

# Contents

- 1. Kvalitetssäkring 9
  - 1.1 Kvalitetskrav 9
  - 1.2 Definitioner och terminologi 9
  - 1.3 Geotekniska undersökningar enligt Eurokod 11
  - 1.4 Uppdragsgenomgångar 12
  - 1.5 Fältdagbok 13
  - 1.6 Fältprotokoll 15
  - 1.7 Fältrapport 16
  - 1.8 Dokumentation av utsättning, avvägning och kartering 17
  - 1.9 Kontroll och kalibrering av utrustning 18
  - 1.10 Kvalitetsdokument till utförd fältundersökning 18
- 2. Planering och redovisning 19
  - 2.1 Inledning 19
  - 2.2 Syfte 20
  - 2.3 Arkivinventering 20
  - 2.4 Ledningsinventering 21
  - 2.5 Platsbesök 22
  - 2.6 Marktillträde 22
  - 2.7 Tillstånd 22
  - 2.8 TA-planer eller motsvarande 23
  - 2.9 Val av undersökningsmetoder 24
  - 2.10 Geotekniskt undersökningsprogram 26
  - 2.11 Redovisning 27
- 3. Tidiga skeden
  - kartor och geofysiska metoder 29
  - 3.1 Kartor, flygbilder och kartering 29
  - 3.2 Geofysiska metoder 31

## 4. Teknik för inmätning och utsättning

46

4.1 Behov av mätningar 46

4.2 Referenssystem i plan och höjd 46

4.3 Mätosäkerhet och styrande dokument 48

4.4 Mätning med totalstation 50

4.5 Mätning med GNSS (GPS)50

4.6 Avvägning 52

4.7 Flygburen teknik53

4.8 Fältmätning i praktiken 54

4.9 Lägesangivelser och avstånd mellan punkter  
54

4.10 Omgivningskartering 55

## 5. Arbetsmiljö, arbetarskydd, säkerhet 56

5.1 Inledning 56

5.2 Planering 56

5.3 Transporter av utrustning 57

5.4 Ensamarbete 57

5.5 Arbete i trafikerade miljöer 58

5.6 Risker vid geotekniskt fältarbete59

5.7 Arbete i sjöar och vattendrag 60

5.8 Metodspecifika risker 61

5.9 Skyddsutrustning 63

5.10 Äldre maskiner och utrustning 63

5.11 Nyinvesteringar av maskiner/utrustning64

5.12 Systematiskt arbetsmiljöarbete 64

5.13 Lagar och föreskrifter 66

5.14 Myndigheter och rådgivning 66

## 6. Utrustningar 67

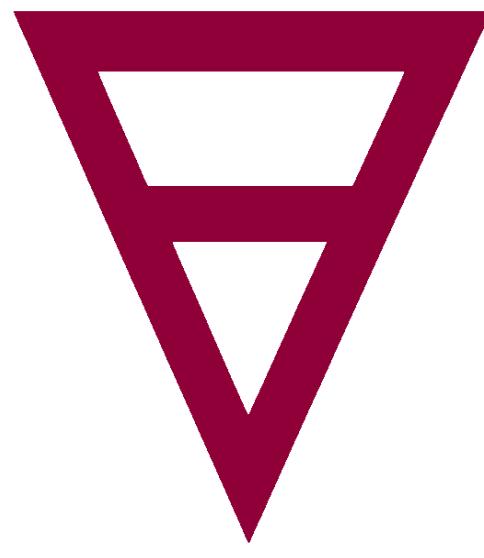
6.1 Definitioner 67

6.2 Inspektionsutrustning 67

6.3 Manuell utrustning	67
6.4 Borrvagn	68
6.5 Foderrörsdrivning och brunnsborrning	70
6.6 Kärnborrning	71
6.7 Datainsamling	71
6.8 Transport	72
7. Fältprovning med sonderingsmetoder	
7.1 Allmänt	74
7.2 Spetstrycksondering, CPT och CPTU	75
7.3 Jord-Bergsondering	84
7.4 Hejarsondering	91
7.5 Viktsondering	96
7.6 Mekanisk trycksondering	98
7.7 Tung slagsondering	100
7.8 SPT-sondering	102
8. Provtagningsmetoder	105
8.1 Inledning	105
8.2 Hantering av jordprover	106
8.3 Ostörd provtagning	108
8.4 Störd provtagning	127
8.5 Provgropsundersökning	137
9. Fältprovning med in situ-metoder	141
9.1 Inledning	141
9.2 Dilatometerförsök	142
9.3 Pressometerförsök	147
9.4 Volymskontrollerade pressometerförsök	153
9.5 Självborrande pressometer	154
9.6 Fältvingförsök	155
9.7 Vingförsök med dansk utrustning	160
9.8 Lommevingborr	161

9.9 Plattbelastningsförsök	162
9.11 Geofysiska metoder	168
<b>10. Geohydrologiska mätmetoder</b>	<b>171</b>
10.1 Inledning	171
10.2 Planering	171
10.3 Grundvattennivå och porttryck	171
10.4 Hydrauliska tester	178
10.5 Dokumentation	180
<b>11. Undersökningar på vatten</b>	<b>181</b>
11.1 Inledning	181
11.2 Befälhavare	181
11.3 Borrflotte	181
11.4 Geoteknisk utrustning	183
11.5 Förberedelser inför undersökning på vatten	
183	
11.6 Utsättning och inmätning	184
11.7 Undersökningar från is	184
11.8 Undersökningar från kaj	185
11.9 Sjövägsregler	185
11.10 Kommunikationsutrustning	186
11.11 Dokumentation	187
<b>12. Kontrollmetoder</b>	<b>188</b>
12.1 Inledning	188
12.2 Bestämning av jords densitet	190
12.3 Avvägning av dubb eller peggel	193
12.4 Bälgsättningsmätning	194
12.5 Magnetsättningsmätning	198
12.6 Slangsättningsmätning	199
12.7 Extensometer, översiktig beskrivning	202
12.8 Inklinometermätning	203
12.9 Kontroll K/C-pelare	211

12.10 Flödesmätning	213
12.11 Automatisk mätning	214
13. Beteckningsblad och fältprotokoll	217
14. Gällande standarder och övrig litteratur	245
15. Figurförteckning	250
SGF Rapport/Report	253



**Svenska Geotekniska Föreningen**

Swedish Geotechnical Society

SGF Rapport 1:2013

# **Geoteknisk fälthandbok**

Version 1.0

SGF:s Fältkommitté

<b>SGF Rapport</b>	Svenska Geotekniska Föreningen E-post: <a href="mailto:info@sgf.net">info@sgf.net</a>
Beställning	Svenska Geotekniska Föreningen c/o Arokad Plejadgatan 3 417 57 Göteborg Tfn: 031–733 47 03 E-post: <a href="mailto:info@sgf.net">info@sgf.net</a>
ISSN	1103-7237
ISRN	SGF-R--13/1--SE
Upplaga	Digital version
Tryckeri	<a href="http://www.sgf.net">www.sgf.net</a>

# Förord

Äntligen har den kommit. SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk Fälthandbok. Behovet av en ny reviderad fälthandbok har funnits en tid, framförallt efter införandet av Eurokoderna i vår geotekniska bransch. Arbetet har initierats av SGF:s fältkommitté.

Handbokens målgrupp är fortfarande fältingenjörer, ansvariga geotekniker och beställare av geotekniska fältundersökningar.

Fälthandboken utges av Svenska Geotekniska Föreningen, SGF. Innehållet i fälthandboken redovisar SGF:s uppfattning och kan betraktas som normgivande i de delar som inte behandlas i standarder eller andra regelverk.

Föreliggande handbok baseras på den tidigare fälthandboken, SGF Rapport 1:96, varefter ett antal författare med erfarenhet från geotekniska fältundersökningar har ändrat, bearbetat och utökat textavsnitten. Efter granskning av inkommet material har en redaktionskommitté bestående av Henrik Möller, *Tyréns*, Gunnar Nilsson, *NCC* och Marius Tremblay, *SGI*, svarat för redigering, sammanställning och nya kompletterande texter. Layoutarbetet har utförts av Jan Lindgren *SGI/JLI information*.

Underlag till de olika kapitlen har utarbetats av Lennart Blom, *Hydrogeonic HB*, Michael Lindberg *WSP/Cowi*, Mats Svensson, Anders Boberg och Ingrid Kjellsdotter-Staaf, *Tyréns*, Petter Liljegren, *WSP*, Peter Hansson, *Geocenter*, Björn Möller, *FmGeo AB*, Rolf Larsson och Håkan Persson, *SGI*, Roger Oscarsson och Lars Nilsson, *ÅF*. Granskningsgruppen har bestått av Håkan Garin, *GeoVerkstan*, Thomas Andrén, *Geomek* och Agne Gunnarsson, *Trafikverket*.

Den tidigare handbokens kapitelindelningar har behållits men en del förflyttningar och omstruktureringar har skett. Dessa gäller främst en anpassning till gällande europastandarder, förtydligande av terminologi, borttagande av missvisande begrepp såsom ”lätt och tung” borrbandvagn och ”fast botten”, samt allmän uppdatering med hänsyn till nya mätutrustningar och metoder. Dessutom har ett nytt kapitel, nr 12, tillkommit som behandlar Kontrollmetoder.

Denna handbok är fastställd av SGF:s styrelse och har fått versionsnummer 1.0. Efter ett års användning i branschen hoppas vi på kommentarer och förbättringsförslag för en eventuell revidering till version 2.0.

Handboken har finansierats via anslag av Trafikverket (tidigare Vägverket och Banverket) och SGF.

SGF framför ett stort tack till samtliga medverkande och finansiärer. SGF:s förhoppning är att fälthandboken ska vara till hjälp vid upphandling, planering och utförande av geotekniska undersökningar.

Redaktionskommittén i september 2013

# 1. Kvalitetssäkring

## 1.1 Kvalitetskrav

Kvalitetskraven som gäller vid utförande av geotekniska undersökningar anges i gällande standarder och normer. Handboken ger, som komplement till gällande standarder, allmänna råd och metodbeskrivningar till utförande och dokumentation av undersökningar. Undersökningar som utförs i enlighet med handboken motsvarar den kvalitetsnivå som **normalt** minst ska uppnås om inget annat avtalas.

Generellt kan nämnas att de flesta företag idag är certifierade enligt ISO 9001 (kvalitetsledning) och ISO 14001 (miljöledning) vilket ställer ett antal generella krav på dokumentation, arbetsmiljö, m.m.

**Speciella kvalitetskrav** kan föreskrivas i särskilda fall. Dessa skall då anges särskilt i avtal/kontrakt och dokumenteras tillsammans med övriga förutsättningar i kvalitetsplan.

För de flesta undersökningsmetoderna finns standard för utrustning och utförande vilka gäller före denna handbok. Dessa standarder anges i respektive kapitel vid beskrivning av aktuell metod samt i en sammanställning av standarder i Kapitel 14.

## 1.2 Definitioner och terminologi

**Ansvarig fältgeotekniker:** Den person som svarar för fältarbetenas utförande. Fältgeoteknikern ansvarar för att utförandet sker med rätt kvalitet enligt uppriktat program och enligt beskrivningarna i denna handbok. Arbetar flera fältgeotekniker med samma projekt utses en som ansvarig fältgeotekniker.

**Ansvarig geotekniker:** Den ingenjör som ansvarar för undersökningsprogram och analys av undersökningsresultat med avseende på tekniska konsekvenser. Geoteknikern är ansvarig för att den geotekniska undersökningen motsvarar avtalad kvalitetsnivå. Enligt SS-EN 1997-2 ska ansvarig geotekniker även utföra ett platsbesök inför planering av geotekniskt undersökningsprogram.

**Fältarbete:** Allt arbete som genomförs på undersökningsplatsen enligt ett uppdrag, internt eller externt, givet av ansvarig geotekniker till ansvarig fältgeotekniker.

**Fältdagbok:** Loggbok som kortfattat beskriver arbetenas framdrift och där relevanta noteringar förs som kan ha betydelse för fältundersökningens kvalitet. Se exempel på dagbok i Kapitel 13.

**Fältrapport:** Raporttyp 1 enligt IEG 4:2008 som innehåller resultat från fältarbetena och dokumenterar hur kraven enligt SS-EN 1997-2 samt gällande metodstandard/metodbeskrivning är uppfyllda.

**Fältundersökning:** Allt arbete, inklusive förberedelser och resultatredovis-

ning, som fordas för att genomföra en undersökning.

**Försöksrapport/Fält:** Rapporttyp 2 enligt IEG 4:2008, med uppritade av enskilda borrhål där fältrapporternas innehåll samredovisas med utförda inmätningar etc. Rapportformatet är lämpligt om fältarbetet utförs av externt företag i förhållande till ansvarig geotekniker eller vid större projekt där resultat behöver presenteras och användas innan den Marktekniska undersökningsrapporten arbetas fram. Försöksrapporten ligger då som underlag till fortsatt projektering eller som beslutsunderlag.

**Geoteknisk projektering:** Avser upprättande av tekniska beskrivningar för utförande av entreprenader, inklusive projektering av åtgärder och grundläggingsmetoder. Geoteknisk projektering kan baseras på tidigare utförda undersökningar eller på i uppdraget ingående.



Figur 1.1

**Geoteknisk undersökning:** Avser undersökningsarbetet som syftar till att utreda jord- och grundvattenförhållanden avseende lagerföljd, nivåer, parametrar och egenskaper. Redovisas i en Markteknisk undersökningsrapport.

**Geotekniskt undersökningsprogram:** En beskrivning av det arbete som den ansvarige geoteknikern vill ha utfört av fältgeoteknikern. Programmet är en planeringshandling som visar vad som ska utföras i fält avseende provning, provtagning, observationer av grundvatten och portryck, inmätning och utsättning. Den ska även visa om särskilda rutiner ska gälla avseende kalibrering av utrustning, kontroller samt provhantering.

**Geoteknisk utredning:** Innefattar oftast en geoteknisk undersökning och syftar till att utgöra ett beslutsunderlag för fortsatt arbete med råd, rekommendationer, projekterings-förutsättningar eller underlag till bygglovsansökan. Geoteknisk utredning kan baseras på tidigare utförda undersökningar eller på i uppdraget ingående.

**IEG:** Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik. Tillämpningsdokument framtagna av IEG förvaltas numera av SGF.

**Kvalitetsplan:** Plan för en enskild fältundersökning som fastställer vilka kvalitetspåverkande procedurer och aktiviteter, deras ordningsföld och de resurser som då används för att kvalitetssäkra viss vara, tjänst, kontrakt eller projekt.

**Kvalitetssystem:** Företagsanpassat system för kvalitetssäkring med generell beskrivning av organisorisk struktur, ansvar, rutiner, processer och resurser för att leda och styra verksamheten med avseende på kvalitet.

**Kvalitetssäkring:** Alla planerade och systematiska procedurer och aktiviteter som krävs för att säkerställa att en produkt kommer att uppfylla givna krav på kvalitet.

**Marktekniska undersökningar:** Ett samlingsbegrepp för alla undersökningar som syftar till att utreda förhållanden i jord, berg, grundvatten och förorenad jord.

**Marktekniskt undersökningsprogram:** Ett undersökningsprogram som beskriver samtliga marktekniska undersökningar som ska utföras. Se även **Geotekniskt undersökningsprogram**.

**Markteknisk undersökningsrapport:** Raporttyp 3 enligt IEG 4:2008, som är ett huvuddokument för redovisning av utförda provningar, provtagningar och laboratorieprovningar, arkivundersökningar, härledda värden och värderingar jämte övriga observationer och inventeringar avseende geoteknik, bergteknik, hydrogeologi och förorenad jord. Rapporten upprättas med stöd av tidigare fält-, lab- och försöksrapporter inom uppdraget.

**Standard:** Dokument som i tekniska sammanhang innehåller beskrivningar, regler och rekommendationer för allmännyttig och upprepad användning. Inom fältprovning gäller främst fastställda svenska standarder för utförande (SS-EN). Om dessa inte finns gäller styrande dokument såsom metodbeskrivningar och rekommenderade standarder som upprättats av SGF.

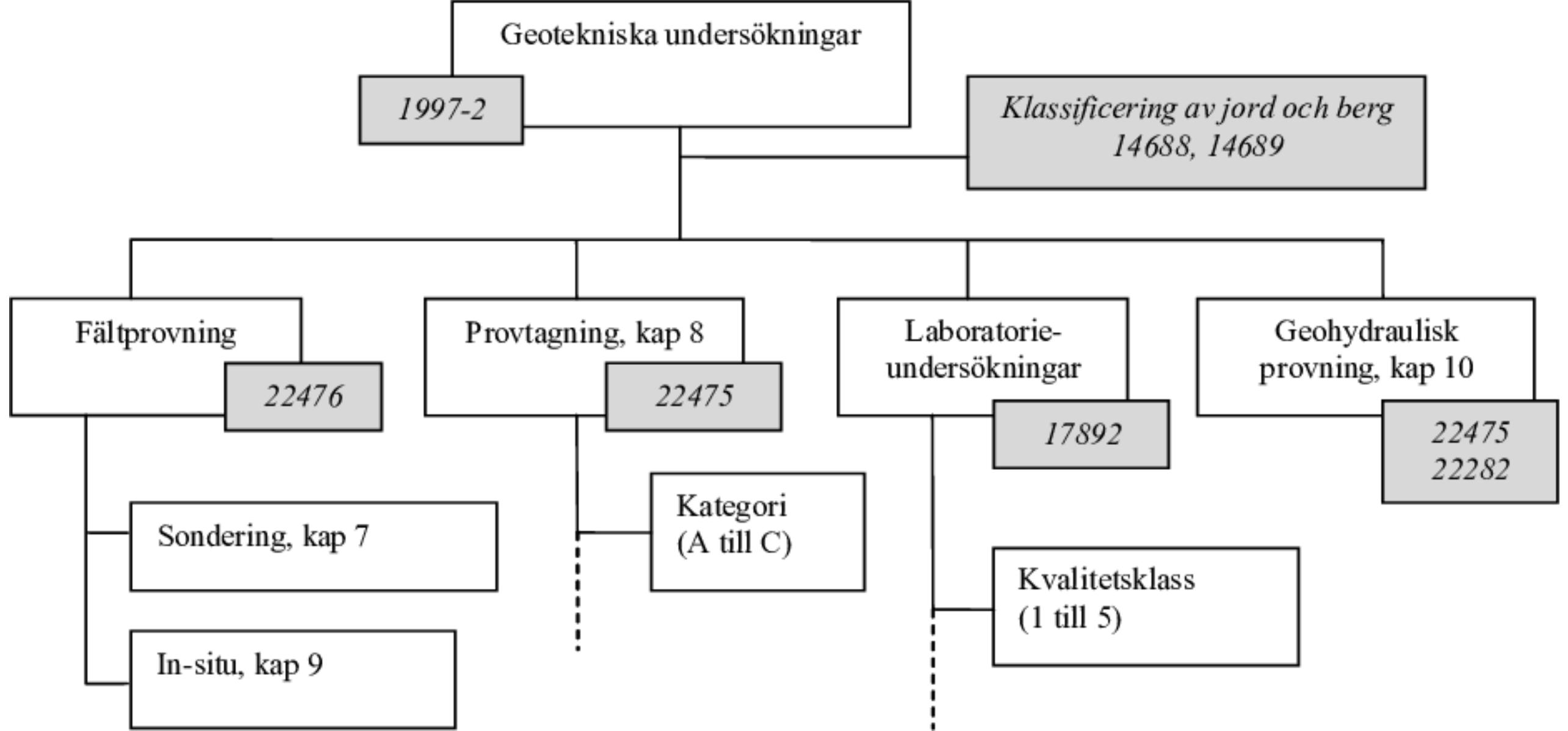
**Tillämpningsdokument:** Dokument framtagna av IEG som förklrar och tolkar texten i olika standarder, främst Eurokoderna SS-EN 1997-1 och 2.

## 1.3 Geotekniska undersökningar enligt Eurokod

Eurokoderna delar upp marktekniska undersökningar i 3 grupper:

- Fältprovning (Sonderingar, in-situ försök, geohydraulisk provning)
- Provtagning
- Laboratorieundersökningar

Uppdelningen skiljer sig delvis mot tidigare språkbruk inom geoteknik. I **Figu 1.2** visas uppdelningen tillsammans med kapitelhänvisningar i denna fält-handbok samt de metodstandarder (grå rutor) som är tillämpliga för respektive del. Observera att endast standardens nummerbeteckningar har angetts och vetskaps ska finnas att vissa är fastställda som standard, andra som teknisk specifikation och för vissa pågår arbete med fastställandet.



Figur 1.2 Schema för geotekniska undersökningars koppling till fälthandboken och Eurokod.

## 1.4 Uppdragsgenomgångar

### 1.4.1 Inledning

Uppdragsgenomgångar, där ansvariga geotekniker och fältgeotekniker deltar ska alltid genomföras. Minst två genomgångar ska planeras: ett *Startmöte/Fält* innan fältarbetena påbörjas och ett *Återföringsmöte/Fält* när resultatet från undersökningarna ska lämnas över till ansvarig geotekniker. Genomgångarna ska dokumenteras.

Det är vanligt att uppdragsgenomgången sker mellan fältgeoteknikerns arbetsledare och ansvarig geotekniker. Detta förfarande är möjligt men kräver en större tydlighet i dokumentation och överföring av information till fältgeoteknikern. Ansvaret för detta bör ligga på fältorganisationen.

För fältundersökningar med stor omfattning kan det krävas fler än två uppdragsgenomgångar.

### 1.4.2 Startmöte/Fält

Ansvarig geotekniker och fältgeotekniker genomför, före fältarbetets början, en första uppdragsgenomgång där de går igenom det geotekniska undersökningsprogram som den ansvarige geoteknikern upprättat. Minst följande punkter ska behandlas vid startmötet:

- Namn och nummer på ***uppdraget***.
- Namn på ***ansvariga geotekniker*** och ***fält geotekniker***.
- Namn på ***uppdragsgivare***.
- ***Syftet*** med undersökningen.
- Vem som är ***markägare*** och vilka ***tillstånd*** som finns för undersökningen.
- Vilket ***höjdsystem***, vilket ***koordinatsystem*** och vilken ***mätningsklass*** som ska användas till olika undersökningar samt utgångspunkter för utsättning, avvägning och kartering.
- Befintlig kunskap om ***geologiska förhållanden, jordarter och jorddjup***.
- Befintlig kunskap om ***markförlagda ledningar*** och dylikt.
- Befintlig kunskap om ***områdets användning och hinder*** i form av fyllning, bebyggelse, dålig bärighet för borrvagnar, fornlämningar eller markförningar av betydelse för undersökningens genomförande.
- Vem som ska ta fram ***saknade uppgifter*** före fältarbetets start, och vilka ***kontakter*** som ska tas.
- ***Geotekniskt undersökningsprogram*** med riktlinjer för anpassning till verkliga förhållanden (ändringar) samt ***numrering av undersökningspunkter***.

- Vilka **skyddsåtgärder** som ska vidtas vid arbete på förurenad mark, is eller vatten, vid arbete på bana, väg eller annan farlig arbetsplats.
- Rutiner för **kontakt med ansvarig geotekniker**.
- Rutiner för kontakt med **allmänhet och media**.
- Rutiner för **leverans av undersökningsresultat** till ansvarig geotekniker.
- Uppgifter om hur **jordprover** ska förpackas och märkas samt vart och hur de ska levereras.
- Hur **återställning** av mark och borrhål ska göras.
- Vilka tider som gäller för arbetets genomförande.
- Ordningsföljd på olika metoder eller provtagningar.
- Rutiner om hur digitala leveranser ska ske.

Mötet dokumenteras i protokoll som upprättas av ansvarig geotekniker och som utgör kompletterande underlag till det geotekniska undersökningsprogrammet.

#### 1.4.3 Återförmöte/Fält

Ansvarig geotekniker och fältgeotekniker genomför en andra uppdragsgenomgång efter fältarbetets slut. Vid denna överlämnas dagbok, protokoll och digital information som inte lämnats tidigare tillsammans med en **fältrapport**. Punkter att behandla vid återförmötenet:

- Vilka **kontakter** fältgeoteknikern haft på undersökningsplatsen och vilka **besked** som erhållits under arbetet från beställare, markägare eller andra personer.
- Vilka **tillstånd** som erhållits och från vem.
- Vilka **ledningskartor** och **punktbeskrivningar** som erhållits och från vem samt vem som gjort utsättning av ledningar.
- Vilka **ändringar** som gjorts i det geotekniska undersökningsprogrammet samt skälet till ändringarna och hur dessa redovisas.
- Redigering av **fältdata** avseende fel och brister, såsom stångbyte, förlorad dataöverföring vid sondering m.m.
- Förteckning över **undersökningsprotokoll och mätskiss(-er)** visande antal och typ av protokoll och skisser.
- Förteckning över **fotografier** och annan information från undersökningsområdet.
- **Återställning och avetablering.**
- **Övriga noteringar** av betydelse, exempelvis terrängbeskrivning, oväntade mark-föroringar, fyllningar, vattennivå i diken, sjöar och brunnen, typ av befintliga byggnader och pågående byggnadsarbeten.

Mötet dokumenteras i protokoll som upprättas av ansvarig geotekniker och som utgör bilaga till fältrapport, tillsammans med resultat av fältundersökningen.

#### 1.5 Fältdagbok

Ansvarig fältgeotekniker svarar för att dagbok förs i projektets fältdel. Dagboken ska innehålla minst följande dagliga information:

- **Datum.**
- **Plats och projektinformation.**
- **Väderförhållanden.**

- **Utförda undersökningspunkter.**
- **Planerade men inte utförda undersökningspunkter.**
- **Kontaktpersoner.**
- **Förändringar av undersökningsprogram.**
- **Besök** av uppdragsgivare eller andra personer med inflytande över fältaktiviteterna.
- **Miljötekniska observationer.**
- **Övriga fält ingenjörer.**
- **Utförda kontroller och kalibreringar**
- **Övrig information.**

## Dokumenteras i fältrapport

Exempel på fältdagbok finns i handbokens bilagedel samt i dokumentet IEG TD 2:2010. Fältdagbok kan helt eller delvis föras i digital form i fält.

**Geotekniska fältundersökningar Dagbok**

Uppdragsnummer HJ	Uppdrag KP	Datum KD
Väder <input type="checkbox"/> Sol <input type="checkbox"/> Halvmulet <input type="checkbox"/> Mulet <input type="checkbox"/> Dimma <input type="checkbox"/> Regn <input type="checkbox"/> Snö <input type="checkbox"/> Hagel <input type="checkbox"/>	Fält ingenjör HQ	
Lufttemperatur m m  Utförda utrustnings- och funktionskontroller enligt standarder	Övriga personer i fält  Kalibreringsprotokoll, dat.  <input type="checkbox"/> CPT <input type="checkbox"/> Vb <input type="checkbox"/> Vagn och givare <input type="checkbox"/>	
Markägarkontakter, markskader för reglering, röjning, hinder m m  Miljötekniska observationer, övrig kvalit  Förändringar av undersökningsprogram	Äktig information m m	
Utförda undersökningspunkter  Punkt  Sondering och provning  Protokoll  Provtagning  Grundvatteninstallationer	Se separat sammanställning  <input type="checkbox"/>	
Filnamn - digital samlingsfil  Signatur - fält ingenjör  Se baksida <input type="checkbox"/>		



## 1.6 Fältprotokoll

Fältgeoteknikern skall föra protokoll över utförda undersökningar. Till fältundersökningen skall en mätskiss (karta) med nummer och läge på samtliga undersökningspunkter finnas. Protokollen och undersökningspunkterna skall vara spårbara vilket innebär att nedan angivna uppgifter är *obligatoriska* och skall finnas på varje fältprotokoll tillsammans med obligatoriska uppgifter enligt respektive undersökningsmetod.

- **Namn** på företaget.
- Namn och nummer på *uppdraget*.
- Namn på *ansvarig geotekniker* och *fältgeotekniker*.
- Namn på *uppdragsgivare*.
- **Signatur** av fältgeotekniker.
- **Datum**.
- **Positionering** inmätning x, y, z alternativt längmätning.
- **Punktnummer**. Där flera metoder används vid samma undersökningspunkt skall samma punktnummer användas till alla undersökningsmetoder, se Kapitel 4. Exakt läge för varje metod, i förhållande till det utsatta läget, redovisas med en punktskiss. På denna anges även om nivån är annorlunda än referensnivån.
- **Marknivå** vid undersökningspunkten eller, om annan yta än markytan används som referens, nivå på denna.
- **Metod**. Krav på dokumentation av typ, fabrikat etc. på utrustning anges under respektive metod i handboken
  - Fri vattenyta i borrhålet.
  - Förborrningsdjup.
  - Foderrör, längd och diameter.
  - Start- och slutnivå samt stoppkod.
  - Typ av borrigg.
  - Typ av sond (tillverkare, modell, nummer)
  - Utförande på vatten.
  - Återfyllning eller injektering av borrhålet (om så krävs).
  - Avvikelser från standard.

### **Dokumenteras i fältrapport**

Exempel på fältprotokoll finns i handbokens Kapitel 13 samt i dokumentet IEG TD 2:2010. Fältprotokoll kan helt eller delvis göras i digital form i fält.

## Sonderingsprotokoll

## Jord-bergsondering



## Företag AB

## Figur 1.4 Exempel fältprotokoll.

## 1.7 Fältrapport

Fältundersökningarna skall redovisas i en Fältrapport som tas fram av den ansvarige fältgeoteknikern. Syftet med fältrapporten, tillsammans med protokoll från Återföringsmöte/Fält, är att överlämna kvalitetssäkrade uppgifter från fält till ansvarig geotekniker.

I Fältrapporten skall även följande information ges:

- Allmän information (t.ex. plats, uppdragsgivare, m.m).
- Omfattning av fältundersökningarna.
- Resultat över utförda undersökningar alternativt hänvisning till källa där resultat finns som digitalt minne, hårddisk etc.
- Kvalitetsinformation och observationer.
- Övrig information.
- Bilagor (protokoll från återföringsmöte/Fält, fältdagbok och fältprotokoll).

Fältrapporten skall alltid innehålla två tabeller som beskriver vilka undersökningar sam har utförts, se exempel i **Tabell 1.1** och **1.2**.

Borrhål	Metod	Datum	Filnamn vid digital lagring	Bilaga	Signatur
BH-1					
BH-2					
osv...					

Tabell 1.1 Lista över utförda undersökningar.

Metod	Antal	Styrande dokument
<b>Provtagning</b>		
Kategori A		
Kategori B		
Kategori C		
<b>Grundvattenobservationer</b>		
Öppna system		
Slutna system		
<b>Provning</b>		
CPT		
Osv...		

Tabell 1.2 Antal utförda undersökningar fördelat på metod.

Den första tabellen (**Tabell 1.1**) listar varje undersökningspunkt som signeras av fältgeoteknikern. Genom signatur av varje undersökningspunkt visas att fältgeoteknikern har kvalitetsgranskat och godkänt resultaten för vidare bearbetning och redovisning. Den andra tabellen (**Tabell 1.2**) anger antal undersökningar av varje sort samt vilka styrande dokumenten som har används vid utförande (standard, handbok, m.m)

I Fältrapporten bifogas bilagor i form av protokoll från återföringsmöte/Fält, uppdragets dagbok och samtliga fältprotokoll, en från varje undersökningspunkt.

Utförlig beskrivning av Fältrapporten finns i dokumentet IEG TD 4:2008 (Rapporttyp 1).

## 1.8 Dokumentation av utsättning, avvägning och kartering

Noggrannhetskrav vid utsättning, avvägning och karteringar i samband med geotekniska fältundersökningar redovisas i Kapitel 4. Kraven på noggrannhet varierar med fältundersökningens syfte och metod.

Resultat från utsättning, avvägning och karteringar i samband med fältundersökningar skall alltid dokumenteras på en mätskiss (karta) samt i tabellform visande:

- Utgångspunkter i plan och höjd.
- Koordinat- och höjdsystem.
- Inmätta punkter och detaljer.
- Upprättade markeringar och befästningar
- Mätningsklass(-er) enligt Kapitel 4.
- Instrument och mätmetod.

## 1.9 Kontroll och kalibrering av utrustning

Den utrustning som används till geotekniska fältundersökningar skall uppfylla krav i gällande standard avseende kalibrering, förslitning, rakhet m.m. **Kontroll och kalibrering enligt standard** görs på laboratorium, provningsanstalt eller av annan aktör med dokumenterad kompetens. Rutiner för detta bör finnas i företagets kvalitetssystem. Av detta bör framgå:

- **Vilka utrustningsdelar** som skall kontrolleras eller kalibreras.
- **När** kontroll och kalibrering skall ske.
- **Hur** kontroll och kalibrering skall göras och dokumenteras.
- **Vem** som är ansvarig för kalibrering.

**Kontroll av utrustning före, under och efter en undersökning**, s.k. daglig kontroll, görs enligt anvisningar i gällande standard för respektive metod, kompletterat med anvisningar i denna handbok, företagsspecifika kvalitetssystem och det geotekniska undersökningsprogrammet.

## 1.10 Kvalitetsdokument till utförd fältundersökning

Vid avslutning av uppdraget skall nedan angivna kvalitetsdokument tillhörande fältundersökningen arkiveras tillsammans med övrigt material från det uppdrag undersökningen utförts för.

- **Dokumentation av utsättning, avvägning och kartering (Tabell och mätskiss).**
- Protokoll från Startmöte/Fält och Återföringsmöte/Fält.
- **Dokumentation enligt företagets kvalitetssystem.**
- **Annan dokumentation som krävs enligt kvalitetsplan** (då sådan upprätts).
- **Fältrapport** (som skall ingå i Försöksrapport/Fält eller som inarbetas i Mar-teknisk undersökningsrapport).

När det gäller redovisning och rapporter enligt SS-EN 1997 så har endast fältrapporten presenterats i detta kapitel som ett led i kvalitetssäkring av utfört fältarbete. Övriga rapporttyper presenteras i Kapitel 2 samt i IEG rapport 4:2008.

## 2. Planering och redovisning



Figur 2.1

### 2.1 Inledning

För planering och genomförande av geotekniska undersökningar gäller euro-pastandarder tillsammans med SS- EN 1997-2, Dimensionering av geokonstruktioner - Del 2: Marktekniska undersökningar med nationella bilagor. IEG rapport 10:2010 behandlar SS-EN 1997-2 och ger fördjupad insikt i den styrande eurokoden för fält- och laboratoriearbeten.

Dokumenthantering och krav på innehåll i redovisningen av resultat-, planerings- och projekteringshandlingar för geotekniska arbeten framgår av IEG rapport 4:2008.

En markteknisk undersökning genomförs enligt följande principiella ordningsföljd, vilken även kan utnyttjas som checklista:

- Syftet med undersökningen, typ av konstruktion samt geoteknisk kategori fastställs.
- Arkivinventering.
- Ledningsinventering.
- Platsbesök.
- Marktillträde, markägare kontaktas.
- Eventuella tillstånd söks för undersökningen.
- TA-plan eller motsvarande upprättas om fältarbete planeras inom väg-, gatu- eller spårområde eller i anslutning till farleder.
- Val av undersökningsmetoder, provtagningsklass och upprättande av ***Geotekniskt undersökningsprogram***.
- ***Startmöte/Fält*** hålls inför undersökningen.
- Fältundersökningen genomförs och dokumenteras i ***fältdagbok*** och i ***fält-***

*protokoll* i samband med undersökningens genomförande.

- Kontakter hålls mellan ansvarig geotekniker och fältgeotekniker för ev. justeringar i undersökningsprogrammet.
- Upptagna prover sänds till aktuellt laboratorium så snart detta är möjligt.
- *Återförmöte/Fält* hålls efter utförd undersökning.
- Redovisning av utförda undersökningar i *fältrapport*.
- Redovisning av utförda laboratorieundersökningar i *laboratorierapport*.
- Behov av kompletteringar utreds. Om kompletteringar blir aktuella efter att första omgångens fältundersökningar utförts bör en ny fältrapport sammanställas och en ny uppdragsgenomgång hållas.
- *Försöksrapport* upprättas vid behov.
- Utvärdering och tolkning av undersökningen och framtagande av härledda värden.
- Upprättande av *Markteknisk undersökningsrapport (MUR)*.
- Geoteknisk utredning och projektering.

## 2.2 Syfte

Geotekniska undersökningar utförs med en rad olika syften och är inte alltid avsedda för ett byggprojekt. I första hand måste därför syftet med undersökningen klarläggas, vilket senare blir vägledande för undersökningens omfattning och kvalitetskrav. Vägledning för val av geoteknisk kategori ges i IEG rapport 2:2008.

## 2.3 Arkivinventering

Innan en fältundersökning påbörjas ska en arkivinventering göras av tidigare undersökningar. Arkivinventeringen kan omfatta:

- Geotekniska undersökningar.
- Miljötekniska undersökningar.
- Aktuella naturskyddsbestämmelser.
- Topografiska och geologiska kartor.
- Brunnssarkiv.
- Grundvattenskyddsområden.
  - Kartor visande fornlämningar.
- Kartor visande befintlig bebyggelse, källargolvnivåer, underbyggnader och tidigare bebyggelse.
- Arkivmaterial över grundförstärkningar, eventuella mätningar från sättningsdubbar, markpeglar och bälgslangar.

Vid tolkning av gamla geotekniska undersökningar är det viktigt att *kontrollera vid vilken tidpunkt de utförts* eftersom det geotekniska beteckningssystemet ändrats genom åren. Gamla höjd- och nivåuppgifter måste också kontrolleras eftersom marken kan vara uppfylld eller avschaktad efter avvägningen eller för att ett gammalt höjdsystem använts.

Konsulten som utfört en geoteknisk undersökning har äganderätt till originalhandlingarna. Beställaren av undersökningen har rätt att utnyttja resultatet för avsett eller särskilt avtalat syfte. I praktiken brukar dock gamla geotekniska undersökningsresultat kunna utnyttjas fritt mot hanteringskostnad.

Ansvaret för undersökningsresultatets riktighet har den som utfört undersökningen. Ansvaret gäller dock endast mot beställaren. Den som utnyttjar uppgif-

ter från arkiv eller databanker i andra hand övertar också ansvaret, såvida inte speciell överenskommelse träffats. Situationen ändras inte om användaren betalar för uppgifterna.

## 2.4 Ledningsinventering

Innan en fältundersökning påbörjas ska alltid uppgifter om befintliga ledningar, kablar och underjordsanläggningar tas fram. Ledningskartor eller utsättning av ledningar ska finnas på arbetsplatsen vid fältundersökningens utförande. Detta gäller exempelvis:

- Kablar (el, tele, TV, trafik, optik, m.m.)
- Telekablar
- TV-kablar
- Trafikkablar.
- Vatten-, dagvatten- och avloppsledningar.
- Gasledningar.
- Fjärrvärmceledningar, värmekulvertar och kylvattenledningar.
- Markvärmceledningar.
- Sopsuganläggningar.
- Bensin- och oljeanställningsledningar.
- Undermarksanläggningar som bergrum, tunnlar, brunnar etc.

Vid skada på ledningar debiteras kostnad för såväl reparationsarbete som följdverkningar på den som orsakat skadan. Kontakt med respektive ledningsägare ska alltid tas för information om vilka ledningar och kablar som finns inom undersökningsområdet.

Osäkerhetsavståndet är ett område kring ledningen där maskinschaktning eller borrning inte får utföras. Osäkerhetsavståndet ska anges av den som upprättat kartredovisningen.

Kommunikationsmyndigheten PTS driver Ledningskollen.se som kan användas i hela landet. Syftet med webbtjänsten är att minska antalet grävskador på samhällets infrastruktur. Tjänsten finansieras med offentliga medel. Det är gratis att ställa frågor och att registrera sig som ledningsägare på Ledningskollen.se. På webplatsen finns en förteckning över vilka ledningsägare som är anslutna till Ledningskollen. Undermarksanläggningar ingår för närvarande inte här.

I Stockholms kommun kan samlingskartor över samtliga ledningar och kablar inom offentlig plats och U-områden beställas via en beställningswebb från Stockholm Vatten AB. Handläggningstiden är upp till 4 veckor. På dessa samlingskartor är osäkerhetsavståndet i innerstaden (redovisningsskala 1:200), 1 meter och i ytterstaden (redovisningsskala 1:400), 2 meter. Kartorna är vid leverans aktualitetsgranskade och godkända för grävning och borrning utanför angivna osäkerhetsavstånd.

I Göteborg finns samlingskarta tillgänglig via länk på webben till Trafikkontorets databas. För Huddinge gäller att samlingskarta beställs från Huddinge kommun via en beställningsblankett.

Undermarksanläggningar är ofta hemliga och redovisas inte i ledningskartor eller ledningssammanställningsritningar. Vid mottagande av aktualitetsgranskade kartor enligt ovan ges ett meddelande om att hemliga anläggningar finns inom området, varpå handlingar kan kvitteras ut särskilt för detta.

I Stockholm finns ”Projekteringsanvisningar för VA-ledningar” där skyddszon-  
ner och riskområden finns definierade för olika typer av anläggningar som tun-  
nelbana/järnvägsspår, Fortum Värmes tunnlar och Stockholm Vattens tunnlar  
och berganläggningar. I Göteborg finns ”Bestämmelser för arbeten inom gatu-  
och spårområden i Göteborg (blå boken) och i Malmö finns ”Grävningsbe-  
stämmelser för Malmö stad”.

Specifika anvisningar och grävföreskrifter finns även i flera kommuner när det  
gäller arbeten i allmän platsmark, vilket måste kontrolleras.

## 2.5 Platsbesök

I samband med planering av undersökningen rekommenderas starkt ett besök  
på den aktuella platsen om det inte är uppenbart att platsbesök inte ger bättre  
information än vad som kan fås via web-baserade kartjänster eller motsvaran-  
de. Då undersökningsområdet ligger på en avlägsen plats kan platsbesöket ge-  
nomföras av fältgeotekniker i samband med undersökningens genomförande,  
vilket då ställer höga krav på kontakter mellan fältgeotekniker och ansvarig  
geotekniker samt att rätt typ av utrustning medtagits. Då fältkontrollen genom-  
förs krävs normalt bilddokumentation från platsen.

## 2.6 Marktillträde

Markägare ska alltid kontaktas och informeras samt tillstånd inhämtas innan en  
fältundersökning påbörjas. Enligt *lagen om exploateringssamverkan* kan äga-  
ren till mark inom ett visst område åläggas att ”vidta de åtgärder inom området  
som behövs för att ställa i ordning viss mark för bebyggelse...”. Lagen inne-  
bär att marktillträdesrätt för geotekniska undersökningar kan erhållas i de flesta  
fall. Lagens tillämpbarhet har dock begränsningar för exempelvis militära an-  
läggningar och utländska ambassader.

Undersökningar som ska utföras inom område med misstänkt markföroring  
ska planeras på så sätt att all tillgänglig information om hanterade produkter  
eller misstänkta ämnen sammanställs. Relevant skyddsutrustning ska tas med  
vid fältundersökningen och i vissa fall kan även skyddsutrustning vara nödvän-  
dig i samband med platsbesök vid planering av undersökningen. För planering  
och genomförande av miljöteknisk markundersökning hänvisas till *SGF Rap-  
port 2:2013 Fälthandbok –undersökningar av förorenade områden*.

## 2.7 Tillstånd

Vid fältundersökning på offentlig plats är antingen *Väglagen* eller *Ordningsla-  
gen* tillämplbara. Offentlig plats är samlingsnamn för gatu- och parkmark, tor-  
gytor, hamn- och spårtrafikområden. Väglagen definierar väg-, schaktnings-,  
lednings- och asfaltarbeten med mera. I princip kan geotekniska undersökning-  
ar betecknas som vägarbete. *Tillstånd utfärdas av väghållare eller markför-  
valtare i samråd med polismyndighet*.

Ordningslagen omfattar främmande verksamhet på offentlig plats. Hit hör  
bland annat framförande och uppställning av borrvagnar, kompressorer och bo-  
dar. Tillstånd utfärdas av polismyndighet i samråd med berörd markförvaltare.  
Observera att tillstånd som erhållits enligt Väglagen också måste sökas enligt  
Ordningslagen.

I kultur- och naturreservat, områden med fornlämningar, nationalparker, naturminnen, Natura 2000-områden, vattenskydds- och djurskyddsområden etc. krävs normalt tillstånd för att utföra undersökningar. I vissa fall kan även bandvagnens framförande behöva planeras på plats tillsammans med företrädare för den aktuella tillsynsmyndigheten och ansvarig fältingenjör. I naturreservat, nationalparker m.m. som skyddats av Länsstyrelsen söks tillstånd hos Länsstyrelsen. I kommunala natur- eller kulturresevat görs ansökan hos kommunen.

Observera att fornminneslagen och reservatsföreskrifter etc. gäller oavsett markägartillstånd. Här gäller också normalt att undersökningspunkter inte får markeras med permanent märkning samt att återställningen är viktig och att stak-käppar måste samlas in omedelbart efter genomförd undersökning. Tillstånd krävs givetvis för sådana undersökningar och alla förutsättningar måste dokumenteras i uppdragsgenomgången. Länsstyrelsen är tillsynsmyndighet när det gäller fornlämningar och handläggningstiden för sådana tillståndsärenden kan variera.

Fågel- och sälskyddsområden har tillträdesförbud under en del av året och syftar till att skydda fåglars häckningsområden under häckningstid (fågelskyddsområde) eller sälars uppehållsplatser (sälskyddsområde).



Figur 2.2

## 2.8 TA-planer eller motsvarande

När fältarbete ska utföras inom vägområde eller gatumark ska en trafikanordningsplan (TA-plan) alltid upprättas, se även Kapitel 5. TA-planen ska godkänna av väghållaren. Underlåtenhet kan ge straffpåföld enligt både trafiklagstiftning som miljölagen.

Inom spårområde krävs normalt banbevakning, tågfri tid och strömlöst (beroende på borrvagnens masthöjd), se även Kapitel 5.

Vid sjöarbeten finns särskilda krav på utmärkning av bojar eller förankringslinor etc. speciellt i anslutning till farleder, se även Kapitel 5 och 11.

Utöver tillstånd och TA-planer eller motsvarande finns normalt också krav på adekvat utbildning för de personer som ska arbeta inom väg- och spår- och hamnområden.

## 2.9 Val av undersökningsmetoder

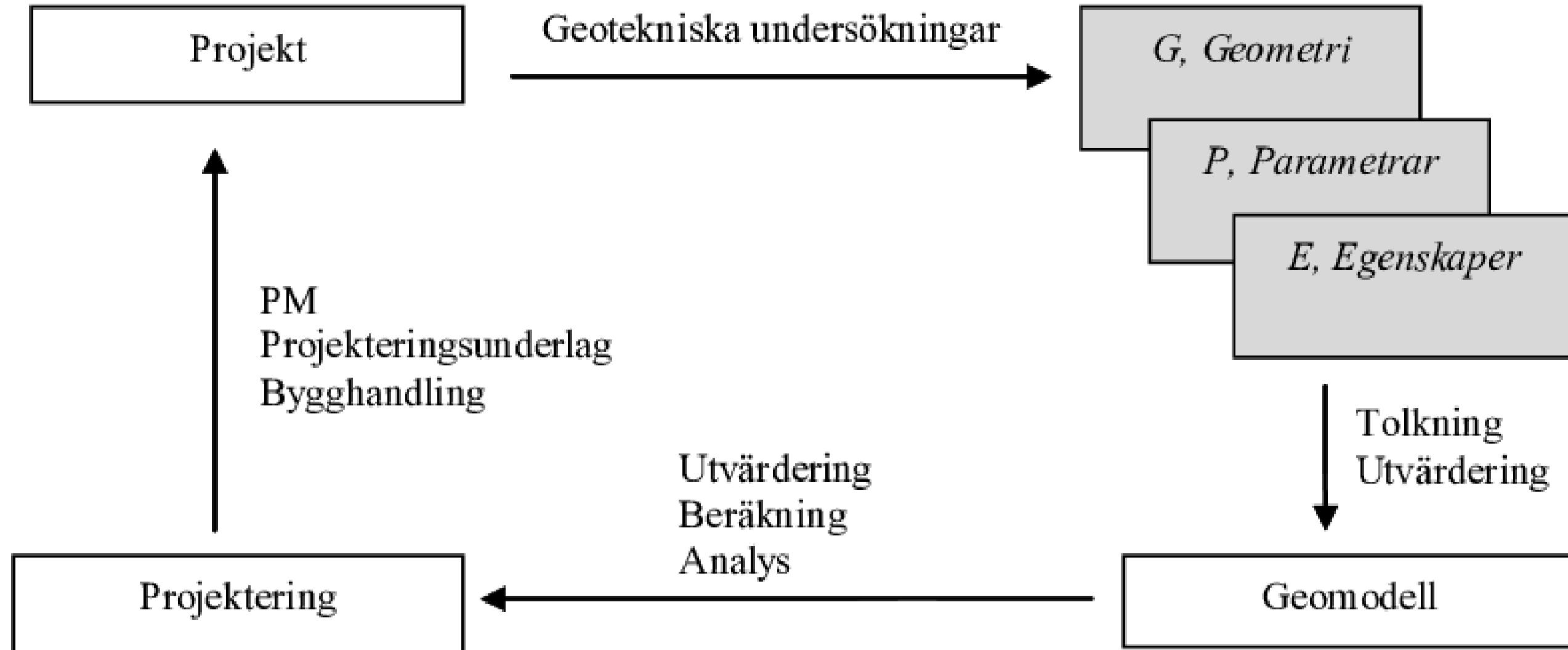
### 2.9.1 Inledning

Vid val av undersökningsmetod för en geoteknisk fältundersökning måste både de geologiska förhållandena på platsen och frågeställningen, d.v.s. vilka uppgifter som behövs, beaktas. Undersökningen ska ge en beskrivning av de markförhållanden som är relevanta för den planerade konstruktionen eller för den aktuella problemställningen. Val av geoteknisk kategori styr omfattningen av den geotekniska utredningen. Nedan ges riktlinjer för vilka undersökningsmetoder som kan väljas vid olika jordarter och vid olika frågeställningar.

Enligt Eurokod finns tre provtagningskategorier (A–C) och fem kvalitetsklasser (1–5). Provtagningskategori styr valet av utrustning och kvalitetsklass styr vilka materialparametrar som kan bestämmas vid respektive provtagning. Aktuell provtagningskategori respektive förväntad kvalitetsklass ska bestämmas i samband med upprättande av undersökningsprogrammet. Verklig kvalitetsklass kan först bestämmas efter utförd laboratorieanalys.

De krav som finns i SS-EN 1997 avseende volymer i samband med undersökning av grövre friktionsjordar och moräner för att erhålla representativa prov innebär att endast provgropar kan utföras för att uppfylla dessa krav.

Det är sällan möjligt att i detalj planera en fältundersökning i förväg. Som regel måste undersökningen anpassas successivt efter rådande förhållanden och efterhand erhållna resultat. Ett sådant stegvis förfarande, utan avbrott i undersökningarna, kräver tät kontakt mellan ansvarig geotekniker och fältgeotekniker. Kontakten ska dokumenteras i dagbok eller i fältrapport.



Figur 2.3 Principskiss geomodell.

### 2.9.2 Bygga geomodeller

Geoteknik handlar om att bygga modeller av det vi inte ser under markytan i form av jord-, berg och grundvatten. Geomodeller består av geometrier, parametrar och egenskaper. Geometri är helt enkelt beskrivningen av vart ingående

jordlager och dess variation på djupet tillsammans med uppgifter om grundvattnennivåer, portryck och befintliga konstruktioner. Parametrar för vart ingående lager innebär normalt värden för hållfasthet och deformationer samt hur vatten uppför sig i materialet. Slutligen så kan egenskaper för vart ingående lager sammanfatta i sådant som är svårare att kvantifiera som klassificering, schaktbarhet, pål- och spontbarhet etc.

### 2.9.3 Olika markförhållanden

Det finns en uppsjö av olika geotekniska och marktekniska undersökningsmetoder då de är lämpliga för olika saker och fungerar bättre eller sämre inom olika markförhållanden. Under det följande kapitlet redovisas ett antal provnings- och provtagningsmetoder där en viss uppdelning gjort mellan jordar av friktions- respektive kohesionsjordskaraktär.

Inom gruppen jordar med friktionsjordskaraktär hör sediment av sand och grus, liksom de flesta moräner och isälvsjordar. Exempel på isälvsjordar är sten, grus och sand från rullstensåsar samt sand från deltan. Undantaget kan vara lemmoräner som är sten och blockfattiga. Ostörd provtagning är normalt inte möjlig i friktionsjord varför provning via in-situ-metoder och spetstrycksondering är lämpligt för att bestämma hållfasthets- och deformationsegenskaper. Jb-Totalsondering rekommenderas också som en metod för att först kontrollera förekomst av lösare skikt eller partier i mäktiga friktionsjordslager.

I gruppen jordar med kohesionsjordskaraktär hör givetvis sediment av lera liksom normalt organiska jordar. Ostörd provtagning kan vara svår att utföra med gott resultat i fastare leror eftersom jordens fasta lagring ofta störs något så komplettering med provningar via in-situ-metoder och spetstrycksondering är därför lämpligt även här för att bestämma hållfasthets- och deformationsegenskaper. Den delvis förmultnade växtstrukturen hos vissa torvjordarter gör att det ofta krävs specialprovtagare för att få upp någorlunda ostörda jordprover.



Figur 2.4

Generellt kräver undersökningar i jordar med friktionsjordskaraktär tyngre utrustningar och när det gäller representativa provmängder även provgropsgrävning.

För stöd till tolkning av jordlagerföljd mellan borrhål ger olika geofysiska undersökningar en volymsuppskattning som är värdefull, liksom att använda geofysiska undersökningar i tidiga skeden ger oftast bättre underlag till var undersökningspunkterna bör placeras. Se vidare kapitel 3 för mer information om geofysiska mätmetoder.

## 2.9.4 Förslag till metodval

Geometri, Parametrar och egenskaper	Geometri		Parametrar		Egenskaper		Förklaringar						
	Jordlagerföljd	Jordnäktighet samt djup till berg	Grundvatten- eller portrycksnivåer	Hållfasthetsegenskaper (kohesionsjord)	Hållfasthetsegenskaper (fraktionsjord)	Deformationsegenskaper (kohesionsjord)	Deformationsegenskaper (fraktionsjord)	Hydraulisk konduktivitet	Övriga hydrogeologiska egenskaper	Klassificering av jord	Packningskontroll	Schaktbarhet	Päl- och spontbarhet, pådjup
<b>Provnings- och provtagningsmetoder m m</b>													
<b>Provning, kap 7, Statisk sondering</b>													
Spetstrycksondering	X		X	X	x	X	(x)			x	x	x	
Trycksondering	x		(x)	(x)		(x)				(x)	(x)	(x)	
Viktsondering	x			x		x				(x)	(x)	(x)	
Jb-totalsondering	x	X		(x)		(x)			(x)	(x)	(x)	(x)	x
Sticksondering	(x)									(x)			
<b>Provning, kap 7, Dynamisk sondering</b>													
Hejarsondering	(x)	x		(x)	X	(x)	X			(x)	x	x	X
Slagsondering	(x)	(x)									(x)		x
SPT-sondering	(x)			(x)	X	(x)	X			(x)	x	x	
Jord-bergsondering		X							(x)	(x)			X
<b>Provning, kap 9, In-situ försök</b>													
Vingförsök			X		(x)					x	(x)		
Pressometerförsök			x	x	x	X				X	x	x	
Dilatometerförsök			x	x	x	X				x			
<b>Ostörd provtagning, kap 8*</b>													
Kolvprovtagning	(x)		X		X			x					X
Kärnprovtagning	X		X		X			x		X	X		
Provtagare med öppna rör	(x)		X		X			x					X
<b>Störd provtagning, kap 8*</b>													
Skruvprovtagning	X		x							x		x	
Provgrundsundersökning	X		X				(x)	x		X		X	
Moränprovtagare	(x)									(x)			
Provtagningsspets	(x)									(x)			
Sonicborrning	X		x							x			
<b>Omrörd provtagning, kap 8*</b>													
Kannprovtagning	(x)									(x)			
Kaxprovtagning										(x)			
<b>Grundvatten, kap 10</b>													
Öppna rör		X					x	(x)					
Portrycksspetsar		X					x	(x)					
Vattenförlustmätning							x	x					
Prov pumpning							X	X					
Flödesloggning							x	x					
<b>Geofysiska metoder, kap 3**</b>													
Refraktionsseismik	x	x	(x)						(x)	(x)	(x)	(x)	
Ytvågsseismik	x	x		(x)	(x)	X	x		(x)	(x)	(x)	(x)	
Reflektionsseismik	(x)	(x)							(x)				
Resistivitet	x	x							(x)		(x)	(x)	
Georadar	x	x	(x)								(x)	(x)	
Borrhålsloggning	(x)	x	x	(x)	(x)	x	x	x	x	x			
<b>Kontrollmetoder, kap 12</b>													
Volymetrar						(x)		(x)					X
Isotopmätning						(x)		(x)					X
Plattbelastningsförsök						(x)	(x)	x	x				X
Yttäckande packningskontroll											x		

Figur 2.5 Förslag till metodval.

## 2.10 Geotekniskt undersökningsprogram

Ett geotekniskt undersökningsprogram är en beskrivning av det arbete som den ansvarige geoteknikern vill ha utfört av den ansvarige fältgeoteknikern. Pro-

grammet är en planeringshandling som visar vad som ska utföras i fält avseende provning, provtagning, observationer av grundvatten och portryck, inmätning och utsättning. Den ska även visa om särskilda rutiner ska gälla avseende kalibrering av utrustning, kontroller samt provhantering.

Ansvarig geotekniker upprättar program för fältarbetet med avseende på:

- Skede av byggnadsteknisk planering.
- Planerad konstruktion.
- Vald geoteknisk kategori.
- Geologiska förhållanden.
- Tidigare utförda undersökningar.
- Hinder i form av ledningar, bebyggelse, fyllning, markägare m.m.
- Provtagningskategori och förväntad kvalitetsklass.
- Mätklass för avvägning och inmätning.
- Rangordning mellan undersökningspunkter och minsta avstånd mellan borrhål enligt Kapitel 4.9.
- Omfattning av redovisning i Fältrapport.

Riktlinjer för programmets omfattning ges bland annat i SS-EN 1997-2, Trafikverkets TKGeo, Vägverkets handböcker ”Geotekniska undersökningar för vägar” (Publ TU 158) och ”Geotekniska undersökningar för vägbroar” (Publ 1989:7) samt Banverkets handbok ”Projektering av bergtunnlar” (BVH 1585.36).

Geotekniska undersökningar blir oftast effektivast om det utförs stegvis, där nya kunskaper i ett steg utnyttjas för nästa steg. Ansvarig geotekniker upprättar därför riktlinjer för hur fältarbetets successivt ska anpassas efter erhållna resultat. Exempelvis läget för provtagning, provningar, grundvattenrör och portrycksmätare.

Då den planerade anläggningen, byggnaden eller konstruktionen ändras i samband med pågående projektering ska ansvarig geotekniker värdera omfattningen av utförd undersökning och föreslå kompletterande undersökningar om så bedöms nödvändigt.

## 2.11 Redovisning

### 2.11.1 Inledning

Redovisning av geotekniska fält- och laboratoriearbeten utgörs av fem separata dokumenttyper:

1. Underlagsrapporter (Fältrapport, Laboratorierapport, etc.).
2. Försöksrapporter (Försöksrapport/Fält, Försöksrapport/Lab, etc.).
3. Markteknisk undersökningsrapport – MUR
4. Projekterings-PM.
5. Förfrågningsunderlag/bygghandling.

I vissa sammanhang sammantälls även relationshandling eller förvaltningsdata där de geotekniska undersökningarna redovisas.

Fälthandboken behandlar dokumenttyp 1–2 enligt ovan.

### 2.11.2 Fältrapport (Underlagsrapport)

Fältrapport ska tas fram i tillämpliga delar för alla typer av fältundersökningar även om omfattningen kan variera beroende på vilken typ av undersökning

som genomförts. Detta innehållar exempelvis geoteknisk, miljöteknisk, bergteknisk och hydrogeologisk undersökning, radonmätning, installation av mätutrustning etc.

Fältrapporten kan redovisas såväl digitalt som i pappersformat. Då fältundersökningen kompletteras eller utförs i olika skeden inom samma uppdrag ska fältrapporter numreras och sammanställas. Se vidare Kapitel 1.

Upprättad Fältrapport och övrigt material som underlag för utförande av fältundersökning redovisas normalt inte till Beställare/Kund, men ska arkiveras för att kunna redovisas i efterhand om så krävs.

### 2.11.3 Försöksrapporter

Rapporttyp 2 enligt IEG 4:2008, med uppritade enskilda borrhål där fältrapporternas innehåll samredovisas med utförda inmätningar etc. Försöksrapporten ligger som underlag till fortsatt projektering eller som beslutsunderlag.

Ovanstående beskriver en Försöksrapport/Fält men försöksrapporter kan även tas fram för miljöteknisk, bergteknisk och hydrogeologisk undersökning med mer redovisning och resultat jämfört med fältrapporter.

Exempel kan vara Försöksrapport/Prov pumpning där redovisning av avsänkningsdiagram och pumpflöden måste redovisas, Försöksrapport/Laboratoriearbeten om t.ex. flera laboratorier är anlitade och Försöksrapport/Berg kan motsvarar ”Rapport över förundersökning för tunnel i berg” enligt Tunnel 2004.

Försöksrapporten ska vara faktabaserad och inte innehålla tolkningar eller utvärderingar, s.k. härledda värden, annat än standardiserade utvärderingar som skjuvhållfasthet från vingförsök eller från spetstrycksondering. Sammanställningar av härledda värden görs i MUR.

### 2.11.4 Formatstandard, beteckningar och ritningar

Formatstandard gäller för överföring av mätdata från fält- och laboratorieundersökningar mellan fältsystem (datainsamlingsutrustning, fältminne eller fält-dator) och databas/redovisningssystem. SGF dataformat gäller normalt för geotekniska och miljötekniska undersökningar. SGF Fältkommitté ansvarar för uppdatering av formatstandarder.

Beteckningssystem för jord och berg framgår av Beteckningsblad enligt IEG TD 13:2010, som baseras på Trafikverkets översättningsnyckel från SGF:s beteckningssystem till beteckningar enligt SS-EN 14688-1, tillsammans med SGF/BGS beteckningssystem.

SGF/BGS Beteckningssystem ger riktlinjer för geoteknisk, geologisk och miljöteknisk redovisning i plan och sektion. Beteckningssystemet är tillgängligt via SGF:s hemsida [www.sgf.net](http://www.sgf.net).

### 3. Tidiga skeden – kartor och geofysiska metoder

#### 3.1 Kartor, flygbilder och kartering

##### 3.1.1 Geologiskt kartmaterial

Geologiska kartor produceras av Sveriges geologiska undersökning (SGU). Nedan angivna berggrunds- och jordartskartor är de vanligaste vid användning för geotekniska ändamål. De finns dock endast över vissa delar av Sverige. Kartorna finns i pappersform och i vissa fall med tillhörande beskrivning. Kartorna finns också i digital form på SGU:s webplats, s.k. Kartgeneratorn (2012).

- **Berggrundskartor serie Af** i skala 1:50 000 visar bergarters utbredning över hela området, inte bara där berget förekommer i dagen.
- **Berggrundskartor serie Ai** i skala 1:50 000 visar de olika bergarternas utbredning och inbördes ålder. De är mindre detaljerade än serie Af men stor vikt fästs vid geofysiska avvikelse från det normala (anomalier).
- **Jordartskartor serie Ae** i skala 1:50 000 visar fördelningen mellan berg och jord samt jordarternas utbredning i markytan. Denna typ finns över södra Sverige. Äldre jordartskartor innehåller även information om berggrunden.
- **Jordartskartor serie Ak** i skala 1:50 000 eller 1:100 000 finns över norra och mellersta Sverige. Denna typ är översiktig och bygger bland annat på flygbildtolkning.
- **Kombinerade jordarts- och berggrundskartor** utgavs åren 1862 till 1974 i **serie Aa** i skala 1:50 000. Dessutom finns motsvarande karttyp i skala 2:200 000 (**seria A**) och i skala 1:100 000 (**serie Ac**).
- **Hydrogeologiska kartor serie Ag** finns i skalorna 1:50 000 och 1:100 000 och visar grundvattennivåer och flödesriktningar. Serien har ersatts av serien An. Utöver kartorna finns vid SGU ett brunnsarkiv med uppgift om ca 170 000 brunnar (främst bergborrade) samt ett grundvattennät med tidsserier från 1966 över 450 fasta mätstationer.
- **Hydrogeologiska översiktskartor serie Ah** i skala 1:250 000 ges ut länsvis och visar översiktligt var grundvatten i berg och jord finns. Kartan visar hur mycket vatten det går att pumpa ur bergborrade brunnar samt tillgången på grundvatten i sand- och grusavlagringar. Kartan visar även stora vattentäkter, grundvattendelare, avfallsupplag, jord- och bergtäkter och spricksystem med mera.
- **Serie K**  
Från 2005 samlas utgivningen av kartor och beskrivningar inom olika ämnesområden i serie K. Kartorna och beskrivningarna kan beställas från SGU. Många beskrivningar kan också laddas ner i pdf-format

Utöver ovan nämnda kartor finns i vissa kommuner speciella byggnadsgeologiska kartor som, förutom geologiska förhållanden, visar tekniska uppgifter om befintlig bebyggelse. Hos SGU finns även kartor som har givits ut under en

kort tidsperiod och därför endast finns framtagna för enstaka områden i landet. Det är alltid värt att kontrollera med SGU vilket kartmaterial som finns över aktuellt område. Det är ibland också möjligt att från SGU få tillgång till förhandsmaterial från nyligen karterade områden för vilket kartan ännu ej har givits ut.

### 3.1.2 Geologiska databaser

SGU har ett flertal digitala databaser där alla de uppgifter som SGU samlar in genom kartläggning och olika slags geologiska undersökningar dokumenteras. Där kan uppgifter om jorddjup, geokemi, havsbottensedimentens innehåll av olika ämnen, tyngdkraftsfältets variation och mycket mer hittas och erhållas i digitalt format. Aktuella databaser (2012) är:

- bergrundsgeologiska
- jordartsgeologiska
- hydrogeologiska
- maringeologiska
- geokemiska
- geofysiska
- mineralförsörjning

Inom EU pågår ett arbete med beteckningen INSPIRE, vilket syftar till att länka samman olika länders nationella geodatabaser. I Sverige ansvarar Lantmäteriet för att samordna det nationella genomförandet av Inspire. Bland de övriga ansvariga myndigheterna finns bla SGI, SGU, Trafikverket, SMHI och MSB (f.d. Räddningsverket). Successivt görs en stor mängd georelaterad data och tjänster tillgängliga för sökning utan kostnad. 2019 fick SGI/SGU ett regeringsuppdrag att sätta upp en nationell databas för geotekniska undersökningsdata. I deras förstudie anges preliminärt färdigställandet av en sådan till 2021.

### 3.1.3 Flyg- och satellitbilder

Flygbilder från 4 600 meters höjd används som underlag till flera av Lantmäteriverkets (LMV) kartor och finns över större delen av landet. Ofta finns även flygbilder från särskilda uppdrag, tagna från lägre flyghöjd, vilka kan erhållas från LMV i Gävle.

Flygbilder kan tolkas i ett stereobearbetningsinstrument så geoteknisk information erhålls, sk. geobildtolkning. Vid geobildtolkning identifieras jordarter och jordartsgränser samt områden med ytnära berg och block. Man kan också i viss utsträckning bedöma jorddjup. Tolkningen kontrolleras normalt genom fältkontroll exempelvis med sticksondering och provtagning. Se vidare Kapitel 4.

Flyg- och satellitbilder blir mer och mer lättillgängliga, tex genom Google Earth ([www.google.com](http://www.google.com), 2012), och är ett snabbt och enkelt sätt att bilda sig en första uppfattning om det aktuella områdets markbeskaffenhet, tillgänglighet o dyl. Successivt tas sedan ca 2005 höjdmodeller över landets alla kommuner fram via flyg- eller helikopterburen laserscanning.

### 3.1.4 Ytkartering i fält

Ytkartering i fält utförs som stöd för planering av kommande geotekniska undersökningar i profiler och sektioner. Från ytkarteringen erhålls gränslinjer för:

- berg
- fastjordsområden
- sankmarksområden

- fyllningsområden
- ytvattennivåer
- andra speciella förhållanden

För att ytkarteringen skall bli tillräckligt noggrann krävs väl definierade utgångspunkter i form av fasta terrängföremål som tydliga höjdkurvor, befintliga hus, vägar, brunnslock eller dylikt. För detaljerad kartering i orörd terräng fordras koordinatbestämda stakkäppar som utgångspunkter.

Ytkarteringen görs genom att man skalenligt ritar in gränslinjer och jordart, berg mm. på en kartkopia. Det kan göras med måttband och vinkelprisma eller, i enkla fall, genom stegning. Detaljerad ytkartering kan givetvis också göras genom direktinmätning med i första hand GPS. Karteringsnoggrannheten anpassas till redovisningsskala och syfte med karteringen.

Översiktlig kartering för utredningar, förstudier med mera kan baseras på geologiska kartblad eller geotolkade flyg- eller satellitbilder som kompletteras med enkel fältkontroll, exempelvis med sticksond och provtagning. Redovisningens noggrannhet ska uppfylla för uppdragets skede gällande mätklass.

Ytnära berg, dvs. berg som bedöms ligga inom ca 0,5 meters djup under markytan, kan karteras som ”bergområde” vid översiktlig kartering.

Vid detaljkarteringar inför upprättande av systemhandlingar till broar och andra byggnadsverk ska fältkontrollen förfinas med avseende på provning, provtagning och inmätning så att gränser för ytnära berg kan anges med en noggrannhet som uppfyller gällande mätklass för uppdragets skede.

## 3.2 Geofysiska metoder

### 3.2.1 Inledning

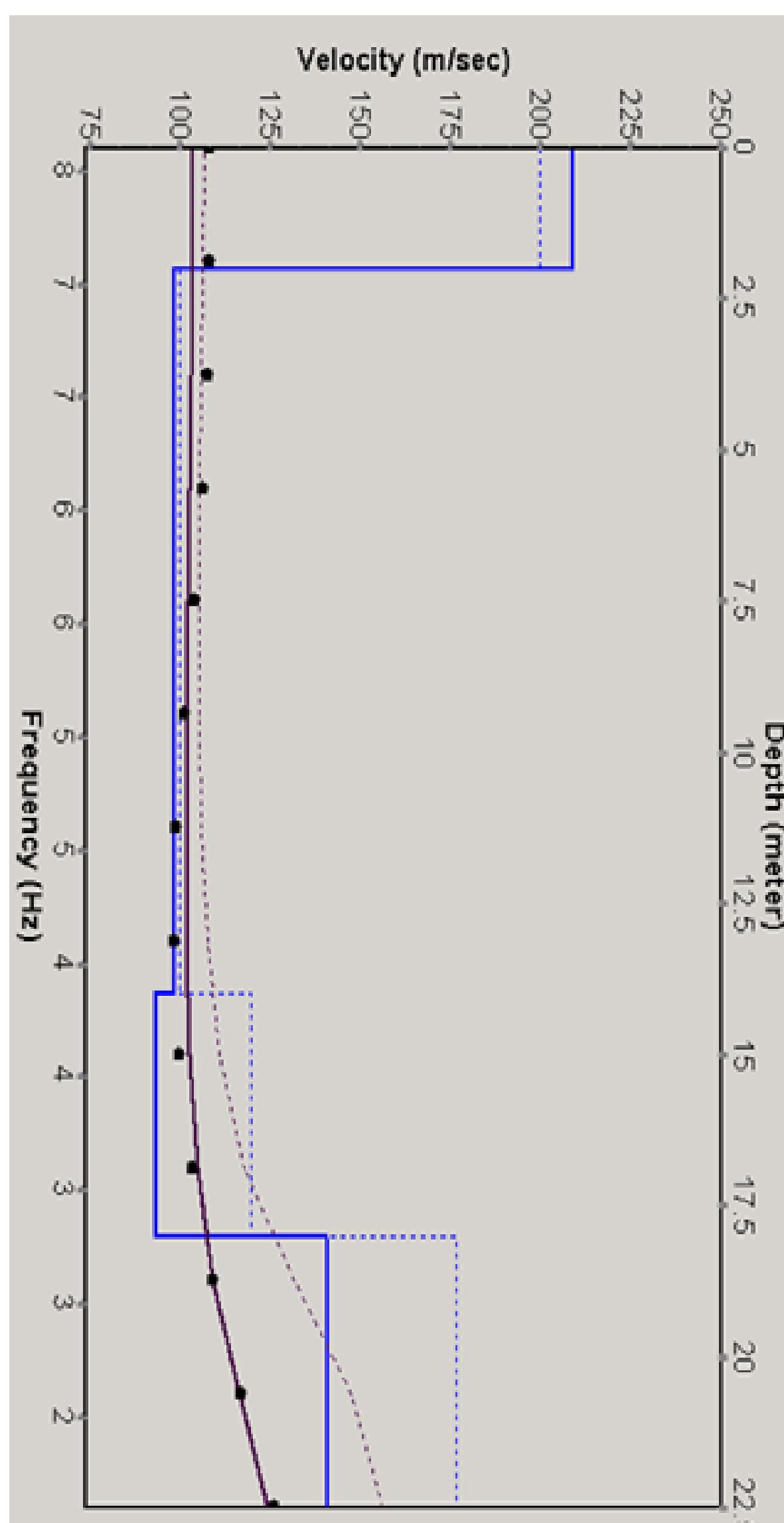
[Se Geofysikfilmen här.](#)

Under begreppet geofysiska metoder har ett antal mätmetoder som utnyttjar markens fysikaliska egenskaper för att tolka de geologiska och geotekniska egenskaperna samlats. Exempel på sådana egenskaper är jord- och bergmaterials förmåga att leda elektrisk ström, magnetism, med vilken hastighet de kan förmedla ljudvågor, och fuktighet. Exempel på metoder är seismik, georadar och magnetometri. Principen är tex att ett material med hög ljudvåghastighet, tex berg, är fastare än ett material med låg ljudvåghastighet, t.ex. lera.

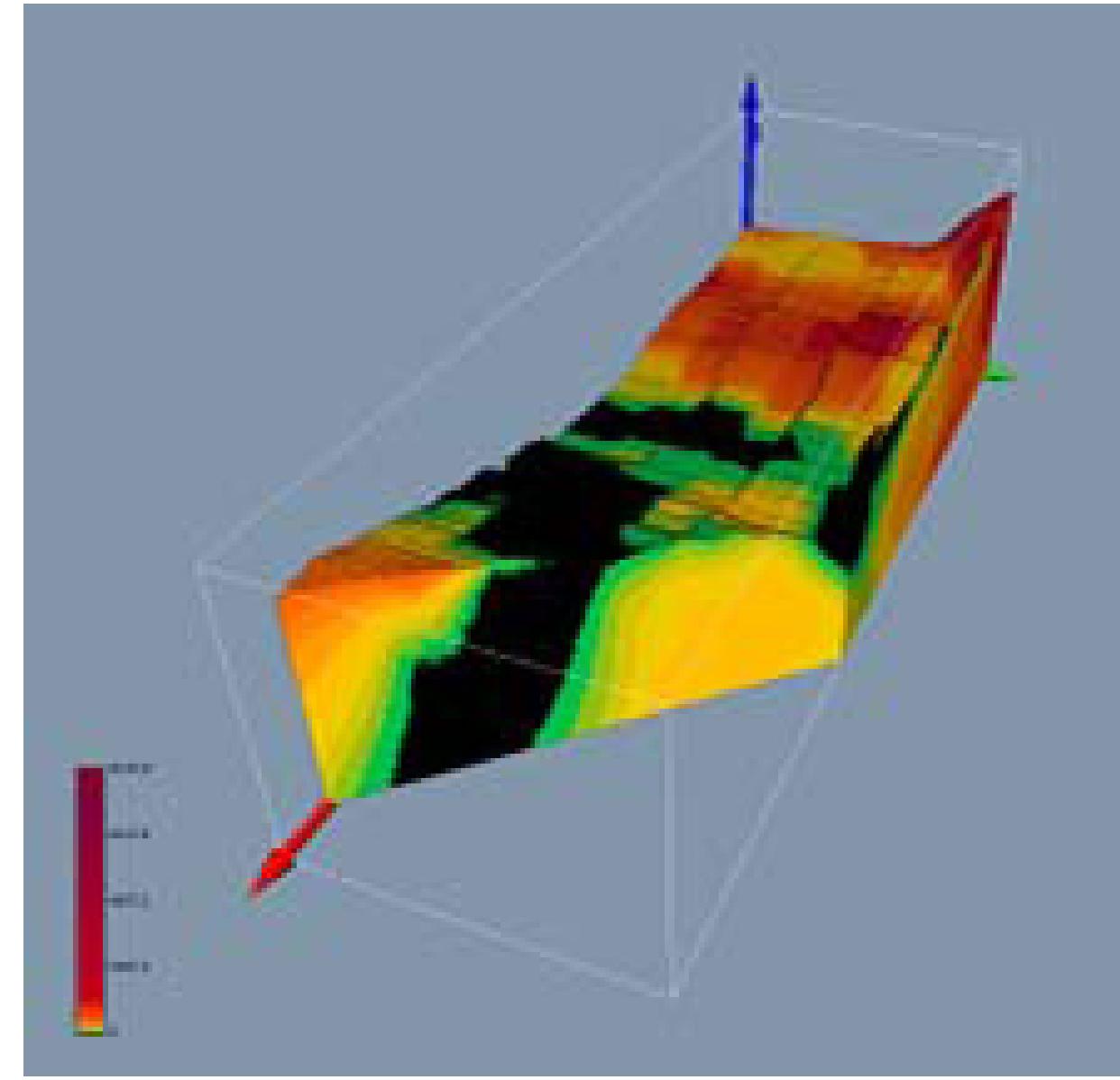
För detaljerad beskrivning av dessa metoder hänvisas till speciallitteratur, se litteraturlista i Kapitel 14.

