

LÄTT BÄRBAR GEOTEKNISK
FÄLTUTRUSTNING

Dnr 1-11/79

Linköping i september 1980

Lennart Adestam

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SUMMARY

SAMMANFATTNING

1. BAKGRUND - SYFTE

2. UTRUSTNING

Sticksond

Skruvprovtagare

Kolvprovtagare

Vingborr

3. TESTRESULTAT

4. ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN

5. PROJEKTETS FORTSÄTTNING

SUMMARY

Most geotechnical field equipment used today is heavy, bulky and requires special arrangements for transportation and handling. For some investigation especially where the purpose is to get preliminary geotechnical data this equipment is practical and economical unsuitable to use.

At the Swedish Geotechnical Institute a new light, portable field equipment has been developed and a prototype manufactured. The equipment is easy to handle for one person and can be used for probing, auger sampling, piston sampling $\phi 21$ mm and vaneboring. The equipment is fitted for $\phi 10$ mm, 1 m extension rods and it's total weight, including 10 m rods, is about 10 kg.

In earlier investigated clay areas tests have been carried out. The results from the light vaneborer is compared with those from conventional vaneboring technique. "Undisturbed samples" $\phi 21$ mm have been investigated in the laboratory and the results compared with investigated $\phi 50$ mm samples.

The tests show that the equipment seems to be working satisfactory in practice, is easy to handle and gives acceptable geotechnical data for intended applications. The main field of applications are investigations where preliminary geotechnical data are needed e.g. pre-investigations, inspections, geotechnical surveys, mapping etc.

This report describes the equipment and the technique to handle it. It also shows test-results in comparison with conventional undisturbed sampling and vaneboring techniques.

SAMMANFATTNING

Den geotekniska fältutrustning som i dag används är ofta tung, skrymmande och kräver speciella anordningar för transport och handhavande. Vid vissa undersökningar, där syftet framför allt är att få preliminära geotekniska data, är denna utrustning olämplig att använda sett ur praktisk och ekonomisk synpunkt.

Vid Statens geotekniska institut har en ny lätt, bärbar fältutrustning utvecklats och prototyp tillverkats. Utrustningen är enkel att använda av en person och består av sticksond, skruvprovtagare $\phi 40$ mm, kolvprovtagare $\phi 21$ mm och vingborr. Hela utrustningen passar $\phi 10$ mm, skarvbara 1 m stänger, och väger totalt, inklusive 10 m stänger, ca 10 kg.

På tidigare undersökta lerområden, med olika geotekniska egenskaper, har testförsök utförts. Resultatet från den lätta vingborren har jämförts med motsvarande från konventionell utrustning och upptagna $\phi 21$ mm prov har undersökts i laboratorium och jämförts med $\phi 50$ mm prov.

Försöken visar att utrustningen praktiskt fungerar tillfredsställande, är lätt att använda och ger för avsedda användningsområden godtagbara geotekniska data. Lämpliga användningsområden är undersökningar där preliminära geotekniska data erfordras, t ex förundersökningar, inspektioner, översiktliga undersökningar och besiktningar.

Denna rapport beskriver utrustningen och tekniken att använda den. Erhållna testresultat redovisas och jämförs med konventionell provtagnings- och vingborrningsteknik.

1. BAKGRUND - SYFTE

För vissa typer av geotekniska undersökningar i fält har länge saknats lämplig utrustning. Det gäller t ex besiktningar, preliminära undersökningar, förundersökningar, fältkontroll vid geobildtolkning, karteringar etc. Allmänt är det sådana undersökningar där det kan förefalla omotiverat att i första skedet använda konventionell utrustning, som ofta är tung, skrymmande och som kräver speciella anordningar för handhavande och transport.

Med syfte att i första hand vara en inspektionsutrustning vid översiktliga geotekniska undersökningar, främst inom områden med lös jord, har en lätt bärbar fältutrustning tagits fram och testats vid institutet. Avsikten var från början att tillverka en enkel provtagare anpassad till den sticksond som tidigare använts. Projektet har därefter utökats att omfatta provtagare för både störd och "ostörd" provtagning samt vingborrning.

För utvecklingsarbetet uppställdes vissa krav som utrustningen måste uppfylla:

- lätt och bärbar
- enkel att använda och sköta
- ett stångsystem
- rätt utformning

Kravet på lätthet och bärbarhet måste uppfyllas då översiktliga undersökningar ofta utförs inom stora och ibland otillgängliga områden med långa gångavstånd mellan undersökningspunkterna.

Kravet på enkelhet är viktigt då utrustningen kan användas för många ändamål, även icke-geotekniska och av personer med olika erfarenhet och bakgrund.

Hela utrustningen måste anpassas till ett stångsystem för att vara rationell och uppfylla kravet på framför allt lätthet och bärbarhet.

Sist men inte minst viktigt är att utrustningen utformas för handkraft samt ger godtagbar noggrannhet och tillförlitlighet.

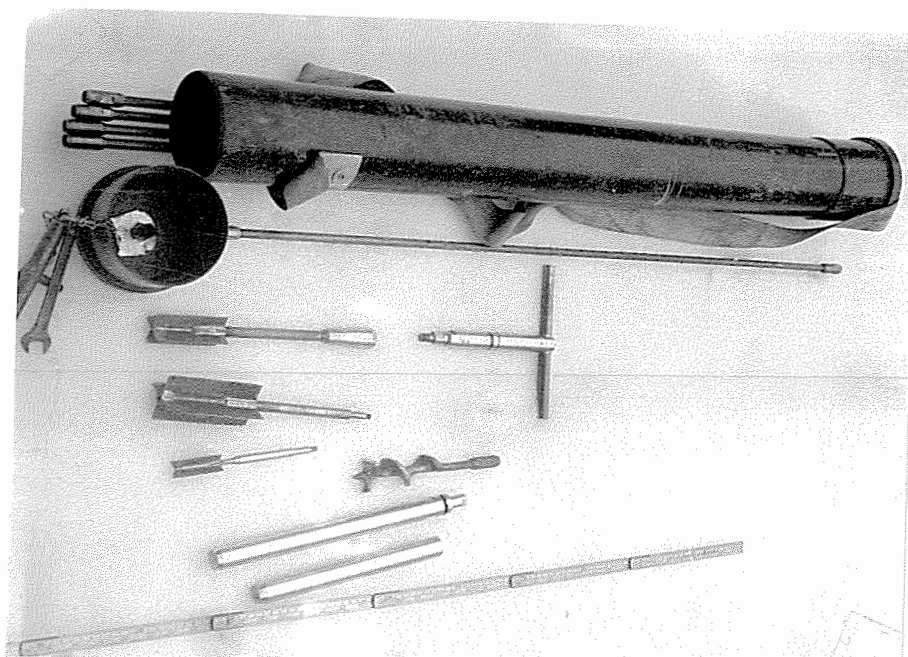
2. UTRUSTNING

Med utgångspunkt från uppställda krav utvecklades skruvprovtagare, kolvprovtagare samt vingborr för anpassning till befintliga 10 mm sticksonderingsstänger. Prototyper tillverkades och har använts vid praktiska testförsök. Utrustningen väger tillsammans med 10 m stänger i koger ca 10 kg. Stängerna är 1 m långa och skarvbara samt försedda med utvändig muff, $\phi 15$ mm. Varje stång väger ca 0,65 kg. Hela utrustningen kan transporteras i t ex koger och portfölj, se figur 1.

I figur 2 visas utrustningen: kolvprovtagaren med extra hylsa, skruvprovtagare, vingborrurustning och överst ett antal stänger.



Figur 1. Hela utrustningen kan transporteras i t ex portfölj eller koger.



Figur 2. Lätt geoteknisk fältutrustning.

Sticksond

Sticksondering utförs för att bestämma jordens mäktighet och i viss mån relativa fasthet. Sticksondspetsen är utformad som konisk fyrkantspets $\phi 15$ mm, se figur 3. Spetsen gängas på stängan. Sonden nedtrycks i jorden till stopp enligt följande

- avbruten sondering = stopp har ej erhållits
- mostopp = stopp i jord som "packat" sig
- blockstopp = stopp mot sten, block eller berg

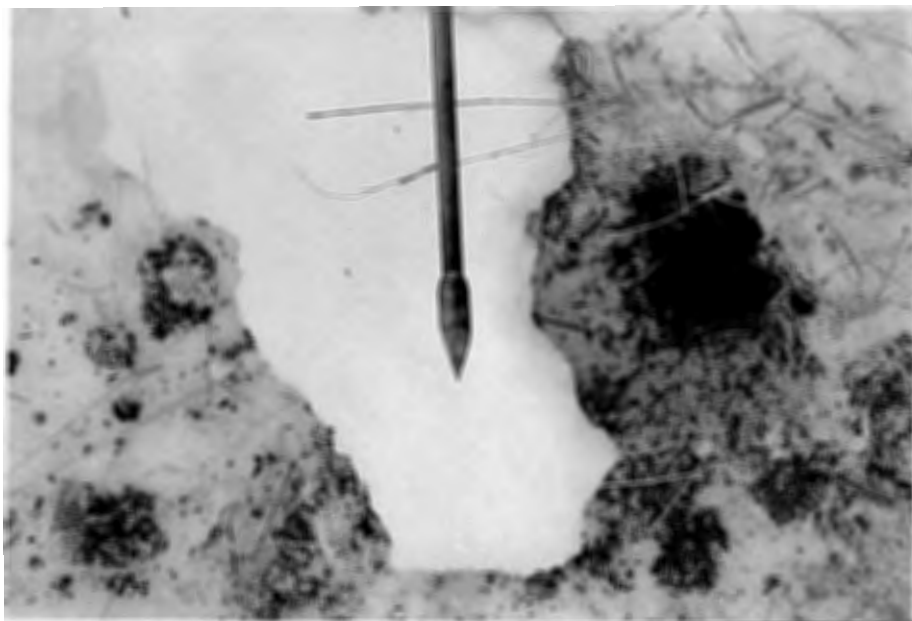
Under neddrivningen görs en bedömning av fastheten enligt

- mycket löst = sonden neddrivs lätt (<25 kg)
- löst = viss kraft erfordras (25-50 kg)
- fast = stor kraft erfordras (>50 kg)
- mycket fast = sonden måste stötas ned.

Dessutom görs en bedömning av förekomst av skikt.

