5 - 30$	12 D
$S_t < 5$	10 D
Friktionsmaterial	
Låg lagringstäthet	12 D
Normal lagringstäthet	6 D

D = provdiameter

Kommittén rekommenderar att man inte skall använda de översta eller de understa delarna av ett jordprov när ostörda prover fordras. Provet kan nämligen vara stört till ett avstånd som motsvarar två provdiameter. Kommittén påpekar att jordprov längre än de som rekommenderas i tabell 2 kan erhållas men att sådana prover kan skadas när de trycks ut ur provtagaren. (Detta gäller för provtagare som ej är försedda med folier eller särskilda provhylsor.) Kommittén föreslog dessutom följande standarddiameter, nämligen 38, 50, 75, 100 och 125 mm.

Kommittén påpekar också vikten av att proverna transporteras och förvaras på ett lämpligt sätt. När provet trycks ut kan emellertid vissa jordmaterial skadas av friktion och vidhäftning mellan jord och provtagare, särskilt om provet är långt. I de fall då jorden ej har en alltför låg skjuvhållfasthet, kan det vara tillrådligt att trycka ut provet omedelbart efter provtagningen eftersom vidhäftningen ökar med tiden.

Exekutivkommittén uttryckte sin uppskattning över provtagningskommitténs arbete. På grund av bristande tid avsåg sig emellertid Kallstenius både ordförandeskapet och medlemskapet i kommittén. G D Aitchison utnämndes till ny ordförande, B Broms och H Mori, Japan, ersatte T Kallstenius och M Fukuoka.

VERKSAMHETEN 1965 - 1969.

Det var ej möjligt för provtagningskommittén att sammanträda under fyraårsperioden 1965 - 1969. Arbetet skedde därför per korrespondens och genom personliga kontakter.

I den rapport som presenterades vid den 7:e internationella konferens som just avslutats i Mexico City konstaterades att relativt litet gjorts i de olika medlemsländerna på provtagningsområdet under perioden 1965 - 1969. Det påpekades att provtagning i allmänhet sker slentrianmässigt utan större tanke på uppläggning och utförande. I rapporten används "underperformance" för att beskriva den praxis som tillämpas i olika länder. Provernas kvalitet blir i hög grad beroende av den hårda konkurrens som existerar mellan olika borrhings-

firmor. Det rapporteras att många känner sig missnöjda med det nuvarande förfarandet. (Man kan befara samma utveckling i Sverige om anbuds förfarandet vinner ytterligare spridning.)

I rapporten anges även att nya typer av provtagningsdon och neddrivnings- och upptagningsanordningar har utvecklats. Antalet publikationer som beskriver sådana nya provtagare tycks ej ha minskat, och aktiviteten på detta område är stor.

I rapporten påpekades det stora behovet av normer för provtagning i olika jordmaterial, men att utarbetandet av sådana normer i första hand är en angelägenhet för respektive land. Kommittén påpekade även vikten av att ett genomtänkt borrprogram läggs upp och att stor omsorg erfordras för att en grundundersökning skall ge önskat resultat.

SPECIALSESSION, MEXICO CITY 1969

Kommittén hade arrangerat en specialsession angående provtagning i samband med den internationella geotekniska kongressen i Mexico City. Det fanns ett stort intresse för denna specialsession, men många som är aktiva inom provtagningsområdet hade tyvärr ej haft tid att skriva ned sina erfarenheter.

Kommittén betonade vikten av att definiera kvalitet hos upptagna jordprover. Därvid uppkommer sådana frågor som hur man bedömer provkvalitet och hur provtagningsmetoderna påverkar denna kvalitet. Kommittén rekommenderar att ytterligare en specialsession för provtagning anordnas i samband med den regionala asiatiska kongress som kommer att hållas 1971.

Vid specialsessionen i Mexico presenterades dels ett antal rapporter angående den praxis som tillämpas på provtagningsområdet i Nordamerika, Asien och Europa och den utveckling som skett under den sista fyraårsperioden, dels ett antal korta uppsatser som främst berörde nya provtagningsmetoder.

Rapporter

J O Osterberg, USA, lämnade en redogörelse för den praxis som tillämpas främst i Nordamerika. Osterberg påpekade att de problem som uppstår vid provtagning i olika jordmaterial i allmänhet ägnas mycket liten uppmärksamhet. Provtagning sker i huvudsak på anbuds-basis. Entreprenörens kvalifikationer beaktas sällan liksom den typ av utrustning han har eller den skicklighet som hans personal besitter. Osterberg påpekade att borrhningsentreprenören i allmänhet ej har någon anledning att försöka förbättra provtagningsmetodiken. Han är främst angelägen om att få arbetet utfört så fort som möjligt.

Osterberg nämnde vidare att det dock finns några firmor som försöker att förbättra sin provtagnings teknik så att den kan anpassas efter de jordmaterial som finns på platsen. Dessa borrhningsfirmor måste emellertid själva stå för utvecklingskostnaderna. Osterberg framhöll att det ej skett några väsentliga förändringar i provtagningsmetodiken eller av provtagningsutrustningen under de sista tio åren. Utvecklingen har i huvudsak bestått i användning av starkare motorer eller förbättring av sådana mekaniska detaljer som underlättar själva provtagningen.

Osterberg påpekade också att noggranna laboratorieundersökningar, avancerade beräkningsmetoder och viktiga beslut beträffande grundläggningen baseras på provtagningsmetoder, om vilka konstruktören ofta har liten kännedom. I sin rapport framhöll Osterberg att liten uppmärksamhet ägnats åt själva borrhprogrammet. Det förekommer att en konstruktör beställer samma borrhprogram för varje projekt oberoende av om projektet är litet eller stort, enkelt eller komplicerat.

Den vanligaste provtagningsmetoden är s k "Split spoon sampling" där en delbar, tjockväggig provtagare används. I samband med provtagningen utförs vanligtvis s k "Standard penetration test". Därvid räknas det antal slag som erfordras för att driva ned provtagaren 30 cm i borrhålets botten. Denna metod används i allmänhet i hela Nordamerika och i alla typer av jordarter. Metoden används nästan alltid vid bedömning av friktionsmaterials relativa lagringstäthet. Oster-

berg påpekade att trots att metoden har standardiserats, så förekommer stora variationer i försökets utförande från ett företag till ett annat och från en borrhingsförman till en annan. Vid tolkningen beaktas i allmänhet ej de många faktorer som kan inverka på sonderingsmotståndet, såsom foderrörets nivå i förhållande till borrhålets botten, eller grundvattnets nivå i relation till vattennivån i foderröret. "Standard penetration test" används även i kohesionsjordarter trots att sambandet mellan sonderingsmotstånd och skjuvhållfasthet är mycket osäkert.

Den provtagare som används mest i Nordamerika är den så kallade "2-inch Shelby tube sampler", som är en öppen provtagare med 50 mm diameter. Provtagaren används i lös och medelfast lera vid rutinundersökningar eller vid sådana undersökningar där endast en grov uppskattning av skjuvhållfastheten erfordras. Hela provet trycks vanligen ut ur provtagaren varvid provet deformerar något. Osterberg påpekade att provtagarna ofta är rostiga, att de ofta ej är rengjorda och att provtagarnas egg stundom är deformerade.

Den provtagare som används främst vid tagning av s k "ostörda" prover är "3-inch Shelby tube sampler", en öppen tunnväggig provtagare med 75 mm diameter. Emellertid kan prover med ännu högre kvalitet erhållas med 75 mm kolvborr, men denna typ av provtagare används ej vid grundundersökningar utom i de fall då den speciellt har föreskrivits i kontraktshandlingarna. Kolvborr med 125 mm i diameter används sällan, trots att denna typ av kolvborr i allmänhet är tillgänglig.

I områden där grundvattenytan är låg eller där halvfast till fast lera förekommer, kan provtagning ske i öppna hål. I områden där grundvattenytan är hög, används i allmänhet foderrör. Borrvätska används i stället för foderrör framför allt i de delstater i USA som är belägna intill Mexikanska Golfen.

Maskiner som är utrustade med skruvborr med ihåligt borrhör, s k "auger", genom vilket provtagning kan ske, används i allt större utsträckning. Emellertid råder tveksamhet om hur denna provtagnings-

metod påverkar provens kvalitet och hur sonderingsresultatet skall tolkas när sondering utförs genom borrhöret.

Osterberg beskriver den nuvarande provtagningsmetodiken i Nordamerika som undermålig. Provtagning utförs ofta utan att man tar hänsyn till grundundersökningens syfte. Systemet med anbud uppmuntrar ej borrhningsfirmorna till att förbättra och utveckla nya provtagningsmetoder. Konkurrensen mellan de många små företag som är verksamma inom området är utomordentligt hård och förtjänsten är låg. Inga resurser finns tillgängliga för forskning och utveckling.

M Fukuoka, Japan, lämnade en skriftlig rapport om det provtagnings-symposium som hölls den 20 september 1968 i Osaka, Japan. Vid detta symposium presenterades sex uppsatser. I den första uppsatsen av K Suyama och T Oya studerades den kraft som erfordras för att driva ned en tunnväggig kolvborr med 73 mm diameter och varierande längd på provtagaren. Försöken visade att lämplig provtagningslängd motsvarade 10 à 12 gånger provets diameter.