Det är oftast fördelaktigt att utnyttja geofysiska metoder som ett komplement till traditionella geotekniska provtagningar och provningar. Eftersom resultat från geofysiska mätningar kan redovisas i 1D, 2D eller 3D är det lämpligt att i ett tidigt skede utföra en geofysisk undersökning för att få ett översiktligt grepp om geoförhållandena i hela volymen i det aktuella området. Den bilden utgör sedan ett bra underlag för placering av de mer detaljerade sonderings- och provningspunkterna. I **Figur 3.1, 3.2 och 3.3** visas exempel på hur resultat från geofysiska metoder kan redovisas.

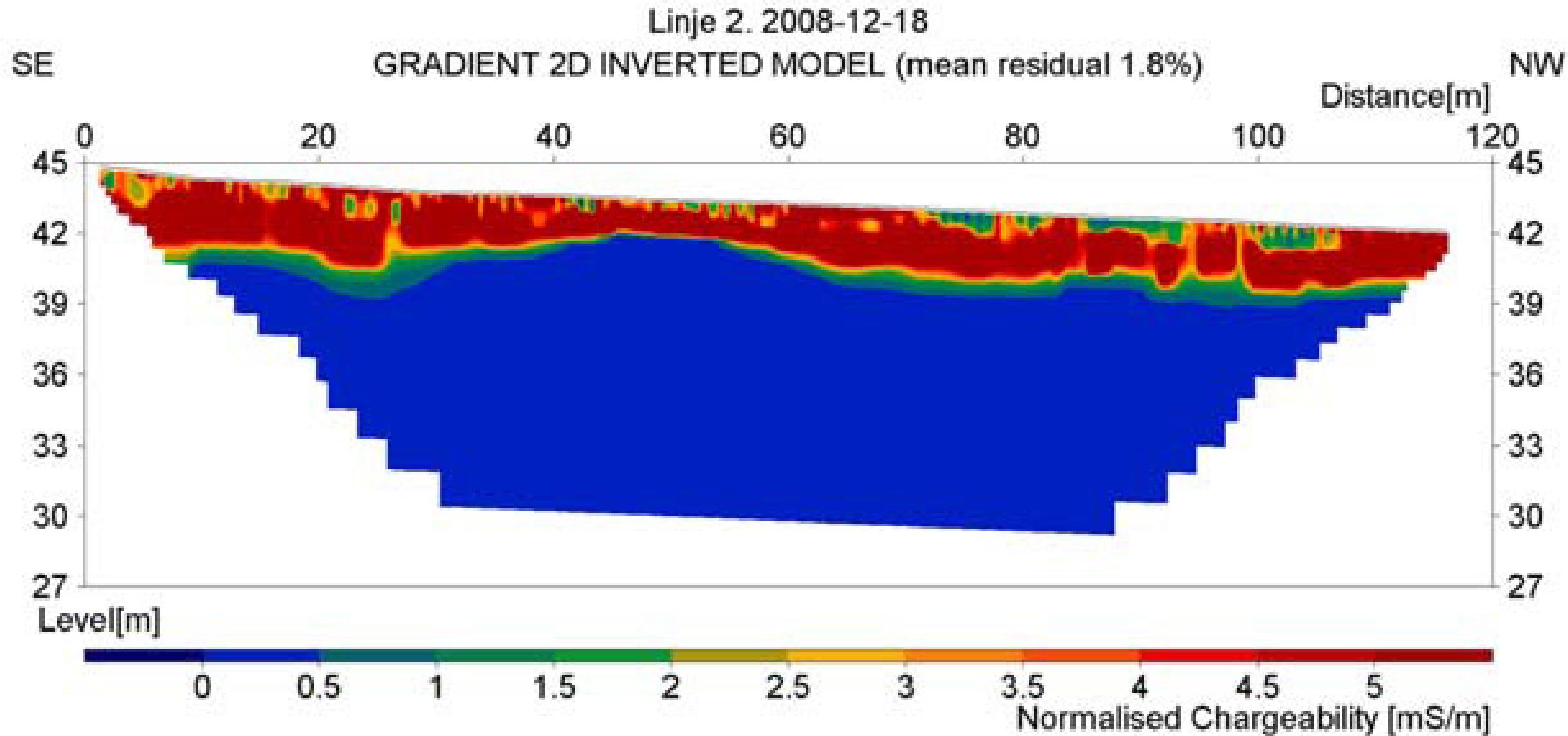
Framtagna djup till lagergränser bygger på tolkning av undersökningsresultatet. Därför är det av yttersta vikt att alla geofysiska undersökningar verifieras/kalibreras med provtagning och/eller provning i vissa strategiska punkter för att säkerställa en slutlig tolkning.



**Figur 3.1** Djupprofil från MASW-mätning.



**Figur 3.2** Redovisning från resistivitetsmätningar i 3D.



**Figur 3.3** Redovisning från IP-mätning.

Noggrannheten i djupbestämning med de flesta geofysiska metoder nedan kan generellt antas vara  $\pm 10\%$  av djupet.

Följande metoder beskrivs i detta kapitel:

- Refraktionsseismik
- Reflektionsseismik
- Ytvågsseismik
- Resistivitet

- Inducerad Polarisation (IP)
- Georadar
- Borrhålslogging
- Elektromagnetiska metoder: VLF, Stångslingram, Metalldetektor (EM61)

### 3.2.2 Att välja geofysisk metod

Att ange vilken metod som är den rätta metoden vid varje enskilt tillfälle beror på en mängd olika faktorer. Nedan anges vilka frågor som måste besvaras för att rätt geofysisk metod ska kunna väljas.

- **Vad vill jag ha svar på?** Djup till berg? Grundvattennivå? Jordart? etc.
- **Vilken djupnerträning önskas?** 1 m, 10 m, 100 m...
- **Vilken upplösning önskas?** 0.1 m, 1 m, 10 m...
- **Vilken huvudsaklig jordart förväntas?**
- **Hur ser topografin ut?** Kuperat, tät skog eller golfgreen, hårdgjort yta...?
- **Finns det några elektriskt ledande objekt i området,** som tex fjärrvärmelledningar, luftledningar, jordade anläggningar...
- **Områdets tillgänglighet?** Närhet till körbar väg.

I litteratur avseende geofysiska metoder anges ibland vilken metod som är lämplig för respektive geoteknisk frågeställning. Se tabell 2.1.

### 3.2.3 Seismik Refraktionsseismik

Med refraktionsseismik bestäms elastiska vågors, främst P-vågors, utbreddningshastighet i olika jordlager. Normal utrustning är en seismograf och 24 alt 48 geofoner (vertikala hastighetgivare). Vid mätning används vanligen sprängmedel, slägga eller fallvikt som energikälla för att alstra en ljudvåg genom marken. Även slägga kan användas, oftast dock med något sämre signalstyrka. Tiden för P-vågor att gå olika vägar längs lagergränser (refraktion) i jorden till geofoner utplacerade i rad på markytan registreras. Med refraktionsseismik bestäms:

- Lagermäktigheter och våghastighet i lagren.
- Djup till bergets översta.
- Djup till grundvatten i grovt material.
- Läge av svaghetszoner i berg.

Refraktionsseismik fungerar endast om våghastigheten, dvs fastheten, i olika lager ökar mot djupet. Metoden ger vid rätt utförande och gynnsamma geoförhållanden tolkningsbara resultat inom djupet 5 – 50 m under markytan. Noggrannheten i djupbestämningen varierar därför mellan 0,5 och 5 m. Se även **Tabell 3.1.**

Egenskap som mäts/bestäms	Ljudvågshastigheten (P-vågen) under markytan
Maximal djupnerträning	50 m
Upplösning	10% av djup
Korrelerande data som krävs	1 provtagning/ 100 m
Fördelar	Robust
Nackdelar	Kräver ökande hastighet mot djupet, osäker vid för brant stående ytor (tex branta bergväggar), kräver dynamit för god signal
Vanliga användningsområden	Jord/berglagergräns, jordarts mäktighet, jordart, sprickzoner, grundvattenyta

Tabell 3.1 Refraktionsseismik.

## Reflektionsseismik

Med reflektionsseismik mäts P-vågors gångtid till och från olika reflektionsytor i jorden eller berget. Om utbredningshastigheten är känd kan djupet till olika lager bestämmas. Låghastighetszoner som ligger under höghastighetslager kan upptäckas. Som energikälla används på land sprängmedel eller allt oftare en vibrationskälla, t.ex. MiniVib. Samma seismograf och geofoner som används för refraktionsseismik används även för denna metod. På land monteras ibland geofonerna på en sk landstreamer.

Med reflektionsseismik bestäms:

- Lagergränser
- Horisontella och vertikala svaghetszoner i berg

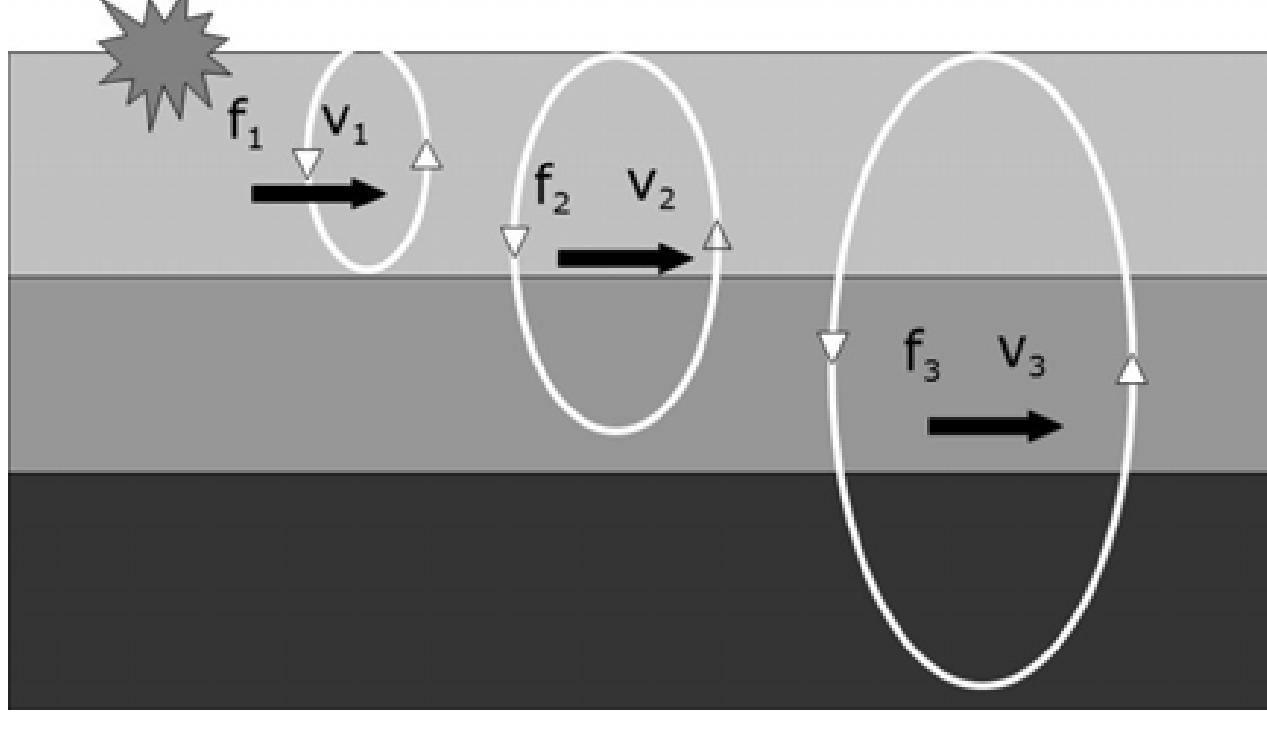
Metoden ger vid rätt utförande och gynnsamma geoförhållanden tolkningsbara resultat inom djupet 25 – 3000 m under markytan. Noggrannheten i djupbestämningen varierar därför mellan 0,5 och 300 m.

Reflektionsseismik kräver ofta en mer omfattande både fält- och utvärderingsinsats jämfört med övriga seismiska metoder. Ingen av de övriga metoderna kommer i närheten av samma djupnerträning som den reflektionsseismiska metoden.

## Ytvågsseismik

Vid en ytvågsseismisk undersökning mäts den sk Rayleighvågens utbredningshastighet i de översta jordlagren. Maximal djupnerträning är ca 20 m. Ytvågorna är sk dispersiva, vilket innebär att dess gånghastighet i material varierar med frekvensen. Då en signal alstras på markytan, vanligen med en släcka eller en fallvikt, skickas det ut en signal med ett visst frekvensinnehåll. Det kan liknas med att ett visst antal tangenter på pianot trycks ner. Varje frekvens har olika hastighet och penetrerar också olika långt ner under markytan, enligt princip i **Figur 3.4**. Genom att man kan mäta gånghastigheten,  $v_R$ , för varje frekvens kan en hastighetsprofil med bättre upplösning än för övriga seismiska metoder bestämmas. Samma typ av seismograf som för övriga seismiska metoder används. Antalet geofoner är normalt 12 – 48 st (vertikala), dock är det fördelaktigt att ha så lågfrekventa geofoner som möjligt, normalt 4.5 Hz.

Ytvågsseismik kan med fördel utföras som profilerande mätning längs linjer och då är det vanligt att montera geofonerna på sk landstreamer, se **Figur 3.5**.



Figur 3.4 Princip för ytvågsseismik.



Figur 3.5 Seismikutrustning med landstreamer.

Det finns några olika ytvågsseismiska tekniker av vilka den sk MASW-tekniken (Multichannel Analysis of Surface Waves) är den vanligast förekommande (2012). Eftersom metoden är den yngsta av de seismiska metoderna sker det en snabb utveckling både avseende utförande och tolkning.

$v_s$ , och tekniken har därmed en direkt koppling till de undersökta materialens deformationsegenskaper genom att skjuvmodulen vid liten töjning,  $G_{max}$ , bestäms.

- Lagerföljder

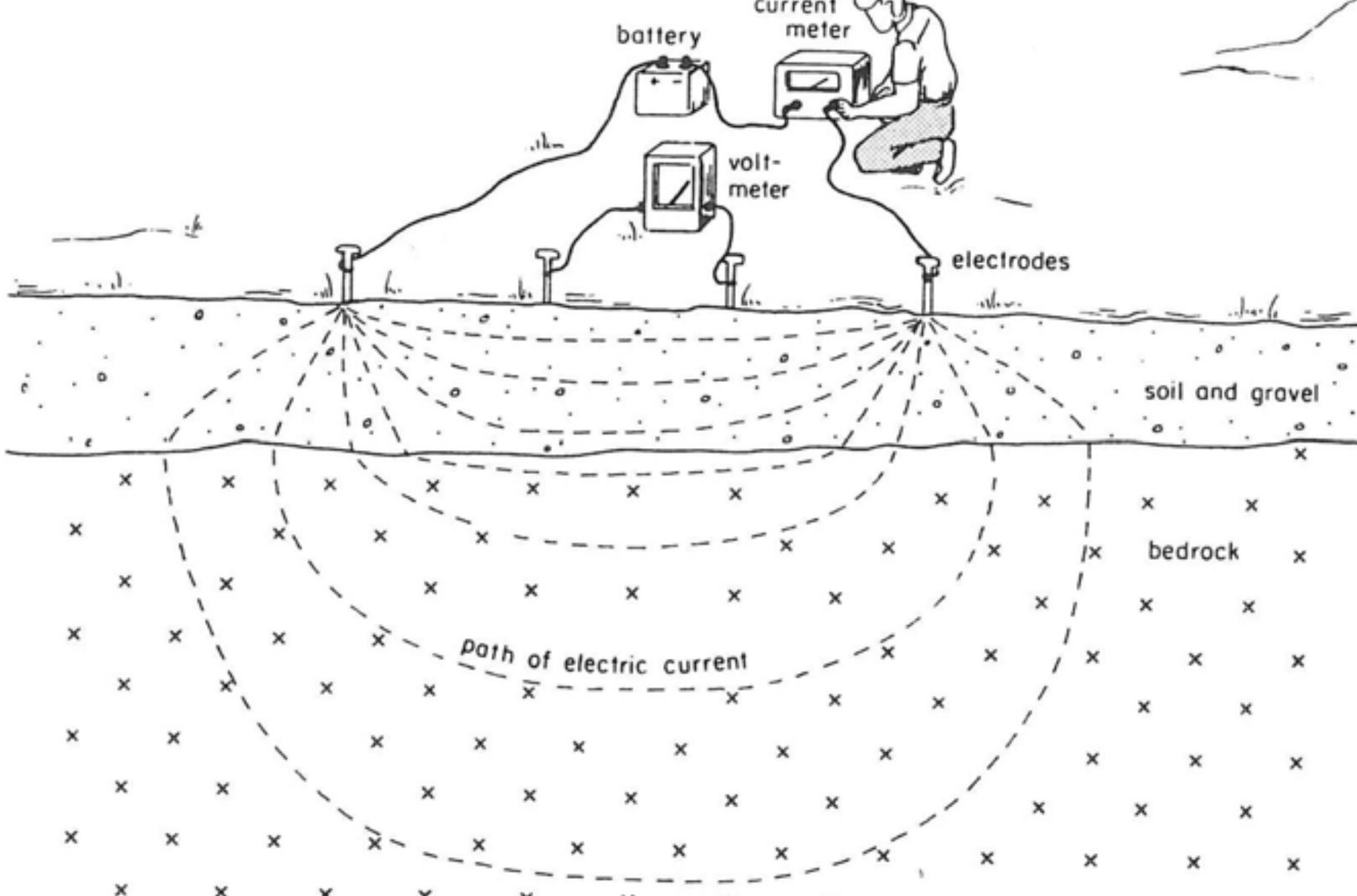
- Fasthet, skjuvmodul ( $G_{max}$ ) för varje lager

Metoden ger svarade på använd energikälla tolkningssäda resultat mellan djupet 0 – 25 m under markytan. Noggrannheten i djupbestämningen varierar därför mellan 0 och 2,5 m.

Egenskap som mäts/ bestäms	Ljudvägshastigheten (Rayleighv-vägen) under markytan
Maximal djupnerträning	20 m
Upplösning	10% av djup
Korrelerande data som krävs	1 provtagning/ 100 m
Fördelar	Hör upplösning, inga geologier begränsar, släcka tillräcklig som signalkälla
Nackdelar	Ung metod/något oprovad, tolkning kräver stor erfarenhet av metoden
Vanliga användningsområden	Jordens/bergets fasthet (deformationsmodul [kPa]), Jord/bergslagergräns, jordarts mäktighet

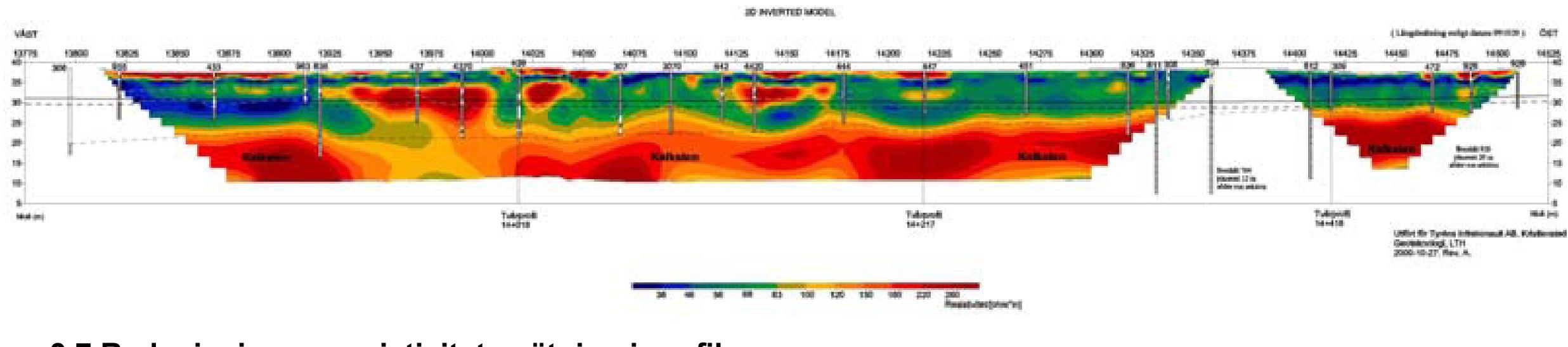
5.2.4 Resistivitet (CVES)  
Med metoden resistivitetsmät

Med metoden resistivitetsmätning (också benämnd geoelektrik) utvärderas olika jord- och bergarters förmåga att leda elektrisk ström för att bedöma vad jordlagerprofilen består av. En mätning görs genom att sända ut likström mellan två elektroder i marken, och därefter mäta potentialfallet mellan två andra elektroder, se **Figur 3.6**. Markens elektriska motstånd mäts då i en viss punkt i jordvolymen mellan elektroderna. Punktens läge beror på det aktuella avståndet mellan elektroderna, enligt principen ju större avstånd desto större djup.



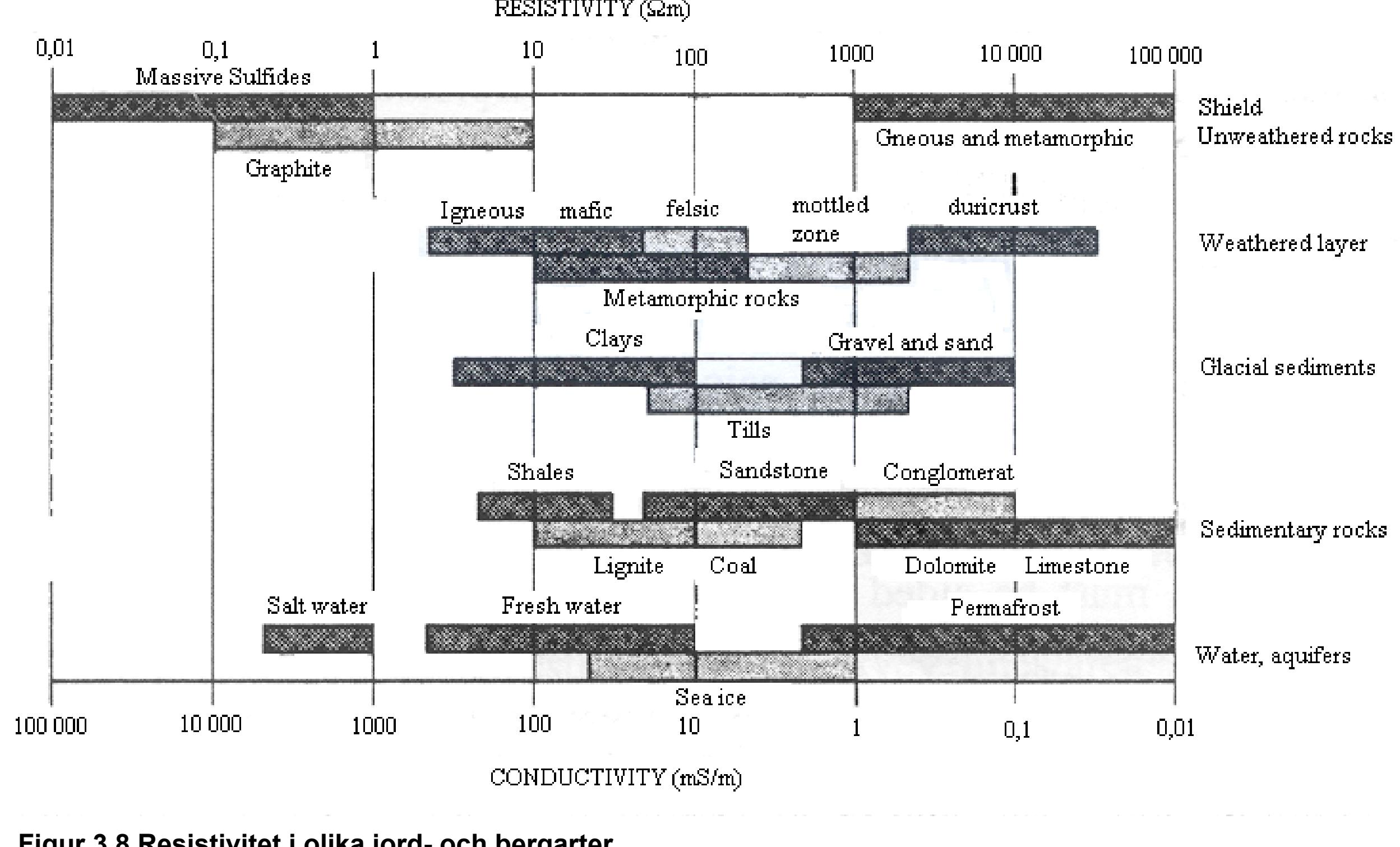
**Figur 3.6** Principfigur för resistivitetsmätning

Metoden utförs oftast som profilerande enl s.k. roll-along-teknik och benämns då ofta CVES - Continuous Vertical Electric Sounding. Genom att ansluta 80 elektroder längs en 160-400 m lång kabel kan datorstyrda mätning kontinuerligt utföras på ett rationellt sätt i en stor mängd punkter. Tolkbara profiler enligt **Figur 3.7** erhålls efter bearbetning av data. Databearbetningen innehåller bla en modelleringsdel.



**Figur 3.7 Redovisning av resistivitetsmätning i profil.**

Resistiviteten för olika material skiljer sig, se **Figur 3.8**. Som exempel har kompakt berg en hög resistivitet jämfört med en vattenmättad lera som mycket lätt släpper igenom den elektriska strömmen och därför har en mycket låg resistivitet. Spannet täremellan för olika jord- och bergarter är varierande. Genom vetskapsen att olika jord- och bergmaterial motsvarar olika resistiviteter och med kompletterande referensborrningar kan markens lagerföld tolkas längs mätt linje.



**Figur 3.8 Resistivitet i olika jord- och bergarter.**

Med resistivitetsmätning bestäms:

- Jordartsfördelning
- Lagergränser
- Horisontella och vertikala svaghetszoner i berg.
- Grundvattennivå
- Lakvattenplymer

Metoden ger beroende på avstånd mellan elektroder och kabelns längd normalt tolkningsbara resultat inom djupet 0 – 100 m under markytan. Noggrannheten i djupbestämningen varierar därför mellan 0 och 10 m.

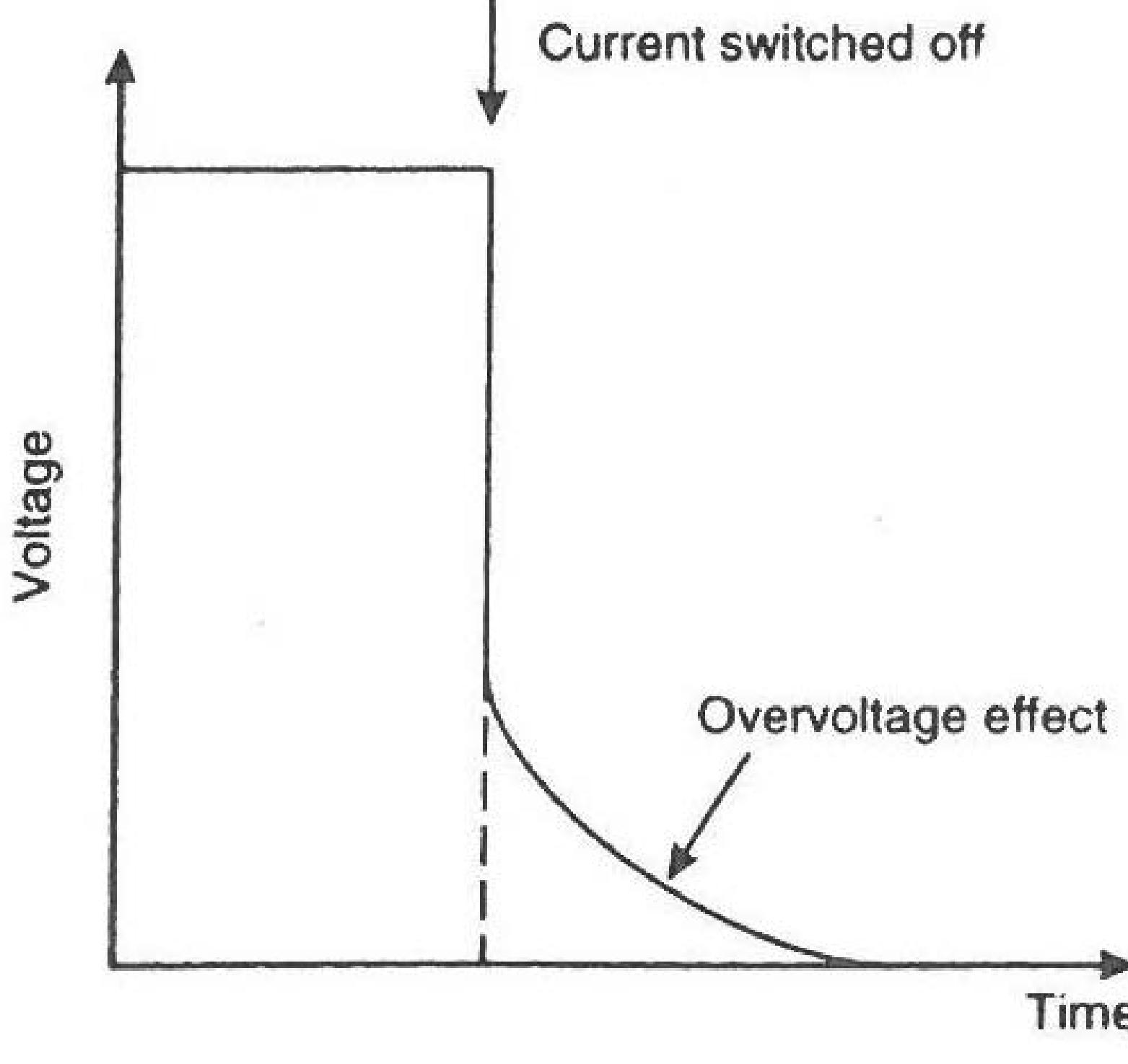
Egenskap som mäts/bestäms	Jordens elektriska ledningsförmåga
Maximal djupnerträning	200 m
Upplösning	10% av djup
Korrelerande data som krävs	1 provtagning/ 100 m
Fördelar	Robust, inga geologier begränsar
Nackdelar	Långsamt vid hårdgjorda ytor, (störs lokalt av metallobjekt i jorden, tex vattenledningar)
Vanliga användningsområden	Jord/berg lagergräns, jordarts mäktighet, jordart, sprickzoner, föroreningsspridning

Tabell 3.3 Resistivitet.

### 3.2.5 IP – Inducerad Polarisering

IP-metoden har till slutet av 1900-talet huvudsakligen använts för att detektera malmfyndigheter. Sedan ca 2000 har dock metoden börjat tillämpas inom ingenjörsgenologin och med särskild framgång för att detektera vissa föroreningar, och strukturer och lagerföljder i deponier.

Den sk IP-effekten mäts i enheten Chargeability (mV/V), dvs uppladdningsbarhet. Enheten beskriver ganska väl principen för metoden. Samma instrument och övrig utrustning som vid resistivitetsmetoden, dvs en strömsändare, en voltmätare, kablar och elektroder används. Då en strömpuls sänds ut och sedan stängs av laddas jordmaterialet kring elektroderna upp för en kort stund. Hur mycket det laddas upp mäts genom att mäta hur avklingningskurvan ser ut då strömmen stängs av, se **Figur 3.9**. Uppladdningsbarheten beror på ett mycket komplext samband mellan kemiska, elektriska och andra fysikaliska parametrar i jorden/materialet. Malmfyndigheter, vissa typer av föroreningar och avfall på deponier har betydligt högre uppladdningsbarhet (chargeability) än naturlig jord.



Figur 3.9 Resistivitet.

IP-metoden har sin främsta tillämpning vid detektering av föroreningar i mark samt på deponier.

- Karakterisering av avfallstyp

- Lakvattenplymer

- Täckskiktets mäktighet på deponier

Metoden ger beroende på avstånd mellan elektroder och kabelns längd normalt resultat inom djupet 0 – 50 m under markytan..

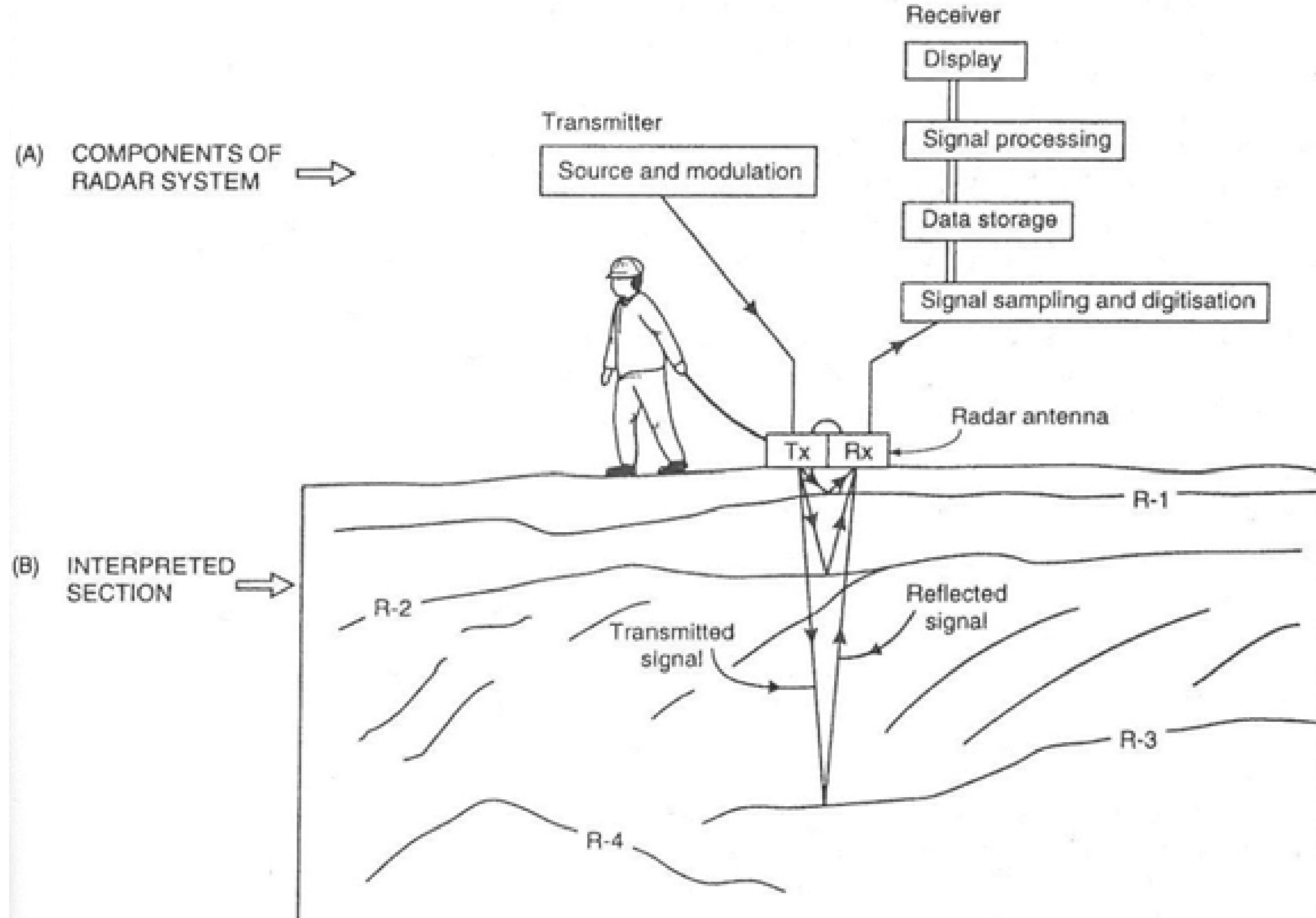
Egenskap som mäts/bestäms	Jordens elektriska ledningsförmåga
Maximal djupnerträning	200 m
Upplösning	10% av djup
Korrelerande data som krävs	1 provtagning/ 100 m
Fördelar	Robust, inga geologier begränsar
Nackdelar	Långsamt vid hårdgjorda ytor, (störs lokalt av metallobjekt i jorden, tex vattenledningar)
Vanliga användningsområden	Jord/berg lagergräns, jordarts mäktighet, jordart, sprickzoner, föroreningsspridning

Tabell 3.4 Inducerad Polarisation (IP).

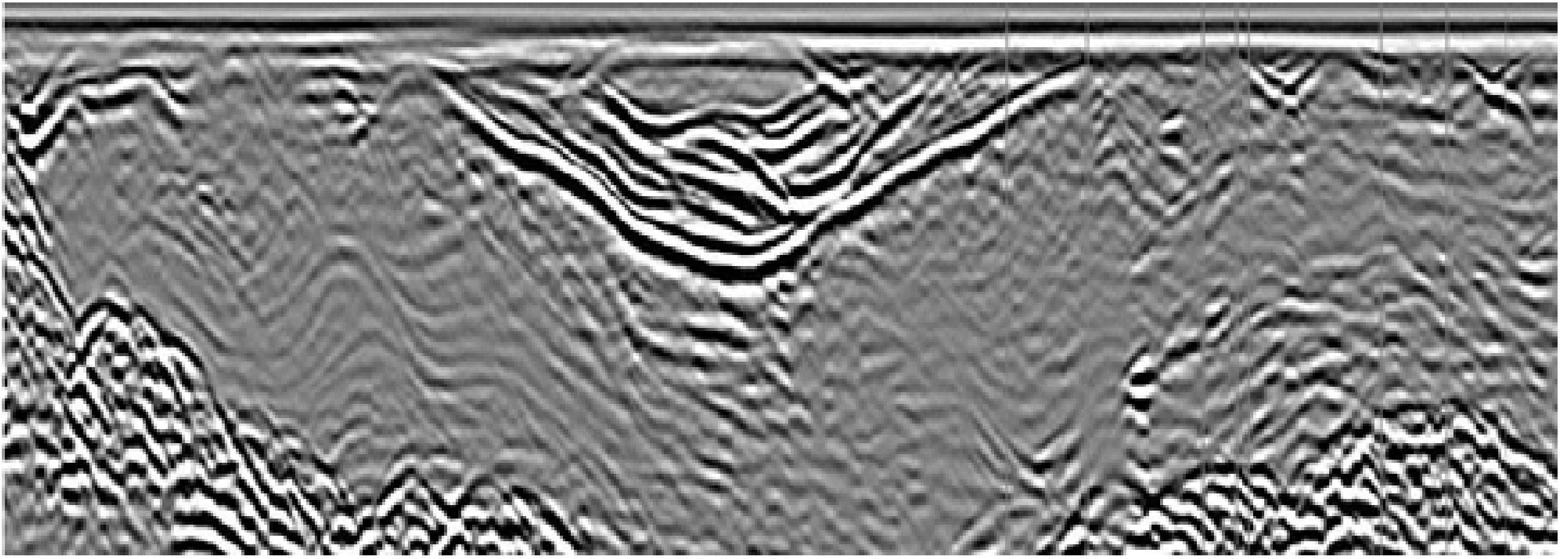
### 3.2.6 Georadar

Georadarmetoden, som ibland även benämns markradar, bygger på användningen av elektromagnetiska vågor med hög frekvens (50 MHz till 2000 MHz). Vid mätning sänds en radarvåg ut från en sändarantenn på eller alldeles ovanför markytan, se **Figur 3.10**. Den utsända vågen reflekteras mot olika hinder, sk reflektorer, och tas emot av en mottagarantenn. Signalen kan också släckas ut. En reflektor är en gränsyta mellan två material med olika elektriska och magnetiska egenskaper, tex gränsen mellan sand och berg. Ju större skillnad i egenskaper desto kraftigare reflektion. Se exempel på radargram i **Figur 3.11**. Med georadar kan följande information erhållas:

- Torvmäktighet
- Bergnivå
- Lokalisering av sand och grusförekomster
- Lokalisering av enstaka block i jorden
- Lokalisering av grundvattenyta i grovt material
- Lagermäktigheter i väg- och järnvägsöverbyggnader
- Bankningsplan
- Arkeologiska fyndigheter
- Armering och andra detaljer i betongkonstruktioner



Figur 3.10 Princip för markradar.



**Figur 3.11** Exempel på radargram från markradar.

En georadarundersökning kan utföras med hög hastighet, delvis beroende på önskad upplösning och djupnenträngning. Vid mätning för att bestämma lagerföljden i vägöverbyggnader kan mätningar göras i ca 70 km/tim. I skog, på åker eller ängsmark mäts normalt i promenadtakt, se **Figur 3.12**.



**Figur 3.12** Fältarbete med markradar.

Georadarns nedträngningsförmåga begränsas starkt av lera, varför mätning i sådana jordar ska undvikas. Metoden ger beroende på vald antennfrekvens resultat inom 0 – 50 m under markytan. De vanligaste antennerna vid geotekniska undersökningar är 100 MHz, 250 MHz och 500 MHz. Djupnenträngning och upplösning för dessa antenner är ca

100 MHz	12 m	25 cm
250 MHz	6 – 7 m	10 cm
500 MHz	2 – 3 m	5 cm

Metoden kan också användas i borrrhål, och benämns då borrrhålsradar.

Egenskap som mäts/bestäms	Radiovägens gångtid under markytan vid reflektion mot reflektor
Maximal djupnerträning	50 m
Upplösning	10% av djup
Korrelerande data som krävs	1 provtagning/ 100 m
Fördelar	Snabbaste geofysiska metoden (utan jämförelse), robust, kort utvärderingsprocess
Nackdelar	Omöjlig att använda vid lera
Vanliga användningsområden	Jord/berglagergräns, jordarts mäktighet, sprickzoner, grundvattenyta, arkeologiska lämningar, detektering av ledningar, detektering av armering och håligheter i konstruktioner, asfalt- och bärlagertjocklek i vägöverbyggnader, ballasttjocklek i järnvägsöverbyggnader

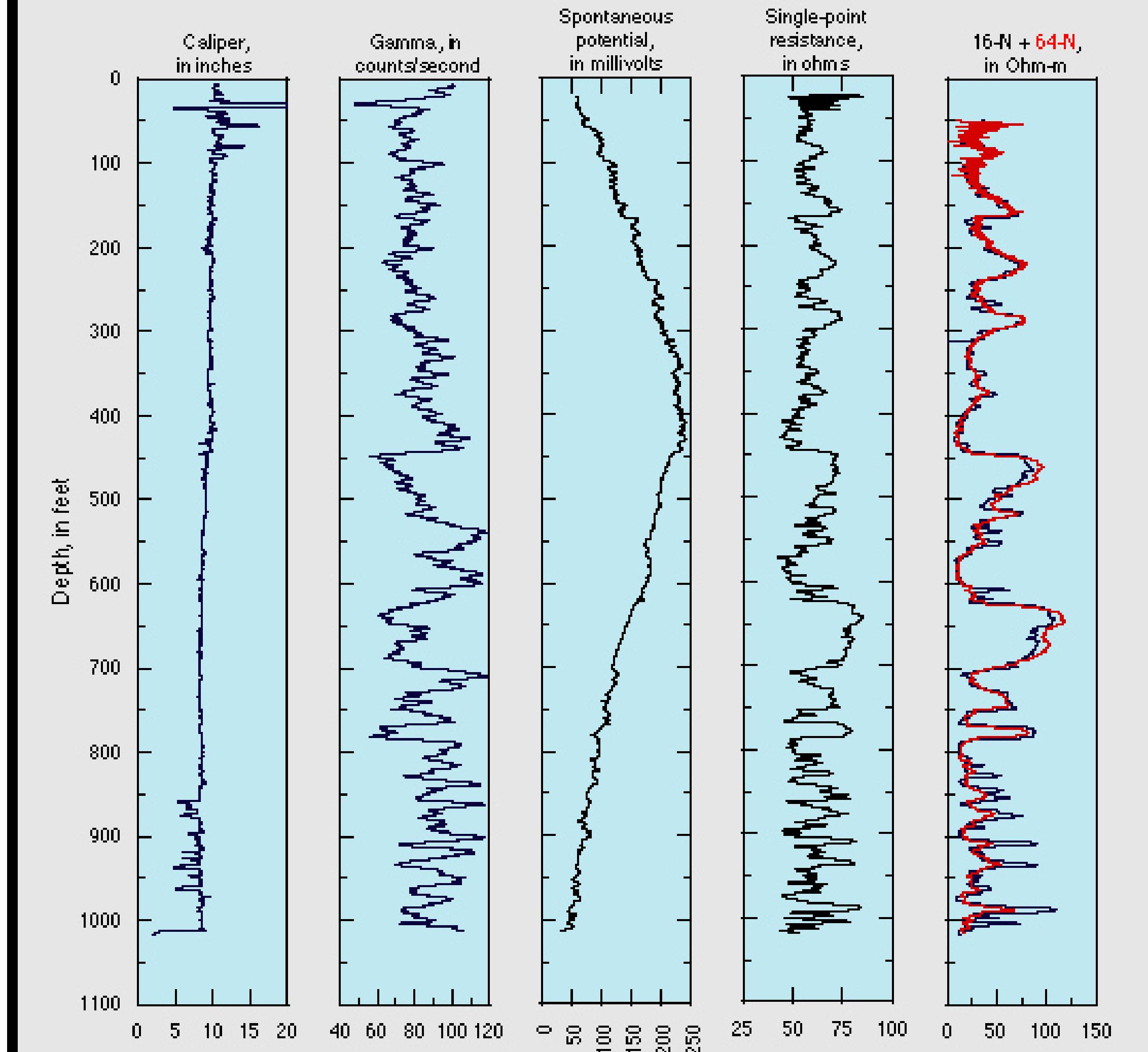
Tabell 3.5 Georadar.

### 3.2.7 Borrhålslogging

Borrhålslogging är ett samlingsnamn för ett flertal parametrar som med hjälp av bland annat geofysiska metoder mäts i borrhål, oftast i berg och då med en minsta längd  $> 5$  m i berg beroende på sondernas längd. De flesta sonderna kräver en diameter  $> 70 - 90$  mm, borrhål utan foderrör eller foderrör av plast.

De vanligaste parametrarna som mäts är:

- Diameter – mäts med sk Caliper
- Jord/Bergart – mäts med sk Naturlig gamma el resistivitet
- Porositet – mäts med sk Flödeslog
- Fasthet – mäts med sk VSP - Vertical Seismic Profiling, eller sk Sonic
- Temperatur
- Borrhålväggens utseende – mäts med s.k. Acoustic televiewer eller s.k. Television log

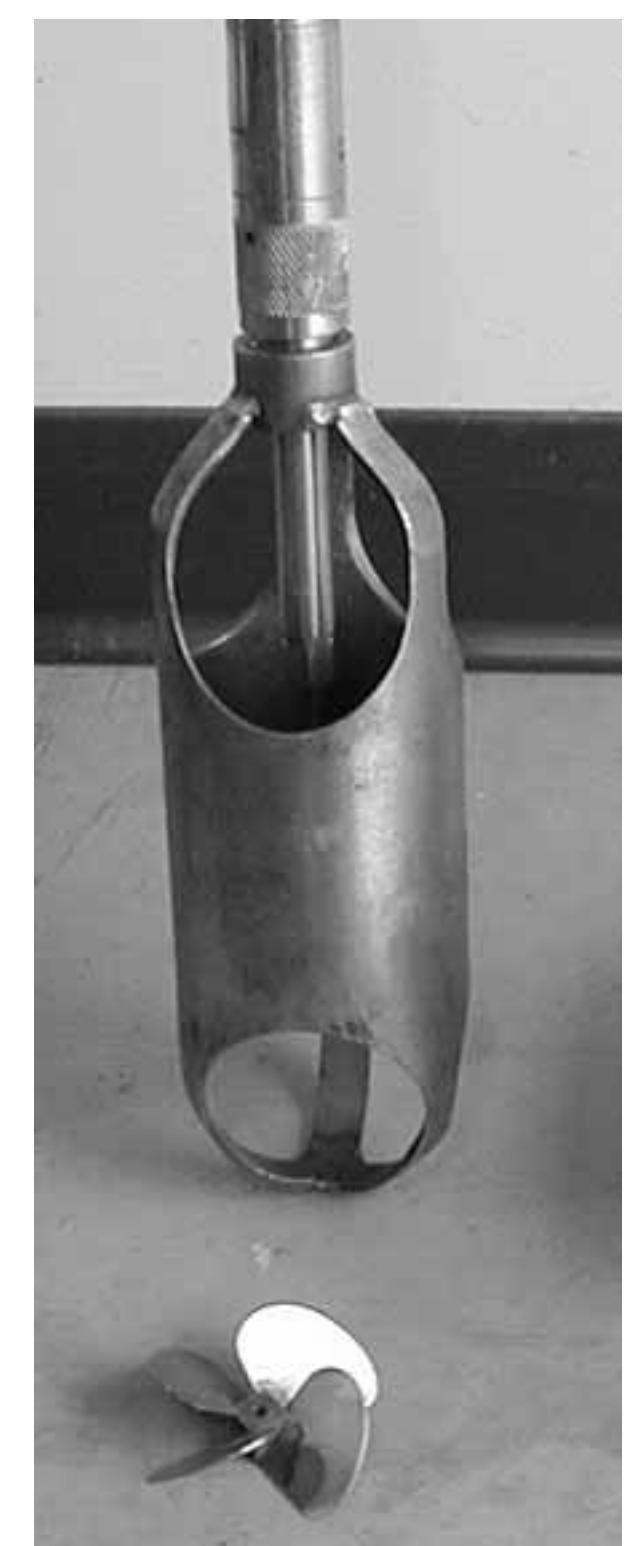


Figur 3.13 Exempel på resultat från borrhålsloggning.

Dessutom finns det ett stort antal andra parametrar som kan mäts, vilka dock redovisas i mer logspecifik litteratur, se litteraturlistan i Kapitel 14.

Vid mätningarna är det mycket viktigt att borrhålsväggen är stabil. Om foderrör behöver användas måste de för de flesta parametrarna vara av plast och väl i kontakt med borrhålsväggen. De olika proberna har olika upplösning, tex kan den naturlig-gamma-proben oftast skilja på olika bergarter med cm-upplösning, medan vissa av resistivitetsproberna mäter ett medelvärde över längden 5 m. Det finns en tendens att proberna blir successivt mindre, vilket gör att flera av dem inom en relativt snar framtid bör kunna utnyttjas i borrhål som utförs för traditionella geotekniska undersökningar.

Tillsammans med kalibrerande kärnborrning i enstaka punkter är logresultaten ett utmärkt verktyg för att göra detaljerade tolkningar i enklare hammarborrhål inom samma område. I **Figur 3.13** och **3.14** visas exempel på resultat från borrhålslogging, samt en bild på en flödeslogg.



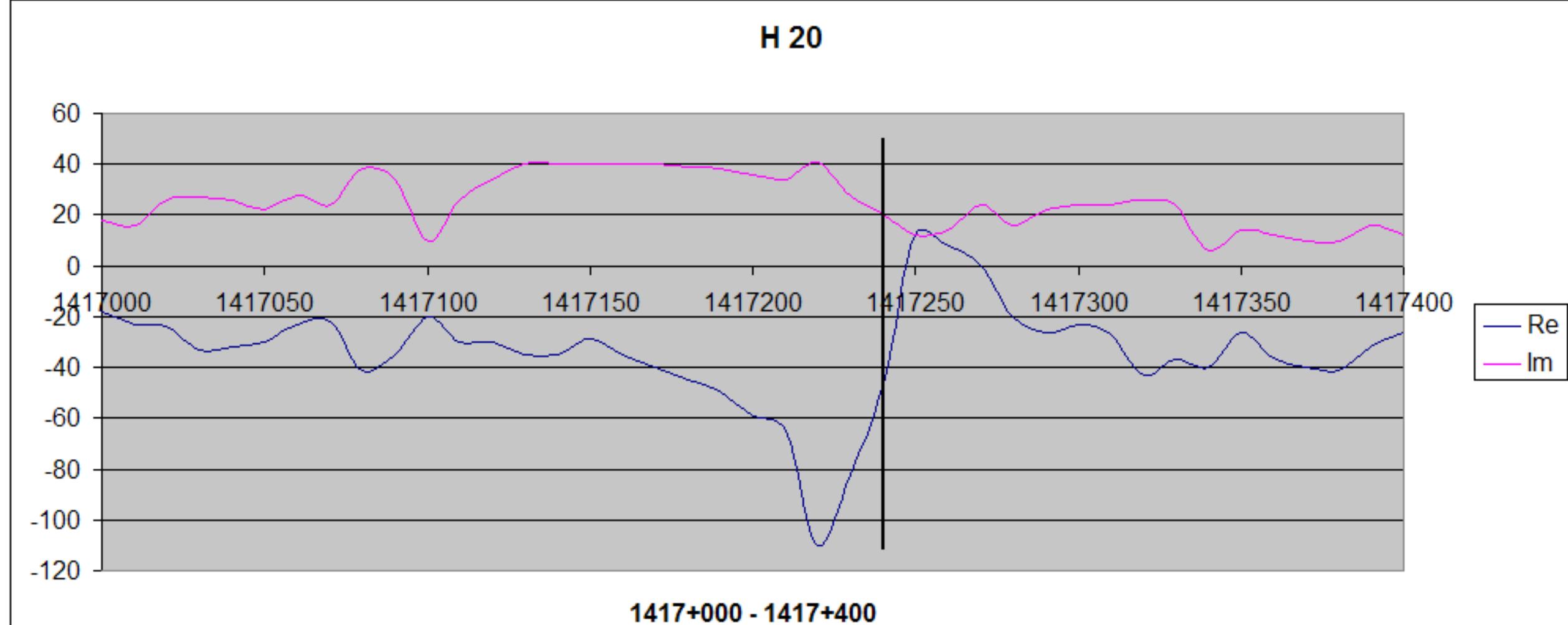
**Figur 3.14 Flödeslogg.**

### 3.2.8 Elektromagnetiska metoder (EM), övriga Inledning

Utöver den elektromagnetiska metoden Georadar finns det ett flertal andra metoder som också utnyttjar elektromagnetiska vågor för att detektera olika egenskaper. Några av de vanligast förekommande metoderna med ingenjörsgeologiska tillämpningar redovisas översiktligt nedan.

#### VLF

Förkortningen VLF står för Very Low Frequency och syftar på frekvenserna som de radiosändare för jorden-runt-kommunikation som metoden utnyttjar. Om det inom det undersökta området finns elektriskt ledande strukturer – t.ex. en vattenförande sprickzon – alstrar de utsända vågorna ett sekundärt elektromagnetiskt fält kring strukturen, vars uppmätta mätvärde i det mottagande VLF-instrumentet skiljer sig från den omgivande markens, se **Figur 3.15**. Instrumentet innehåller endast en mottagare och benämns därför som passiv, se **Figur 3.16**.



**Figur 3.15 Diagram från VLF-mätning.**

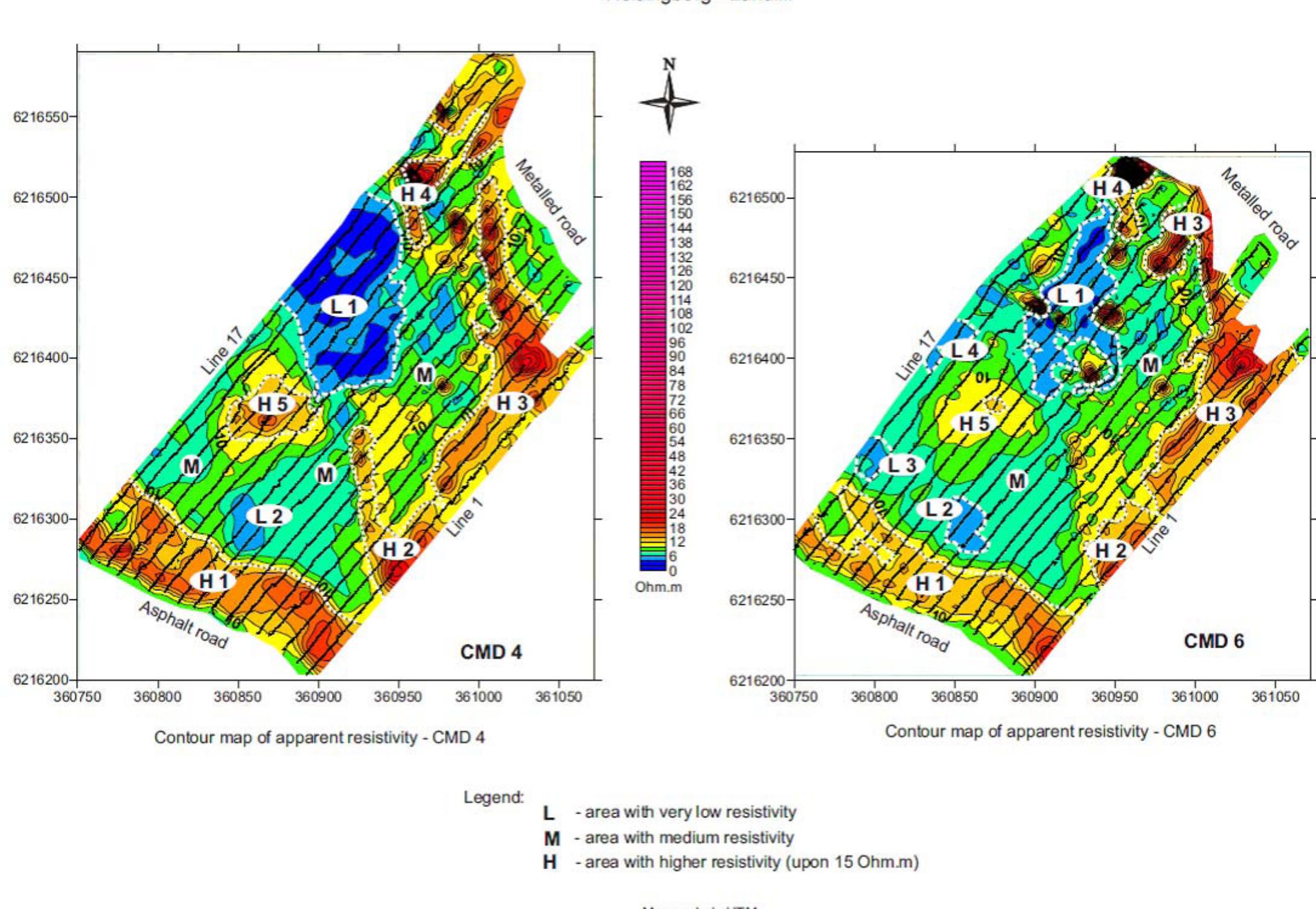
VLF tillämpas för malmprospektering men är också mycket användbar vid hydrogeologiska undersökningar för att hitta vattenförande zoner för ny brunnslokalisering.



**Figur 3.16 Fältmätning med VLF.**

## Stångslingram

Metoden har ett liknande användningsområde som resistivitetsmetoden (CVES), men har en mer begränsad djupnerträgning. De resultat som erhålls är ett mått på den penetrerade volymens möjlighet att leda elektrisk ström och redovisas tex enl **Figur 3.17**. Stångslingramen innehåller både en sändarenhet och en mottagarenhet (jämför VLF), vilka sitter i var sin ände av instrumentet. Ju större avstånd mellan enheterna desto större djupnerträgning erhålls. Den maximala djupnerträgningen är normalt 6 – 10 m.



**Figur 3.17 Resultatredovisning från mätning med stångslingram.**

Mätningen utförs i promenadtakt och vid varje mätning, som typiskt görs stillastående och med noga horisonterat instrument med c/c 10 m längs linjer, sänds en signal ut och det sekundära elektromagnetiska fältet mäts, se **Figur 3.18**.



Figur 3.18 Fältarbete med stångslingram.

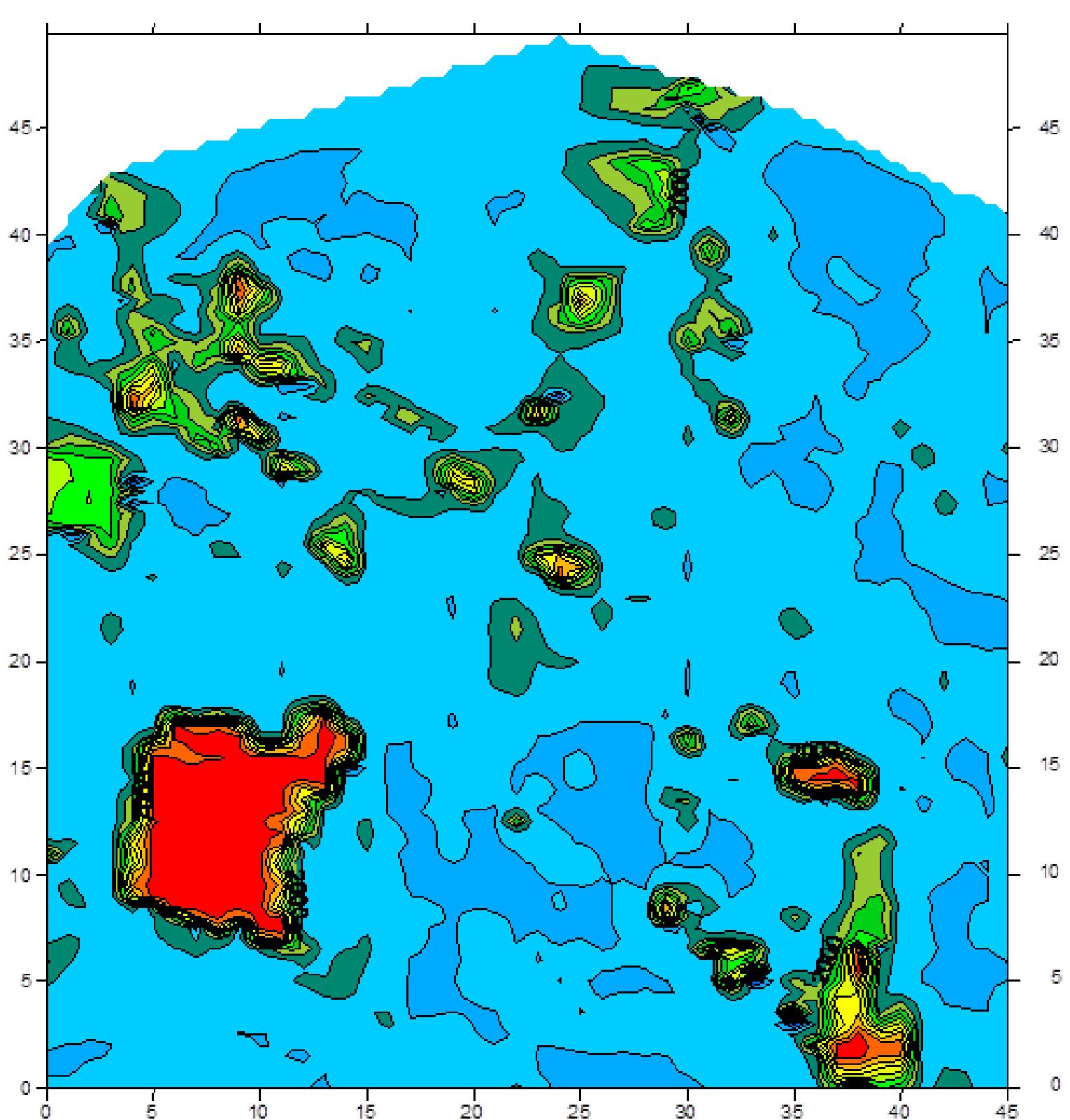
## Metalldetektor

En vanlig benämning på metoden är EM61, vilket dock är beteckningen på ett instrument – Geonics EM61 – som har fått så stor spridning att det har blivit närmast vedertaget som en metod. Det finns instrument med samma funktion från andra tillverkare också. EM61 används inom förorenad mark för att detektera metalliska objekt, t.ex. markförlagda bensin- och oljetankar. En vanlig tillämpning är också att detektera metalliska ledningar och rör. Den maximala djupnärrängningen är ca 3 m, men upplösningen avtar med ökat djup, varför objektens storlek måste öka med djupet för att kunna detekteras.



Figur 3.19 Fältarbete med metalldetektor.

Mätning utförs med utrustningen monterad på hjul eller buren av operatören, se **Figur 3.19**. Vid detaljerade undersökningar utförs mätningen längs inmätta linjer, alternativt med GPS monterad på instrumentet. Exempel på resultat visas i **Figur 3.20**.

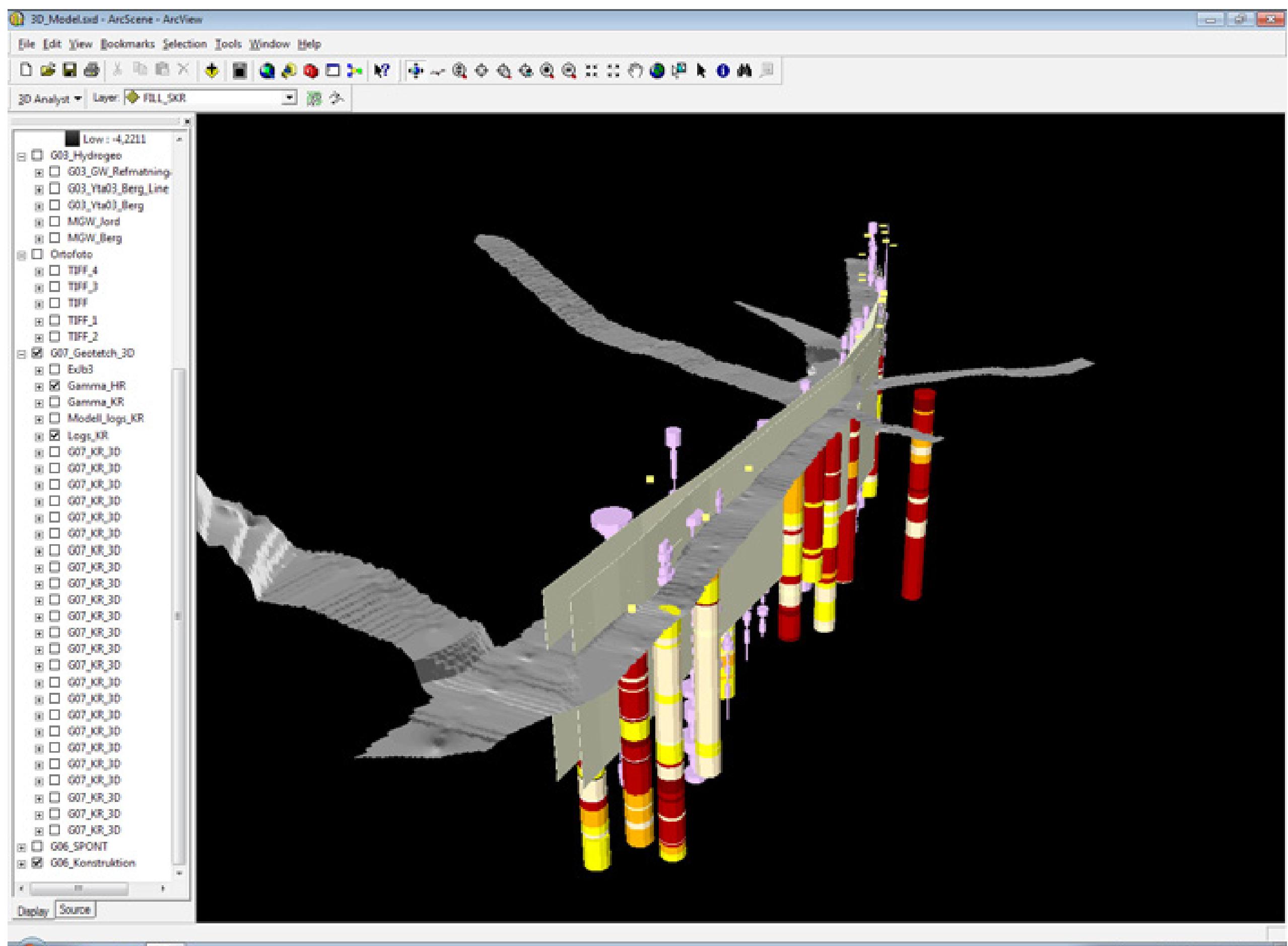


D1

**Figur 3.20 Resultatredovisning från mätning med metalldetektor.**

## 3.2.9 Visualisering

De geofysiska metodernas möjlighet att mäta och tolka strukturer och egenskaper i 2D och 3D ger tillsammans med relativt lättillgänglig noggrann positionering möjlighet att visualisera en geomodell på ett mycket tolkningsväntigt sätt, se **Figur 3.21**. Genom att samla all geoinformation i en databas och successivt bygga ut den med tillkommande information kan geomodellen kontinuerligt förfinas. Möjligheterna att utföra en god visualisering av de geologiska och geotekniska förhållandena förbättras i takt med att de sonderings- och provtagningsresultat etc som produceras lagras i databaser. Vanliga programvaror för visualisering är (2012) Surfer, Voxler, Rock Works, ArcView och MapInfo.



Figur 3.21 Exempel på visualisering av geofysiska resultat och geotekniska hoppningar

### 3.2.10 Geofysiska begrepp

Geofon	Hastighetsgivare – mäter ljudvågens ankomsttid och dess amplitud
P-våg	Den snabbaste typen av de ljudvågor som kan alstras i marken (P = primary)
S-våg	Den näst snabbaste typen av de ljudvågor som kan alstras i marken (S = secondary, även shear wave)
Rayleighvåg	En av de ytvågor som kan alstras i marken, har en elliptisk rörelse
Ytvåg	Samlingsnamn för ett flertal vågtyper som alstras närmast ytan i marken, se Rayleighvåg
Visualisering	Åskådliggörande
Seismograf	Instrument som samlar in och lagrar de ankomsttider och amplituder som geofonerna registrerar (mindre version av samma typ av instrument som registrerar jordbävningar)
Logging	Registrering av data, i borrhål successivt från botten mot toppen
Modellering	En antagen jordlagerföljd, hastighetsmodell eller dylikt som i ett iterativt förfarande förfinas.

# 4. Teknik för inmätning och utsättning

## 4.1 Behov av mätningar

Geotekniska undersökningar utgör underlag för en bedömning av markens bärighet eller andra egenskaper inom ett bestämt område. Men eftersom de är punktformiga, måste man kunna interpolera mellan dem till en ytmässig beskrivning av jordlager och bergytor, en geomodell (markmodell, terrängmodell). Undersökningarna måste därför kunna lägesbestämmas. Det innebär, att de refereras till sitt läge i ett geodetiskt referenssystem (koordinatsystem) i plan och höjd. Det är därför av nytta att känna till principerna för lägesbestämning.

I detta kapitel redogörs för ett antal metoder för lägesbestämning. Grunden är de referenssystem, som mätningarna utförs i. De beskrivs därför kortfattat. Därefter redogörs för kvalitetskraven för olika mätobjekt, följt av en genomgång av teknik för plan- och höjdmätning. Det är viktigt att ha tillräcklig mätningsteknisk kunskap och erfarenhet för att utföra mätningsarbeten. Dessa är emellertid av skiftande slag med skiftande krav.

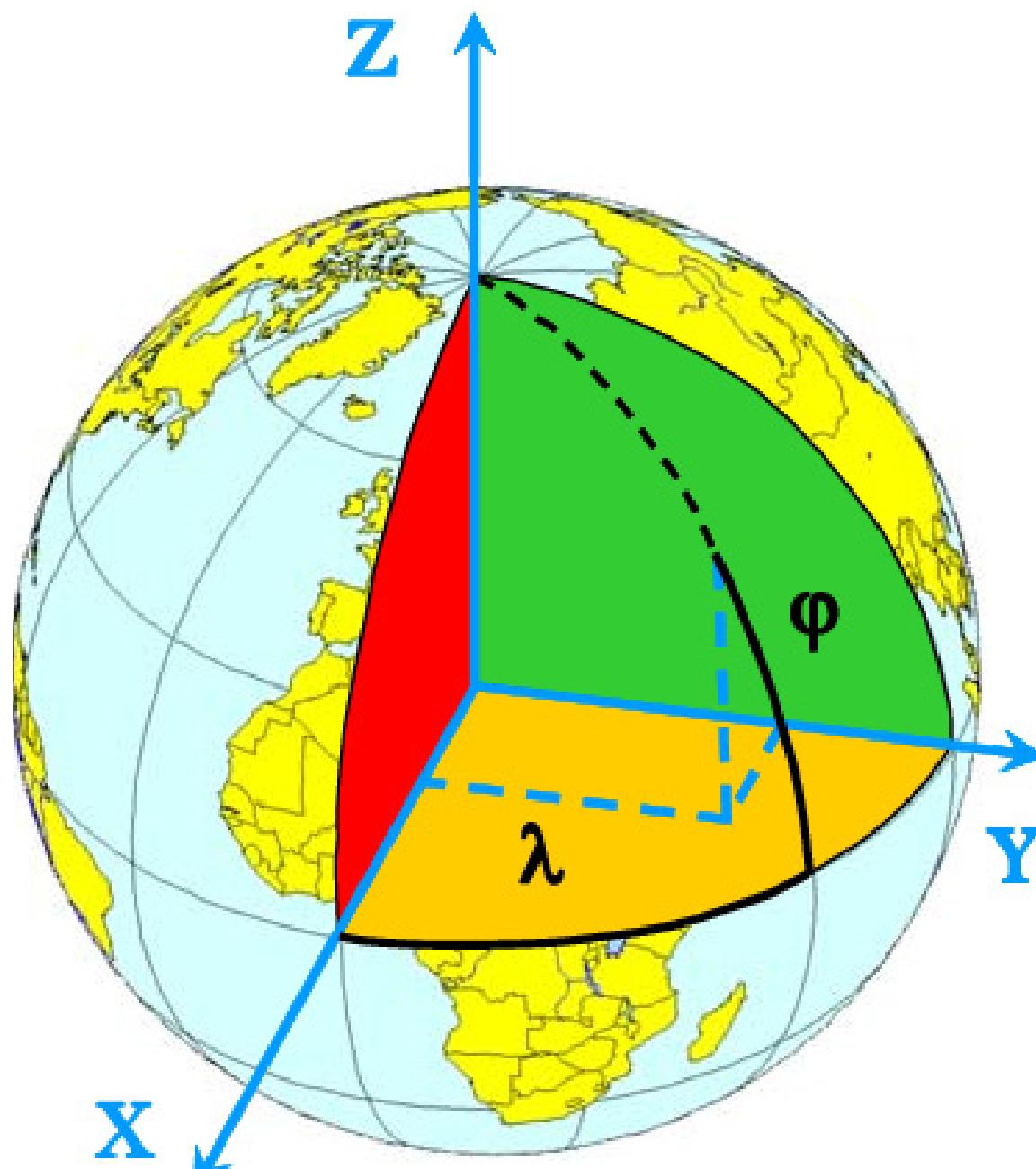
## 4.2 Referenssystem i plan och höjd

### 4.2.1 Inledning

Jorden kan liknas vid en knölig apelsin. För att på bästa sätt kunna definiera lägen på denna kropp, har man valt att använda separata referenssystem för mätningar i plan och i höjd. Ett särskilt problem är att överföra den sfäriska ytan till en plan karta. Därtill fordras en kartprojektion.