Resultat från sticksondering kan redovisas i tabellform där bedömd fasthet, skiktning och jordart anges enligt nedanstående,

<u>Meter under markytan</u>	<u>Relativ fasthet</u>	<u>Bedömd jordart</u>
0,6	fast	(L)
4,0	löst	(L/Si) skiktat
4,1	fast	(Fr)
Blockstopp		



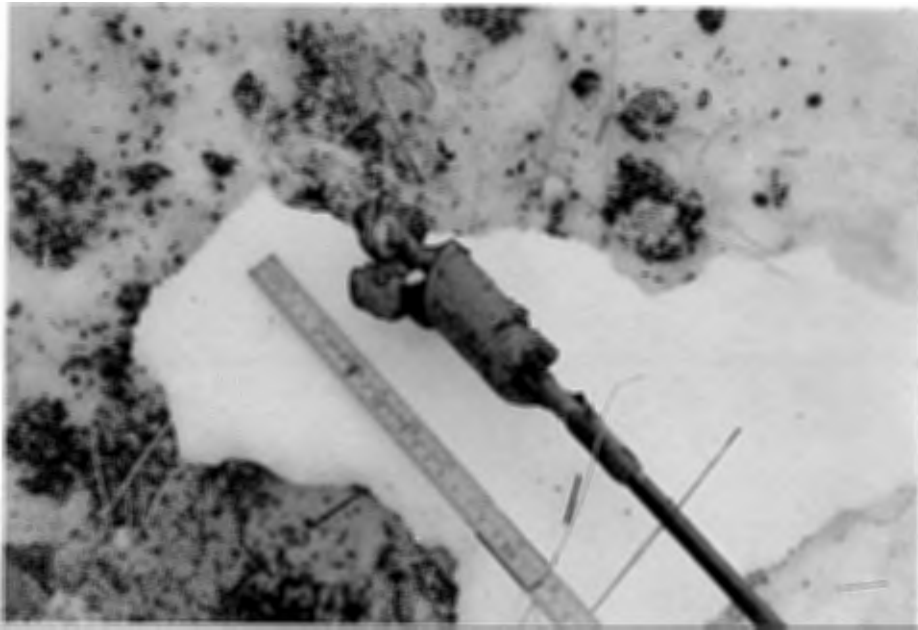
Figur 3. Sticksond

Skruvprovtagare

Med hjälp av skruvprovtagare, se figur 4, utförs störd jordprovtagning samt hål genom torrskorpeleran upptas.

Provtagarens längd respektive diameter kan varieras. Med tanke på kraften vid neddrivning och uppdragning har en skruv med längd 100 mm och diameter 40 mm visat sig lämplig. Med denna skruvprovtagare förborras ett hål 2 m djupt i torrskorpelera på ca 15 minuter.

Skruvprovtagaren kan också användas för provtagning i friktionsjord.



Figur 4. Skruvprovtagare

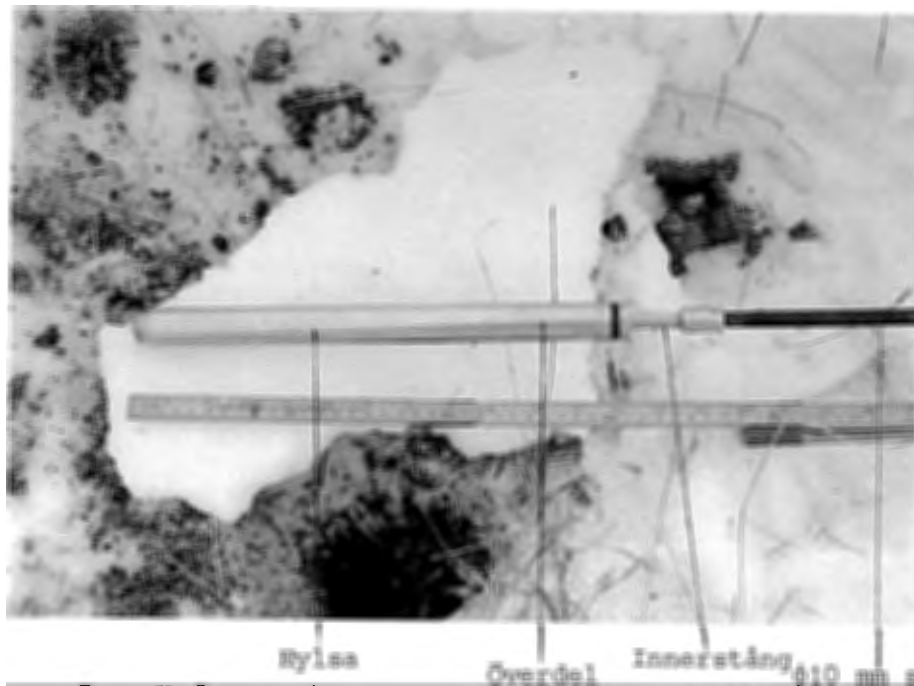
Kolvprovtagare

Med kolvprovtagaren upptas "ostörda" prover, med längd 20 cm och diametern 21 mm, i lös lera. Provtagaren är totalt 30 cm lång och dess ytterdiameter 25 mm, se figur 5. Den består i princip av tre delar.

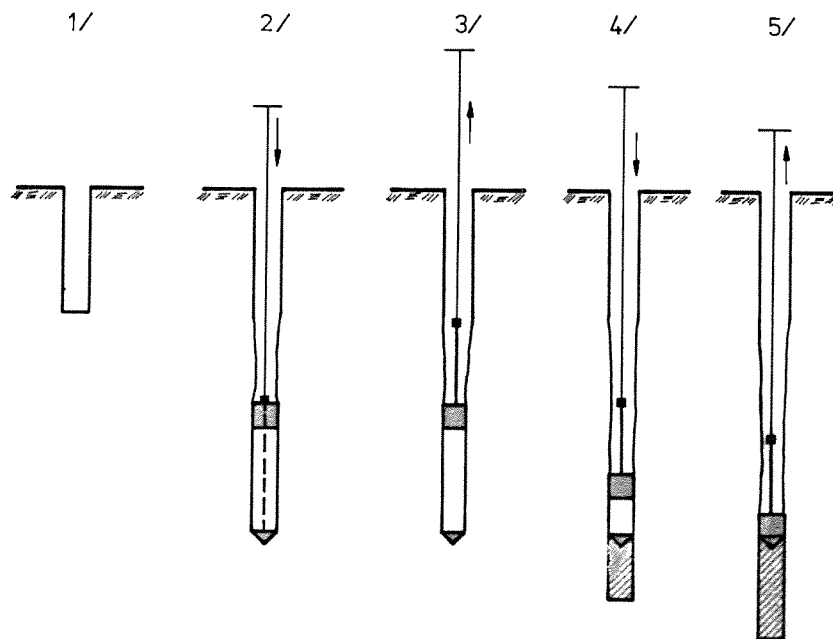
1. Hylsa med lös kolv
2. Rörlig innerstång
3. Överdel med låsanordning

Hylsan gängas på överdelen och innerstången gängas på 10 mm-stängerna. Då provtagaren nedförs till provningsnivå ligger innerstången an mot den lösa kolven. Vid provtagning (se nedan) är innerstången låst i ett övre läge och kolven därmed frigjord.

Provtagning utförs enligt följande, se figur 6. Med skruvprovtagaren förborras hål genom torrskorpan. Kolvprovtagaren nedtrycks till provtagningsnivå.



Figur 5. Kolvprovtagare



Figur 6. Princip för "ostörd" provtagning

- 1) förborrning
- 2) provtagare trycks ned till provtagningsnivå
- 3) stängerna dras upp ca 20 cm
- 4) provtagaren trycks ned ca 20 cm
- 5) systemet dras upp.

SGI Varia 41

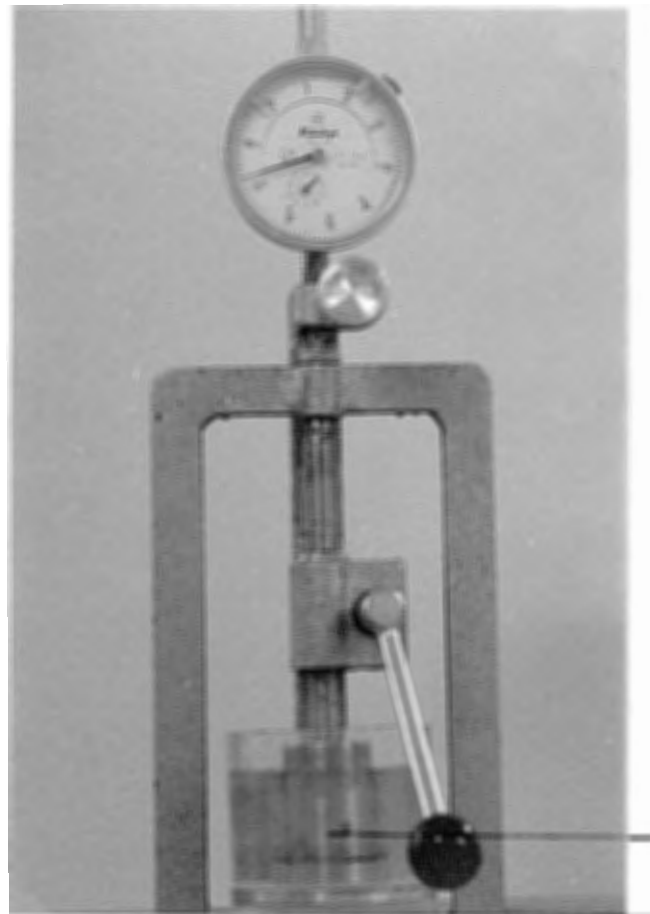
Innerstången ligger då an mot kolven. Genom att dra upp stängerna ca 20 cm låses innerstången och kolven är frigjord. Provtagaren trycks ned ytterligare ca 20 cm och hylsan fylls. Systemet dras upp och hylsan med prov gängas av. Tom hylsa gängas på om ytterligare provtagning skall utföras.

Till kolvprovtagaren har också en prov-utskjutare och ödometer tillverkats. Utskjutaren består av ett skruvlock med genomgående gängat hål samt en gängad stång. Skruvlocket gängas på provhylsan och sedan skruvas prov fram. Hylsan kan vid konprovning etc fästas t ex i ett provrörsställ, se figur 7.



Figur 7. Uppställning vid konförsök.

Ödometern har anpassats till ett direktverkande stativ typ Chalmers för manuell stegvis upplastning, se figur 8. Ödometerringen är tillverkad av rostfritt stål och är 40 mm hög med 21 mm invändig diameter. Till ringen hör en rostfri stämp 15 mm hög med filtersten i botten och genomgående kanaler för dubbelsidigt dränerade försök.



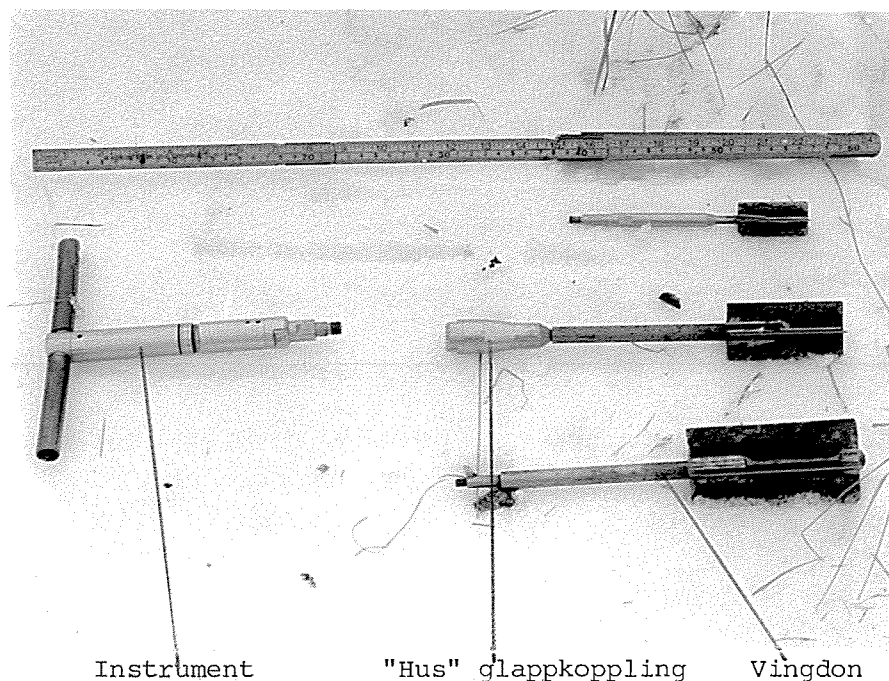
Ödometertillsats

Figur 8. Ödometerförsök

Vingborr

Vingborren består i princip av tre delar, se figur 9.