Eggvinkelns inverkan på provkvaliteten har studerats av K Ito och T Tanaka. Sex tunnväggiga provtagare där eggvinkeln varierade mellan 5 och 90° undersöktes i lerig silt. Väggtjockleken var 10 mm. Minsta störningen av proven erhöles då eggvinkeln var 7°. Då eggvinkeln hölls konstant, ökades den del av jordprovet som blivit stört med väggtjockleken.

Konstruktionen av en modifierad Denison provtagare har beskrivits av M Sone, C Takemura och S Tajima. Det inre kärnröret i denna provtagare är upphängt i en fjäder vars styvhet anpassas efter jordmaterialets egenskaper. När det underliggande jordmaterialets skjuvhållfasthet är låg, kommer det inre kärnröret att skjuta fram under ytterröret. Goda resultat har rapporterats med denna provtagare.

G Yamada och H Uezawa beskriver tre nya typer av provtagare som är avsedda för provtagning i sand under grundvattenytan. I den första används luft för att dränera provet. Härvid erhålls en falsk kohesion på grund av kapillärspänningar. Dessa kapillärspänningar förhindrar att

sanden "rinner" ut. I den andra typen av provtagare används ett gum-mimembran som med hjälp av tryckluft sluts runt nedre delen av provet då provtagaren dras upp, varvid provet snörps av. I den tredje provtagaren injekteras plast vid provtagarens spets. Den plugg man då får hindrar att sanden rinner ut, när provet dras upp ur borrhålet. Den lämpligaste av dessa tre provtagare synes vara den där provet dräneras och en luftspalt bildas runt provet.

K Komada och Y Okayama har beskrivit en utrustning för rotationsborrning som kan användas vid provtagning i sand med foliekärnborr. (Denna utrustning påminner om den som utvecklats vid SGI.) Med denna provtagare kunde tillfredsställande prover erhållas av fast lagrad sand och av överkonsoliderad lera vilken innehöll gruskorn med upp till 10 mm diameter. Emellertid uppstod svårigheter vid provtagning i löst lagrad mo, fin sand och lös lera som innehöll grus.

Y Koizumi och K Ito redogjorde för en avstyvningsanordning med vilken man kan förhindra utböjning av provtagningsstängerna under provtagningen. Avstyvningarna placeras på var tionde meter. Den skjuvhållfasthet som uppmättes för de prover där utböjningen varit förhindrad var betydligt högre än den där utböjning ägde rum.

M J Hvorslev, USA, diskuterade behovet av forskning inom provtagningsområdet. Hvorslev framhöll att tendensen har varit att för öppna provtagare minska den invändiga släppningen. En ytterligare reduktion kan vara lämplig vid vissa jordarter. Denna reduktion begränsas emellertid av toleranskrav. Om den invändiga släppningen helt elimineras, blir den största provtagningslängden 1 à 2 diametrar. Hvorslev framhöll att ytkvoten för tunnväggiga provtagare ej bör vara större än 10 à 15 % och att inverkan av ytkvoten på provets deformation ökar med ökat djup under markytan. Provets störning vid stora ytkvoter kan emellertid minskas om man använder sig av en provtagare med liten eggvinkel. Hvorslev framhöll att lämplig eggvinkel är en funktion av ytkvoten och att eggvinkeln bör minskas med ökat djup under markytan.

Försök har visat att provets längd bör vara 5 à 10 gånger provdia-

metern vid friktionsjordarter och 10 à 20 gånger provdiametern vid lera. Hvorslev framhöll att provlängden är beroende av den invändiga släppningen, ytråheten hos provtagaren, jordmaterialets egenskaper och provtagningsdjupet. Hvorslev påpekade att det är önskvärt att kolven i en kolvborr är upphängd i en justerbar fjäder som skjuter fram kolven under provtagningen i lösa jordmaterial. Vid provtagning i lera störs provets övre och nedre del till ett avstånd som motsvarar två à tre gånger provets diameter. Undersökningar av Kallstenius som gjorts med den svenska standardkolvborren har visat att proven är störda inom en zon som är något längre än två à tre provdiametrar. Hvorslev framhöll att det var önskvärt att upprepa dessa försök med provtagare med något större diameter för att se om man erhåller samma störningseffekt.

Vid provtagning i lerig, siltig sand sker en packning i nedre delen av provet. Volymsändringar erhålls även i ren sand. Den genomsnittliga densiteten (volymvikten) hos löst lagrad sand ökar under provtagningen, medan densiteten för fast lagrad sand minskar. Preliminära försök har visat att dessa förändringar är små. Det är emellertid önskvärt att upprepa dessa försök under fältförhållanden.

Det bästa sättet att trycka ut ett jordprov ur en provtagningscylinder är att kapa provtagaren i kortare delar och trycka ut provet i varje del i samma riktning som jorden pressas in i provtagaren. (Detta förfarande gäller främst provtagning med "Shelby tube sampler".) För att spara på provtagningscylindrar trycks i allmänhet hela provet ut på en gång. Den kraft som därför fordras för att trycka ut provet är ofta betydligt större än den som fordras för att pressa in provet i provtagaren. Hvorslev rekommenderar att problemet med att trycka ut långa prover studeras närmare för att undersöka om det är möjligt att minska väggfriktionen och därmed provets störning. Hvorslev påpekar att det vore intressant att även studera närmare det fjäderupphängda dubbla kärnrör av den konstruktion som framtagits av Pitcher och Cambefort speciellt för provtagning i växellagrade jordarter.

Hvorslev framhåller att luft används i allt större utsträckning vid kärnborrning för att föra bort borrhaxet när man ej har tillgång till vatten

eller när jorden påverkas av vatten eller borrhväska. Därvid används ofta borrhängor med relativt stor diameter för att höja lufthastigheten längs stängerna så att borrhängan kan föras bort. Det är önskvärdt att erforderlig lufthastighet bestäms för olika jordmaterial. Hvorslev nämner att en del av dessa problem kan lösas i samband med konsultationsuppdrag men att många problem fordrar experiment i ensartade jordmaterial så att inverkan av olika parametrar kan studeras systematiskt.

H Muhs, Tyskland, behandlade klassificering av jordprover med avseende på de kvalitetskrav som ställs vid olika laboratorieundersökningar och den teknik som används vid provtagning. Muhs framhöll att det föreligger ett behov att dels definiera vad man kvalitetsmässigt kräver av ett prov, dels definiera ett jordprovs kvalitet. Vid bestämning av exempelvis vattenhalt eller kornstorlek spelar det ej någon roll om provet är stort eller ej, så länge provet är representativt. Det är emellertid mycket viktigt att provets kvalitet är så hög som möjligt, när man skall bestämma skjuvhållfasthet eller kompressibilitet.

Den tyska provtagningskommittén har därför föreslagit ett klassifikationssystem som grundar sig på de kvalitetskrav som ställs vid olika laboratorieundersökningar. Dessa kvalitetskrav är avgörande för valet av lämplig provtagningsmetod eller borrhänga. Kvalitetskraven, som har införts i de tyska normerna DIN 4021, är grundade på kornstorleksfördelningen, vattenhalten, torrdensiteten, skjuvhållfastheten och kompressionsindex såsom visas i tabell 3.

Tabell 3. Kvalitetsklassificering av jordprover enligt DIN 4021

Kvalitetsklass	Proverna intakta med avseende på	Proverna kan användas vid bestämning av
1	Z, w, γ , τ , E_s	Jordlager och skiktjocklek (finindelning) Kornstorleksfördelning Konsistensgränser Största och minsta lagringstäthet, kompaktdensitet Vattenhalt Organisk halt Torrdensitet Porositet, portal Kompressionsindex Skjuvhållfasthet
2	Z, w, γ , τ	Jordlagerföljd och skiktjocklek (finindelning), kornstorleksfördelning Konsistensgränser Största och minsta lagringstäthet Kompaktdensitet Organisk halt Vattenhalt Torrdensitet Porositet, portal
3	Z, w	Jordlagerföljd och skiktjocklek Kornstorleksfördelning Konsistensgränser Största och minsta lagringstäthet Kompaktdensitet Organisk halt Vattenhalt
4	Z	Jordlagerföljd och skiktjocklek Kornstorleksfördelning Konsistensgränser Största och minsta lagringstäthet Kompaktdensitet Organisk halt
5	Även Z ändrad. Ej representativa prover	Jordlagerföljd

Z = kornstorleksfördelning och/eller konsistensgränser
w = vattenhalt
 γ = torrdensitet
 τ = skjuvhållfasthet
 E_s = kompressionsindex

Vid den lägsta kvalitetsklassen (5) anser den tyska provtagningskommittén att endast jordlagerföljden kan bestämmas eftersom proverna ej är representativa. Det är emellertid tveksamt om ens jordlagerföljden kan bestämmas vid den lägsta kvalitetsklassen eftersom proverna innehåller jordmaterial från olika nivåer. Med prover ur högsta kvalitetsklassen (1) är det möjligt att bestämma skjuvhållfasthet och kompressibilitet. Det påpekas att kvaliteten ej endast är beroende av provtagnings- och borrhållfasthet utan även av jordarten som sådan.