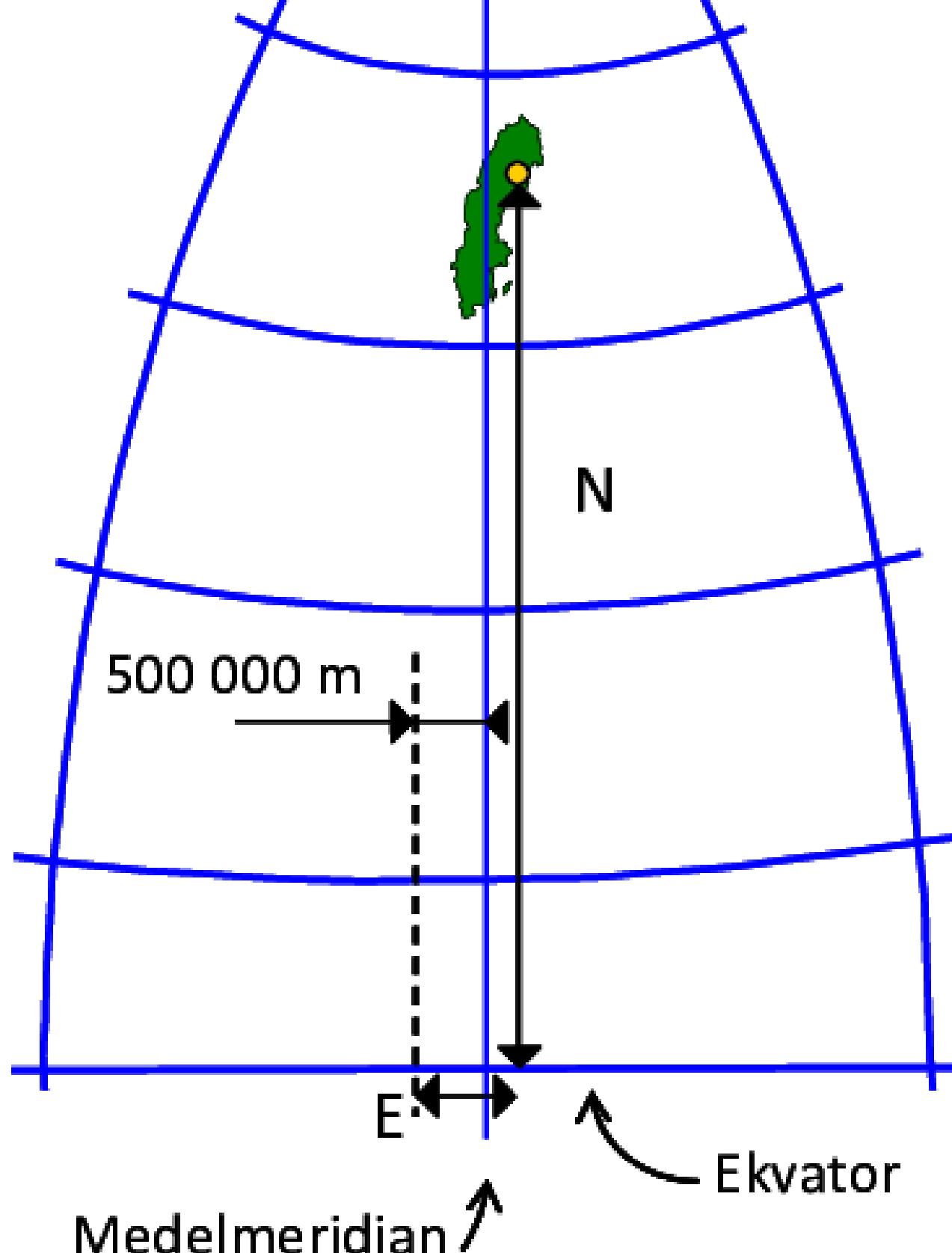
### 4.2.2 Referenssystem i plan

Plansystemet utgår från en ellipsoid, en matematiskt beskriven ellips, som tänks roterad kring jordens axel och med en storlek som på bästa sätt anpassar sig till jorden (**Figur 4.1**). På den kan lägen definieras som latitud, dvs. avstånd (egentligen vinklar) från ekvatorn utefter meridianer mot polerna, och longitud, dvs. avstånd (egentligen vinklar) från nollmeridianen genom Greenwich utanför London och österut respektive västerut. Det system vi använder nu, kallas SWEREF 99.

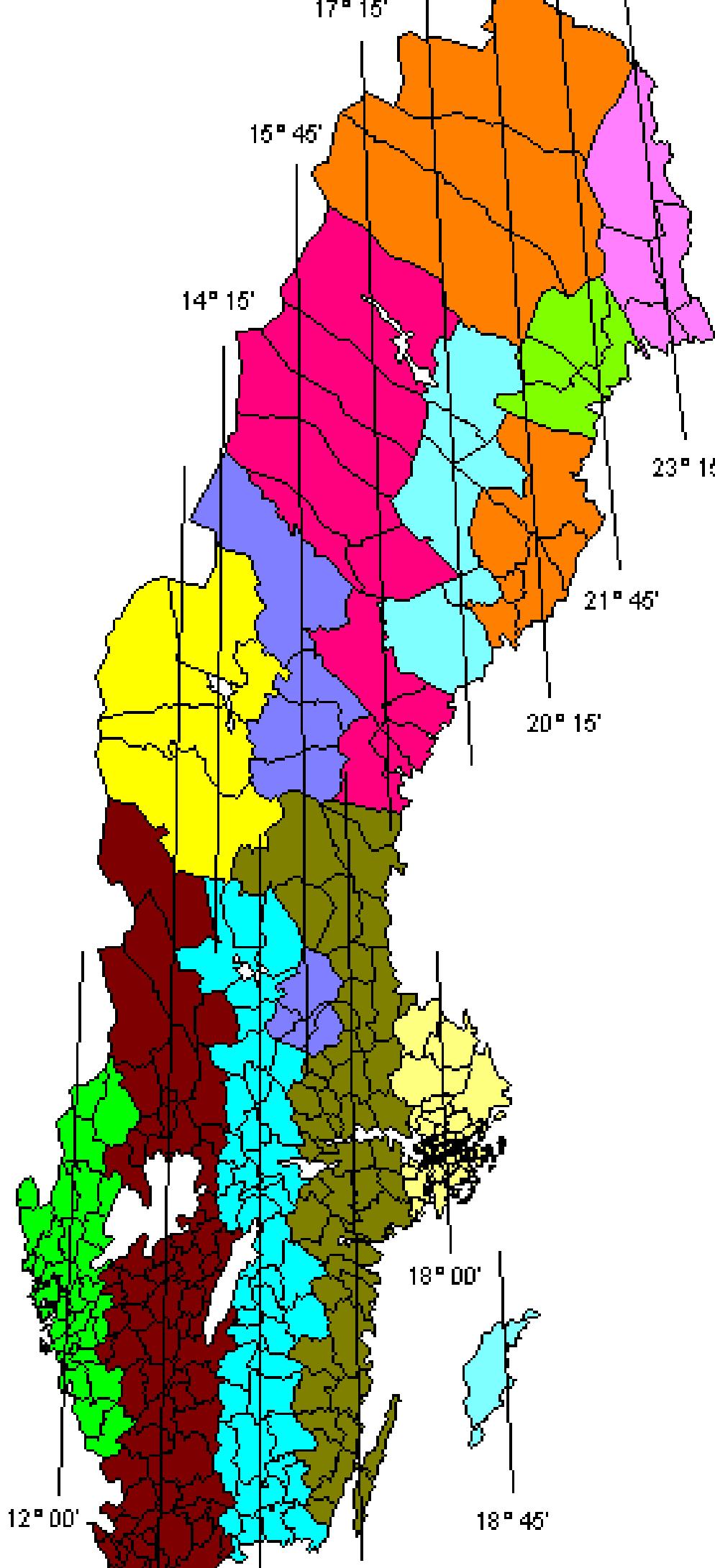


Figur 4.1 Illustration av det geocentriska rätvinkliga koordinatsystemet XYZ, som GPS-satelliterna mäter i, och av det geografiska systemet med latitud, longitud och höjd ( $\phi, \lambda, h$ ), som SWEREF 99 är definierat i.

För att överföra ellipsoidens yta till en plan kartprojektion med ett rätvinkligt koordinatsystem, tänks ellipsoiden inlagd i en liggande cylinder, som får tangera ellipsoiden just där mätningen ska utföras. Så länge man befinner sig rimligt nära tangeringslinjen blir mätningarna noggranna. Det nu aktuella kartprojektionssystemet bygger på SWEREF 99 och definieras för hela Sverige, t.ex. för Lantmäteriets allmänna kartor, utifrån medelmeridianen 15 grader öst om Greenwich, dvs. utefter linjen Karlshamn – Örebro – Östersund. För att alla öst-västliga koordinater ska bli positiva, adderas konstanten 500 000 m till medelmeridianen. (I nord-sydlig riktning behövs inte det, eftersom ekvatorn ligger så långt söderut.) Referenssystemet kallas då SWEREF 99 TM (**Figur 4.2**). För lokal detaljmätning blir projektionsfelet i zonens ytterkanter för stora. Därför delas för lokal mätning Sverige in i flera smala nord-sydliga zoner med var sin tangeringslinje (**Figur 4.3**). Exempelvis benämns zonen genom Nynäshamn – Stockholm – norra Uppland SWEREF 99 18 00 efter den meridian den centreras kring, medan zonen Skåne – Västergötland – Värmland – norra Dalarna heter SWEREF 99 13 30. För zonerna är koordinattillägget i öst-västlig led 150 000 m.



**Figur 4.2** Det nationella referenssystemet SWEREF 99 TM, med medelmeridianen  $15^{\circ}$  E, meridianer och tillägget 500 000 m.



**Figur 4.3** Zonindelningen av SWEREF 99 för lokal mätning. Zonerna är anpassade till kommungränser.

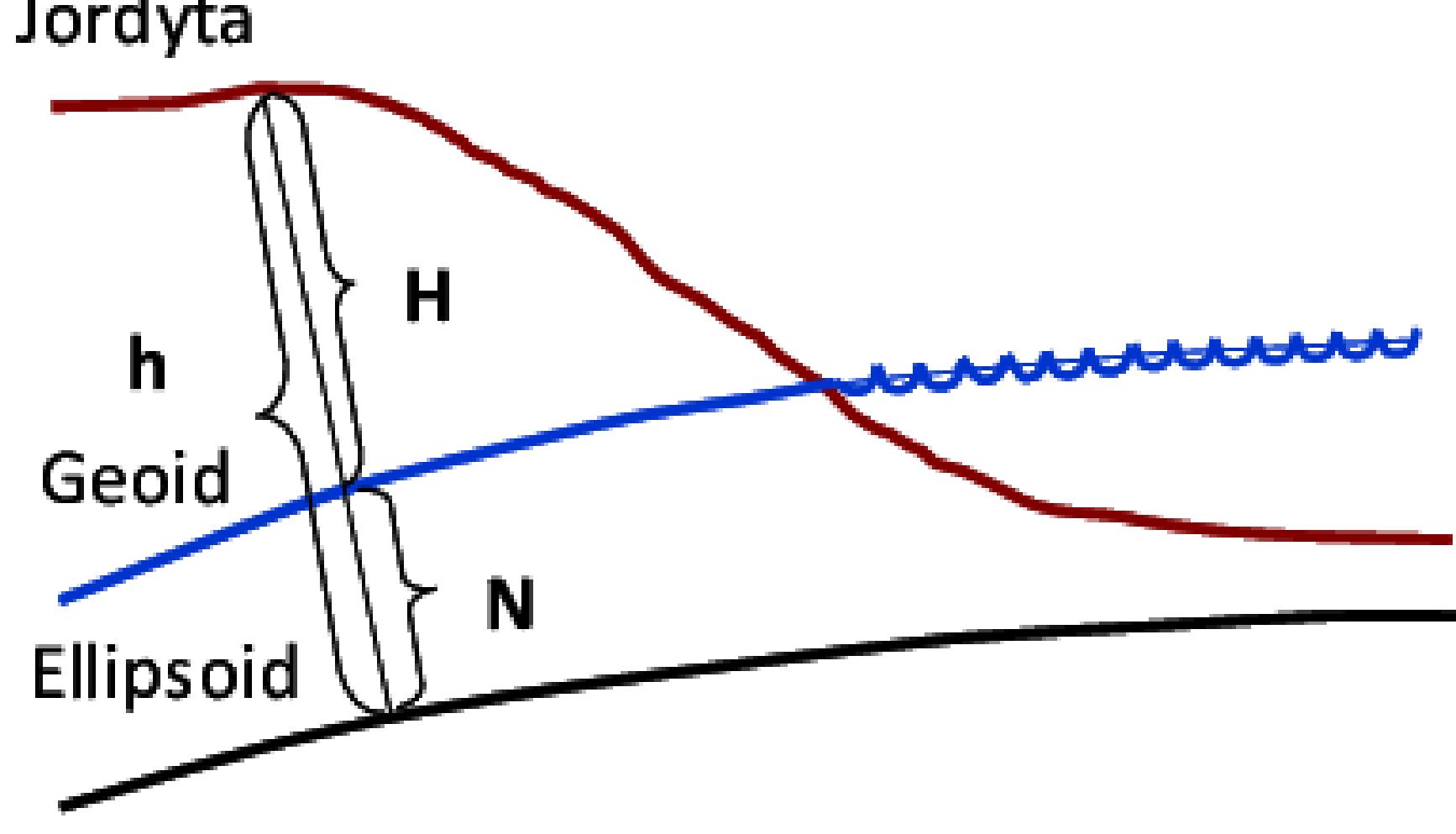
De geodetiska koordinataxlarna är omkastade, så x pekar mot norr och y mot öster. För att slippa ta fel, kallas axlarna i SWEREF 99 i stället N respektive E. Äldre rikstäckande eller lokala system, t.ex. Lantmäteriets RT90, kan räknas

om till SWEREF99 genom koordinattransformationer.

Referenssystemen representeras på marken på två sätt. Dels finns ett nät av fasta GPS-stationer med kända lägen (se avsnittet om GNSS-mätning nedan), dels finns ett stort antal stompunkter (triangel- och polygonpunkter), markerade med dubbar, rör eller hål i berg i varierande täthet över hela landet. GPS-stationerna mäter kontinuerligt mot GPS-satelliterna. Stompunkterna är inmätta i olika system, t.ex. SWEREF 99, i ett av regionsystemen, i det nationella systemet SWEREF 99 TM, i det äldre rikstäckande systemet RT90 och/eller i något lokalt referenssystem. Det gäller att hålla reda på vilket system man mäter i!

#### 4.2.3 Referenssystem i höjd

Höjdsystemet utgår i princip från geoiden, dvs. havsytans nivå och dess tänkta förlängning under kontinenterna (**Figur 4.4**). Även denna nivå är emellertid bucklig, eftersom den beror av lokala variationer i tyngdkraften. Geoidens lokala höjd bestäms med hjälp av ett stort antal mätningar av tyngdkraften och ett rikstäckande nät av höjdmätningar. Med avancerad matematik interpoleras tyngdkraftsmätningarna till en teoretisk nivåyta, en geoidmodell. Höjdmätningarna redovisas som ett nät av fixpunkter, markerade med ståldubbar i berg.



Figur 4.4 Illustration av sambandet mellan olika höjdsystem. GPS ger markens höjd  $h$  över ellipsoiden (jämför figur 4.1). Med kännedom om geoidens lokala höjd  $N$  över ellipsoiden kan markens höjd  $H$  över geoiden ("höjden över havet") beräknas som  $H = h - N$ .

Landhöjningen medför, att höjdsystem med tiden förlorar både aktualitet och kvalitet. De måste därför förnyas med jämna mellanrum. Det aktuella rikstäckande höjdsystemet kallas RH2000 och bygger på en förnyad rikstäckande precisionsavvägning och en ny geoidmodell, men lokalt används fortfarande äldre höjdsystem såsom RH00 från ca 1900, RH70 från ca 1970 och rent lokala system. Eftersom systemen kan skilja sig åt så pass lite, att man kan ta fel, men tillräckligt mycket, för att ställa till stora problem, är det viktigt att hålla noggrann koll på vilket höjdsystem som är aktuellt.

### 4.3 Mätsäkerhet och styrande dokument

Resultatet av all mätning har en viss osäkerhet, eftersom resultaten har en viss statistisk spridning. Tidigare talades om mätfel och felteori. Mätsäkerheten kan uttryckas som en standardosäkerhet, ett mått på hur stor spridningen av ett antal mätvärden från upprepade mätningar är kring sitt medelvärde. Statistiskt innebär det, att endast ca 2/3 av alla mätvärden förväntas ha en mätsäkerhet som är lägre än standardosäkerheten. En s.k. utvidgad standardosäkerhet till dubbla värdet innebärstatistiskt sett att ca 95 % av alla mätresultat vid uppre-

pade mätningar har lägre mätosäkerhet än så. Det värdet kan därför användas som en acceptansnivå, en tolerans.

Ett exempel: En punkt har mätts in upprepade gånger, och mätosäkerheten har beräknats som en standardosäkerhet om 5 cm. Det innebär, att 2/3 av mätvärdena ligger inom  $\pm 5$  cm från medelvärdet. Den utvidgade standardosäkerheten är 10 cm, dvs. 95 % av mätvärdena är bättre än  $\pm 10$  cm från medelvärdet. Om detta är typiskt för mätmetoden eller instrumentet, så kan man ange 10 cm som en acceptansnivå, en tolerans för metoden eller instrumentet.

Vid specifikation av toleranser och vid val av mätmetod är det viktigt att utgå från mätobjektets karaktär och från kraven på resultatets noggrannhet, uttryckt som acceptabel (utvidgad) mätosäkerhet. Exempelvis ska ju resultatet av geotekniska borrningar eller grundvattenavläsningar interpoleras över en större yta. Deras planlägen kan därför mätas in med begränsad mätosäkerhet i plan. Detsamma gäller markytans höjd invid en borrpunkt i skog. Ett grundvattenrörs höjd kan ändå definieras noga, och ska användas för mätning av grundvattenytans nivå. Rörets höjd bör därför inmätas med lägre mätosäkerhet än markytans.

Erfarenhetsmässigt har man följt följande rekommendationer om (utökad) mätosäkerhet vid inmätning eller utsättning för geotekniska ändamål i form av tre mätklasser:

- **Klass A** vid detaljmätning för bygghandling, för berglägesbestämning, för sondering i brostöd, för grundvattenrör m m, *0,3 m i plan, 0,05 m i höjd*
- **Klass B** vid inmätning av sondering och provtagning i jord för bygghandling, och vid mätning för geoteknik vid detaljplan, systemhandling och väg- och järnvägsplan, *1 m i plan, 0,1 m i höjd*
- **Klass C** vid mätning för översiktsplaner och för väg- och järnvägsutredningar, *2 m i plan, 0,5 m i höjd*

Mätklass	Plan (m)	Höjd (m)
A	0,3	0,05
B	1,0	0,1
C	2,0	0,5

För bedömning av grundvattenytans gradient mellan grundvattenrör kan rören behöva mätas in med mätosäkerhet i höjd under 0,01 m.

Om de inmätta punkterna ska användas tillsammans med andra punkter med lägre mätosäkerhet, t.ex. i en terrängmodell, bör kraven på mätosäkerhet anslutas till detta.

Till ledning för val av mätmetod utifrån kraven på mätosäkerhet föreligger en flora av standarder och handböcker, vilka dessutom ofta syftar till varandra. Grundläggande har länge varit serien Handbok Mätningkungörelsen (HMK). Sedan mätningkungörelsen upphört och den tekniska utvecklingen gått vidare, har HMK reducerats som styrande dokument men delvis förnyats och kallas nu Handbok i Mätnings- och Kartfrågor. En del i förnyelsearbetet har varit att spe-

cifcera kraven på mätningsteknisk färdighet. HMK återfinns under Lantmäteriets hemsida. Byggforskningsrådet har tidigare förtydligat HMK med serien HMK Bygg och anläggning, och Swedish Standards Institute, SIS, har utarbetat ett antal Tekniska specifikationer, främst för geodetisk mätning i samband med bygg- och anläggningsprojekt. Vi kan förvänta oss en översyn av alla dessa handböcker.

## 4.4 Mätning med totalstation

Med en totalstation, en teodolit med avståndsmätare, mäter man polärt, dvs. såväl horisontal- och vertikalvinklar som avstånd (**Figur 4.5**). Vinklarna avläses elektroniskt, och längdmätningen sker med laserljus. Laserljuset reflekteras tillbaka av ett prisma på en stång på mätpunkten, eller direkt av det objekt man siktar på, s.k. reflektörlös mätning. Instrumentet styrs av en fältdator, som är integrerad i instrumentet. Den kan programmeras för inmätning av befintliga objekt eller för utsättning av nya objekt. Punktfiler eller kartdata kan läggas in i den. Mäter man mot prisma kan man vara två, en vid instrumentet och en med prismastången, eller ensam. I det senare fallet styr man instrumentet via radioförbindelse från en sändare på prismastången. Resultaten beräknas och lagras i instrumentdatorn, och kan läsas över till datorn hemma för slutlig beräkning och redovisning.



**Figur 4.5** Mätning med totalstation.

Mätning med totalstation måste utgå från minst två punkter med givna koordinater i ett valt referenssystem. Dessa kan utgöras av fasta stommätspunkter, markerade med rör eller dubbar, helst i berg, eller av tillfälligt utlagda punkter (pikéer), inmätta med hjälp av GPS (se nedan).

Resulterande mätsäkerhet i plan är 2 – 20 mm beroende på vald teknik.

## 4.5 Mätning med GNSS (GPS)

Satellitpositionering innebär lokalisering av en mottagarantenn med hjälp av signaler från ett antal satelliter. Det finns olika sätt att mäta in punkter med GPS eller GNSS, Globala Navigations-Satellit-System, som tekniken egentligen bör kallas. GPS är det amerikanska systemet, GLONASS det ryska. De används ofta tillsammans. Handhållna eller bilburna mottagare använder direkt mätning från satellitsignalerna och ger några meters mätsäkerhet. I mätningstekniska sammanhang bestämmer man sitt läge med s.k. relativ mätning.

Satellitsignalerna tas då emot dels av den rörliga mottagaren, dels samtidigt av en eller flera mottagare på fasta referensstationer med kända lägen i plan och höjd. Då kan atmosfärens inverkan på satellitsignalerna korrigeras med hjälp av data från referensstationerna och mätosäkerheten nedbringas väsentligt. Mätutrustningen är en tallriksformad antenn, fäst i toppen på en 2 m lång mätstång, och en fältdator, fäst vid stången, som beräknar läget ur de mottagna satellitsignalerna och ur korrektionsdata (**Figur 4.6**). Mätningen kan göras statiskt eller som s.k. nätverks-RTK.



**Figur 4.6** Mätning av piképunkt med GNSS.

Med statisk mätning står mottagaren stilla och påslagen i ett par timmar, och ger med efterberäkning av de mottagna signalerna i förhållande till de kända referensstationerna en mätosäkerhet på ca 5 – 20 mm, något bättre i plan än i höjd. Ju längre mätningen pågår, desto noggrannare blir resultatet.

Med nätverks-RTK används ett nät av Lantmäteriets rikstäckande nät av fasta referensstationer, det s.k. SWEPOS-nätet (**Figur 4.7**) som referens vid mätningen. Kontakten mellan mottagaranten och de närmaste referensstationerna upprätthålls via mobiltelefoni. Den bärbara mottagaren kopplar upp sig mot de närmaste stationerna och korrigrar kontinuerligt lägesbestämningen. Mätning av en punkt tar bara någon minut och ger en mätosäkerhet, beroende på antalet och läget av de satelliter som signaler kan tas emot ifrån, på 30 – 60 mm i plan och 50 – 80 mm i höjd. På grund av risken för tillfälliga avvikelser i satellitmottagningen rekommenderas ommätning av viktiga punkter efter någon halvtimme.

Handhållen GNSS-mätning kan hanteras av envar, medan utrustningen för statisk mätning och nätverks-RTK erfordrar mätningstekniskt kunnig personal. Förutom hantering-



**Figur 4.7** SWEPOS fasta referensstationer, inklusive förtäringen i storstadsområdena.  
Källa Lantmäteriet.

en av utrustningen motiveras detta av, att mätsäkerheten styrs av en rad faktorer, bl.a. fördelningen av satelliter och den närmaste omgivningen. GNSS-mätning, statiskt eller med nätverks-RTK, fordrar fri sikt till minst fem satelliter, väl fördelade över himlavalvet ner till ca 15 gon över horisonten. Det kan innebära begränsningar i skog, i tättbebyggda områden och vid vissa tidpunkter. Tekniken används dels för detaljmätning och utsättning, dels för utläggning av tillfälliga stompunkter, s.k. pikéer, som i sin tur används för detaljmätning eller utsättning med totalstation. Nya permanenta stompunkter läggs däremot gärna ut med statisk mätning.

## 4.6 Avvägning

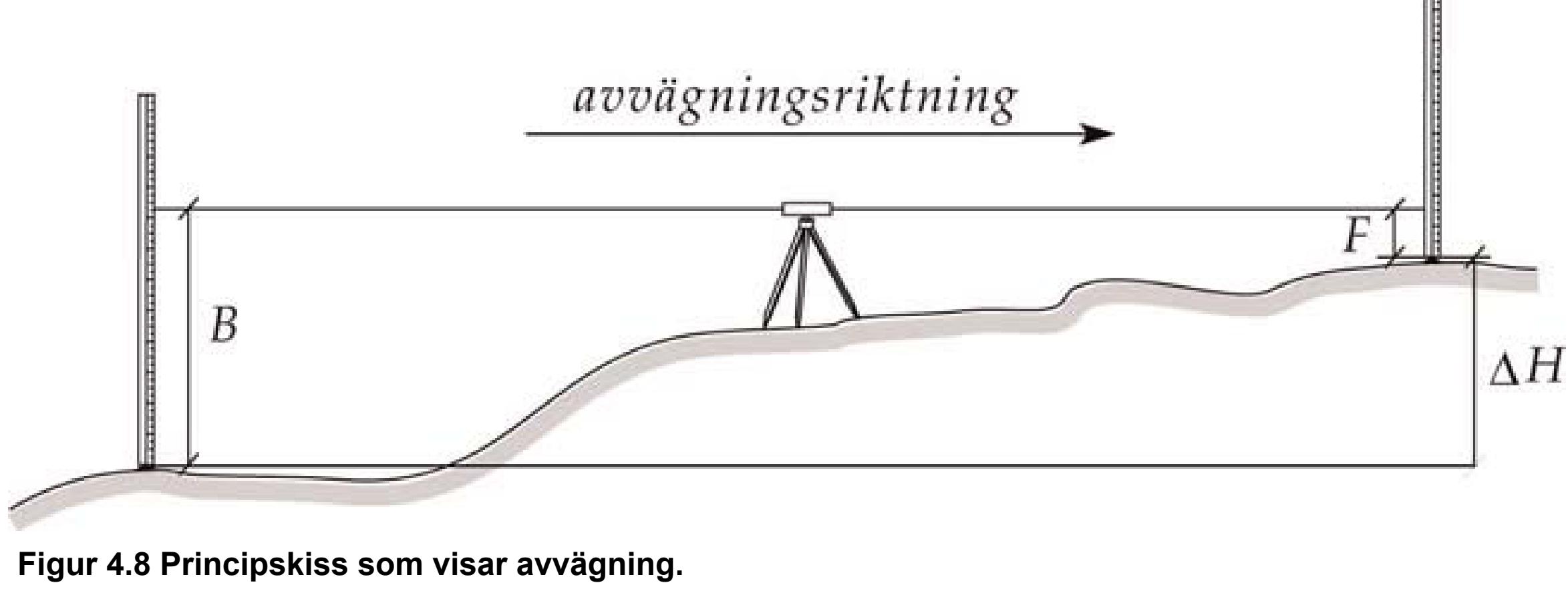
### 4.6.1 Inledning

Avvägning innebär ”transport” av en höjd från en stompunkt, s.k. fixpunkt med given höjd, till en punkt man önskar höjdbestämd. Principen är enkel (**Figur 4.8**). Med en horisontell kikartub avläser man instrumentets höjd över den kända fixpunkten på en graderad avvägningsstång. Stången flyttas därefter till den okända punkten, och instrumentets höjd över den punkten avläses. Den sökta höjden blir känd fixhöjd *plus* instrumenthöjden däröver, *minus* instrumentets höjd över den okända punkten. Proceduren kan upprepas steg för steg för att avväga punkter på längre avstånd från fixpunkten. För kontroll av resultatet avvägs fram och tillbaka till fixpunkten eller vidare till en annan känd fixpunkt.

Ett exempel på avvägningsprotokoll återfinns i

**Figur 4.9.**

$$\begin{aligned} B &= \text{bakåtavläsning} \\ F &= \text{framåtavläsning} \\ \Delta H &= \text{höjdskillnad} = B - F \end{aligned}$$



**Figur 4.8** Principskiss som visar avvägning.

Moderna avvägare har automatisk finhorisontering. Skärpan måste dock alltid ställas in noga, dels på hårkorset, dels på stången vid avläsning. Brist i detta förorsakar s.k. parallax, som ger felavläsning. Flytta huvudet i sidled och kontrollera att hårkorset ligger stilla i förhållande till bakgrunden. Man bör sträva efter att ha lika långa avstånd till bakåt- och framåtavläsningarna för att minimera effekten av bristande horisontering.

Avvägningsprotokoll					
Punkt nr.		Avläsning		Höjdskillnad	Höjd
Bak	Fram	Bak	Fram	Bak - Fram	
<b>Fix 1000</b>					<b>35,5</b>
Fix 1000	1	2,05	1,05	(+) 1,00	36,5
1	2	1,75	0,25	(+) 1,50	38
2	Gvrör 15	1,35	2,75	(-) 1,40	36,6
2	3	1,5	1,8	(-) 0,30	37,7
3	Fix 1001	2,15	1,15	(+) 1,00	38,7
	<b>Fix 1001</b>				<b>38,75</b>

**Figur 4.9** Exempel på avvägningsprotokoll. Instrumentets plats saknar punktnummering.

Elektroniska avvägare läser höjden på stången automatiskt. Stången är då graderad med en streckkod. Resultaten beräknas och lagras på ett minneskort, som kan läsas över till datorn hemma för slutlig beräkning och redovisning.

Höjd mätning kan även utföras med totalstation, s.k. trigonometrisk höjd mätning. Därvid beräknas höjdskillnaden mellan instrument och inmätt punkt med hjälp av uppmätt avstånd och vertikalvinkel. Avvägning ger mätsäkerhet i höjd om 0,5 – 5 mm beroende på vald teknik och utrustning.

#### 4.6.2 Kontroll av avvägare

Instrumentkontroll görs normalt på verkstad, men några enkla kontroller av avvägaren bör göras, om man är det minsta osäker om instrumentets skick.

Den automatiska finhorisonteringen kontrolleras genom att kika i instrumentets okular och skruva försiktigt på en av fotskruvarna. Hårkorset ska då inte röra sig i höjdled i förhållande till bakgrunden.

Att hårkorset är horisontellt i optiken kontrolleras genom att vrida instrumentet långsamt förbi stången och kontrollera avläsningen.

Att instrumentet verkligen har horisontell siktlinje kontrolleras genom att avväga höjdskillnaden mellan två punkter med instrumentet mitt emellan punkterna. Flytta sedan instrumentet nära en av punkterna och avväg skillnaden igen. I ett manuellt instrument justeras halva avvikelsen mellan höjdskillnaderna med vattenpassets justerskruvar, den andra halvan med fotskruvarna.

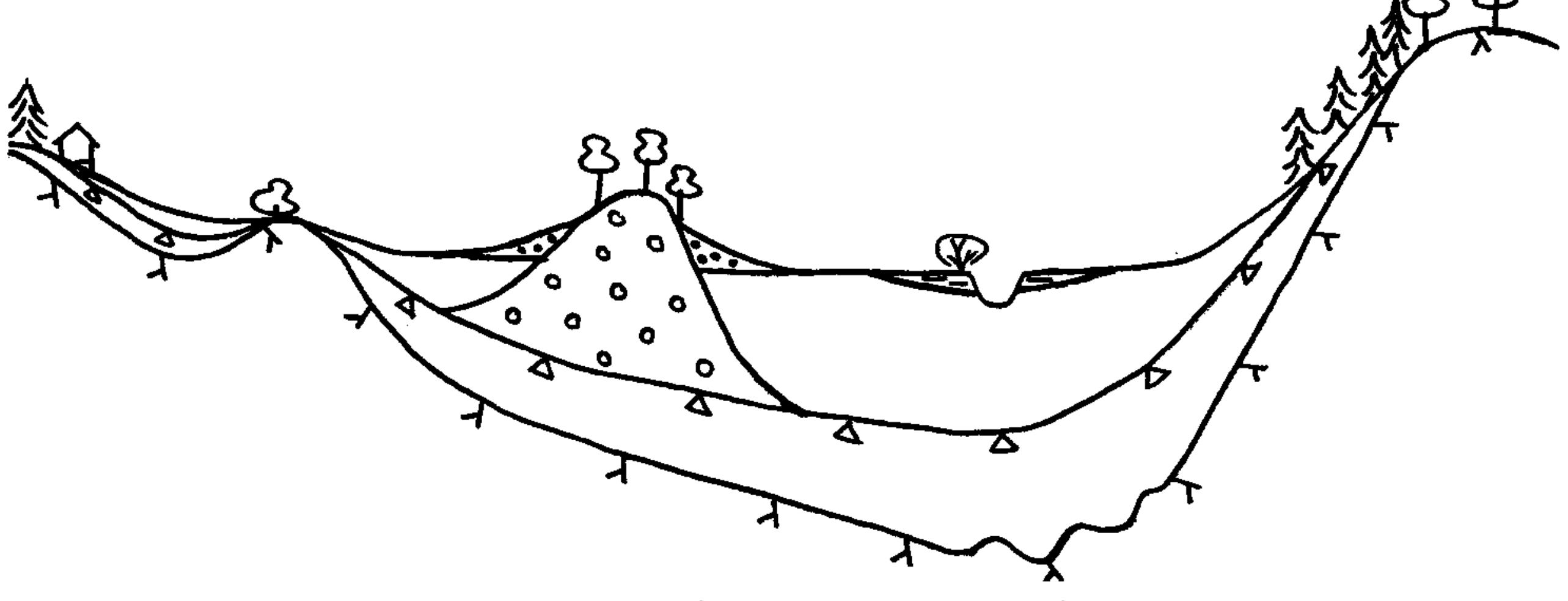
### 4.7 Flygburen teknik

Ska ett större område kartläggas utnyttjas flygburen teknik, dvs. flygfotografering och/eller flygburen laserskanning. I båda fallen fordras ett antal geodetiskt inmätta stödpunkter på marken. Dessa väljs så, att de kan entydigt mätas i bilderna resp. i laserdata, eventuellt genom att de signaleras med vita skivor eller vit färg.

Flygfotografering utförs med digital flygkamera och med stereoskopisk överläckning mellan bilderna och mellan stråken. Därigenom kan landskapet betraktas och karteras tredimensionellt med fotogrammetrisk teknik. Resultatet blir en ritad karta, en digital höjdmodell eller ett ortofoto, dvs. en skalriktig flygbild. Önskad detaljupplösning och mätsäkerhet väljs med lämplig flyghöjd. Lantmäteriet flygfotograferar regelbundet från högre flyghöjder, normalt 4 800 m, vilket ger bilder med detaljupplösning under halvmetern. Kommuner och Trafikverket låter ofta flygfotografera från lägre flyghöjder, ca 800 – 1 000 m, vilket ger detaljupplösning under decimetern.

Stereoskopiska flygbilder kan även utnyttjas för en översiktlig geologisk kartering av landskapet med hjälp av **flygbildstolkning**. Ur observerad topografi, gråtoner, färger och strukturer kan slutsatser dras om jordartsfördelningen över markytan, om markfuktighetens fördelning, om förekomsten av berg i dagen och i viss mån om jorddjup (**Figur 4.10**). Befintliga bilder kan skaffas från Lantmäteriet, från respektive kommun eller från annan beställare av flygfotografering. Numera finns alltid färgbilder att tillgå, men används äldre bilder, vilket är fullt möjligt för jordartskartering, är de ofta svart-vita. Som stöd används SGU:s jordartskarta, serie Ae. Flygbildstolkning bör kontrolleras stick-

provsvis med provgropar eller sticksondering. Den kan kompletteras i fält med enkel ytkartering med kompass, mätband eller stegning. Flygbildstolkning är ett underskattat hjälpmittel vid interpolation av sonderingsresultat.



Figur 4.10 Relationen mellan vegetation, topografi, hydrologi och jordlagerföljd i en typisk mellansvensk dalgång. Berg betecknas  $\lambda$ , morän  $\Delta$ , grova sediment o, fina sediment blankt, organisk jord = .

**Flygburen laserskanning** ger ett tätt nät av lägesbestämda höjdpunkter över den skannade markytan. Ur punkterna kan en detaljerad höjdmodell av landskapet beräknas. Höjdmodellen är ett nödvändigt underlag vid omräkning av flygbilder till ortofoton, men används också för generering av nivåkurvor, för volymberäkningar och för framställning av 3D-perspektiv för visualisering. Lantmäteriet tar för närvarande fram en ny rikstäckande höjdmodell baserad på flygburen laserskanning. Den får  $2 \times 2$  m punkttäthet och mätsäkerheten 0,5 m i höjd. Från lägre flyghöjder och med viss kompletterande geodetisk eller fotogrammetrisk inmätning kan väsentligt mer detaljerade höjdmodeller tas fram.

## 4.8 Fältmätning i praktiken

Utsättning eller inmätning med totalstation och avvägare utgår från kända punkter, två i plan resp. en i höjd. Saknas sådana, måste de läggas ut med GNSS. I så fall bör satellitmätningen utföras upprepade gånger, helst med någon timmes mellanrum, för kontroll. Risk föreligger alltid för störningar i signalerna från satelliterna. Utförs hela mätningen med GNSS, bör en känd punkt inmätas för kontroll. Saknas känd punkt, bör ommätning av en tidigare inmätt punkt göras efter att mätningarna avslutats.

Utförd utsättning, eller inmätning, måste redovisas på ett för mottagaren förståeligt sätt. Vanligen beräknas mätningarna i beräkningsprogrammet SBG Geo och redovisas i AutoCAD som en dwg-fil. Den åtföljande dokumentationen bör innehålla följande information i tillämpliga delar (förutom tid, plats, utförare, ändamål etc.):

- Aktuella referenssystem i plan och höjd
- Valda stomnätpunkter i plan och fixpunkter i höjd
- Instrument och mätmetod
- Markerade och inmätta lokala stompunkter (pikéer)
- Förväntad mätsäkerhet i resultatet
- Mätresultat, eventuell mätskiss

Detta är en viktig del av kvalitetssäkringen.

## 4.9 Lägesangivelser och avstånd mellan punkter

Läget för en undersökningspunkt där flera undersökningar görs, bestäms alltid av sonderingens läge om sådan har gjorts, och det är för denna som noggrannhetsskravet gäller. Avvikande läge för andra undersökningar redovisas på undersökningsprotokollet i förhållande till den markerade punkten. Där flera sonderingsmetoder använts i samma undersökningspunkt bestäms läget av nedan angivna rangordning mellan sonderingsmetoderna: 1 Jord-bergsondering, 2 Annan dynamisk sondering, 3 Spetstryckssondering, 4 Annan statisk sondering.

Om en undersökning, t.ex. en sondering, kompletteras med ytterligare en eller flera undersökningar i samma punkt ska avståndet mellan dessa vara minst enligt **Tabell 4.1**.

Tabellen gäller för metoder där mätningar görs inom samma djupområde. För metoder med olika djupområden, t.ex. om jord-bergsondering görs efter statisk sondering eller om kolprovtagning görs efter grund skruvprovtagning, bör dessa göras så nära den markerade punkten som möjligt. I metodstandard för spetstryckssondering (22476-1) anges att ett minsta avstånd på 2 m skall utnyttjas eller sambandet  $20*D$ , där D är diametern på det angränsande borrhålet. I **Tabell 4.1** bör därför Spetstryckssondering betraktas som en in-situ metod.

Metoder	Anmärkning	Minsta avstånd
Sondering	jorrdjup < 10 m	$\geq 1$ m
	jorrdjup > 10 m	$\geq 2$ m
Provtagningar	Störd provtagning	$\geq 1$ m
	Ostörd provtagning med jorrdjup < 10 m	$\geq 2$ m
In-Situ (inkl CPT)	Ostörd provtagning med jorrdjup > 10 m	$\geq 3$ m
	Jorrdjup < 10 m	$\geq 2$ m
	Jorrdjup > 10 m	$\geq 3$ m

Figur 4.11 Avstånd mellan undersökningspunkter.

## 4.10 Omgivningskartering

Förutom utsättning eller immätning av undersökningspunkter behöver ofta terrängföremål och markföremål i omgivningens karteras. Det är viktigt att ett tillräckligt stort område blir karterat.

För stabilitetsanalys av väg-, järnvägsbankar eller andra uppfyllnader behöver ett område på minst två gånger fyllningens höjd ut från bankfoten avvägas. Vid avvägning av järnvägar skall förutom överkant räls även markytan avvägas.

För en schaktgrop behöver ett område på minst två gånger det blivande schaktdjupet utanför schaktkronen avvägas. Vid lutande markytta behöver området utökas ytterligare. Om diken finns i närheten skall dessa karteras. För ett områdets totalstabilitet krävs att undersökningsområdet omfattar angränsande sluttande terräng som kan påverkas av stabilitetsförhållandena.

# 5. Arbetsmiljö, arbetarskydd, säkerhet

## 5.1 Inledning

Geotekniskt fältarbete består av flera olika arbetsmiljöer som hela tiden varierar. Uppgifter som chaufför, fältarbete med maskiner, arbete från båtar och andra flytetyg blandas med manuell provtagning och kontorsarbete. Detta innebär att de som arbetar som fältgeotekniker rör sig i många olika miljöer, ofta under tidspress och utsätts för en mängd olika arbetsmiljörisker.

Fram till och med 1970 talet utfördes fältgeotekniskt arbete huvudsakligen manuellt av flera personer tillsammans i borrlag. Den tekniska utvecklingen har resulterat i att arbetet i dag kan genomföras av en person. Bättre teknisk utrustning innebär inte att arbetsmiljörisker uteblir, det kan däremot innebära att t.ex. buller, vibrationer och tunga lyft ersätts av klämrisker, påkörningsrisker och ensamarbete.

## 5.2 Planering

Arbetsgivaren ansvarar för arbetstagarens arbetsmiljö och detta kan inte delegeras. Däremot kan arbetsmiljöuppgifter delegeras t.ex. till en projektledare/ uppdragsledare. Alla arbetsmoment där risker för ohälsa eller olyckor föreligger skall identifieras och riskbedömas. Det innebär att arbetet analyseras och riskmoment tas fram. Därefter skall riskerna värderas och åtgärder skall sättas in. Åtgärder kan t.ex. vara att arbetsmomentet bedöms vara så riskfyllt att momentet omarbeitas. Åtgärd kan även vara att upprätta tydliga och lättbegripliga instruktioner och ta fram skyddsutrustning anpassade för ändamålet.

Arbetsgivaren skall ge förutsättningar för en säker arbetsmiljö och arbetstaganen skall följa instruktionerna och vara engagerad i arbetsmiljöarbetet genom att rapportera brister och lyfta fram förbättringsförslag.

Med arbetsgivare avses juridisk person, dvs bolag, förening eller kommun i form av dess styrelse eller nämnd.

Där man har erfarenheter, rutiner och checklistor för arbetsmiljöfrågor och riskbedömningar finns oftast bra förutsättningar för en god arbetsmiljö. Anpassa befintliga checklistor med risker för aktuellt uppdrag. För att uppnå bra resultat är det bäst att flera personer hjälps åt att identifiera risker och komma med förslag på förebyggande åtgärder. Flera personer med olika erfarenheter ökar chansen att upptäcka brister i tidigt skede och skapa bättre förutsättningar för en bra arbetsmiljö. I mindre projekt med begränsad tidplan för fältarbete är det extra viktigt att planera före arbete i fält. Tänk efter före, steg för steg:

- Är informationen om uppdraget för fältarbetet tydliga? Är allt underlag framme?
- Är maskiner anpassade för uppdraget?
- Hur hanterar vi tunga lyft?
- Förekommer det ergonomiskt felaktiga arbetsmoment?
- Finns uppgifter om kabelutsättning, föroreningsrisker, trafiksituations m.m.?
- Är projektet kontroversiellt eller inom områden där markägaren misstycker kan risk för våld och hot uppstå. Finns risk för sabotage på utrustning?

- Tidspress innebär ökade risker för olyckor. Tidsbrist och bristfällig planering tvingar fram provisoriska lösningar och genvägar som kan orsaka olyckor och tillbud.

## 5.3 Transporter av utrustning

Det är viktigt att veta vilka regler som gäller för att uppnå god trafiksäkerhet. Förutom påkörningsrisk förekommer klämrisker och tunga lyft. Ta reda på vad som gäller för utbildning, trafikregler, kör och vilotider, vikter för dragfordon och släp, färdskrivare m.m. För att ha god koll på uppdateringar utse gärna en samordnare i dessa frågor eller upprätta en aktuell informationsdatabas. Se även Kapitel 6.

## 5.4 Ensamarbete

Geotekniskt fältarbete utförs ibland idag, som ensamarbete. Konsekvenserna kan bli allvarliga om olycka sker. Dessutom kan det ur ett socialt perspektiv vara betungande att arbeta ensam under långa tidsperioder. Ensamarbete bör i möjligaste mån undvikas! Om projektet i planeringsskedet kan styras så att arbetet utförs av två eller flera fält ingenjörer och med flera utrustningar på samma plats är detta att föredra. Arbete där jord-bergsondering med vattenspolning är frekvent förekommande, bör man vara flera ur effektivitetssynpunkt. Detta gäller även vid avvägningar.



**Figur 5.1**

Ensamarbete ska inte förekomma vid

- arbete på is
- arbete på sjöar och vattendrag
- tungt borrningsarbete t.ex. foderrörsdrivning
- arbete i tunnlar, schaktgropar
- i områden där risk för exponering till hälsoskyggande förureningar förväntas
- starkt trafikerade områden
- svår terräng

Vid ensamarbete ska kommunikationsutrustning och mobiltäckning säkerställas. Närmsta chef skall vara informerad om vem/vilka som utför arbetet, vilket arbete som utförs och var. Kontakt mellan fältgeoteknikern och närmsta chefen – alternativt någon med av chefen delegerat ansvar – ska ske minst var tredje timme.

Viktiga hjälpmittel som ska finnas med i fält är t.ex. larm som kan nås även om risk för fastklämning föreligger, lagrade nödnummer som nås lätt, ICE nummer.

Övrig nödutrustning som ska finnas lätt till hand är brandsläckare och första förband.

## 5.5 Arbete i trafikerade miljöer

Geotekniska fältundersökningar inom säkerhetszonen till **järnväg, spårväg** och **väg** kräver normalt specialtillstånd samt ofta bevakningspersonal och avspärrning av trafiken. Ta kontakt i god tid med den som ansvarar för transportleden för att samordna arbetsmiljöarbetet. Vid arbete på vägar och järnvägar under Trafikverkets förvaltning kontrollera utbildning- och genomförande krav på [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se). Vid arbete på kommunala vägar kontrollera förutsättningar och regler via respektive kommun. Observera att spår kan ägas av andra infrastrukturägare med andra utbildnings- och säkerhetskrav.

På allmän väg krävs en trafikanordningsplan. Till väg räknas också vägren och uppställningsfält. Utred vilken typ av avspärrning som behövs för ett säkert genomförande av arbetet. Det finns särskilda företag att kontakta för dessa tjänster.

Vid arbete inom **industri- och hamnområden** med pågående verksamhet i form av t.ex. truck- och lastbilstrafik skall information tas fram om omfattningen av pågående verksamhet. Det är också viktigt att informera beställarkontakten om arbetets omfattning, tid och placering för att förhindra påkörningolyckor. Vissa arbetsplatser kräver att entreprenörer måste ha genomgått en certifierad arbetsmiljöutbildning/information för att få släppas in på området.

Observera kraven på skyddskläder enligt EN standard 471 klassificeringslista.

**Klass 1** definierar lägsta synlighetsnivå t.ex. varselbyxor med två 5 cm bredda hög reflekterande band runt varje ben. Dessa blir dock klass 3 när man bär dem tillsammans med en klass 3-jacka.

**Klass 2** definierar en mellannivå av synlighet, exempelvis varselvästar. Två 5 cm breda band av hög reflekterande material runt kroppen, eller på ett 5 cm band runt kroppen och hängslen till båda axlarna.

**Klass 3** definierar den högsta nivån av synlighet. Till exempel varseljacka med långa ärmarna, jacka och byxdress. Två 5 cm band av reflekterande tejp runt kroppen, armar och hängslen över båda axlarna.

Att alltid välja den högsta klassen innebär att man alltid är klädd på rätt sätt oavsett typ av miljö du vistas i! Vissa beställare kräver att företagsnamn och legitimation är väl synliga.

## 5.6 Risker vid geotekniskt fältarbete

Fältarbetet innehåller generellt flera arbetsmoment med **monotona rörelser** och arbetsställningar. I planeringen ska arbetsmomenten ses över för att undvika onödiga belastningar som t.ex. vid skarvning av stänger och manövrering av borriggen. Små återkommande belastningar på samma muskelgrupper ger i det långa loppet en ökad risk för belastningsskador. Finns möjligheten så använd hellre fjärrkontroll än spakarna på maskinen, det ger en bekvämare arbetsställning. Undvik att skarva av stänger ovanför vridbord och lyft aldrig stänger med en hand.

Trots ny teknik finns fortfarande **tunga lyft** kvar i fältjobbet. Med god planering kan dessa moment minskas. Tänk på att hantera tyngre föremål nära kroppen om det inte finns tillgång till lyfthjälpmekanik. Om t.ex.stångkogret är upp- rest så minskas påfrestningen på axlar och rygg vid stångskarvning. Tänk på att minska lasten i kolvlådor och övrig extern utrustning genom att bara ta med det som behövs för uppdraget. För att eliminera tunga lyft vid av och påkörning av maskiner på lastbil/släp är det viktigt att ha ett väl fungerande system för lastning. Systemet kan bestå av ramper. Minimera den manuella hanteringen av dessa.

Vanligt förekommande orsak till **klämskador** är felkommandon t.ex. släpp från chuck när avsikten var att öppna stånglåset. Märk därför spakar tydligt och se till att placering av spakar/knappar är lämpligt utförd vid köp av ny utrustning. Även användning av borrnycklar utgör en betydande risk för klämskador. Använd inte slitna nycklar! Var även försiktig i **trånga utrymmen** och vid förflyttning så att spakar inte rörs av misstag. Vid planering av borrhjul och borrhjulsläp se till att ha tillräckligt med arbetsyta. Se till att ha gott om utrymme vid arbete i sländer.

För att undvika **kroppsskador** vid både borrhjul och förflyttningar skall fjärrstyrning av utrustning i största mån användas. Om detta inte går skall i första hand förflyttning ske på ett säkert sätt i förhållande till maskinen. Det innebär att undvika att ”dra” maskinen efter sig när man går baklänges, speciellt i ojämn terräng, så att riskerna för att bli överkörd undanröjs.

Vid arbete i branta partier används ofta **vinschning** för att komma på plats. Tänk på placeringen i förhållande till maskin och vajer! Utformning av gamla modeller av borrhjul medför att man kan tvingas befina sig nedanför för att komma åt reglage. Använd moderna maskiner med fjärrstyrning för arbete i branta partier! Ett **vajerbrott** kan orsaka svåra skador på personer både nära och på avstånd. Kontrollera därför vajerns kondition regelbundet!

Vid höga sländer och bankar samt lösa jordar skall borrhjulerna fjärrstyras. Arbete på högre höjd än 2 m kräver att säkerhetslinna eller fallskyddsutrustning används. Vid arbete i branta lutningar säkras borrhjulerna med vinsch eller dylikt. Arbete i anslutning till djupa vattendrag eller våtmarker eller vid passage av dessa används fjärrstyrning samt skyddsutrustning i form av t.ex. livlinor, flytväst.

Egen maskinutrustning ger upphov till **buller** och utsläpp av **avgaser**. Använd därför alltid hörselskydd och försök att placera maskinen med tanke på vindriktning. Äldre maskiner ger upphov till högre utsläpp av hälsofarliga avgaser,

främst partiklar, som påverkar lungfunktionen.

Vid arbete intill **ledningar** för kraft, gas, fjärrvärme- och avloppsnät etc. finns ett antal risker att ta hänsyn till. Ta reda på ledningsnätet i området där arbetet ska utföras! Där det finns risk att komma i närhet av ledningen skall ledningsägaren alltid kontaktas för kartmaterial och utsättning. Säkerhetsavstånd från kraftledningar är:

### **Luftledningar:**

- 2 m vid lågspänning
- 4 m vid högspänningssledningar med mindre än 40 kV spänning
- 6 m vid högspänningssledningar med mer än 40 kV spänning
- 4 m är säkerhetsavståndet till kontaktledning/högspänningssledning invid Trafikverkets spår. Arbete närmare än 4 m kräver särskilda elskyddsåtgärder.

### **Markförlagda ledningar:**

Kontakta ledningsägaren för utsättning och bestämmelser för kommande arbete.

När arbete i områden där **sprängning** har förekommit ska ske är det viktigt att kontrollera att avstädningen av området är korrekt genomförd och framförallt avslutad. Kontrollera med ansvariga för sprängningsarbetet. Där sprängning skall förekomma skall det upprättas dokumentation – Sprängplan. Platschef eller arbetsledare ska kontaktas och informeras på förhand så att medvetenhet finns om att fältpersonal kommer att finnas på plats. Även fältpersonalen ska underrättas på förhand så att en god planering kan upprätthållas

## **5.7 Arbete i sjöar och vattendrag**

### **5.7.1 Inledning**

Arbete från flotte och/eller båt ställer ytterligare krav på arbetsmiljön. Det ska finnas minst en erfaren fältningenjör med erfarenhet från liknande uppdrag. En-samarbete får aldrig förekomma på sjön! Den skyddsutrustning som ska vara med är t.ex. flytvästar som ska vara på, livboj, räddningsdräkt/flytoverall (vintertid), livlinor. Vid arbete vid strömmande vatten ska särskild försiktighet iakttagas. Andra säkerhetsåtgärder som ska beaktas vid arbete på vatten beskrivs i Kapitel 11.

### **5.7.2 Arbete från flotte**

Välj en flotte/färja med tillräcklig flytkraft så att man inte riskerar att sänka den vid uppdragning av stängerna, eller om man kört fast. Vid dynamisk sondering på sjön är det bästa alternativet en flotte eller mindre färja med stödben som når ner till botten.

På flotten skall det finnas erforderligt räcke. Se till att hålla god ordning ombord. Det är lätt att snubbla på utspridd utrustning. Se även till att hålla däcket isfritt vintertid. Vid uppankring i och intill farled skall flotten märkas ut enligt Sjöfartsverket regler. Arbetet skall anmälas till hamnfogde eller hamnkapten.



Figur 5.2

### 5.7.3 Arbete på is

Arbete från is är ofta ett alternativ till arbete från båt eller flotte, men det innehåller också faror. Skaffa god kännedom om isförhållanden. Kontrollera istjockleken innan arbetet påbörjas. Arbeta aldrig ensam på is, inte ens tillfället. Isen kan förstärkas genom kompaktering med bandvagn, pistmaskin eller dylikt. Tjockleken på isen mäts och vid behov plogas isen för att tillåta ytterligare frysning. Vid arbete på is skall isdubbar, flytväst, livlinor och frälsarkrans med fast lina till land användas. Observera att istjockleken kan behöva kontrolleras under dagen vid varmt väder.

Den istjocklek som krävs för att klara olika belastningar framgår i *Trafikverkets publikation 2002:35 Allmän teknisk beskrivning Vägar på sötvattenis*. Tänk då på att vid uppdragning av utrustning kan man få mycket stor påfrestning på isen. Det är en god idé att ha med sig ganska långa och kraftiga plankor som placeras under mastfoten för att på så sätt sprida trycket över en större yta. Istjockleken minskar vid användning av tryckluft som spolmedel. Stillastående fordon, kompressorer och borrvagnar alstrar värme och minskar därigenom istjockleken!

Vid is på salta, starkt basiska eller sura vattensamlingar t.ex. havsisar och gruvdammar är isens hållfasthet inte lika god som på rent sötvatten. Mycket stor försvagning av isen kan förekomma i dessa sammanhang trots att tjockleken på isen är hög.

## 5.8 Metodspecifika risker

### 5.8.1 Jord-bergsondering/foderrörsdrivning med luftspolning

En av de risker som föreligger vid dessa metoder är risker för kroppsskador när tryckluftssläng släpper i kopplingar. Se därför till att slangkopplingarna är ordentligt åtdragna före arbetets påbörjande, samt att bultarna till klämmorna på klokopplingarna är åtdragna. Kopplingarna skall säkras med wirestropp eller

liknande. Slangarna ska hanteras på ett säkert sätt under pågående arbete så att de inte ska kunna hakas med och dras ur av t. ex. förbipasserande fordon.

En annan arbetsmiljörisk är lungskador vid inandning av borrkax. Exponering av damm kan minskas genom att använda kaxavledaren, dammsugare och vattendimning, borra med fjärrkontroll/automatik, anpassa arbetet till vindriktning och att gå bort från dammet. Personlig skyddsutrustning är användning av inandningsskydd.

### 5.8.2 Foderrörsborrning

Denna metod kräver oftast två personer. Utrustningen är tung och otymplig och hanteras manuellt. Vid lyft är det viktigt hur rören, nycklar och kedjetänder hanteras för att undvika tunga lyft, klämskador och lyft i konstiga vinklar. Om man är flera kan man med fördel alternera mellan borring och skarvning av rör.

### 5.8.3 Skruvprovtagning

När man använder skruvar av större modell för geostänger, se till att inte överbelasta axlar och rygg vid av- och påskarvning. Se till att i stället ha ett fast stöd under skruven när det är dags för att skarva av efter genomförd provtagning. Vid rengöring av skruven är det lätt att fastna med handsken i utstickande metallflisor och därigenom vridas in mot masten. Använd i möjligaste mån skruvrensaren.

### 5.8.4 Provtagning med genomströmmare

Denna arbetsmetod kräver uppmärksamhet och riskmedvetande! Provtagaren kan bli överhettad och provet i röret är komprimerat. Tänk på att rikta öppningen in mot masten vid uttryckning av provet. Använd skyddsglasögon!

### 5.8.5 Kolvprovtagning

Här finns risk att stängerna lossar från varandra om man har för många hängande i maskinen vid uttagning av prov mellan olika nivåer. Vid rengöring av kolven, framförallt vintertid, ta med varmt vatten. Hudkräm kan vara bra att ha till hands.

### 5.8.6 Provgröpsgrävning

Vid arbete i provgropar, grundschakter, grustag och liknande finns alltid risken för jordras. Riktlinjer för arbetsmiljö för markarbeten finns i *Arbetsmiljöverkets böcker "Schakta säkert" H 374 och "Marksanering" H359*. I vissa fall krävs speciella skyddsåtgärder, till exempel vid undersökning av uttalat skredfarliga områden. Gå aldrig ner i en provgrop vid minsta tvekan om stabilitetsproblem. Arbeta/vistas inte ensam i provgropar/schakter.

### 5.8.7 Kemikalier

#### Egna kemikalier

Drivmedel och oljor är de kemikalier som medförs till arbetsområdet, vintertid även glykol eller andra frostskyddsmedel. För lagning av asfalt kan även kallasfalt, innehållande alifater, medföras.

Aktuella **säkerhetsdatablad** med nödvändig information om miljö och hälsofara skall finnas tillhand. **Absorptionsmedel** för eventuellt kemikaliespill skall finnas i fordon. Förvaring och transporter skall ske enligt gällande föreskrifter.

## Förorenad mark

Ej förutsedda föroreningar eller föroreningar på ej förutsedda platser kan alltid påträffas vid fältarbete. Exponering för vissa föroreningar genom inandning av partiklar och gas, intag via munnen eller direktkontakt med hud och slemhinnor kan ge upphov till **hälsorelaterade skador**, akuta eller på lång sikt. Exponering för vissa föroreningar under graviditet kan ge upphov till fosterskador. Tänk därför på att inte äta eller lägga in snus vid arbete inom förorenade områden. Det ska finnas förutsättningar för handtvätt efter avslutat arbete och vid pauser.

Det är viktigt att inventeringssteget i **miljötekniska** undersökningar är noggrant utförda. Detta för att på förhand ha möjlighet att planera eventuella skyddsåtgärder och val av metoder för fortsatt arbete. Håll därför alltid säkerheten på en hög nivå och anta att samtliga risker existerar till dess att motsatsen har bevisats. Se *Rapport 2:2013 Fälthandbok – undersökningar av förorenade områden*.

## 5.9 Skyddsutrustning

Personlig skyddsutrustning skall tillhandahållas av arbetsgivaren och vara anpassad till person, förhållandena på arbetsplatsen och till de risker den skall skydda mot. Arbetstagaren är skyldig att använda utrustningen och skall följa givna instruktioner vid användandet.

Personlig skyddsutrustning, som alltid skall medföras är: skyddskor, hjälm, hörselskydd, skyddsglasögon, andningsskydd, handskar, förstahjälpenutrustning samt mobiltelefon/larm. Det ska finnas brandsläckare på maskinen och dammsugare i fordonet.

***Vid arbete med förorenad mark där föroreningarnas omfattning och art är okänd ska personlig skyddsutrustning användas som klarar värsta tänkbara scenario av exponering.***

Inom särskilt känsliga områden t.ex. förskolor är det viktigt att kunna spärra av arbetsområdet. Ta därför med lämplig utrustning för detta. Vissa beställare har egna krav på skyddsutrustning och skyddsutbildning vid arbete inom deras område. Det är viktigt att aktuell information finns om detta.

## 5.10 Äldre maskiner och utrustning

För att använda maskiner som är tillverkade efter den första januari 1995 måste dessa vara CE-märkta och uppfylla de grundläggande säkerhets- och hälsokraven som beskrivs i de direktiv som maskinerna omfattas av. Vid större modifiering av maskinen måste en ny CE-märkning och en ny riskanalys utföras. För maskiner som är tillverkade före den första januari 1995 gäller de krav som ställs av AFS 2006:4 – Användning av arbetsutrustning. Dessutom gäller Maskindirektivet 16228 från 1 dec 2014.

Maskiner som har varit i bruk under längre tid kan vara manipulerade, slitna eller på annat sätt modifierade och därför inte fungera säkert. Äldre modeller kan vara konstruerade utan tanke på arbetsmiljön. Om äldre maskiner skall användas för första gången ta kontakt med den som använt den tidigare om even-tuella risker.

När inlånad utrustning skall användas se till att de är kontrollerade av leverantör. Maskinerna ska klara av de belastningar som förväntas.

Vanliga brister vid användning av äldre maskiner är glapp och spel i mekaniska delar som resulterar i att maskinen inte uppträder så som du förväntat dig. Äldre handhållen utrustning t.ex. Borro-snurran och Pionjär ger upphov till vibrationer och ger ifrån sig hälsoskadliga avgaser. Vid användning av dessa se till att använda vibrationsdämpande handskar samt tanka med alkylatbensin som ger lägre utsläpp. Arbetsgivaren ska ge information om maskin/utrustning.

Det är viktigt att ur arbetsmiljösynpunkt använda senaste teknik. Planera därför in utbyte av gammal utrustning för att på sikt få en säkrare maskinpark och därmed bättre arbetsmiljö för personalen som skall använda den.

## 5.11 Nyinvesteringar av maskiner/utrustning

Arbetsmiljöperspektivet vid nyinvesteringar är en viktig fråga som ibland hamnar vid sidan om tekniska funktioner. Tänk på att det är den dagliga arbetsmiljö under en lång tid framöver som ska vara i fokus.

Kontrollera att maskinen/utrustningen är CE-märkt och utrustad med lyftöglor samt att lättförståelig bruksanvisning på svenska medföljer. Det är också viktigt att ha en kontaktperson hos leverantören som du kan lita på och där du får goda råd.

Vid nyinvesteringar tänk på att den som ska använda utrustningen skall vara med för att få den anpassad till sina fysiska förutsättningar t.ex. reglage och insamlingssystem i lämplig arbetshöjd. Tänk även på att reglage för funktioner som t.ex. stånglås och chuck inte skall sitta nära varandra för att undvika felkommandon.

För att minska risker för påkörning under transport av maskiner kan det vara lämpligt att investera i utrustning för att öka säkerheten t.ex. installation av backvarnare; backkamera, ljudsignal.

## 5.12 Systematiskt arbetsmiljöarbete

### 5.12.1 AFS 2001:01 (Arbetsmiljöverkets förfatningssamling)

Arbetsgivaren ansvarar för arbetsmiljön och ska se till att arbetsmiljöarbetet ingår naturligt i verksamheten. Systematiskt arbetsmiljöarbete innebär arbetsgivarens arbete med att undersöka, genomföra och följa upp verksamheten på ett sådant sätt att ohälsa och olycksfall i arbetet förebyggs och en tillfredsställande arbetsmiljö uppnås.

Alla anställda ska känna till vilka risker som finns i jobbet och hur man skyddar sig. Alla måste ha kunskaper om arbetsmiljön. Du ansvarar själv för din arbetsmiljö genom att planera din dag och använda den skyddsutrustning som krävs för ditt arbete. Det kan vara motiverat efter en riskbedömning av arbetet att låta genomföra medicinska kontroller av arbetstagarna. Exempel på detta är provtagning av blyförekomst i blodet för fältpersonal som arbetat med förorenad mark. De som hanterar kemikalier ska ha fått den utbildning samt genomgått de hälsoundersökningar som krävs för dess hantering. Erforderlig skydds-

utrustning ska användas.

## 5.12.2 Rekommenderade kurser/utbildningar

För att få tillgång till vissa arbetsplatser och för att våra försäkringar skall gälla vid vissa arbetsmoment finns det ibland krav på genomförda arbetsrelaterade kurser. Det kan vara lämpligt att gå dessa kurser i förväg så att oplanderade stillestånd kan undvikas precis innan arbetet skall påbörjas.

Exempel på dessa kurser är:

- Motorsågsutbildning nivå A ([www.skogsstyrelsen.se](http://www.skogsstyrelsen.se))
- Säkerhet på väg ([www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se))
- Säkerhet i spår ([www.sl.se](http://www.sl.se))
- SSG Entrekort ([www.ssg.se](http://www.ssg.se))

## 5.12.3 Förebyggande träning

Fältarbetet är fysiskt krävande och det är därför viktigt att förebygga skador genom att vara i god form. Förebyggande träning är därför en viktig del.

## 5.12.4 Om olyckan är framme

Säkerställ din och den skadades situation/placering (livsfarligt läge). Med livsfarligt läge menas allt som måste göras innan den drabbade kan hjälpas med sjukvård enligt ABC (Andning, Blödning, Chock).

***Stanna upp och tänk till:*** Vad har hänt? Vad kan hända mer?



Figur 5.3

Och vad måste göras för att förhindra att inte någon annan också gör sig illa, eller att den drabbade gör sig illa mer?

Att stanna upp och överblicka situationen i några sekunder är väldigt viktigt, det ger tid till lugnare och klarare tankar.

Genom att undanröja andra risker för personer på olycksplatsen och med planering av hjälpinsatsen så åstadkoms mer nytta än om man dyker rakt in i olyckan utan att tänka efter.

När livsfarligt läge undanröjs påbörjas eventuella åtgärder enligt ABC, och eventuell kontakt tas med larmcentral. Kontakta därefter arbetsgivare.

Allvarliga olyckor eller tillbud i arbetet skall utan dröjsmål anmälas till Arbetsmiljöverket.

## 5.13 Lagar och föreskrifter

**Arbetsmiljölagen (1977:1166)** och **Arbetsmiljöförordningen** beskriver grundläggande regler om skyldigheter för arbetsgivare och andra skyddsansvariga för att förebygga ohälsa och olyckor.

För att i detalj reglera vad som ska gälla ger **Arbetsmiljöverket** ut en förfatningssamling (AFS). Dessa föreskrifter preciserar vilka krav som ska ställas på arbetsmiljön. Se Lag och rätt på [www.av.se](http://www.av.se) För arbete på och invid väg, järnväg och tunnelbana finns **särskilda föreskrifter**. Fälthandboken ersätter inte på något sätt dessa regler och förordningar!

Arbetsmiljöföreskrifter utgivna av Arbetsmiljöverket, som är eller kan vara tillämpliga vid geotekniskt fältarbete redovisas i Kapitel 14, tillsammans med övrig litteratur.

## 5.14 Myndigheter och rådgivning

- Arbetsmiljöverket [www.av.se](http://www.av.se)
- Trafikverket [www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se)
- Sjöfartsverket [www.sjofartsverket.se](http://www.sjofartsverket.se)
- Polis [www.polisen.se](http://www.polisen.se)
- Ledningsanvisning [www.ledningskollen.se](http://www.ledningskollen.se) och [www.kabelanvisning.com](http://www.kabelanvisning.com)
- Ledningsägare vid arbete intill kraftledningar, fjärrvärme, gas etc.
- Lokaltrafikorganisation vid arbete på och intill spårväg eller tunnelbana t.ex. Stockholm SL Bansystem, Göteborg Trafikkontoret, Tekniska kontoret Norrköpings kommun.

# 6. Utrustningar

## 6.1 Definitioner

I handboken används vissa begrepp som samlingsbeteckning för viss undersökningssteknik. Dessa begrepp kan definieras som provning och provtagning. I begreppet provning ingår sondering och in situ-metoder.

**Sondering:** Samlingsbeteckning för alla undersökningar där en sondspets med hjälp av sondstänger trycks, vrids, eller slås (eller kombination av dessa) ner genom jordlagren varvid motståndet mot neddrievningen mäts. Sonderingsmetoderna delas in i statiska och dynamiska, där de statiska har sämre nedträngningsförmåga än de dynamiska, men ger en bättre upplösning i finkorniga jordar. Sonderingsmetoder beskrivs i Kapitel 7.

**In-situmetoder:** Samlingsbegrepp för alla undersökningar där en mätkropp installeras på ett förbestämt djup i jord eller berg och där mätning av en viss egenskap görs på plats (in-situ). In-situmetoderna används bl.a. i friktionsjordar där ostörd provtagning är praktiskt taget omöjlig. Exempel på in-situmetoder är Vingförsök, Dilatometer och olika typer av Pressometrar. In-situmetoder beskrivs i Kapitel 9.

**Provtagningar:** Samlingsbegrepp för alla undersökningar där jordmaterial eller bergmaterial hämtas upp till markytan med provtagare för vidare analys. Provtagningsmetoderna delas in i ostörda, störda och omrörda provtagningar, där de ostörda ger störst möjlighet till vidare analys av egenskaper i laboratoriet. Provtagningsmetoder beskrivs i Kapitel 8.

## 6.2 Inspektionsutrustning

Inspektionsutrustningar är lätt bärbara utrustningar som vid sondering pressas ner med handkraft. Dessa används främst vid karteringar och vid schaktbottenkontroller. Med inspektionsutrustningar kan lösa jordarters lagerföld bedömas. Till viss utrustning finns även provtagnings- och in-situmätningssdon. Exempel på inspektionsutrustning är Sticksond, Doctor's Kit med fickvingborr (tillverkas inte komplett längre) och Geologkäpp.



## 6.3 Manuell utrustning

Manuella utrustningar finns för vissa typer av sondering, provtagning och in-situmätning, främst för undersökningar i lösa jordlager utan hindrande fyllning. Manuell utrustning används på trånga och svåråtkomliga ställen där inte borrsvagn kan användas. Manuella utrustningar finns för Viktsondering, Slagsondering, Hejarsondering, Skruvprovtagning med mindre dimension, Provtagning med jordprovtagningsspets, Kolv-

Figur 6.4

provtagning, Vingförsök, Installation av grundvattenrör, Spadborr och Sedimentprovtagare.

Exempel på manuella utrustningar (många av uppräknade utrustningar tillverkas inte längre):

- Motorsond Borros, bensindriven, hydraulisk eller elektrisk.
- Trycksond typ Jonell Nilsson.
- Slagsond, Cobra, Pionjär, MB60.
- Hejarbock Borros, bensindriven eller elektrisk.
- Vikter till viktsondering.
- GS-Sond.

Statisk sondering	Spetstryckssondering, Mekanisk Trycksondering (Tr), Viktsondering (Vim), Jb-Totalsondering (Jb-tot)
Dynamisk sondering	Jord-Bergsondering (JB1/2/3), Hejasondering (HfA), SPT-sondering, Slagsondering (Slb)

Tabell 6.6 Exempel på sonderingsmetoder.

Ostörd provtagning	Kolvprovtagare StI 50 resp. 75 mm, StII 50, 54 och 60 mm (leror), Olika typer av kolvrör (open-tube sampler enligt EN ISO 22475-1) (kohesiva jordar), Stor lerpovtagare typ SGI, Kärnprovtagning (berg), Kärnprovtagning typ S-Geobor (fast jord och sedimentärt berg), Torvprovtagare
Störd och omrörd provtagning	Skruvprovtagare, Sonicprovtagare, Kannprovtagare, Provtagningsspets typBorro, Moränprovtagare (Genomströmningsprovtagare), Provtagare för foderrörsborrning, Spadborr, Ryssborr, Mosskannborr, Provtagningsspets typ AH55, Jalusborr, OD-rör/slagrör (slutare finns), Geotech öppen provtagare, Bergyterprovtagare, Sedimentprovtagare rör typ Kajak, Sedimentprovtagare skopa typ Ekmanhuggare, Öppna provtagare typ Mullvad (slutare finns), Provtagningskanner i varierande storlekar, Provgröpsgrävning.

Tabell 6.7 Exempel på provtagare.

## 6.4 Borrhag

### 6.4.1 Inledning

En geoteknisk borrvagn/borrugg är utrustad för att genomföra de vanligaste provnings- och provtagningsmetoderna, med tillhörande instrumentering. Den har egen drivkälla i form av en dieselmotor som hydrauliskt driver framdrifning och borring. Borringen sköts av ett eller två hydrauliska rotationsenheter (vridbord). Om borrvagnen har två rotationsenheter så är normalt en av dem försedd med en hydraulhammare och det andra med en hydraulchuck. På moderna borrvagnar som har en rotationsenhet s.k. Multispindel, så sitter hydraulhammaren och hydraulchucken monterade samtidigt. Hydraulhammaren kan lätt svängas undan från borrcentrum. Detta för att borrcentrum ska vara fritt för t.ex. uppdragning av borrstänger eller för spetstryck-sondering. Fördelen med en dubbelspindel är att man kan skifta utrustning genom att hydrauliskt byta rotationsenhet. Fördelen med s.k. Multispindeln (en rotationsenhet) är lägre totalvikt, lägre totalkostnad, mindre underhåll och bättre upplösning vid viktsondering.

Borrhagnarna är utrustade med larvband (stålskodda gummiband) för att lättast kunna ta sig fram i varierande terräng. Det finns också ett antal hjulburna fordon som är utrustade med borrigg såsom skogsmaskiner (skotare), traktorer och lastbilar. Skogsmaskinens stora fördel är att den lätt tar sig fram i storblockig och avverkad terräng.

Borrsvagnar har med åren blivit mer komplexa och den utvecklingen kommer att fortsätta. Bland annat så styrs sonderingsmetoderna mer och mer via dator utvecklad av hydraulikleverantören. De datorer som säljs idag för insamlingen av borrdata är datorer som inte är specialbyggda för ändamålet utan standardprodukter, men gjorda för tuff miljö. Arbetsplatsen blir mer sofistikerat med bland annat joystick samtidigt som hela styrenheten är justerbar i flera riktningar.



**Figur 6.5**

Antalet typer och storlekar på borrvagnar har ökat. Framförallt har borrvagnarna blivit tyngre för att klara de tyngre metoderna. I Sverige domineras borrvagnsvagnar från tre olika tillverkare, Geotech, GM och HAFO. I Tabell 6.3 visas olika borrvagnstyper kopplat till ungefärliga vikter, mått samt tryck- och dragkrafter. För exakta uppgifter hänvisas till respektive tillverkare.

Typ	Vikt (kg)	Längd/bredd (m)	Höjd mast/Höjd mast transport(m)*	Tryck-/lyftkraft (ton)	
GM50	1100-1500	3,1/1,3	3,5/1,8	4/6	
Geotech 220	2000-2500	2,4/1,6	x/1,5	20/x	Geotech 220 kan endast utrustas för matning, rotation och hejare.
Geotech 204		3,4/1,7	2,8/1,6	4/8	
Geotech 504		3,4/1,7	3,5/1,7	4/8	
GM 50 C		3,2/1,6	3,5/1,8	5/8,5	
HAFO 1500		3,5/1,7	5,5/1,9	5,5/8	
GM 65		3,2/1,6	3,5/1,8	5/8,5	GM65. Mast med kedjematning
Geotech 604	2500-3000	3,6/1,8	3,5/1,8	4/7	Cylindermatade borrvagnar
GM 75		3,5/1,8	3,5/2,1	5/8,5	
Geotech 604	3000-4000	3,6/1,8	4,4/1,8	4/8	Alla med kedjematning. GM75 med kompressor.
Geotech 605		4,1/2,0	3,7/2,2	7/11(13)	
GM 75		3,5/1,8	3,5/2,1	5/8,5	
Geotech 605	4000-5000	4,3/2,0	3,7/2,2	7/11(13)	Borrsvagnar med kompressorer och kedjematning (inte HAFO).
Geotech 607		4,2/2,1	3,8/2,5	7/13	
GM 85		3,5/2,0	3,5/2,1	5/8,5	
HAFO 2000		3,8/1,7	4,1/1,8	9/15	
HAFO 2000				8/12	
Geotech 707	>6000		x/2,4	7/13	Borrsvagnar med kompressorer.
GM 100		4,5/2	4,0/2,3	9/15	GM med kedjematning
GM 200		4,7/2,2	4,0/2,5	9/15	

\*= Ljuddämpare är som standard högre

x = inte angivet av leverantören.