- Vingdon
- "Hus" med glappkoppling
- Instrument (typ Geonor)



Figur 9. Vingborrtrustning

Vingdon finns i tre olika storlekar 25 x 50 mm, 40 x 80 mm eller 55 x 110 mm. "Huset" är spolformat för minimal störning av jorden och är ca 70 mm långt och största diametern 25 mm. Det är försett med enkel glappkoppling för frikoppling av vingen. Instrumentet, som hör till Geonors fickvingborr är fjäderbelastat och försett med skala för direkt avläsning. Instrumentet tjänstgör samtidigt som handtag vid nedtryckning och uppdragning. Avläst utslag multipliceras med en faktor som beror av vingstorlek. För vinge 40 x 80 är multiplikatorn 1,25. Med denna vinge innebär maximalt utslag en uppmätt skjuvhållfasthet av ca 30 kPa.

Vilken vingstorlek som bör användas beror av lerans skjuvhållfasthet enligt nedan

	τ_f kPa	Rekommenderad vingstorlek, mm
- mycket lös lera	<10	55 x 110
- lös lera	10-25	40 x 80
- fast/mkt fast lera	>25	25 x 50

Preliminär bedömning av fastheten utförs t ex efter riktlinjer för sticksondering.

Vingborrning utförs enligt följande.

Vingen trycks ned till provtagningsnivå. Instrumentet vrids till brott, vilket uppnås då stängerna hastigt roterar och sedan följer med i vridningen. Utslaget avläses. Detta värde utgör hela systemets vridmotstånd (inkl mantelmotstånd). För att erhålla mantelmotståndet dras systemet upp en aning och instrumentet vrids åter tills stängerna följer med. Utslaget (mantelmotståndet) avläses och dras ifrån det ursprungliga (totala mantelmotståndet). Sensitiviteten bestäms på motsvarande sätt efter det att vingen roterats 25 varv. Efter fullgjord mätning trycks vingen ned till nästa provtagningsnivå och mätningen upprepas. Resultatet kan se ut som i nedanstående tabell erhållet från kv Amiralen, Norrköping.

Djup m	Vridmotstånd			τ_{fu} kPa	Vridmotstånd			τ_R kPa	St
	Totalt (1)	Mantel (2)	Vinge (1)-(2)		Totalt (1)	Mantel (2)	Vinge (1)-(2)		
3,0	19,3	2,1	17,2	21	3,2	1,4	1,8	2,3	9
4,0	16,4	1,9	14,5	18	3,0	1,2	1,8	2,3	8
5,0	16,0	2,2	13,8	17	3,0	1,2	1,8	2,3	8
6,0	16,6	2,4	14,2	17	3,6	2,2	1,4	1,8	10
7,0	16,6	2,6	14,0	17	4,7	2,6	2,1	2,6	7

3. TESTRESULTAT

Den lätta fältutrustningen har i första hand tagits fram för att användas vid undersökningar inom områden med lös lera. Tester har utförts inom ett flertal sådana områden nära Linköping och Norrköping. Avsikten med dessa försök har varit att undersöka hur utrustningen fungerar praktiskt samt tillförlitligheten och noggrannheten hos de geotekniska data som erhålls.

Testområdena har tidigare undersökts med konventionell ving- och provtagningsutrustning. Testerna har utförts så nära representativa befintliga undersökningspunkter som möjligt så att erhållna testresultat kunnat jämföras med "kända" data.

SGI Varia 41

Nedan redovisas resultatet från utförda provtagningar med lätt vingborr samt laboratorieundersökningar på $\phi 21$ mm prover upptagna med kolvprovtagare. I samtliga försökspunkter har förborrning genom torrskorpeleran utförts med skruvprovtagare $\phi 40$ mm.

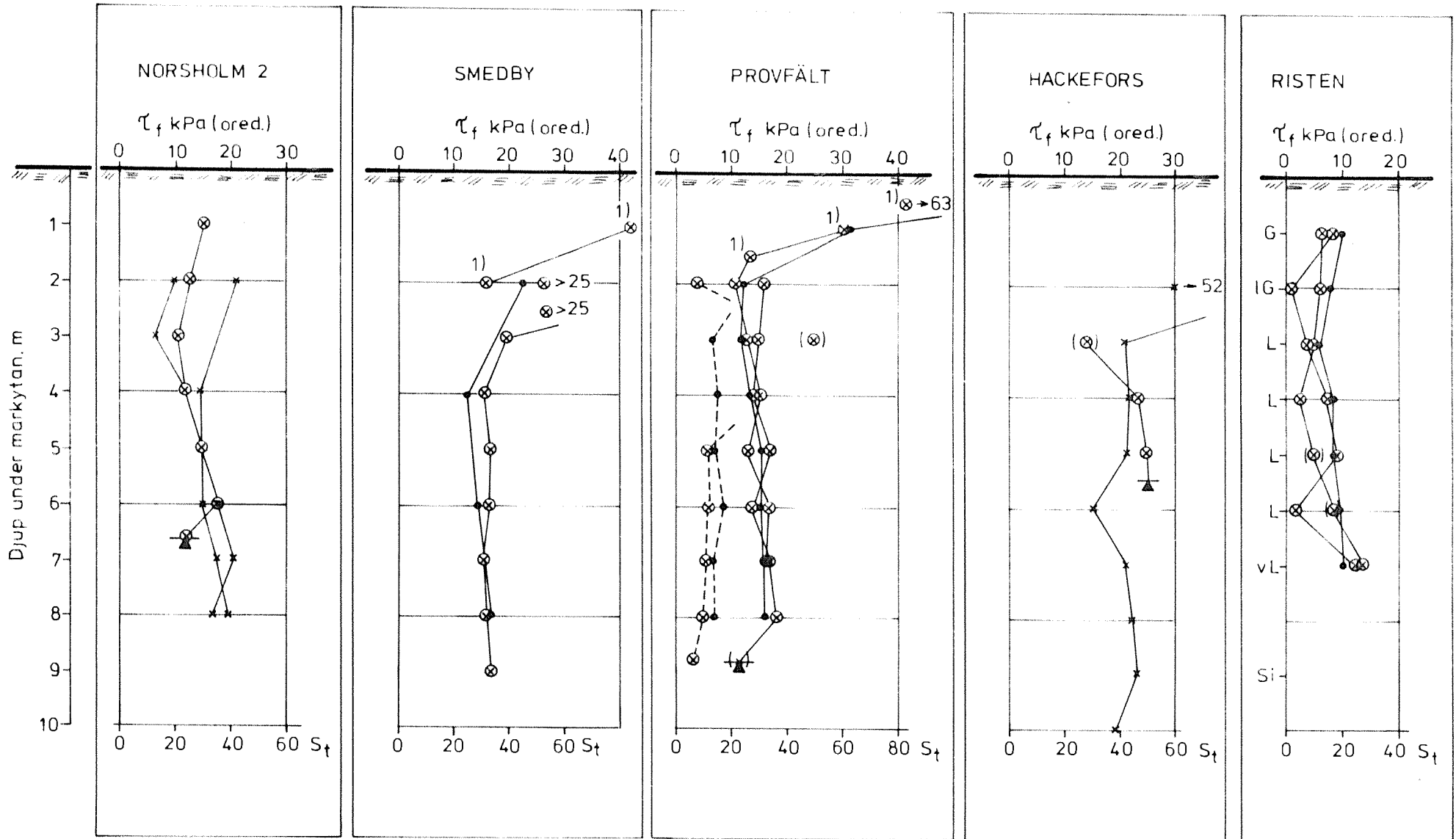
Vingborr

Försöksresultaten från respektive testområde redovisas i figur 10 i jämförelse med tidigare utförda undersökningar. Värden uppmätta med lätt vingborr har i diagrammen markerats med en ring. Leran är vid de flesta platserna lös med en skjuvhållfasthet av 10-25 kPa varför vingen 40 x 80 mm använts. Vid Smedby och Provfält Norrköping, användes vingen 25 x 50 mm i torrskorpeleran.

Uppmätta skjuvhållfasthetsvärden har jämförts med resultat från både konventionell vingborrning och konförsök på $\phi 50$ mm prover, se figur 11a och b. Vanligen synes den lätta vingborren ge värden som är något lägre än motsvarande från konventionell vingborr men något högre än konförsöken. Avvikelserna är dock små och ej större än vad som normalt kan betraktas som naturlig spridning. Vid provfältet, Norrköping, har utförts två försök. Resultaten överensstämmer i stort varför tillförlitligheten bedöms tillfredsställande. Resultat från Risten, Åtvidaberg, bör ses med viss skepsis eftersom fel vinge användes (se nedan).