Den tyska provtagningskommittén anser att det med väl definierade kvalitetskrav bör vara möjligt att överlåta till de olika borrhållfasthetsfirmorna valet av borrhållfasthets- och provtagningsmetod, så att de uppställda kvalitetskraven uppfylls. Muhs framhöll vidare att den långsamma utvecklingen på provtagningsområdet ej står i rimlig proportion till den snabba utveckling som skett på laboratoriesidan där nya och förbättrade laboratorieapparater och metoder framkommit. Vid treaxliga försök kan exempelvis portrycket mätas med mycket stor noggrannhet.

Utvecklingen på provtagningsområdet har främst inriktats på att utföra borrhållfasthetsarbetet och provtagningen så snabbt som möjligt utan större hänsyn till de upptagna provens kvalitet. Muhs framhöll att i många länder används fortfarande borrhållfasthets- och provtagningsmetoder där en viss blandning av jord sker från olika nivåer. De prover som man då erhåller är ej representativa.

Muhs omnämner särskilt den utveckling som har skett i Sverige på provtagningsområdet. Vad den svenska foliekärnbörren beträffar framhåller han att denna endast kan användas för provtagning i lös lera. Vidare nämner Muhs den rotationsborrtröstning som framtogs i Japan och som liknar den utrustning som tidigare utvecklats i Sverige. Vid denna metod loss göres jorden vid folieborrens egg av en roterande krona. Muhs rapporterar vidare om de olika provtagare som utvecklats i Holland, med vilka mycket långa prover kan erhållas. Två av dessa provtagare har en mycket stor invändig släppning. Mellanrummet mellan prov och provtagarens vägg fylls med borrhållfasthetsvätska, som eliminerar den invändiga friktionen mellan prov och provtagare. Vid en typ används två borrhållfasthetsvätskor med olika densitet. Den tyngre

borrvätskan bildar en sorts membran kring provet under uppdragningen. Detta lermembran visar sig vara nödvändigt vid provtagning i fin sand. Vid den tredje metoden, som främst är avsedd för provtagning i lös lera och löst lagrad sand, omges provet av en strumpa av nylonväv. Denna rullas ut längs provet under borrens neddrivning i likhet med folierna i den svenska folieborrmetoden. Provets kvalitet är i allmänhet tillräckligt hög för bestämning av vattenhalten. Även den relativa lagringstätheten kan bestämmas med denna provtagningsmetod. Provet störs emellertid något under provtagningen på grund av att nylonstrumpan är något elastisk.

Muhs beskriver också en tysk provtagare med 65 mm diameter och 1 m längd där provtagaren invändigt är försedd med en tunn plastfolie som minskar friktionen mellan provet och provtagarens vägg.

Skriftliga diskussionsinlägg

Vid specialsessionen gjordes även ett antal diskussionsinlägg.

T Barre, K Schjetne och S Sollie, Norge, diskuterade den störning som erhålls vid provtagning i marina leror med kolvborr med 95 eller 54 mm diameter. Undersökningen utfördes i en salt lera med en sensitivitetsskvot mellan 3 och 10 och med en odränerad skjuvhållfasthet mellan 2 och 6 Mp/m^2 . Materialets flytgräns varierade mellan 30 och 60 %. Även en urlakad kvicklera med en sensitivitetsskvot mellan 40 och 200 undersöktes. Skjuvhållfastheten för denna lera varierade mellan 0,7 och 3 Mp/m^2 och flytgränsen mellan 20 och 30 %.

Störningsgraden och provens kvalitet bestämdes med ödometer med antingen 20 eller 50 cm^2 yta. Förkonsolideringsbelastningen bestämdes enligt Casagrandes metod. Betydligt större variation av förkonsolideringstrycket erhöles för de prover som upptagits med 54 mm kolvborr än med de prover som upptagits med 95 mm kolvborr. Genomsnittsvärdet på förkonsolideringstrycket var dock ungefär detsamma för de två provtagningsmetoderna. Det är möjligt att spridningen av försöksresultaten kan förklaras av att de norska lerorna har en relativt låg flytgräns och att de är betydligt känsligare för störningar

än många svenska leror.

J D Nelson, Tailand, diskuterade provtagning på månen. Fotografier från månen visar att ytan består av ett välgraderat grovkornigt material. Man kan urskilja stenar och block. Det tycks finnas ett visst samband mellan blockens kantighet och blockens djup. De block som är rundade tycks vara begravda djupare än de mera kantiga blocken. Det är tydligt att någon slags erosionsprocess pågår på månytan. Blockens gradvisa avrundning kan vara förorsakad av vittring på grund av de plötsliga temperaturändringarna på månen eller av att blocken träffats av meteoriter. Den genomsnittliga korndiametern uppskattas till cirka 0,5 mm och skrymdensiteten till 0,7 à 1,5 g/cm³. Månmaterialiet verkar ha en viss kohesion. Nelson hänvisar till Scott och Robertson som uppskattade kohesionen till mellan 0,015 och 0,035 Mp/m² och den inre friktionsvinkeln till mellan 30 och 40°.

Nelson påpekar att brist på atmosfär kan inverka på månmaterialens egenskaper. Försök med sand har t ex visat att den gas som absorberats på partiklarnas yta avsevärt påverkar sandens hållfasthets-egenskaper. Försök visar även att månmaterialens kompressibilitet är relativt hög. Detta gör att det är svårt att använda konventionella provtagare på månen. Vidare kommer stora svårigheter att uppstå vid transport av prover från månen till jordytan på grund av att proverna lätt förorenas.

A Dücker, Tyskland, redogjorde för en metod för upptagning av frusna jordprover varvid en provtagare med dubbelt kärnrör använts. Eftersom vatten eller borrhätska förorsakar att den frusna jorden smälter, måste luft användas för att föra bort borrhätskaxet. Provtagarens inre diameter är 106 mm och yttre diameter 150 mm.

T Kallstenius, Sverige, diskuterade de geotekniska problem som uppkommer vid provtagning i organiska jordarter och i friktionsmaterial. Kallstenius framhöll att man ej vet de kvalitetskrav som skall ställas vid provtagning i organiska jordar. Friktion längs provtagarens ytteryta och innersida bör vara så låg som möjligt för att minska störningarna. Friktionen längs utsidan kan man minska genom att använda

en provtagare med dubbelt kärnrör av typ Denison. Provtagarens diameter bör ej vara mindre än 100 mm. Då kolvborr används, skall provtagarens egg vara skarp och väggtjockleken liten. Vid ensgraderade friktionsjordarter med rundade korn är det mycket svårt att erhålla prover under grundvattenytan. En grov uppskattning av jordlagerföljden kan erhållas med kedjematare eller sondering. Seismiska metoder är av värde vid utvärdering av borresultat och penetrationsförsök. Plattförsök kan komma ifråga då lagringstätheten är låg. Även permeabilitetsförsök är av betydelse. Vid upptagning av representativa prover bör borrhålets diameter vara minst fem gånger större än den största kornstorleken eller 20 gånger större än 50%-iga kornstorleken.

D Mohan och V S Aggarwal, Indien, beskrev två nya typer av enkla provtagare. Den första typen, som har 86 mm innerdiameter, är en öppen provtagare med ytkvoten 7,6 %. Provtagarens längd motsvarar cirka två provdiametrar. Provtagaren trycks ned i jorden genom vridning av provtagningsstången.

Metoden fordrar emellertid att man först borrar ett hål som måste rensas före provtagningen. Den andra typen av provtagare är avsedd för provtagning i grovkorniga jordarter. Provtagaren består i princip av två provtagningscylindrar vardera med 37,5 mm diameter. Dessa är inneslutna i en yttre cylinder med 112,5 mm diameter. De inre provtagningscylindrarna hålls slutna under neddrivningen av en roterbar skiva. När provtagaren nått önskat djup, öppnas provtagningscylindrarna genom vridning av provtagningsstången, varvid skivan förskjuts åt sidan. Därefter drivs provtagaren ned. När man nått önskat djup, dras provtagaren upp cirka 12 mm. Cylindrarna stängs samtidigt som jordproverna skärs av.

J D Lang, Australien, beskrev en instrumenterad bormast. Med denna utrustning kan man mäta det vridande momentet och axialkraften i borrhålets stången, rotationshastigheten och inmatningslängden. Med en sådan utrustning är det möjligt att systematiskt mäta de krafter som uppstår vid provtagning i olika jordmaterial.

J G Zeitlen, Israel, diskuterade provtagning i ej vattenmättade, svällande leror och påpekade att friktion längs provtagarens ytteryta kan förorsaka sprickor i jorden under provtagaren, innan jorden kommer in i provtagaren. Denna effekt är speciellt stor i svällande jordarter. Zeitlen beskrev en provtagare med dubbelt kärnrör med 80 mm inre diameter med vilken man kan erhålla prover med upp till 50 cm längd. Längs provtagarens ytteryta löper en spiralformad fläns för att underlätta bortförandet av det lossgjorda materialet under neddrivningen. Provtagaren har använts i Israel under ett år.