**Tabell 6.8 Borrvagnar från tillverkare Geotech, GM och HAFO (årsmodeller 2012 / 2013). Vissa avvikelser kan förekomma.**

#### 6.4.2 Exempel på basutrustning till borrvagn

Hydraulchuck, hydraulhammare, hydraulisktstånglås, hydraulisk/elektrisk vinsch, datainsamlingsenhet.

#### 6.4.3 Exempel på tilläggsutrustning till borrvagn

Kompressor, hydraulisk högtrycksvattenpump, hydraulisk slangupprullning, hydraulisk slipmaskin, stödben, schaktblad, kärnborruthrustning, dammsugare.

#### 6.4.4 Specialfordon

I begreppet specialfordon kan följande maskiner omnämñas:

- Skogsmaskin, 6-, 8-hjul
- Hägglundsbandvagn
- Lastbilsmonterade borriggar typ Unimog U20
- Sonicborrigg (vibrationsborrning) typ WellDrill

Vid sonicborrning (vibrationsborrning) används en anpassad större borrvagn, typ WellDrill, eller lastbil med monterad borrigg. Provtagaren vibreras ner och ett kontinuerligt jordprov kan dras upp. Det finns även borrhuvud som både vibrerar och roterar. Försök/utveckling pågår av Sonicborrningsutrustning som inte kräver så stora hydrauloljeflöden för att även geotekniska borrvagnar ska kunna användas.

I sammanhanget kan också nämnas äldre borrvagnar som:

- Prosper 1, 3 och 25
- Geotech 1000
- Borros bbv (Polydrill)

### 6.5 Foderrörsdrivning och brunnsborrning

#### 6.5.1 Inledning

I stort sett alla dagens större geotekniska borrvagnar klarar både foderrörsdrivning och installation av brunnar. De största geotekniska borrvagnarna kan borra ner till större djup ( $> 15 - 20$  m) och med större dimension (upp till 100 mm). Vid stort antal punkter med större djup så kan det vara mer tekniskt fördelaktigt och mer ekonomiskt att hyra in en större produktionsmaskin på grund av det stora slitaget på utrustningen, samt av effektivitetsskäl, d.v.s. att fler rör hinner sättas.

#### 6.5.2 Foderrörsutrustning

Det finns ett antal olika foderrörssystem på marknaden. Nedan beskrivs korfattat funktionen för respektive typ.

- **Excentriskt borrsystem (typ Odex)**, Tunnväggiga rör som följer med pilotkrona och excenterkronan ner. De vanligaste dimensionerna är 76 respektive 90 mm invändigt.
- **Centriskt ringkronesystem (typ Symetrix, NO-X)**. Tunnväggiga rör som drivs ner av ringkrona, pressad på slagsko, som kopplar ihop pilotkronan och ringkronan med bajonettfattning. Den vanligaste dimensionen är 85 mm invändigt.
- **OD** (även kallade slagrör). Tjockväggiga rör med ringkrona som borras ner. Eventuellt invändigt material borras ur med befintliga borrör/borrstål. De vanligaste dimensionerna är 57, 72, 78, 94, 101 respektive 114 mm invändigt.

## 6.6 Kärnborrning

Generellt kan sägas att en borrigg bör användas som är utvecklad för ändamålet. Det finns många företag i Sverige som har kärnborrning som huvudsyssla. Borriggar som används vid produktionskärnborrning i berg är t.ex. Diamec, Hagby, GM75-200 (med rotationstillsats) och Geotech 605 - 707 (med rotationstillsats).

Vid prospekteringsborrning används som standardutrustning 56/39, 56 mm utvändigt och kärnan blir 39 mm. Borrören är 3 meter och innerröret, där kärnan finns, hämtas med vajer.

Vid provtagning där det förväntas finnas små mängder metaller används utrustningen 76/57, 76 mm utvändigt och kärnan blir 57 mm.

För kärnprovtagning i jord eller sedimentärt berg kan provtagaren S-Geobor från Atlas Copco användas. Provtagnaren har en invändig dimension av ca 100 mm.

Kärnborrning kan dock utföras av alla större geotekniska borrvagnar som har tillräcklig kapacitet i form av motorkraft och hydrauloljeflöde. Detta kräver att en för ändamålet anpassad rotationstillsats (med högt rotationsvarv) monteras. Utrustningen kan användas för kärntagning till ca 15 meter.

Kärnor i bärslager på t.ex. vägar kan normalt tas med borrvagnens vanliga rotationsenhet med provtagningsutrustning i dimensionen 100 – 110 mm.

## 6.7 Datainsamling

Ett antal olika specialtillverkade datainsamlare tillverkades och såldes tidigare av ENVI och Geotech. Dessa har slutat tillverkas sedan några år och idag används istället stryktåliga laptops. Dessa erbjuds numera istället med anpassade programvaror. I vissa fall behövs ett interface mellan givarna och datorn eftersom givarna kan skicka värden som datorn inte kan ta emot.

Fältingenjören kan redigera erhållen borrdata med dataprogrammen Trimble fält och SGI:s Edison innan det skickas in till handläggaren eller beställdaren. Redigeringen bör göras för att kvalitetssäkra insamlade data. En oredigerad rådatafil lagras alltid i datorn.

Borrvagnen utrustas som standard med givare för tryck, djup och rotation. Givare kan även



Figur 6.6

monteras för att mäta vridmoment (JB2), hammartryck (JB2), spoltryck (vatten, JB3) och spolflöde (vatten, JB3). På hejarsonderingsutrustningen är en givare monterad för att mäta antalet hejarslag. Vid hejarsondering ska även vridmomentet på sondstålet mätas. Antingen används momentnyckel och värdena får läggas in manuellt i programmet, eller så utrustas borrvagnen med s.k. vridmomentgivare, och värdena kan lagras digitalt.

När en givare ersätts bör den kalibreras på borrvagnen. Byter man kraftgivare ska den kalibreras när den har monterats och ges en kalibreringskonstant.

## 6.8 Transport

Transporten av borrvagnen sker idag till största del med lastbil eller med bil/pickup och släp. I några enstaka fall används container eller lastväxlarflak. Fördelen med lastbil är att all utrustning kan tas med om en tillräckligt stor lastbil används. Nackdelen och att det ibland kan vara svårt att ta sig fram.

Tidigare fanns det i branschen gott om BE-pickuper som fick dra 3500 kg tunga släpvagnar med 50 eller 60 mm kulhandske. Användningen av denna kategori dragfordon minskade tills nyligen, men har nu börjat komma tillbaka. På dem kan även monteras så kallade minilastbilsdrag eller vändskiva med trailer. Då kan dragvikten komma upp i 5255 kg. Nackdelen med dessa bilar kan vara att för att klara bruttovikten (tågvikten), så kan det i vissa fall bara lastas några hundra kg på bilens flak. Dessa bilar är individer och det måste kontrolleras mycket nog vilka regler som gäller för last- och dragvikter för det specifika fordonet.



Figur 6.7

Enklare blir det om en tung pickup, CE-bil, väljs. Då kan bilen få en dragvikt på ca 6500 kg och samtidigt lastas med ca 2000 kg på bilens flak. Fördelen mot lastbil är att den blir något smidigare om släpvagnen kopplas av, men den begränsade hastigheten är samma, 90 km/tim, som för en vanlig lastbil.

Krav på färdskrivare föreligger för alla tungregistrerade lastbilar. Senaste åren har det blivit allt vanligare att alkolås installeras i företagsbilar.

Kostnadseffektivast är lastbil. I miljözoner får inte lastbilar äldre än 8 år framföras.

Ansvarig för att lagarna följs angående överlast och att fordon är besiktigade etc. är bolagets VD, eller person med chefsbefattning som via delegation tagit detta ansvar.

# 7. Fältprovning med sonderingsmetoder

## 7.1 Allmänt

### 7.1.1 Definition

Sondering är ett samlingsbegrepp för alla undersökningar där en sondspets med hjälp av sondstänger trycks, vrids eller slås (eller en kombination av dessa) ner genom jordlagren varvid motståndet mot neddrivning mäts. Man skiljer på två huvudgrupper av sondering:

- Statisk sondering där sonden drivs ned huvudsakligen genom statisk belastning. I vissa metoder är det kombinerat med rotation. Genom fasta lager kan också standarderna medge slag.
- Dynamisk sondering där sonden drivs ned med hjälp av något av följande eller kombinationer av slag, rotation, statisk belastning och spolning.

Enheten för sonderingsmotstånd varierar med metod. Exempel på motståndsvärde är halvvarv/0,20m, slag/0,20 m, sekunder/0,20 m och kilonewton (kN).

Sondering används för att klarlägga jordlagrens mäktighet och relativa fasthet samt dess utsträckning i plan och profil. Normalt har en dynamisk sonderingsmetod större nedträngningsförmåga än en statisk men ger samtidigt mindre möjlighet att urskilja fasthetsvariationer i lös jord. Riktlinjer för val av sonderingsmetod med hänsyn jordart, se Kapitel 2.

Vid val av sonderingsmetod bör man i första hand välja en sådan där det går att urskilja stångens mantelfriktion från det totala sonderingsmotståndet.

### 7.1.2 Gemensamma regler

Nedan anges några gemensamma regler för alla typer av sonderingar.

Sonderingens avslutning beror på ändamålet med undersökningen och bestäms i samband med upprättande av undersökningsprogram och startmöte/fält innan fältarbetet påbörjas. Avslutning av sondering styrs ofta av metodens beskrivning/fältstandard.

Typ av sondstopp skall bedömas och noteras. För redovisning används symboler enligt SGF:s beteckningssystem eller vid användandet av fältdator med koder enligt SGF:s formatstandard.

Eventuell förslutning av borrhål bestäms i samband med upprättande av undersökningsprogram och startmöte/fält före fältarbetets start. Förslutning av borrhål är särskilt viktigt efter undersökningar för undermarksanläggningar där sprängning senare skall göras, där artesiskt vatten finns eller där föroreningar kan tränga upp eller ner genom borrhålet.

### 7.1.3 Styrande dokument

Utförande av en sondering styrs om inget annan avtalas av europeiskt fältstandard, metodbeskrivning eller andra dokument såsom t.ex. SGF:s metodblad.

Det finns två typer av standarddokument. Den första typen är en fältstandard som också är Svensk Standard (SS) och den andra typen är en teknisk specifikation.

Redovisning av fältarbete utförs i enlighet med IEG-rapport 2:2010 och hela fältarbetet redovisas i en *Fältrapport*, se Kapitel 1.

Digital redovisning i fältdator skall ske enligt SGF:s formatstandard där aktuella koder finns på SGF:s hemsida.

## 7.2 Spetstrycksondering, CPT och CPTU

### 7.2.1 Beskrivning

[Se instruktionsfilm för Spetstrycksondering här.](#)

Spetstrycksondering som också i dagligt tal kallas CPT-sondering introducerades runt 1935 men då utfördes mätningarna helt och hållt mekaniskt. Sedan 1950-talet har mätningarna utförts elektriskt och då har också antal mätta parametrar utökats. I slutet av 1980-talet började metoden användas mer frekvent och i samband med att SGF tog fram en metodbeskrivning (SGF SS-EN-ISO 22476-1) i början av 1990-talet och kunskap togs fram om svenska lösa jordar ökade användandet ytterligare. CPT-sondering regleras numera i standarden SS-EN ISO 22476-1.



Figur 7.1 CPT-utrustning.

Vid traditionell spetstrycksondering mäts spetsmotståndet, mantelfriktionen mot en ”friktionshylsa” ovanför spetsen samt det porvattentryck som genereras vid spetsen under neddrivningen. Numera är det också möjligt att mäta spetsens vertikalitet under sondering. Mätningen sker elektriskt och avläsningsfrekvensen skall vara så tät att en detaljerad bild över mätvärdenas variation med djupet erhålls.

Idag utförs i Sverige nästan uteslutande spetstrycksondering med portrycksmätning som benämns CPTU i Europastandarden. Motsvarande metod men utan portrycksmätning benämns CPT i standarden.

En kort beskrivning av seismisk spetstryckssonering och spetstryckssonering med resistivitetens mätning ges i Kapitel 9.

Spetstrycksonering utförs främst i sten- och blockfria jordar av både koheisions- och friktionsjordskarakter. Huvudsyftet med Spetstrycksonering är som regel att erhålla en god bild av jordens lagerföljd och respektive jordlagars egenskaper och relativa fasthet. Sondering kan också via olika empiriska samband, beroende på jordart, härledningar av olika jordparametrar avseende hållfasthets- och deformationsegenskaper etc. Om jorden går att penetrera med spetsen borde spetstryckssonering vara förstahandsvalet vid geotekniska undersökningar då den mäter spettrycket utan inverkan av stångfriktion, samt att spettrycket tillsammans med mätning av mantelfriktion och eventuellt genererat portryck ökar på möjligheterna till utvärdering av lagerföljd, parametrar och egenskaper.

Spetstrycksonering är en metod som kräver god planering, noggrannhet och förståelse för metoden för att kunna utföra den och leverera resultat med hög kvalitet.

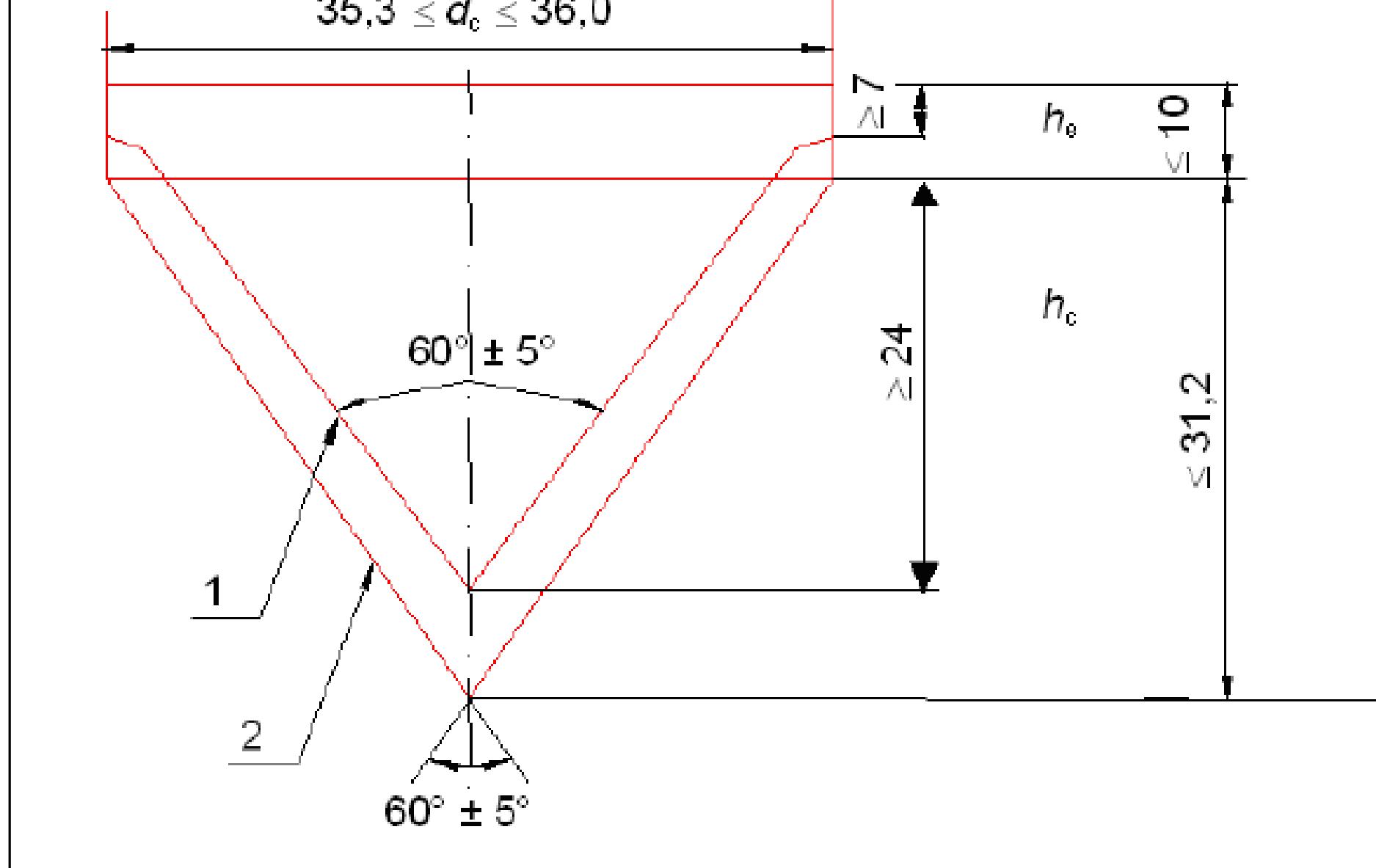
## 7.2.2 Utrustning

Utrustning för spetstrycksonering består av följande huvuddelar:

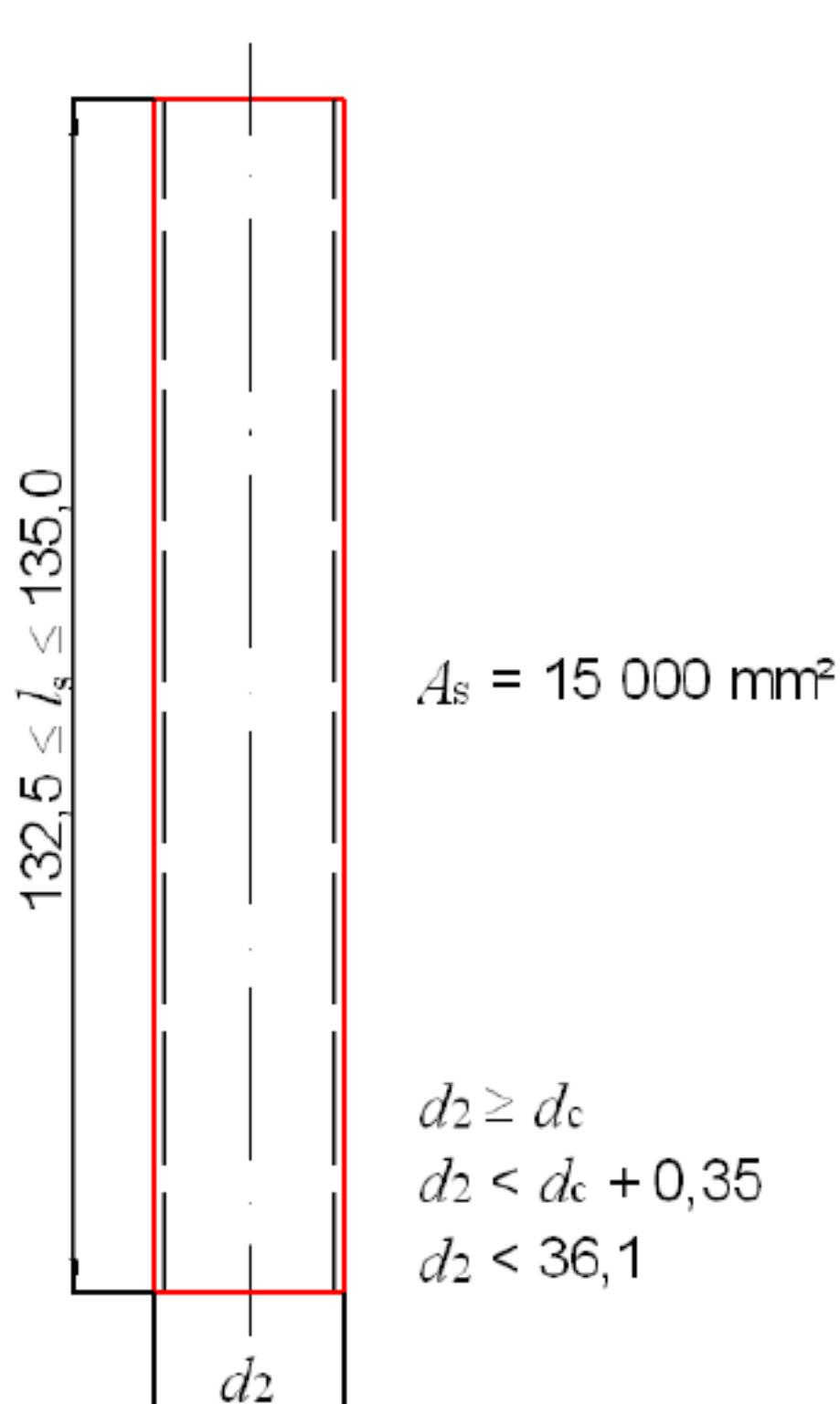
- Sondspets med kon, friktionshylsa och portrycksfilter. I sondspetsen finns elektriska sensorer inbyggda för mätning av spettryck, mantelfriktion, portryck samt lutning.
- Utrustning för djupregistrering.
- Datainsamlingssystem med minne för lagring av mätvärden.
- Sondstänger.
- Borrsvagn eller annan utrustning för neddrivning av sonden.

**Sondspeten** ska vara temperaturkompenserad så att temperaturvariationer under sonderingen påverkar resultatet så lite som möjligt. Sondspeten ska ha tillräcklig mät- och noggrannhet för att uppfylla kraven som anges i **Tabell 7.4**.

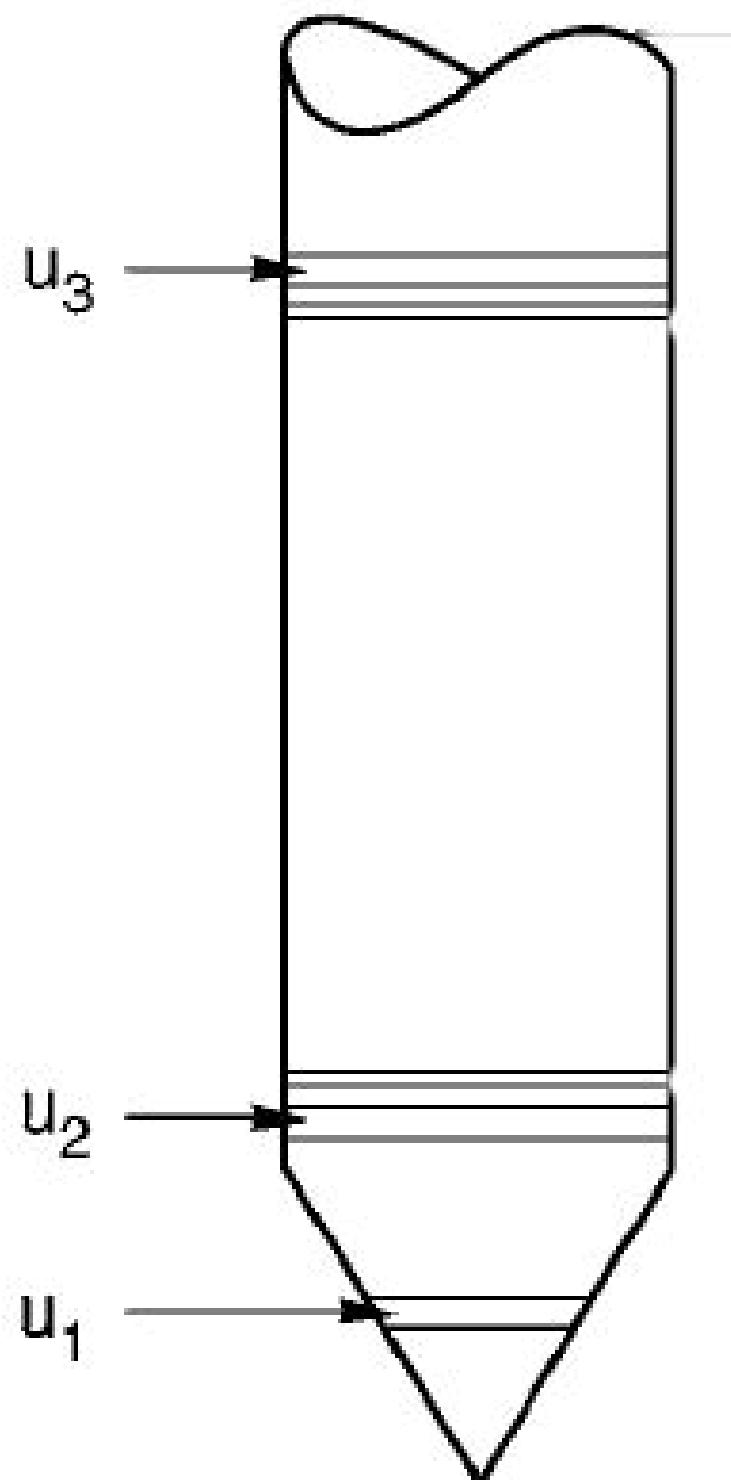
För sondspeten och friktionshylsan finns vissa måttspesifikationer och förslitningstoleranser angivna i SS-EN ISO 22476-1, se **Figur 7.2** och **7.3**.



Figur 7.2 Geometri och toleranskrab för sondspets med  $10\text{cm}^2$  area.



Figur 7.3 Geometri och toleranskrav för friktionshylsa när spetsens are är  $10 \text{ cm}^2$ .



Figur 7.4 Geometri olika placeringar av filter för portrycksmätning.



Figur 7.5 Poröst filter och spaltfilter.



Portrycket kan mäts i positioner enligt **Figur 7.4**. I Sverige mäts nästan uteslutande portrycket i position  $u_2$  med poröst filter eller spaltfilter, se **Figur 7.5**.

Spaltfilter kan medföra att responstiden påverkas. Däremot minskar risken för utsugning av spaltfilter som är mättade med fett, vilket är en fördel vid sondering genom fasta jordlager.

Mellanrummen mellan sonderingsspetsens delar får inte vara större än 5 mm i höjd och skall vara förseglade så att jordpartiklar inte tränger in och förseglingen skall kunna deformeras.

**Utrustning för djupregistrering** skall kunna kompensera för uppåtgående rörelse av sondstängerna.

**Datainsamlingssystem** ska mäta parametrar med minst den frekvens och noggrannheter som anges i **Tabell 7.4**. Dataöverföring från sensorerna kan ske med kabel, ljudöverföring i sondstängerna eller att i efterhand tömma ett dataminne i sondspetsen. Det senare ställer krav på en synkroniseringsparameter.

**Sonden** ska ha samma diameter som spetsen upptill 400 mm från spetsen. Vid  $10 \text{ cm}^2$  konarea används  $\phi 36 \text{ mm}$  minst upp till denna nivå. Stängernas rakhet ska kontrolleras före varje sondering. Vanligen används  $\phi 32 \text{ mm}$  sondstänger.

**Sondstänger** väljs med hänsyn till erforderlig neddrivningskraft och signalöverföringssystemet för mätdata. Signalöverföring med kabel fordrar ihåliga stänger och skarvtappar. Kraven i övrigt är att skarvarna skall vara styva och stängerna raka. För de nedersta 5 metrarna får den maximala utböjningen på mitten av en 1 m lång stång vara 0,5 mm i förhållande till en rät linje genom ändpunkterna. Motsvarande mått för sondstänger högre upp är 1 mm. Motsvarande krav på rakhet gäller också skarvarna.

**Utrustning för neddrivning av sonden** ska ha en slaglängd på minst 1 m och ha en vikt eller vara förankrad så att utrustningen inte kan röra sig relativt markytan i såväl vertikal- som i horisontalled. Den skall också ha en sådan kraft att den kan pressa ned sonden utan vibrationer och med konstant hastighet oberoende av motståndet. Nedpressningshastigheten vid Spetstrycksondering ska vara  $20 \text{ mm/s} \pm 5 \text{ mm/s}$ .

Nedpressningsutrustningens vertikalitet ska ha en maximal tillåten avvikelse från lodningen av  $20 \text{ mm/m}$ .

### 7.2.3 Sonderingstyp och användningsklass

Standarden har två sonderingstyper nämligen CPT (utan portryckmätning) och CPTU (med portryckmätning). I Sverige utförs nästan uteslutande sonderingar av typ CPTU.

Standarden delar in utförandet i 4 olika användningsklasser beroende på geologi och noggrannhetskrav. Denna standard är avsedd att kunna användas globalt och i alla jordförhållanden. De allmänna noggrannhetskraven är därmed lägre än vi är vana vid men det påpekas att i regioner med mycket lösa jordar, som i Sverige, kan högre krav gälla. Därför har i **Tabell 7.1** lagts till en klass (anvädningsklass 0) som motsvarar tidigare CPT-3 som definieras i SGF:s metod-beskrivning från 1993.

### 7.2.4 Kontroller

#### Allmänt

Resultaten från Spetstrycksondering kan användas till kvalificerad utvärdering av jordparametrar under förutsättningen att alla krav enligt standarden uppfylls. Det innebär att det är av stor vikt att kontroller av utrustning utförs på ett adekvat och riktigt sätt. I **Tabell 7.2** visas översiktligt de kontroller som erfordras för att resultaten skall bli av hög kvalitet.

Vid planering av spetstrycksondering, speciellt när portrycksmätning utförs, måste man vara medveten om att förberedelserna inför varje sondering ofta kräver längre tid än själva sonderingen. Undantaget är mycket djupa sonderingar och sonderingar med avbrott för olika specialförsök.

I avsnitten nedan beskrivs kontrollerna mer i detalj.

#### Före sondering

Avståndet till närliggande sonderingar bör vara minst 2 m. I de fall sondering-

en kompletteras med störd provtagning skall sonderingen utföras först och provtagningsdjupen väljas med ledning av sonderingsresultaten. Andra sonderingar med luft- eller vattenspolning bör utföras efter spetstrycksonderingen eller välj ett större inbördes avstånd. Schakter i närheten av sonderingspunkten bör också undvikas.

Förborrning eller prylning genom fyllning och torrskorpa bör utföras för att t.ex. undvika att filtret tappar sin vätskemättnad eller att sensorernas nollpunkter påverkas. Notera alltid i vilken jord förborrningen sker. Notera också om möjligt grundvattennivån i borrhålet.

Sondspetsen får inte utsättas för stora temperaturväxlingar och ska därför förvaras i skugga, i vatten eller i ett sonderingshål före sonderingen så att temperaturen är ungefär lika som jordtemperaturen.

Dessutom ska följande kontrolleras före start av sonderingen:

- Att kalibrering av sondspets är giltig enligt gällande standard.
- Slitaget av sondspetsens delar uppfyller angivna krav och att kvalitén på tätningar mellan sondens olika delar är tillfredsställande.
- Filter är vätskemättade (fettmättade) och luftfria. Dessutom skall inte filtret glappa men väl gå att rotera.
- Sondstänger har erforderlig rakhet.
- Att nedpressningsutrustningens vertikalitet är inom tillåten avvikelse.

En nollavläsning ska utföras före sonderingens början med monterad spets. Före själva avläsningen bör sonden anpassas till jordens temperatur. Om möjligt görs detta bäst om sonden får hänga i borrhålet med elektroniken påslagen. Utförs nollavläsningen under vatten noteras vattendjupet.

### Vätskemättnad av filter och sondspets

Ett av de moment i förberedelserna som är tidskrävande, men också avgörande för kvaliteten i sonderingsresultatet, är vätskemättnad av sondspetsen.

Nedan beskrivs vätskemättnad av sondspetsen för poröst filter och för spaltfilter.

Målsättningen vid vätskemättnad av sondspetsen är att alla utrymmen ska vara vätskefylda och alla eventuella luftbubblor borttagna så att porvattentrycket i jorden mäts direkt i spetsens tryckgivare utan fördröjning och utan tryckförlust.

Vätskemättnad av sintrade filter utförs normalt i förråd eller laboratorium. Skall sonderingen utföras i jord där negativa portryck kan befaras, t.ex. fast lagrad sand och silt eller överkonsoliderad lera, i icke vatten mättad jord eller utan förborrning genom torrskorpan, väljs glycerin. Vid övrig sondering kan vatten användas som alternativ.

Vid användning av glycerin läggs de torra filtren i vätskan och behandlas med högvakuum under ett par timmars tid. Därefter placeras filtren i en lufttät behållare med vakuumbehandlad glycerin.

Vid användning av vatten kokas filtren i minst 15 minuter. Filter och kokvattnen

får svalna under tättslutande lock och förvaras sedan i väl fyllda lufttäta behållare. Dessutom avlutas en större vattenmängd med hjälp av t.ex. vattensug.

Användningsklass	Försökstyp	Användning
0	CPTU	Använts främst i mycket lösa till lösa jordar där kvalificerad utvärdering av jordparametrar önskas. Vid jordar med fastare skikt bör en högre klass användas. Metoden kräver ofta förborrning genom fyllning och torrskorpa för att uppnå tillräcklig kvalitet på resultaten.
1	CPTU	Använts främst i mycket lösa till lösa jordar. Vid jordar med fastare skikt bör klass 2-3 användas. Metoden kräver ofta förborrning genom fyllning och torrskorpa för att uppnå tillräcklig kvalitet på resultaten.
2	CPT,CPTU	Använts i blandande jordprofiler med löst till fast lagring. Resultaten kan i första hand användas till lagerindelning och klassning av jordtyp. I viss mån kan också resultaten användas till uppskattning av jordparametrar med undantag för lös jord såsom t.ex. lera.
3	CPT, CPTU	Använts i blandande jordprofiler med löst till fast lagring. Resultaten kan i första hand användas till lagerindelning och klassning av jordtyp. I viss mån kan också resultaten användas till uppskattning av jordparametrar för fast till mycket fast lagring.
4	CPT	Använts för orienterande profilering och jordartsidentifiering i blandad jordprofil med lösa till mycket fasta jordlager. Ingen utvärdering av jordparametrar är möjlig. Ingen lutningsmätning behöver utföras.

Tabell 7.1 Användarklasser 1-4 enligt SS-EN ISO 22476-1.

Kontroll av	Före sondering	Efter sondering	Minst var 6:e månad
Vertikalitet hos nedpressningsutrustningen	x		
Nedpressningshastighet			x
Sondstänger	x		
Slitage	x	x	
Spalter och förseglingar	x	x	
Nollvärde	x	x	
Kalibrering av spetsens sensorer			x <sup>1)</sup>
Filter passning	x	x	

1) Vid bestämda intervall vid långa projekt.

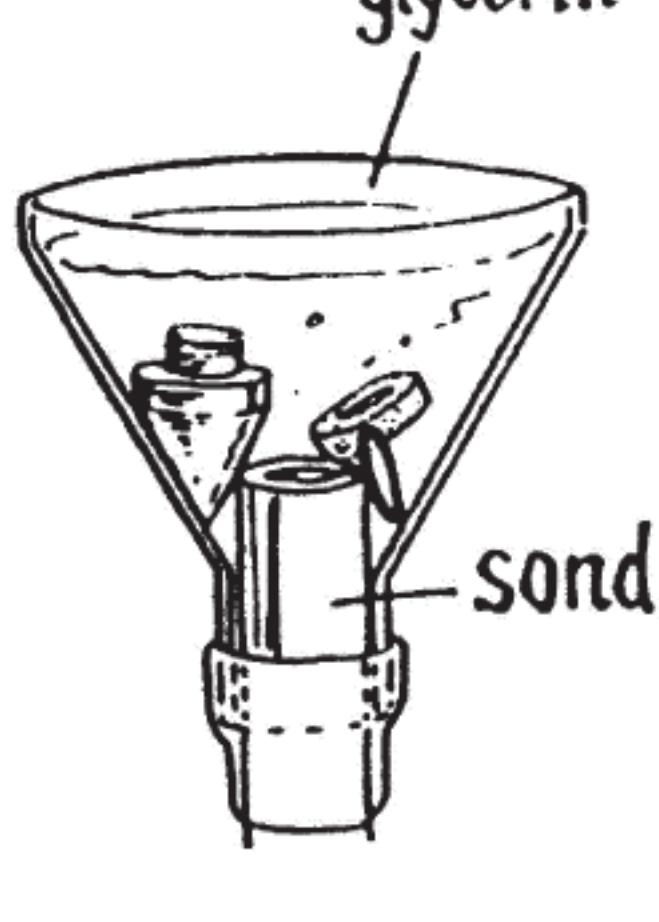
Tabell 7.2 Kontrollschema.

En metod för montering av filter med glycerin är att använda en plasttratt, se **Figur 7.6**. Sonden vänds upp och ned och spetsen skruvas av. Därefter träs en plasttratt över sonden. Försiktighet måste sedan iakttas eftersom friktionshylsan inte är låst förrän monteringen är färdig. I tratten fylls nu försiktigt avluftrad glycerin. Med hjälp av en spruta med kolv avlägsnas alla luftbubblor i sondens och spetsens hålrum, kanaler och gängor samt på tätningsar och eventuella andra lösa delar. Filtret överförs försiktigt från sin behållare till tratten och alla delar monteras under vätskeytan. Efter det att spetsen skruvats fast, kontrolleras filtrets passning på nytt så att det lätt kan roteras med fingertopparna samtidigt som det inte glappar. Sonden överförs sedan direkt till sonderingspunkten.

Sondering från markytan, eller i förborrat men inte vattenfyllt hål, påbörjas sedan utan onödigt dröjsmål. I vattenfyllda hål kan man dock låta sonden anpassa sig till temperaturen en viss tid innan sonderingen startar. I det fall sondering skall utföras från markytan men sonden först behöver temperaturstabiliseras i ett vätskefyllt hål, bör sondens nedre del vara skyddad av en glycerinfyllt plastpåse under stabiliseringen.

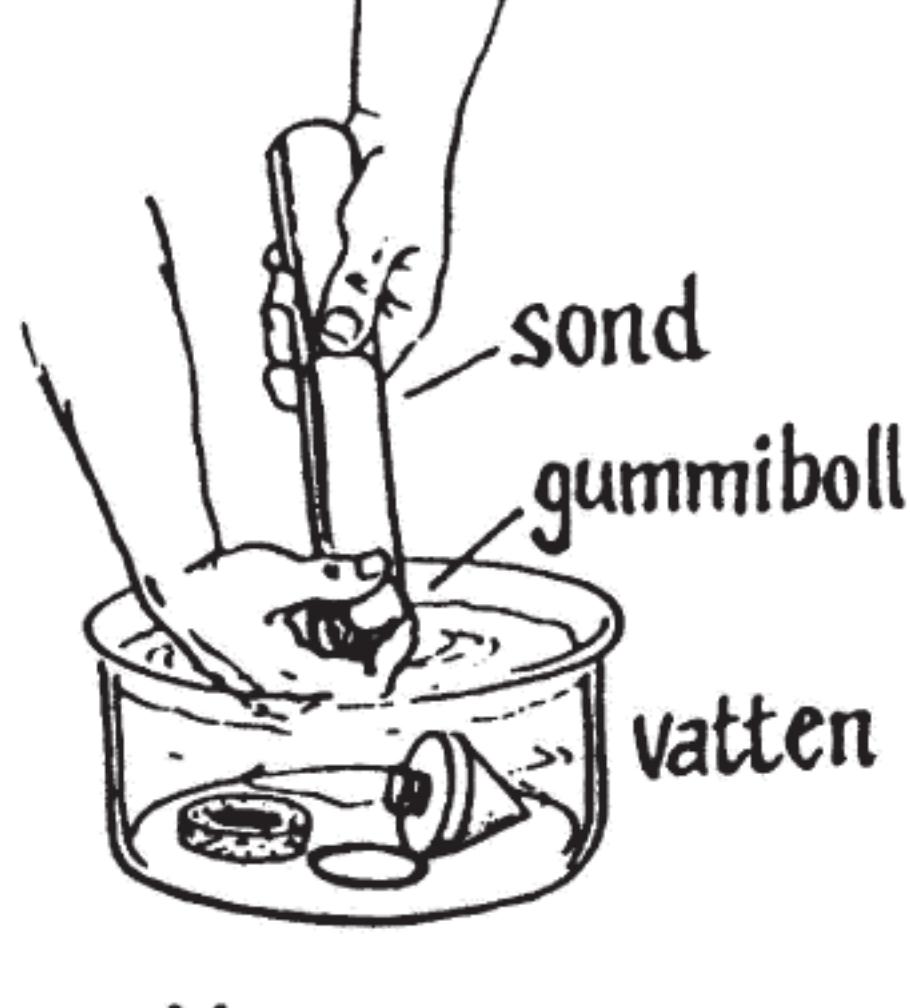
Motsvarande procedur kan göras för vatten. Ett tips är att använda en gummi-boll som tätar när sondenspetsen förs ned under vattnet, se **Figur 7.7**. Det är viktigt att allt sker under vatten och den färdigmonterade sonden överförs till borrhålet i en vattenfyld påse eller i skydd av en kondom. När sondspetsen är under vattnet slits plastpåsen av.

Vätskemättnad av en spets där det porösa filtret är ersatt med en smal spalt sker genom att spetsen skruvas av. Pipen på en fettub sticks in i hålet i spetsens bakkant och fett pressas in så att det fyller alla hålrum. Pipen dras ut under fortsatt fettuttryckning så att spetsen blir helt fylld. Sonden vänds upp och ned och hålrummet vid portrycksmätaren fylls med avluftat vatten varpå spetsen skruvas fast, **Figur 7.8**.



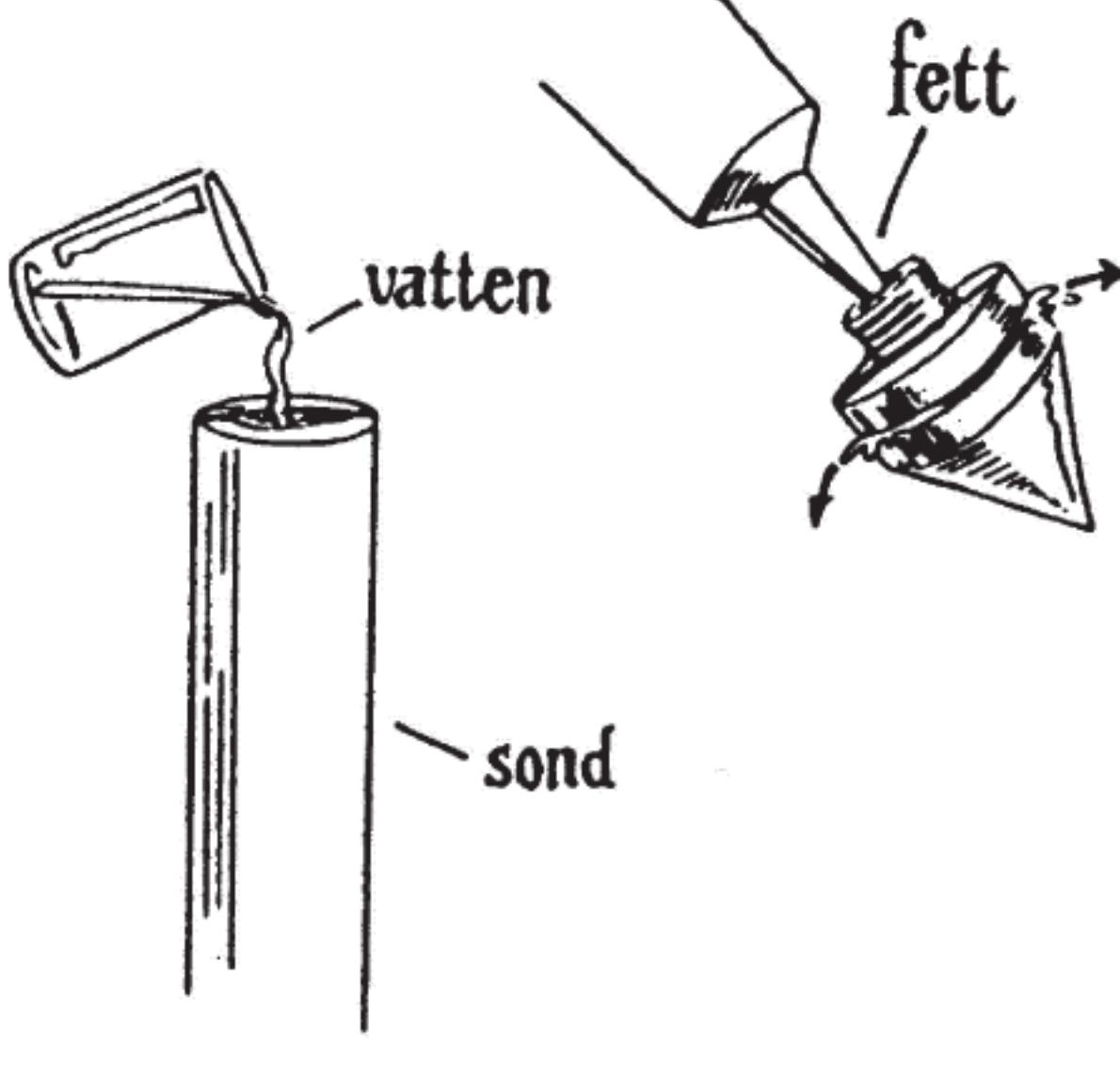
**Glycerin**

**Figur 7.7** Exempel på sätt att vätske-mätta sonderingsspets med glyce-rin.



**Vatten**

**Figur 7.6** Exempel på sätt att vätskemätta sonderingsspets med vatten.



**Spaltfilter**

**Figur 7.8** Exempel på sätt att vätskemätta sonderings-spets med spaltfilter.

## Efter sonderingen

Sonderingslängden vid sonderingsstopp avläses manuellt och noteras.

Därefter dras sonden upp. Direkt efter uppdragningen och innan sondens temperatur ändras tas nya nollvärdet. Nollavläsning skall utföras på en obelastad sond, med monterad spets, friktionshylsa och portrycksfilter på samma sätt

som innan start av sonderingen.

Eventuell onormal förslitning kontrolleras och noteras. Spalter och tätringar inspekteras och rengörs.

Efter sonderingen studeras vattenytan i borrhålet. Visar det sig att artesiskt vatten strömmar upp ur borrhålet måste detta tätas. Grundvattenytans läge efter stabilisering noteras om hålet inte tätats.

Direkt efter att sonderingen avslutats införs all nödvändig information och gjorda iakttagelser i protokoll, se Kapitel 13.

Efter varje utfört sonderingsprojekt liksom vid slutet av varje arbetsdag ska sonden tas isär och rengöras. O-ringar och tätningsringar kontrolleras och smörjs in med vaselin och eventuell fukt torkas ut innan sonden åter sätts ihop. Uttorkningen får endast ske vid rumstemperatur och inte genom upphettning.

## 7.2.5 Utförande

### Före start

- Om nödvändigt förborra genom fyllning eller torrskorpa och om möjligt till grundvattenytan eller vattenmättad jord.
- Förankra borrhagnen vid behov
- Rikta gejdern vertikalt med hjälp av vattenpass. Avvikelsen från lodlinjen får inte vara större än 2 % (2 cm/m).
- Starta datainsamlingsenheten och skriv in aktuell information för projektet och borrhålet.
- Kontrollera med kraftmätare att spetsens kraftgivare visar rätt värden.

### Kontroller under utförande

Kontrollera kontinuerligt under sonderingen att mätvärden registreras i datainsamlingsenheten och att rätt neddrivningshastighet används.

Se till att sondstängernas axel sammanfaller med gejderns tryckriktning och starta neddrivningen. Neddrivningshastigheten ska vara 20 mm/s. Uppehåll i sonderingen görs endast för skarvning av sondstänger och omtagning av grepp. Korta stopp i permeabla lager under grundvattenytan, för mätning av portrycksutjämning, kan dock accepteras. Notera sådana stopp i protokoll.

Jämför kontinuerligt att antalet sondstänger överensstämmer med det sonderingsdjup som registrerats i datainsamlingsenheten.

Kontrollera spetstrycket under sonderingens slutskede för att vara beredd på omedelbart stopp när maximal spetskraft uppnåtts eller lutningen blivit för stor.

Sonderingen avslutas när maximal spetskraft uppnåtts eller när förutbestämt sonderingsdjup åstadkommits.

## 7.2.6 Redovisning

Redovisning av spetstrycksondering ska utföras enligt **Tabell 7.3** samt Kapitel 1 samt enligt SGF/BGS beteckningssystem samt kontrollera så att metodkoderna är rätt enligt nya dataformatet, ja det stämmer. Spets- och mantelareaefaktor ska också anges i fältprotokoll.

## 7.2.7 Kalibrering av utrustning och krav på noggrannhet

En ny spetstrycksond ska vid leverans vara kalibrerad med avseende på:

- Areafaktor för såväl spets som friktionshylsa.
- Inverkan av inre friktion
- ”Cross talk” eller interferenseffekter
- Temperatureffekter

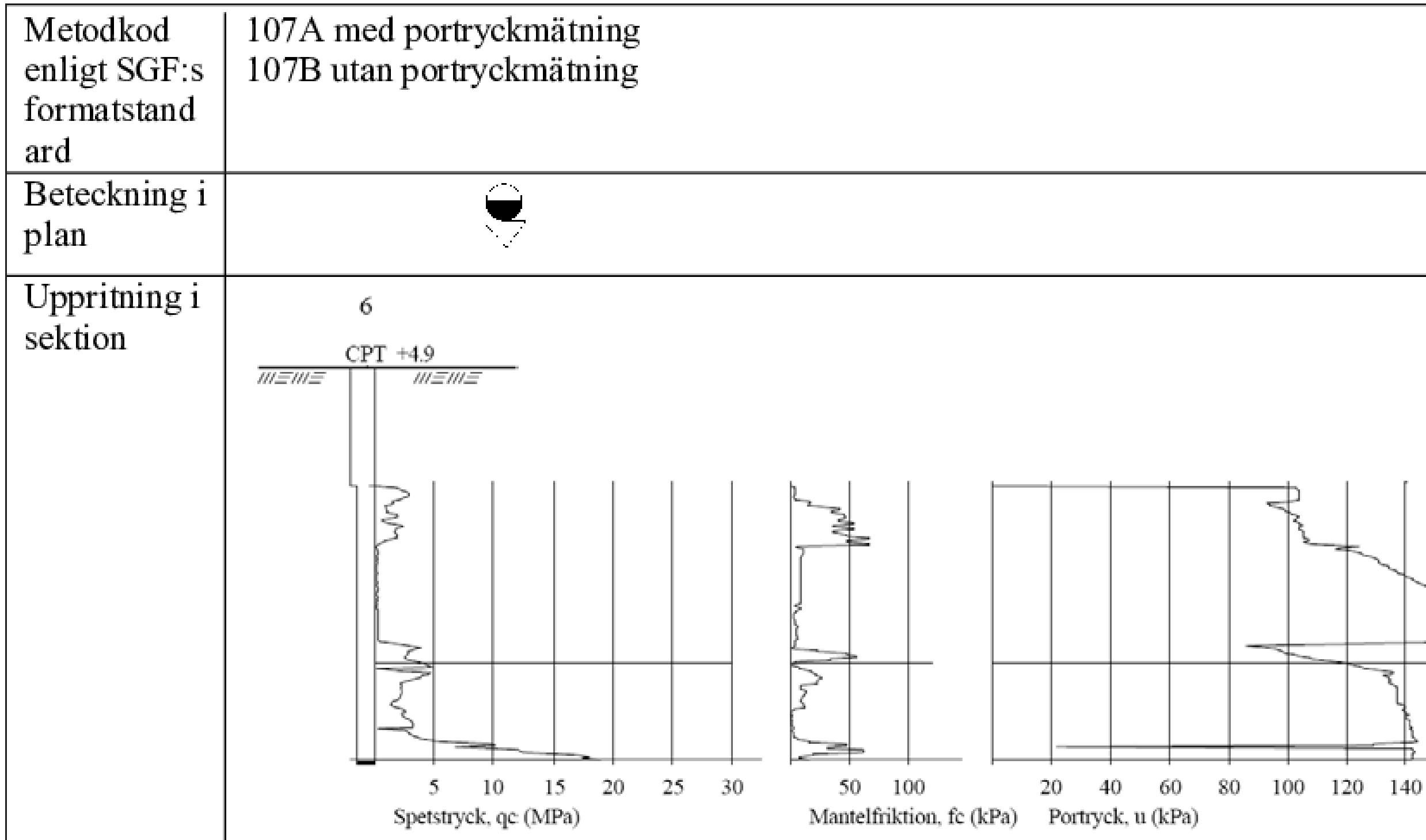
Dessutom ska alla ingående sensorer kalibreras helst tillsammans med aktuell datainsamlingsenhet.

Därefter ska sonden kalibreras minst var 6:e månad eller när större reparationer utförts eller när vitala delar bytts ut. Vid långa projekt bör sonden kalibreras var 3:e månad.

När alla felkällor, såsom t.ex. inre friktion, onoggrannhet i sensorer och datainsamlingsenhet, excentrisk belastning, temperatureffekter och dimensionsfel är adderade ska mätonoggrannheten vara högst de i **Tabell 7.4** angivna.

Den tillåtna maximala onoggrannheten är det lägsta av de två som är angivna i **Tabell 7.4**. De procentuella värdena i tabellen ska räknas på det aktuella mätvärdet och således inte på maximalt mätområde.

Funktionskontroll av spetskraft i fält kan enkelt utföras med hjälp av en lastcell. Tryckgivaren kan kontrolleras för små portryck nedsänkt i ett vattenfyllt borrhål.



Tabell 7.3 Redovisning av spetstrycksondering.

användnings klass	Försökstyp	Parametrar att mäta	mät-onoggrannhet*	Avläsnings-intervall Mm
0	CPTU	Spetsmotstånd Mantelfriktion Portryck Lutning Djup	20 kPa eller 2% 2 kPa eller 2% 1 kPa eller 2% 2° 0.1 m eller 1%	10 för portryck och 20 för övriga parametrar
1	CPTU	Spetsmotstånd Mantelfriktion Portryck Lutning Djup	35 kPa eller 5% 5 kPa eller 10% 10 kPa eller 2% 2° 0.1 m eller 1%	20
2	CPT,CPTU	Spetsmotstånd Mantelfriktion Portryck Lutning Djup	100 kPa eller 5% 15 kPa eller 15% 25 kPa eller 3% 2° 0.1 m eller 1%	20
3	CPT, CPTU	Spetsmotstånd Mantelfriktion Portryck Lutning Djup	200 kPa eller 5% 25 kPa eller 15% 50 kPa eller 5% 5° 0.2 m eller 2%	50
4	CPT	Spetsmotstånd Mantelfriktion Djup	500 kPa eller 5% 50 kPa eller 20% 0.2 m eller 2%	50

\* = % av avläst värde.

Tabell 7.4 Tillåtna totala mätonoggranheter.

## 7.3 Jord-Bergsondering

### 7.3.1 Beskrivning

[Se instruktionsfilm för Jord-Bergsondering här.](#)

Med jord-bergsondering (Jb-sondering) avses normalt sondering i jord och berg med hydrauldrivna borrmaskiner med borrhänger och bergborrkrona. Vid Jb-sondering överförs slagenergi från en slaghammare via ett borrhåll till en borrhrona, som kan vara av olika typ och dimension. Slagenergin används för avverkning av det genomborrade mediet. Borrhållet roteras och tryckbelastas samtidigt som borrhronan slås/pressas mot berget. För att borrhning ska kunna utföras på ett kontrollerat sätt hålls borrhålsbotten ren från lösgjorda fragment med hjälp av spolning genom ett centralt spolhål i borrhållet och spolkanaler i borrhronan. Vanligtvis används vatten eller luft som spolmedia, men också andra typer som tung borrvätska, skum eller polymerer förekommer.

I SGF Metodbeskrivning Rapport 4:2012 indelas Jb-sondering i fyra klasser som benämns Jb-1, Jb-2, Jb-3 och Jb-tot. Klassificeringen inryms i den rambeskrivande europastandarden ISO/WD 22476-X som för närvarande är under framtagande.

**Jb-1** är den enklaste klassen och kan utföras med borriggar utan registreringsutrustning. Tiden för 0,2 m sjunkning mäts då manuellt och antecknas i protokoll. Vid borrhning med geoteknisk undersökningsrigg finns det normalt ingen anledning att utföra sonderingsborrningen som Jb-1, utan här används någon av de mer noggrannare sonderingsklasserna.

**Jb-2** används för bestämning av bergnivå samt för att grovt bedöma bergets kvalité vid borrhning i kristallint berg inför konventionell platt- och pålgrundläggning samt diverse schaktarbeten. Vid borrhning genom bottenmorän och rösberg kan bergöverytan vara svårdefinierad, både under själva borrhningsarbetet och vid efterföljande tolkning av registrerade borrhparametrar. Normalt borras minst 3 eller 5 m i berg, men både längre och kortare borrlängd kan före-

komma beroende på syftet. Ar borrlängderna kortare måste risken för att borrhning skett i block beaktas. Vid sondering genom jordlager ges en indikation om jordens sten och blockinnehåll.



Figur 7.9 Jb-sondering.

**Jb-3** genomförs företrädesvis vid sondering i sedimentärt berg samt vid mer komplicerade bergarbeten och grundläggningar. Här krävs det ofta borrhning i berg längre än 5 m. Det rekommenderas att Jb-3 utförs i ett installerat foderrör genom jordtäcket, alternativt från avschaktad yta eller berg i dagen. Då påverkar inte jorden borregistreringen och dessutom ges möjligheten att mäta returvattnet för jämförelse med registrerat spolflöde. Den stora fördelen är emeller tid att foderröret ger möjlighet att utföra andra mätningar och loggningar i det utförda sonderingsborrhålet för en kvalificerad bedömning av bergkvalitet och struktur. Jb-3 sonderingen ger stöd vid tolkning och utvärdering. Borrkronans diameter måste dock anpassas till respektive kompletterande metod. För att kunna göra en bedömning av bergets hårdhet och vittringsgrad från borregistreringen krävs att platsspecifik referensborrning genomförs.

**Jb-totalsondering (Jb-tot)** görs med motsvarande registrering som för Jb-2 med tillägget att man har infört ett vridtryckske, d.v.s. ett statiskt skede med avslagen hammare och spolning samt konstant rotations- och sjunkhastighet (25 rpm respektive 20 mm/s). Vridtryckskedet kan då ofta ersätta kompletterande vikt- och mekanisk trycksondering och man får på så sätt en rationell sonderingsmetod. Metoden är effektiv vid undersökningar där grovkornig jord överlagrar lösare. Särskilt användbar är metoden vid undersökningar i isälvs-material med kombinationen spetstrycksondering med Jb-totalsondering varvid en god bild av hela jordlagerföljden och dess fasthet samt bergläge erhållits. En stor fördel med Jb-tot är att man kan minska antal medhavda typer av sondstänger. Utförs spetstrycksondering med samma stångtyp ( $\phi 44$  mm geostänger) som Jb-totalsondering täcks de flesta undersökningssituationer endast med en stångtyp och dimension.

### 7.3.2 Utrustning

**Borrigg:** skall ha en sådan tyngd att den inte förflyttas varken i vertikal- eller

horisontalled under sonderingsborrningen.

**Hammare:** endast toppslående hydrauliskt driven hammare. I samtliga sonderingsklasser skall hammare väljas så att sjunkningshastigheten i hårt osprucket berg blir 3,3 till 10 mm per sekund (motsvarande 60 till 20 s/0,2 m) med aktuell utrustning och parameterinställning som erhållits vid kalibreringsborrning. Önskas högre upplösning i jord eller mjukt/trasigt berg skall sjunkningshastighet i det lägre intervallet väljas.

**Vridmotor:** Vridmotorns kapacitet ska vara 40 – 200 rpm. Varvtalet skall väljas så att stiftborrkronans periferihastighet är ca 10 mm per hammarslag och vid val av skärborrkrona skall periferihastigheten vara ca 12,5 mm per hammarslag.

**Spolmedia:** Vid Jb-1 och Jb-2 kan spolning göras med såväl luft- som vattenspolning (eller annan flytande spolmedia). Vid Jb-3 och Jb-tot skall vattenspolning användas. Dock kan luftspolning användas i undantagsfall vid Jb-tot t.ex. vid sträng kyla eller då vatten inte får tillföras i marken.

**Borrstål:** Vid Jb-1 kan utvändiga skarvhylsor användas. För övriga klasser (Jb-2, Jb-3, Jb-tot) ska invändiga skarvtappar användas så att stängerna har samma ytterdiameter längs hela sin längd. Maximal tillåten utböjning för sondstång från en rät linje mellanstångens ändpunkter för de nedersta 5 m borrstål är 1,0 mm/m i förhållande till en rät linje genom ändpunkterna. Motsvarande för borrstålen högre upp är 1,5 mm/m. Ovanstående krav gäller också över skarvorna. Borrstål anpassas till borrkronans diameter med undantag för Jb-tot där sondstång skall utgöras av Geostänger med ytterdiameter  $\varnothing$  44 mm.

**Borrkrona:** Vid Jb-1, Jb-2, Jb-3 kan stiftborrkrona som skärborrkrona användas. Typ och diameter anpassas till geologisk formation samt att ovanstående sjunkkriterier uppfylls. Vid Jb-tot skall borrkronan utgöras av 57 mm stiftborrkrona som förses med backventil för att förhindra att lös jord tränger in i borrstålet under den statiska sonderingsfasen. Stiftborrkronan ska slipas när borrhjunkning synbart blir lägre än förväntat, eller när andra skador börjat uppträda på stift eller skär. Stiftborrkrona ska slipas när slitfasen överstiger halva stiftets diameter. Vid periferislitage ska hårdmetallen slipas när släppningen är mindre än 0,5 mm på en stiftkrona. Skärborrkrona ska slipas senast när maximal slitfas är 2,4 mm mätt 5 mm från kronans periferi eller när maximalt periferislitage är 2 mm. Dessa kontroller utförs med en för ändamålet avsedd tolk.



Figur 7.10 Borrkronor.

### 7.3.3 Parametrar

I Tabell 7.5 görs en generell sammanställning av ingående krav på mätta parametrar samt godtagbart utförande för registrering och val av spolmedium.

### 7.3.4 Kontroller

**Fältkontroll** utförs dagligen vid borring för att kontrollera att sensorernas och manometrarnas värde inte förändras sedan kalibreringen. All fältkontroll dokumenteras och förvaras i anslutning till borriggen. Inför varje borrhål skall kontrolleras att borrkronan håller föreskrivna toleranser, att stålen är raka enligt föreskrivna toleranser, att inga mekaniska friktioner finns i borrustrustningen, inställning av aktuellt matningstryck och rotationshastighet. Avvikelse åtgärdas före start av ny sondering eller vid den dagliga kontrollen, före dagens första sondering. Bedöms avvikelsen vara av sådan natur att den påverkar sonderringsresultatet i ringa omfattning kan sondering ändå utföras. Avvikelse måste emellertid alltid protokollföras. I syfte att kontrollera att gällande kalibreringsvärde innehålls utförs var 14:e dag eller när något har inträffat som befaras ha påverkat inställningar eller kalibreringar, kontroller av registreringsutrustning, givare och manometrar.

- Sjunkningshastighet kontrolleras genom att 1,00 m sondering görs i tomt borrhål eller ovanför markytan med konstant hastighet. Tiden mäts och omräknas till hastighet som jämförs med det registrerade värdet.
- Rotationshastighet kontrolleras genom att antal varv räknas och jämförs med det antal som registrerats på registreringenheten. Detta kan lämpligen göras med en tachometer som direkt ger rotationshastigheten i rpm.
- Matningskraft kontrolleras genom att lägga ett tryck på stången som antingen avläses på en manometer på borriggen eller med en extern kraftgivare. Ert hållt mätvärde jämförs med det registrerade.
- Rotationstryck och hammartryck kontrolleras genom att utslaget på den manometer som är ansluten till hydraulsystemet för vridmotorn avläses och jämförs med registrerat värde.
- Spolvattentryck kontrolleras genom att utslaget på en manometer placerad vid flödesgivaren jämförs med registreringen.
- Spolvattenflöde kontrolleras genom att tiden som åtgår för att fylla ett kärl med känd volym mäts. Det härur beräknade flödet jämförs med det som registrerats. Exempel på utrustning för fältkontroller kan vara:
  - o Måttsatt hink
  - o Tumstock eller måttband
  - o Klocka
  - o Skjutmått
  - o Elektrisk lastcell med mätenhet

	Enhet	Sonderingsklass			
		Jb-1	Jb-2	Jb-3	Jb-tot
<b>Registrering</b>					
Manuell registrering		X	-	-	-
Automatisk registrering		X	X	X	X
<b>Parametrar</b>					
Djup	m	X	X	X	X
Borrmotstånd	s/0,20 m	X	X	X	X
Sjunkningshastighet	mm/s	-	X	X	X
Matningskraft	kN	-	X	X	X
Hammartryck	MPa	-	X	X	X
Vridmoment/tryck på vridmotorn	MPa	-	X	X	X
Rotationshastighet	rpm	-	X	X	X
Spoltryck	MPa	-	-	X	-
Spolflöde	l/min	-	-	X	-
<b>Spolmedia</b>					
Luftspolning		X	X	-	(x)
Vattenspolning		X	X	X	X

X Ingår i metoden

(x) Undantagsvis t ex sträng kyla

- Ingår inte i metoden

Tabell 7.5 Generell sammanställning av Jb-metoden.

### 7.3.5 Utförande

Borriggen ställs upp stabilt så att den inte kan ändra sitt ursprungliga läge. Lodning och ev. förankring görs av borriggen. Maximal tillåten avvikelse från lodlinjen är 2 % eller 20 mm/m vid vertikala borrhål och motsvarande avvikelse vid lutande hål.

Följande borrparametrar skall hållas konstanta under sonderingens gång:

- Matningskraft
- Rotationshastighet
- Hammartrycket.

Vid Jb-tot ska i vridtryckskedet sjunkhastighet (20 mm/s) samt rotationshastighet (25 rpm) vara konstant. Under hammarborrning i jord hålls matningskraft, rotationshastighet och hammartryck konstanta med parameterinställningar anpassade efter jordförhållanden.

Vid bergborrning används de parameterinställningar som erhållits vid kalibreringsborrning. Avvikelser kan dock uppstå vid t.ex. borrning i trasigt berg eller vid påhugg i släntberg.

### Arbetsgång Jb-1, Jb-2 och Jb-3:

1. Kontrollera att masten står lodrätt. Första borrstålet skall hänga centrerat istånglåset
2. Gör nollavläsning antingen utan borrstål, eller med kronan ca 10 cm ovan markytan.
3. När nollavläsning är klar och borrkronan står i marknivå (alternativt vattenyta) starta spolning.
4. Starta registrering på fältdator samtidigt som matning nedåt försiktigt påbörjas.
5. Slå på hammare vid behov, t.ex. vid tjälad eller fast mark eller fyllning.
6. Starta rotation. Det är lättare att få stången att gå rakt om rotation inte startas direkt vid markytan i fastmark.

7. När första stången borrats ned och nästa stång skarvats på, kontrolleras att borrstålet är i lod. Annars flyttas borrpunktens läge något
8. Borrning i jord: sker med efter jordförhållanden anpassad konstant matningskraft, rotationshastighet samt hammartryck. Kontroll görs att det hela tiden finns spolning, men utan att spoltrycket ökas onödigt mycket. I lös jord, ska hammaren, samt i möjligaste mån rotationen vara avslagen. Fältbedömningar och noteringar görs enligt ovan.
9. Borrning i berg: ska i normalfall ske med samma inställningar som användes vid kalibreringsborrningen. Konstant matningskraft, rotationshastighet samt hammartryck. Fältbedömningar och noteringar görs enligt ovan.
10. Borrning i berg genomförs till avtalad längd i berg.

### Arbetsgång Jb-tot:

1. Den maximala tryckkraften (15 – 30 kN) som borriggen kan uppnå vid sonderingspunkten anges i protokoll eller till datainsamlingssystem.
2. Förborrning (hammarborrning) genomförs för de inledande 0,5 m för att få en god styrning vid sonderingen.
3. Den statiska vridtryckssonderingen påbörjas med konstant rotationshastighet, 25 rpm, och konstant sjunkhastighet 20 mm/s. Vridningen skall inledas omedelbart när tryckningen startas.
4. Då sondering utförs i jordart som bildar en hård propp i spolhålen, t.ex. vissa siltiga jordar och lemorän, trycks proppen ut med spolning vid varje stångskarvning.
5. När sonderingsmotståndet blir för stort så att den konstanta sjunkhastigheten inte kan upprätthållas påbörjas hammarborrning genom att spolning kopplas på och direkt därefter hammaren med normal vridhastighet och matningskraft enligt principer gällande för Jb 2- sondering.
6. När block, hinder eller fastare jordlager borrats igenom med hammarborrning förs borrkronan upp och ner några gånger med samtidig spolning för att säkerställa att inte inspänningar och friktion erhålls mot sondstången. Därefter återupptas det statiska vridtryckskedet.

**Fältbedömningar och noteringar** ska genomföras under hela sonderingsförlöpet avseende:

- Fälttolkning av jordlager
- Genomborrade block eller annat material
- Förmodad bergyta
- Borrkaxnoteringar
- Nivå för bergsprickor eller krosszoner
- Avvikelse i försöksutförandet

**Foderrör** ska installeras vid borrning på vatten från flotte eller plattform om strömförhållandena är sådana att sondstängernas utböjning är för stor, eller att vertikaliteten enligt ovan inte kan uppfyllas. Foderrörens utböjning ska tolkas före sondering. Borrstålet ska gå fritt i foderröret. Vidare gäller att foderrör skall sättas då borrstångens fria längd överstiger 3 m.

Avtalad borrlängd i förmodat berg ska vara upprättad för varje borrhål bero-

ende på syftet. Vid sondering inför underjordsanläggningar i berg ska förutbestämda borrhål i berggrunden pluggas med cementinjektering. Tätning av jorddelen utförs i utvalda borrhål med bentonit.

### 7.3.6 Redovisning

Fälttolkningar skall göras för samtliga sonderingsklasser.

Vid ritningsredovisning i plan redovisas Jb-sondering i plan som dynamisk sondering (d.v.s. med övre cirkelhalvan fylld) med undantag av Jb-tot som redovisas både som en dynamisk och statisk sondering (d.v.s. både den övre och undre halvan fylld). Har borrkax tagits för analys redovisas detta med halvfylld undre cirkel enligt nedan.

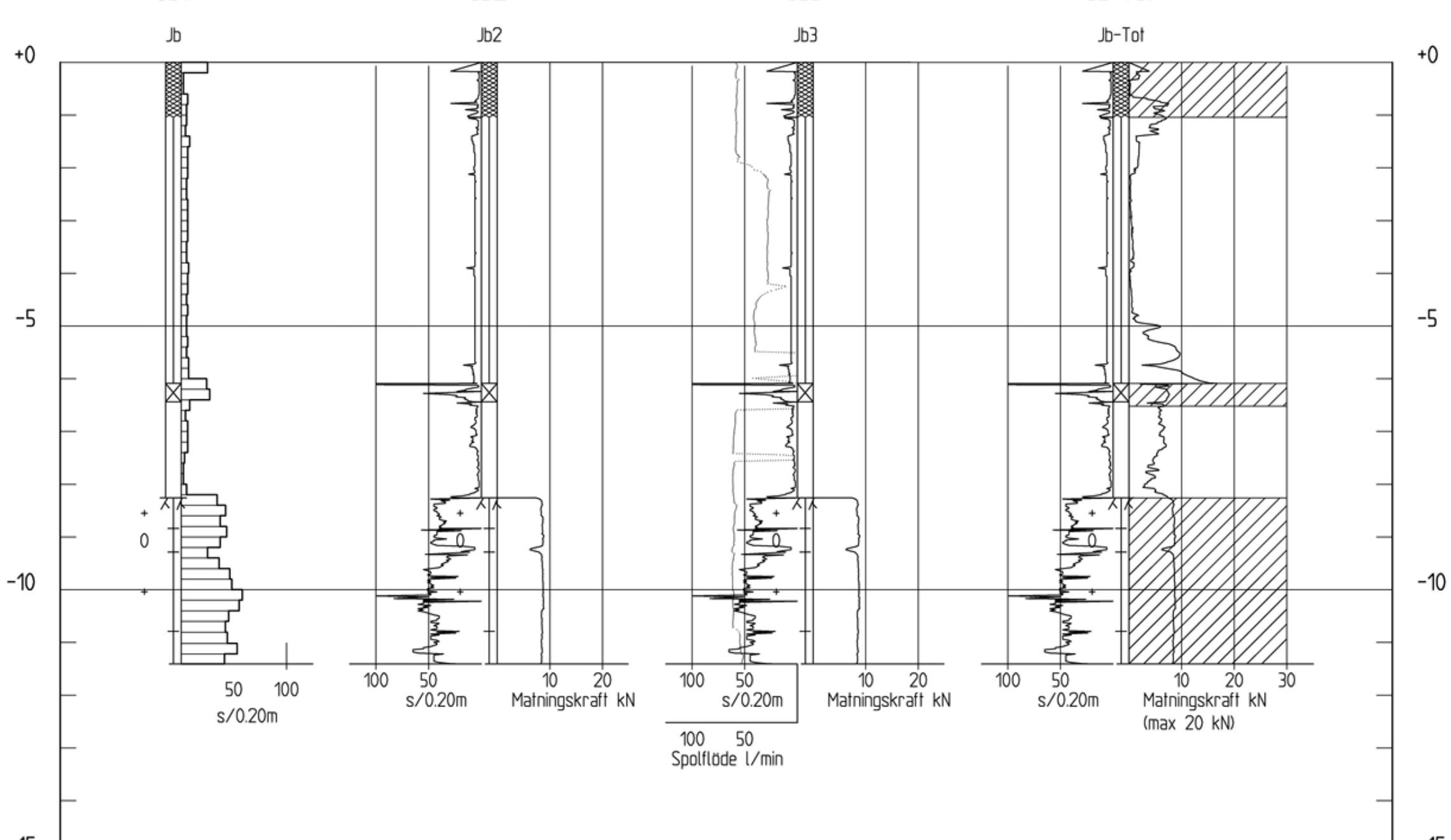
Redovisning på sektionsritning för sonderingsklasserna visas i **Figur 7.11**.

Metodkod enligt SGF:s formatstandard är 12 för Jb-1, 41 för Jb-2, 42 för Jb-3 och slutligen 73 för Jb-tot.

Beteckning	Förklaring	Formatkod (kommentarkod)
+	Inte märkbara sprickor, jämn sjunkning	42
0	Sprickigt berg, märkbara sprickor	43
-	Mycket sprickigt berg, svårigheter att vrida	44
--	Öppen eller fylld spricka, fri sjunkning	45

Tabell 7.6 Symboler för fältbedömning av bergets sprickighet.

- Dynamisk sondering Jb-1, Jb-2, Jb-3
- Statisk och dynamisk sondering Jb-tot
- Sondering till förmodat berg
- Sondering mindre än 3 m i förmodat berg
- Sondering minst 3 m i förmodat berg
- Sondering minst 3 m i förmodat berg samt analys av borrkax
- Lutande borrhål ned till förmodat berg. Planprojicerat läge redovisas samt bergnivå och borrhålsslut.



Figur 7.11 Redovisning av Jb-sondering enligt SGF Metodbeskrivning Rapport 4:2012.

### 7.3.7 Kalibrering av utrustning och krav på noggrannhet

**Kalibreringsborrning** utförs i syfte att ställa in hammare(tryck), matningskraft, krondiameter, varvtal och spolning så att angivna sjunkningskrav kan innehållas. Kalibreringsborrning skall alltid utföras av ny borrustrustning eller när förändringar har utförts av utrustningen. Det rekommenderas att kalibreringsborrning sker före start av varje större projekt, dock minst var sjätte månad. Kalibreringsborrning ska utföras i homogent kristallint berg med varmkörd maskin i syfte att ställa in matningstryck, rotationshastighet och andra borraparametrar så att borrsjunkningen blir ett konstant värde mellan 3,3 till 10 mm/s motsvarande ett borrmotstånd på mellan 60 respektive 20 s/0,2 m. De inställningar på borraparametrar som erhålls vid kalibreringsborrning ska sedan hållas vid all efterföljande Jb-sondering till dess att en ny kalibreringsborrning utförs.

**Kalibrering av sensorer och manometrar** ska utföras regelbundet och utföras så att erhållna värden ska vara spårbara till referenssensorer. Sensorer för mätning av de aktuella parametrarna ska regelbundet kalibreras på godkänt sätt.

För sjunkningshastighet och matningskraft gäller att sensorerna skall kalibreras minst var sjätte månad och för övriga sensorer gäller minst 1 gång per år. Manometrar för mätning av matningskraft, vridmoment och spoltryck kalibreras som övriga givare. Vid större avvikelse än angivna toleranser mellan uppmätta och registrerade värden skall givarekonstanter ändras i registreringsenheten. Om detta inte låter sig utföras direkt kan mätvärdena justeras i samband med redovisning. Alla kalibreringsprotokoll ska förvaras i anslutning till borrustrustningen.