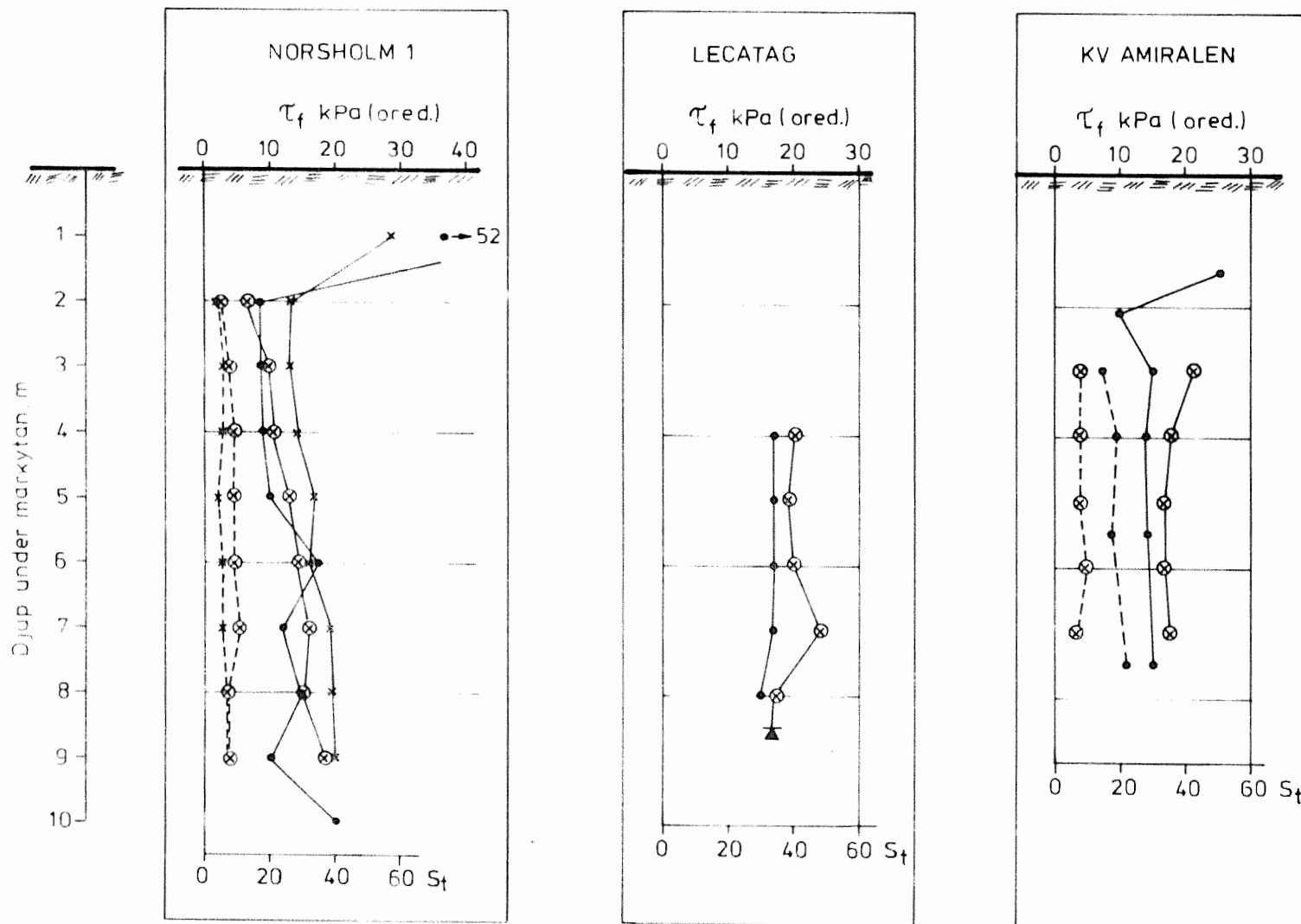
Det instrument (Geonor) som använts är graderat upp till 10,0 vilket motsvarar ca 3/4 varv. Belastningsförsök i laboratorium visade emellertid att, med god noggrannhet, utslag upp till ca 30 (motsvarar 2 varvs vridning) kunde uppmätas. Huruvida denna "överbelastning" vid längre tids användning påverkar instrumentets noggrannhet har ej undersökts. Under de testförsök som utförts har någon märkbar förändring ej uppmärksammats.

SGI Varia 41

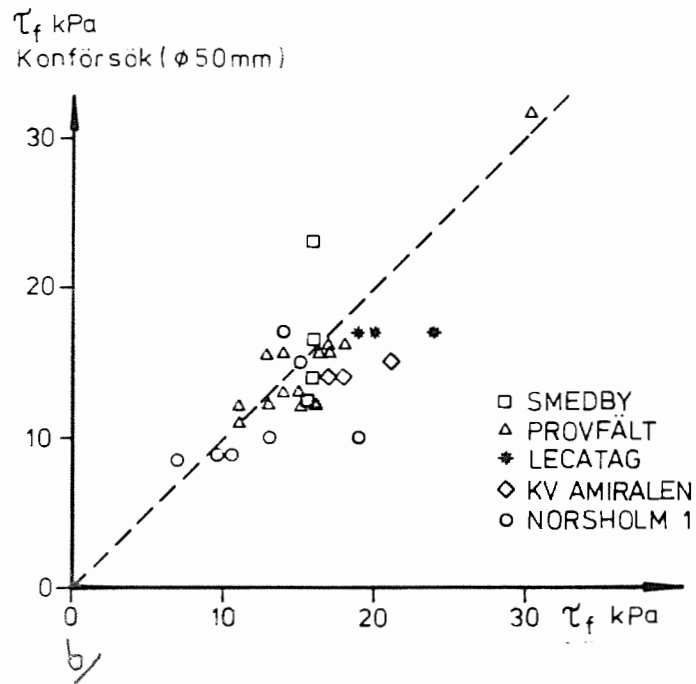
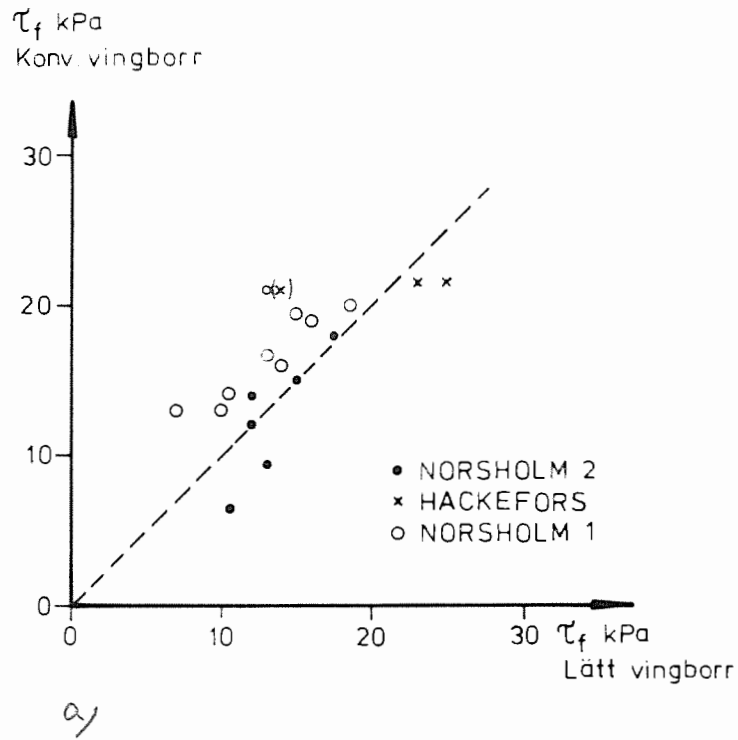


1) Resultat med vinge 25 x 50 mm

Figur 10. Skjuvhållfasthetsprofiler för resp testområde. Resultat från lätt vingborr har markerats med en ring.



Figur 10. forts.



Figur 11. Testresultat lätt vingborr i jämförelse med
 a) konventionell vingborr
 b) konförsök från ϕ 50 mm-prover

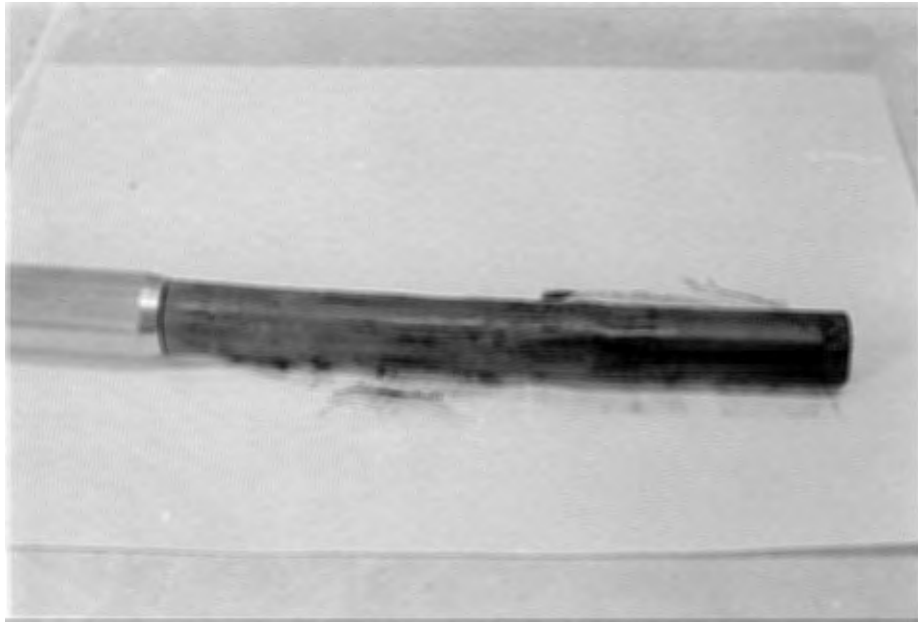
Praktiskt har vingborrtrustningen fungerat tillfredsställande. Systemet är lätt att trycka ner i lös/mkt lös lera och mätningen enkel att utföra. I fast lera måste förborrning utföras till provtagningsnivån. Resultat på vissa nivåer från Risten, Åtvidaberg, tyder dock på att vingen ej roterat med i vridningen. Jorden är här mycket lös varför vingen 55 x 110 borde använts.

Med ledning av utförda testförsök anses den lätta fältvingborren uppfylla de krav på såväl noggrannhet som tillförlitlighet som uppställts. Fler försök inom områden med främst mycket lös respektive fast lera krävs emellertid för att jämföra inverkan av vingens storlek. Dessutom bör ytterligare tester utföras för att klargöra hur vridhastigheten till brott påverkar uppmätt skjuvhållfasthet.

Kolvprovtagare

Kolvprovtagaren har testats inom samma områden som vingborren. Praktiskt har den fungerat bra och varit enkel att använda. Provtagning har utförts i leror med skjuvhållfasthet mellan 10 och 30 kPa. Efter förborrning genom torrskorpeleran har provtagaren lätt kunnat nedföras till respektive provtagningsnivå. Vid fastare leror ($\tau_f > 30$ kPa) bör, med tanke på neddrivningsmotståndet, förborrning utföras ned till provtagningsnivån.