G Abele, USA, diskuterade provtagning i snö. Abele framhöll att snö är ett komplicerat material vars egenskaper påverkas av sådana faktorer som temperatur och belastningshastighet. Snöfält som t ex är framkomliga för fordon under morgontimmarna kan förorsaka stora problem några timmar senare. Snö som har fallit i skyddade omgivningar kan ha helt andra egenskaper än sådan snö som påverkats av vind.

Snös hållfasthet kan uttryckas i en kohesion och i en inre friktionsvinkel. Dessa storheter är endast konstanta inom vissa snävt begränsade intervall. Abele påpekade att en gradvis sättning äger rum vid konstant belastning vilken kan leda till total kollaps. Brott i snö kan antingen vara segt ("creep rupture") eller sprött ("brittle fracture"). "Lagerföljden" bestäms i allmänhet med penetrationsförsök. Snös bärförmåga uppskattas vanligtvis genom tryckförsök. Metoden är dock ej användbar då snöns densitet är låg. Treaxliga försök används främst för att studera hållfasthets- och deformationsegenskaper. In situ försök har brukats med framgång för att uppskatta hållfasthets- egenskaperna. Vidare har en kombinerad penetrometer och ringskjuvapparat för fältbruk nyligen utvecklats.

Abele påpekade vidare att ett av de största problemen vid provtagning i snö är den stora variation hos egenskaperna som kan finnas inom relativt korta avstånd. Dessutom sker en ändring av egenskaperna med tiden. De provtagningsmetoder som används i snö har i allmänhet utvecklats för provtagning i jord. Det är troligt att speciell utrustning som är helt avsedd för snö bör utvecklas.

H Mori, Japan, omnämnde avslutningsvis vid specialsessionen en anvisning för provtagning med tunnväggig provtagare som utarbetats av den japanska geotekniska föreningen. Denna anvisning behandlar bl a lämpliga typer av provtagare, provtagarnas hopsättning samt provtagningens och neddrivningens utförande. Vidare behandlades provernas uppdragning och jordprovernas förvaring och transport.

SAMMANFATTNING

En fortsatt utveckling har skett på provtagningsområdet. Nya provtagare har utvecklats i Japan, Sverige, Holland, Tyskland, Indien och Frankrike. Speciella provtagare finns för vittrade och svällande jordarter, laterit och löst berg samt för snö och is. Nya typer av bormaskiner har kommit fram. "Auger"- eller skruvbormaskiner har utvecklats varigenom provtagning kan ske genom den ihåliga augerspindel. Stor uppmärksamhet har även ägnats åt olika typer av neddrivnings- och uppdragningsanordningar. Relativt liten uppmärksamhet har emellertid ägnats de krav som bör ställas på ett jordprovs kvalitet och hur provkvaliteten påverkas av olika provtagnings- och bormetoder.

FORSKNINGSBEHOV OCH ALLMÄNNA UTVECKLINGSTENDENSER

Teknologie doktor Torsten Kallstenius, K-Konsult.

Sedan geotekniska föreningen fastställde kolvborrstandarden, har den institutionsstyrda forskningen i Sverige på provtagningsområdet i stort sett avstannat till förmån för sonderingsforskning. Man har velat avvakta insatser på internationellt håll.

1. Aktuella svenska forskningsuppgifter avseende provtagning

I samband med den geotekniska forskningskonferensen i Stockholm 1968 finns bland 181 st redovisade forskningsobjekt fem som berör provtagning. Intresset gäller i första hand provtagning i friktionsjordarter med tonvikten lagd på själva borrhningsmetodiken.

Projekten är:

- Användning av skyddskåpa på skruvborr, anmält av Allmänna Ingenjörbyrå
- Provtagning vid tung borrhning, anmält av respektive Hagconsult AB, K-Konsult och AB Stabilator
- Utveckling av jord-grusprovtagare, anmält av AB Nyttoverktyg.

Vid sidan av dessa anmälda projekt försiggår utveckling vid våra större borrhningsföretag och apparatfirmor. Forskningen är inriktad på snabbare och billigare borrhning i svårborrade jordarter. De provtagningsmetoder, som just nu dominerar i praktiken, skiljer sig inte särskilt mycket från vad som var känt för t ex 10 år sedan, även om man lägger märke till den stora ökningen av kedjematade jordbergborrmaskiner och de ganska våldsamma borrhningsmetoder, som har utvecklats i samband med den sortens maskiner. De upprepningar, som har förekommit i det föregående kan väl illustrera att det gäller ett relativt fåtal aktuella metoder.

Intresset för utländska borrhmetoder av typ rotaryborrhning, skruvborrhning och "power augers" har ökat och gäller också borrhning av hål för platsgjutna pålar av stor diameter. Vidare får utvecklingen på hydraulgrävarefronten inte glömmas i det här sammanhanget.

Genom att man numera har fått ökade möjligheter att snabbt och billigt ta upp hål i jorden med större diameter än som tidigare har varit brukligt, har man också fått ökade provnings- och provtagningsmöjligheter.

Jordens stenhalt betyder mindre när håldiametern ökar. Man vinner också bättre överblick och får lättare att välja ut småprover, som är typiska för lagerföljden.

Intresset för s k diamantbergborrning har möjligen avtagit i och med att de ovan relaterade metoderna har vunnit ökad utbredning. Detta är inte enbart gynnsamt ur utvecklingssynpunkt, eftersom diamantborrning ger möjlighet att på ett tämligen skonsamt sätt ta kärnor ur jorden. Vad som behövs är en bättre anpassning av diamantborrtekniken till användning tillsammans med de våldsammare hålbörningsmetoderna. I utlandet har en sådan anpassning skett i viss grad.

I många länder har dubbla kärnrör utvecklats och anpassats speciellt för jordprovtagning. Speciellt vill jag nämna den amerikanska Denisonprovtagaren och den variant med fjädrande innersystem, som utvecklats av Soletanche (se fig. 1).

I Sverige skulle man enkelt och direkt behöva kunna kärnbörja i kombination med slagborrning av typ Lindö eller liknande, skruvborrning eller power-augerborrning. Man behöver för kärnrör i jord ha provdiametrar över 80-100 mm för att provet inte skall skjuvas sönder vid rotationen. Detta innebär håldiametrar av storleksordningen 150-200 mm.

Jag kan inte gå in på detaljer i en utveckling, som rör sig på vitt skilda områden, är heterogen och ganska mycket har berörts i det föregående utan vill hålla mig till viktiga principer. Utvecklingen på provtagningsområdet torde löpa sin gilla gång på bred bas. Vid sidan om den utvecklingen måste ändå viktiga forsknings- och utvecklingsinsatser göras i form av synkroniserade gemensamma ansträngningar på centralt geoteknikhåll.

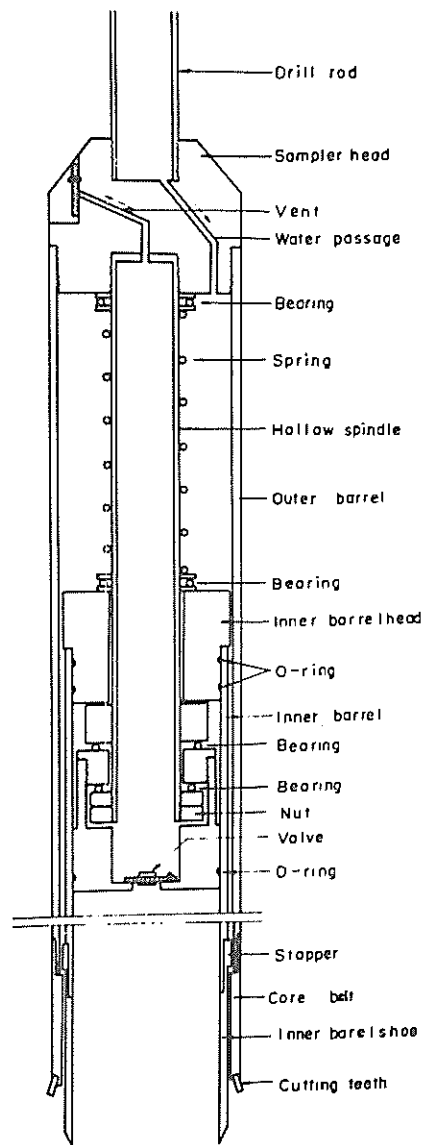


Fig. 1. Modifierad Denisonprovtagare
utvecklad av Soletanche

2. Forsknings- och utvecklingsuppgifter av central art

Vid kongressen i Montreal och likaså i Mexiko framlades inom provtagningsgruppen IGOSS förslag till förfinad klassning av jordprover efter användbarhet. Förslaget må tjäna som introduktion till strävanden efter en förbättrad terminologi och jordprovsklassning, som bör tas upp till behandling av Svenska Geotekniska Föreningen i internationellt samarbete. En sådan klassning behövs också i sammanhang som berör den s k debiteringskommitténs arbete.