Vid soneringsklass Jb-2, Jb-3 och Jb-tot skall automatisk registrering göras minst en gång per 25 mm borrsjunkning av samtliga i klassen ingående parametrar. Vid Jb-1 ska borrmotståndet registreras eller protokollföras minst varje 0,2 m. Borrkronans verkliga nivå skall kunna bestämmas med en absolutnoggrannhet av  $\pm 0,05$  m eller bättre relativt markytan eller annat referenssystem. Borraparametrar ska mätas med minst de i **Tabell 7.7** angivna noggrannhet. I Tabellen anges absolutnoggrannhet, d.v.s. maximalt tillåtet fel i varje mätvärde för djup, borrmotstånd, sjunkningshastighet, matningskraft( $< 10$  kN) samt varvtal. För övriga mätvärden gäller % av fullt skalutslag d.v.s. sensorns maximala mätområde.

Parametrar	Enhets	Intervall	Sonderingsklass			
			Jb-1	Jb-2	Jb-3	Jb-TOT
Mätfrekvens minimum	m	-	0,20	0,025	0,025	0,025
Djup	mm/m	Hela mätområdet	2,5	2,5	2,5	2,5
Borrmotstånd	s	Hela mätområdet	1	-	-	-
Sjunkningshastighet	-	Hela mätområdet	-	1 %	1 %	1 %
Matningskraft	kN	0-10 kN	-	$\pm 0,25$	$\pm 0,25$	$\pm 0,25$
	-	$> 10$ kN	-	5 %	5 %	5 %
Hammartryck	-	Hela mätområdet	-	2 %	2 %	2 %
Tryck på vridmotorn	-	Hela mätområdet	-	2 %	2 %	2 %
Varvtal	rpm	Hela mätområdet	-	1	1	1
Spoltryck	-	Hela mätområdet	-	2 %	2 %	2 %
Spolflöde	-	Hela mätområdet	-	2 %	2 %	2 %

Tabell 7.7 Mätnoggrannhet för parametrar vid olika soneringsklasser.

## 7.4 Hejarsondering

### 7.4.1 Beskrivning

## [Se instruktionsfilm för Jord-Bergsondering här.](#)

Hejarsondering är en gammal sonderingsmetod som i Sverige utvecklats från 1935 och framåt. Syftet med hejarborren var då att bestämma fasta bottens läge. Metoden utfördes då helt manuellt men har sedermera också utvecklats för motordriven sonderingsutrustning.

Den senaste svenska metodbeskrivning från 1979 är nu helt ersatt av en europeisk fältstandard som innehåller förutom den ”svenska” hejarsondering också

flera varianter med både lättare och tyngre slagning.

Vid hejarsondering slås en konad cylindrisk sondspets ned i jorden med en frifallshejare. Slagenergin överförs till sondstängerna via en slagdyna med mellanlägg. Antalet slag, beroende på metod registreras eller antecknas för varje 0,1 eller 0,2 meters sjunkning.

Gällande standard SS-EN ISO 22476-2 innehåller 5 hejarsonderingsmetoder med olika slagenergi:

- Lätt hejarsondering (DPL)
- Medeltung hejarsondering (DPM)
- Tung hejarsondering (DPH).
- Mycket tung hejarsondering, typ A (DPSH-A)
- Mycket tung hejarsondering, typ B (DPSH-B)



Figur 7.12 Hejarsondering

Metoden DPSH-A är nära nog identisk med tidigare svensk hejarsondering, metod HfA. Det finns en Svensk Nationell Bilaga till Europastandarden som innehåller tilläggsinformation om hur metoden skall utföras i Sverige.

Hejarsondering används huvudsakligen för bestämning av sannolikt stopp för spetsburna betongpålar, samt via empiri för härledning av olika jordparametrar avseende hållfasthets- och deformationsegenskaperi friktionsjordar, moräner och sådan lemrän där andra sonderingsmetoder inte kan drivas ned.

### 7.4.2 Utrustning

Fakta om de olika hejarsonderingsmetodernas geometriska data framgår av **Tabel 7.8.**

Nedan anges olika krav på utrustningen som gäller för metoden DPSH-A. Kraven gäller också i tillämpliga delar för de övriga metoderna.

Hejarens diameter  $D_h$  är för de vanligaste svenska utrustningarna mellan 270 och 320 mm.

Utrustning för hejarsondering består av följande huvuddelar:

- Neddrivningsutrustning, hejare.

- Sondstänger med slagdyna, styrrör och mellanlägg.
- Sondspets.

Utrustning för neddrivningen av **hejaren** ska vara så utformat så att inget eller ringa motstånd (friktion) erhålls under fallet.

**Slagdynan** ska vara ordentligt fäst vid sondstängerna.

Neddrivning görs med **frifallshejare** monterad i en så kallad hejarbock eller på en borrvagn. För DSPH-A ska hejarens massa vara  $63,5 \pm 0,5$  kg och förhållandet mellan längd och diameter ska vara mellan 1 och 2. Hejaren ska löpa på styrröret genom ett axiellt hål vars diameter är 3 – 4 mm större än styrrörets diameter. Fallhöjden ska vara  $500 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ .

Vid sonderingen används stötutjämnande **mellanlägg** som tillsammans med hejare och fallhöjd enligt ovan ger en stötvågskraft på 50 – 60 kN i sondstången. Mellanläggen skall bestå av två st 2 mm uretangummi (Trelleborgs kvalitet 4013) eller motsvarande, 120 mm i yttardiameter och försett med ett 35 mm hål.

Utrustning/Metod	Sym- bol	Enhet	DPL Lätt	DPM Medium	DPH Tung	DPSH (supertung)	
						DPSH-A	DPSH-B
<i>Neddrivningsutrustning</i>							
Hejarens massa, ny fallhöjd	<i>m</i> <i>h</i>	kg mm	$10 \pm 0,1$ $500 \pm 10$	$30 \pm 0,3$ $500 \pm 10$	$50 \pm 0,5$ $500 \pm 10$	$63,5 \pm 0,5$ $500 \pm 10$	$63,5 \pm 0,5$ $750 \pm 20$
<i>Slagdyna</i>							
diameter massa (max.) (styrstång inberäknad)	<i>d</i> <i>m</i>	mm kg	$50 < d < D_h^a$ 6	$50 < d < D_h^a$ 18	$50 < d < 0,5 D_h^a$ 18	$50 < d < 0,5 D_h^a$ 18	$50 < d < 0,5 D_h^a$ 30
<i>Sondspets</i>							
nominell basyta basdiameter, ny basdiameter, sliten (min) mantellängd (mm) längd på konens spets max. tillåten nedslitning av spetsen	<i>A</i> <i>D</i> <i>D</i> <i>L</i> <i>L</i> <i>L</i>	$\text{cm}^2$ mm mm mm mm mm	10 $35,7 \pm 0,3$ 34 $35,7 \pm 1$ $17,9 \pm 0,1$ 3	15 $43,7 \pm 0,3$ 42 $43,7 \pm 1$ $21,9 \pm 0,1$ 4	15 $43,7 \pm 0,3$ 42 $43,7 \pm 1$ $21,9 \pm 0,1$ 4	16 $45,0 \pm 0,3$ 43 $90,0 \pm 2^b$ $22,5 \pm 0,1$ 5	20 $50,5 \pm 0,5$ 49 $51 \pm 2$ $25,3 \pm 0,4$ 5
<i>Sondstänger<sup>c</sup></i>							
massa (max) diameter OD (max)	<i>m</i> <i>d<sub>r</sub></i>	kg/m mm	3 22	6 32	6 32	6 32	8 35
stängavvikelse <sup>d</sup> : nedersta 5 m återstående		%	0,1 0,2	0,1 0,2	0,1 0,2	0,1 0,2	0,1 0,2
Specifikt arbete per slag	$mgh/A$ <i>E<sub>n</sub></i>	$\text{kJ}/\text{m}^2$	50	100	167	194	238

a  $D_h$  hejarens diameter, vid rektangulär form antas den mindre dimensionen motsvara diametern

b endast förlorbar kon

c maximalstångslängd ska inte överstiga 2 m

Tabell 7.8 Dimensioner och massa för de olika metoderna.

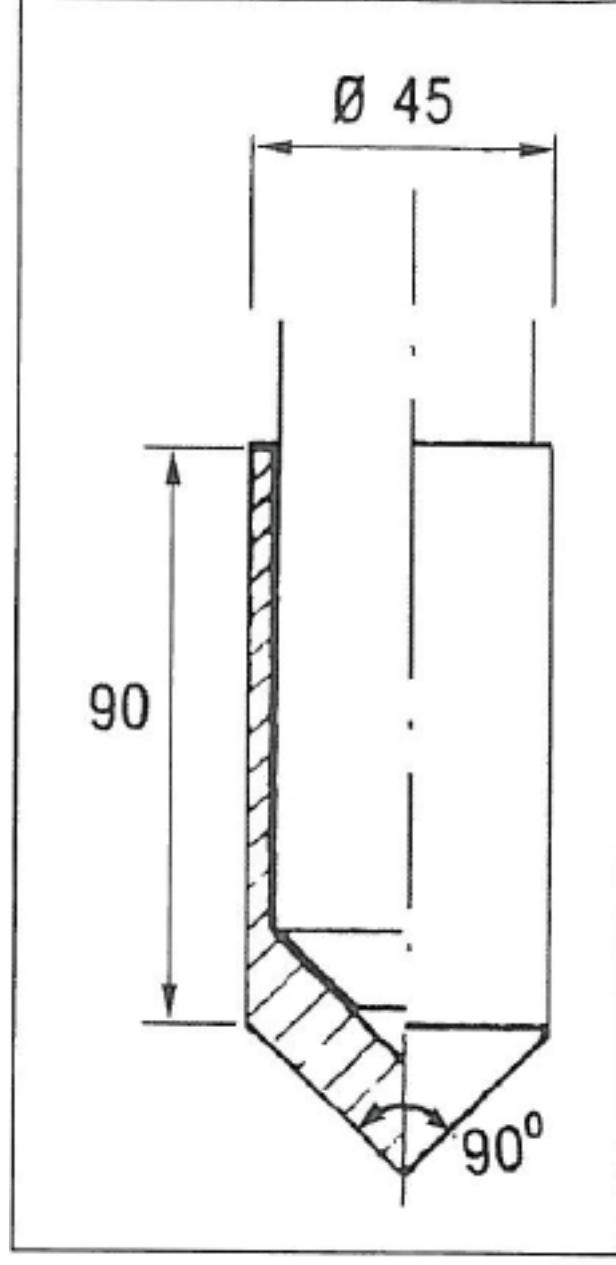
**Sondspetsen** är cylindrisk med diameter  $45 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$ . Spetsen har en konisk nedre ände med spetsvinkel  $90^\circ$ . Den cylindriska delen är 90 mm lång.

**Sondstängerna** ska ha 32 mm diameter och vara av höghållfasthetsstål. Krökningen får inte överstiga 1 mm/m närmast spetsen och 2 mm/m på övriga delar.

Antalet slag på sonden mäts med mekaniska eller elektriska mätvärdesgivare, eller räknas manuellt. Sonderingsdjupet mäts med elektriska, eller mekaniska djupgivare, eller läses av mot markeringar på neddrivningsutrustningens gejder

eller på sondstängerna.

#### 7.4.3 Kontrollpunkter före utförande



Före varje undersökning ska det kontrolleras att dimensionerna på sondspets och övrig utrustning ligger inom de värden som anges i **Tabell 7.9**. Är sondspetsen nedsliten ska den bytas ut och övriga avvikeler åtgärdas.

Kontrollera att mellanläggen är hela och att några finns i reserv.

Rakheten hos stängerna ska kontrolleras en gång på varje ny undersökningsplats och åtminstone efter var 20:e sonderingsförsök på platsen. Efter varje undersökning ska en visuell kontroll av stängernas rakhet utföras.

Figur 7.13 Sondspets för DPSH-A.



Figur 7.14 Detaljer av hejare och slagdyna med gummimellanlägg.

Kontrollera fallhöjden och att slag utförs utan större friktion.

Kontrollera att giltigt kalibreringsbevis finns.

#### 7.4.4 Utförande

Montera neddrivningsutrustning med sondstängerna i lod. Kontrollera att lutningen på utrustningen och hos sondstänger som sticker upp ovan markytan inte avviker mer än 2 % från vertikalen. Om detta inte är fallet ska hejarsonderingen avbrytas. Vid svåra grundförhållanden kan avvikeler på upp till 5 % tillåtas, men ska då noteras i protokoll. Fäst slagdynan med styrrör och två mellanlägg på sondstången.

Vid utförande av hejarsondering där stängerna är fria att röra sig sidledes, till exempel ovan vatten eller i foderrör, ska stängerna styras av stöd med låg friktion med högst 2,0 m inbördes avstånd för att förhindra böjning och utknäckning under neddrivningen.

Starta motorn och lyft hejaren 0,5 m. Slå ner sonden med konstant slagfrekvens som ska vara mellan 15 och 30 slag/minut.

Alla avbrott längre än 5 minuter under sonderingen ska noteras.

Metodkod enligt SGF:s formatstandard	<b>108</b> för DPSH-A (supertung), tidigare svensk HfA 108A för DPL (lätt) 108B för DPM (medium) 108C för DMH (tung) 108D för DPSH-B (supertung)
Beteckning i plan	●
Uppritning i sektion	<p style="text-align: center;"><b>N6302</b></p> <p>The diagram shows a vertical borehole section labeled 'N6302'. At the top, it says 'HfA +4.7'. The left side shows soil layers with different patterns. A vertical axis on the left is labeled 'x' at the top and 'uvr' at the bottom. On the right, there are two horizontal axes: the top one is labeled 'sl/0.20m' and 'Nm', with values 0, 10, 20, 30, 40, 50; the bottom one is labeled 'Nm' with values 0, 40, 80. A curve labeled 'M_V' starts at the surface and decreases with depth. A point on this curve is labeled 'P_f'. A vertical dashed line is drawn through the section.</p>

**Tabell 7.9 Redovisning av hejarsondering.**

Under neddrivningen ska sonden vridas 2 varv per 0,2 m sjunkning. Om sonderingsmotståndet är mindre än 5 slag per 0,2 m behöver sonden inte vridas annat än vid påskarvning av ny sondstång. När sonderingsmotståndet är större än 50 slag per 0,2 m, vrids stången 2 varv efter vart 50:e slag. Sondstången får inte vridas i själva slagögonblicket.

För att beräkna mantelfriktionen på stången ska maximalt vridmomentet mätas efter varje meters sondering, samt vid avslut av borrhål.

Sondering utförs till sondstopp eller till förbestämt djup som bestämts i samband med upprättande av undersökningsprogram och startmöte/fält. Sondstopp kan anses nådd vid 200 slag/0,2 m eller när 100 slag/0,2 m upprepats 5 ggr (1,0 m).

#### 7.4.5 Kontrollpunkter under sondering

Kontrollera kontinuerligt under sonderingen att vridmomentet inte ökar drastiskt. Detta är en indikation på att sonden går snett och sonderingen kan behöva avbrytas.

Jämför kontinuerligt att antalet sondstänger överensstämmer med det sonderingsdjup som noterats i protokollet eller som registrerats i fältdatorn.

Studera om hejaren studsar vid stoppslagning. I så fall sker stoppet sannolikt mot berg eller block.

#### 7.4.6 Redovisning

Redovisning av hejarsondering ska utföras enligt **Tabell 7.9** samt Kapitel 1.

#### 7.4.7 Kalibrering av utrustningen

Kontroll av utrustning och mäteinstrument ska utföras efter eventuell skada, överbelastning eller reparation och minst en gång varje halvår. Kalibrerings-

uppgifter ska förvaras tillsammans med utrustning. För krav och utförande av kalibrering hänvisas till standarden SS-EN ISO 22476-2.

Energiförluster inträffar t.ex. genom friktion mot hejare eller när hejaren stöter mot städet. Därför rekommenderas att den verkliga energi som överförs till sondstängerna bestäms för varje ny hejarsonderingsutrustning.

## 7.5 Viktsondering

### 7.5.1 Beskrivning

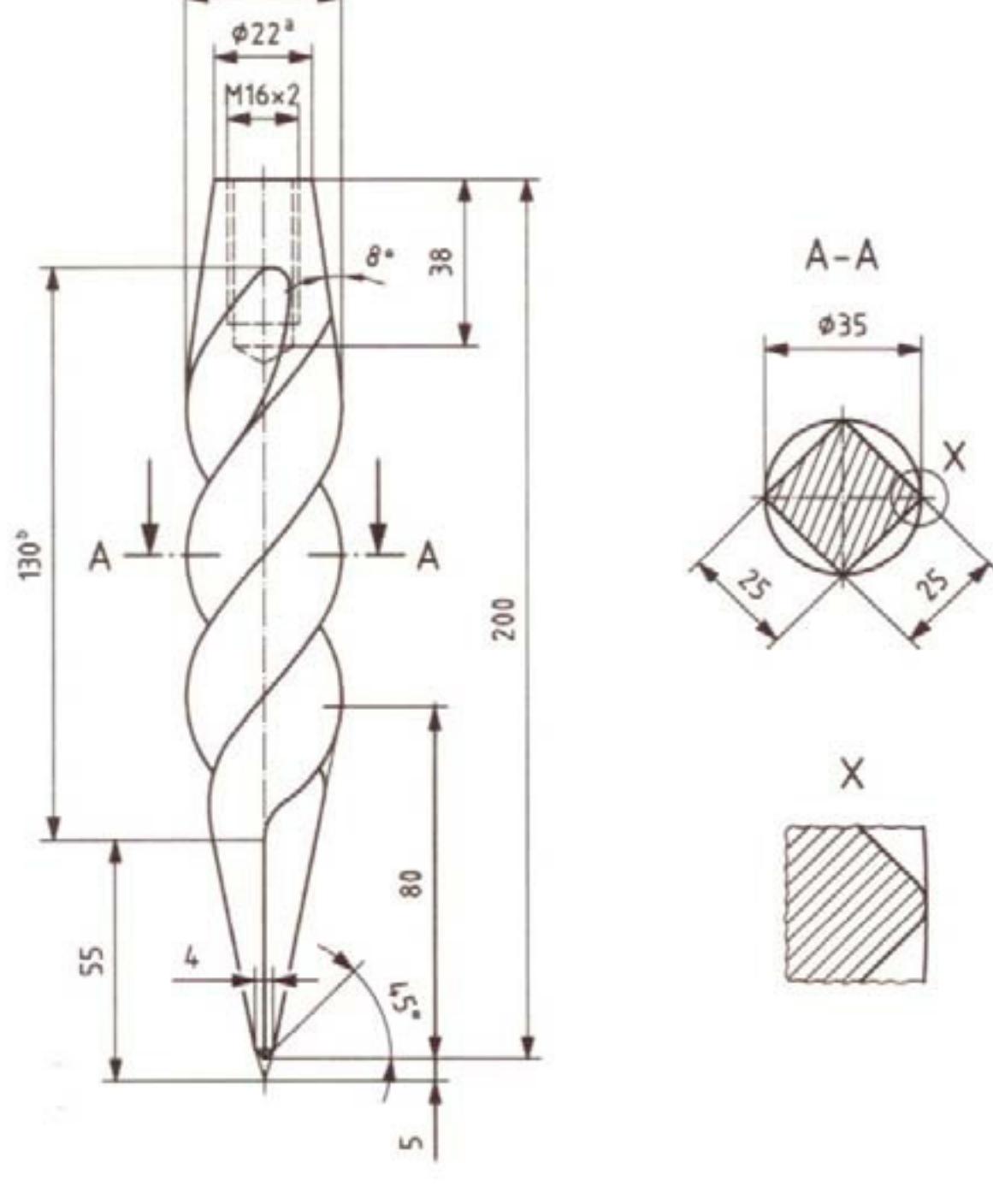
[Se instruktionsfilm för Jord-Bergsondering här.](#)

Viktsondering är den äldsta svenska standardiserade sonderingsmetoden som togs fram 1917 av dåvarande SJ:s Geotekniska kommission. Metoden utfördes då helt manuellt men har sedanmera också utvecklats för motordriven sonderingsutrustning.

Sonderingen kan idag enligt gällande standard SS-EN ISO/TS 22476-10:2005 utföras såväl maskinellt som manuellt.

Viktsondering pressas en skruvformad spets, se Figur 7.5, ned i jorden med belastning och vridning. Sondering utförs utan vridning när sonderingsmotståndet är mindre än 1 kN (100 kg). Om sonden inte sjunker för denna belastning vrids den och antal halvvarv registreras för 0,20 m penetration.

Viktsondering används huvudsakligen i lösa till medelfasta sten- och blockfatiga jordarter för bestämning av jordlagerföljd och relativ fasthet. Känsligheten är lägre än för andra sonderingsmetoder där stångfriktionen kan skiljas från det totala sonderingsmotståndet. För att minska stångfriktionen på stängerna genom ett fastare ytskikt kan förborrning eller foderrör användas.



n sondstänger  
t varv till vänster: 130 mm

Figur 7.15 Geometrisk utformning av en viktsondspets med måttuppgifter.

### 7.5.2 Utrustning

Utrustning för viktsondering består av följande huvuddelar:

- Sondspets

- Sondstänger
- Neddrevningsutrustning

**Sondspetsen** är skruvformad och gjord av 25 mm fyrkantstål, 200 mm lång och spetsad på 80 mm längd samt vriden ett varv åt vänster. Omskrivande diameter för en ny spets ska vara högst 35,0 mm och minst 32,0 mm. Detta kontrolleras med hjälp av en för ändamålet framtagen rörtolk. Den maximala tillåtna förkortningen av sondens längd på grund av förslitning får högst var 15,0 mm.

**Sondstänger** till såväl manuell som maskinell viktsondering ska ha diameter 22 mm. Avvikelse mellan en stångs båda ändar får inte vara större än 1 mm/m för de nedersta 5 metrarna och 2 mm/m för de följande stängerna vid jämn krökning av stången.

Vid manuell viktsondering används en **viktsats** innehållande 2 st. vikter på 10 kg och 3 st. på 25 kg. Dessutom ska det ingå en klämma och svängel med massan 5 kg i viktsatsen.

Vid maskinell sondering ersätts viktsatsen med en mekaniskt eller hydrauliskt påförd last.

Maximal tillåten avvikelse för mätningsskraften är  $\pm 5\%$  av maxlasten (1 kN). Maximal tillåten avvikelse för djupregistrering är  $\pm 0,1$  m.

### 7.5.3 Kontrollpunkter före utförande

- Kalibrering av mätvärdesgivare är giltiga enligt metodbeskrivning/standard/företagets kvalitetssystem.
- Kontrollera med tolk att sondspetsen inte är nedsliten. Om så är fallet ska den bytas ut.
- Kontrollera att sondstängerna uppfyller rakhetskravet.

### 7.5.4 Utförande

Förborra vid behov ett hål genom torrskorpelera, fyllning, eller tjäle. Detta är särskilt viktigt om mantelfriktionen har betydelse för resultatet. Avgörs i samband med uppdragsgenomgång före fältarbetets start.

Montera sondstänger med sondspets lodrätt i neddrevningsutrustningen. Nollställ djupmätare eller notera var på gejdern som sonderingen börjar.

Belasta sonden med den minsta belastning som behövs för sjunkning utan vridning (självsjunkning). Sjunkningshastigheten hålls inom gränserna 20 – 50 mm/s. Vid hastigheter under 20 mm/s ökas belastningen och vid hastigheter över 50 mm/s avlastas sonden.

Vid manuell sondering, notera belastningen i stegen:

0 - 0,5 - 0,15 - 0,25 - 0,50 - 0,75 - 1,00 kN

Belastningen protokollförs liksom det djup där den ändrats

Om sonderingsmotståndet överskridet 1,00 kN vid lägsta sjunkningshastighet roteras sonden. Lasten 1,00 kN bibehålls och antal halvvarv för varje 0,2 m sjunkning antecknas.

Metodkod enligt SGF:s formatstandard	102A för Vi (manuell sondering) 102 för Vim (maskinell sondering)
Beteckning i plan	
Uppritning i sektion	<p style="text-align: center;">N4335</p>

**Tabell 7.10 Redovisning av viktsondering.**

Vid maskinell sondering är rekommenderat varvtal 60 halvvarv/min (30 varv/min). Varvtalet ska hållas mellan 30 och 80 halvvarv/min och får inte överskrida 100 halvvarv/min.

Vid hinder i jorden, där sonden inte sjunker för vridning, kan slagning eller tryckning med större kraft än 1,00 kN tillåtas tillfälligt. De delar där detta gjorts markeras med ”slag” i protokollet.

Sonderingen avbryts vid ett djup eller sonderingsmotstånd som bestämts i förväg i samband med uppdragsgenomgången.

Enligt praxis anses sondstopp nådd när minst 80 halvvarvs vridning erfordras under fem på varandra följande 0,2 meters intervall med tilltagande fasthet eller sjunkning vid 5 kN belastning understiger 5 cm under en halv minuts vridning.

### 7.5.5 Kontrollpunkter under sondering

Kontrollera kontinuerligt under sonderingen med maskinell utrustning att mätvärden registreras och att belastningen under vridning alltid ligger mellan 0,85 och 1,15 kN.

Jämför kontinuerligt att antalet sondstänger överensstämmer med det sonderingsdjup som noterats i protokollet eller som registrerats på datalogger.

Kontrollera att vibrationer från motorn hålls på så låg nivå att de inte påverkar det mätta neddrivningsmotståndet.

### 7.5.6 Redovisning

Redovisning av viktsondering ska utföras enligt **Tabell 7.10** och Kapitel 1.

## 7.6 Mekanisk trycksondering

### 7.6.1 Beskrivning

[Se instruktionsfilm för Jord-Bergsondering här.](#)

Tidigare utfördes totaltrycksondering i Sverige med en pyramidformad spets försedd med en glappkoppling och en mekanisk registrering av såväl totalmot-

ståndet som stångfriktion. Denna metod har nästan helt försvunnit från svenska marknaden, utan nu används istället en vriden spets (viktsondspets).

Det finns en europeisk fältstandard, SS-EN ISO 22476-12 (Mechanical Cone Penetration Test (CPTM)), som är en metod där också mantelfriktionen mäts. Denna metod har idag ingen spridning i Sverige och därför beskrivs inte den i detta avsnitt utan nedan följer en beskrivning av mekanisk trycksondering med vriden spets som inte är standardiserad men ändå har SGF gett ut ett Metodblad som ger en översiktlig beskrivning av metoden.

Syftet med metoden är att översiktligt kartera jordens lagergränser. Säkerheten i bestämningarna kan förbättras om kalibrering görs med spetstrycksondering. Utvärdering av jordparametrar görs inte.

## 7.6.2 Utrustning

### Borrugg

Borrugg ska ha en sådan tyngd att den inte förflyttas i vertikal- eller horisontal under sonderingen.

### Vridmotor

Vridmotorns kapacitet ska vara 15 till 200 varv/min.

### Borrstål

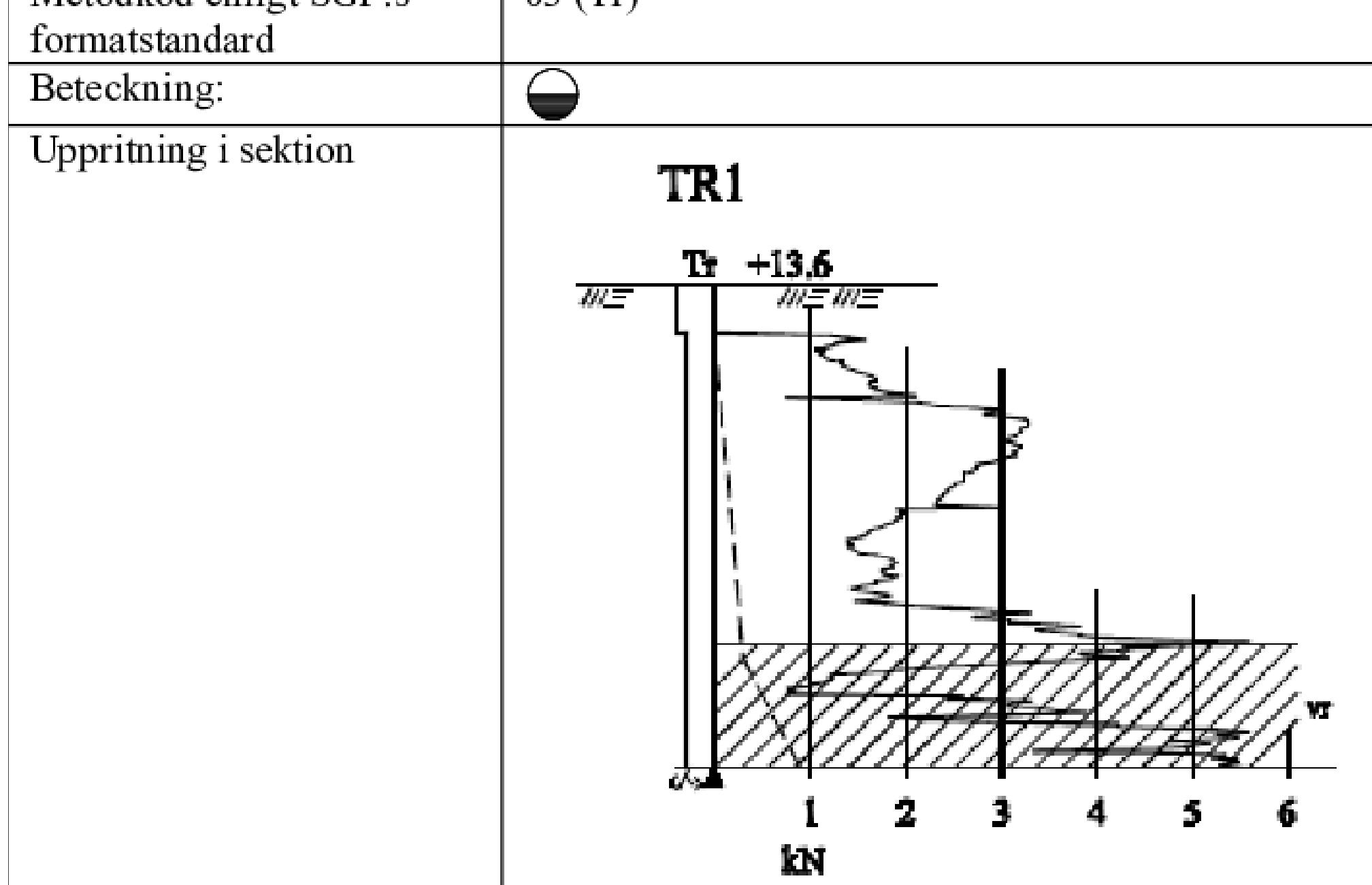
Stångdiametern ska vara 25 eller 32 mm utan utväntiga muffar. Använd stångdiameter ska anges på redovisning.

Maximal tillåten utböjning från en rät linje mellan stängernas ändpunkter för de nedersta 5 m borrstål är 1,0 mm/m i förhållande till en rät linje mellan ändpunkterna. Motsvarande krav för stänger högre upp är 1,5 mm/m. Kravet gäller även över skarvorna.

### Spets

Sondspetsen skall utgöras av ett vridet fyrkantstål – viktsondsspets. Spetsens maximala diameter ska vara 35 mm vid stångdiameter 25 mm, respektive 45 mm vid stångdiametern 32 mm.

Kraven på spetsen framgår i tillämpliga delar under avsnitt 7.5 Viktsondering.



Tabell 7.11 Redovisning av mekanisk trycksondering.

### 7.6.3 Utförande

Vid varje ny borrpunkt ställs borriggen upp stabilt så att den inte kan ändra sitt ursprungliga läge. Lodning och eventuell förankring av borriggen utförs. Maximal tillåten avvikelse från lodlinjen är 20 mm/m vid vertikala borrhål och motsvarande avvikelse vid lutande hål.

Sonderingen utförs med konstant sjunkningshastighet och i intervallet 20 – 50 mm/s. Vid skarvning av stänger roteras stängerna minst 2/3-dels varv för att minska risken för avvikelse i sidled. Valet av hastighet ska framgå av redovisningen.

För att få en uppfattning om storleken på mantelfriktion kan stängerna, vid skarvning av stänger, dras uppåt ca 0,5 m varvid uppdragningskraften registreras.

När sonderingen inte kan utföras ytterligare utförs även samtidig rotation. Rekommenderad rotationshastighet under vridningsfasen ligger i intervallet 30 – 60 varv/min.

När sonderingen inte kan drivas ytterligare kan den avslutas med slagning. Slagning kan utföras med eller utan tidsregistrering.

### 7.6.4 Redovisning

Redovisning av mekanisk trycksondering ska utföras enligt **Tabell 7.11 Kapitel 1.**

## 7.7 Tung slagsonderring

### 7.7.1 Beskrivning

Vid slagsonderring drivs sondstänger ner i jorden med en hammare. Under neddrivningen registreras nedslagningsdjupet samt sonderingsmotstånd som kan mätas under sonderingen och protokollförs.

Tung slagsonderring används för att kontrollera så kallat ”bergfritt djup”. Vid registrering av motståndet erhålls också en relativ uppfattning om jordens fasthet men utvärdering av jordparametrar görs inte. Metoden är ej avsedd att användas för bestämning av bergnivå, då stopp mot bergyta inte kan verifieras.

### 7.7.2 Utrustning

#### Borrugg

Borrugg ska ha en sådan tyngd att den inte förflyttas vertikalt eller horisontellt under sonderingen.

#### Hammare

Beskrivningen omfattar endast toppslående hammare. Hammaren ska ha en slagenergi av minst 200 J med en frekvens av minst 1200 slag/min.

#### Vridmotor

Vridmotorns kapacitet ska vara 15 – 200 varv/min.

#### Borrstål

Stångdiametern skall vara 44 mm utan utvändiga muffar, s.k. geostänger. Maximal tillåten utböjning från en rät linje mellan stängernas ändpunkter för de nedersta 5 m borrstål är 1,0 mm/m. Motsvarande krav för stänger högre upp är 1,5 mm/m. Kravet gäller även över skarvarna.

## Spets

Sondspetsen ska vara rund med diametern minst 44 mm. Spetsen kan ha en konisk nedre del. Lämpliga spetsar kan utgöras av uttjänta Jb-kronor (fyrskär/stift). Spetsen bör ha en större diameter än borrstålen för att minska mantelfriktionen.

### 7.7.3 Kontrollpunkter före utförande

Vid varje ny borrpunkt ställs borriggen upp stabilt så att den inte kan ändra sitt ursprungliga läge. Lodning och eventuell förankring av borriggen utförs. Maximal tillåten avvikelse från lodlinjen är 20 mm/m vid vertikala borrhål och motsvarande avvikelse vid lutande hål.

### 7.7.4 Utförande

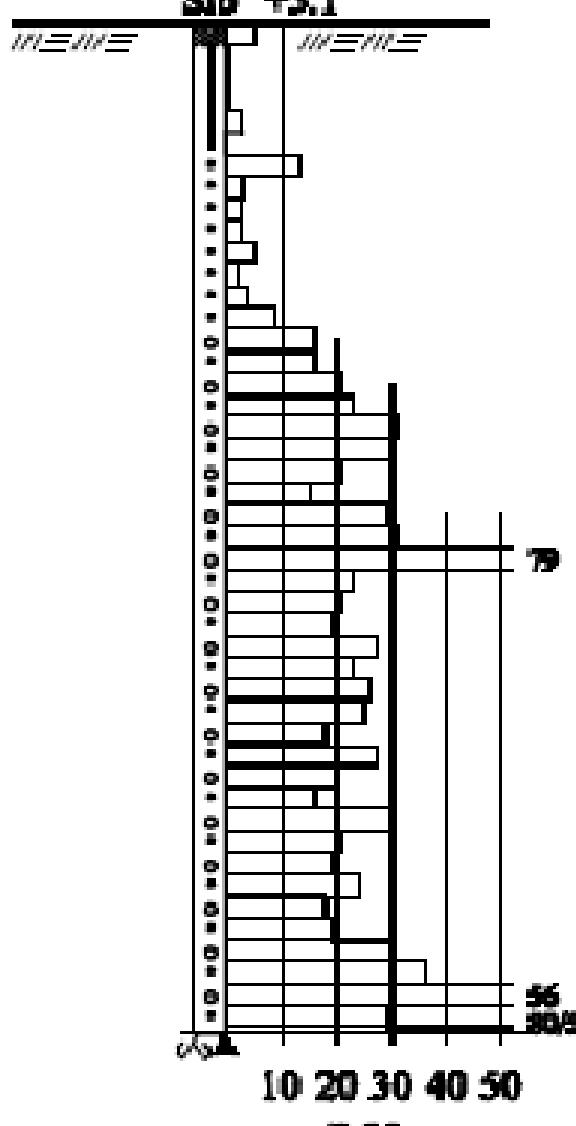
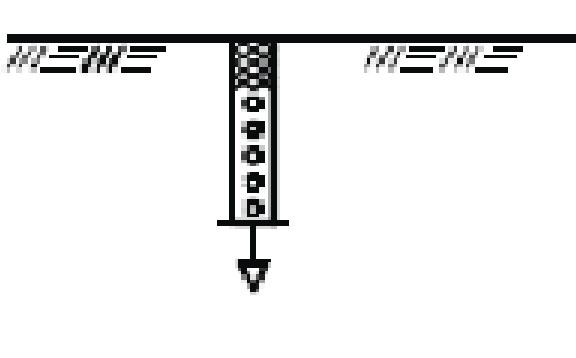
Sonderingen utförs med samtidig rotation och slagning med en minsta statisk last på 500 kg. Rekommenderad rotationshastighet är 15 – 40 varv/min. Slagfrekvensen ska minst uppgå till 1200 slag/min.

Under sonderingens gång rekommenderas det att registrering i fältminne eller protokoll görs av antal sekunder för 0,20 m penetration samt en bedömning av genomborrat jord- eller bergmaterial.

Sonderingen avbryts när avsett djup uppnåtts eller när sonden inte kan drivas vidare.

### 7.7.5 Redovisning

Redovisning av tung slagsondering ska utföras enligt **Tabell 7.12** och Kapitel 1.

Metodkod enligt SGF:s formatstandard	<b>10 (SLb) med registrering</b> 10A (SLb) utan registrering	
Beteckning:	<input checked="" type="radio"/> SLB (med slagregistrering) <input type="radio"/> SLB (utan slagregistrering)	
Uppritning i sektion	Med slagregistrering 	Utanslagregistrering 

Tabell 7.12 Redovisning av tung slagsondering.

# 7.8 SPT-sondering

## 7.8.1 Beskrivning

SPT-sondering har historiskt använts väldigt lite i Sverige, men utomlands används den i stor omfattning. I takt med att branschen blir mer internationell och utländska entreprenörer verkar i Sverige kan metoden bli mer efterfrågad.

Gällande standard för SPT-sondering är SS-EN ISO 22476-3.

SPT-sondering är en kombination av dynamisk sondering och provtagning. Sonderingsmotståndet bestäms punktvis på varje provtagningsnivå, normalt en gång per meter eller varannan meter. Vid sonderingen används en sondspets som är en delbar provtagare. Sondspetsen/provtagaren slås ner med en frifallshejare i botten av ett förborrat borrhål. Antalet slag för 0,3 meters sjunkning protokollförs. Sondering kan också utföras utan provtagning och då förses spetsen med en massiv kon.

SPT-sondering används huvudsakligen som Hejarsondering med undantag av att slagning inte görs kontinuerligt och att prov kan tas ut från var slagningsnivå.

## 7.8.2 Utrustning

Utrustning för SPT-sondering består av följande huvuddelar:

- Sondspets (provtagare).
- Sondstänger med slagdyna, styrrör och mellanlägg.
- Borrustrustning för håltagnings.
- Neddrivningsutrustning.

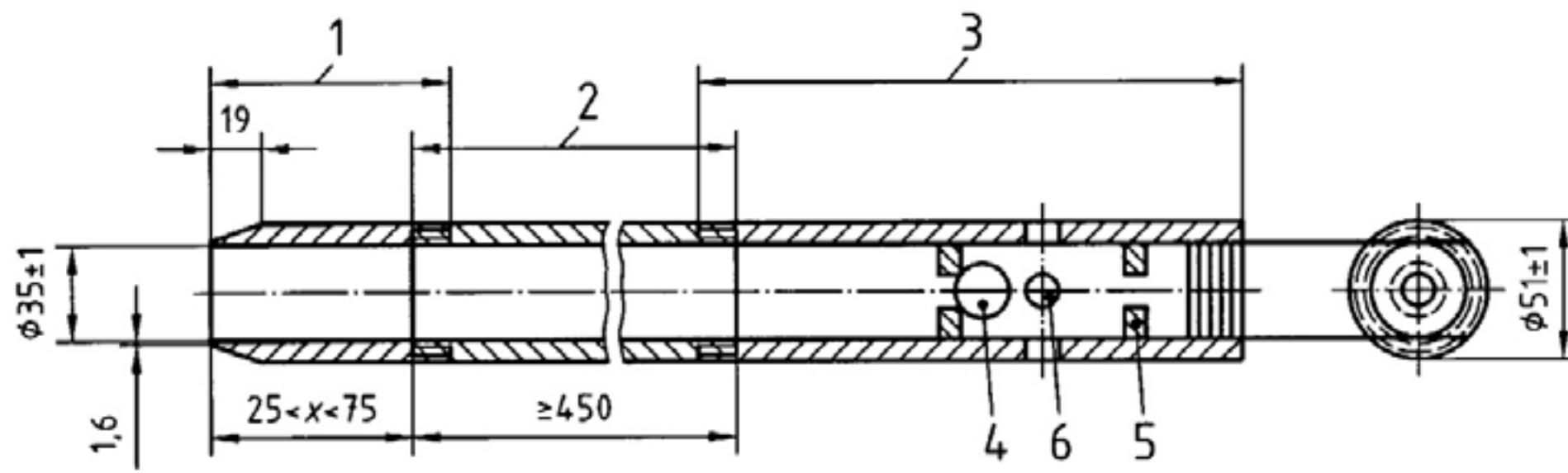
**Sondspetsens** (provtagarens) egg är av härdat stål med innerdiameter 35 mm  $\pm 1$  mm. Eggen får inte vara skadad eller vara större än provtagarens diameter. I mycket fast jord får eggen ersättas med massiv stålkon, 51 mm  $\pm 1$  mm och spetsvinkel  $60^\circ$ .

Sondspetsens (provtagarens) mellandel är delbar och har en innerdiameter på 35 mm. I kopplingen mellan spetsen och sondstängerna sitter en backventil som ser till att vatten och luft kan tränga ut under neddrivningen, men stängs då provtagaren dras upp. Detta förhindrar att vattnet eller borrvätskan trycker ut provet.

**Sondstängerna** ska ha en sådan styvhett att de inte böjer ut under neddrivningen och ha en massa på högst 10 kg/m.

I Sverige används normalt sondstänger med ytterdiameter 42 mm (standard-kolvborrör) eller hejarsondstänger med ytterdiameter 32 mm. Om borrhålet är djupare än 1 m ska borrstängerna stötas i sidled på var tredje meter.

Neddrivning görs med **frifallshejare** monterad på en rigg. Hejarens massa ska vara  $63,5 \pm 0,5$  kg massa och slagen ska överföras till sondstängerna via en fast monterad slagdyna. Fallhöjden ska vara  $76 \text{ cm} \pm 3 \text{ cm}$ . Friktionen mellan hejare och styranordning får inte reducera slagenergin hos den fritt fallande hejaren.



Figur 7.16 Sondspets med provtagare.

### 7.8.3 Kontrollpunkter före utförande

Kontrollera att sondspetsen (provtagaren) är ren och kan tas isär samt att eventuella provhylsor är hela och rena.

Före varje undersökning ska kontrolleras att dimensionerna på sondspets och övrig utrustning ligger inom de värden som anges i standarden. Är sondspetsen nedsliten skall den bytas ut och övriga avvikeler åtgärdas.

Rakheten hos stängerna ska kontrolleras en gång på varje ny undersökningsplats och åtminstone för var 20:e sonderingsförsök på platsen. Efter varje undersökning ska en visuell kontroll av stängernas rakhet utföras.

Kontrollera fallhöjden och att slag utförs utan större friktion.

Kontrollera att giltigt kalibreringsbevis finns.

### 7.8.4 Utförande

1. Förborra ett hål med maximal diameter 150 mm med augerborr eller foderrör ner till provtagningsnivån. Rensa borrhålet noggrant utan att jorden där störs. Vattennivån ska under hela borrningen hållas vid eller helst något över grundvattennivån så att inte uppluckring av jorden vid provtagningsnivån sker. Alternativt kan foderrörsborrning utföras eller så kan tung borrvätska användas för stabilisering av borrhålet.

2. Dra upp borren långsamt så att jorden vid försöksnivån inte luckras upp före neddrivning av provtagaren.

3. Sätt samman sondspetsen (provtagaren) och montera den på sondstången. Sänk ner sonden till borrhålets botten. Gänga fast en slagdyna på sondstången. Sondspetsen slås ned i två steg enligt följande.

- 4a. **Förslagning.** Slå först ned sondspetsen (provtagaren) 0,15 m (inklusive sjunkning till följd av egenvikt) under borrhålets botten. Om 0,15 m nedträning inte kan åstadkommas efter 50 slag, avbryts slagningen och nedträningen efter 0 slag noteras.

- 4b. **Sondering.** Slå ned sondspetsen (provtagaren) ytterligare 0,30 m i två serier om 0,15 m nedträning.

5. Sonderingen avbryts om nedträningen efter 50 slag (eller 100 slag om massiv kon används) är mindre än 0,30 m.

6. Borrstängerna dras upp utan vibrationer i sondstången eftersom dessa kan medföra att provet störs eller tappas.

7. Provtagnaren öppnas och provet tas ut och läggs i lufttät behållare. Denna förses med lock och etikett.

### 7.8.5 Kontrollpunkter under provningen

Kontrollera håltagningen så att jorden under hålbottnen inte störs. Om tendenser till bottenuppluckring märks ska vatten fyllas på i hålet och hållas över grundvattenytans nivå.

Se till att vakuum under borren inte uppstår vid upplyftning.

### 7.8.6 Redovisning

Redovisning av SPT-sondering ska utföras enligt **Tabell 7.13** och Kapitel 1.

### 7.8.7 Kalibrering av utrustningen

För krav och utförande av kalibrering hänvisas till standarden SS-EN ISO 22476-3.

Metodkod enligt SGF:s formatstandard	121 för sondering med provtagning (SPT) 121B för sondering utan provtagning (SPT(C))	
Beteckning i plan	Sondering och provtagning	 SPT
	Endast sondering	 SPT(C)
Uppritning i sektion	Enligt SS-EN ISO 22476-3.	

**Tabell 7.13 Redovisning av SPT-sondering.**

# 8. Provtagningsmetoder

## 8.1 Inledning

I detta kapitel behandlas provtagningsmetoder för geotekniska undersökningar av jord. För provtagning av jord och vatten för miljögeotekniska undersökningar hänvisas till ”SGF Rapport 2:2013 Fälthandbok, undersökningar av förorenade områden”.

Upptagning av jordprover för geotekniska laboratorieundersökningar görs för att bestämma jordlagerföljen och jordens egenskaper. Traditionellt indelas provtagningsmetoderna med hänsyn till provernas kvalitet i:

- **ostörd**, orörd jordlagerföld och bibehållna mekaniska egenskaper.
- **störd**, orörd jordlagerföld men förändrade mekaniska egenskaper.
- **omrörd**, förändrad jordlagerföld och förändrade mekaniska egenskaper.

Vilken kvalitet som skall eftersträvas bestäms av ändamålet med provtagningen och av jord- och grundvattenförhållandena på platsen. För enbart **klassificering** kan störd eller omrörd provtagning användas. För bestämning av **hållfasthets-** och **deformationsegenskaper** på laboratoriet fordras ostörd provtagning. I friktionsjord kan ostörd provtagning normalt inte utföras, varför laboratorieförsök måste göras på störda, omrörda och inpackade prover.

Geoteknisk provtagning och hantering av prover regleras i:

- SS-EN-ISO 22475 Geoteknisk undersökning och provning – Provtagning genom borrnings- och utgrävningsmetoder och grundvattenmätningar – Del 1: Tekniskt utförande.
- SS-EN 1997-2 Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner – Del 2: Marktekniska undersökningar.

I dessa dokument indelas provtagningsmetoderna i:

- Kategori A i vilken prover av kvalitetsklass 1 till 5 kan erhållas
- Kategori B i vilken prover av kvalitetsklass 3 till 5 kan erhållas
- Kategori C i vilken endast prover av kvalitetsklass 5 kan erhållas

Beroende på kvalitetsklass hos proverna kan följande bestämmas i laboratoriet:

Vilken kvalitetsklass som verkligen uppnåtts i det aktuella fallet visar sig först då proven undersöks i laboratoriet. Slutlig bedömning av kvalitetsklass görs av handläggaren efter samlad information från både fält och lab.

Benämning av jord i samband med provtagning skall göras enligt SS-EN ISO 14688-1 (och eventuellt 2). Berg benämns enligt SS-EN ISO 14689-1.

Egenskap	Kvalitetsklass				
	1	2	3	4	5
Lagerföljd	*	*	*	*	*
Skiktjocklek - grov	*	*	*	*	
Skiktjocklek - tunn	*	*			
Kornstorlek	*	*	*	*	
Vattenkvot	*	*	*		
Densitet, densitetsindex, porositet, permeabilitet	*	*			
Konsistensgränser, korndensitet, organisk halt	*	*	*	*	
Kompressibilitet, skjuvhållfasthet	*				
Provtagningskategori	A	B			C

Tabell 8.1 Möjliga bestämmningar beroende på provernas kvalitetsklass.

## 8.2 Hantering av jordprover

### 8.2.1 Allmänt

Upptagna prover ska hanteras med försiktighet så att jordens egenskaper och struktur inte förändras efter provtagningen. För att skydda proverna skall de förpackas i vattentäta och lufttäta påsar eller provhylsor. Förpackningen ska göras direkt vid själva provtagningen och proverna ska **märkas**. En **preliminär benämning** av proven ska också göras på plats. Till varje provtagningspunkt ska även ett **provtagningsprotokoll** upprättas. Detta skall innehålla obligatoriska uppgifter enligt kapitel 1 samt metodspecifika uppgifter enligt följande beskrivningar av de olika metoderna. Originalprotokollet skall följa med proverna till laboratoriet. En kopia av protokollet skall lämnas till ansvarig geotekniker vid uppdragsgenomgången och en kopia behålls av fältgeoteknikern.

På arbetsplatsen ska emballerade prover förvaras på skuggigt ställe och vintertid skyddas mot frysning. Om det finns risk för att emballaget inte är tätt bör proverna hållas fuktiga med våta trasor eller liknande. Ostörda prover bör efter arbetsdagen **förvaras svalt men absolut inte under frys temperatur**.

Proverna ska transporteras till laboratorium så snart som möjligt eftersom jordens egenskaper kan förändras med tiden. Transporten ska göras **varsamt** och proverna ska **även då skyddas mot uttorkning och frysning**. De får alltså inte utsättas för vare sig hög värme eller frost, varken på arbetsplatsen eller under transporten.

### 8.2.2 Ostörda prover

Prover som tagits med kolprovtagare St I och St II förses omedelbart med mellanlägg av plast i ändarna och **tättslutande lock** sätts på provhylsornas ändar. Proverna placeras i speciella transportlådor som är isolerade och även dämpar vibrationer. Lådorna skall hållas stängda utom då nya prov sätts ned. På provtagningsplatsen skall de förvaras svalt och skyddas från direkt solljus samt vid behov även mot frost. Lådorna får inte ställas eller transporteras på en vibrerande borrvagn.

Proverna placeras i den ordning i lådan som visas på provtagningsprotokollet. Inget tomt utrymme får lämnas i lådorna under transport. Om inte tillräckligt många prover tagits för att fylla en låda skall återstående utrymme fyllas med de tomma provhylsor som levererats med lådan. Eventuella återstående tomrum som gör att provtuberna kan röra sin i lådorna fylls med trassel eller liknande mjukt material.

Proverna ska hanteras med största omsorg och får **inte utsättas för stötar eller vibrationer**. Under transport bör lådorna ställas på vibrationsdämpande under-

lag, till exempel skumplast. Om jorden bedöms vara högsensitiv eller kvick eller består av löst lagrad silt eller finsand bör proverna inte sändas med allmän transport utan fraktas i lådan på ett mjukt säte i bil.

Ostörda prover som tagits med andra typer av provtagare hanteras på motsvarande sätt men med den förslutningsteknik som gäller för den aktuella provtagaren.

### 8.2.3 Störda prover

Störda prover som tagits med en utrustning som ger prover inneslutna i provhylsor eller provtagarrör, men som av olika anledningar inte uppfyller kraven för ostörd provtagning, hanteras som ostörda prover.

### 8.2.4 Omrörda prover

Omrörda prover som skall sändas till laboratoriet skall paketeras i dubbla plastpåsar med fast etikett. *Proven från varje provtagningsnivå läggs i separata påsar* inuti en yttre påse som innehåller delproven från varje provtagningspunkt. För att minska oxidation av proven bör onödig luft pressas ut innan påsarna tillsluts, dock utan att knåda proverna. De inre påsarna läggs i den ordning som visas på provtagningsprotokollet och märks med provpunkt, nummer, nivå och preliminär benämning. Även omrörda prover skall skyddas mot uttorkning och frysning.

### 8.2.5 Provmängd

Den provmängd som behövs beror av vilken typ av laboratorieundersökning som skall utföras på provet. För ostörda prover av finkornig jord är provmängden reglerad av provtagningsutrustningen och är, förutsatt att provtuberna är fyllda, normalt tillräcklig för de laboratorieundersökningar som kan vara aktuella. I speciella fall, som t.ex. då inblandning av stabiliseringssmedel skall göras på laboratoriet, kan det dock bli aktuellt med flera provtagningar på samma nivå vid samma provtagningspunkt.

Största korndiameter, mm	Minsta materialmängd för siktning, kg
≤2	0,1
2,8	0,15
4	0,2
5,6	0,25
8	0,4
10	0,5
11,2	0,6
16	1,5
20	2
22,4	4
31,5	10
37,5	15
45	25
63	70
75	120

Tabell 8.2 Minsta Materialmängd för en siktning enligt SS-EN 1997-2.

Omrörd provtagning med olika provtagningsspetsar och kannprovtagare ger ofta relativt små prover och är ofta inte fyllda, varför en bedömning måste göras av om provet är tillräckligt för den bestämning som ska utföras. Vid provtagning, där materialet ska siktas för bestämning av kornstorleksfördelningen, måste också en bedömning göras så att provmängden räcker med hänsyn till hur grovt materialet är, se **Tabell 8.2**.

De provmängder som krävs för olika typer av laboratorieförsök regleras i SS-EN 1997-2 Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner – Del 2: Mark-tekniska undersökningar.

Dessa provmängder är, bortsett från de allra finaste jordmaterialen, avsevärt större och ibland mer än dubbelt så stora som vad som tidigare krävts för geotekniskt bruk i Sverige. Detta medför mer arbete och större kostnader för transport och hantering. Ett vanligt syfte med kornstorleksanalys av grova material är dock att undersöka om de kan användas som ballastmaterial vid väg- och järnvägsbyggnation och de nya mängderna motsvarar bättre vad som krävs enligt TDOK 2014:0145

- Bestämning av kornstorleksfördelning genom siktningsanalys. Mer praktiska men mindre detaljerade råd för provmängder ges i Vägverkets publikation 2006:59 -Provgrundsundersökning. Överensstämmelserna är dock inte fullständiga och före provtagningen skall vara specificerat vilket regelverk och som skall gälla.

I vissa fall, som t.ex. då packningsförsök skall utföras krävs betydligt större prover och för finkornig jord kan också större prover behövas. Vilka provmängder som behövs vid störd provtagning bör därför alltid vara klart angivna innan provtagningen görs för att provtagningens syfte skall kunna uppnås. Exempel på provmängder som krävs för olika försök enligt SS-EN 1997-2 ges i **Tabell 8.3.**

Provning	Minsta materialmängd
Kornfördelning med sedimentation	100- 250 g (beroende på provningsmetod)
Korndensitet	100 g
Konsistensgränser	500 g (varav 300 g < 0,4 mm)
Packningsförsök	25 – 80 kg (beroende på provningsmetod)

**Tabell 8.3 Exempel på minsta provmängd vid laboratorieprovning av störda prover enligt SS-EN 1997-2.**

## 8.3 Ostörd provtagning

### 8.3.1 Kolvprovtagare

#### Allmänt

Kolvprovtagning med standardkolvpovtagare är beskrivet i detalj i SGF Rapport 1:2009 – ”Metodbeskrivning för provtagning med standardkolvpovtagare”. Nedanstående text är en mer allmän och starkt förkortad version av denna.

Vid kolvpovtagning stansas ett *ostört jordprov* ut genom att en cylindrisk povtagare med en vass egg pressas ned i jorden. Det utstansade provet får en diameter på 50 mm och totala stanslängden är 700 mm.

Under neddrivning av cylindern till provtagningsnivån är öppningen till cylindern täppt av en inre kolv. Vid provtagningen låses kolven och hålls kvar på samma nivå medan cylindern och eggen pressas vidare och stansar ut jordprovet som fyller tre provhylsor inuti cylindern.

Kolvprovtagning skall normalt inledas utan att någon slutare monteras i kolvpovtagaren. I vissa fall, speciellt i siltig jord och kvickleror, kan det dock bli nödvändigt att använda slutare för att hålla kvar provet i cylindern. Användningen av slutare skall begränsas till de fall då det är nödvändigt eftersom det

medför ökad störning av provet.

Kolvprovtagning används framförallt för provtagning i lera och gyttja, men prover med god kvalitet kan även fås i silt och löst lagrad finsand, speciellt om dessa innehåller lera eller organisk jord. Vid provtagning i ren finsand krävs ofta speciell provtagningsteknik med förborrade stabiliseringar i borrhål ned till provtagningsnivån.

Två typer av kolvprovtagare används i Sverige, **St I** och **St II**. De är oftast likvärdiga beträffande provkvalitet. Provtagare St II är dock ofta bättre för fast lera och vid provtagning från t.ex. flotte, eftersom den inte nödvändigtvis måste fixeras vid borriggen. Genom dess konstruktion underlättas också en jämn utstansning av provet, vilket är till fördel för provkvalitén. Om den finkorniga jorden överlagras av grövre fyllningar eller lager av grövre jord krävs att dessa förborras med foderrör eller eventuellt stabiliseras med en bentonitblandning. Vid provtagning under vatten fordras ofta foderrör genom vattnet. Provtagare St II kräver grövre foderrör än St I.

## Utrustning

Kolvprovtagaren är nertill försedd med en egg (ett skär) som skall vara vass och oskadad samt vara ren och fri från rost. Inuti provtagaren finns tre stycken provhylsor, i vilka jordprovet förs in vid utstansningen, samt två korta ändhylsor. Provhylsorna är normalt av armerad plast och numrerade vid ena änden. Ändhylsorna kan vara av armerad plast eller mässing. Den undre ändhylsan kan bytas mot en hylsa av mässing som är konstruerad för att innehålla ett slutarbleck.

### St I

[Se instruktionsfilm I för Kolvprovtagning här.](#)

Kolven är fastsatt i en kolvstång i form av ett rör med radiella hål i rörväggen så att luft och vatten ovanför kolven kan avgå uppåt genom kolvstången, **Figur 8.1.**

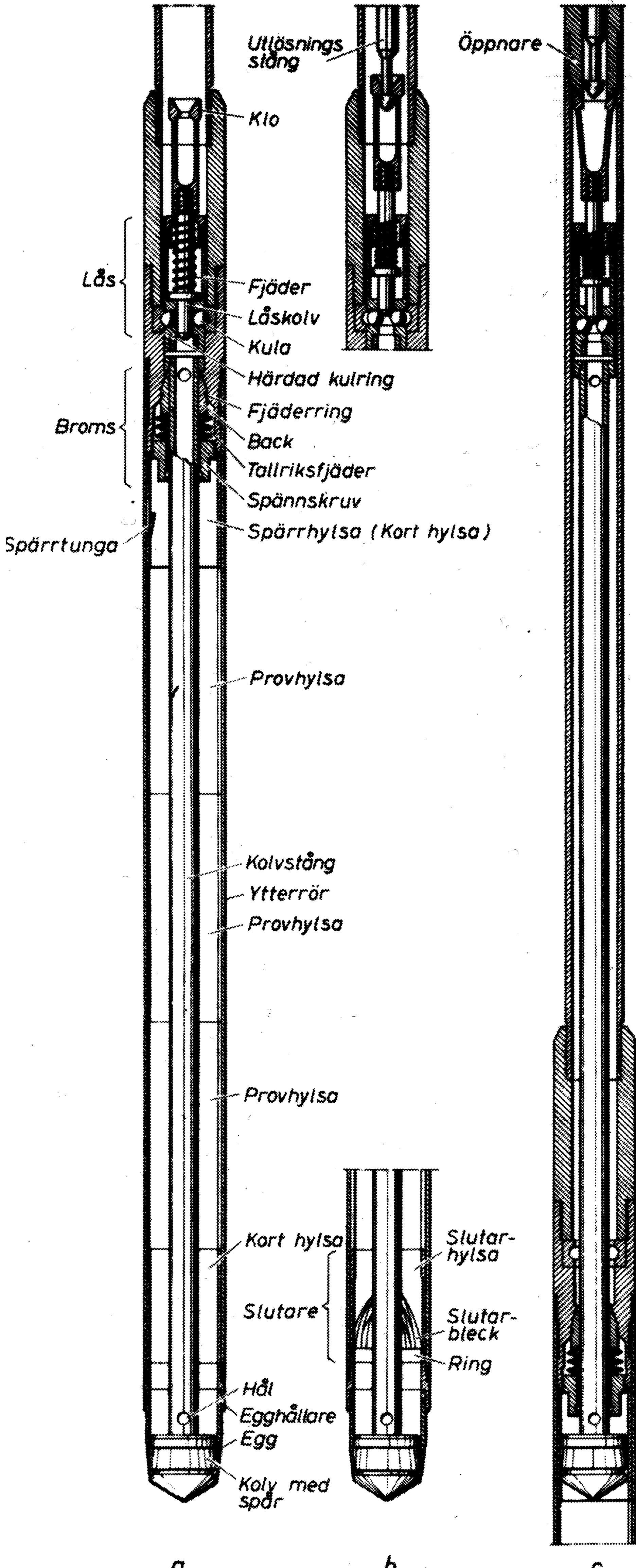
Den övre korta hylsan kan vara försedd med spärrtunga och är då tillverkad av stål. Spärrtungans funktion är att hålla fast hylsan vid kolven under uttryckningen av provhylsorna efter provtagningen. På detta vis förhindras att kolven trycker på jordprovet och uttryckningskraften överförs via hylsorna.

Det lås som fixerar kolven inuti och strax framför eggen under neddrivningen består av fyra härdade stålkulor som trycks in i ett spår i en härdad kulring av en låskolv. Låskolven pressas nedåt av en fjäder och hindrar låset att öppna sig. När låskolven dras upp kan kulorna röra sig inåt varvid kolvstången frigörs.

Kolvstången löper sedan inte fritt utan bromsas, främst för att den inte skall sugas ned eller trycka på proven vid uppdragningen efter provtagningen. Bromsen består av fyra bromsbackar, en fjäderring, sex tallriksfjädrar och en spännsmutter. Backarna pressas mot kolvstången med hjälp av spännsmuttern och tallriksfjädrarna. Bromskraften kan ställas in mellan några tiotal N och ca 2 kN (200 kp) och skall ökas efter behov och djup. En alltför hög bromskraft eller ojämna yta på kolvstången medför risk för en ojämna utstansning.

De förlängningsrör och kopplingar som normalt används till St I har en ut-

vändig diameter på 42 mm. Aven andra rör kan användas men innerdiametern måste överallt vara tillräckligt stor för att släppa igenom utlösningsstången.

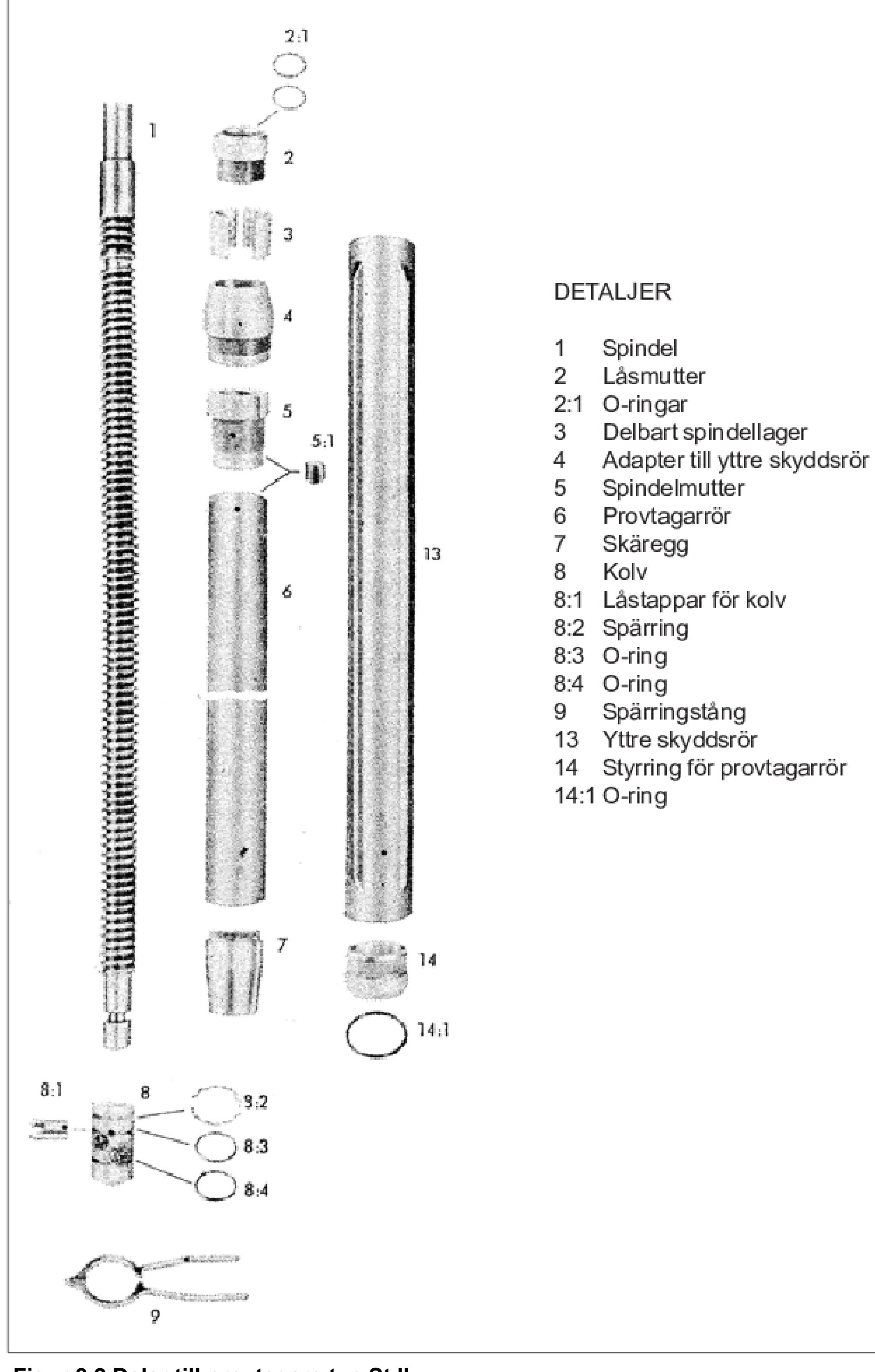


Figur 8.1 Konstruktion av provtagare St I.

## St II

[Se instruktionsfilm II för Kolvprovtagning här.](#)

St II skiljer sig från St I genom att provtagarröret (ytterröret) löper inuti ett utanpåliggande skyddsrör, **Figur 8.2**. Provtagarröret är styrt så att det inte kan rotera i förhållande till det yttre skyddsröret utan bara skjutas in och ut ur detta.. Kolven sätts fast på enstång i form av en trapetsgängad spindel och provtagarrörets övre del är fastsatt i en mutter för denna stång. Luft och vatten ovanför kolven kan avgå genom ett hål i spindelmuttern. På provtagningsnivån fixeras det yttre skyddsröret av den omgivande jorden. Utstansningen av provet görs genom att stångsystemet och därmed spindeln roteras 70 varv, vilket medföljer att provtagarröret och eggen skjuts ut med stanslängden 700 mm. Vid provtagning i mycket lös jord kan en vinge monteras på provtagaren för att förhindra att det yttre skyddsröret roterar med stångsystemet.



Figur 8.2 Delar till provtagare typ St II.

Kolvborr St II är konstruerad för förlängningsstänger med utvärdig diameter 32 mm.

### Kontrollpunkter före utförande

- Kontrollera att utrustningen och hylsor är hela och rena samt att dimensionerna ligger inom godkänd tolerans (enligt SGF Rapport 1:2009).

- Kontrollera att eggen inte är skadad eller rostig.
- Kontrollera att kolven kan lösgöras med normal kraft (St I).
- Kontrollera att luftningshålet i provtagarrörets överdel är öppet (St II).

## Utförande Förberedelser St I

Kontrollera bromsen och sätt i provhylsorna innan provtagningen startas enligt följande:

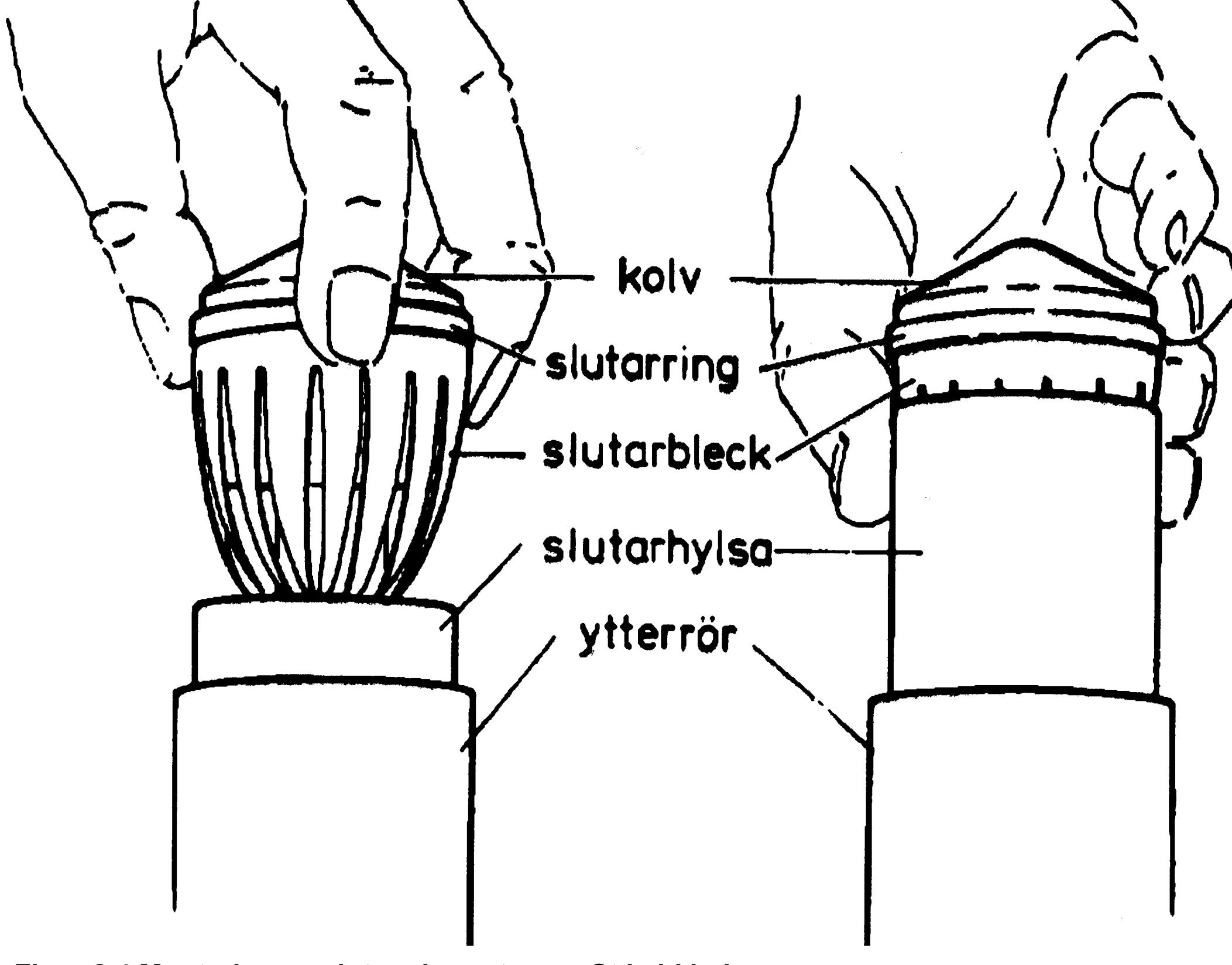
1. Skruva av egg och provtagarrör (ytterrör). För därför in utlösningstången, så att den grips av klon och dra växelvis i kolven och stången för att kontrollera att bromsbackarna börjar göra motstånd på kolvstången. Normalt behövs sedan ytterligare ett halvt varvs ansättning av skruven för att få lämplig bromsverkan.
2. Lösgör utlösningstången genom att dra upp kolven i sitt översta läge och kontrollera att låskolvarna fallit in i sina spår genom att försöka trycka kolven tillbaka. Se till att kolvpackningen är tät så att inte vatten kan rinna in och spola ur provet (gäller speciellt vid provtagning under vatten).
3. Sätt ihop utrustningen genom att skruva på provtagarröret och övergångsröret till förlängningsrören. Kontrollera att öppnaren för klon till utlösningstången ligger rättvänd i övergångsröret (om den inte är permanent fastsatt). Övergångsröret dras fast med rörtång medan provtagarröret dras fast med bandnyckel, ***inte rörtång!*** Sätt in hylsorna i ytterröret, först en övre korthylsa, därför tre provhylsor samt slutligen en nedre korthylsa. Provhylsorna förs in i stigande nummerordning (lägst nummer först) och med den numrera änden först, **Figur 8:3.** Hylsnumren förs in i protokollet. Skruva på eggen för hand. Om detta inte är möjligt skall bandnyckel användas, ***inte rörtång!***
4. Om slutare skall användas (obs, prova först utan) monteras en speciell slutarhylsa istället för den nedre korta hylsan. Skjut in slutarhylsan i provtagarröret så att 1 à 2 cm sticker ut och trä slutarringen över kolven. Lägg därför ett slutarbleck runt ringen med tungorna inåt provtagarröret. För slutarhylsan



Figur 8.3 Provhylsorna placeras i provtagarröret med numren uppåt och i stigande nummerordning.

tillbaka så att blecket kläms fast mellan ringen och hylsan och sätt slutligen in slutaren i provtagarröret, **Figur 8:4**. (Observera att det finns två typer av slutare med tillhörande slutarhylsa, slutarring och slutarbleck: en med tjocka slutarbleck och en med tunnare. I första hand skall den för tunna slutarbleck användas. Delarna får inte blandas.)

## 5. Skruva fast eggen.



Figur 8.4 Montering av slutare i provtagare St I vid behov.