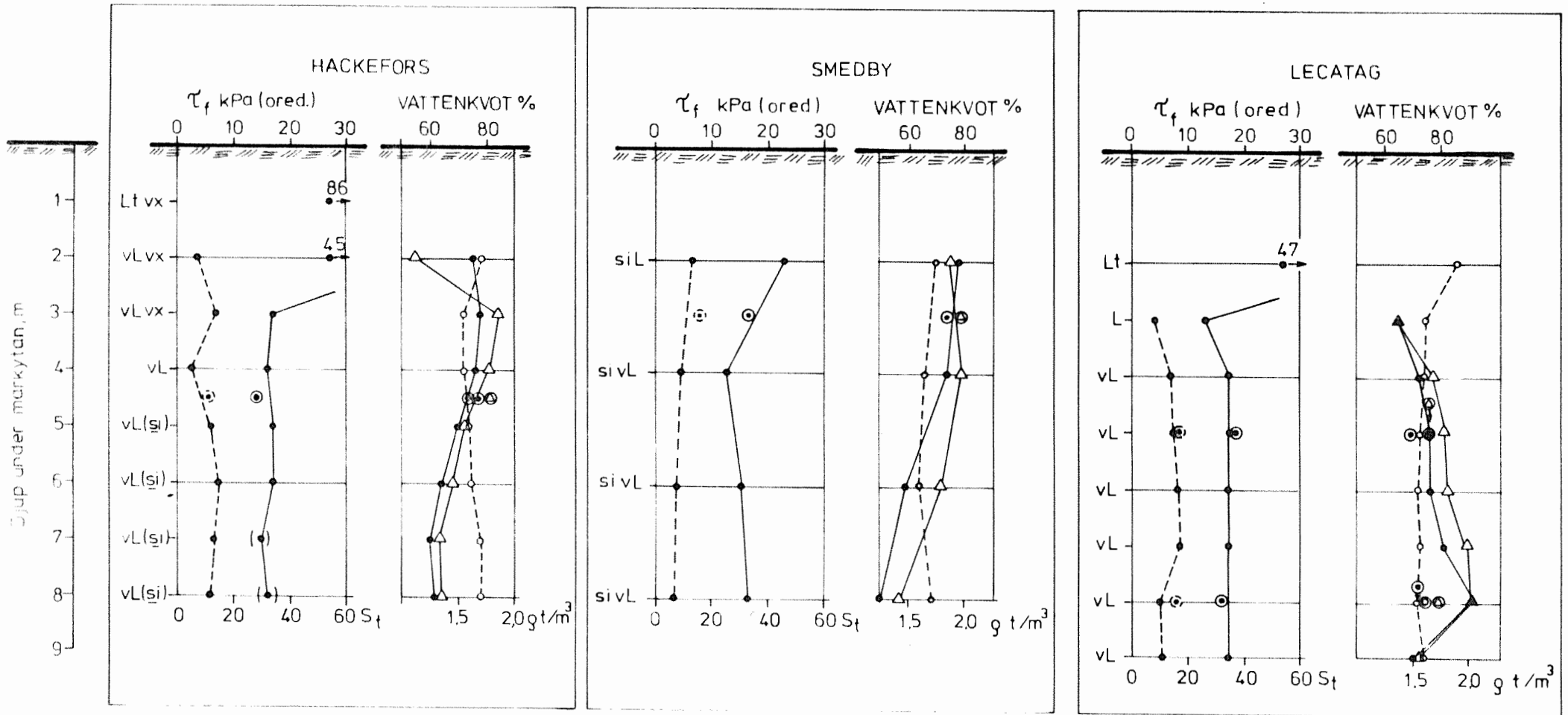
Samtliga prover upptagna med kolvprovtagaren har rutinundersökts i laboratorium avseende skjuvhållfasthet, sensitivitet, vattenkvot, finlekstal samt densitet. På vissa prover har dessutom utförts ödometerförsök i den specialtillverkade ödometern. Jordproven har disponerats så att undre delen utnyttjats för konförsök, mellandelen för ödometerförsök och övre delen för densitetsbestämning, se figur 12.



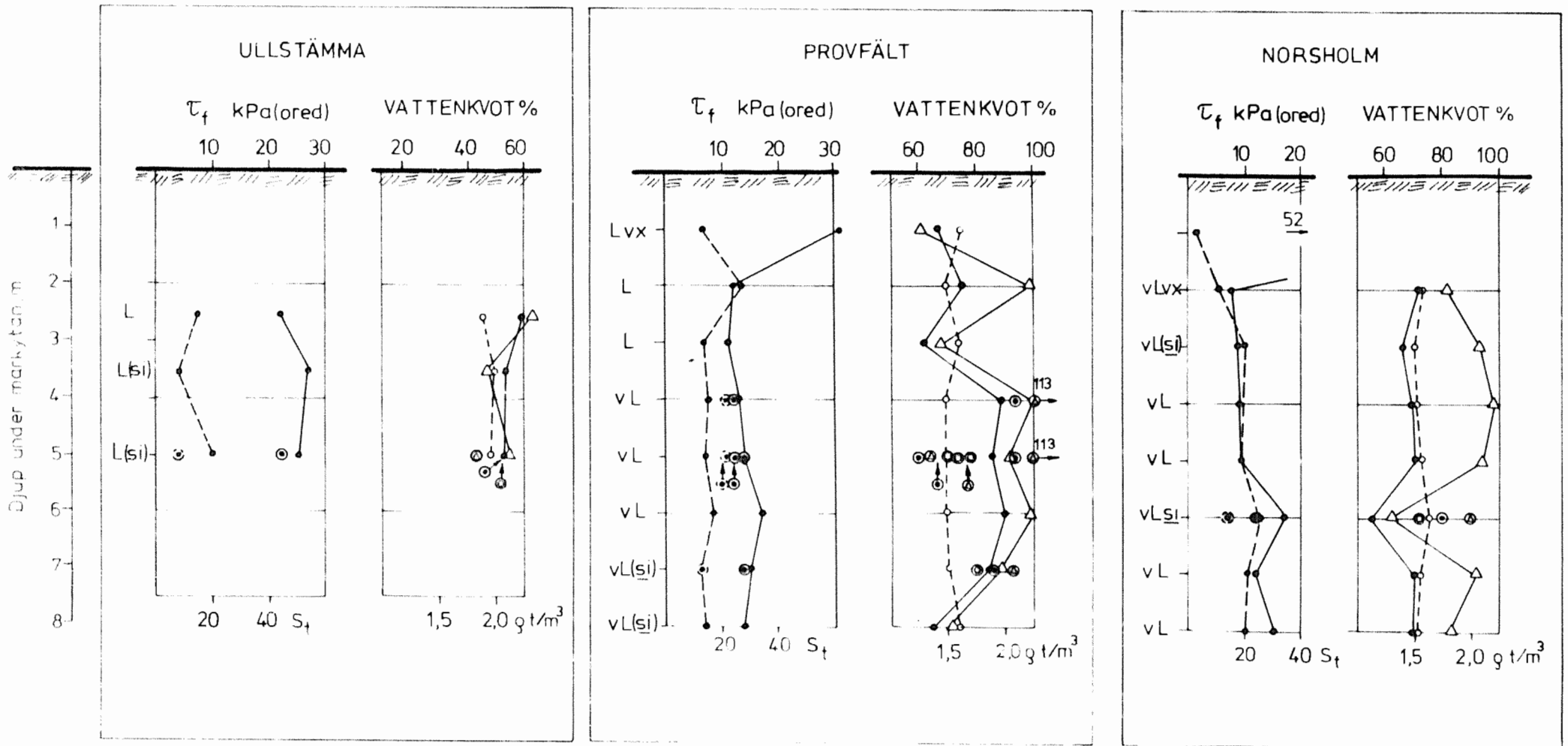
Figur 12. Kolvborrprov $\phi 21$ mm.

Figur 13 redovisas för respektive område resultaten från rutinundersökningen i jämförelse med tidigare undersökta $\phi 50$ mm prover. Uppmätta värden har i diagrammen markerats med en ring. Vid konförsök för bestämning av sensitivitet och finlekstal kon 60 g, 60^g. Utvärderingarna har utförts efter de standardiserade rutiner som gäller för $\phi 50$ mm prover. Angivna skjuvhållfasthetstal utgör medelvärden av ett konförsök på 6-8 olika snittytor i provet. I allmänhet var spridning vid dessa försök mindre än 25%. Försöken utfördes med kon 100 g, 30^o.

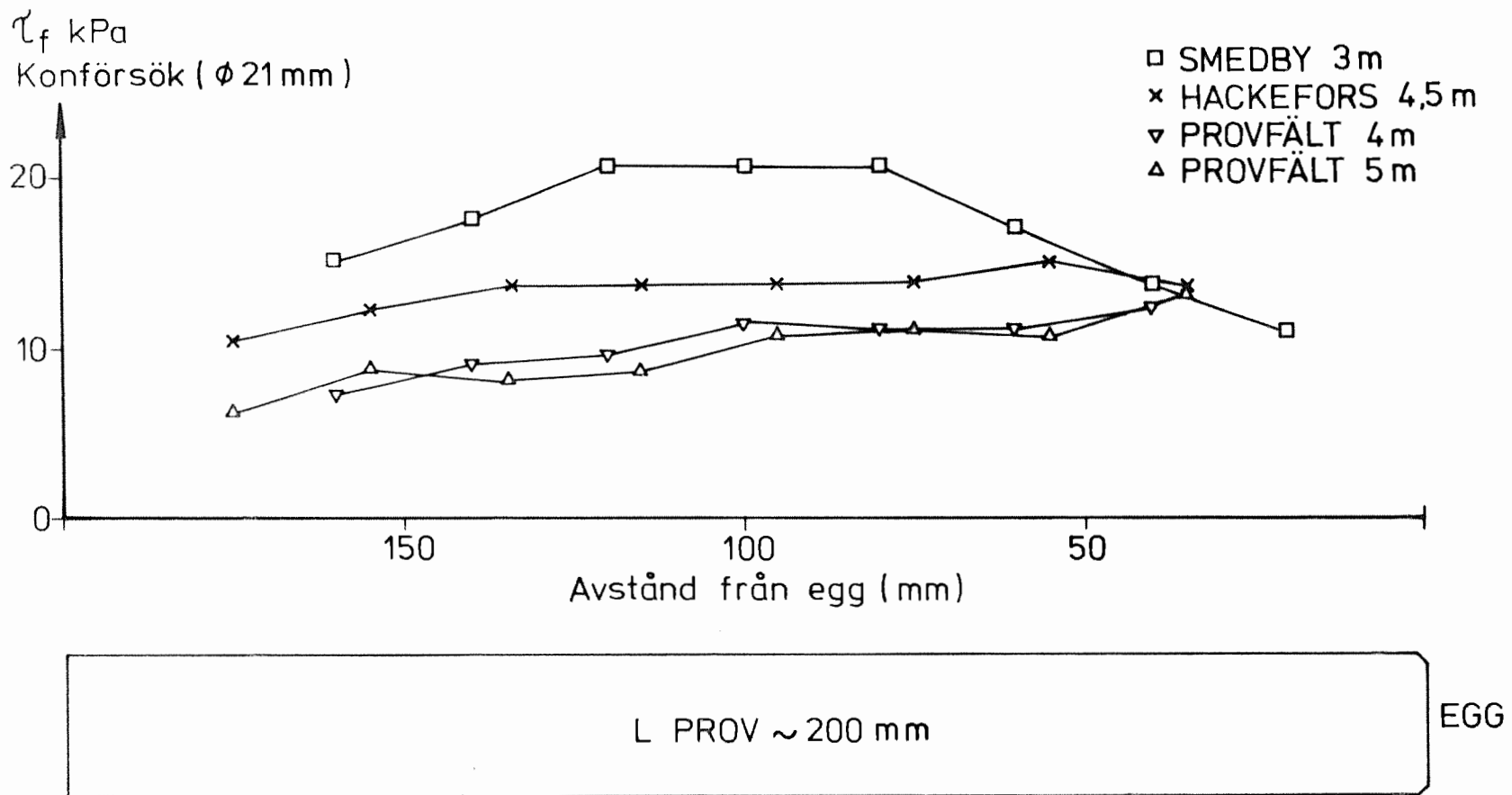
I figur 14 visas för några olika prover skjuvhållfasthet från konförsök på olika snittytor. Det framgår som väntat att störningsgraden är störst i provets övre del medan dess mellersta och undre del uppvisar i stort sett jämförbara värden. Den större störningsgraden i även undre delen av provet från Smedby kan förklaras av att provtagaren vid provtagning nedfördes ca 10 cm för långt.



Figur 13. Geotekniska profiler från resp testområde. Resultat från $\phi 21$ mm-prover har markerats med en ring.