Den väsentliga nyttan med en klassning är att målsättningen för jordprovstagningen sätts i förgrunden.

Har man bara målsättningen klar för sig, kommer en rad krav att behöva uppfyllas beträffande hur man skall kunna anpassa tillgängliga borrhningsresurser för bästa möjliga uppfyllande av målsättningen.

I det sammanhanget uppstår också behovet att dra upp gränserna mellan vad man skall begära av jordprovtagningen och vad som skall klaras upp genom mätningar, in situ-observationer och sondering.

Ett annat problem, som kommer upp i detta sammanhang, är vilka krav som skall ställas på provantal, val av provtagningsnivå och provtagningsplats, provdiameter och provlängd för att proven på ett statistiskt acceptabelt sätt skall anses representera grundens egenskaper. Diskussionen om provtagning har med mycket få undantag hittills varit koncentrerad till mekanisk och kemisk störning.

Internationellt har provtagningsgruppen IGOSS tidigare koncentrerat sig på två uppgifter, nämligen utveckling av dubbla kärnrör samt standardisering av i första hand en 3" provtagare för stansning. Vidare har rekommenderats vissa standarddimensioner. Se rapport del III till Montreal-kongressen.

3. Målsättning för jordprovtagning

Geoteknisk provtagning kan sägas ha till syfte att lämna de informationer om grunden som behövs för att man skall kunna lösa tekniska och ekonomiska frågeställningar på ett optimalt sätt. Det förutsätter då naturligtvis att upplysningarna inte kan inhämtas säkrare eller billigare genom mätningar eller observationer in situ.

Eftersom mycket höga krav på jordprovets kvalitet i regel ger högre provtagningskostnader, måste man överväga vilken kvalitetsgrad som är nödvändig och ekonomiskt försvarbar. I det tidigare refererade tyska förslaget har jordprov klassats efter de egenskaper man vill kunna undersöka. Här läggs nu fram en klassning, som har kommit fram mera för diskussionens skull än i syfte att utgöra ett genomtänkt förslag.

De upplysningar man behöver om jorden skulle kunna indelas exempelvis i följande kategorier:

- A Jordens miljö
- B Jordens mekaniska och reologiska egenskaper
- C Jordens sammansättning

Den exakthet med vilken ett jordprov kan återge önskad egenskap skulle kunna anges i följande kvalitetsklasser:

- I Direkt mätbarhet av önskad egenskap
- II Möjlighet att genom kalibrering och korrigering få fram önskad egenskap
- III Möjlighet till grov men osäker bedömning

4. Möjligheten att nå önskad målsättning med existerande provtagningsredskap

4:1 Kategori A, Jordens miljö

Till jordens miljö hör:

- huvudspänningsfördelning
- hydraulisk tryckfördelning och strömning
- temperaturfördelning och värmetransport
- kemisk sammansättning och kemiska processer
- elektrostatiska och elektriska fält och strömmar

I stort sett måste man konstatera att upplysningar om jordens miljö inte inom överskådlig framtid kan införskaffas genom tagning av jordprover. Man hänvisas till mätningar och indirekt bedömning. Problemen är många, eftersom våra möjligheter i dag att utforska jordens miljö direkt är otillräckliga.

4:2 Kategori B, Jordens mekaniska och reologiska egenskaper

När man tar skostörda jordprover, vill man klara upp frågeställningar som rör jordens volymvikt, vattenhalt, samband mellan spänningar och deformationer, konsolideringsegenskaper, permeabilitet och jordens allmänna struktur.

I Sverige tas prover för kategori B huvudsakligen genom utstansning.

Kvalitetsklass B I kan man sällan nå genom utstansning. Man måste tillgripa utskärning genom provtagning i provgropar i tunnlar och schakter. Man kan också med dubbla kärnrör skära ut prover, om diametern väljs tillräckligt stor.

I homogen lera kan stansning med provtagare av extrem typ - t ex den foliekolvborr med extremt vass egg som provades ut vid Statens geotekniska institut - ge kvalitetsklass B I.

Målsättningen med den svenska standardkolvborren var kvalitetsklass B II, dvs reproducerbarhet av jordegenskaperna efter kalibrering och korrigerering av data.

Kraven kan anses vara uppfyllda i homogen normal svensk lera. Man måste observera att standardkolvborren inte under alla betingelser kan ge avsedd kvalitetsklass utan kan ge prov av klass III eller sämre. I kontakten mellan ett fastare och ett lösare material, vid stansning i varviga material, i material med låg E-modul och med hög E-modul samt i steniga material kan man få starkt försämrade provkvalitet. (Se vidare under 5.)

Av dessa skäl måste också prover, som tagits efter standardföreskrifterna med standardkolvborr, kvalitetsbedömas efter jordlagerföljd och jordart.

Ändå är man givetvis mycket säkrare när man använder den relativt väl kalibrerade standardkolvborren än när man använder provtagare som har kalibrerats mera ofullständigt. Det är önskvärt att kalibreringen av standardkolvborren fortsätter med inriktning dels på beteendet i olika homogena jordarter, dels på störningarna i varvigt material.

På tal om standardkolvborren föreligger vid det här laget också behov av en fältstudie, där man kontrollerar att praxis verkligen överensstämmer med normerna. Man kan misstänka att så inte är fallet i önskvärd utsträckning.

Äldre kolvborrar eller mer eller mindre hemmagjorda provtagare av stansningstyp kan sällan ge provkvalitet B II. Dels stör de för mycket, dels är de otillräckligt kalibrerade. I regel får man räkna med grov och osäker bedömning av de mekaniska egenskaperna.

4:3 Kategori C, Jordens sammansättning

Vill man känna till jordens fullständiga sammansättning torde krävas att alla faserna fast, flytande och gasformig är korrekt återgivna i provet. För en sådan fullständig bild fordras prov av kategori B. Man får, när det gäller kategori C, anses behöva vara nöjd om jordens kornmassa och grundvattnet är rätt representerade i provet.

Provtagning med mekaniserad kontinuerlig skruv kan ge kvalitet C I om skruvning sker i skydd av foderrör och med reglerad nedmatningshastighet. Den s k skruvsonden ger prov av denna art. S k mosskannborr och SJ:s kannborr kan också ge kvalitet C I i lättborrade kohe-sionsmaterial, liksom provtagare som kräver stansning, är försedda med slutare och inte behöver slås ned för våldsamt.

Spadborren kan ge kvalitet C I över eller nära grundvattenytan, om proverna skyddas för uttorkning eller uppblötning genom snabbt arbetssätt och snabb emballering i samband med provtagningen. Metoden att lägga ut proven i en sträng på marken ger snabb ändring av vattenhalten och minskar provets värdeklass. I regnväder eller stark värme behövs skyddstak.

Kvalitetsklass C II-III är den man normalt kan räkna med vid tagning av s k störda representativa prover i friktionsjord. Vattenhalten är inte fullt pålitlig, däremot torde man oftast ha möjlighet att bestämma flytgräns.

Kornstorleksfördelningen är något störd, antingen genom krossning av korn eller genom kornseparering på grund av vattentransport vid håll-drivning och provtagning. Innebörden av kvalitetsklass C II får väl anses vara att förändringarna i kornstorleksfördelningskurvan är bedömbara genom att kalibrering har skett med jämförelse mellan prov från provtagare och framgrävda prov eller att inslamning av t ex finmaterial direkt kan konstateras i form av särskilda skikt.

Ju våldsammare borrhningsmetoder man tillämpar dess större blir störningen. Vid borrning och provtagning i svåra material måste man därför ägna stor uppmärksamhet åt den mekaniska verkningsgraden. Kan man arbeta med minsta möjliga arbetsmängd per neddriven längd, får man också i princip minsta störning. Slagning utan studs och bra sjunkning per slag kan ge bra prover. Det är angeläget att vi i Sverige går in för provtagningsmetoder där dessa synpunkter beaktas. Under de senaste 10 åren har hålborrning och provtagning i svårborrade jordar från såväl geoteknikernas sida som från uppdragsgivarnas i alltför hög grad betraktats enbart ur entreprenadsynpunkt.

Prover av klass C II kan ofta erhållas genom jalusiborr, gruskannborr, s k "sampler spoons" och s k provtagningsspetsar.

Slamkannor till linstötborr och liknande redskap kan ge klass C III, medan uppspolade prover är så anrikade i viss kornfraktion att de inte är klassningsbara.

Inom hela kategori C skulle man behöva lägga ner mycket forskning på att få fram skonsamma bormetoder, skydd för proven under upptagningen och kalibrering av gängse metoder i olika jordarter och under olika slagningsförhållanden. Man behöver få fram nya kombinationer av billig håldrivning och skonsam provtagning.

5. Några problem vid utstansning av jordprover

Vid all stansning förekommer ett nedåtriktat tryck på underliggande jord, orsakat av yttre friktionskrafter mot manteln, inre friktion mot provhylsan, eggtryck mot jorden samt s k löseggsbildning utanför eggen (se fig. 2).