## Förberedelser St II

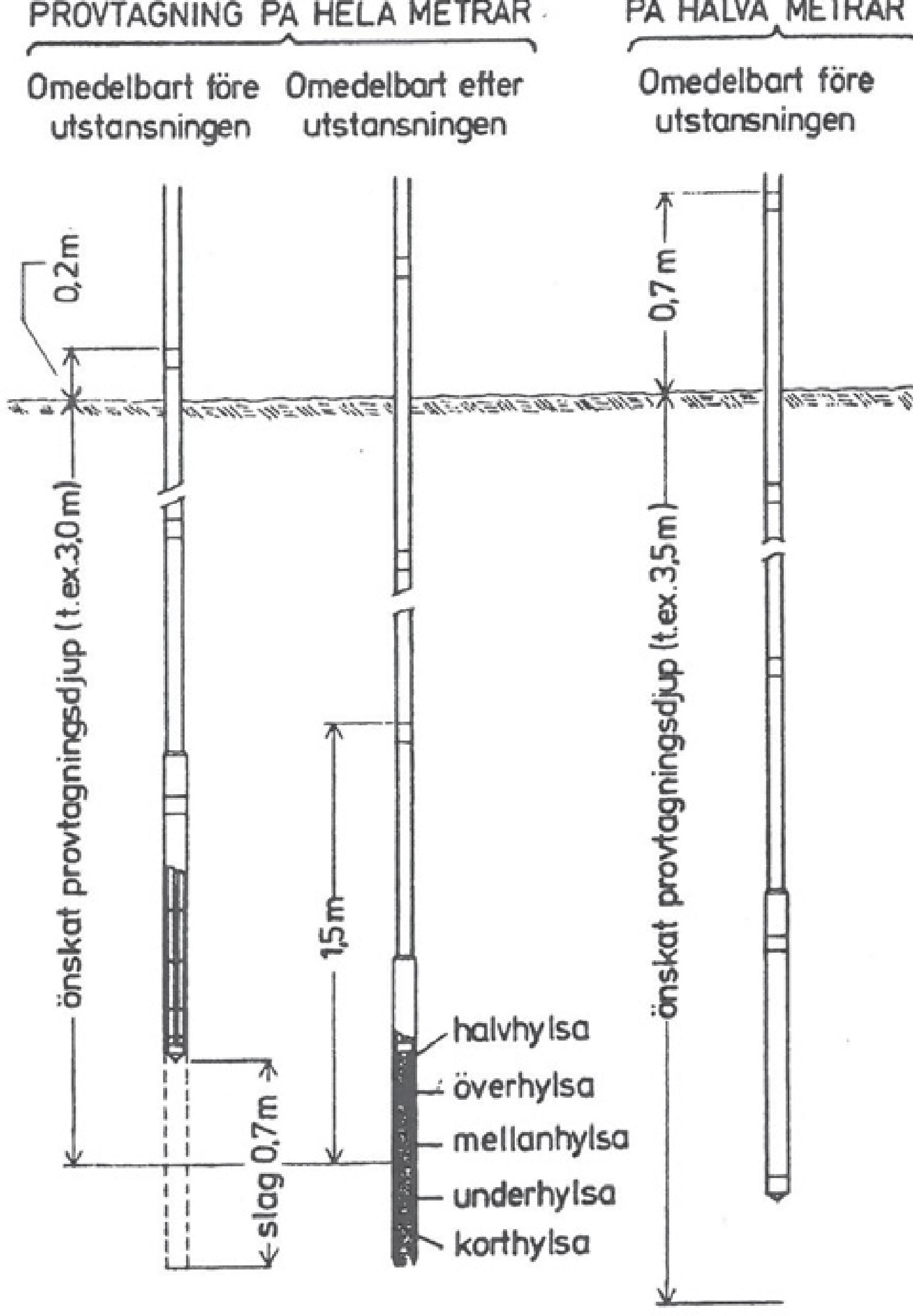
Vridstångssystemet tills provtagarröret skruvas in till sitt ändläge i det yttre skyddsröret.

1. Skruva av skäreggen. Kontrollera att kolven och dess O-ringar sitter rätt och spärringen sitter rättvänd i sitt spår. Trä en korthylsa över kolven och trä den över spärringen med hjälp av specialtången för nedpressning av ringen i spåret. Skjut in halva hylslängden över denna ring.
2. Tryck in provhylsorna pressade mot varandra så att spärringen förblir nedpressad och kan passeras av de tre provhylsorna och den nedre korta hylsan (och senare eggen). Provhylsorna förs in i stigande nummerordning (lägst nummer först) och med den numrerare änden först. Hylsnumren förs in i protokollet. Montera skäreggen.
3. Om slutare skall användas (obs, prova först utan) monteras en speciell slutarhylsa istället för den nedre korta hylsan. I detta fall tas kolven bort innan hylsorna förs in och en montagehylsa används för att den monterade slutaren skall kunna passera kolvstångens nedre del utan att blecket hakar i. Efter att alla hylsor förts in monteras kolven igen. Skäreggen träs sedan över kolven och dess spärring med hjälp av specialtången för nedpressning av den senare. Därefter skruvas eggen fast. (Observera att det finns två typer av slutare med tillhörande slutarhylsa, slutarring och slutarbleck; en med tjocka slutarbleck och en med tunnare. I första hand skall tunna slutarbleck användas. Delarna får inte blandas.)

## Neddrivning

Neddrivning utförs normalt med borrvagn. Neddrivning skall, de närmaste 1,5 metrarna över provtagningsnivån, (dvs. den sista metern innan utstansning-

en påbörjas), göras långsamt. Maximal hastighet är där 20 mm/sekund. ***Vid neddrivning av St II fårstångssystemet inte roteras.***



Figur 8.5 Start av provtagning på hela och halva metrar med provtagare St I.

Provtagningsdjupet räknas från markytan eller annan referensnivå till skarven mellan den nedersta och mellersta hela provhylsan i läget efter utstansning. Vid provtagning på jämnad meterdjup påbörjas utstansningen med provtagare St I då överänden av en skarv på förlängningsrören befinner sig 0,2 m över referensnivån, **Figur 8.5**. Önskas prov på jämnad halvmetrar skall skarven befina sig 0,7 m över referensnivån (om ordinarie stångssystem med 1 m långa förlängningsrör och stänger används). Vid provtagning med provtagare St II är motsvarande mått att skarven mellan förlängningsstängerna skall vara i nivå med markytan respektive 0,5 m över denna (om vanliga 1 m långa förlängningsstänger används).

## Provtagning St I

1. Sänk ner utlösningssstången i förlängningsrören tills den når och fastnar i klon. Sträck därefter kedjan (stängerna eller vajern) till utlösningssstången och dra upp ca 20 mm så att fjädern i låset trycks ihop och låset öppnas. Lås sedan utlösningssystemet med låsanordningen ovanför förlängningsrören.
2. Driv ner förlängningsrören så att provet stansas ut. Utstansning av provet skall ske med jämn och långsam hastighet, ca 10 mm/s. Kontrollera att utrustningen inte fjädrar under utstansningen. Då klon når sin öppnare och börjar pressas isär kan detta ofta observeras som en ökning i dragkraften i utlösningssystemet. När kolven lösgörs skall nedpressningen omedelbart avbrytas

så att provet inte komprimeras.

3. Sedan provet stansats ut ska man vänta minst 5 min, varvid vidhäftning mellan prov och hylsa vanligen ökar. I kvicklara krävs längre väntetid och normalt rekommenderas då minst 10 min väntetid.

## Provtagning St II

1. Utstansningen görs genom att förlängningsstängerna roteras med noggrann räkning av varven och en hastighet av 1 varv/sek. Efter 70 varv erhålls ett tydligt stopp och utstansningen är klar. Ingen vidare rotation eller nedtryckning får ske därefter.
2. Sedan provet stansats ut bör man vänta cirka 5 min varvid vidhäftning mellan prov och hylsa vanligen ökar. I kvicklara krävs längre väntetid och normalt rekommenderas då 10 min väntetid.

## Uppdragning

Uppdragning av kolprovtagaren skall göras långsamt, med jämn hastighet och utan ryck eller vibrationer för att minska risken att störa eller förlora provet. Under den första metern av uppdragningen skall hastigheten inte vara högre än 10 mm/s.

## Tillvaratagande av prov

Provtagare St I : Placera provtagaren horisontellt. Lossa eggen och ta bort provtagarröret med iliggande provhylsor med bandnyckel. Placera provtagarröret horisontellt i uttryckningsfixturen och montera avskärningsfixturen på rörets tidigare nedre ände.

Provtagare St II: Placera provtagaren horisontellt på t.ex. en rörbock och spänn fast den.

Montera avskärningsfixturen på rörets tidigare nedre ände.

Provhyllorna pressas ut försiktigt. För provtagare St II görs detta genom att förlängningsstången roteras motsols. Var noga med att inga skador uppstår på provet genom vridning eller dragning.

Provet skärs av med trådavskärrare i skarvarna mellan hylsorna allteftersom dessa kommer ut ur provtagarröret. Vid avskärningen skall den hylsa som skall skäras loss vila i avskärningsfixturen och efterföljande hylsa ligga i och bara sticka ut en kort bit ur provtagarröret,

**Figur 8:6.**

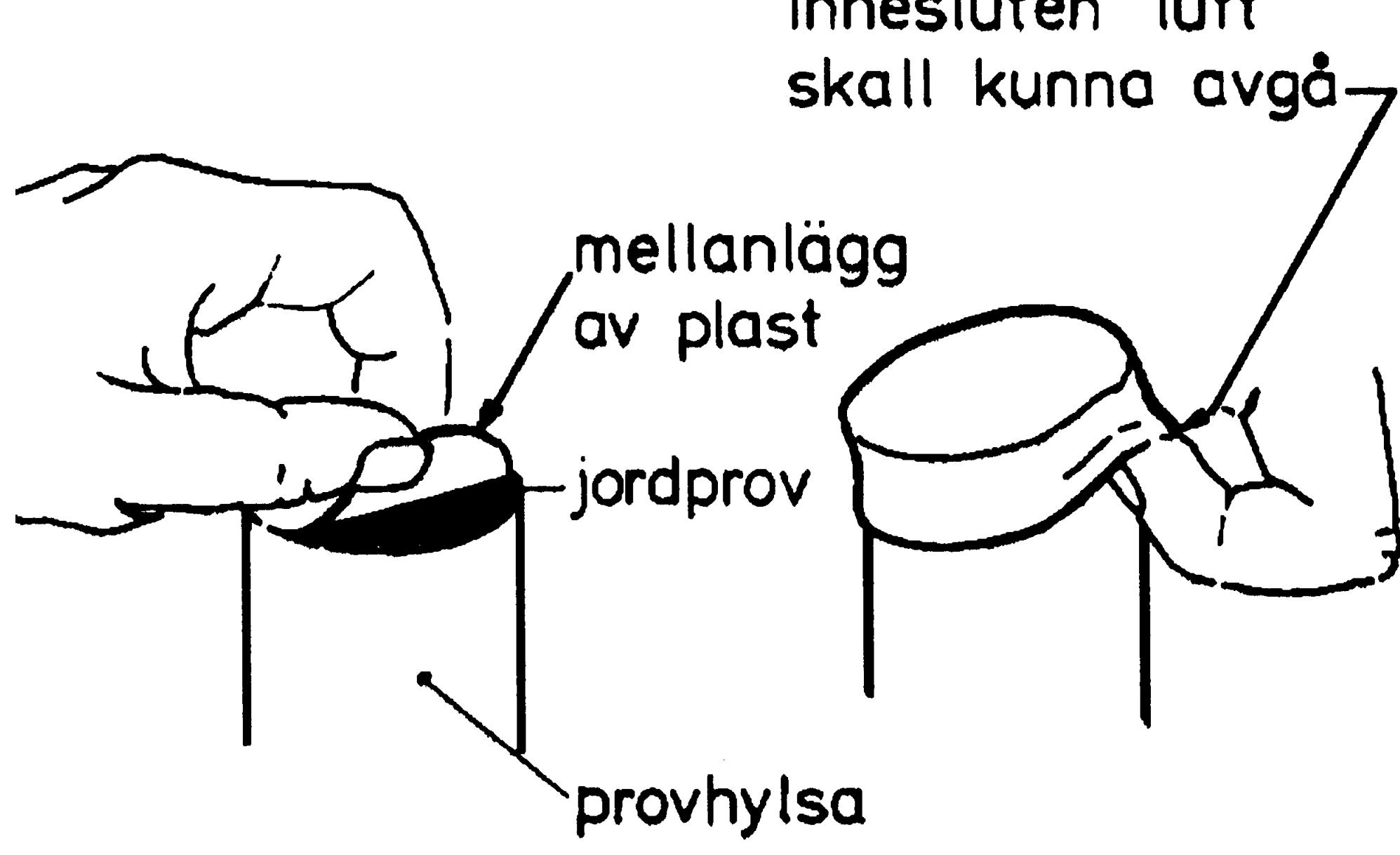


Figur 8.6 Uttryckning och avskärning av provhyllor.

Provets ändytor inspekteras

och provhyllorna skall omedelbart förses med mellanlägg av plast i ändar-

na och lock, **Figur 8:7**. Innan locken sätts på torkas hylsornas utsida ren så att gummilocken sedan sluter tätt.



Figur 8.7 Förslutning av provhylsor.

Om ett prov inte fyller hylsan läggs ett plastmellanlägg på provets yta, och hylsan fylls sedan med jord. Fyllningsmaterialet tas i första hand från innehållet i eggen eller de korta hylsorna. Om ifyllning görs antecknas detta i protokollet med angivande av vilken ände av provhylsan som fyllts i och över vilken längd från änden som ifyllning gjorts.

Om inget prov kommit upp, eller provmängden är för liten, får provet på nivån tas om i ett parallellt hål på minst 2 m sidovidstånd. Provtagningsmetoden ändras då till att använda längre väntetid mellan utstansning och uppdragning, slutare eller båda dessa åtgärder. Samtidigt bör kolvens tätningsmedel O-ringar ses över.

Om ett prov inte helt fyller provhylsans tvärsnitt antecknas även detta.



Figur 8.8 Noggrann rengöring av utrustningen är viktig vid kolvprovtagning.

En preliminär benämning av jorden i provtuberna görs med ledning av vad som kunde observeras i ändytorna efter avskärningen. Benämningen underlättas om det material som finns kvar i eggen och den nedre korta hylsan snittas upp på längden efter att det tryckts ut. Man kan då t.ex. observera om jorden är

varvig.

Om materialet i eggen och/eller den nedre korthylsan skiljer sig från vad som syntes i änden på den undre provhylsan skall även detta material tas till vara i en tydligt märkt plastpåse.

Efter varje provtagningsnivå skall kolven, eggen, korthylsorna och eventuell slutare rengöras noggrant före montering inför provtagning på nästa nivå. Eggen inspekteras så att inga skador uppstått under provtagningen. Även andra delar där kvarvarande jord och annat material kan verka negativt på funktion och provtagning görs rena, **Figur 8.8**.

## Protokoll

På protokoll från kolvprovtagning ska följande uppgifter noteras:

- Obligatoriska uppgifter enligt kap. 1.
- Typ av provtagare.
- Dimension, diameter och längd.
- Provtagningsklass.
- Neddrievningssätt.
- Försöksdjup.
- Prov / hylsa nr.
- Preliminär jordartsbedömning.
- Djup till fri vattenyta i provtagninghållet.

Därutöver skall anmärkningar av betydelse för bedömning av provets kvalitet anges med följande kodning:

- D Provet är påtagligt stört och endast användbart för benämning  
Es Eggen skadades vid provtagningen.  
He Hejning utförd i samband med utstansningen av provet (Får normalt inte användas, ange antal slag)  
Kr Kolvstången har rör sig under utstansning (utlösningsanordningen slakan, St I).  
Ky Provet troligen utsatt för frost.  
Sb1 Tunt slutarbleck använt.  
Sb2 Tjockt slutarbleck använt.  
Sl Provet utsatt för slag eller stötar.  
Sp Provet taget i botten av spadborrhål.  
Skr Provet taget i botten av skruvborrhål.  
Ss Särskilt stor kraft vid stansning.  
Ud Ifyllning av hylsans underdel, längd i mm.  
Öd Ifyllning av hylsans överdel, längd i mm.  
ø Provet fyller inte hylsans diameter.

Ett exempel på ett provtagningsprotokoll visas i **Figur 8:9**. Originalet till provtagningsprotokollet ska medfölja provlådan till laboratoriet tillsammans med en ifylld checklista som tagits fram av SGFs laboratoriekommitté.

## Provtagningsprotokoll

## Ostörd provtagning

Uppdragsnummer <b>7178898</b>	HJ Uppdrag <b>Fälthandboken</b>	KP Undersökningspunkt HK <b>FH-1</b>	
Positionering/förnämling Sekl: - HH Sida: - HVHL Z: +10 HZ		Datum KD <b>120601</b>	
Borrugg <b>GM 100</b>	T Utrustning <b>Geomek</b>	Utförd av HQ <b>S.G.F</b>	
Provtagningskategori Ny	Typ av provtagare <input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> OS-TW <input type="checkbox"/> OS-TKW2 <input type="checkbox"/> PS-TW <input type="checkbox"/> PS-TKW <input type="checkbox"/> LS <input type="checkbox"/> Kv(SII) <input checked="" type="checkbox"/> Kv(SIII)		
Foderrör (m) -	Foderrör (φ) -	Aterfyllning (mtril) -	Djup vattenytta i borrhål HG -
Förborrning (m)   m	HO Neddrivning <input checked="" type="checkbox"/> Statisk <input type="checkbox"/> Dynamisk <input type="checkbox"/> Rotation <input type="checkbox"/>		

## Protokoll

Djup	Slutare	Prov/hylsa nummer	Preliminär jordartsbedömning	Anmärkning
<b>2,0</b>	Ø	<b>2567</b>	<b>C1</b>	
	M	<b>2670</b>	<b>C1</b>	
	U	<b>3100</b>	<b>C1</b>	
<b>3,0</b>	Ø	<b>2470</b>	<b>C1</b>	
	M	<b>3210</b>	<b>C1</b>	
	U	<b>3340</b>	<b>C1</b>	
<b>5,0</b>	Ø	<b>1642</b>	<b>Si C1</b>	<b>Öd 15 cm</b>
	M	<b>2810</b>	<b>Si C1</b>	<b>D</b>
	U	<b>3040</b>	<b>C1 Si</b>	<b>D</b>
	Ø			
	M			
	U			
	Ø			
	M			
	U			
	Ø			
	M			
	U			

Avbrott under arbetet, avvikelse från standard, kommentarer, markskada mm

K

Filnamn - digitalt provtagningsresultat <b>FH 1</b>	GW-rör eller Pp installerat <input type="checkbox"/> Se separat protokoll —	Se baksida <input type="checkbox"/>
--	--	--

Figur 8.9 Exempel på ifyllt protokoll från kolvprovtagning.

## Vård av utrustning

Kolvprovtagare St I och St II är tillverkade med mycket små toleranser. För att provhylsorna skall ligga still i provtagarröret är toleransen mellan hylsornas ytterdiameter och rörets innerdiameter liten. Detta medför att rörets insida och hylsorna måste vara rena och röret fritt från rost för att hylsorna skall kunna glida in och ut. Motsvarande är toleransen mellan provtagarröret och det yttre skyddsröret i St II så liten att rörens utsida respektive insida skall vara fria från rost och hanteras så att inga formförändringar uppstår på grund av slag eller klämning. Kolvstången i St I måste vara ren och slät för att bromsen ska fungera med jämn kraft. Luftningshålen ovanför kolven måste vara rena så att luft och vatten kan avgå då kolven passerar genom provtagaren vid utstansningen.

Provtagarna har ett antal tätningsar med O-ringar som måste vara hela och rena, bortsett från fett, för att fungera. Provhyllorna och eggen måste vara rena och släta invändigt för att provet skall kunna passera med ett minimum av störning m. m.

Allt detta medför att utrustningen måste vårdas, gås igenom och kontrolleras med jämna mellanrum och i görligaste mån hållas ren under användningen. Efter en provtagningsomgång måste den rengöras noggrant, få förslitna eller skadade delar utbytta, oljas och fettas in och rotskyddas under förvaring inför nästa provtagningsomgång. Före start av nästa provtagning torkas egg och provtagarrör rena. Under all hantering skall det undvikas att den utsätts för slag och vid montering, demontering och fixering skall noggrant ses till att den inte utsätts för klämkräfte på fel ställen och att för utrustningen avsedda bandnycklar används för känsliga delar. Rörtänger och skruvstäd får endast användas för mer massiva detaljer där inte heller ytjämnheten har någon betydelse.

### 8.3.2 Provtagare med öppna rör Torvprovtagare typ SGI

#### Allmänt

Standardkolvprovtagare har för liten diameter för de relativt stora partiklarna i torv och kolprovtagare kan inte tryckas ned utan att komprimera en stor del av den underliggande torven. En provtagare för att ta ostörda prover av torv har utvecklats av SGI. Provtagaren är helt öppen och saknar inre provhyllor.

#### Utrustning

Provtagaren består av ett plaströr av polyeten (vanligt avloppsrör) med en inre diameter av 100 mm och 5 mm godstjocklek. Rörets längd kan varieras, men normal längd är 1 m vilket är mest hanterligt. Ett skär träs på rörets nederända tills röret vilar mot en avfalsning inuti skäret. Skäret fixeras med fyra insexskruvar som är gängade i skäret och skruvas in i förborrade hål i plaströret. Skäret är svarvat i stål och har en innerdiameter på 99 mm nedanför avfalsningen. Skäret kan förses med slutarbleck och dess egg är vågformad med en våghöjd av ca 30 mm mellan vågtopparna, **Figur 8.10**.



Figur 8.10 Torvprovtagare typ SGI.

På toppen av röret monteras en överdel med ventilationshål och slagnacke på motsvarande sätt. Provtagaren förs ned i förborrade hål och drivs vidare med slag motsvarande en lätt slagborr, typ Pionjär.

#### Utförande

1. Undersök provtagningsplatsen noga genom att sticksondera runt det tänkta

provtagningshålet. Kontrollera om det finns rötter samt djupet till eventuella förekommande friktionsjordlager. Rötter medför onödiga påfrestningar och ger ett stört prov. Nedslagning av provtagaren i friktionsjord medför att eggen kan förstöras.

2. Förbered provtagningen genom att ta bort det översta förnalaget (topplaget med oförmultnat ris, kvistar och döda rötter). Spadborra ett hål ned till den nivå där provtagningen skall startas. Använd en spadborr med diameter 150 – 200 mm.
3. Montera ihop torvprovtagaren. Kontrollera att eggen på skäret är mycket skarp. Sätt in eventuellt slutarbleck i skäret och montera därefter skäret på ett provtagarrör. Skruva åt insekskruvarna ordentligt så att de går in hela vägen i hålen i provtagarrören utan att sticka ut på insidan. Montera överdelen med slagnacke på rörets övre ände. Som förlängningsstänger används massiva förlängningsstål, ø 22 mm.
4. För ned provtagaren till startdjupet för provtagningen.
5. Knacka ned provtagaren den förutbestämda neddrivningslängden med lätt slagning med hjälp av motorslagmaskin eller borrbandvagnens slagutrustning. Vrid därefter provtagaren 4 – 5 varv.
6. Dra upp provtagaren försiktigt. Att provet följer med vid uppdragningen kan kontrolleras med hjälp av ett lätt rör som försiktigt sticks ned genom hålet i provtagarens överdel.
7. Placera provhylsan i liggande läge. Montera försiktigt av skäret och såga av torven jäms med provtagarrörets underkant med hjälp av exempelvis en bågfil. Materialet från skäret stoppas i en plastpåse. Om provröret endast är delvis fyllt med material läggs ett mellanlägg i och torvmaterial fylls på så att röret blir helt fyllt. Försegla provtagningsrörets ändar och plastpåsen så att förslutningarna blir täta. Märk röret och plastpåsen med provtagningshål samt nivå på över- respektive underände. Notera på röret hur mycket material som eventuellt fyllts på.

## Protokoll

Protokoll från torvprovtagning förs på samma sätt som vid annan provtagning. Se exempel **Figur 8.9.**

## Hantering av prover

Proverna skall hanteras och transporteras som övriga ostörda prover. Se tidigare avsnitt ”*Ostörda prover*”.

## Provtagare för lemrän och annan mycket fast lera

### Allmänt

I lemrän och annan mycket fast lera används ofta provtagare med öppna rör. I detta fall kan man som regel inte trycka ned en kolvborrtrustning till provtagningsdjupet med kolven på plats utan provtagningen får göras från bottnen av förborrade hål. Också när kolven lösgörs medför den totala tjockleken hos kompositprovtagare typ standardkolvp provtagare att den neddrivningskraft som krävs även då blir mycket stor. Lermrän innehåller dessutom normalt grövre partiklar som lätt skadar den ömtåliga eggen i standardkolvborren samtidigt som provdiametern är i minsta laget för detta material. I södra Sverige har ”ostörd” provtagning med öppna rör i lemrän har visat fungera bra i s.k. Baltisk lemrän medan funktionen är mer osäker i den fastare och grövre s.k. Nordostmränen

## Förborrning

Provtagning med öppna rör görs från bottnen av förborrade hål. Förborrnings-tekniken varierar beroende på det material som skall förborras. I ren fast lera kan den utföras med skruvborr och hålen står där normalt öppna. Finns lager av friktionsjord kan foderrör behövas för att inte material från dessa skall rasa ned i hålet. I lemorän med ett stort innehåll av grövre partiklar kan förborrning med skruvborr vara besvärlig och där lager eller linser av grövre jord förekommer kan foderrörsborrning behöva utföras till provtagningsnivån. Ett alternativ till foderrörsborrning är att använda en "hollow stem auger", som är en stor grov jordskruv med ett grovt rör i centrum. Under nedvridning av skruven är centrumhållet täppt av en kolv och då provtagningsnivån nåtts tas kolven upp och provtagaren kan sänkas ned i hålet, **Figur 8.11**.



**Figur 8.11** Förborrning med "hollow stem auger". Den förberedda provtagaren som är klar att sänkas ned i centrumhållet syns upphängd framför skruven.

## Utrustning

Provtagaren består av ett tunnväggigt rör vars nedre ände svarvats till en egg. Ofta används rör med en invändig diameter av 70 mm. Rostfria sömlösa ämnesrör är att föredra eftersom dessa är släta in- och utvändigt, jorden inte fastnar på grund av korrosion under lagringen i röret och de kan också användas vid miljögeotekniska undersökningar. Rörets längd kan variera. Ett nytt rör har normalt en längd av omkring 0,6 m, men denna minskar då eggen svarvas om på grund av förslitning eller skador. Provtagarröret monteras på en adapter där rörets överdel fixeras så att det kan tryckas ned och dras upp utan att vicka. I adaptern finns en kulventil eller annan anordning så att luft och vatten inuti röret kan avgå vid nedpressningen och sluter tätt så att ett vakuum skapas över jordprovet vid uppdragningen. På adapterns topp finns en övergång till de förlängningsstänger som används, **Figur 8.12**.



Figur 8.12 Provtagnarrör med adapter typ Tyréns.

## Utförande

- 1 Förborra ned till den nivå där provtagningen skall påbörjas.
- 2 Montera ihop provtagaren. Kontrollera att eggen på röret är skarp och att ventilen är ren och fungerar. Sätt fast adaptern på rörets övre ände. Mät den fria längden inuti provtagaren från eggen till adaptorns underkant. Som förlängningsstänger används grova förlängningsstål, normalt ø 36 mm.
- 3 För ned provtagaren till startdjupet för provtagningen
4. Tryck ned provtagaren tills slaglängden, som motsvarar den uppmätta fria längden minus en marginal på cirka 10 mm, med en hastighet av cirka 10 mm/s. Om det blir stopp eller neddrivningskraften plötsligt ökar markant stannas neddrivningen. Detta tyder på att eggen gått emot en grövre partikel och vidare försök till neddrivning resulterar då endast till större skador på eggen.
5. Dra upp provtagaren försiktigt. Över slaglängden bör hastigheten vara cirka 10 mm/s och när provtagaren därefter går fritt i det förborrade hålet skall uppdragningen vara jämn och utan vibrationer.
6. Montera av provtagarröret från adapttern. Om provrören endast är delvis fyllt med material läggs ett mellanlägg i och jord fylls på så att röret blir helt fyllt. Försegla provtagarrörets ändar så att förslutningen blir tät. Märk röret med provhål samt nivå på över- respektive underände. Notera på hylsan hur mycket material som eventuellt fyllts på.

## Protokoll

Protokoll från provtagning med öppna rör förs på samma sätt som vid annan provtagning. Se exempel Figur 8.9. Då provtagningen avbrutits före full slaglängd görs en notering av detta med den aktuella utstansningslängden.

## Hantering av prover

Proverna skall hanteras och transporteras som övriga ostörda prover. Se tidigare avsnitt "*Ostörda prover*".

## Stor Lerprovtagnare typ SGI

För speciella ändamål har en stor provtagare utvecklats av SGI. Den är främst avsedd för de högsensitiva leror där det visar sig mycket svårt att få upp prover med god kvalitet samt för undersökningar där proverna skall undergå avance-

rad provning i laboratoriet. Det senare kan t.ex. medföra behov av stora prover och/eller prover där även egenskaper vid små töjningar inom det elastiska området kan mätas med god noggrannhet.

Provtagaren och dess hantering är beskrivna i detalj i SGI, Göta älvtredningen, GÄU, Delrapport 33: Metodbeskrivning för SGI:s 200 mm diameter ”blockprovtagare” – Ostörd provtagning i finkornig jord. Nedanstående är en kort orientering om provtagaren.

Provtagaren är av typen öppet rör med ett provtagarrör med 200 mm innerdiameter och en längd av strax över 1 m. Den är försedd med en skarp skäregg motsvarande standardkolvborren. I eggen finns en avskärningsanordning så att provet kan skäras av i underkanten innan uppdragning efter utstansning. Störningen av provet kan vidare reduceras genom att ett luftövertryck förs på i den avskurna snittytan, vilket hjälper till att lyfta provet och förhindrar att något sug uppstår under det.

Provtagningen görs från bottnen av förborrade och stabiliseraade hål, vilket fordrar speciell förborrnings- och hålrensningsteknik samt inpumpning av bentonitvätska för att stabilisera hålet. Provtagarens överdel består av ett lock med ett stort hål som släpper igenom bentonitvätskan då provtagaren sänks ned i hålet och då provet stansas ut. Provtagarens överdel har en övergång till förlängningsrör, normalt vanliga s.k. kolvborrör. Efter utstansningen kan hålet stängas med hjälp av ett inrestångssystem som löper inuti förlängningsrören, **Figur 8.13**.



**Figur 8.13** Stor SGI-provtagare upphängd i neddrivningsutrustning ovanför ett förborrat hål.

Provtagaren trycks ned från bottnen av det förborrade hålet med en hastighet motsvarande den vid kolvprovtagning och motsvarande väntetider används. Efter att fullt utstansningsdjup nåtts stängs hålet i överdelen och efter att väntetiden utgått skärs provet av med avskärningsanordningen. Samtidigt appliceras ett luftövertryck i den avskurna slitsen som motsvarar det totala överlagrings-

trycket på provtagningsnivån. Provet dras därefter upp med bibehållt luftövertryck under provet tills provtagaren kommit helt upp i det förborrade hålet där vätsketrycket från stabiliseringvätskan tar över.

Det upptagna provet trycks normalt ut ur provtagarröret på provtagningsplatsen och delas upp i sex delprovet som placeras på speciella provplattor. De täcks och försluts sedan med en blandning av paraffin och vax som armeras med gasväv, **Figur 8.14**.



**Figur 8.14** Förslutning av delprover.

Märkning av prover och protokollföring görs i princip som för övrig provtagning, men i detta fall med märkpenna på förslutningen.

Hantering och transport av prover görs också i princip som för övriga ostörda prover.

Provtagning med SGIs stora lerprovtagare fordrar en omfattande kringutrustning och stor borrbandvagn. Normalt utförs arbetet av 3 personer.

## Kärnprovtagning

### Allmänt

Vid kärnprovtagning kan ett kontinuerligt prov av hela den genomborrade jordprofilen tas. Metoden utvecklades ursprungligen för tagning av prover i fast berg, men med modern utrustning kan prover tas även i andra relativt fasta material som lemmorän och mycket fast lera, löst berg som kalkberg och ler-skiffer samt konstgjort material som kalk-cementstabiliseringad jord och kalk-cementpelare m.m.

Hur lyckad provtagningen är mäts traditionellt i kärnutvinningsgraden, dvs. hur många procent längden av den upptagna kärnan utgör av det genomborrade djupet. Vid provtagning i fast jord tillkommer hur intakt och ostört provet är efter upptagning och hantering inklusive transport.

## Kärnprovtagning i fast berg

För kärnprovtagning i berg används huvudsakligen diamantborrning där borrkronan roteras ned med ett visst matningstryck, samtidigt som en spolvätska rensar hålbotten och för upp borrkaxet till markytan. Vid borrningen samlas en kärna av berget kontinuerligt in i ett kärnrör. När kärnröret är fullt lyfts det upp till markytan för att tömmas. Man skiljer här mellan konventionell metod respektive wire-line metoden.

Under borrningen bör borraparametrarna sjunkhastighet, matningstryck, rotationshastighet, vridmoment, spoltryck och spolflöde registreras mot djupet. På detta vis fås tillsammans med den upptagna kärnan en så fullständig bild av det genomborrade materialet som möjligt.

Vid konventionell teknik tas hela systemet upp när kärnan skall tas ut. Detta kräver ett stabilt hål för att det skall vara möjligt att åter få ner kärnröret i hålet. Wire-line tekniken innebär att en fångstanordning skickas ned genom borrhören. Fångstanordningen kopplas till det inre kärnröret som samtidigt loss görs från ytterröret och sedan vinschas upp till markytan. Metoden innebär att borrkronan och ytterröret står kvar i borrhålet medan kärnröret och kärnan tas upp.

Kärnrör finns i längder från 0,5 m till 6 m och har till uppgift att samla in och hålla kvar den urborrade kärnan. Kärnrören delas in i enkla, dubbla och trippelkärnrör samt wirelinekärnrör. Mest används dubbla kärnrör. Enkla kärnrör används när kärnkvaliteten och kärnutvinningen är mindre viktig. Trippelkärnrör, som har ett foder i innerröret, används i lösa formationer där det är viktigt att kunna ta ur kärnan ur innerröret utan att skada kärnan. Trippelrör har i regel frontspolning dvs. spolvätskan träffar aldrig kärnan direkt utan går genom kanaler i rörväggen fram till fronten.

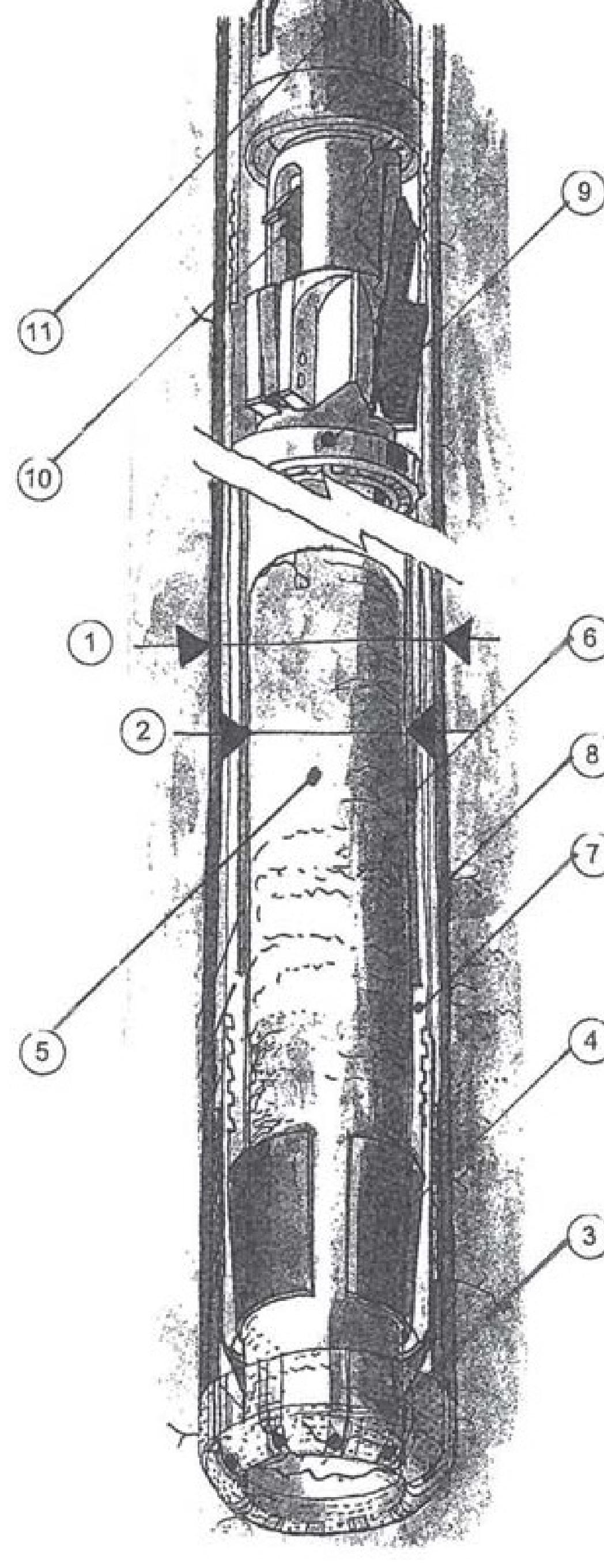
Kärnan som matas in i kärnröret bryts efter uppnådd kärnlängd och hålls kvar i röret med hjälp av en kärnfångarhylsa. Efter att kärnröret tagits upp kan kärnan tryckas ut och läggas i kärnlådor. Vid inläggning i kärnlådan är det mycket viktigt att kärnbitarna läggs in i **rätt ordning och att de är rättvända** samt att kärnförluster markeras med træklossar eller liknande. Lådan märks med uppgifter om provtagningshål och de olika kärnbitarna i kärnlådan markeras så att det framgår vilka djupintervall de tagits på.

## Kärnprovtagning i löst berg och fast jord med Geobor S

För ostörd provtagning i löst berg och fast jord (och även i fast berg) kan kärnprovtagning typ Geobor S utföras. Geobor S är ett modernt wire-line system med trippelkärnrör. Utrustningens ytterdiameter är 146 mm och de upptagna kärnorna har en diameter av 102 mm. Det inre röret, kärnröret, är försett med ett foder i form av ett 1,5 m långt PVC-rör, **Figur 8.15**. Till utrustningen finns olika borrhronor som kan väljas beroende på vilken typ av jord och/eller berg borrhingen skall utföras i.

Borrhingen utförs i 1,5 eller 3 m långa intervall. Under borrhingen regleras matningskraft, rotationshastighet och spolflöde så att borren skär sig ned i ett

jämnt förlopp utan att röra om materialet och utan att finmaterial spolas ur. Operatörens erfarenhet av borrhning i den aktuella typen av material är avgörande för vilken kärnutfinningsgrad och provkvalitet som uppnås, liksom för att minimera slitage av de dyrbara borrhuvudena. En rätt utförd borrhning ger ofta närmare 100 % kärnutfinning. Efter varje intervall förs fångstanordningen ned och kärnröret vinschas upp med wiren.



1. Ytterdiameter 146 mm
2. Kärdiameter 102 mm
3. Borrhuvud med kanaler för spolvatten
4. Kärnuppsamlare
5. Kärna
6. PVC-rör (liner)
7. Kärnrör (innerrör)
8. Borrör (ytterrör)
9. Svirvel
10. Fångarm
11. Fåganordning hängande i wire

**Figur 8.15 Konstruktion av kärnborrustrustning Geobor S.**

När kärnröret tagits upp trycks PVC-röret med kärnan ut. Kärnor av berg tas sedan oftast ut på plats och placeras i kärnlådor på motsvarande sätt som övriga bergkärnor. Prover av jord kan tas ut och benämns på plats, men om de skall undersökas i laboratoriet förvaras de normalt inuti PVC-röret vars ändar försegglas tätt innan rören transporteras in till laboratoriet. I detta fall måste extrem varsamhet iakttas eftersom de slanka PVC-rören lätt böjs. Detta gäller såväl då rören tas ur kärnröret som under alla moment då de lyfts och läggs ned samt under transport. I annat fall går en ursprungligen mycket hög provkvalitet lätt förlorad. Prover av berg kan hanteras på motsvarande sätt om man t.ex. vill bevara fukthalten.

För detaljerade beskrivningar av kärnborring med olika typer av utrustning hänvisas till tillverkarens anvisningar.

## Protokoll

Under borrhningen förs speciella kärnprovtagningsprotokoll. Av speciellt intres-

se är då noteringar om kärnförluster, dvs. avsnitt där inget prov fåtts. I protokollet skall dessutom finnas obligatoriska uppgifter enligt kapitel 1 och till protokollet skall bifogas en datafil med de registrerade borrningsparametrarna.

## 8.4 Störd provtagning

### 8.4.1 Skruvprovtagare

[Se instruktionsfilm för Skruvprovtagning här.](#)

#### Allmänt

Vid skruvprovtagning tas störda eller omrörda prover kontinuerligt genom jordprofilen. Kvaliteten beror av jordart, grundvattenförhållanden och hantering av proverna samt den beskrivning och benämning som görs i fält.

Provtagning görs genom att skruvprovtagaren skruvas ned genom vridning av stången till provtagningsdjupet varefter den dras rakt upp. Jord från provtagningsnivån blir då kvar på flänsarna och följer med upp. Skruvprovtagning utförs normalt med borrvagn.

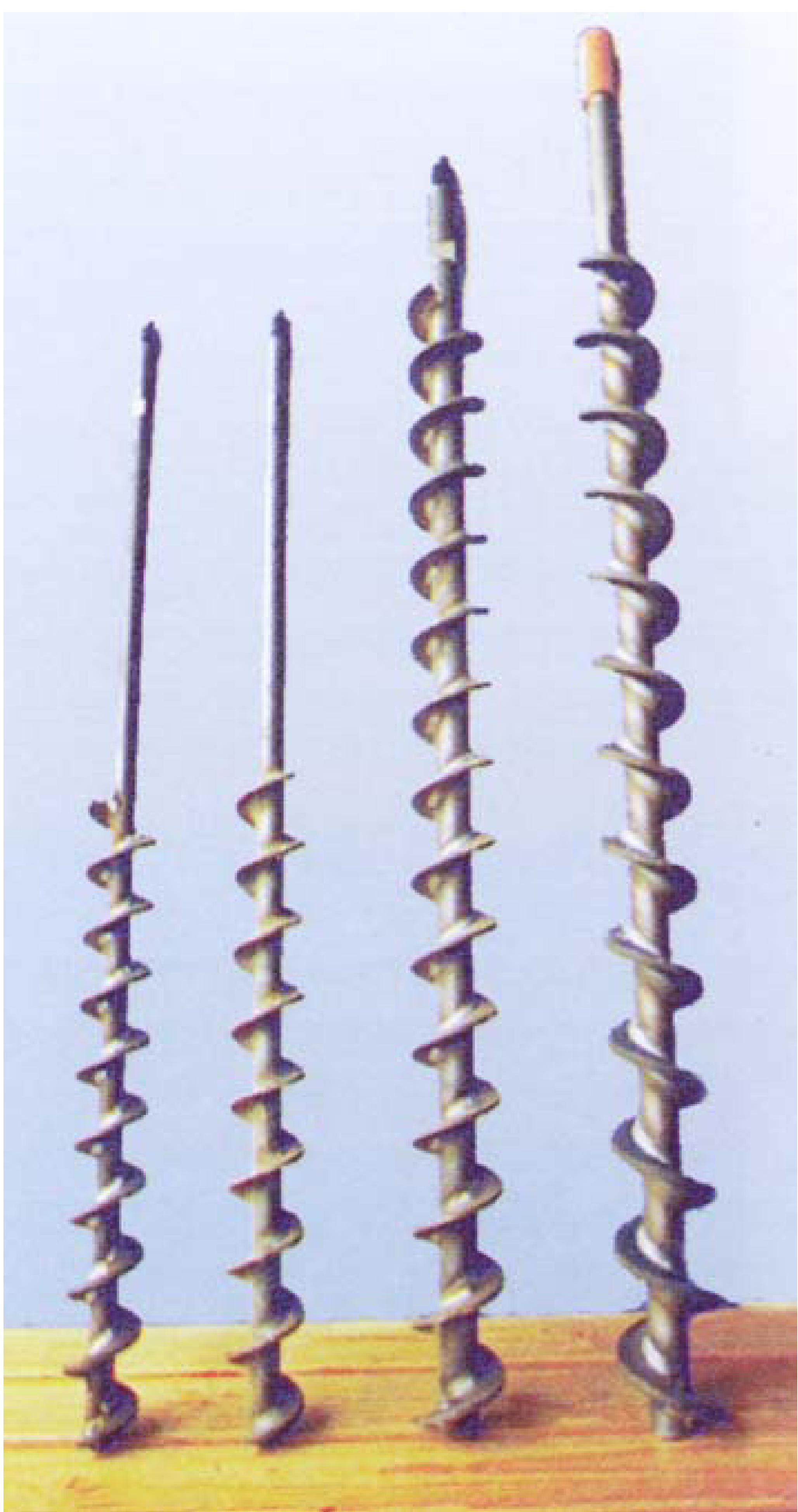
Skruvprovtagning försvaras av stenig jord. Metoden används främst i koheisions- och siltjord men också i sand och fingergrus över grundvattenytan. Metoden används normalt ned till ca 5 m djup, men kan tillämpas till 10 – 15 m. Fördelen med skruvprovtagning är att man snabbt kan få en kontinuerlig bild av jordlagerföljen. En nackdel är att vid provtagning i sandig och grusig jord under grundvattenytan sköljs provet lätt av från flänsarna vid uppdragningen. En annan nackdel med skruvprovtagning är att jord från borrhålsväggen kan rasa ner på skruvens övre del samt häftas vid provet under uppdragningen. Detta kan undvikas genom att utföra skruvprovtagning med foderrör.

#### Utrustning

Skruvprovtagaren är utformad som en skruv och består av en stålstång som försetts med en spiralfläns. Skruvprovtagare finns med diameter från 30 – 200 mm och med längder från 0,25 till 2,0 m. Vanligast är diameter 60 – 100 mm och 1 m längd. Skruvprovtagare skarvas med förlängningsstänger från 22 mm diameter upp till bergborrstål R32, **Figur 8.16.**

#### Utförande

1. Skruva ned provtagaren. Anpassa rotationen och sjunkningen till skruvens stigning så att jorden rörs om så lite som möjligt.
2. Dra skruvprovtagaren rakt upp utan vibrationer så att provet ligger kvar mellan flänsarna.
3. Tag bort sådant material längs skruvprovtagarens utsida och på och i dess övre fläns som kan antas inte komma från provtagningsnivån. Skrapa provets yta med kniv för att få en färsk jordyta för klassificering. Beskriv provet med dess olika lager och skikt, varvighet m.m. och gör en preliminär jordartsbedömning av de olika lagren. I vissa fall kan ett foto vara till hjälp. Ta ut representativa prover på varje jordlagerskikt, dock minst ett per meter och lägg dessa i väl tillslutna och märkta plastpåsar.
4. Vid märkning – använd blyertspenna eller riktig bläckpenna. Använd inte olika typer av färgpennor, vilket kan leda till att texten försvinner. För att underlätta för laboratoriet bör alla provpåsar från samma hål läggas i en egen plastpåse tillsammans med originalet av provtagningsprotokollet.
5. Rengör skruvborren och driv ned den till det djup där föregående provtagning avslutades och påbörja nästa provtagning.



**Figur 8.16 Skruvprovtagare med olika dimensioner och för förlängningsstänger från 22mm diameter till R32.**

## Protokoll

På provtagningsprotokoll från skruvprovtagning skall följande noteras:

- Obligatoriska uppgifter enligt kap. 1.
- Typ av provtagare.
- Dimension, diametr och längd.
- Provtagningsklass.
- Neddrivningssätt.
- Försöksdjup.

- Prov / hylsa nr.
  - Preliminär jordartsbedömning.

## 8.4.2 Sonicborrning

# Allmänt

Vid sonicborrning tas en störd kontinuerlig borrkärna genom jordprofilen. Metoden kan i sin enklare form främst ses som ett alternativ till skruvprovtagning. Provtagning med sonicborrning går fortare och kan drivas djupare, men fordrar å andra sidan speciell neddrivningsutrustning. Fördel med metoden är att vattenförande skikt kan identifieras.

## Figur 8.17 Exempel på ifyllt protokoll från skruvprovtagning.

Sonicborrning är ett samlingsnamn för borrning där vibration, enbart eller i kombination med rotation av en borrkrona, används för neddrivning. Vibrationerna med mycket hög frekvens (cirka 200 Hz) skapas av excenterrotation i borrhuvudet i utrustningen på markytan eller i borrkronan. Det finns utrust-

ningar som tar upp kärnor med diametrar av upp till 300 millimeter och som kan gå ned till ca 250 meters djup och ta prover i både jord och berg. De utrustningar som används i Sverige har dock som regel varit av en betydligt mindre och enklare typ, som är avsedd för provtagning i jord och där neddrivningen görs med enbart vibration från markytan och kärndiametrarna är omkring 50 – 71 mm. Större utrustningar har dock börjat introduceras också i de nordiska länderna.

De mindre och enklare utrustningarna klarar inte att ta prover i alltför grova friktionsmaterial, men har visat sig kunna användas i lera, silt, friktionsjord till och med mellangrus samt finkorniga moräner med begränsad sten och blockhalt. Nedrivningsdjupet begränsas i princip av borriggens lyftkraft och att de vibrationer som alstras vid markytan skall kunna fortplantas ned till provtagaren. De svenska erfarenheterna begränsas i huvudsak till provtagningar ned till ca 35 m djup och dämpning av vibrationen på vägen har då inte medfört något problem.

## Utrustning

Provtagningsutrustningen består av en typ av kolvborr med en hydrauliskt driven kolv och där provtagarröret kan förses med speciella skär och bleck för provtagning i olika typer av jord. Hydraulvätskan är vatten. Några inre provhylsor finns inte, men proven kan tryckas ut i plaststrumpor eller olika typer av rör.

## Utförande

Vid provtagningen vibreras den stängda provtagaren ned till aktuell provtagningsnivå. Där lösgörs kolven med enstång i förlängningsrören som öppnar en ventil, varpå provtagaren vibreras vidare. Jordprovet (kärnan) går då in i röret samtidigt som kolven stannar på nivån och vattnet ovanför denna går upp i förlängningsrören. Provtagarens slaghålls längd kan variera mellan ca 2 – 4 m, men 2 m prover är mer hanterliga. Efter att full slaghålls längd nåtts avslutas neddrivningen. Ventilen till kolven stängs så att kolven hålls kvar och vattentrycket ovanför inte kan trycka ut provet under uppdragningen. När provet tagits upp till markytan fälls borrvagnens mast till lämplig vinkel, varpå ett vattentryck förs på kolven och jordprovet trycks ut och fångas upp i ett halvrör.

Provets yta skrapas med en kniv eller spatel för att få en färsk provyta för klassificering. Prover av lös lera delas lämpligen på längden med en trådavskärare. Jorden beskrivs med sina olika lager och skikt, varvighet m.m. och en preliminär jordartsbedömning av de olika lagren görs. Proven bör dessutom fotodokumenteras. Representativa prover tas ut från varje jordlagerskikt, dock minst ett per meter och dessa läggs i väl tillslutna och märkta provpåsar. Om provet trycks ut inuti en plaststrumpa eller någon typ av rör försluts dessa tätt i båda ändar och provet transporteras i sin helhet till laboratoriet liggande i sitt rör eller halvrör.

Vid provtagningen skall beaktas att när provtagaren dras upp och sedan förs ned till nästa provtagningsnivå kan material rasa ned i hålet, eller hålet gå igen. Det är därför viktigt att kontrollera att den nya provtagningen inte påbörjas på en högre nivå än där den föregående avslutades. Också när detta krav är uppfyllt skall materialet i toppen av den nya kärnan kontrolleras mot materialet i botten av den föregående. Om dessa inte stämmer överens får en bedömning göras om det översta materialet i det nya provet kommer från den aktuella ni-

vån eller förts ned av kolven från en ovanliggande nivå. Detta bör noteras särskilt i protokollet med angivande av hur stor del av provet som bedömts som inte kommer från den aktuella provtagningsnivån.

Om det kommer upp prover som är betydligt kortare än neddrivningslängden, kan detta bero på att grovt material fastnat i rörspetsen eller inuti röret. Kärförluster skall noteras i fältprotokollet. Eventuellt kan provet på den aktuella nivån tas om i ett parallellt borrhål där provtagaren vibreras ned direkt till nivån ifråga.

För detaljerade beskrivningar av sonicborrning med olika typer av utrustningar hänvisas till tillverkarens anvisningar.



Figur 8.18 Uttryckning av prov vid sonicborrning.

## Protokoll

I provtagningsprotokoll från sonicborrning ska följande noteras:

- Obligatoriska uppgifter enligt kap. 1.
- Typ av provtagare.
- Dimension, diameter och längd.
- Provtagningsklass.
- Neddrivningssätt.
- Försöksdjup.
- Jordlagerföljd så som den bedömts i fält med indelning efter lagergränser och preliminär bedömning (samt angivande av eventuellt material som bedömts som inte kommande från aktuell nivå och eventuella kärförluster).
- Nummer på prover från representativa nivåer.
- Djupet till fri vattenyta i provtagningshålet.

### 8.4.3 Kannprovtagare

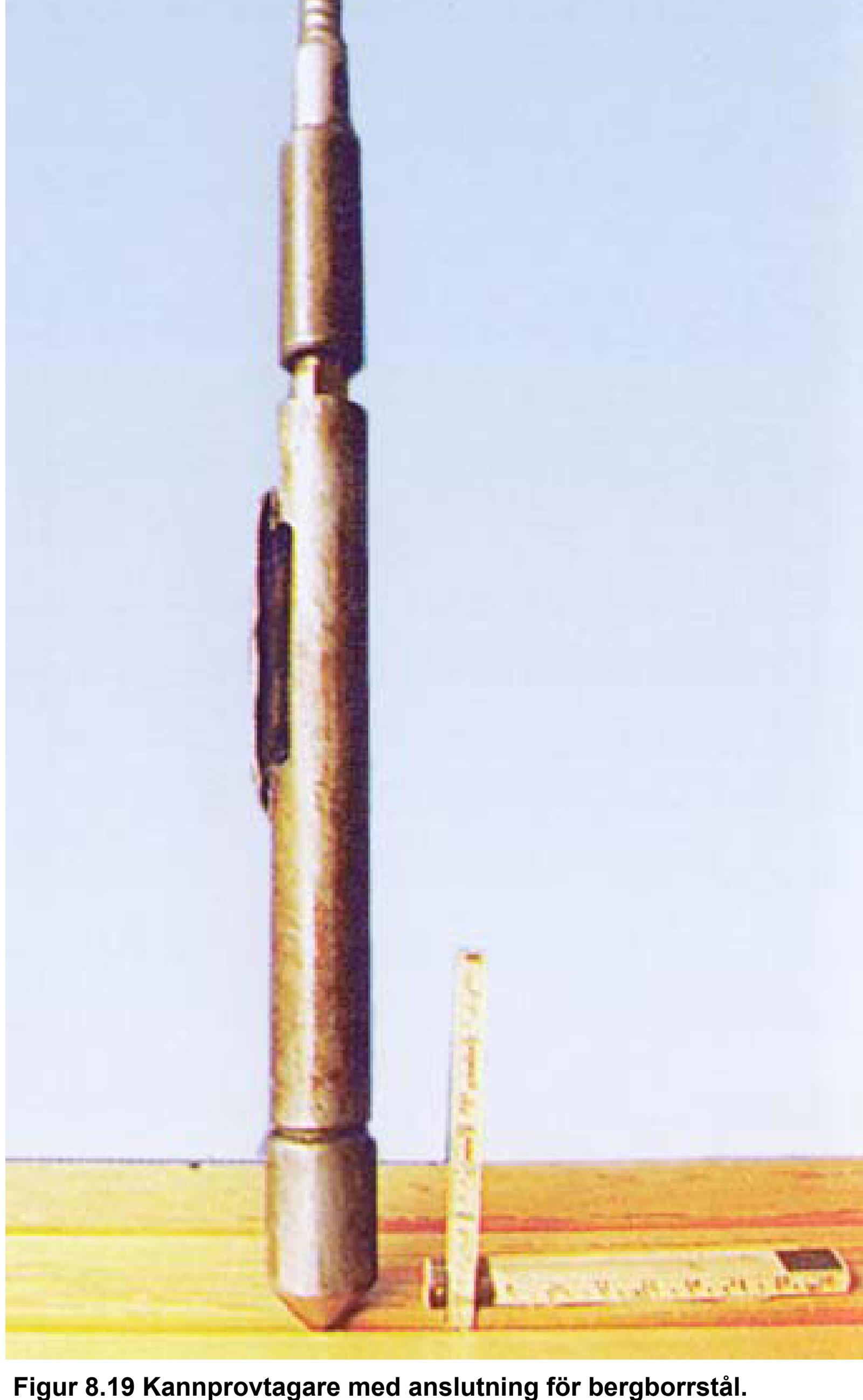
#### Allmänt

Kannprovtagare används för att ta upp omrörda prover av friktionsjord i ensta-

ka punkter under grundvattenytan. Kannprovtagning kan utföras i olika jordar men grovt grus och sten kommer inte in i provtagaren. Med kannprovtagare får man oftast små omrörda prover som under grundvattenytan är starkt uppbländade med vatten. Vid nedslagning av kannprovtagare kan en viss krossning av jorden närmast provtagaren ske så att kornstorleksfördelningen på det inmata-de provet inte är helt representativ för jordmassan.

## Utrustning

Dem vanligaste typen av kannprovtagare består av en robust provtagningsspets där provet matas in i provtagaren från sidan när provtagaren vrids runt. För att skrapa in jord i provtagaren är den utväntigt försedd med en inmatningsläpp. Kannprovtagaren finns i olika storlekar med innerdiametrar från 35 till 70 mm avsedda för skarvstänger från 25 mm diameter upp till 1 ¼ tums bergborrstål, (R32), **Figur 8.19**.



Figur 8.19 Kannprovtagare med anslutning för bergborrstål.

## Utförande

1. Se till att kannprovtagaren är rengjord invändigt och stängd.
2. Tryck, slå eller heja ner provtagaren till avsedd provtagningsnivå. Dra åt förlängningsstängerna ordentligt så att skarvorna inte öppnas då stängerna roteras baklänges efter provtagningen. Se till att stängerna inte vrider under neddrivningen för då öppnas provtagaren.
3. Vrid stänger och provtagare ett antal varv så att provtagaren öppnas och jorden fyller provtagaren. Vrid därefter några varv åt andra hålet så att provtaga-

ren åter stängs.

4. Ta upp kannan genom att dra stängerna rakt upp och lägg sedan provtagaren på marken. Gör ren provtagarens utsida innan den öppnas. Tag ut provet och gör en preliminär benämning.
  5. Lägg provet i en tydligt märkt och väl försluten plastpåse.

# Protokoll

På provtagningsprotokoll från provtagning med kannprovtagare skall följande noteras.

- Obligatoriska uppgifter enligt kap. 1.
  - Provtagningsdjup.
  - Typ av provtagare.
  - Dimension, diameter och längd.
  - Provtagningsklass.
  - Neddrivningssätt.
  - Nummer på prover och preliminär benämning av dessa.
  - Djupet till fri vattenyta i provtagningshålet.
  - Anmärkningar av betydelse för bedömning av provets kvalitet.

## Frøvægtningsprotokoll

Varegruppenummer	HU
------------------	----

Stora provtagning  
TP Undersökningspunkt HK

Provtagning utörd enligt SS-EN 1997-2 samt metodbeskrivning. /EG 2010

## 8.4.4 Provtagningsspets typ Borro

### Allmänt

Provtagningsspets används för tagning av störda prover i enskilda punkter av främst friktionsjord som inte innehåller alltför mycket sten och block, men också fast kohesionjord samt vid provtagning på stora djup.

Provtagningsspetsar kan användas oberoende av om hålet står öppet eller inte. De mindre provtagarna ger ofta alltför små jordprover, varför man bör välja en större typ då jorden är grusig eller vid provtagning för mer omfattande laboratorieundersökning.

### Utrustning

Provtagningsspets typ Borro består av ett provtagningsrör som är skruvat på en gängad spindel. Denna provtagare finns med 25, 34 resp. 50 mm diameter. Provtagaren är normalt försedd med en provhylsa för förvaring och transport av proverna. Provtagningsspetsarna drivs ner till avsedd provtagningsnivå med tryck, slaghammare eller hejare, **Figur 8.21**.



Figur 8.21 Provtagningsspets typ Borro med provhylsa.

### Utförande

1. Kontrollera att provtagaren är väl rengjord, gängorna infettade och O-ring-

arna oskadade.

2. Montera ihop provtagaren. Skruva upp provtagaren på spindeln till sitt översta läge. Dra inte åt för hårt. En för hårt dragen spindelmutter medförl risk att den nypar och att provtagningspetsen inte öppnas vid provtagningen.
3. För in provhylsan i det nedre huset efter att provtagarhusen monterats.
4. Montera in en slutare om det finns risk för att provet rinner ut, t.ex. i ensartad sand under grundvattenytan.
5. Skruva på spetsmanteln
6. Driv ned provtagaren till avsedd provtagningsnivå. Se till att stängerna inte vrider under neddrivningen eftersom spetsen öppnas vid vridning (antingen medurs eller moturs beroende på om provtagaren är tillverkad för vänster- eller högergångade förlängningsstänger). Då provtagningen påbörjas skall provtagarens spets befina sig 100 mm över provtagningsnivån.
7. Gör en markering på borrstålen innan provtagningen påbörjas. Vrid därför stången 30 hela varv (medurs eller moturs). Om provtagaren *inte* stansar ut provet märks detta genom att stängerna rör sig uppåt. Tryck eller slå då försiktigt på stängerna så att markeringen förblir på ursprunglig nivå. Driv för säkerhets skull ned provtagaren ytterligare 100 – 200 mm efter avslutad vridning.
8. Dra upp provtagningsspetsen försiktigt och rakt upp utan vridning. Skruva av spetsmanteln och plocka bort eventuellt slutarbleck. Dra ut provhylsan, förslut den med lock och lägg den i en plastpåse med etikett och förslut. Om hylsan inte är helt fylld ska hålrummet fyllas med trassel eller liknande.
9. Fyll i uppgifterna om provet på etiketten.
10. Om det inte går att dra ut provhylsan får innehållet i hylsan skrapas ut och läggas löst i plastpåsen. Normalt går det sedan lättare att få loss provhylsan.

Provtagaren skall rengöras ofta eftersom finmaterial somtränger in kan skada utrustningen och mekanismens funktion.

## Protokoll

Protokoll för provtagning med provtagningsspets förs på samma sätt som vid kannprovtagning. Exempel se **Figur 8.20**.

### 8.4.5 Moränprovtagare

#### Genomströmningsprovtagare 45 mm

Genomströmningsprovtagaren är försedd med en ringborrkrona och ett hål i ena väggen, se **Figur 8.22**. Provtagaren borras ner. Vid nedborrningen vandrar det lossborrade materialet in genom eggen och fortsätter ut genom hålet i provtagarens sida.

När önskat provtagningsdjup har nåtts, dras provtagaren upp. Materialet från detta djup stannar i de flesta fall kvar i provtagaren. Svårigheter att få materialet att stanna kvar kan dock uppstå i ensgraderat material under grundvattenyten. Efter uppdragningen töms provtagaren.

Vid stenig jord kan inmatningshålet blockeras och man förlorar då eller får en falsk uppgift om den faktiska provtagningsnivån.



Figur 8.22 Genomströmningsprovtagare med 45 mm diameter.

### Provtagare typ Mullvaden

Provtagare för morän, makadam och bergöveryta. Provtagare består av ett ytterrör och innerrör där innerröret är delbart, se **Figur 8.23**. Vid behov monteras ett styvt slutarbleck. Provtagaren finns i dimensionen 72 eller 99 mm (ytterdiameter). På ytterröret är en ringborrkrona monterad. Provtagaren slås eller spolas ned.



Figur 8.23 Provtagare typ Mullvaden.

### Provtagare för foderrörsborrning

I fast jord kan foderrörsborrning användas för efterföljande provtagning genom foderröret. Foderrörsborrningen kan göras antingen genom borrning med ringkrona, med centrisk borrkrona eller borrning med excenterkrona, typ ODEX-borrning.

Vid borrning med ringkrona borras ett foderrör försett med ringborrkrona och centrisk borrkrona samtidigt till önskat djup. Den centriska borrkronan dras upp och provtagning kan utföras genom foderröret.

Vid borrning med ODEX följer ett tunnväggigt foderrör av stål en excenterrymmare och borrkrona som borrar ett hål stort som foderrörets yttre diameter. Foderröret roteras inte. Excenterrymmaren kan fallas in genom omvänt rotation och dras upp tillsammans med borrstålen genom foderröret.

När foderröret borrats till avsedd nivå dras borrkronan upp och provhämtaren sätts på. Provhämtaren består av ett öppet rör med en överdel som är utformad så att röret kan slås ned med hjälp av antingen en sänkhammare, som verkar direkt på provhämtarens överdel, eller en topphammare som slår på förlängningsstängerna vid markytan. Vid provtagningen slås provhämtaren ned ca 1 meter under foderrörets botten innan den dras upp och töms.

PG provtagare  $\phi$  90 mm är ett exempel på en stor provhämtare med slutarbleck, som används på detta sätt.

Protokoll till moränprovtagare förs på samma sätt som till kannprovtagning, se exempel **Figur 8.20**.

#### 8.4.6 Kaxprovtagning i berg

Vid kaxprovtagning tas prov ut på det borrkax som spolas upp ur borrhålet med spolvätskan (vatten eller mud) eller luft. Det kaxförande spolmediet strömmar upp antingen mellan borrör och borrhålsvägg (direktspolning) eller inuti borrören (omvänd spolning). Uppe på markytan avskiljs kaxet från spolvätskan för vidare analys.

Hammarborrning med omvänd spolning är vanligast för kaxprovtagning. Metoden är en kombination av sänkhammare och en högtryckskompressor. Metoden medför att borrkaxet går upp i centrum av borröret, vilket förhindrar en inblandning av material från hålets väggar och ger ett mer representativt prov än borrning med direktspolning.

### 8.5 Provgropsundersökning

#### 8.5.1 Allmänt

En provgropsundersökning är i många fall ett bra komplement till andra geotekniska undersökningar. I vissa fall är metoden dessutom att föredra eftersom den ofta ger direkta svar på praktiska frågeställningar utan att man behöver gå omvägen över bedömningar utifrån olika geotekniska parametrar. Provgropsundersökningar för frågeställningar i samband med vägbyggande är i detalj beskrivna i Vägverkets publikation 2006:59 – Provgropsundersökning.

Provgropsgrävning gör det möjligt att studera jorden och dess beteende i större skala jämfört med provtagning i hål, att undersöka hela jordmaterialet med eventuella stenar och block samt att välja representativa prover. Provgrops-

grävning görs för att på plats studera:

- jordlagerföljd, ingående jordarter och eventuellt bergnivån
- deformationsegenskaper för grundläggning av väg eller byggnadsverk
- grundvattenförhållanden
- jordens användbarhet som resurs i byggnadstekniska sammanhang
- schaktbarhet
- stabilitet hos schaktslänter

Provgrävning kan dessutom användas för att lokalisera föroreningar och befintliga konstruktioner i jorden. Metoden används dessutom när man vill ha större provmängder för närmare undersökning av materialets egenskaper i laboratorium.

Provgrävning används vid provtagning i stenig och blockig jord, där det inte går att ta prover med andra metoder. Provgrävningar ned till 5 m djup kan utföras med vanliga grävmaskiner. För större djup krävs speciell utrustning eller att maskinen först schaktar sig ned och kanstå på en nivå under markytan.

Provgrävning vid planerade grundkonstruktioner skall alltid göras utanför den tänkta konstruktionen eftersom grävningen luckrar upp jorden.

### 8.5.2 Utrustning

Normalt används grävmaskin men i vissa fall måste man gräva för hand. Grävmaskinens storlek anpassas till aktuella grävningsförhållanden och önskat djup.

### 8.5.3 Utförande

#### Grävning

Vid provgrävning måste stor försiktighet iakttas för att undvika olyckor. Groparna ska vara så stora att man lätt kan inspektera dem och ta ut prover. Schakten och dess sländer skall stötta eller utformas så att det inte finns någon risk för ras eller annat brott i jorden. Ingen personal får gå ned i gropen om det finns risk för ras. Provgrävningen skall fyllas igen så snart som möjligt efter att aktuella provtagningar och observationer gjorts. En djupare öppen provgrop som lämnas obevakad ska inhägnas och skyttas.

Placering av provgrävningen ska ske så att grundläggningsförhållandena för planerad anläggning inte påverkas negativt.

#### Provtagning, provning och bedömning

Vid provgrävning kan följande undersökningar utföras. Omfattningen beror dock på ändamålet med provgrävningen.

- **Provtagning och jordartsbestämning.** Provtagning görs under grävningens gång eller i schaktväggen efter avslutad schakt. När jorden bedöms vara homogen kan prover t.ex. tas varje 0,5 eller 1,0 m och annars i representativa punkter. Proverna benämns preliminärt på plats. Vid störd provtagning i stenig och blockig jord görs en sorteringsprovning så att material < 63 mm separeras från sten och block. Det finare materialet tas in som prover till laboratoriet. Enligt vägverkets publikation 2006:59 skall ett prov lämpligen fylla två murarhinkar (som rymmer 17 liter vardera) vilket ger minst 50 kg material. Om den största

kornstorleken understiger 40 mm kan provmängden minskas till cirka 15 kg (vilket motsvara cirka 10 liter). Prover av finkornigare jord, i vilka den naturliga fuktigheten skall bevaras, läggs i märkta plastpåsar, försluts tätt och hanteras som övriga störda prover.

För speciella undersökningar kan hela blockprover tas av jorden.

- **Bestämning av sten- och blockhalt** kan göras för varje representativt jordlager i provgropen med sorteringsmetoden eller gallermetoden eller bedömas okulärt.
- **Stabiliteten i schaktlänter** kan studeras. I detta fall måste dock inverkan av schaktens övriga geometri samt inverkan av nederbörd, uttorkning och andra tidseffekter tas i beaktande.
- **Schaktbarhetsklassificering** kan göras i klasserna 1 till 5 enligt Klassificeringssystem -85 i Byggforskningsrådets skrift "Schaktbarhet". (Systemet fungerar bra för relativt lätschaktad jord med är mycket osäkert i finkorniga moräner och jord med högt sten och/eller blockinnehåll.)
- **Bestämning av deformationsegenskaper** vid grundläggning kan göras med plattbelastning på schaktbottnen. Bestämningen kan göras enligt Vägverkets publikation 1993:19 Bestämning av bärighetsegenskaper med statisk plattbelastning.
- **Grundvattenobservationer** av inläckningsnivån samt var och hur mycket vatten som rinner till gropen. För att kunna mäta den stabiliseraade grundvattnytan är det lämpligt att sätta ett perforerat grundvattenrör i gropen innan den fylls igen.
- **Erosionsbenägenheten** kan studeras hos jordlagren i schaktlänterna under inläckningsnivån. Eventuella flytjordsegenskaper och tendenser till bottenuppluckring i schaktbottnen kan också studeras och dokumenteras.
- **Bergytans nivå i schaktbottnen** kan bestämmas om denna påträffas och då också bergart och bergkvalitet samt strykning och stupning på eventuella sprickplan.

I vissa fall kan densitetsbestämning *in situ* göras i provgropen.

Provgropen och det omgivande området bör dokumenteras med foton i stor omfattning. Bilder från provgropen bör innehålla en skalstock. Också det uppschaktade material som inte tas in till laboratoriet bör fotodokumenteras.

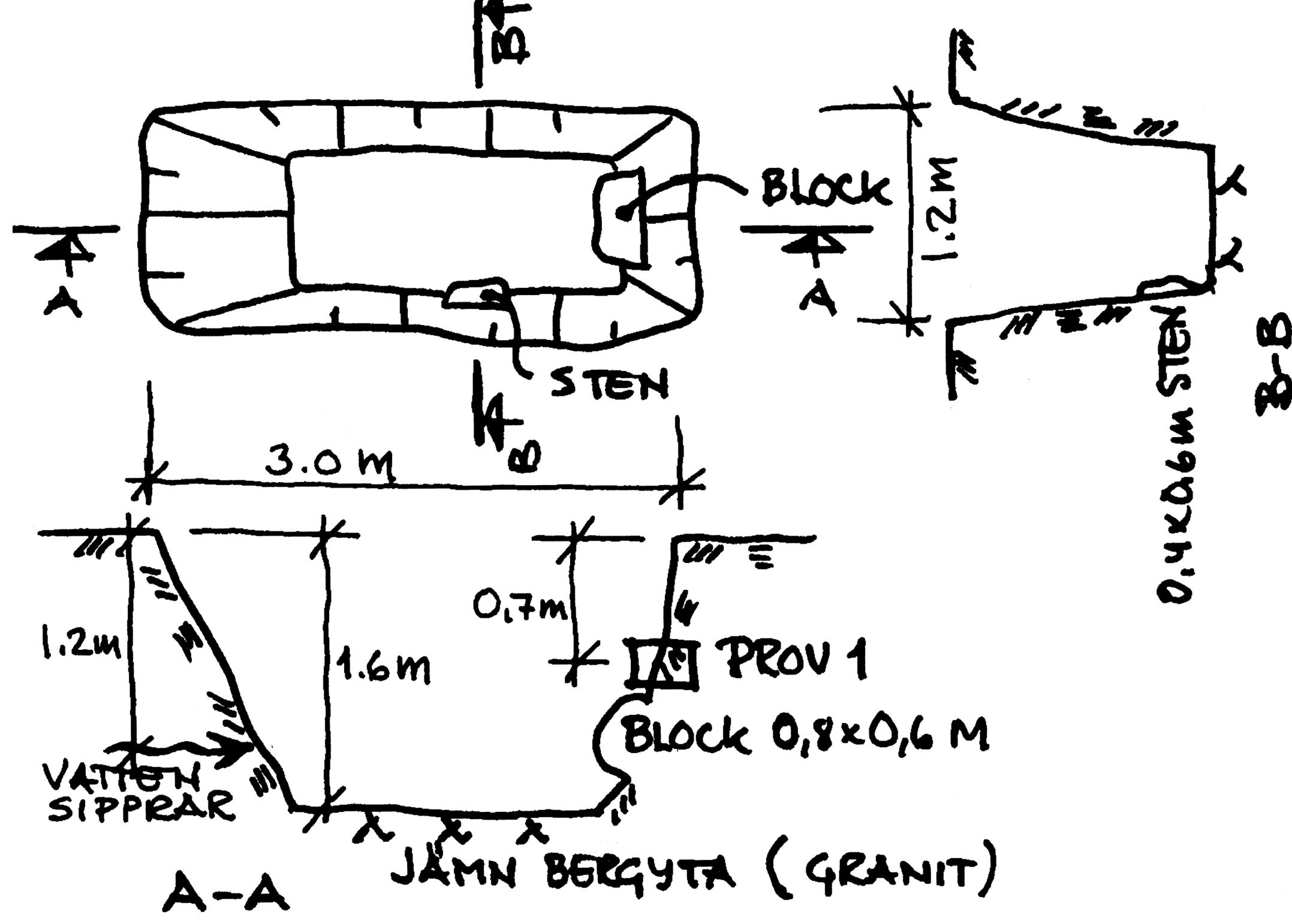
Att videofilma delar av provgrävningen kan också vara en fördel.

#### 8.5.4 Protokoll

Provgropsgrävning ska redovisas i protokoll som förutom obligatoriska uppgifter enligt Kapitel 1 skall innehålla uppgifter om:

- Väderlek och temperatur
- Använt schaktutrustning
- Typ av mark och topografi
- Markytans nivå
- Eventuellt tjäldjup
- Provgropens geometri
- Fotodokumentation
- Jordlagerföljd (jordart samt sten- och blockhalt)
- Ytblockighet
- Beteckning på tagna prover
- Grundvattenobservationer (flöde, inläckningsnivå, stabilisering nivå)
- Övriga observationer (erosion, flytjordsegenskaper, bottenuppluckring)

- Övriga undersökningar och bedömningar (som släntstabilitet, deformationsegenskaper, schaktbarhet, densitet).



Figur 8.24 Exempel på måttsatt skiss över provtagning och observationer vid provgropsundersökning.

Dokumentation av provgropsundersökningen sker i protokoll, se exempel i Kapitel 13. Protokollet ska åtföljas av fotodokumentationen samt bilagor med resultaten från de bedömningar och provningarna som utförts. En måttsatt skiss som utvisar var i gropen olika prover tagits och andra observationer gjorts ska också medfölja.

# 9. Fältprovning med in situ-metoder

## 9.1 Inledning

Fältprovning med In situ-metoder är undersökningsmetoder där mätning av en egenskap hos jorden görs direkt på plats (in situ) i jorden, på diskreta punkter eller nivåer. Detta till skillnad från fältprovning med sondering som sker med sammanhängande provningar av jordens egenskaper. Fältprovning med in-situ metoder finns för att mäta:

- densitet (volymvikt)
- spänningstillstånd
- skjuvhållfasthet
- bärighet
- deformationsegenskaper
- permeabilitet (hydraulisk konduktivitet)

I **Tabell 9.1** har de metoder som beskrivs i detta kapitel gråmarkerats, och för övriga metoder ges en hänvisning till andra kapitel i Fälthandboken där mer detaljerad information finns att hämta.