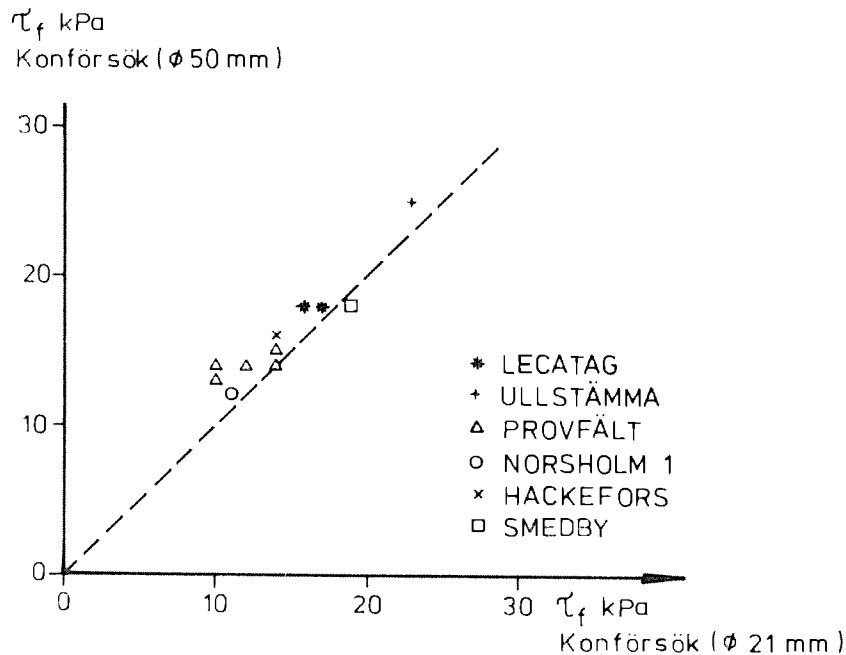


Figur 13. forts.



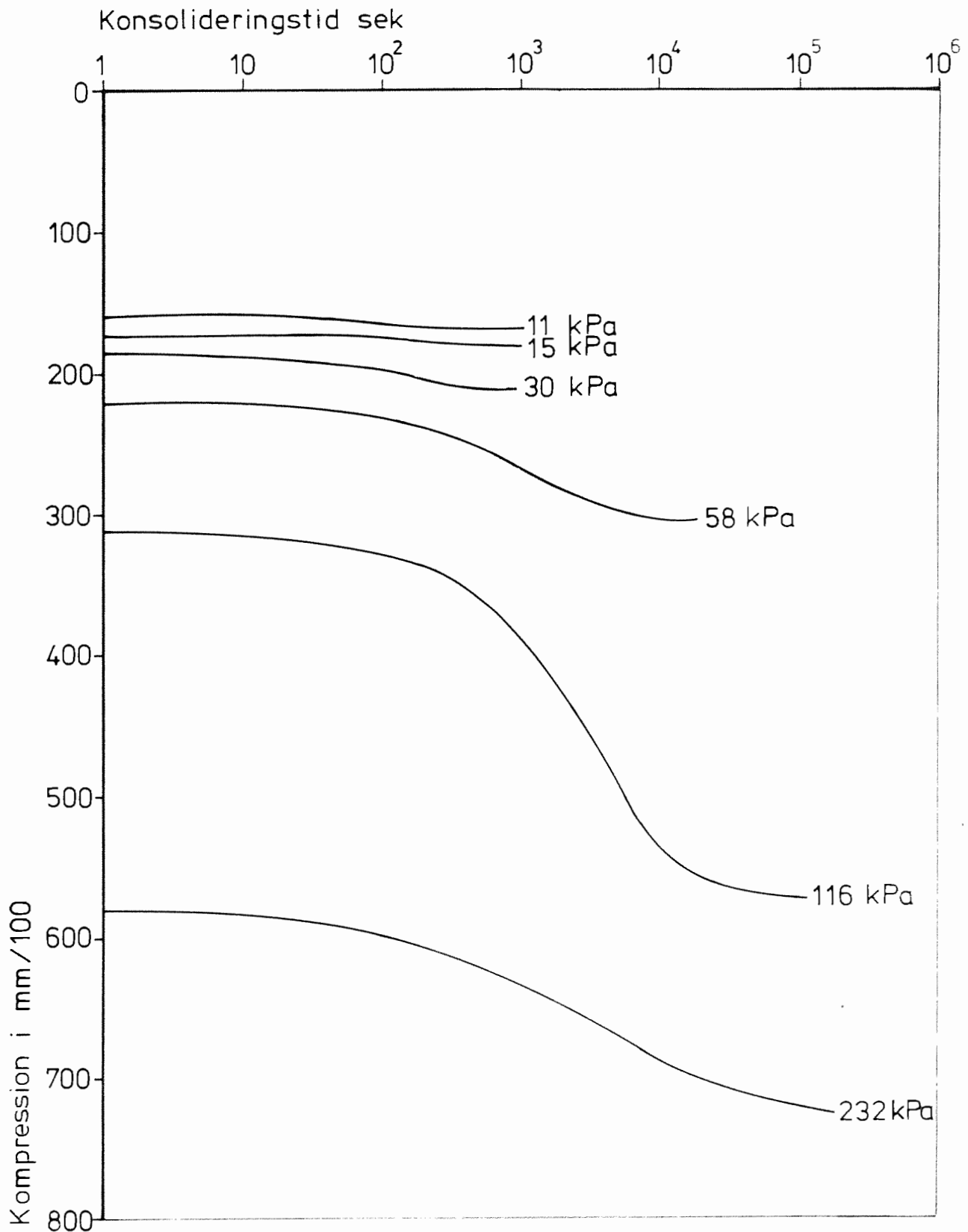
Figur 14. Resultat av konförsök från olika snitt i $\phi 21$ mm-prov.

I figur 15 jämförs skjuvhållfastheten från konförsök på prover $\phi 21$ mm respektive $\phi 50$ mm. Jämförelsen tyder på att konförsöken från de mindre proven ger något lägre skjuvhållfasthet än för $\phi 50$ mm proven även om skillnaderna är små. Detta förhållande tycks gälla både lösa och lite fastare leror.



Figur 15. Jämförelse skjuvhållfasthetsvärden från konförsök med prover $\phi 21$ mm och $\phi 50$ mm.

Ödometerförsök har utförts dubbeldränerande dels som "snabbförsök" (2 x 15 min-upplastning före förkonsolideringstrycket, 3 x 2,5 tim-upplastning efter) och dels med dygnsvis upplastning. Provhöjden har i samtliga försök varit 20 mm. Belastningarna vid försöken har varit (11), 15, 30, 56, 116, 232 samt 464 kPa. Exempel på ödometerförsök (från Provfält 5 m) visas i figur 16 där deformationen för olika laststeg visas mot logaritmen för tiden.



Figur 16. Exempel på tid-kompressionsförlopp från olika laststeg vid ödometerförsök. Provfält 5 m.

I figur 17 redovisas resultaten från utförda ödometerförsök och jämförs med motsvarande försök med $\phi 50$ mm prover. Det framgår att för leror med förmodat högt förkonsolideringstryck (Ullstämna, Brännestad) är erhållna kurvor svåra att utvärdera. För leror med lägre förkonsolideringstryck kan kurvorna utvärderas enligt t ex Casagrande och kompressionsegenskaperna bestämmas. Kurvans vanligen branta inledning tyder dock på viss störning hos prover. Med tanke på det provisoriska förfarandet då provet placerades i ödometerringen är det förvånande att störningen ej är större.

Innan generella slutsatser dras om noggrannhet och tillförlitlighet hos ödometerförsöken med små prover bör fler försök utföras. Resultaten från de försök som hittills utförts tyder dock på att någorlunda representativa data om lerans kompressionsegenskaper kan erhållas. Det avvikande resultatet från Leca 5 m berodde troligen på felaktigheter i den utrustning som användes vid det försöket. Ödometerringen var här tillverkad av mässing medan stämpeln var av aluminium. Under försökets gång ärgade dessa två samman med följd att friktionen mellan stämp och ring ökade. Om man bortser från detta försök överensstämmer ödometerresultaten med $\phi 21$ mm och $\phi 50$ mm prover i stort sett med varandra.

4. ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN

Den lätta fältutrustningen har tagits fram för att användas som komplement till den konventionella utrustningen. Den uppvisar därvid flera fördelar som gör den användbar i många sammanhang.

- o Dess ringa vikt och storlek gör den lätt att transportera och förvara.
- o Den enkla konstruktionen med ett fåtal lösa detaljer gör den enkel att använda och sköta.
- o Dess klena utformning innebär att hanterandet i fält klaras av en person.

Speciellt lämpar sig utrustningen vid sådana undersökningar inom områden med lös jord där endast preliminära geotekniska data krävs. Exempel på sådana undersökningar är,

Översiktliga geotekniska undersökningar (t ex geobildtolkning) som ofta utförs tidigt i planeringsprocessen och inom stora arealer. Tidigare var det vanligt att fältundersökningen bestod av visuell besiktning och ytlig kartering av jordarter. Med den lätta fältutrustningen kan jorden på större djup undersökas. Resultatet ger ett bättre underlag för bedömning av områdets geotekniska förhållanden och därigenom förutsättningar för exploatering.

Besiktningar, förundersökningar där den lätta fältutrustningen är användbar eftersom den snabbt och enkelt ger preliminärt besked om jordens egenskaper. Resultatet kan användas som underlag för val av metod och omfattning vid en mer detaljerad undersökning.

Geologiska undersökningar, karteringar etc där olika typer av analyser kan utföras på prover upptagna med kolvborren. I lera utförs t ex pollenanalys, diatoméanalys, kemisk analys etc.

Den lätta fältutrustningen kan vidare användas vid kontroller under fyllningar eftersom endast klena foderrör behöver installeras.