Detta tryck ger en tendens till överbelastning av svagare skikt under borren. Dessa skikt störs, avger vatten och pressas helt eller delvis åt sidan, samtidigt som de fastare skikten deformeras nedåt, tar åt sig vatten och sväller.

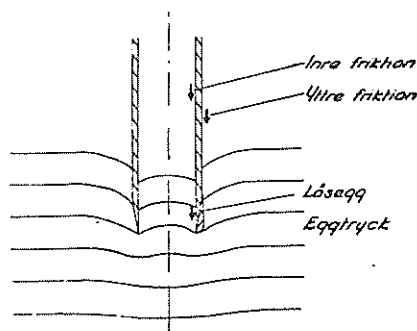


Fig. 2. Krafter vid stansning av jordprov

Rent allmänt gäller att de friktions- och adhesionskrafter, som ger det nedåtriktade trycket, måste reduceras. Också eggtrycket skall hållas så lågt som möjligt, genom att eggen är så vass som möjligt.

Man kan använda sig av lösa ytterhylsor som minskar yttre friktionen, invändig släppning, smörjning, friktionsminskande ytbeläggning, folier eller strumpor, som drar in provet i borsten.

Mycket återstår ännu att göra, innan man med sådana åtgärder har fått en stansningsteknik som lämpar sig för ojämna material.

Nedan beskrivs nu några av de vanligare stansningsproblemen.

5:1 Proppbildning i kontakten fast material - löst material

När en stansning närmar sig gränsen mellan fast och löst material, avskjuvas oftast en konisk propp av det fasta materialet. Proppen har en tendens att fastna i eggen och sedan förtränga det underliggande lösa materialet, som antingen störs eller helt missas vid provtagningen. Resultatet kan bli en fullständigt missvisande bild av jordlagerföljden (se fig. 3).

5:2 Störning av skikten i varviga material

Genom stanstrycket pressas de underliggande lösa varven ihop och trängs ut i sidled. De fasta skikten deformeras och tar åt sig vatten från de lösa medan de lösa rörs om och kan försvinna helt eller delvis ur provet (se fig. 4).

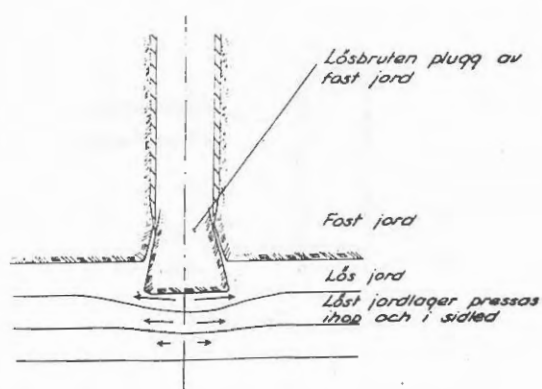


Fig. 3. Proppbildning i kontakten mellan fast och lös jord

Både vid SJ och SGI har försök gjorts att kontrollera provkvaliteten i varviga material av mo, mjäla och lera. Såväl ökning som minskning av hållfastheten har konstaterats, och förändringarna sker snabbt. Den s k foliekolvborren gav ingen påtaglig förbättring. Man måste därför konstatera att vi i dagens läge inte kan ta ostörda prover B II i dessa material genom stansning. Man får hoppas att framschaktade prover eller prover tagna med dubbelt kärnrör skall visa sig vara bättre.

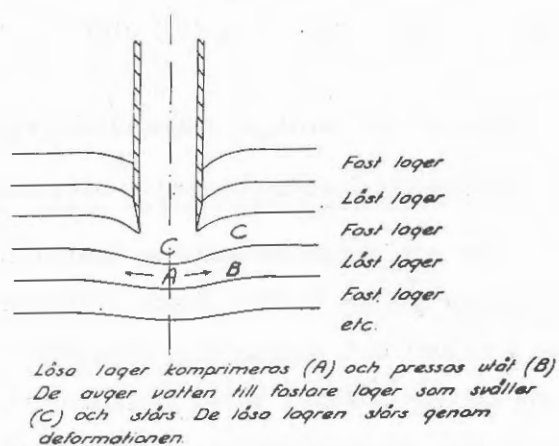


Fig. 4. Störning i varvigt material

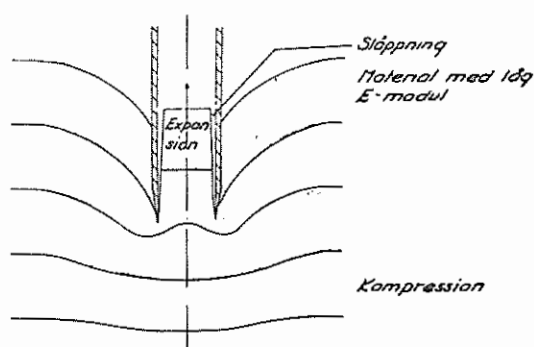


Fig. 5. Störning i material med låg E-modul

5:3 Störning vid material med låg E-modul

Hit hör särskilt de organiska materialen men också vissa fyllningar.

I början av stansningen komprimeras jorden under eggnivå både under och vid sidan av borren. Om en kolv hålls på konstant nivå, släpper jorden kontakten med kolven. I stansningens senare skede expanderar jordprovet uppåt och undergår samtidigt en tvärkontraktion. Provet kan härvid suga åt sig vatten, deformeras plastiskt eller gå förlorat (se fig. 5).

5:4 Störning orsakad av stenar o dyl

Om eggen når kontakt med en sten, kommer stenen att bilda en enhet med provtagaren. Man har då att göra med provtagning av mycket lägre klass än provtagaren är avsedd för (se fig. 6). Antingen bör man då övergå till en mera robust provtagare för lägre provklass el-

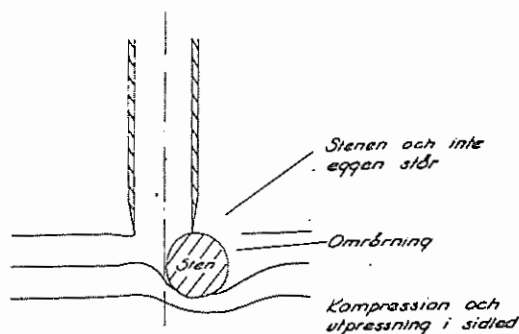


Fig. 6. Störning orsakad av sten

ler bör man öka provdiametern, så att stenens inflytande relativt sett minskas. En provdiameter av minst 5 gånger stenstorleken bör eftersträvas, i den mån man inte med en mindre diameter kan ta prov i mellanrummen mellan stenarna.

5:5 Störning i mycket fasta material

I mycket fasta eller överkonsoliderade jordar med hög E-modul uppstår mycket stora horisontaltryck mellan jorden och stanseggen på grund av motståndet mot undanträngning av jord i sidled.

Man behöver tunnväggiga borrar för att minska trycket. Det höga nedåtriktade tryck som uppstår leder till glidytor och brottzoner i proven, som skulle kunna av misstag tolkas som struktur i den naturliga jorden (se fig. 7).

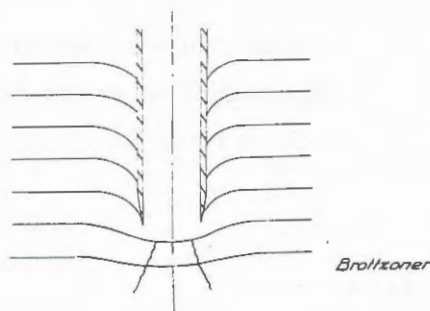


Fig. 7. Störning i mycket fasta material

6. Slutkommentarer

Även om vi i Sverige kan räkna med att ha en internationellt sett hög allmännivå när det gäller praktisk provtagning, har vi fortfarande alltför många olösta problem för att man skulle kunna vara nöjd med den mycket blygsamma takt som just nu kännetecknar provtagningsforskningen. Det kan å andra sidan inte vara rimligt att ett så litet land som vårt skall axla den omfattande arbetsbörda som lösandet av alla problemkomplexen skulle innebära.

Till en början bör vi i ökad omfattning pröva de bästa utländska avancerade borrhings- och provtagningsmetoderna. Vidare bör vi medverka till ett internationellt klassningssystem av jordprover. Slutli-

gen bör vi veta mer om den provkvalitet, som vi får med de metoder som just nu är allmänna här, åtminstone när det gäller våra vanligaste friktionsjordarter.

Parallellt med detta bör studeras hur man med lämpliga insitumätningar skall kunna komplettera provtagningen och minska kraven på provklass.

Ett specialproblem av organisatorisk-ekonomisk art uppstår vid provtagning i svårare material. Alla kan inte ha råd att skaffa sig resurser för avancerad provtagning, och för vissa provtagningar kan det endast behövas en utrustning i landet och den kanske aldrig kan bli lönsam för den som skall driva den.

Samtidigt är det väsentligt att geoteknikern har tillräckligt god kontakt med och tillräckligt inflytande över provtagningen. Vår svenska relativt sett höga standard på provtagningsområdet torde till stor del bero på att geoteknikerna i våra lättborrhade jordarter själva har kunnat sköta sin provtagning. I utlandet har svårare jordarter ofta tvingat fram entreprenadmässig provtagning, och där har man betydligt svårare att få den nödvändiga kontakten mellan teori och praktik.