Jordegenskap	Metod	Användbarhet			Mätprincip
		Finjord	Grovjord	Berg	
<b>Densitet, kap 12</b>	Cylindervolymeter	x			Urgrävning – volymbestämning - vägning
	Vattenvolymeter	x	x		
	Sandvolymeter	x	x		
	Isotopmätning		x	(x)	Indirekt mätning
<b>Spänningstillstånd</b>	Tryckdosor	x			Varierande
	Dilatometer	x	x (silt och sand)		Expansion av membran mot jorden
	Pressometer	x	x		
<b>Skjuvhållfasthet</b>	Vingförsök	x			Rotation av vinge
	Spetstrycksondering, kap 7	x	x (silt och sand)		Sondering
	Dilatometer	x			Expansion av membran mot jorden
<b>Bärighet</b>	Pressometer	x	x	(x)	Expansion av membran mot jorden
	Plattbelastningsförsök	x	x	x	Vertikal belastning
<b>Deformations-egenskaper</b>	Pressometer	x	x	(x)	Expansion av membran mot jorden
	Dilatometer	x	x (silt och sand)		
	Plattbelastningsförsök skruvplatta	x	x	(x)	Vertikal belastning
	Geofysik, kap 3	x	x	x	Varierande indirekta mätningar
	Spetstrycksondering, kap 7		x (silt och sand)		Indirekt mätning genom sondering
<b>Permeabilitet (hydraulisk konduktivitet), kap 10</b>	Vattenförlustmätning			x	Mätning i kärnborrhål
	"Slug test"		x		Sjunkande eller stigande nivå i GW-rör
	Portrycksmätare	x			Sjunkande nivå (vattenyta eller tryck) i portrycksmätare

Tabell 9.1 Fältprovning med in situ-metoder.

Standarder och rekommendationer inom området finns i Kapitel 14.

Om en europeisk standard finns gäller denna. Några formella svenska standarder för in situ-metoder har inte funnits tidigare utan s.k. av SGF rekommenderade standarder har använts. Dessa ersätts av europeiska standarder alltefter-

som de senare blir färdiga och antagna.

## 9.2 Dilatometerförsök

### 9.2.1 Allmänt

Dilatometer används för att mäta spänningstillstånd, hållfasthet och deformationsegenskaper i lera, silt och sand.

### 9.2.2 Utrustning

Dilatometerutrustningen består av följande huvuddelar:

- Dilatometer (mätkropp)
- Neddrivningsstänger
- Mät- och regleringsinstrument
- Tryckslangar
- Gastub med reduceringsventil
- Jordkabel
- Vakuum- och tryckpump med manometer för kalibrering av nollvärden

Dilatometern (mätkroppen) består av en stålplatta med tjocklek 15 mm, längd 240 mm och bredd 96 mm. Måtten kan variera något för olika modeller. Mitt på plattans ena bredsida finns ett cirkulärt stålmembran med diametern 60 mm. Bakom membranet finns en tryckkammare och ett kontaktdon som kortsluter en elektrisk krets då membranet är tryckt mot plattan respektive har trycks ut 1,1 mm från denna. Membranet trycks ut med gastryck via en slang till markytan.



Figur 9.1 Dilatometer – Mätkropp och mät- och reglerinstrument.

Neddrivningsstängerna utgörs av kolvborrstänger  $\phi$  42 mm eller hålade stänger  $\phi$  32 – 36 mm. För att slangens skall kunna passera inuti stängerna krävs ett fritt hål i skarvtapparna på minst 6 mm.

Mätinstrumentet innehåller två manometrar med olika mätområden som omkopplas automatiskt. Instrumentet innehåller en elektrisk krets med ljud- och visarsignal. Signalen ges när:

- dilatometerns membran är tryckt mot botten av tryckkammaren
- dilatometerns membran har tryckts ut 1,1 mm.

Två tryckslangar behövs för att utföra försöket:

- Tryckslang 1 från gastuben till mätinstrument

- Tryckslang 2 från mäteinstrument till dilatometern. Denna tryckslang innehåller också elledning för signalkretsen. Fel i tryckslang 2 kan sällan avhjälpas i fält. En extra slang bör därför finnas med i reserv.

Gastuben innehåller kvävgas (nitrogen) eller torr komprimerad luft. Trycket skall vara minst 4 MPa (40 bar).

Jordkabeln används för ”jordning” av instrumentet mot dilatometern så att strömkretsen sluts då kontaktdonet bakom membranet slår till.

Vakuumpumpen används för att för hand suga in dilatometerns membran mot botten av tryckkammaren i dilatometern och att trycka ut det 1,1 mm vid kalibrering av nollvärdet.

Mått och toleranser m.m. redovisas bl.a. i av SGF rekommenderad standard. Där anges att dilatometerplattans tjocklek ska vara 13,5 – 15,0 mm. Spetsvinkel i eggen ska vara 16°. Dilatometern ska vara rak. Även neddrivningsstängerna ska vara raka, maximal utböjning får vara 0,5 mm/m för de nedersta 5 metrarna och 1 mm/m högre upp. Skarvarna ska ha samma rakhet som stänger-na.

Tryckslangen mellan dilatometer och mät- och regleringsinstrument ska vara tät. Avläsningsfelet på instrumentets manometrar får maximalt vara 0,5 % av mätområdet. Instrumentet ska kalibreras minst en gång per år eller efter skada, överbelastning och reparation.

### 9.2.3 Kontrollpunkter före användning

Kontrollera att:

- Kalibreringen av mäteinstrumentet är giltig enligt företagets kvalitetssystem.
- Membranet är tätt och inte alltför slitet (repigt). Kontrollera också att membranet inte är alltför tjockt och styvt. För lös och medelfast finkornig jord används normalt s.k. EL-membran. Membranet byts vid behov.
- Mäteinstrument, slangar och dilatometer är täta för de tryck som kan tänkas bli aktuella.
- Dilatometer och stänger är raka och uppfyller övriga krav.
- Transportsäkringen på manometerns baksida är borttagen.
- Batterisignalen är stark och batteriet är i god kondition.

### 9.2.4 Utförande av försök

1. Torrskorpa och fyllning förborras. Det förborrade hålet bör ha en diameter av minst 10 cm.
2. Trä tryckslang 2 genom samtliga neddrivningsstänger och fäst den första stången i neddrivningsanordningen. Skydda kontakter och anslutningar. Anslut dilatometern till tryckslang 2 (vrid dilatometern - inte slangen). Kontrollera att elkabeln ansluts rätt. Anslut dilatometern till stången (vrid stången - inte dilatometern). Anslut därefter tryckslang 2 och jordkabel till instrumentet.
3. Dilatometerns membran kalibreras före försöksserien i varje punkt samt efter byte av membran. Vid kalibreringen ansluts handpumpen och kalibreringsmanometern till instrumentet och jordkabelns ände ansluts till dilatometern, antingen direkt på mätkroppen eller på stången eller borrbandvagnen så att elektrisk kontakt uppnås med instrumentet.

Vid kalibrering bestäms kalibreringsvärdena  $\Delta A$  och  $\Delta B$ .  $\Delta A$  motsvarar det inre övertryck som fordras för att få det obelastade membranet att precis släppa anliggningen mot plattan, dvs. röra sig 0,05 mm ut från denna, och  $\Delta B$  är det inre tryck som behövs för att få det obelastade membranet att röra sig 1,10 mm ut från plattan. Med obelastat menas att det bara är det rådande lufttrycket som verkar mot membranets utsida. I verkligheten är  $\Delta A$  ett negativt värde (membranet får sugas in mot plattan) men detta anges som ett positivt värde.

Vid kalibrering av ett nytt membran sugs membranet först in och trycks ut cirka 20 gånger.



**Figur 9.2 Dilatometer under nedtryckning med borrbandvagn.**  
Tryckslangen är förträdd genom stängererna och ansluten till instrumentet och gastuben med sin reducerventil är inkopplad.

Vid kalibreringen sugs membranet först in så att det blir kortslutning i ellkretsen och signalen kommer. Trycket släpps sedan mycket sakta tills signalen upphör och trycket då detta sker antecknas som  $\Delta A$ . Trycket ökas sedan tills membranet rört sig 1,1 mm ut från plattan och signalen återkommer. Den sista delen av denna tryckökning skall också göras mycket långsamt så att trycken i systemet hinner utjämna. Trycket då signalen återkommer antecknas som  $\Delta B$ . Operationen görs ett antal gånger tills stabila och konstanta värden erhålls vid upprepade kalibreringar.

Efter kalibreringen tas anslutningen till handpumpen och kalibreringsmanometern bort från instrumentet.

Till kalibreringen hör också att nollvärdet på manometerna i instrumentet av-

läses då endast det rådande luftrycket verkar i systemet. Dessa antecknas som  $Z_M$  för respektive manometer.

De kalibrerade värdena utgör nollvärden före försök.

4. Tryckslang 1 ansluts till gastuben och reduceringsventilen ställs in på maximalt 80 bar. Därefter ansluts den till dilatometerns mäteinstrumentet

5. Dilatometern skall drivas ned med jämn hastighet av  $20 \pm 10$  mm/s till avsedd försöksnivå. Maximal tryckkraft som får läggas på är 100 kN. När neddrivningen sker med en utrustning som är försedd med kraft- och djupgivare skall neddrivningskraften alltid mätas och registreras som funktion av djupet. Slag får användas endast i undantagsfall. Vridning får inte förekomma, vilket skall iakttas vid exempelvis skarvning. I vissa fall, som ibland vid undersökningar i sländer, önskas att mätningarna utförs i en viss riktning. Dilatometern orienteras då med bredsidan i denna riktning och får sedan inte vridas. Om inget annat anges utförs försöken med 0,2 meters djupintervall från angivet startdjup till motsvarande stoppdjup eller annat stoppdjup. Under neddrivningen hörs ljudsignalen då jorden pressar in membranet mot plattan.

6. Efter att en försöksnivån nåtts frikopplas stängerna så att ingen yttre nedpressningskraft verkar på dem. I extremt lös jord kan de dock behöva vara låsta så att de inte sjunker för egentyngden. Ventilationskranen på instrumentet stängs och gastrycksökningen påbörjas inom 15 sekunder efter att nivån nåtts. Trycket ökas försiktigt så att signalen upphör 15–30 sekunder efter tryckökningens startat. Vid denna tidpunkt avläses manometertrycket, A-avläsningen.

Tryckökningen fortsätter tills signalen återkommer, vilket bör ske efter ytterligare

15–30 sekunder. Vid denna signal avläses manometertrycket ännu en gång, B-avläsningen.

Därefter stängs trycktillförseln och ventilationskranen öppnas. Försöket är därmed klart på denna nivå och dilatometern trycks ned till nästa försöksnivå.

7. Efter att försöksserien i en borrpunkt avslutats och dilatometern dragits upp görs en ny kalibrering. De värden på  $\Delta A$ ,  $\Delta B$  och  $Z_M$  som då erhålls utgör nollvärden efter försök. Om försök skall utföras i en ny punkt direkt därefter kan nollpunktsavsläsningarna inför försöken i detta också vara nollpunktsavsläsningar efter försöken i det föregående.

8. Innan utrustningen transporteras en längre sträcka sätts transportsäkringen på manometerns baksida fast.

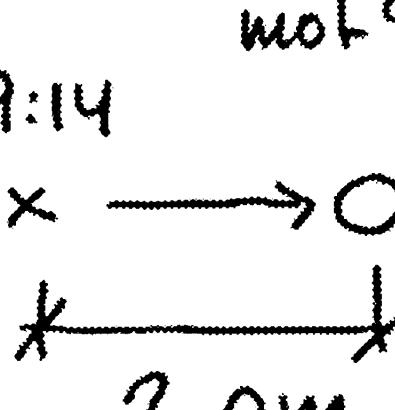
## 9.2.5 Kontrollpunkter vid försök

Följande skall kontrolleras under försökets utförande:

- Tryckökningshastigheten hålls under kontinuerlig uppsikt och justeras successivt så att angivna tidsgränser för signaler hålls.
- Kontrollera att signal erhålls under nedrivningen. I annat fall kontrolleras först jordkabelns anslutning. Hjälper inte detta måste dilatometern tas upp för kontroll av elledningens, membranets och kontaktdonets funktioner.

## FÖRETAG

## DILATOMETERMÄTNING

Uppdragsnummer 4652149	Punktnummer 9:14	Datum 951201	Blad					
Uppdragsnamn Fälthandbok	Metod Dm	Ref. yta My	Marknivå/Ref.nivå +10.00 Sign. E					
Punktskiss  mot 9:15 9:14  	Dilatometer Nr 167	Kontrollenhet Nr 10						
Kalibreringsvärde delta A (bar)		Kalibreringsdatum 950401						
Före: 0.06 Efter: 0.06		0-värde manometer: Zm (bar) 0.02						
Kalibreringsvärde delta B (bar)		Vattenyta (m) 1.5						
Före: 0.42 Efter: 0.42								
Djup (m)	A-värde (bar)	B-värde (bar)	Djup (m)	A-värde (bar)	B-värde (bar)	Djup (m)	A-värde (bar)	B-värde (bar)
,2	0.37	0.97	,2	0.28	0.72	,2	0.89	3.92
,4	0.46	1.75	,4	0.13	0.52	,4	0.95	4.16
,6	0.54	2.15	,6	0.17	0.59	,6	1.14	5.12
,8	0.62	2.30	,8	0.16	0.58	,8	1.15	5.10
2,0	0.47	2.05	3,0	0.52	1.95	4,0	1.10	5.05
,2	1.12	5.17	,2			,2		
,4	1.17	6.90	,4			,4		
,6			,6			,6		
,8			,8			,8		
5,0			□,0			□,0		
,2			,2			,2		
,4			,4			,4		
,6			,6			,6		
,8			,8			,8		
□,0			□,0			□,0		
Täkttagelser och anmärkningar								
Stopp på 5.5 m djup								
Mätu. neddrivn. se fältminne 1625								

Figur 9.3 Exempel på protokoll för ett dilatometerförsök.

## 9.2.6 Protokoll

Följande skall noteras i protokoll till varje försökpunkt:

Obligatoriska uppgifter enligt kap. 1.

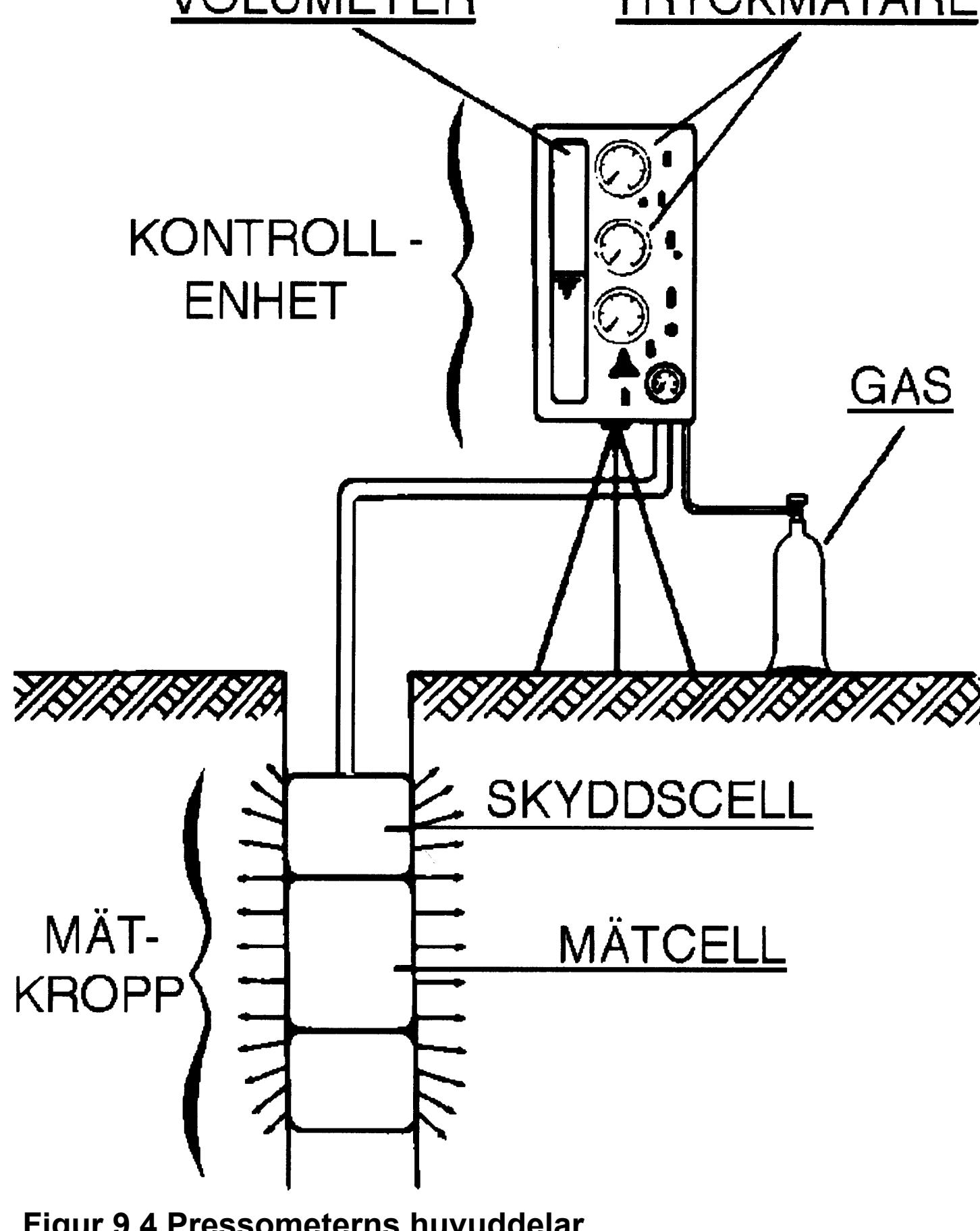
- Referensnivå.
- Uppmätt grundvattenyta i undersökningspunkten.
- Nollvärde ZM för manometrar.
- Kalibreringsvärdet  $\Delta A$  och  $\Delta B$  före försöket.
- Kalibreringsvärdet  $\Delta A$  och  $\Delta B$  efter försöket.
- Avläsa värden A, B samt djup för varje försöksnivå. Använd mättenhet skall anges tydligt.
- Nedpressningskraft mot djup från datalogger (om sådan används).

- Anmärkningar av betydelse för tolkning exempelvis om slag har använts vid neddrivningen och i så fall var, skarpljud, variationer i kraft, svårigheter att följa standard (tryckökningshastighet), läckage eller svaga signaler.

## 9.3 Pressometerförsök

### 9.3.1 Allmänt

Pressometerförsök används till att mäta deformationsegenskaper och hållfasthet i fast lera, friktionsjord och berg. Den i Sverige historiskt vanligast förekommande typen, "Ménardpressometern", används i förborrade hål och mätningen sker genom att ett membran på provkroppen trycks ut mot hålets väggar med gastryck och belastar jorden horisontellt på mätningsnivån. Pressometerförsök enligt Menard är under standardisering i Europa. Utrustningen finns i olika utföranden och väljs beroende på vilken typ av jord (eller berg) som skall provas. Ett antal utrustningar som bygger på denna mätprincip finns. Liknande utrustningar finns också där membranets expansion är styrt genom volymskontroll. Dessa används för mer avancerade försök där jordens deformationsegenskaper kan mätas mer i detalj. Därutöver finns självborrande pressometrar. De senare kräver specialutbildad personal.



Figur 9.4 Pressometerns huvuddelar.

### 9.3.2 Utrustning

Den vanligaste typen av pressometer är av typ GC med vatten i mätcellen och gas i skyddscellerna. Nedanstående beskrivning gäller för denna typ.

Den vanliga pressometern består av följande huvuddelar:

- Cylinderformad mätkropp indelad i tre celler som kan tryckas ut i radiell led (ökad diameter). Mätkroppen är innesluten i ett skyddsmembran av gummi. Ytterligare skydd behövs oftast för att förhindra skador på gummimembranet.

- Mätkroppens mittersta cell är den vattenfylda mätcellen som står i förbindelse med både mätröret och ett gastrynksystem. De omgivande cellerna är skyddsceller som är gasfylda och direkt anslutna till gastrycket.
- Mätkroppar finns i olika diametrar. Vanligast är 32, 44 och 60 mm diame-

ter. Till 32 och 44 mm mätkroppar finns slitsrör med ytterdiameter 44 respektive 60 mm. Övriga mått och dimensioner redovisas i nedanstående tabell.

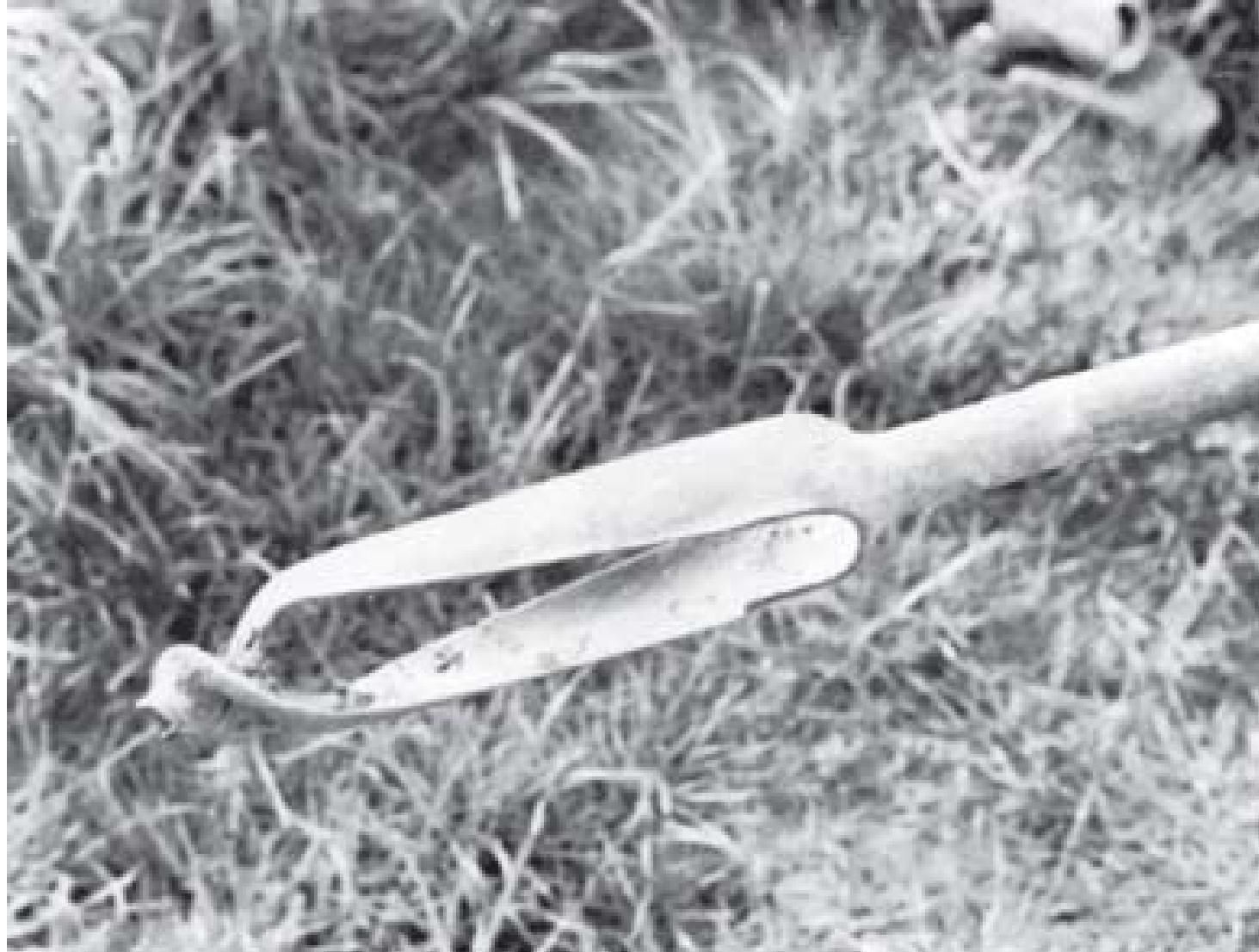
Diameter	Mätcellens längd	Startvolym $V_0$
32 mm	165 mm	130 cm <sup>3</sup>
44 mm	370 mm	535 cm <sup>3</sup>
60 mm	210 mm	535 cm <sup>3</sup>

När slitsrör används skall slitsrörets ytterdiameter anges. Denna skall senare användas för att räkna ut pressometerns startvolym vid tolkningen av försöksresultaten.

- Gasbehållare med reducerventil för att sätta mät- och skyddsceller under övertryck. Maximalt tryck är 8 MPa (80 bar). Kvävgas (nitrogen) eller torr komprimerad luft kan användas.
- Kontrollenhet, som kontrollerar tryckökningen i mätkroppen och skillnaden i gastryck som läggs på mätcell respektive skyddsceller samt registrerar mätcellens volymökning. Volymen i mätcellen mäts med hjälp av ett graderat mätrör.
- Slangsystem mellan mätkropp och kontrollenhet. Detta kan bestå av en koaxialslang (vattenslang inuti gasslang) eller separata slangar för vatten till mätcellen och gas till skyddscellerna.
- Förlängningsstänger för att sänka ner, fixera och ta upp mätkroppen i det för borrade hålet.
- Utrustning för att förborra och stabilisera provhålet som anpassas till aktuell mätkropp och jordart (eller bergart). Förborrade hål utan slitsrör skall ha en diameter som är 2 - 6 mm större än pressometerns mätkropp. Resultaten av försök i förborrade hål är helt beroende av kvaliteten på hålet och minsta möjliga störning av hålväggar och jorden runt hålet skall eftersträvas. Ett flertal olika verktyg och metoder har tagits fram för förborrning i olika jordar. Huvudprincipen är att hålets väggar skall stå och inte röra sig inåt. Detta medför att metoder där väggarna riskerar att sugas in då borrverktyget tas upp inte kan användas och att hålväggarna ofta får stötta med tung borrvätska.
  - I finkornig jord används normalt fristående hål som kan förborras med en ihålig jordskruv i kombination med bentonitslurry under grundvattenytan. Vid uppdragningen av jordskruven skall då bentonitslurryn rinna eller pumpas ned genom stängerna så att inget sug uppstår under skruven utan hålväggarna istället stötta av bentonittrycket. Den sista delen av hålet där försöket skall utföras förborras helst mycket försiktigt, helst för hand, med ett speciellt verktyg som kan beskrivas som ett långt spadborr. Motsvarande håltagningsteknik används också om möjligt i sand. Alternativt kan slagning av foderrör (slitsrör) bli nödvändigt, speciellt under grundvattenytan.
  - I grov jord används normalt slagning av foderrör (slitsrör).
  - I sedimentärt berg används både slående och roterande borrmetoder i kombination med borrvätskan.



**Figur 9.5 Ihålig jordskruv för pressometerhål med öppningsbar spets för bentonitfyllning av hålet under skruven vid uppdragning.**



**Figur 9.6 Specialverktyg för försiktig upptagning av pressometerhål.**

### 9.3.3 Kontrollpunkter före utförande

- Kalibrering av kontrollenheten är giltig enligt företagets kvalitetssystem
- Mätsystemet, dvs. mätcellen och dess anslutningssläng till mätröret på instrumentet samt mätröret skall vara vattenfyllt och fritt från inneslutna luftbubblor.
- Kontrollenhet, slangar och mätkroppar är täta för de tryck som skall utnyttjas. Detta kan kontrolleras genom att trycksätta systemet med mätkroppen i ett stålrör med 5 – 7 mm större diameter än mätkroppen. Röret bör vara vattenfyllt så att tätheten hos skyddscellerna kan kontrolleras.
- Mätkroppar med nya gummimembran skall ha expanderats minst 20 ggr före kalibrering
- Mätkroppar och borrmетодer har samhörande dimensioner och att rätt typ av skyddsmembran används. Skyddsmembranet skall väljas så att det ger ett minsta motstånd mot expansion samtidigt som det ger ett tillräckligt skydd mot skador på de innanförliggande gummimembranen.

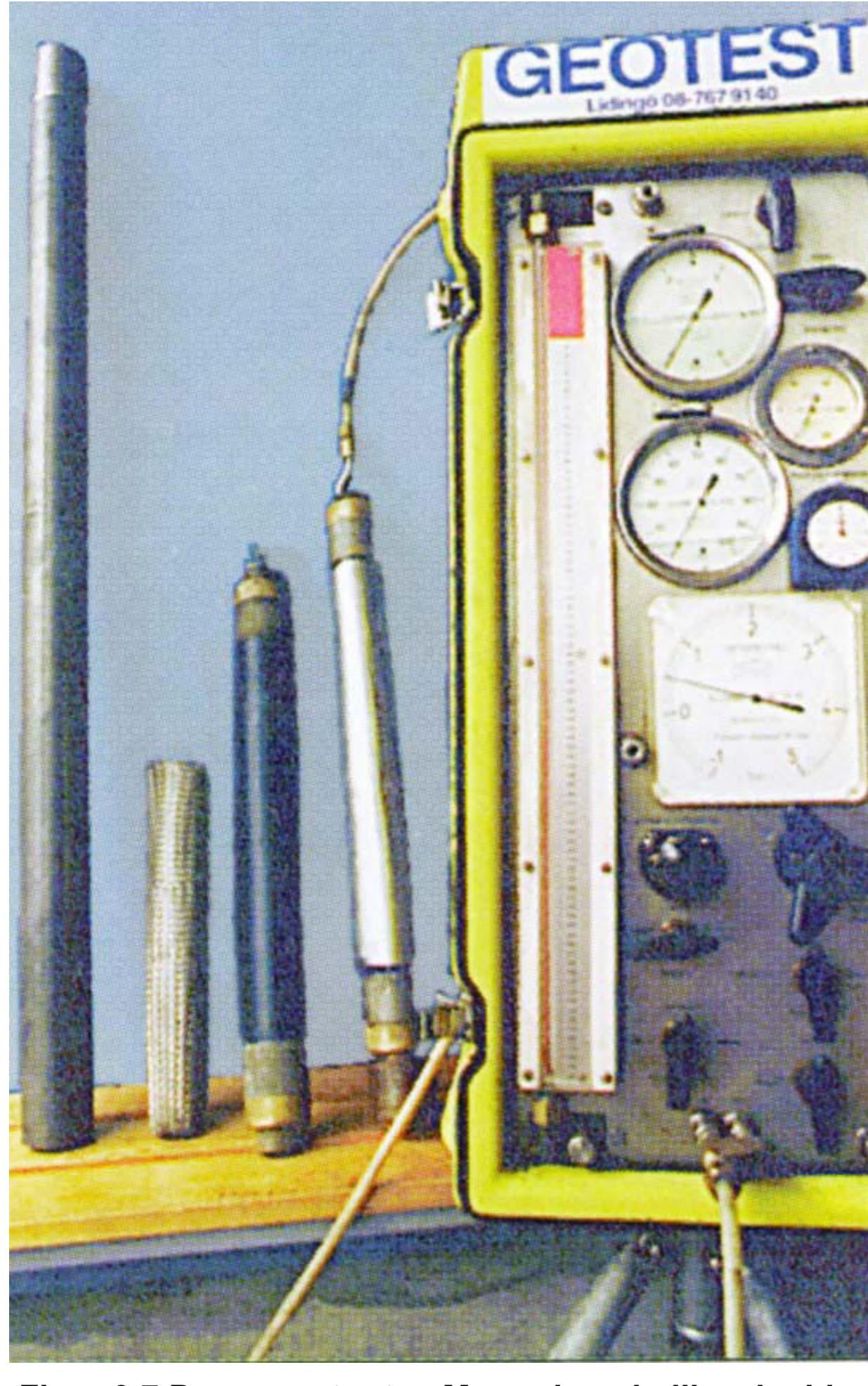
### 9.3.4 Utförande

## Val av membran

Mätkroppens skyddsmembran är utbytbart. Membranet väljs så att korrektionen för egenstyvheten blir liten i förhållande till jordens fasthet samtidigt som risken för skador på membranet på grund av grövre och skarpa partiklar i jorden minimeras. För mätningar utan slitsrör används normalt gummimembran, s.k. canvas cover eller metallfolieskydd i finkornig jord och armerade stålkordsmembran i grövre friktionsjord och i sedimentärt berg.

## Kalibrering

För att korrigera för slangarnas och membranens styvhet och egna motstånd mot expansion skall pressometern kalibreras genom att mätkroppen expanderas hängande fritt i luften med mätkroppen ovanför markytan, helst på samma nivå som instrumentet. Om mätkroppens och instrumentets nivå skiljer skall höjdskillnaden noteras. Om slitsrör används skall kalibreringen utföras med mätkroppen inuti slitsröret. Kalibrering utförs före och efter varje försökpunkt samt efter byte av membran på mätkroppen. Före kalibrering av ett nytt membran skall detta ha expanderats till sin maximala volym minst 20 ggr.



Figur 9.7 Pressometer typ Menard med olika skyddsöljen. Från vänster ses slitsrör, stålkordsskydd för mätning i skarpkantat materia, Mätkropp med gummimembran och mätkropp med metallfolieskydd. Till höger i bild ses en kontrollenhet.

Vid kalibrering avläses nollvärdet för volymen, som skall vara nära noll. Något gastryck eller vätskettryck på grund av nivåskillnad mellan mätkropp och instrument skall då inte verka på mätkroppen. Vid behov fylls vatten på. Sedan expanderas mätkroppen och tillhörande pålagda gastryck avläses. För denna typ av pressometer rekommenderas att trycket i mätcellen skall vara 110 kPa högre än i skydds cellerna. Denna tryckskillnad ställs in så att trycken i stryrcellerna börjar öka först då trycket i mätcellen överstiger 110 kPa (1,1 Bar). Kalibreringen utförs med minst cirka 10 steg. Trycken i varje steg skall verka under 1 minut innan volymavläsningen görs. Högsta kalibreringstryck är vanligen 0,1 till 0,3 MPa för de membran och slitsrör som används.

Vid kalibrering av 60 mm och 44 mm mätkroppar är maximal volymökning 750 cm<sup>3</sup> och lämpligt volymintervall 50 cm<sup>3</sup>.

Vid kalibrering av 32 mm mätkroppar är maximal volymökning 200 cm<sup>3</sup> och lämpligt volymintervall 20 cm<sup>3</sup>.

Inför försök i mycket fast jord och berg skall utrustningens egendeformation kalibreras. Detta görs med pressometern införd i ett styvt stålör med 5 – 7 mm större diameter än mätkroppen. Normalt används samma rör som för kontroll av täthet. Vid denna kalibrering ökas trycket i cirka 10 steg upp till det maximala tryck som kan bli aktuellt.

## Installation av mätkropp

Mätkroppen installeras till provningsnivån antingen i ett förborrat hål eller med slitsrörsteknik.

Med slitsrörsteknik slås eller trycks forderröret ner i marken med mätkroppen på plats inuti den slitsade delen. Då jorden trängs undan uppstår en spänningssökning i jorden runt spetsen. Erfarenheten visar att denna spänning utjämns och i stort sett försvinner på nivån allt eftersom spetsen slås djupare. Om slitsrörsteknik används bör därför slitsröret ha en förlängningsspets som är minst 10 gånger längre än rörets diameter.

Vid slagning av slitsrör finns risk för att silt- och sandpartiklar skallträna in i röret genom slitsarna, vilket kan försvåra uppdragning/nedsänkning av pressometern genom röret. Problemet kan undvikas genom att ha slitsröret fyllt med bentonitslurry vid neddrivningen.

När slitsrörsteknik används i siltig och lerig jord under grundvattenytan uppkommer ett porvattenövertryck vid nedslagningen som måste avklinga innan försöket utförs. Denna utjämning kan ta allt från någon minut till flera timmar.

## Försök

Pressometermätningar görs vanligen uppifrån och nedåt med successiv fördjupning av borrhålet mellan mätnivåerna. Vid användning av slitsrörsteknik i siltig jord kan man minska problemen med porvattenövertryck genom att slå ned slitsröret till slutligt djup dagen före mätningarna och sedan utföra mätningarna nedifrån och upp.

1. Volymen nollavläses i mätröret med pressometern hängande i nivå med instrumentet och kranarna öppna så att inget tryck utöver atmosfärstrycket verkar i cellerna och mätkroppens volym motsvarar dess angivna nollvolym. Eventuellt justeras vattenmängden i mätröret så att nollavläsningen är nära noll. Instrumentets höjd över referensnivån (markytan mäts och antecknas. Därefter stängs kranarna.

2. a) Mätkroppen sänks med hjälp av förlängningsstängerna till mätnivån i det förborrade borrhålet. Se till att vattenkranarna verkligen är stängda så att inte mätcellen expanderar på grund av att vattentrycket ökar med djupet och mätkroppen fastnar. På större djup än 10 m kan detta inte undvikas om hålet är torrt. Om problem uppstår kan hålet fyllas med bentonitslurry. Installation av mätkroppen i ett förborrat hål fyllt med bentonitslurry görs långsamt så att

inga övertryck uppstår i slurryn under mätkroppen. Det finns ihåliga mätkroppar som underlättar detta.

b) Om mätkroppen slagits eller tryckts ner inuti ett slitsrör, görs minst 5 minuters uppehåll innan tryckökningen påbörjas.

3. Gastrycket och vattentrycket skall justeras beroende på mätnivån. Trycket i mätcellen som är det pålagda gastrycket plus det hydrostatiska vattentrycket från instrumentet till mätnivån skall hela tiden vara cirka 110 kPa högre än trycket i skyddscellerna där bara gastrycket verkar.

4. Provningen utförs med stegvis tryckökning i mätkroppen. Varje laststeg skall hållas konstant i 1 minut och avläsning av mätcellens volym (i det graderade mätröret) görs efter 15 och 30 sekunder samt efter 1 minut. Om trycket skulle förändras något under denna tid antecknas sluttrycket. Trycket får inte justeras efter att det är pålagt. De första stegen i en jord med okända egenskaper görs med en tryckökning av 0,025 – 0,05 MPa, för att sedan eventuellt ökas så att antalet steg till brott i jorden eller maximal expansion i mätkroppen blir ca 10.

5. Mätningarna avslutas när brott (plasticering) har inträffat i jorden. Detta märks genom att volymökningen under tiden för ett laststeg ökar markant i förhållande till föregående laststeg. Mätningarna avslutas, i de fall inte något tydligt brott märkts, när full expansion av mätkroppen uppnåtts. För de vanliga mätkroppar som angetts ovan avbryts expansionen då vid:

Mätkropp diameter	Maximal volymökning
32 mm	180 cm <sup>3</sup>
44 mm	600–700 cm <sup>3</sup>
60 mm	600–700 cm <sup>3</sup>

6. Då försöket avbryts minskas trycket i mätkroppen till 0 och kontroll görs att allt vatten återkommer från mätcellen till kontrollenheten. Återströmningen av vattnet kan underlättas genom att låta gastrycket i skyddscellerna hjälpa till att trycka upp vattnet i mätcellen.

### 9.3.5 Kontrollpunkter vid försök

Följande skall kontrolleras under försökets utförande:

- Trycket under ett laststeg övervakas och kontrolleras och sluttrycket noteras om det skiljer från avsett tryck.
- Tryckskillnaden mellan mätcell och skyddsceller övervakas och justeras om det behövs innan nästa laststeg läggs på.
- Volymen under ett laststeg övervakas kontinuerligt. Om volymökningen (krypningen) är påtagligt mindre mellan 15 och 30 sekunder än mellan 30 och 60 sekunder kan en läcka i mätkroppen eller slangarna misstänkas och mätkroppen tas då upp och inspekteras efter avslutad mätning på nivån.

### 9.3.6 Protokoll

- Typ av utrustning och instrumentnummer
- Mätkroppens storlek och använd skyddsmembran

- Identifikationsnummer på tillhörande kalibreringskurva.
- Installationsmetod för mätkroppen och hur installationen utförts: verktyg, borrvätska, nedtryckning, slag, längd på förlängningsspets etc.
- Bedömd hålkvalitet vid förborrat hål respektive diameter på slitsrör
- Referensnivå
- Försöksnivå och kontrollinstrumentets höjd över referensnivån.
- Nollavläsning i mätröret.
- Försöksresultat visande pålagt tryck och avläst volym i mätröret i cm<sup>3</sup> efter 15, 30 och 60 sekunder för samtliga steg.
- Anmärkningar av betydelse för tolkning

## 9.4 Volymskontrollerade pressometerförsök

### 9.4.1 Utrustning

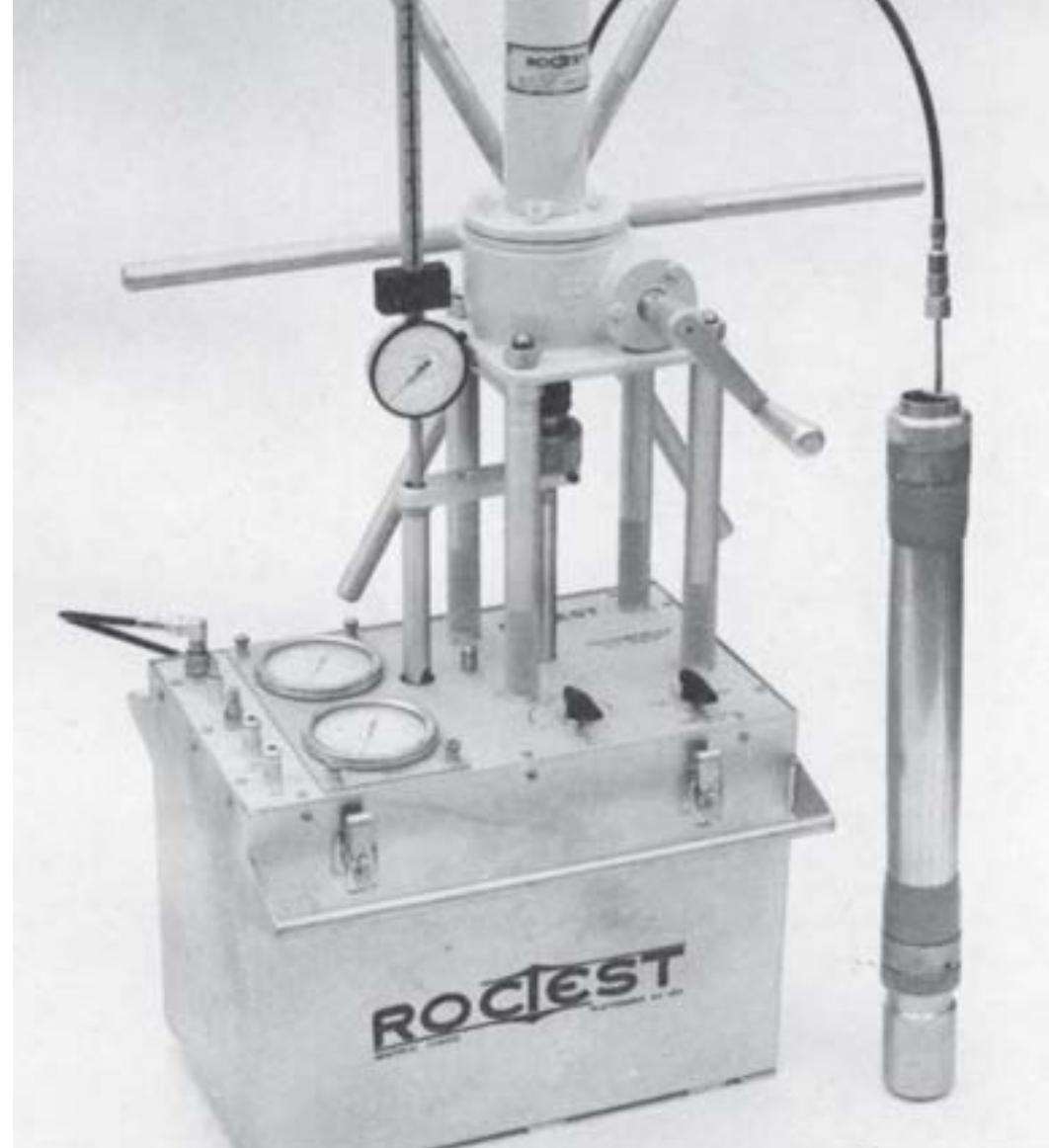
Utrustningen för volymskontrollerade pressometerförsök skiljer sig på så vis att mätkroppen inte expanderas med gastryck utan genom att vattenmängden i mätcellen regleras med en tryckkolv i det helt vattenfylda mätsystemet. Trycket som uppstår i systemet registreras med manometrar eller elektriska tryckgivare. Några skyddsceller finns inte utan mätcellen är längre i förhållande till diamatern för att minimera ändeffekterna.

### 9.4.2 Installation

Mätkroppen installeras i förborrade hål på motsvarande sätt som för vanliga pressometrar.

### 9.4.3 Kalibrering

Kalibreringen av utrustningen är mer omfattande. Mätsystemets egendeformation kalibreras alltid i ett styvt kalibreringsrör i vilket mätkroppen kan föras in. Vid kalibrering av membranets motstånd mot expansion måste flera cykler med av- och pålastning utföras så att riktiga korrektioner sedan kan göras beroende på om försöket befinner sig i en på- eller avlastningsfas. Beroende på hystereseffekter hos membranet kan mycket olika kalibreringskurvor fås vid på- respektive avlastning. På grund av krypeffekter i membranet ändras de också beroende på med vilken hastighet expansionen sker och tid efter volymsförändring. Kalibreringen måste därför utföras med samma hastighet som den som skall användas under försöket och ett flertal stopp göras under såväl på- och avlastningscyklerna med avläsning av trycket vid olika tidpunkter efter stoppen.



Figur 9.8 Exempel på utrustning för volymskontrollerade pressometerförsök.

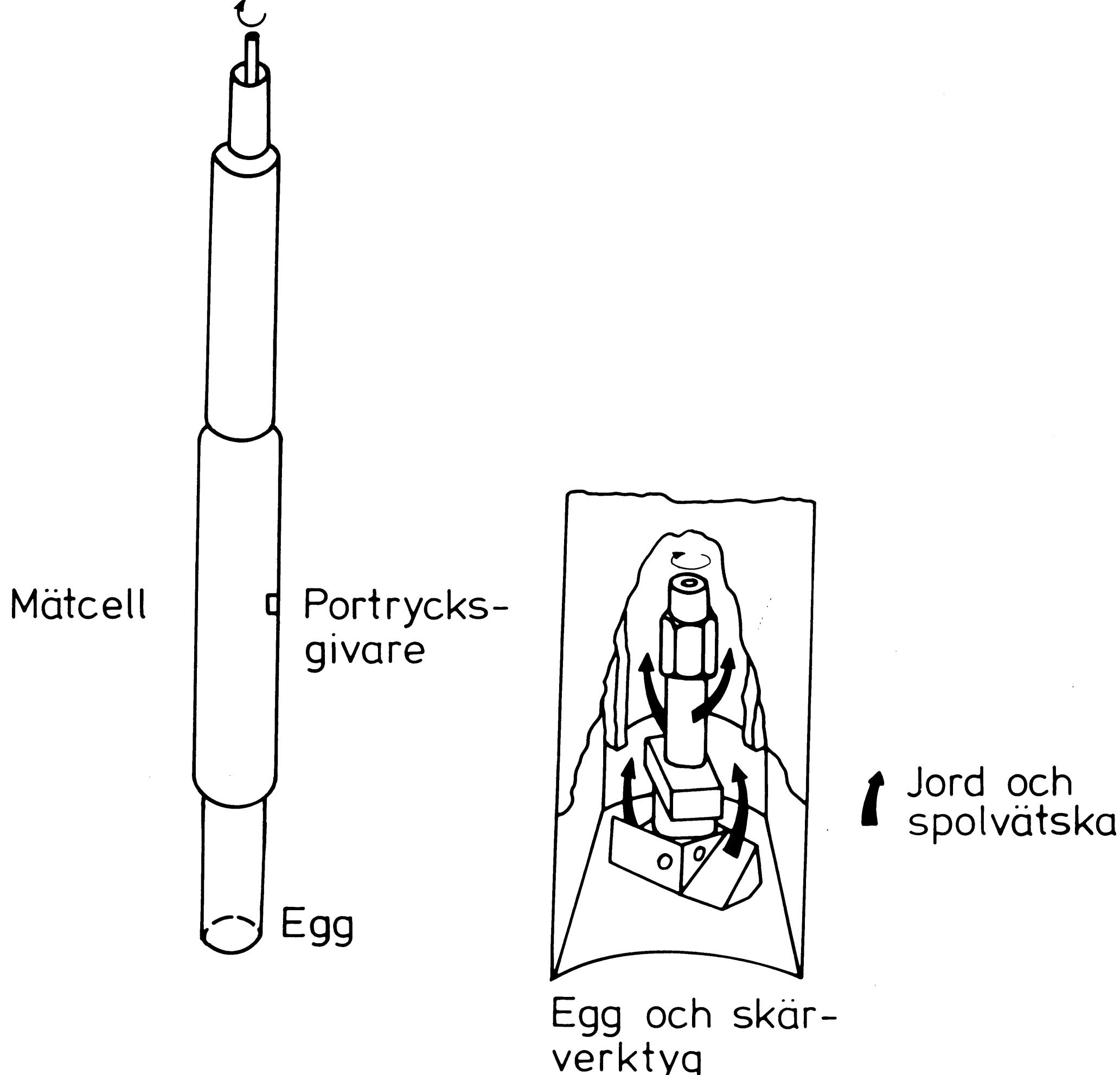
#### 9.4.4 Försöksutförande

Försöket kan utföras genom kontinuerlig eller stegvis expansion av mätcellen. Kontinuerlig expansion kräver ett datainsamlingsssystem så att volym och tryck fortlöpande kan läsas av samtidigt. Stegvisa försök kan utföras som vanliga pressometerförsök med tryckökningssteg och konstanthållning av trycket under en viss tid. Det speciella med volymskontrollerade försök är att man under försöket kan utföra avlastningar och återbelastningar och mäta jordens elastiska egenskaper vid små deformationer och hur dessa förändras med tryckens och deformationernas storlek. Ett speciellt förfarande som innefattar 9 olika sådana avlastnings-återbelastningsteg vid olika stadier av försöket och med olika storlek på deformationerna mellan stegen samt minst ett steg med längre konstanthållning av trycket har utarbetats för att få ut mesta möjliga information ur ett enda försök.

Försöket och utrustningen är inte speciellt komplicerade men omständliga. Försöket med ovanstående förfarande tar dock betydligt längre tid att utföra än ett vanligt pressometerförsök. Exakt hur försöket skall utföras skall vara noga specificerat av beställaren.

#### 9.5 Självborrande pressometer

Syftet med självborrande pressometrar är att övervinna problemen med att få förborrade hål med perfekt kvalitet. En självborrande pressometer är ihålig med en egg längst ned. Den trycks ned och eggen får jorden att stansas in i denna. Vid eggen sitter ett roterande verktyg inne i pressometern som skär sönder den instansade jorden och denna spolas sedan upp invändigt med borrvättska. Neddrivningshastighet, rotationshastighet och spoltryck anpassas efter jordens sammansättning och egenskaper.



Engelsk självborrande pressometer  
Cambridge In Situ

Figur 9.9 Exempel på utrustning för volymskontrollerade pressometerförsök.

De självborrande pressometrarna har ofta avancerad elektronisk mäturustning så att membranets rörelse kan registreras i olika riktningar och eventuellt också portrycksmätare på membranet. Som regel kan alla de ovannämnda typerna av försök utföras.

Installation och försök med självborrande pressometrar kräver specialutbildad personal.

## 9.6 Fältvingförsök

### 9.6.1 Allmänt

[Se instruktionsfilm för Vingförsök här.](#)

Vingförsök används för att mäta odränerad skjuvhållfasthet i finkornig jord, främst lera och gyttja. Även den omrörda skjuvhållfastheten bör mätas som då även ger jordens sensitivitet.

Beskrivningar i denna fälthandbok baseras på svenska utrustningar, vingförsök med dansk utrustning samt Lommevingborren. Europastandarden SS - EN ISO 22476-9, Field Vane Test (FVT), är inte fastställd.

### 9.6.2 Utrustning

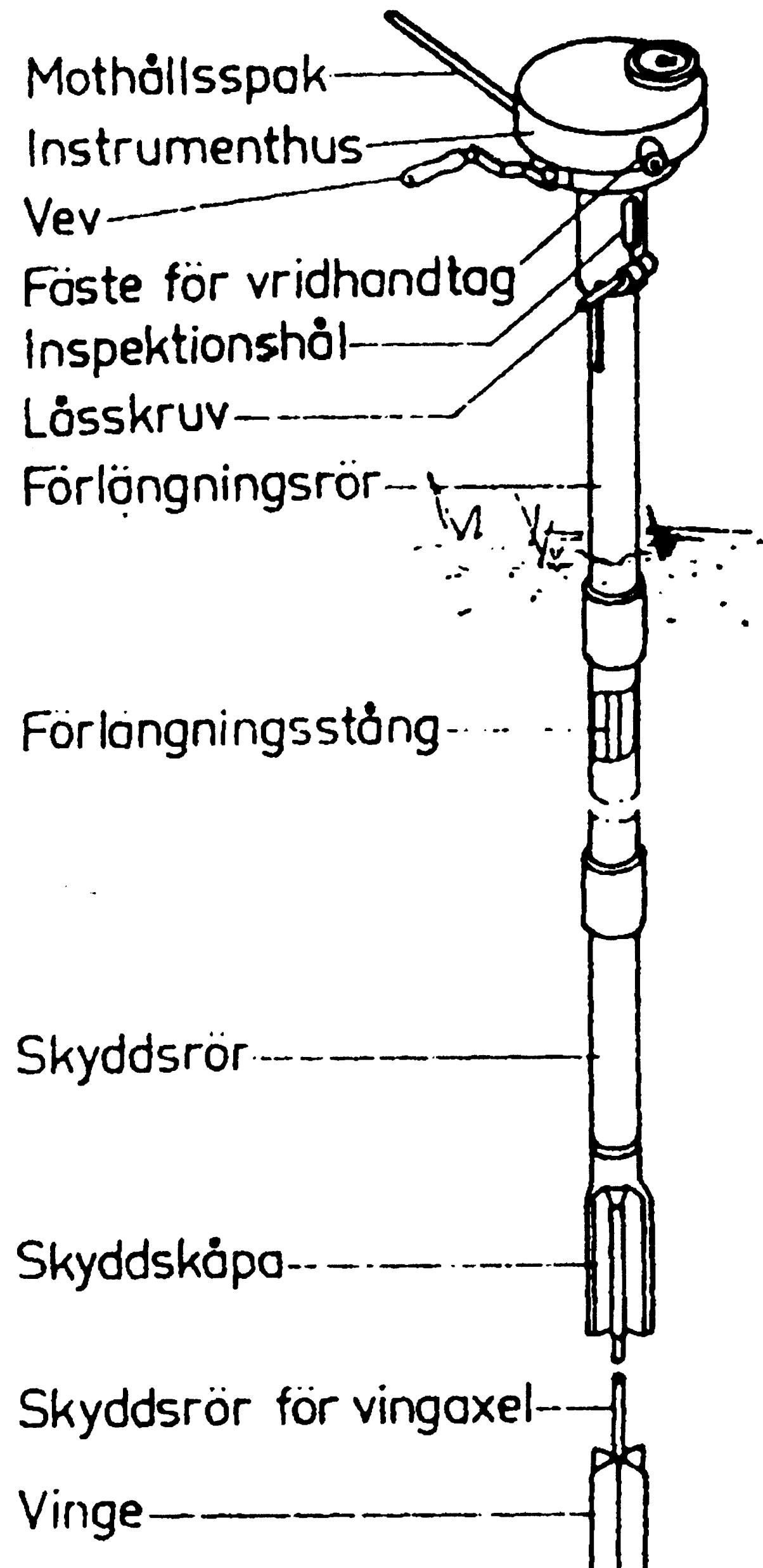
Utrustning för vingförsök består av följande huvuddelar:

- Vingdon.
- Glappkoppling för svensk utrustning.
- Förlängningsstänger.
- Registreringsinstrument.
- Neddrivningsutrustning.

Förhållandet mellan vingdonets höjd H och bredd D skall normalt vara 2.

Vingdon för svenska utrustningar finns i 4 olika storlekar, från 40x80 mm till 100x200 mm. Det använda vingdonets storlek väljs med hänsyn till jordens fasthet så att mätnoggrannheten blir god. Diametern hos vingdonets skaft och förekommande svetsar, utstansningar, brickor etc. i vingbladens centrum får vara högst 14 mm.

Registreringsinstrumentet används även för att rotera vingen under försöket. Registreringsinstrumenten är mekaniska eller elektriska. Mekaniska instrument registrerar vridmomentet antingen som ett maximalt värde (stångfriktionen skall då vara försumbar) eller genom uppritning av vridmomentet som funktion av rotationen på vaxat papper. Elektriska instrument registrerar normalt vridmomentet som funktion av rotationen elek-



Figur 9.10 Exempel på vingutrustning med instrument som endast registrerar maximalt vridmoment.

troniskt i digital form. Försöket kan då följas på datordisplay i fält och värdena sparas i minnesenhet.

Vridmomentet på grund av friktion mot stängerna skall kunna separeras. I utrustningar med skyddsrör runt stängerna elimineras större delen avstångfriktionen. Den kan dock fortfarande vara betydande, speciellt vid försök på stora djup och bör mäts och separeras från det totala vridmotståndet. Vingdonets skyddas då i en skyddskåpa under neddrivningen och skjuts ut när skyddskåpan och rörsystemet trycks ned till strax ovanför försöksnivån. Utskjutningslängden skall vara 0,35 – 0,50 m.



Hos utrustningar utan skyddsrör mäts stångfriktionen med hjälp av en glappkoppling som sitter strax ovanför vingdonet så att den kan separeras från det totala vridmotståndet. Motsvarande arrangemang bör användas också då skyddsrör används.



**Figur 9.11** Vinginstrument för registrering av vridmoment som funktion av rotation på vaxat papper samt vingdon till utrustning utan skyddsrör och skyddskåpa. På den mellersta vingen ses en glappkoppling monterad.

Registreringsinstrumentet skall vara kalibrerat och uppfylla ställda krav enligt gällande standard eller rekommendation. Tillsammans med vald vingstorlek skall den odränerade skjuvhållfastheten enligt utkast till europastandard kunna mäts med en noggrannhet som är bättre än 1 kPa eller 5 % av mätvärdet beroende på vilket som är störst, dvs med en noggrannhet av minst 1 kPa upp till

20 kPa och 5 % däröver.

Instrumentet skall kalibreras minst en gång per år eller efter skada, överbelastning och reparation. Beträffande kalibrering, se standarden SS-EN SIS 22476-9.



Figur 9.12 Elektriskt vinginstrument med digital registrering av vridmoment som funktion av rotationen tillsammans med vingdon i skyddsrör och skyddskåpa samt exempel på registrerat resultat från vingförsök med glappkoppling.

### 9.6.3 Kontrollpunkter före utförande

- Kalibrering av mätinstrumentet ska vara giltig enligt företagets kvalitetsmanual.
- Vingdonet ska vara oskadat.
- Vingbladen får inte vara skeva.
- Förlängningsstängerna och eventuella skyddsrör ska uppfylla rakhetskrav m.m.
- Vingdonets temperatur ska vara större än 0° C när det körs ned i jorden (så att inte jord fryser fast på vingdonet och stör vid neddrivningen).
- Eventuell förekomst av vattenförande skikt med höga artesiska tryck i området ska kontrolleras om utrustning med skyddsrör och skyddskåpa används.

### 9.6.4 Utförande

Det horisontella avståndet till läget för en tidigare utförd undersökning, exempelvis en sondering eller en provtagning, skall vara minst 2 meter. Avståndet mellan markytan och översta försöksnivån samt mellan två olika försöksnivåer skall vara minst 0,5 m (gäller dock inte försök i lermorän). Noggrannheten i djupbestämningen för försöksnivån skall vara bättre än + 0,1 m vid försök på djup ned till 10 m. Samma noggrannhet skall eftersträvas även på större djup men på grund av risk för utböjning och andra felkällor är kravet enligt utkast till europastandard 1 % för större djup.

1. Torrskorpa och fyllning skall alltid förborras. Den översta försöksnivån

skall vara minst 5 ggr förborningshålets diameter under hålets botten (Gäller inte i lermorän eller då torrskorpans eller fyllningens egenskaper skall undersökas).

2. Vingdonet trycks till avsedd försöksnivå utan slag, vibration eller rotation. Neddrivningshastigheten skall vara jämn och mindre än 1m/min. Största avvikelse i lutning från lodlinjen skall vara mindre än 20 mm/m. Stängerna skall dras åt vid skarvningen. För att glappkopplingen skall fungera tillses att det redan nedtrycktastångsystemet inte roteras vid påskarvning av nya stänger. Vid användande av skyddsrör och skyddskåpa stoppas neddrivningen av dessa på ett avstånd från försöksnivån som motsvarar utskjutningslängden varpå vingdonet skjuts ut med samma hastighetsbegränsning.

Vid användande av skyddsrör och skyddskåpa i områden med höga artesiska tryck i vattenförande lager skall skyddsrören vara vattenfylda så att man inte riskerar ”piping” (vattengenombrott) i och i närheten av dessa lager.

3. Vingförsöket utförs efter 2 – 5 minuters väntetid från det att vingdonet nått avsedd försöksnivå. Under väntetiden frikopplas stängerna från neddrivningsutrustningen och registreringsutrustningen kopplas in. Vid registrering på vaxat papper monteras detta och roteras ett varv med momentarmen obelastad för uppritning av nollvärdeslinjen. Därefter läses papperet fast mot instrumentet.

4. Under försöket roteras vingdonet med konstant hastighet så att tiden från aktivering av vingdonet, dvs efter att glappkopplingen vridits ihop och stångfriktionen mätts, till brott är 3 minuter + 1 minut. Detta försök ger den ”odränerade skjuvhållfastheten”.

5. Om sensitiviteten också skall mätas rörs jorden sedan om genom att registreringsutrustningen kopplas loss och stängerna och vingdonet hastigt roteras medurs 20 varv. Stängerna vrids sedan moturs en kort bit (ca 15 grader) så att glappet i kopplingen utbildas. Registreringen kopplas sedan in och ett nytt försök som mäter den ”omrörda skjuvhållfastheten” utförs omedelbart.

6. Efter försök på en nivå frikopplas stängerna från registreringsutrustningen och vingen drivs ned till nästa försöksnivå. Om utrustning utan skyddsrör används kan stängerna först vridas ca ett kvarts varv för att utbilda glappet i kopplingen. Detta görs alltid om avståndet i djupled mellan försöksnivåerna är mindre än 1 meter. Om utrustning med skyddsrör och skyddskåpa används lyfts först vingen in i skyddskåpan. Om registrering sker på vaxat papper kontrolleras först om detta behöver bytas. I detta fall kompletteras uppgifterna på papperet varpå ett nytt monteras och nollvärdeslinjen uppritas.

## 9.6.5 Kontrollpunkter vid försöksutförande

Oväntat **höga** värden kontrolleras på följande sätt:

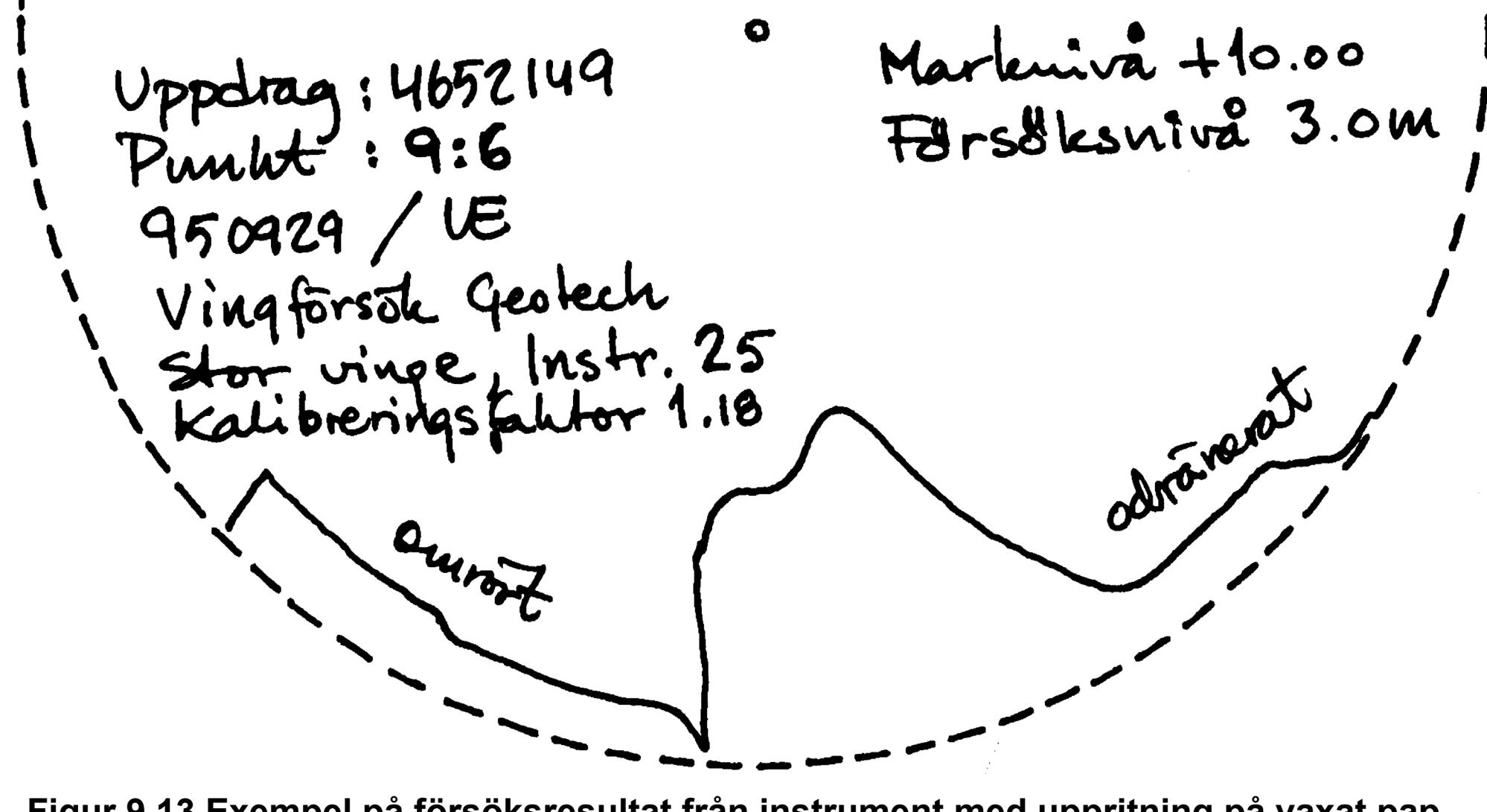
- a. Kontrollera att visarnålen respektive det elektroniskt avlästa momentet går tillbaka till nollnivån efter försöket.
- b. Kontrollera att vingens nivå under försöket inte ändrats.
- c. Kontrollera att vingdonet varit fullt utskjutet om skyddsrör och skyddskåpa

använts.

- d. Kontrollera resultaten från sondering och/eller provtagning för att se om skal, sten, grus, sand eller siltskikt förekommer vid försöksnivån. Detta visar sig ofta genom att en hackig kurva registreras.
- e. Om ovanstående kontroller inte visar något dras utrustningen upp för kontroll om utrustningen kärvar någonstans samt att glappkopplingen fungerar.
- f. Kontrollera att vingdonet inte är skadat
- g. Om allt annat är i ordning skall byte till en mindre vinge övervägas

Oväntat *låga* värden kontrolleras på följande sätt:

- a. Utrustningen dras upp och kontroll görs om stängerna varit tillräckligt hårt hopdragna samt att inte lera fastnat i vingdonet. Det senare händer speciellt för utrustning utan skyddsrör och skyddskåpa om jord frusit fast vid vingen, om förborrningen varit otillräcklig eller om jorden är skiktad med fastare och lösare lager. Tänk efter om vingdonets temperatur varit under  $0^{\circ}\text{C}$  vid nedsättningen eller om någon oavsiktlig stångvridning förekommit före försöket. Om jorden är skiktad med fastare och lösare lager bör övergång till utrustning med skyddsrör och skyddskåpa övervägas.
- b. Kontrollera resultaten från sondering och/eller provtagning för att se om skal, sten, grus, sand eller siltskikt som kan ha pressats ned framför vingdonet och förorsakat störning förekommer vid och ovanför försöksnivån.
- c. Vid användning av ett mekaniskt instrument med uppritning på vaxat papper kontrolleras att visarnålen är ordentligt fastsatt och att den inte hänger sig på papperet.
- d. Om allt annat är i ordning skall byte till större vinge övervägas.



Figur 9.13 Exempel på försöksresultat från instrument med uppritning på vaxat papper med tillhörande försöksuppgifter.

### 9.6.6 Protokoll

Protokoll till vingförsök kan ha olika utseende beroende på typ av utrustning.

Med utrustning med enbart registrering av maximalt vridmoment införs djup och vridmoment för varje djup i en tabell tillsammans med tillhörande upp-

gifter om plats, datum, utförare, förborrning, utrustning, kalibrering, storlek på vingdon samt övriga uppgifter och observationer som kan ha betydelse för tolkningen av resultaten.

Med utrustning med mekanisk uppritning av kurvan för rotation och vridmoment på vaxat papper skall varje papper klart märkas med projektets identifiseringsuppgifter, borrhålsnummer, utförare av försöket, datum, vingstorlek och instrumentets kalibreringsfaktor. Försök från flera nivåer uppritas normalt på samma diagram och för varje enskild kurva skall klart anges på vilken nivå försöket utförts. De vaxade papperna skall skyddas mot väta och nötning. Utöver de uppritade kurvorna skall ett protokoll skrivas med uppgifter om plats, datum, utförare, förborrning, utrustning, kalibreringsdatum samt övriga uppgifter och observationer som kan ha betydelse för tolkningen av resultaten.

Om resultateten och tillhörande uppgifter lagras digitalt skall fältminnet åtföljas av ett protokoll med uppgifter om plats, datum, utförare och identifikationsnamn för de olika borrpunkterna i fältminnet samt de eventuella uppgifter om förborrning, utrustning, kalibrering, storlek på vingdon m.m som inte finns registrerade i fältminnet samt övriga uppgifter och observationer som kan ha betydelse för tolkningen av resultaten.

Följande ska således alltid finnas med vid rapportering, se även provningsprotokoll i Kapitel 13:

- Projekt
- Plats
- Borrhål
- Utförare
- Datum
- Typ av utrustning
- Instrumentnummer
- Vingstorlek
- Kalibreringsfaktor för registreringsinstrumentet samt datum för kalibrering.
- Uppgifter om förborrning
- Försöksnivå eller sammanställning av försöksnivåer på tillhörande fältminne
- Försöksresultat uppritat som försökskurva eller som värde på maximalt moment samt angivande av tid till brott (om denna avviker från standard). Använt måttenhet skall anges tydligt
- Anmärkningar av betydelse för tolkning.

## 9.7 Vingförsök med dansk utrustning

### 9.7.1 Allmänt

I Danmark används en robust utrustning för vingförsök, som i Sverige främst används i lermorän och mycket fasta lågsensitiva sedimentära leror. Beskrivning av utrustning och rekommenderat utförande och utvärdering finns redovisat i ”*Referenceblad for vingforsög, DGF Feltkomite, 1992-08-28.*”

Protokollföring görs som för vingförsök ovan.

### 9.7.2 Utrustning

För mätning av vridmomentet används momentnyckel. Det finns vingdon i sex olika storlekar från 33x66 mm till 92x350 mm. Endast den största har ett

höjd-diameterförhållande som skiljer från 2. Vingdonen har ett mer robust utförande än i svenska utrustningar för att kunna slås ned och klara mycket stora moment.

### 9.7.3 Utförande

1. Vingdonet väljs med ledning av förväntat vridmotstånd. Utslaget på momentnyckeln vid brott skall helst vara minst en tredjedel av mätområdet.
2. Förborrning görs för varje försök till strax över försöksnivån. Kontroll görs av att det rinner till fritt vatten i hålet, dvs. att inga negativa portryck råder i jorden på försöksnivån.
3. Vingdonet trycks ner så att dess underkant är minst 0,2 meter under hålets botten. För de största vingarna skall detta avstånd vara minst 2 ggr vingdonets höjd. Neddrivningen kan även ske med försiktiga slag.
4. Momentnyckeln sätts fast och vrider långsamt och med jämn hastighet, maximalt motsvarande 1 varv per minut, tills brott uppkommer. Värdet på momentnyckeln läses av och antecknas. Detta försök ger den odränerade skjuvhållfastheten.
5. Vingdonet roteras sedan minst 10 varv, varpå mätning av vridmotståndet görs på samma sätt. Denna mätning ger den ”omrörda skjuvhållfastheten”.
6. Vingdonet tas upp, hålet förborras vidare och vingen trycks eller slås ned till nästa försöksnivå.

På grund av sammansättningen och variationen i de jordar som utrustningen normalt används i är spridningen i försöksresultat ofta stor och det fordras som regel ett stort antal försök. Relativt ytliga försök utförs som regel i flera närliggande punkter med 0,2 m djupintervall. I vissa fall kan förborrningen då uteslutas mellan en försöksnivå och närmast underliggande försöksnivå. I dessa försök är det mycket viktigt att alla observationer vid förborrningen och under försöket med avseende på t.ex förekomst av grövre partiklar eller andra fastare föremål som kan haka i vingarna rapporteras.

## 9.8 Lommevingborr

### 9.8.1 Allmänt

Lommevingborren är en manuell norsk inspektionsutrustning för kartering och kontrollmätningar på byggplatser. Den används för mätning av skjuvhållfasthet i lös lera och ingår också i den svenska så kallade ”doctors-kit utrustningen”.

Protokollföring och rapportering görs som för övriga vingförsök.

### 9.8.2 Utrustning

Lommevingborren består av vinge, skarvstänger och ett mäthandtag med inbyggda spiralfjädrar i dess över- och underdel. Vingdon finns i tre storlekar: 16x32 mm, 20x40 mm och 25x50 mm. Stängerna har diametern 6 mm och längden 0,5 m. Med mäthandtaget mäts det vridmoment som erfordras för att rotera vingen till brott.

### 9.8.3 Utförande

1. Anslut vinge med erforderligt antal stänger till mäthandtaget. Vrid den graderade skalan på mäthandtaget till nolläge.
2. Pressa ner vingen till önskad nivå utan att vrida handtaget. Kontrollera att den graderade skalan står kvar i nolläge.
3. Vrid handtaget medurs så att spiralfjädern i mäthandtaget spänns. Vrid långsamt och med jämn hastighet. Var speciellt försiktig när underdelen av mäthandtaget börjar visa tendenser att rotera.

När underdelen av mäthandtaget roterar utan att fjäderkraften ökar har brott uppnåtts. Låt då handtaget långsamt återgå till obelastat läge. Läs av och anteckna värdet på skalan. Var försiktig så att inte skalan rubbas innan avläsningen. Denna mätning ger den odränerade skjuvhållfastheten om den medelstora vingen används. För den mindre vingen multipliceras värdet med 2 och för den större med 0,5.

4. Nollställ skalan
5. Den omrörda skjuvhållfastheten kan mätas genom att vingen roteras minst 25 varv. Därefter nollställs skalan och handtaget vrids långsamt tills brott uppstår i jorden. Mätningen upprepas en gång och det minsta värdet av de två försöken antecknas.
6. Efter nollställning av skalan fortsätts nedpressningen till nästa försöksnivå.
7. Om uppdragningskraften efter försöken är stor och inte kan göras genom att lyfta i handtaget måste kraften från hjälputrustningen verka direkt på stänger na och inte via handtaget.
8. Vid försök på stora djup börstångfriktionen mäts genom att utföra försök med bara stänger utan vinge på motsvarande nivåer i en närliggande punkt.