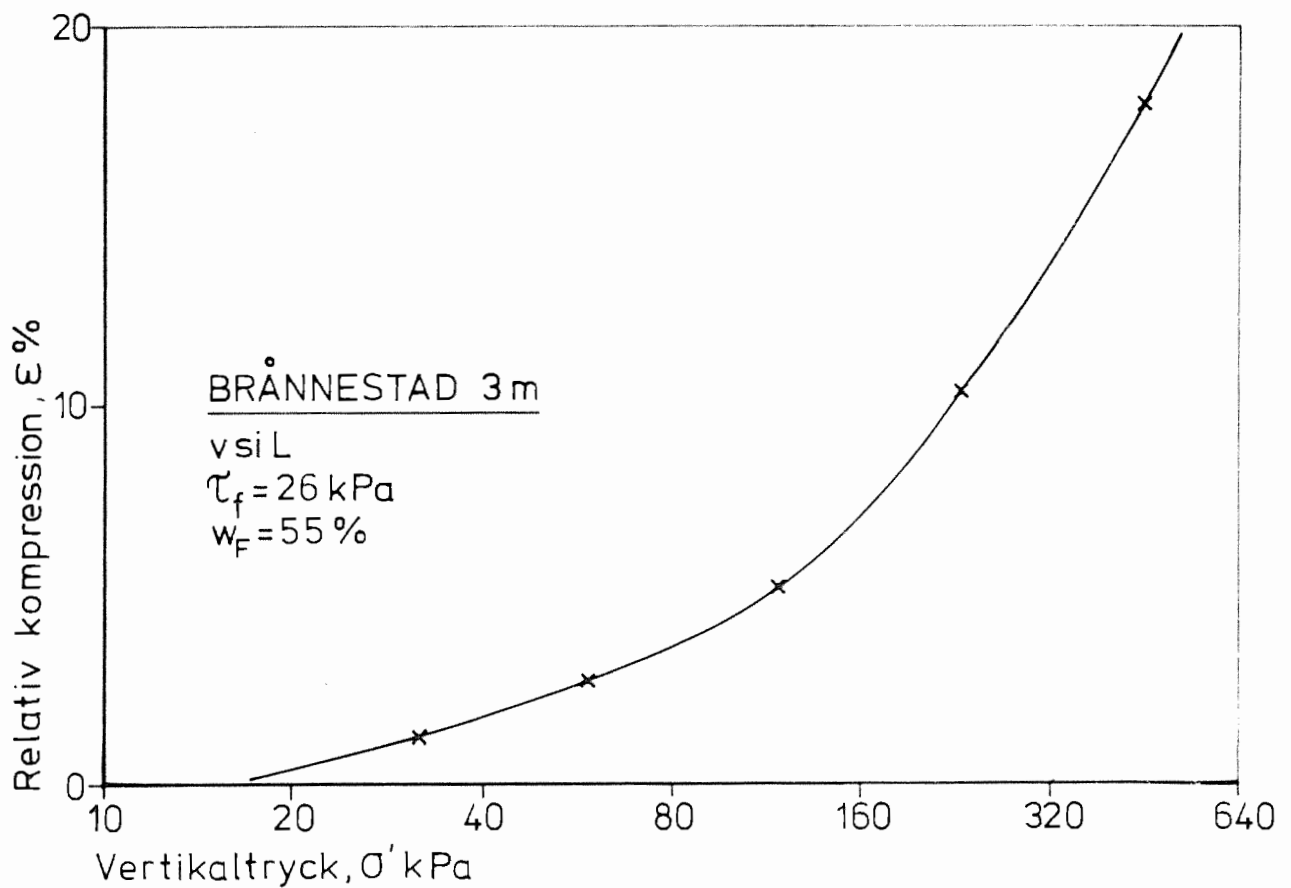
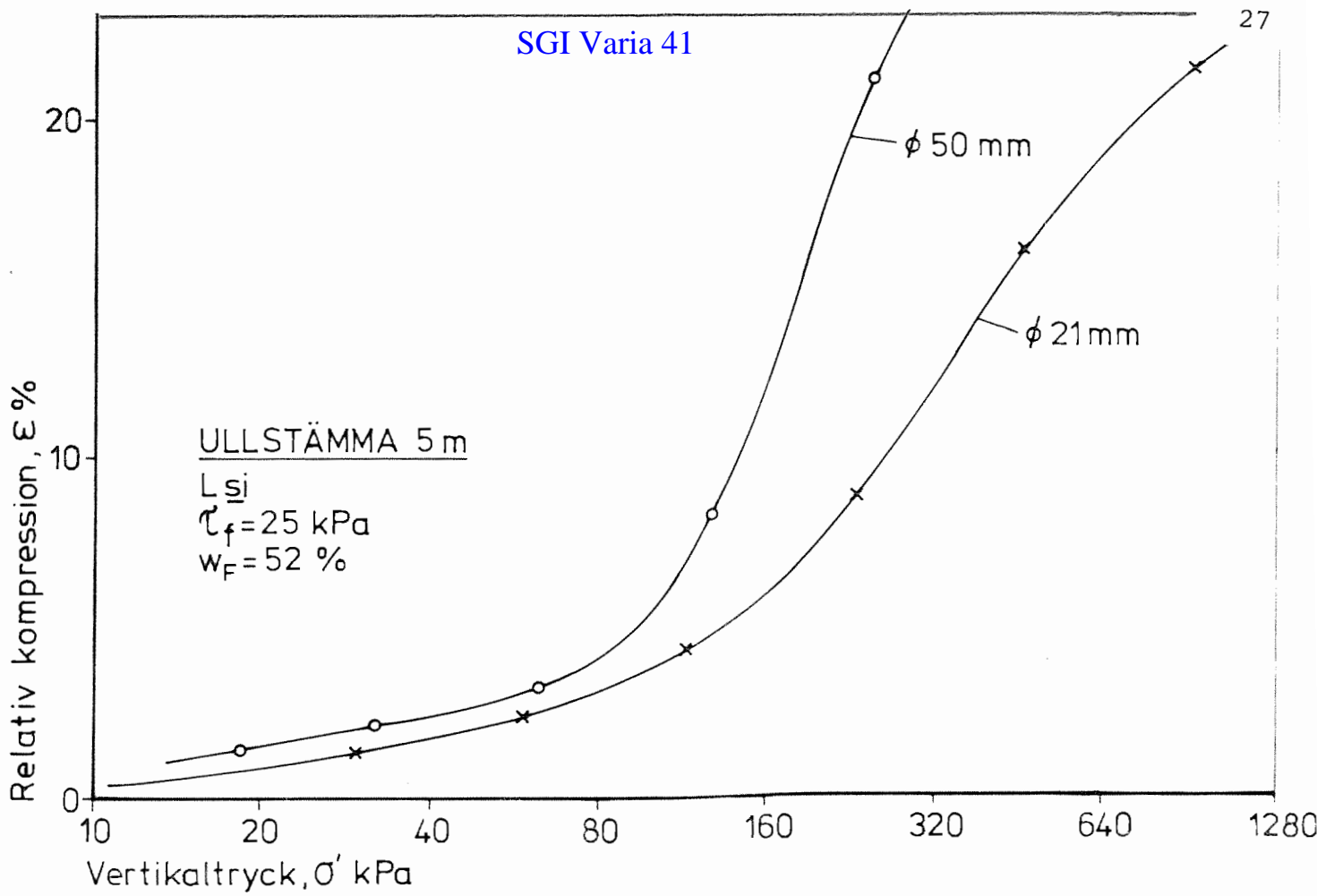
Inom område med fasta sediment och friktionsjord är utrustningens användbarhet begränsad till sticksondering och stöd provtagning med skruvprovtagare.

PROJEKTETS FORTSÄTTNING

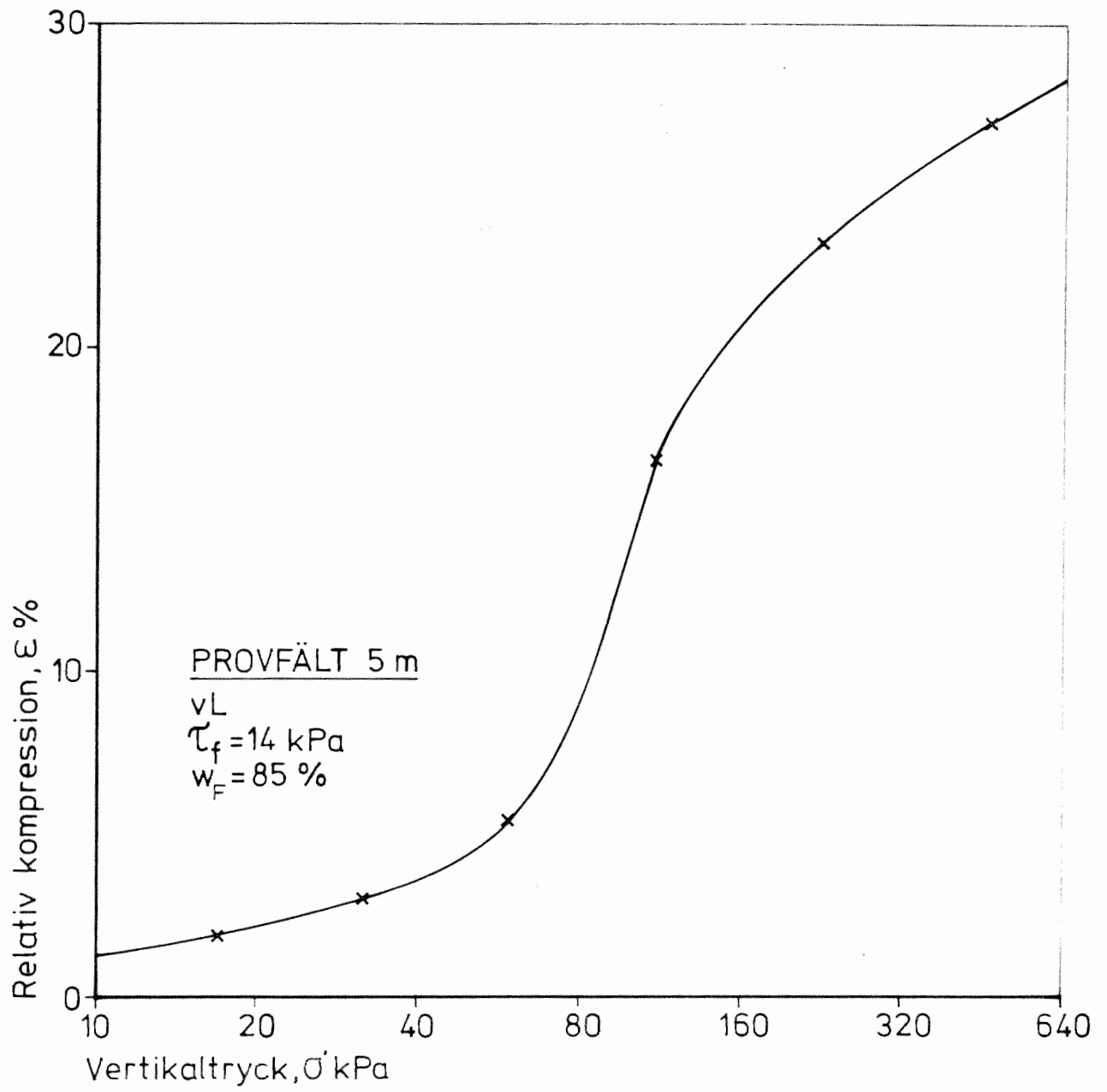
Föreliggande arbete har medvetet varit praktiskt inriktat. Syftet har varit att i första hand utveckla och tillverka en utrustning som praktiskt fungerar vid de tillämpningar den är avsedd för. Några ingående vetenskapliga studier av tillförlitlighet och noggrannhet hos erhållna data har ej utförts.

I projektets fortsättning kommer nya fältförsök att utföras och resultaten jämföras med "färska" resultat erhållna från konventionell utrustning. Fler ödometerförsök kommer att utföras. Eventuellt kommer en ödometer-tillsats passande CRS-apparaten att tillverkas och steglösa ödometerförsök att utföras.