Vissa specialutrustningar är motiverade ur nationalekonomisk synpunkt, trots att de inte direkt kan betala sig genom borrhylor. Värdet av bra provtagning ligger ofta på en svårkalkylerbar kvalitetsbas, och det kan vara viktigt att man i ett visst läge överhuvud taget vågar sig på en avancerad undersökningsmetod. Som exempel vill jag nämna foliekärnborren, vars samtliga utvecklingskostnader har varit täckta enbart genom indirekta vinster som gjordes i samband med Messauredammens tillkomst.

Man kan inte begära att en entreprenör eller konsult skall kunna satsa pengar på sådan utrustning eller dess utveckling. Det är därför viktigt att vi i Sverige sörjer för att ett centralt provtagningsföretag med visst stöd från allmänna medel och god kontakt med geoteknikerna skapas.

DISKUSSION

Nedan har en sammanfattning gjorts över några av de synpunkter som nämndes under diskussionen. Sammanfattningen gör inga anspråk på att vara fullständig, men kan kanske i någon mån återspegla vilka ämnesområden som intresset kretsade kring.

- Fellenius inledde med att ifrågasätta möjligheten att ta ostörda prover i moränlera. Av erfarenhet vet man att om vattenhalten är så låg som 12 à 15 %, vilket ofta är fallet i moränlera, har leran ej endast en kohesionsandel utan även en friktionsandel.
- Löwenhielm undrade om inte den bästa metoden att undersöka moränlerans hållfasthetsegenskaper var att göra insituprov.
- Lindskog berättade att danskarna använder vingborr för att undersöka skjuvhållfastheten i moränlera. Vingborrresultaten korrigeras sedan och används vid hållfasthetsberäkningen.
- Nyman ansåg att bästa metoderna för undersökning av moränlera var vingborrhundersökning kombinerad med skruvborrhning.
- Sandegren meddelade att flera vägförvaltningar ifrågasatt om man inte vid samtliga jordarter skulle kunna slopa provtagning och i stället gå in för skruvborr och vingborr.
- Brink motsatte sig detta eftersom provtagning behövs för ödometerförsök, volymviktsbestämning m m.
- Lundström påpekade att provtagning är nödvändig för att få ett begrepp om jordens uppförande under cykliska belastningar. Som exempel visades resultaten från ödometerförsök på moränmaterial vid Ölandsbron.
- Fagerström konstaterade att ostörd provtagning tyvärr allt mer ersatts av skruvborrhning och vingborrhning. Ostörda prover ger bättre resultat för klassificering och behövs för bl a ödometerförsök.

- Andréasson instämde delvis i Fagerströms inlägg, men påpekade att kombinationen skruv + vinge ofta är en tillräcklig undersökningsmetod t ex vid stabilitetsberäkningar.
- Olofsson påpekade att man t ex för att beräkna stabiliteten vid sponter samt bottenuppträckning i schakter är intresserad av volymvikten hos jorden vilket kräver ostörda prover.
- Jakobson ansåg att man ej bör lita alltför mycket på vingborrresultat i överkonsoliderade jordarter, som vanligen är dilatanta. Man kan dock tänka sig vingborrning med olika vridningshastighet. Lämpligen bör även komplettering ske med laboratorieundersökning. Detta kräver i möjligaste mån ostörda prover.
- Kallstenius påpekade att kostnaden för provtagning är försvinnande liten i förhållande till kostnaden för hela byggnadsverket. Provtagningskostnaden kan lätt tjänas in på att underlaget för projekteringen blir säkrare.
- Andréasson undrade hur man på vanliga s k ostörda prover skall kunna bestämma skjuvhållfasthet i moränlera, som innehåller mycket sten. Är hållfastheten i lermaterialet mellan stenarna representativt för moränlerans totala hållfasthet?
- Jakobson underströk att det är svårt att bestämma skjuvhållfastheten i moränlera. Vid laboratorieundersökning måste man bl a först återställa de ursprungliga tryckförhållandena kring provet.
- Nyman varnade för att göra konprov på moränlera.
- Broms påpekade att danskarna har utarbetat provningsmetoder för moränlera. Bl a utför man ödometerförsök med upprepade på- och avlastningar. Man har funnit att den ur avlastningsgrenen beräknade sättningen i många fall är 2 à 3 gånger större än den verkliga. Dessutom inverkar ödometerstativets styvhet på mätresultaten. Den fjädring som erhålls vid belastning gör att moränlerans kompressibilitet överskattas.

- Fagerström omtalade att det på senare tid kommit fram flera metoder för att mäta jordmaterials egenskaper. Som exempel nämndes Vattenfalls utveckling av en isotopsond vilken kan användas för att bestämma den relativa densiteten t ex före och efter en injektering.
- Kallstenius ansåg att det egentligen är svaghetszonerna i ett berg som avgör hållfastheten - ej det mellanliggande fasta- re bergets hållfasthet.
- Jarlås ansåg att kärnförlusten vid borrhning kan vara missvisande. TV-inspektering är ett utmärkt komplement.
- Schulze påpekade att vid hammarborrning i berg finns risk för att borrhkaxet kan igensätta eventuella sprickor i berget. Vid en TV-inspektion blir då dessa sprickor osynliga.
- Sahlström omtalade att man vid TV-inspektion brukar utföra borrhningen med vattenspolning, vilket reducerar risken för igensättning.
- Lundström avslutade diskussionen med att beklaga att den allt hårdare konkurrensen gjort att de privata konsultföretagen får allt mindre marginaler för utveckling och forskning t ex över provtagningsutrustning. Detta är desto mer beklagligt eftersom en stor del av fackkunskapen inom provtagningsområdet just sitter på konsultföretagen.

AVSLUTNING

Ordföranden i Geotekniska föreningen överingenjör Erik Sandegren.

Med hänsyn till tiden måste jag avbryta diskussionen och tacka alla föredragshållare för de upplysande och intressanta föredragen. Vidare får jag tacka alla, som berikat provtagningsdagen med diskussionsinlägg, och härigenom bidragit till en bredare belysning av problemställningarna. Värdefulla har även varit framförda önskemål för den framtida utvecklingen.

Sammanfattningsvis kan sägas att det tycks råda stor enighet om att det är synnerligen värdefullt att kunna ta ostörda prover eller ta ut bergkärnor för att studera ostörd struktur såväl i jord som berg. Man bör därför inte av kostnadsskäl annat än undantagsvis slopa tagandet av ostörda prover, då detta förfarande kan bli dyrt för byggherren i ett senare skede, enär viktiga geotekniska informationer härigenom icke kan införskaffas. Det är därför angeläget att fortsätta utvecklingen av metoderna för "ostörd" provtagning även i mycket fast lera, moränlera, friktionsjord och berg.

Det är min fasta övertygelse att dagen givit många värdefulla tips och synpunkter för provtagningskommittén, som härigenom fått ett omfattande underlag för sitt fortsatta agerande.

Med dessa ord får jag förklara provtagningsdagen avslutad.

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
Swedish Geotechnical Institute

SÄRTRYCK OCH PRELIMINÄRA RAPPORTER

Reprints and preliminary reports

No.		Pris kr. (Sw. crs.)	Out of print
1.	Views on the Stability of Clay Slopes. <i>J. Osterman</i>	1960	»
2.	Aspects on Some Problems of Geotechnical Chemistry. <i>R. Söderblom</i>	1960	»
3.	Contributions to the Fifth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Paris 1961. Part I.	1961	»
	1. Research on the Texture of Granular Masses. <i>T. Kallstenius & W. Bergau</i>		
	2. Relationship between Apparent Angle of Friction — with Effective Stresses as Parameters — in Drained and in Consolidated-Undrained Triaxial Tests on Satu- rated Clay. Normally-Consolidated Clay. <i>S. Odenstad</i>		
	3. Development of two Modern Continuous Sounding Meth- ods. <i>T. Kallstenius</i>		
	4. In Situ Determination of Horizontal Ground Movements. <i>T. Kallstenius & W. Bergau</i>		
4.	Contributions to the Fifth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Paris 1961. Part II.	1961	5:—
	Suggested Improvements in the Liquid Limit Test, with Reference to Flow Properties of Remoulded Clays. <i>R. Karlsson</i>		
5.	On Cohesive Soils and Their Flow Properties. <i>R. Karlsson</i>	1963	10:—
6.	Erosion Problems from Different Aspects.	1964	10:—
	1. Unorthodox Thoughts about Filter Criteria. <i>W. Kjellman</i>		
	2. Filters as Protection against Erosion. <i>P. A. Hedar</i>		
	3. Stability of Armour Layer of Uniform Stones in Running Water. <i>S. Andersson</i>		
	4. Some Laboratory Experiments on the Dispersion and Erosion of Clay Materials. <i>R. Söderblom</i>		
7.	Settlement Studies of Clay.	1964	10:—
	1. Influence of Lateral Movement in Clay Upon Settle- ments in Some Test Areas. <i>J. Osterman & G. Lindskog</i>		
	2. Consolidation Tests on Clay Subjected to Freezing and Thawing. <i>J. G. Stuart</i>		
8.	Studies on the Properties and Formation of Quick Clays. <i>J. Osterman</i>	1965	5:—
9.	Beräkning av pålar vid olika belastningsförhållanden. <i>B. Broms</i>	1965	30:—
	1. Beräkningsmetoder för sidobelastade pålar.		
	2. Brottlast för snett belastade pålar.		
	3. Beräkning av vertikala pålars bärförmåga.		
10.	Triaxial Tests on Thin-Walled Tubular Samples.	1965	5:—
	1. Effects of Rotation of the Principal Stress Axes and of the Intermediate Principal Stress on the Shear Strength. <i>B. Broms & A. O. Casbarian</i>		
	2. Analysis of the Triaxial Test—Cohesionless Soils. <i>B. Broms & A. K. Jamal</i>		
11.	Något om svensk geoteknisk forskning. <i>B. Broms</i>	1966	5:—
12.	Bärförmåga hos pålar slagna mot släntberg. <i>B. Broms</i>	1966	15:—
13.	Förankring av ledningar i jord. <i>B. Broms & O. Orrje</i>	1966	5:—
14.	Ultrasonic Dispersion of Clay Suspensions. <i>R. Pusch</i>	1966	5:—
15.	Investigation of Clay Microstructure by Using Ultra-Thin Sections. <i>R. Pusch</i>	1966	10:—
16.	Stability of Clay at Vertical Openings. <i>B. Broms & H. Bennermark</i>	1967	10:—