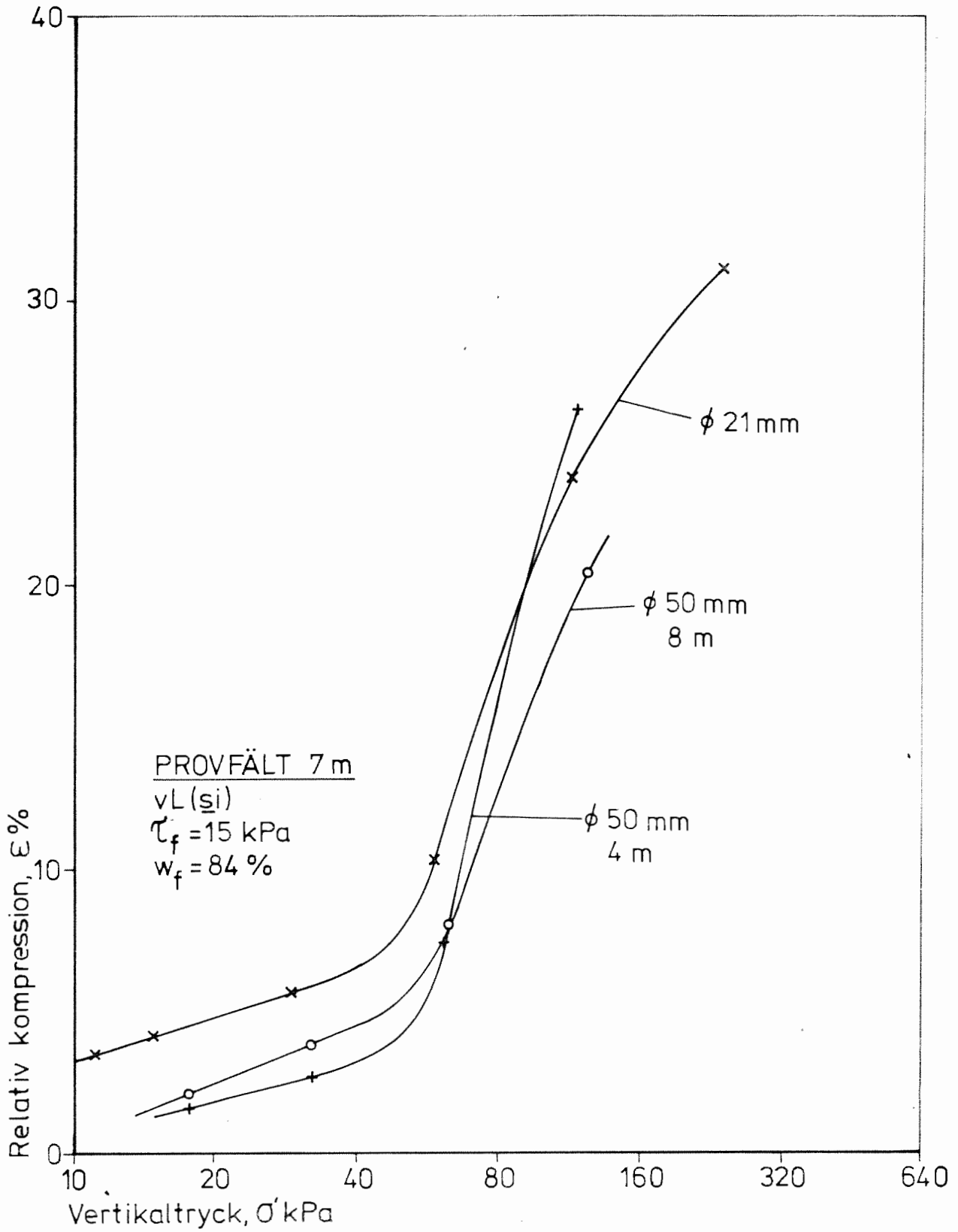
Projektet väntas slutrapporterat under våren/sommaren 1981 och då redovisas även resultat från nya fältförsök.



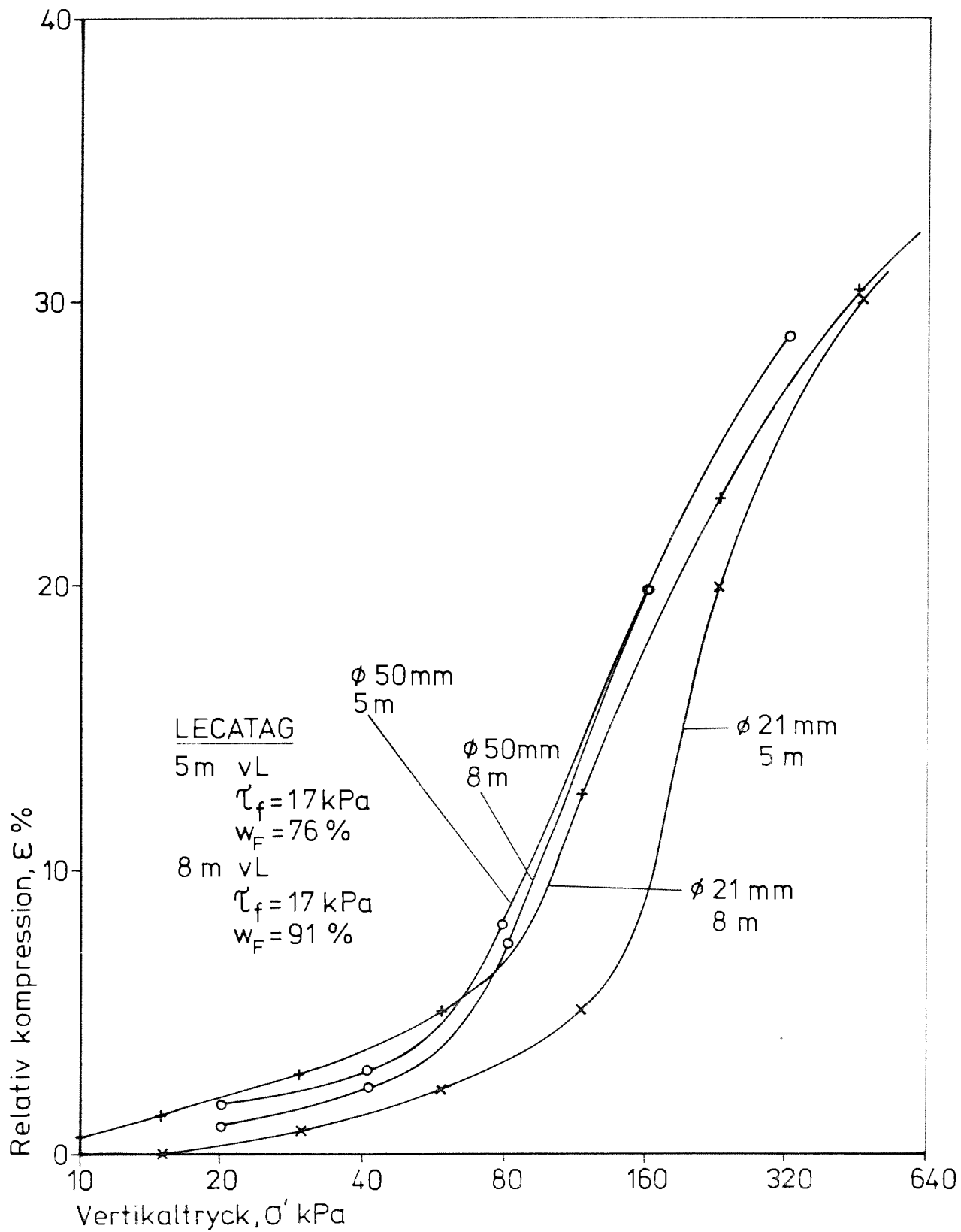
Figur 17. Resultat av ödometerförsök från ϕ 21 mm-prov och ϕ 50 mm-prov.



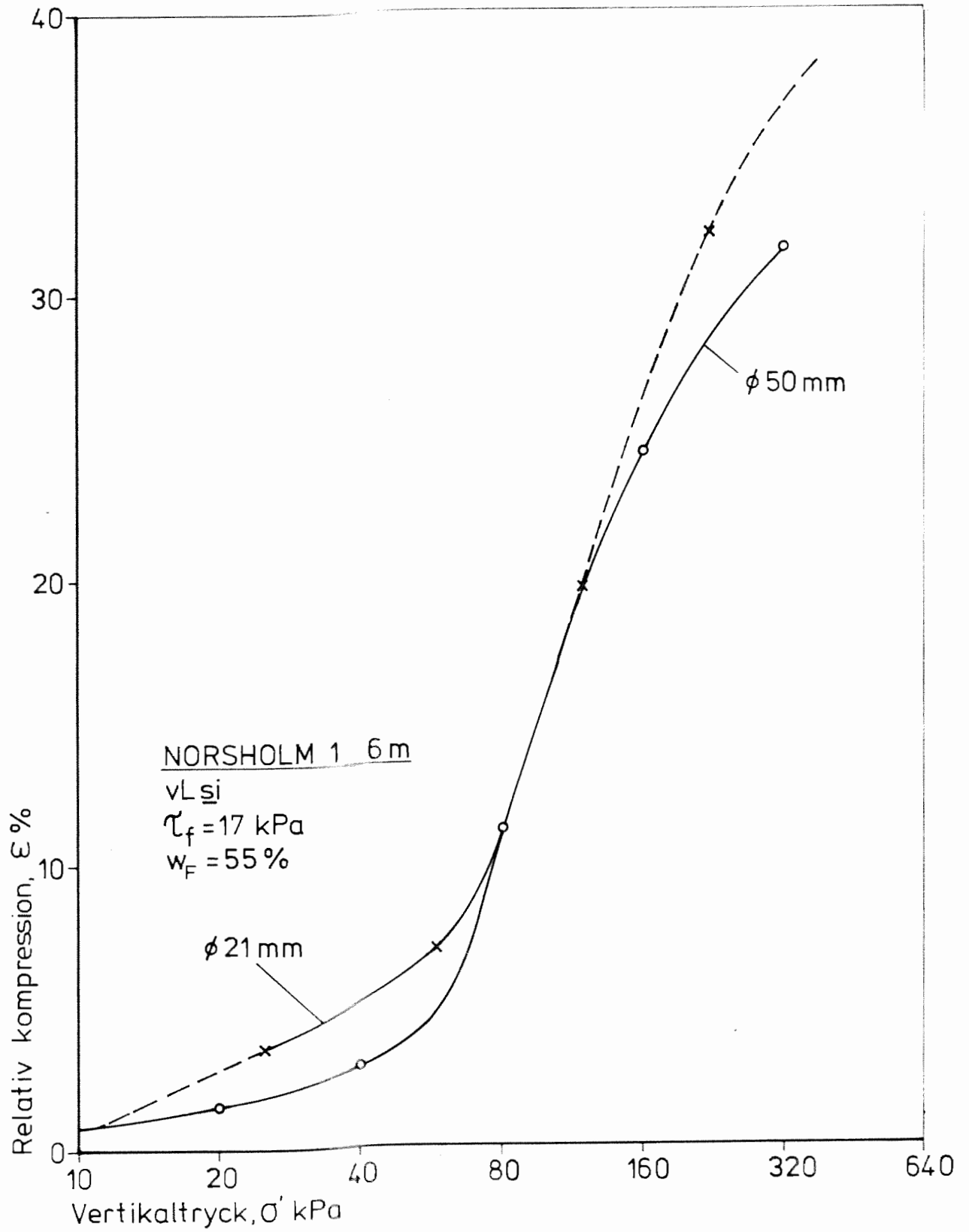
Figur 17. forts.



Figur 17, forts.



Figur 17. forts.



Figur 17. forts.