No.		Pris kr. (Sw. crs.)
17.	Om påslagning och påbärighet. 1. Dragsprickor i armerade betongpålar. <i>S. Sahlin</i> 2. Sprickbildning och utmattning vid slagning av armerade modellpålar av betong. <i>B-G. Hellers</i> 3. Bärighet hos släntberg vid statisk belastning av bergspets. Resultat av modellförsök. <i>S-E. Rehnman</i> 4. Negativ mantelfriktion. <i>B. H. Fellenius</i> 5. Grundläggning på korta pålar. Redogörelse för en försöksserie på NABO-pålar. <i>G. Fjelkner</i> 6. Krokiga pålars bärförmåga. <i>B. Broms</i>	1967 5: -
18.	Pålgruppers bärförmåga. <i>B. Broms</i>	1967 10: -
19.	Om stoppslagning av stödpålar. <i>L. Hellman</i>	1967 5: -
20.	Contributions to the First Congress of the International Society of Rock Mechanics, Lisbon 1966. 1. A Note on Strength Properties of Rock. <i>B. Broms</i> 2. Tensile Strength of Rock Materials. <i>B. Broms</i>	1967 5: -
21.	Recent Quick-Clay Studies. 1. Recent Quick-Clay Studies, an Introduction. <i>R. Pusch</i> 2. Chemical Aspects of Quick-Clay Formation. <i>R. Söderblom</i> 3. Quick-Clay Microstructure. <i>R. Pusch</i>	1967 10: -
22.	Jordtryck vid friktionsmaterial. 1. Resultat från mätning av jordtryck mot brolandfäste. <i>B. Broms & I. Ingelson</i> 2. Jordtryck mot oefftergivliga konstruktioner. <i>B. Broms</i> 3. Metod för beräkning av sambandet mellan jordtryck och deformation hos främst stödmurar och förankringsplattor i friktionsmaterial. <i>B. Broms</i> 4. Beräkning av stolpfundament. <i>B. Broms</i>	1967 30: -
23.	Contributions to the Geotechnical Conference on Shear Strength Properties of Natural Soils and Rocks, Oslo 1967. 1. Effective Angle of Friction for a Normally Consolidated Clay. <i>R. Brink</i> 2. Shear Strength Parameters and Microstructure Characteristics of a Quick Clay of Extremely High Water Content. <i>R. Karlsson & R. Pusch</i> 3. Ratio c/p' in Relation to Liquid Limit and Plasticity Index, with Special Reference to Swedish Clays. <i>R. Karlsson & L. Viberg</i>	1968 10: -
24.	A Technique for Investigation of Clay Microstructure. <i>R. Pusch</i>	1968 22: -
25.	A New Settlement Gauge, Pile Driving Effects and Pile Resistance Measurements. 1. New Method of Measuring in-situ Settlements. <i>U. Bergdahl & B. Broms</i> 2. Effects of Pile Driving on Soil Properties. <i>O. Orrje & B. Broms</i> 3. End Bearing and Skin Friction Resistance of Piles. <i>B. Broms & L. Hellman</i>	1968 10: -
26.	Sättningar vid vägbyggnad. Föredrag vid Nordiska Vägtekniska Förbundets konferens i Voksenåsen, Oslo 25-26 mars 1968. 1. Geotekniska undersökningar vid bedömning av sättningar. <i>B. Broms</i> 2. Teknisk-ekonomisk översikt över anläggningsmetoder för reducering av sättningar i vägar. <i>A. Ekström</i> 3. Sättning av verkstadsbyggnad i Stenungsund uppförd på normalkonsoliderad lera. <i>B. Broms & O. Orrje</i>	1968 20: -
27.	Bärförmåga hos släntberg vid statisk belastning av bergspets. Resultat från modellförsök. <i>S-E. Rehnman</i>	1968 15: -

No.		1968	Pris kr. (Sw. crs.) 15:—
28.	Bidrag till Nordiska Geoteknikermötet i Göteborg den 5–7 september 1968.		
	1. Nordiskt geotekniskt samarbete och nordiska geoteknikermöten. <i>N. Flodin</i>		
	2. Några resultat av belastningsförsök på lerterräng speciellt med avseende på sekundär konsolidering. <i>G. Lindskog</i>		
	3. Sättningar vid grundläggning med plattor på moränlera i Lund. <i>S. Hansbo, H. Bennermark & U. Kihlblom</i>		
	4. Stabilitetsförbättrande spontkonstruktion för bankfyllningar. <i>O. Wager</i>		
	5. Grundvattenproblem i Stockholms city. <i>G. Lindskog & U. Bergdahl</i>		
	6. Aktuell svensk geoteknisk forskning. <i>B. Broms</i>		
29.	Classification of Soils with Reference to Compaction. <i>B. Broms & L. Forssblad</i>	1968	5:—
30.	Flygbildstolkning som hjälpmedel vid översiktliga grundundersökningar.	1969	10:—
	1. Flygbildstolkning för jordartsbestämning vid samhällsplanering 1–2. <i>U. Kihlblom, L. Viberg & A. Heiner</i>		
	2. Identifiering av berg och bedömning av jorddjup med hjälp av flygbilder. <i>U. Kihlblom</i>		
31.	Nordiskt sonderingsmöte i Stockholm den 5–6 oktober 1967. Föredrag och diskussioner.	1969	30:—
32.	Contributions to the 3rd Budapest Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Budapest 1968.	1969	10:—
	1. Swedish Tie-Back Systems for Sheet Pile Walls. <i>B. Broms</i>		
	2. Stability of Cohesive Soils behind Vertical Openings in Sheet Pile Walls. Analysis of a Recent Failure. <i>B. Broms & H. Bennermark</i>		
33.	Seismikdag 1969. Symposium anordnat av Svenska Geotekniska Föreningen den 22 april 1969.	1970	20:—
34.	Något om geotekniken i Sverige samt dess roll i planerings- och byggprocessen. Några debattinlägg och allmänna artiklar.	1970	15:—
	<i>T. Kallstenius</i>		
	1. Geoteknikern i det specialiserade samhället. <i>B. Broms</i>		
	2. Diskussionsinlägg vid konferens om geovetenskaperna, 7 mars 1969.		
	3. Geoteknik i Sverige — utveckling och utvecklingstendenser.		
	4. Geotekniska undersökningar och grundläggningsmetoder.		
	5. Grundläggning på plattor — en allmän översikt.		
35.	Piles — a New Force Gauge, and Bearing Capacity Calculations.	1970	10:—
	1. New Pile Force Gauge for Accurate Measurements of Pile Behavior during and Following Driving. <i>B. Fellenius & Th. Haagen</i>		
	2. Methods of Calculating the Ultimate Bearing Capacity of Piles. A Summary. <i>B. Broms</i>		
36.	Pålslagning. Materialegenskaper hos berg och betong.	1970	10:—
	1. Bergets bärförmåga vid punktbelastning. <i>S.-E. Rehnman</i>		
	2. Deformationsegenskaper hos slagna betongpålar. <i>B. Fellenius & T. Eriksson</i>		
37.	Jordtryck mot grundmurar.	1970	10:—
	1. Jordtryck mot grundmurar av Lecablock. <i>S.-E. Rehnman & B. Broms</i>		
	2. Beräkning av jordtryck mot källarväggar. <i>B. Broms</i>		
38.	Provtagningsdag 1969. Symposium anordnat av Svenska Geotekniska Föreningen den 28 oktober 1969.	1970	25:—