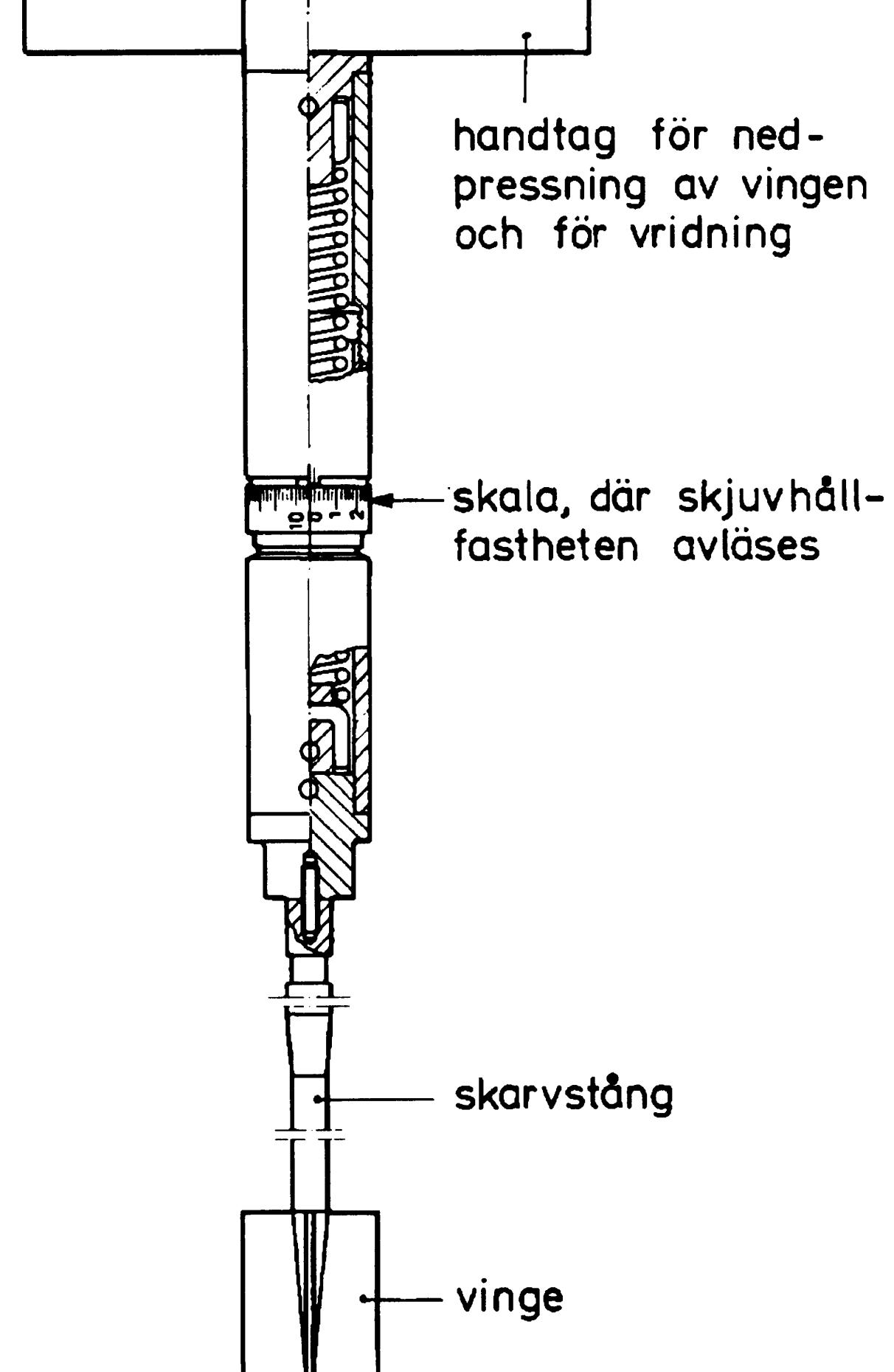
## 9.9 Plattbelastningsförsök

### 9.9.1 Allmänt

Plattbelastningsförsök görs för att bestämma jords (och bergs) bärformåga och deformationsegenskaper när dessa är betydelsefulla men svåra att bestämma med vanlig geoteknisk utrustning.

Plattbelastningsförsök är inget standardförsök utan utförandet anpassas till de aktuella förhållandena vid varje tillfälle. Kostnaden för ett plattbelastningsförsök är relativt hög men resultatet av försöket kan visa sig ge god totalekonomi i ett projekt.

En speciell typ av plattbelastning redovisas i Vägverkets publikation 1993:019 "Bestämning av bärighetsegenskaper med statisk plattbelastning". Denna me-



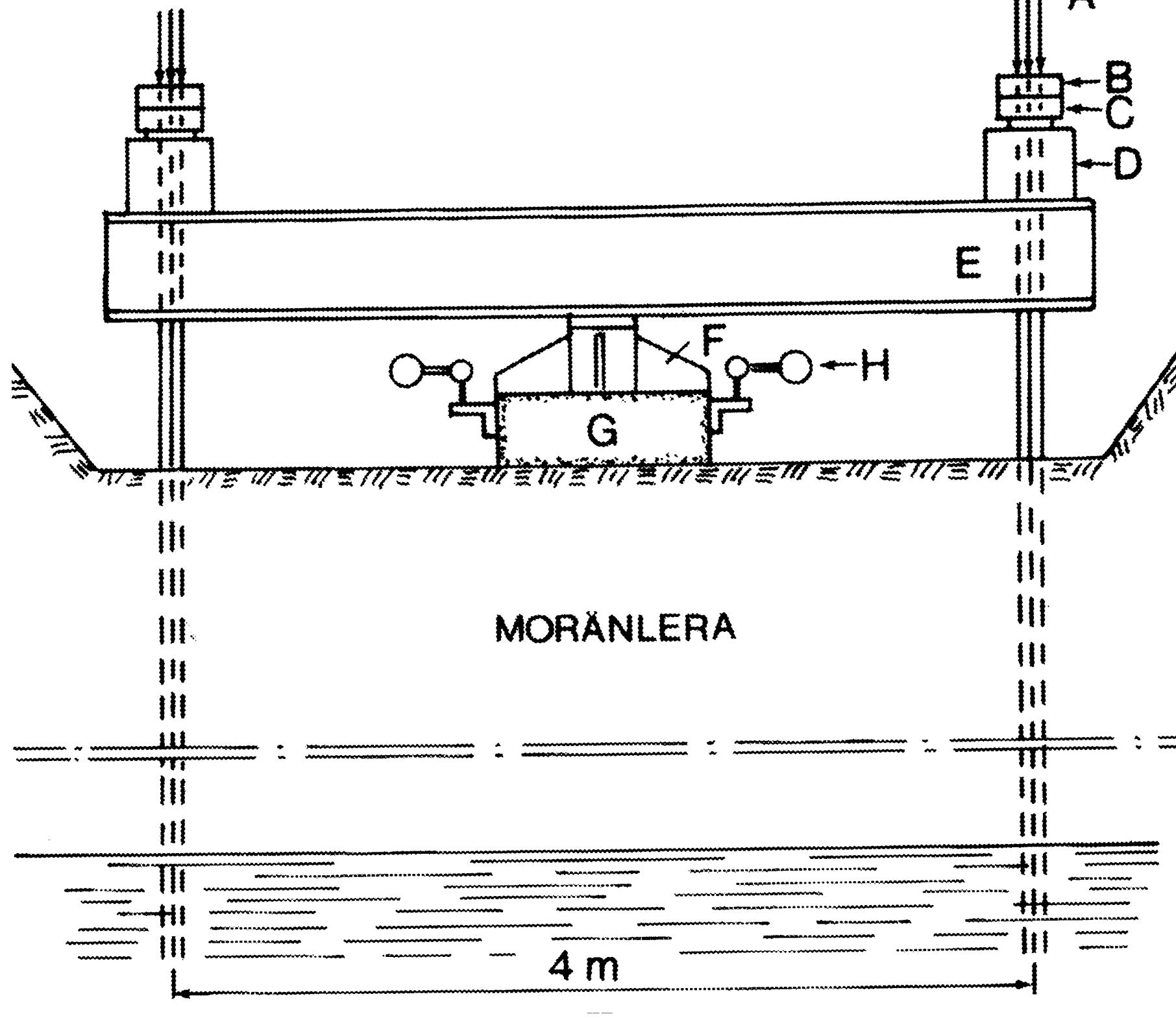
Figur 9.14 Lommevingborr.

tod används för kontroll av fasthet efter slutförd packning och beskrivs inte här.

## 9.9.2 Utrustning

För ett plattbelastningsförsök behövs:

- Provplatta
- Domkraft för belastning
- Mothåll
- Mätutrustning för kraftmätning
- Mätutrustning för mätning av deformationer



Figur 9.15 Princip för plattbelastningsförsök.

Provplattans storlek skall väljas så stor att resultatet av försöket blir representativt för den aktuella jorden och lätt kan översättas till verkliga storleksförhållanden vid grundläggning. Samtidigt kan provplattan inte vara alltför stor eftersom detta medför behov av stort mothåll, vilket innebär höga kostnader och kan innehålla praktiska svårigheter. Ofta väljs plattstorleken  $1 \text{ m}^2$ .

Mothållet kan anordnas med balkar och förankringsstag eller motvikter i form av exempelvis balkar, blyplåtar, betongpålar eller stora behållare som fylls med jord eller vatten. Mothållssystemet skall vara dimensionerat med betryggande säkerhetsmarginaler för de laster och eventuella snedbelastningar som kan tänkas uppstå.



Figur 9.16 Exempel på mothållsanordning vid en serie stora plattbelastningsförsök.

Vid provbelastningen skall belastning och deformationer mätas. För detta krävs kalibrerade kraftgivare och ett fristående referenssystem med mätklockor eller elektriska lägesgivare. Oljetrycket i domkraften bör mätas med manometer och registreras som kontroll- och säkerhetsåtgärd men ger inte tillräcklig noggrannhet i kraftmätningen. Deformationsmätning bör utföras i minst 4 diametrala punkter så att eventuell snedsättning registreras.

### 9.9.3 Utförande

Provbelastningen skall föregås av noggrann planering. Detta gäller inte minst inblandad personal, eftersom provbelastningen kan bli utdragen i tiden. Det är väsentligt att all personal är informerad om innebördan av försöket och vad som krävs, när laststeg skall avslutas och nya läggas på samt när försöket skall avslutas, så att inga misstag görs som äventyrar utvärderingen.



Figur 9.17 Installation av mätsystem vid en serie stora plattförsök.

Provplattorna utgörs ofta av betong som gjuts direkt mot marken. Om stålplattor används skall plattan vara tillräckligt stiv i sig själv eller förses med ett lastöverförande styvt mellanlägg. Marken under plattan planas som regel av och det är mycket viktigt att detta görs försiktig så att ytskiktet under plattan inte luckras upp. I finjord och sand samt annan jord med finjordsinslag är det viktigt att ytskiktet därefter inte får torka ut eller suga vatten innan plattan påförs. Plattförsök utförs ofta i botten av schaktgropar som schaktas ned till aktuellt grundläggningdjup. Innan schaktningen påbörjas skall eventuella behov av grundvattensänkning eller länspumpning utredas och förberedas. Schaktgroparnas bottnar måste dessutom skyddas mot vatten från nederbörd. Om någon återfyllning sker runt plattan skall återfyllningsmaterialet beskrivas med avseende på sammansättning, densitet och uppskattade hållfasthetsegenskaper.

Under försöket skall referenssystemet skyddas mot mekaniska störningar samt direkt solbestrålning. Det är även viktigt att kontrollera att inte hävning av jorden runt förankringsstag påverkar referenssystemet.

Provbelastningen utförs med konstanta laststeg, normalt motsvarande 1/20 till 1/10 av antagen brottlast. Varje laststeg skall normalt verka lika lång tid. Tiden för varje laststeg beror på sammansättningen i jorden. I grövre friktionsjord är en vanlig varaktighet för varje laststeg ca 16 minuter men i finkornig jord kan den behöva vara flera timmar. Kraften skall hållas konstant under varje laststeg och mätning av deformationer görs enligt ett visst schema, exempelvis 1, 2,

4,6, 8, 12 och 16 minuter efter att ett nytt laststeg påförts.

Anteckningar görs även av övriga förhållanden, t.ex. väderleksförhållanden. Under försöket skall mothällssystemet hållas under uppsikt. Vid tendenser till instabilitet eller andra tecken på överbelastning bör noga övervägas om försöket skall avbrytas.

#### 9.9.4 Protokoll.

I redovisningen av försöket skall noga anges hur jorden under plattan prepareras och alla observationer om jordens beskaffenhet vid denna preparation och den eventuellt föregående schaktningen. Om någon återfyllning runt plattan gjorts specificeras även denna.

Även plattan skall beskrivas med uppgifter om dimensioner, material, tjocklek, eventuell armering, eventuellt mellanlägg m.m.

En ritning skall bifogas över försöksuppställningen med angivande av plattans läge i plan och i den eventuella schaktgropen, vars djup och dimensioner också anges. Mothällsanordningen skall specificeras och avstånden från plattan till dragstag eller motvikter skall anges.

Inblandad personal skall anges och vem som haft ansvaret under de olika momenten under förberedelser och försöksutförande.

Belastningsutrustningen skall beskrivas och kraftgivarens kalibrering verifieras.

Mätsystemet skall beskrivas i detalj, de enskilda deformationsmätarnas placering och identifiering skall anges och eventuella lägesgivares kalibrering skall verifieras.

Tidpunkter för de olika momenten vid förberedelser och försöksutförande skall redovisas tillsammans med observationer om väderlek, temperatur m.m.

Försöksresultaten redovisas i form av pålagd last vid varje laststeg, samtidigt avläst manometertryck, tidsskala för defomationsmätning samt avlästa värden för samtliga deformationsmätare vid varje avläsningstillfälle.

Anledningen till försökets avslutande anges, t.ex. maximal last, brott i jorden, snedställning hos platta eller problem med mothåll.

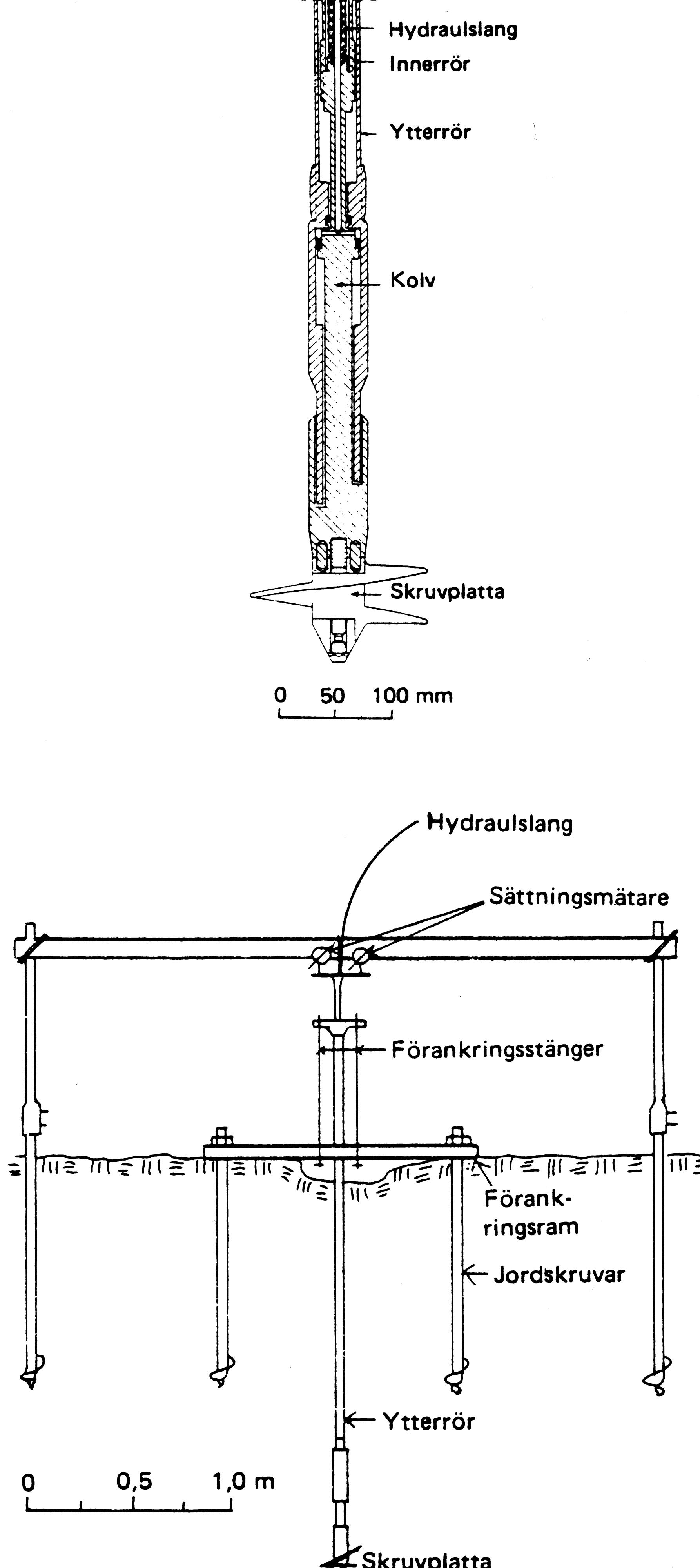
Efter försöket grävs ofta jorden under plattan ur för att kontrollera att den provade jordvolymen är representativ för jordmassan som helhet. I detta fall noteras alla observationer om jordens beskaffenhet, eventuella inslag av grövre partiklar, skikt eller linser av avvikande material etc. Representativa prover tas och försluts och sänds till laboratorium.

### 9.10 Skruvplatta

#### 9.10.1 Allmänt

Skruvplatta används för bestämning av sättningsmodul och konsolideringskoefficient i främst silt och sand. I fast jord fordras ofta förborrning till några dm över mätnivån. I lera är metoden inte lämplig eftersom det tar alltför lång tid

för sättningen att utbildas vid varje laststeg.



Figur 9.18 Skruvplatta och schematisk försöksuppställning.

### 9.10.2 Utrustning

Skruvplattan består av följande huvuddelar:

- Skruvplatta
- Hydraulsystem
- Precisionsmanometer
- Ytterrör
- Förängningsrör
- Mothållssystem

- Mätsystem
- Kvävgastub med reducerventil och tryckregulator
- Övergångscylinder mellan gas- och oljetryck

Skruvplattan har diametern 162 mm, vilket motsvarar  $0,02 \text{ m}^2$ . Skruvplattan ansluts till hydraulsystemet och rörsystemen (yttre och inre).

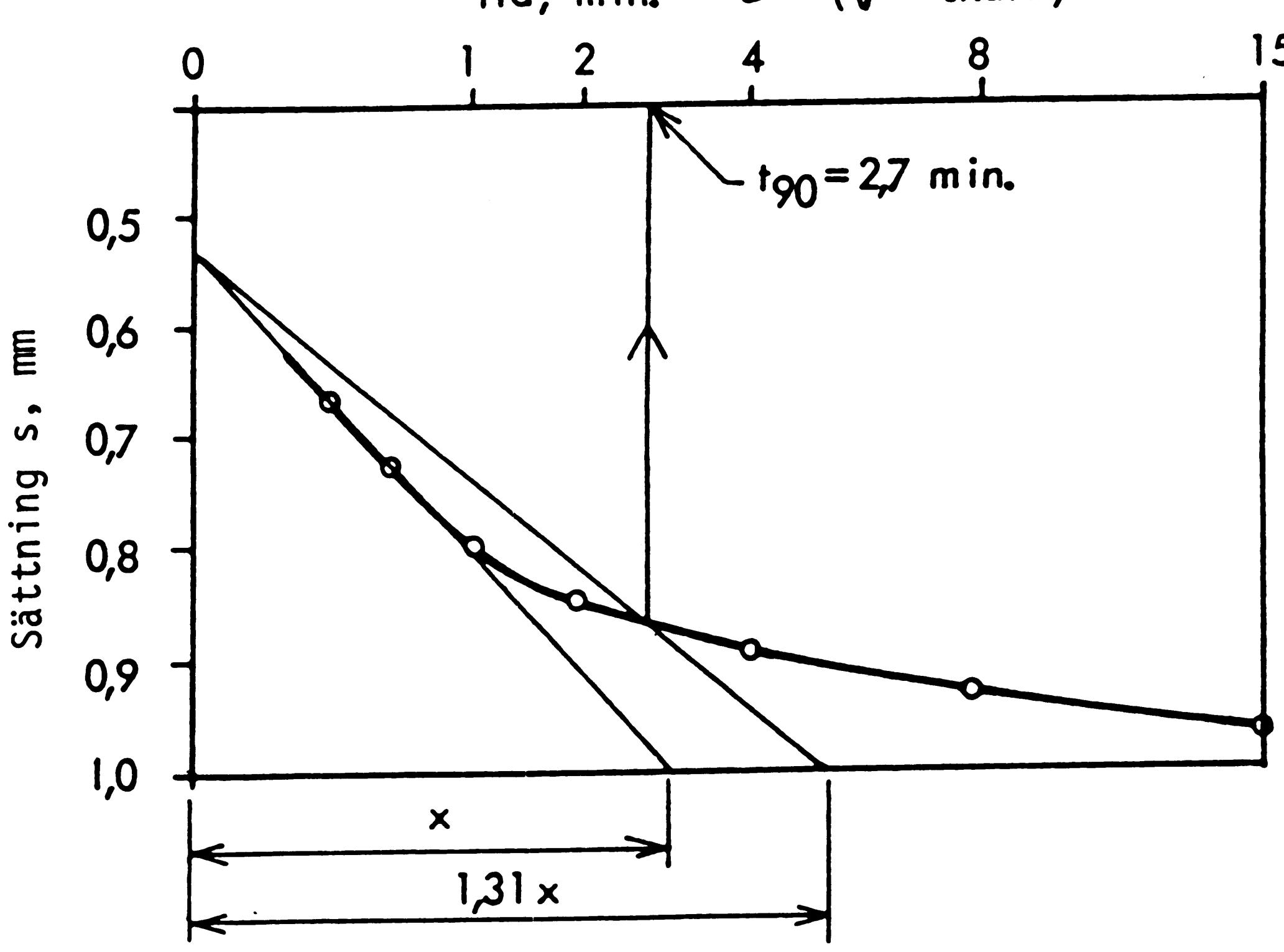
### 9.10.3 Utförande

Skruvplattan skruvas ned till avsedd försöksnivå. Lasten förs på i steg med hjälp av mothållssystemet. Det första laststeget väljs så att det motsvarar det effektiva överlagringstrycket på försöksnivån. Normalt väljs ytterligare 4–5 laststeg, där det sista motsvarar jordens antagna brottlast, utrustningens kapacitet eller avsedd övre begränsning. Vid varje laststeg registreras sättningens tidsförlopp. Laststeget skall ligga på så länge att man uppnår minst 90 % konsolidering. Detta kan kontrolleras genom att man ritar upp en tids-sättningskurva och utvärderar tiden för detta. I sand är varaktigheten för varje laststeg normalt ca 10 min.

När mätningarna avslutats på en nivå skruvas plattan ner till nästa nivå, normalt 1 till 3 meter djupare.

### 9.10.4 Försök

1. Skruvplattan demonteras för kontroll av att kolvpollan är i gott skick och att alla delar är rengjorda.
2. Hydraulkollen kalibreras genom att göra ett belastningsförsök på marken med hjälp av tillhörande precisionsmanometer och en kraftgivare. Vikten av innerrör och oljeslang skall beaktas vid kalibreringen.
3. Hydraulkolv och slang fylls med olja så att systemet blir mättat och fritt från luftblåsor. Olja fylls även i stångrör och övergångscylinder. Oljenivån skall kontrolleras efter varje gång som kopplingen tryckts ihop.
4. Skruvplatta, slangar och förlängningsrör monteras. Vid montering av innerröret tillses att kolvstången inte utsätts för böjkrafter. Neddrivningsverktyg och låsanordning monteras.



Figur 9.19 Utvärdering av tid för 90 % konsolidering i ett laststeg vid försök med skruvplatta.

5. Ett hål grävs till ca 0,5 m djup för att underlätta styrningen av skruvplat-

tan. Mothållsram och jordskruvar monteras. Ramen skall vara horisontell och jordskruvarna vertikala. Skruvplattan sätt ner i det grävda hålet och skruvas ner till avsett djup. Teoretiskt skall det gå 22 varv per meter men erfarenhetsmässigt blir det 26 till 28 varv på grund av massundanträngning. Vridverktyget skall under vridningen stå parallellt med mätbalken. Undvik att skruva moturs. Utlösningshylsan skruvas sedan loss minst 55 mm.

6. Mätbalken monteras över mätplattan så att mätklockorna kan monteras vinkelrätt mot mätplattan. Mätbalkens upplag skall ligga utanför det område som kan påverkas av mothållets förankringar. Kvävgastuben med regleringsutrustning kopplas till övergångscylindern.
7. Det första laststeget påförs med gastrycket tills manometern visar rätt värde och stoppuret startas. Mätklockorna läses av och sättningen registreras vid bestämda tidpunkter. Tid-sätttningskurvan ritas upp och det kontrolleras att sättningen nått minst 90 % konsolidering. Därefter läggs nästa laststeg på och proceduren upprepas. När mätningarna är klara på en nivå görs avlastning genom att gastrycket släpps, mätbalken tas bort, utlösningshylsan skruvas fast och utrustningen skruvas ned till nästa mätnivå eller tas upp.

### 9.10.5 Protokoll

Resultaten från försöket rapporteras med allmänna uppgifter om plats, datum, projekt utförare, grundvattenytan m.m.

I rapporten skall ingå resultaten av kontrollkalibreringen med angivande av använd kraftgivare samt kalibreringen av denna.

Utförd förborrning och förborrat material skall anges.

Försöksresultaten rapporteras med angivande av pålagd last (avläst manometervärde) och de avlästa värdena på mätklockorna vid de olika avläsningstiderna inom varje laststeg. Uppritade tids-sätttningskurvor och utvärderade värden och tiden för 90 % konsolidering bifogas.

## 9.11 Geofysiska metoder

### 9.11.1 Allmänt

Med geofysiska metoder uttolkas indirekt lagertjocklekar och andra geometriska förhållanden i undergrunden samt i vissa fall geotekniska egenskaper ur olika andra fysiska egenskaper. De geofysiska metoderna beskrivs närmare i Kapitel 3. Geofysiska mätningar utförs normalt av specialutbildade geofysiker. Den enda ”geofysiska” metod som ingår i normalt geotekniskt fältarbete är seismisk spetstrycksondering och spetstryckssondering med resistivitetsmätning.

### 9.11.2 Seismisk spetstrycksondering

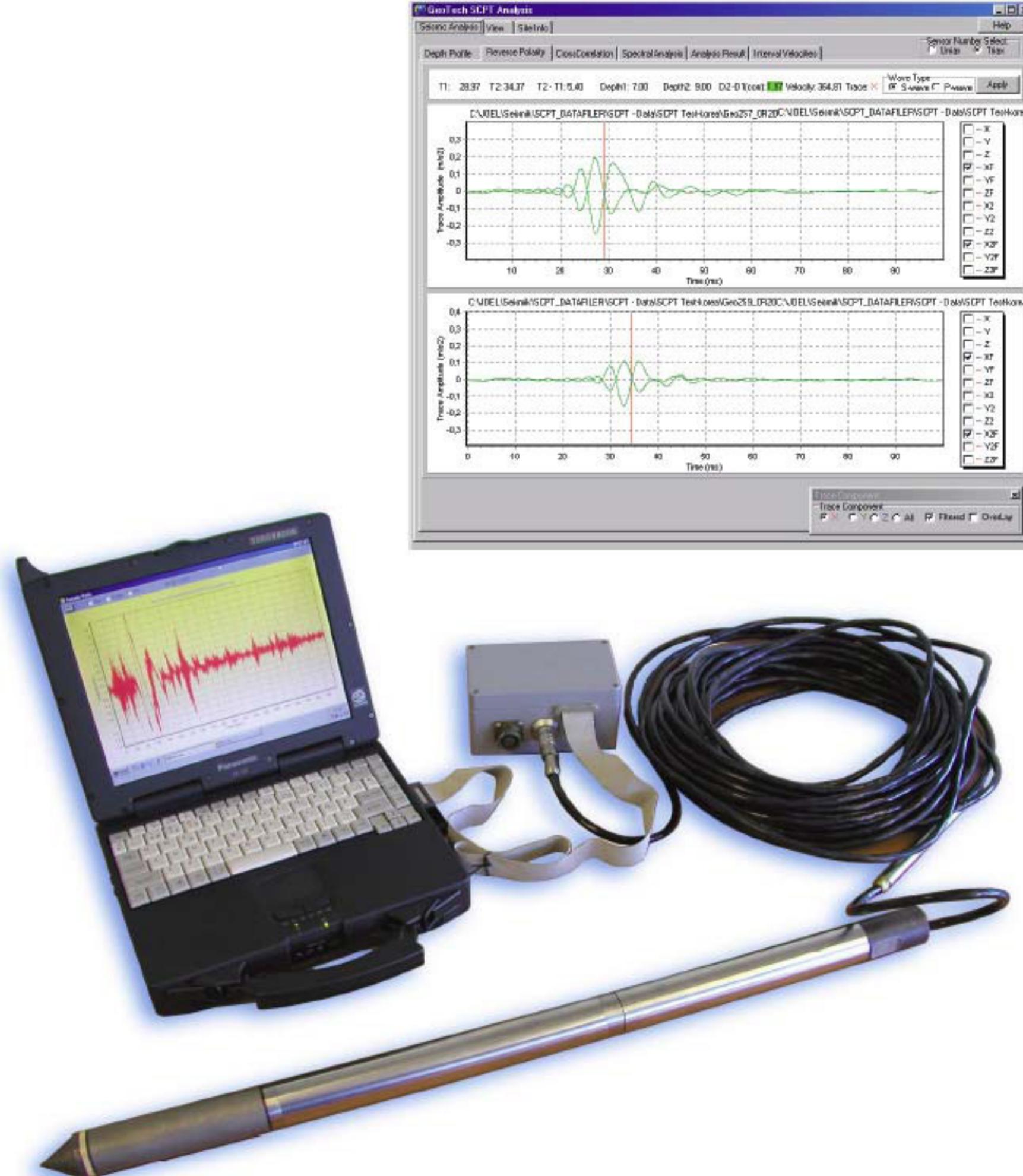
Seismisk spetstrycksondering är en rationell metod att utföra seismiska ”down-hole” försök. Utrustningen består av:

- Utrustning för spetstrycksondering.
- Hålade stänger.
- Sondspets som förutom de vanliga mätarna dessutom har en (eller flera) inbyggda accelerometrar.
- Vibrationskälla.
- Registreringsutrustning för signaler från accelerometern.

Den seismiska delen är ett tillägg till spetstrycksondering som redovisas i Ka-

Utrustningen för seismisk CPT-sondering använder signalöverföring med kabel och registrationsutrustningen är en fältdator med inbyggt minnesoscilloskop.

Vibrationskällan kan utgöras av en balk som pressas mot marken, vanligen med hjälp av neddrivningsutrustningens mothåll (bandvagnens tyngd) och en slägga med en fastsatt elektrisk accelerationsbrytare. Fristående kontinuerliga vibrationskällor finns också.



Figur 9.20 Exempel på utrustning för seismisk CPT-sondering. (Geotech AB)

## Utförande

- Förberedelser görs som för en vanlig spetstrycksondering. Kabeln från sonden träs genom så många hålade stänger som åtgår vid sonderingen. Balken kläms mot marken. Den skall normalt ligga tvärs bandvagnen och inom 1 meter från borrpunkten. Avståndet mäts och antecknas. Om en sond med endast 1 accelerometer används tillses att sonden är orienterad så att balkens och accelerometerns mätriktning sammanfaller.
- Sonderingen påbörjas och spetstryck, mantelfriktion och portryck registreras som vanligt.
- Sonderingen stoppas på första mätnivån. Beroende på förborrningsdjup ligger denna normalt på första jämma meter från markytan under förborrningsdjupet.
- Registreringen av den seismiska signalen kopplas in och ett slag slås med släggan mot balkens ena ände i balkens riktning med släggan. När släggan träffar balken skall den fastsatta brytaren slå till och registreringen startar. Registreringen följs på datorskärmen. Om bilden visar en klar ankomsttid för

skjuvvågen lagras den i minnet och registreringen startas på nytt. Proceduren upprepas med ett likadant slag mot balkens andra ände. Det är viktigt att hålla reda på slagriktningarna och att dessa anges i de lagrade filerna.

- Sonderingen med registrering av spetstryck, mantelfriktion och portryck återupptas ned till nästa mätnivå, vanligen 1 m djupare.
- Proceduren med den seismiska mätningen repeteras.

Det finns också utrustningar med fristående vibrationskällor. En sådan placeras då på markytan nära borrpunkten och får stå och skicka ut skjuvvågor med inställt tidsintervall, t.ex, varannan sekund. Registrering av den seismiska signalen är då också kontinuerlig så att den görs fortlöpande under sonderingen tillsammans med övriga parametrar. Några stopp utöver vad som behövs för omtag och påskarvning av stänger görs då inte.

## Protokoll

Rapporteringen består förutom sedvanliga uppgifter och datafiler från en spetstrycksondering av filerna från de seismiska signalerna samt uppgift om vibrationskällans avstånd från mätpunkten. Eventuella observationer om störningskällor i form av trafikvibrationer, anläggningsverksamhet i omgivningen och liknade bör också beskrivas.



Figur 9.21 Exempel på utrustning för CPT med resistivitetsmätning.

### 9.11.3 Spetstrycksondering med resistivitetsmätning CPTU-R

Resistivitetsmätning görs med en sond som består av en konventionell sCPTU-sond med en enhet som mäter jordens elektriska resistivitet, se **Figur 9.21**. Resistivitetenheten består av fyra ringelektroder där en ström tillförs de yttre elektroderna och potentialen mäts mellan de två inre. Mätningen görs kontinuerligt under hela spetstrycksonderingen genom jordlagren.

Resistivitetsmätning används bl.a. för att bedöma förekomst av kvicklera. Den uppmätta elektriska resistiviteten ger en indikation på grundvattnets salthalt och gradenurlakning av marina leror. På så sätt kan förekomsten av kvickleror karteras. Tillsammans med utvärdningsprinciper för CPTU finns två metoder för att analysera förekomst av kvicklera.

# 10. Geohydrologiska mätmetoder

## 10.1 Inledning

Geohydrologiska mätmetoder innefattar en stor mängd mätmetoder avsedda att bestämma hydrologiska och hydrauliska förhållanden i jord och berg. Detta kapitel är främst inriktat mot de mätmetoder som inom geotekniken i Sverige används för att bestämma grundvattennivåer och portryck i jord. Utöver dessa presenteras även några hydrauliska tester som kan användas för bestämning av egenskaperna hos ett grundvattenmagasin.

Grundvattenmätning regleras i följande dokument:

- SS-EN-ISO 22475 Geoteknisk undersökning och provning - Provtagnings- genom bornings- och grävningsmetoder och grundvattenmätningar – Del 1: Tekniskt utförande.
- SS-EN 1997-2 Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner – Del 2: Marktekniska undersökningar.

## 10.2 Planering

Det är viktigt att noga planera mätningen för att erhålla den sökta informationen om de geohydrologiska förhållandena. Innan några mätningar görs bör en enkel geohydrologisk jord-/bergmodell skapas utifrån den förhandskunskap som finns för området, såsom topografi, geologi, erfarenhet av jord-/bergegenskaper, tidigare undersökningar och förekomst av sjöar och vattendrag. Utifrån denna modell bör de geohydrologiska förhållandena översiktligt bedömas samt mätningar planeras. Resultaten från mätningarna bör successivt arbetas in i modellen, som då antingen bekräftas eller revideras.

Val av mätutrustning, antal mätpunkter, erforderlig mätperiod och mätintervall bör sättas i relation till de krav som finns på mätningen. Vidare är det viktigt att planera var mätningar kan göras utan att påverkas av eventuella aktiviteter i området. Detta gäller i synnerhet när långtidsmätningar ska göras, och exempelvis byggtrafiken i ett senare skede leds om. Om schaktarbeten ska göras är det viktigt med referensstationer i opåverkade områden. Då mätningar planeras fortgå under flera månader eller längre ställs extra krav på möjligheter att funktionskontrollera utrustningen och åtgärda eventuella problem.

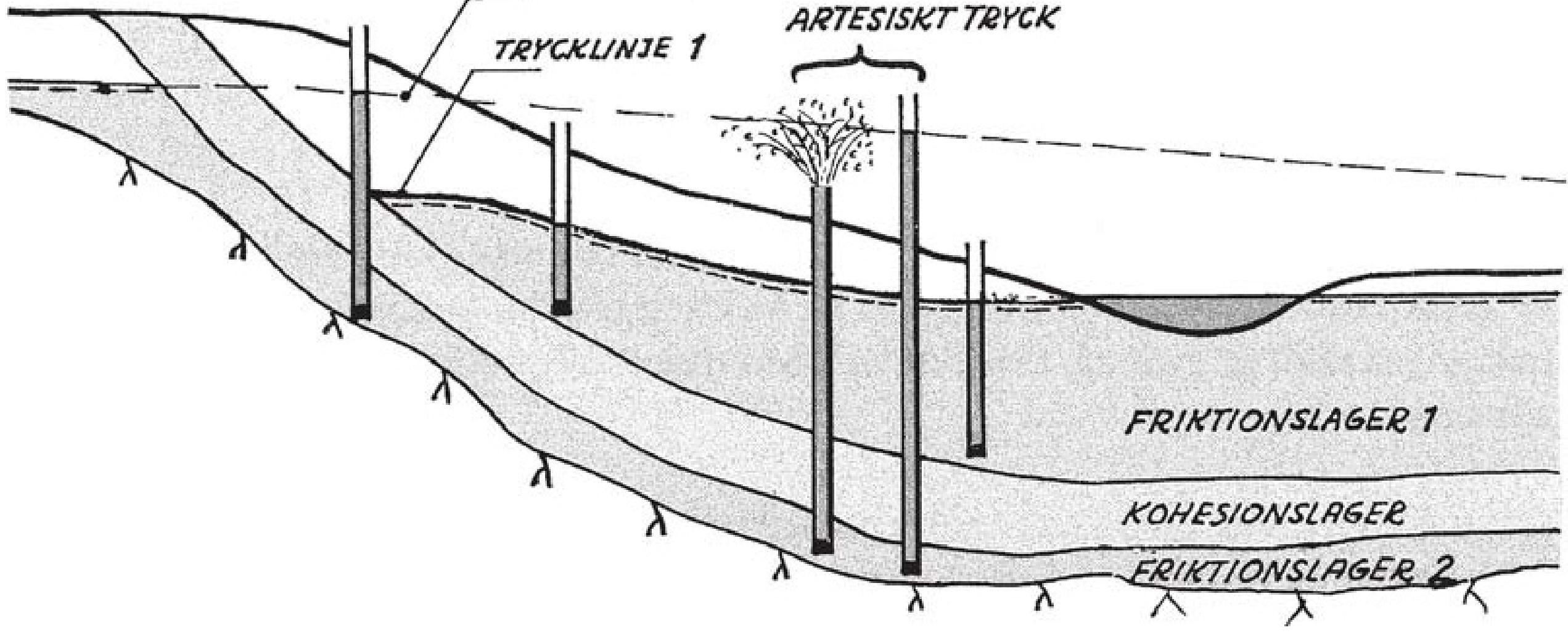
## 10.3 Grundvattennivå och portryck

### 10.3.1 Inledning

Portrycket är vattentrycket i jordens porer, och **grundvattennivån** är den nivå till vilken en vattenpelare som motsvarar jordens portryck når. Begreppet portryck används främst för tät jordar medan grundvattennivå främst används för genomsläpliga jordar. Portrycket mäts vanligtvis inte som en fri vattennivå, men om trycket räknas om till motsvarande vattenpelare får **portrycksnivån**.

I jordar där ingen vattenströmning sker i vertikalled sägs portrycksfördelningen vara **hydrostatisk**. Vid hydrostatisk portrycksfördelning är portrycksnivån konstant genom hela jordprofilen, och motsvarar den fria vattennivå som fås i en provgrop. I områden med tät jordarter är det dock vanligt att portrycksför-

delningen avviker från hydrostatisk, och portrycksnivån varierar längs jordprofilen. Exempel på detta är **artesiskt** tryck, där portrycksnivån i djupt liggande lager är högre än marknivån (se **Figur 10.1**).



Figur 10.1 Tvärsektion innehållande två friktionslager åtskilda av ett kohesionslager, och med artesiska tryck i det undre lagret.

### 10.3.2 Mätsystem

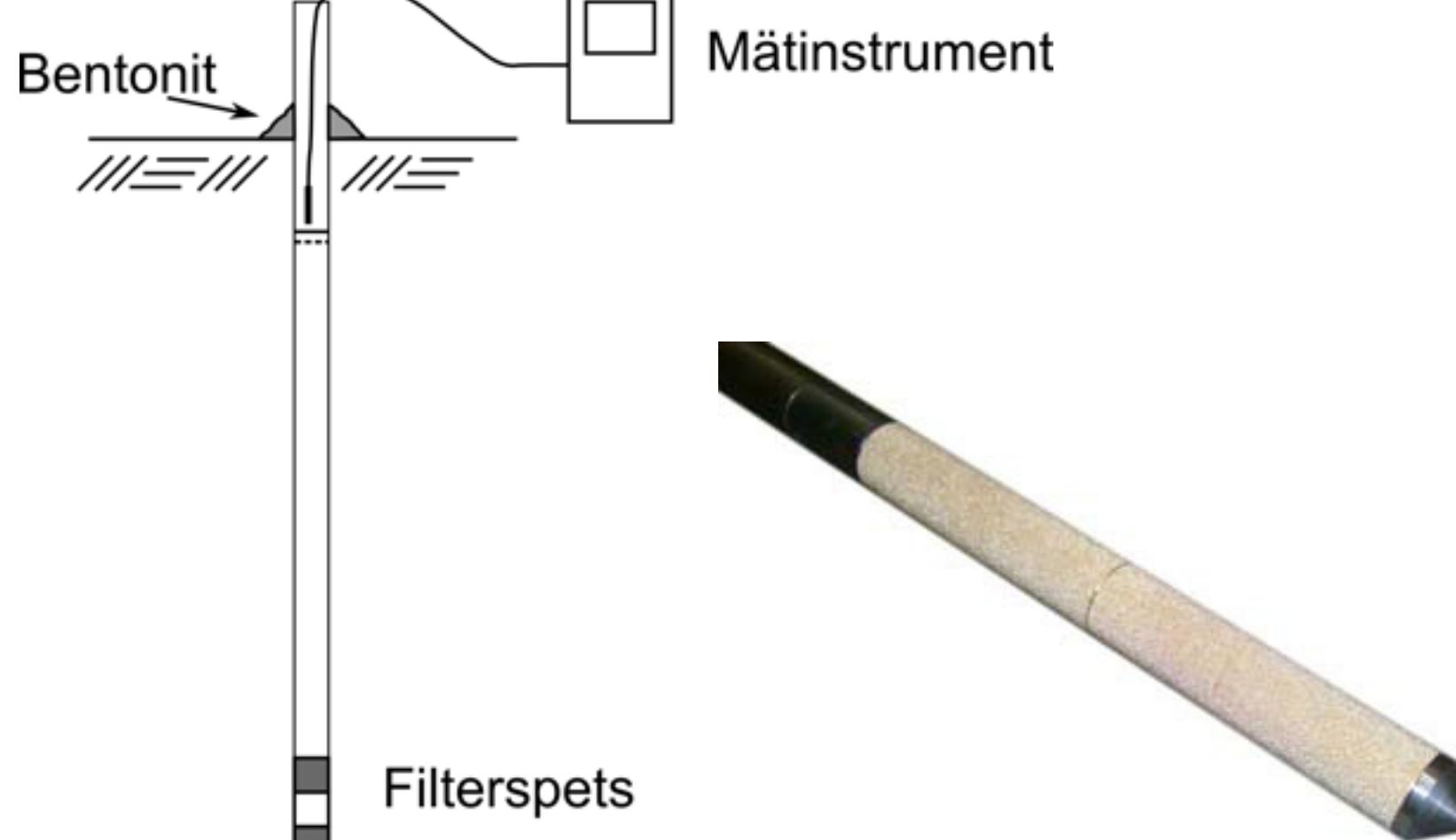
Systemen för mätning av grundvattennivå och portryck delas in i **öppna** och **slutna** system. Öppna system används främst för mätningar i grov genomsläplig jord (sand, grus och grov morän). Slutna system används framförallt för mätningar i finkornig tät jord (främst lera och silt) och på platser där kraftigt artesiskt tryck eller negativt tryck råder. Slutna system kan också installeras intill hårda och svårigenomträngliga lager av friktionsmaterial, istället för att installera öppna system i lagren.

Den huvudsakliga skillnaden mellan öppna och slutna system är att man i öppna system mäter en fri vattennivå, medan man i slutna system mäter vattentrycket i en sluten mätkammare. Mätkammaren är liten, vilket innebär att vattenvolymen som vid portrycksförändringar behöver strömma in i eller ut ur denna är liten. I öppna system är motsvarande volym väsentligt större. Speciellt i täta jordan kan därför betydligt snabbare portrycksförändringar uppmätas med slutna system än vad som är möjligt i öppna system.

### Öppna system

Vattennivån som motsvarar jordens portryck kan mätas bl.a. i:

- **Observationsborrhål** efter sondering eller provtagning.
- Rör anslutet till en **filterspets** (s.k. **grundvattenrör**). Filtret släpper igenom vatten men hindrar jord från attträna in i röret, och kan vara gjort av exempelvis sintrat brons, sand med epoxiplast eller perforerat stål tillsammans med geotextil (se **Figur 10.2**).

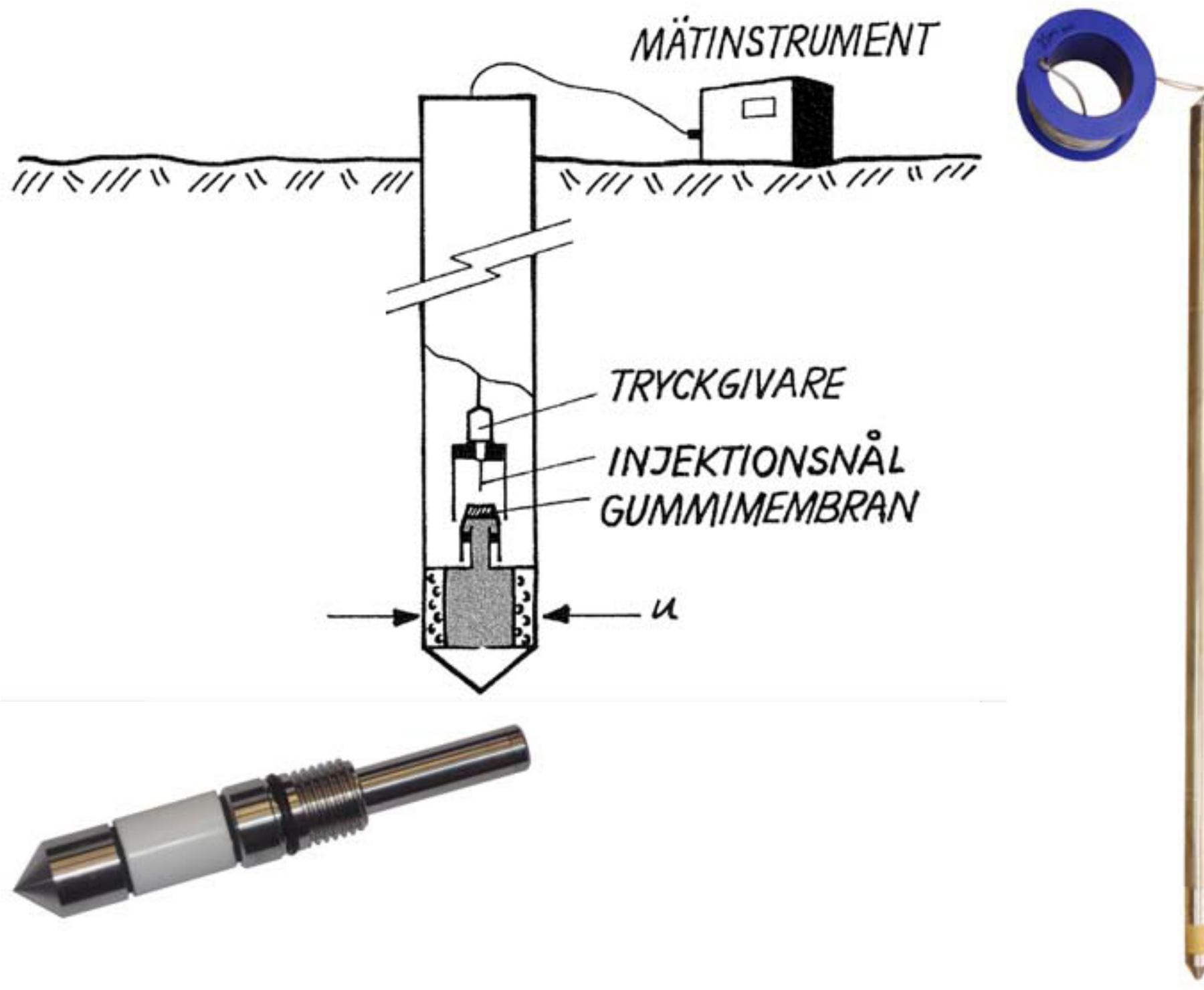


Figur 10.2 Grundvattenrör med filterspets och elektriskt mästinstrument på väg att anslutas (t.v.), samt två filterspetsar: i sintrat brons (mitt) och i perforerat stål (t.h.).

## Slutna system

Mätkammaren i slutna system sitter innesluten i ett filter. Filtret släpper igenom vatten, men hindrar jord från att tränga in i mätkammaren. Filtret kan vara gjort av plast, sintrat brons eller keramiska material. Speciellt filter av keramiska material är känsliga för slag och stötar, och ska därför alltid behandlas varsamt. Tryckgivaren och kopplingen till mätkammaren kan vara konstruerade på olika sätt, och de i Sverige vanligaste slutna mätsystem är:

- **Elektrisk portrycksspets** där tryckgivare sitter fast monterad i portrycksspetsen och en elektrisk signal mäts i en kabel som går upp till markytan (se **Figur 10.3**).
- **Portrycksspets med membran som penetreras av kanyl** där tryckgivaren är separat från filterspetsen och kan anslutas till denna vid mätning eller lämnas ansluten under en längre period (se **Figur 10.3**).



**Figur 10.3 Portrycksspets med membran som penetreras av kanyl och tryckgivare på väg att anslutas (uppe t.v.), portrycksspets i stål med membran som penetreras av kanyl (nere t.v.), samt elektrisk portrycksspets (t.h.).**

Mätning av negativa portryck i den kapillära omättade zonen över grundvattennivån ställer extra krav på utrustning och möjlighet till funktionskontroll, då undertrycket i porvattnet kan orsaka luftinträngning i filtret. I omättad jord ska man därför använda filter med små porer och stort luftinträngningsmotstånd, samt regelbundet funktionskontrollera spetsarna avseende vattenmättnad (se Kapitel 10.3.5).

Korrosion av rör kan bl.a. leda till att rostpartiklar lossnar från rören och, för spetsar med membran som penetreras av kanyl, hamnar på membranet och stör mätningarna. Därför bör rör i galvaniserat stål användas vid långtidsmätningar. Eventuellt kan gasbildning uppstå i vissa jordar då filterspets i rostfritt stål och rör i galvaniserat stål kombineras. I dagsläget är det inte klarlagt exakt vad som orsakar dessa problem eller hur de ska undvikas. I Kapitel 10.3.5 presenteras dock en metod för att avlufta gasfylda spetsar.

### 10.3.3 Installation

För att kunna bedöma lämpliga djup för mätning av grundvattennivåer och portryck ska alltid sonderingar och utvärdering av dessa göras innan lämpliga mätningssystem bestäms. Installationen av mätutrustningen måste förberedas och ut-

föras med stor omsorg då installationen ofta är avgörande för systemets funktion.

Vid användning av filter- och portrycksspetsar gäller att:

- Filtret ska skyddas från smuts och fett då detta försämrar dess genomsläppslighet.
- Filtret ska vattenmättas enligt tillverkarens instruktion, och därefter förvaras i vatten under alla moment till dess att installationen slutförts.
- Mätkammare ska vattenfyllas enligt tillverkarens instruktion.
- Filter med geotextil bör stå i en blandning av diskmedel och vatten under ca 1 dygn för att lösa upp ytspänningen i geotextilen.

För såväl öppna som slutna system gäller att tätning längs rören ska göras genom att:

- Skarvar tätas med tätpasta eller gängtejp för att hindra vatten från att tränga in i eller ut ur röret.
- Tätning mot markytan med bentonit eller lera med goda tätningsegenskaper ska göras runt kablar och rör så att det blir helt tätt och en upphöjning runt dessa. Detta för att hindra ytvatten från att rinna ned till spetsen och orsaka felaktiga mätvärden.
- I marken ska rör alltid lämnas till åtminstone 2 m över en filter-/portrycksspets. Detta för att undvika läckage från markytan ned till filterspetsen. I skiktad jord ska alla rör lämnas i marken som tätning mellan eventuella vattenförande lager.

Övrigt:

- När det är kallt ute är det bra att ha med varmvatten, för att undvika frysning i de olika installationsmomenten.
- Vid mätning vintertid kan det vara nödvändigt att blanda i spolarvätska eller liknande i öppna rör och slutna mätkammare för att förhindra frysning.
- Om utrustningen riskerar att förstöras av t.ex. trafik, eller då det finns risk att folk eller boskap skadar sig på utrustningen, måste den markeras och skyddas. Vid installation i trafikerade områden kan t.ex. dexlar användas (se **Figur 10.4**).



**Figur 10.4 Dexlar, som kan användas för att försänka rör, och skydda såväl utrustning som trafikanter vid grundvattenmätning i gatumiljö.**

**Öppna system (filterspetsar)**

- Neddrivning i fina jordar, och genom tunna grövre skikt, görs med tryck medan det i grövre jordar kan krävas försondering/-borrning eller lätt slagning (om utrustningen tål det). Neddrivningshastigheten och slagningen måste anpassas till rörens och filtrets hållfasthet.

**Slutna system (portrycksspetsar)**

- Förborrning ska göras ned till vattenmättad jord för att undvika problem med luftinträngning i filtret och svår genomtränglig torrskorpa eller fyllning.
- Det förborrade hålet ska fyllas med vatten så att portrycksspetsen inte luftfylls när den sänks ned i hålet. Om jorden är genomsläplig, och vattnet inte stannar kvar i hålet, kan ett foderrör användas. Alternativt kan portrycksspetsen hållas innesluten i en plastpåse eller kondom med vatten. Påsen avlägsnas automatiskt när vattenmättad jord nåtts genom att spetsen perforerar den.
- Neddrivning i finkorniga jordan, och genom tunna skikt av grövre jord, görs med tryck medan det i grövre jordan kan krävas försondering/-borrning eller lätt slagning. Slagning är dock endast acceptabel för vissa portrycksspetsar som tål detta. Neddrivningshastigheten och slagningen måste anpassas till rörens och filtrets hållfasthet. Speciellt för portrycksspetsar med keramiska filter måste förborrning göras eftersom dessa filter är extra känsliga.

- Vid neddrivning av portrycksspets med inbyggd tryckgivare (elektriska portrycksspetsar) måste det för givaren tillåtna högsta trycket vara känt, och trycket under neddrivningen kontinuerligt kontrolleras. Detta för att inte överstrida givarens kapacitet och skada denna. Om trycket blir för högt måste neddrivningen avbrytas och neddrivningshastigheten minskas eller försondering göras.

#### 10.3.4 Mätning

I **öppna system** mäts avståndet mellan rörets överkant och vattennivån. I **slutna system** mäts trycket vid filterspetsen. Avläsning kan göras direkt i fält, via logger som töms i fält eller via logger med kommunikation över telefonnätet.

Vid installation i lerjord genereras ett övertryck runt mätutrustningen, medan det i silt och finsand kan uppstå ett negativt tryck. Dessa tryckförändringar jämnas ut efter en tid, men i tät lera kan det ta någon vecka innan övertrycket försvunnit helt. Dessa tryckutjämningar bör registreras då de ger information om utrustningens funktion och jordens genomsläplighet. För öppna system ska även ett utjämningsförsök göras för att kontrollera att filtret inte satt igen under installation.

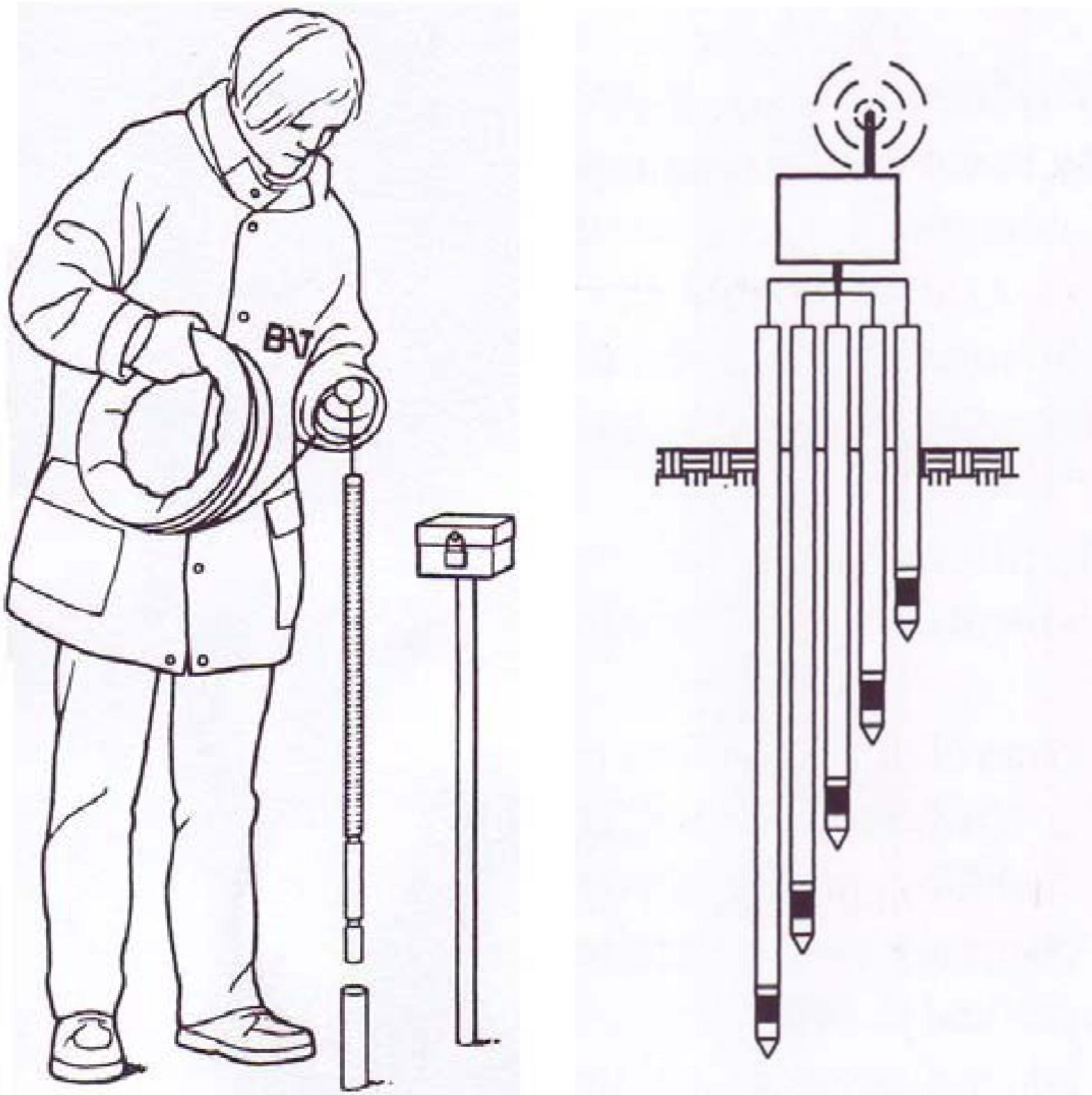
Innan första mätningen ska även förväntade grundvattennivåer eller portryck i de olika mätpunkterna tas fram i samråd med ansvarig geotekniker. Om mätvärdena vid den första mätningen avviker mycket från de förväntade värdena ska detta diskuteras med ansvarig geotekniker innan mätningen fortsätter.

Vid senare mättillfällen ska tidigare mätvärden alltid finnas tillgängliga för att kunna kontrollera rimligheten i de nya mätvärdena. Om de nya mätvärdena avviker mycket från de gamla värdena ska utrustningen funktionskontrolleras och mätningen göras om. Om avvikelsen kvarstår ska åtgärder diskuteras i samråd med ansvarig geotekniker.

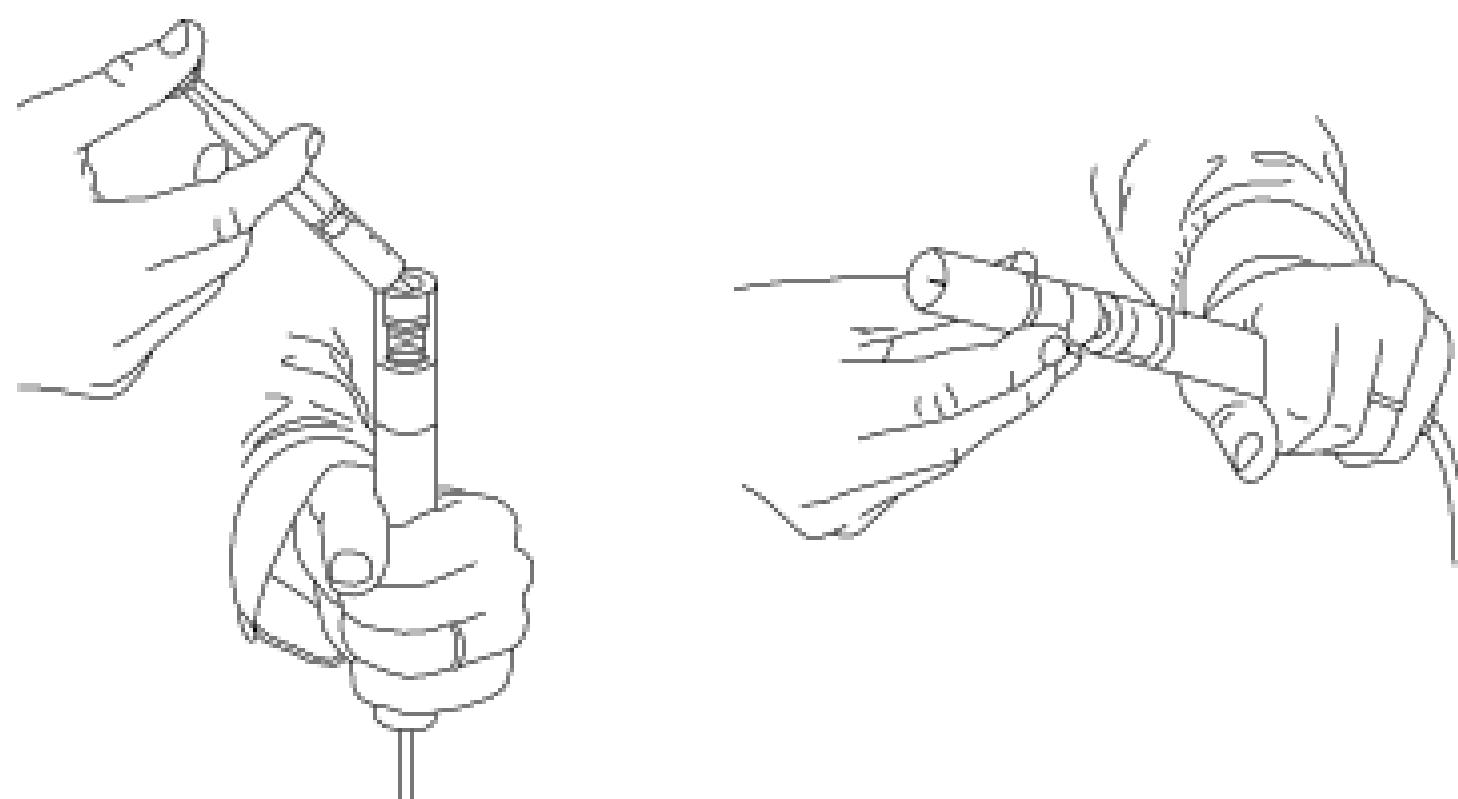
#### Öppna system

I öppna system kan vattennivåns djup under överkant av rör mätas bl.a. med:

- **Klucklod** fäst vid ett mätband. Lodet, som är skålformat undertill, ger ett kluckljud när det träffar vattenytan.
- **Elektriska mätsystem** som ger en signal då kabelns nederände når vattenytan.
- **Tryckgivare med logger** som sänks ned i vattnet till ett sådant djup att den förblir under vattnet också under torra perioder.



**Figur 10.5** Figur 10.5  
Avläsning av mätutrustning kan göras direkt i fält (t.v.) eller via logger, vilken även kan överföra mätvärdena via telefonnätet (t.h.).



**Figur 10.6** Montering av tryckgivaren till portrycksspets med membran som penetreras av kanyl. Påfyllning av mätkammaren (t.v.) och fastskruvning av hylsan med kanylen (t.h.).

## Slutna system

För tryckgivare som mäter absoluttrycket måste även lufttrycket vid marknivån mätas. Vid utvärdering av portrycken dras sedan lufttrycket av från det uppmätta absoluttrycket. Det ska alltid anges om mätningen gjorts som absoluttryck eller vattentryck. Mätning görs enligt följande:

### *Elektriska portrycksmätare*

Koppla mätinstrumentet till portrycksspetsens kabel och läs av trycket.

### *Portrycksspets med membran som penetreras av kanyl*

Instruktionen gäller då tryckgivaren ännu inte är ansluten till filterspetsen:

1. Fyll mätkammaren med vatten och se till att inga luftblåsor innesluts genom att använda spruta vid fyllningen eller knacka bort bubblorna (se **Figur 10.6**). Om frysrisk föreligger ska exempelvis spolarvätska tillsättas.
2. Skruva fast hylsan med kanylen så att kopplingen till mätkammaren blir tät (se **Figur 10.6**).
3. För mätutrustning med nollställning görs detta med utrustningen lodrätt hängande. Då nollställningsfunktion saknas görs en nollavläsning med mätutrustningen liggande horisontellt, vilket ska ge noll i vattentryck eller ett absoluttryck lika stort som lufttrycket.
4. Sänk ner mätkroppen till portrycksspetsen. Känn efter att kanylen tränger igenom gummimembranet (det ska kännas stumt och distinkt).
5. En liten tryckökning uppstår när kanylen tränger genom membranet, vilken måste utjämns innan avläsning kan ske.

6. Dra upp mätkroppen och kontrollera nollavläsningen med mätutrustningen i samma läge som vid nollställningen/nollavläsningen. Om den ändrats mycket ska utrustningen funktionskontrolleras (se Kapitel 10.3.4) och mätningen göras om.

### 10.3.5 Funktionskontroll och åtgärder

För att säkerställa kvalitén i mätresultaten ska regelbunden funktionskontroll av spetsarna göras. Då tryckgivare används för mätning ska även dessa kalibreras eller kontrollmätas, och åtgärdas/bytas ut i de fall stora avvikelse finns.

#### Öppna system

##### *Direkt efter installation*

- Gör ett utströmningsförsök genom att fylla röret med vatten så att nivån ökar 0,5 m, eller når rörets överkant, och registrera vattennivåns avsänkning efter t.ex. 1, 3, 5, 10 och 30 min. I någorlunda genomsläplig jord bör nivån ha stabiliseringar efter 30 minuter. Om vattennivån sjunker långsamt och inte stabiliseras kan filtret ha satt igen vid installationen.

##### *Vid misstanke om felaktiga mätvärden*

##### *(ex. variationsbredden minskar över tid)*

- Gör ett utströmningsförsök (enligt ovan). Om utjämningshastigheten är mindre än då den mättes direkt efter installation kan filtret ha satt igen.

##### *Åtgärder vid igensatt filter*

- Spola rent röret med en slang som förs ned till botten av röret. Spola till dess att inget grumligt vatten når ytan. Gör därefter ett utströmningsförsök för att kontrollera om rensningen lyckats. Om inte, tillför vatten under tryck för att driva ut material från filtret, och upprepa därefter utströmningsförsöket.

#### Slutna system

##### *Direkt efter installation*

- Mät tryckets utjämningsförlöpp de första dagarna, för att undersöka att mätaren fungerar som förväntat samt inhämta information om jordens genomsläplighet.

##### *Vid långtidsmätningar*

- Jämför uppmätt porttryck mot uppmätt lufttryck. Om samstämmigheten i variationerna är god bör spetsen vara vattenmättad.

##### *Vid långsam stabilisering av trycket eller då nollavläsningskontrollen avviker från noll/lufttrycket [endast för spetsar med membran som penetreras av kanyl]*

- Kontrollera kanylen och byt denna om nödvändigt.
- Rensa kopplingen mot tryckgivaren från eventuella luftbubblor.
- Kontrollera O-ringarna och byt dessa om nödvändigt.
- Kontrollera kopplingen mot tryckgivaren och byt denna om nödvändigt.

##### *Vid misstanke om felaktiga mätvärden och ovanstående åtgärder inte hjälper [endast för spetsar med membran som penetreras av kanyl]*

- Ta vattenprov som vid ett inströmningsförsök. Om ett fullt vattenprov fås är filtret och mätkammaren fullt vattenmättade. Om det finns gas i vattenprovet är spetsen inte vattenmättad, och fler prover måste tas tills dess att de inte längre innehåller någon gas. Innan ny porttrycksmätning görs måste det runt

spetsen förhöjda trycket hinna jämnas ut.

- Specifikt för spetsar installerade i den omättade zonen för att mäta negativa tryck ska inströmningsförsök föregås av utströmningsförsök för att säkerställa vattenmättnad i den omgivande jorden.
- Gör ett in- eller utströmningsförsök för att undersöka om spetsen är igsatt. I lera kan höga övertryck förstöra jordens ursprungliga struktur, s.k. hydraulic fracture, varför utströmningsförsök med låga grader eller inströmningsförsök kan vara att föredra. Vid inströmningsförsök kan dock viss risk för igensättning av filtret föreligga.
  - Specifikt för spetsar installerade i den omättade zonen för att mäta negativa tryck ska tester göras som utströmningsförsök för att undvika inträngning av luft i spetsen.

### ***Åtgärder vid igensatt filter [endast för spetsar med membran som penetreras av kanyl]***

- Om filtret är tätt kan spolning göras genom ett utströmningsförsök. Höga övertryck ska undvikas då dessa kan förstöra jordens ursprungliga struktur.

## **10.4 Hydrauliska tester**

### **10.4.1 Allmänt**

Det finns ett flertal hydrauliska tester som kan göras insitu, från vilka egenskaper såsom hydraulisk konduktivitet (jordens/bergets genomsläppighet – inom geotekniken vardagligt kallad permeabilitet) och transmissivitet (mängden vatten som kan transporteras horisontellt genom ett grundvattenmagasin) hos jord och berg kan beräknas. Detta avsnitt ger en kortfattad beskrivning av två relativt enkla tester som kan användas inom traditionellt geotekniskt fältarbete, samt ett mer avancerat test.

### **10.4.2 Utjämningsförsök och portrycksmätning med spetstrycksondering**

Utzämningsförsök utförda vid uppehåll i spetstrycksondering kan användas för att uppskatta jordens dräneringsegenskaper, se SGI Information 15. Försöket utförs enligt följande:

1. Stoppa sonderingen i jordlagret som ska undersökas och starta tidtagning.
2. Registrera portrycksutjämningen vid upprepade tillfällen. Avsluta försöket när en bestämd portrycksminskning i förhållande till det ursprungliga övertrycket uppnåtts, eller efter en bestämd tid.
3. Jordlagrets dräneringsegenskaper uppskattas enligt SGI Information 15 genom att studera andelen portrycksminskning som uppnåtts vid vissa tider.

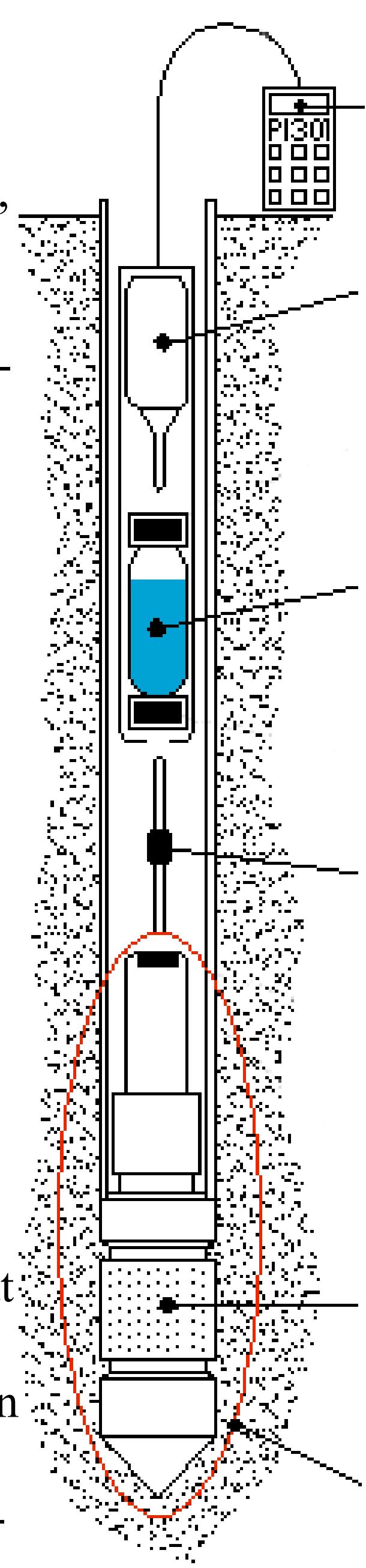
Portrycket på en viss nivå i marken kan mätas genom att låta spetstrycksonden stanna på den aktuella nivån och invänta en utjämning av det uppmätta trycket. Metoden lämpar sig främst i väl genomsläppliga jordar där utjämningen sker relativt snabbt. En sådan mätning bör utföras när en spetstrycksondering i lera avslutas i ett underliggande friktionslager.

### **10.4.3 Slug test (in - och utströmningsförsök)**

Slug test används vanligtvis för beräkning av jordens hydrauliska konduktivitet, och är egentligen ett förenklat pumpförsök. Det kan göras både som in- och utströmningsförsök och för såväl öppna som slutna system [endast för spetsar med membran som penetreras av kanyl]. Försöket utförs genom att vat-

tennivån/-trycket förändras, varpå återhämtningen av nivån/trycket studeras. Med slutna system kan testet endast göras på tät jordar på grund av kanylens låga flödeskapacitet. I lera kan höga övertryck förstöra lerans ursprungliga struktur, s.k. hydraulic fracture, varför utströmningsförsök med låga grader eller inströmningsförsök kan vara att föredra. Vid inströmningsförsök kan dock viss risk för igensättning av filtret föreligga. En förutsättning för testet är att mätsystemet har väsentligt högre genomsläppighet än omgivande jord. Observera att jordens portryck måste återställas efter ett test innan nya mätningar kan göras, vilket i tät jord kan ta flera dagar. Testutrustningen för ett försök med portrycksspets illustreras i **Figur 10.7**. Ett slug test utförs på följande sätt:

1. Ta reda på rörets eller filtrets diameter och längd.
2. Mät rådande vattennivå/-tryck.
3.
  - a. *Med grundvattenrör*: Fyll på eller töm ur röret tills en i förväg bestämd vattennivå/-tryck uppnås och starta tidtagning.
  - b. *Med portrycksspets*: Anbringa ett under- eller övertryck i testkärlet (relativt portrycket i jorden). [För mer detaljerade instruktioner se respektive tillverkares instruktioner.] Anslut testkärlet till filtret och tryckgivaren samt starta tidtagning.
4. Registrera nivå-/tryckutjämningen vid upprepade tillfällen (tätest i början).
5. Avsluta försöket när en bestämd nivå-/tryckändring, i förhållande till den ursprungliga nivån/trycket, uppnåtts eller efter en bestämd tid. I friktionsmaterial tar ett försök vanligtvis mindre än 15 minuter.
6. Den hydrauliska konduktiviteten beräknas sedan utifrån nivån/portryckets återhämtningshastighet.



**Figur 10.7** Testutrustningen för in- och utströmningstest hos portrycksspets med membran som penetreras av kanyl.

#### 10.4.4 Provpumpning

Pumpförsök används för bestämning av bl.a. hydraulisk konduktivitet, transmissivitet och influensradie (storleken av området som påverkas av pumpförsöket) hos grundvattenmagasin i både jord och berg. Pumpningen utförs vanligtvis i en borrad brunn och mätningen består i avläsningar av grundvattensänkningen vid olika tidpunkter i brunnen och i ett antal kringliggande observationspunkter. Observationspunkterna skall placeras inom och utanför det område som förväntas bli påverkad av grundvattensänkningen. Provpumpning måste specialanpassas till rådande förhållanden och till förväntat resultat, samt kräver noggrann planering för att ge full information. Ett försök genomförs i princip på följande sätt:

1. Mät grundvattennivån i samtliga observationspunkter (grundvattenrör eller portrycksmätare).
2. Installera pumpen i brunnen. Val av pumpstorlek och brunnstyp görs på basis av ett stort antal parametrar, såsom avstånd mellan markytan och grundvattenytan, avsänkningens storlek, förväntat vattenflöde med mera.
3. Starta pumpen och tidtagningen samtidigt.
4. Gör avläsningar av grundvattennivå eller portryck i brunnen och i samtliga observationspunkter (tätest i början).

5. När försöket avslutas och pumpen stängs av skall en ny tidtagning startas för uppföljning av återhämtning. Avläsningar utförs på samtliga observationspunkter enligt samma tidsindelning som vid pumpningen.

## 10.5 Dokumentation

Dokumentation av utförda installationer av mätutrustning, mätningar och funktionskontroller sker i protokoll, se Kapitel 13.s

# 11. Undersökningar på vatten

## 11.1 Inledning

Detta kapitel beskriver arbeten som utförs från borrflotte på vatten eller från is eller kaj. Krav avseende personligt skydd och arbetsmiljö vid dessa arbeten beskrivs i Kapitel 5.

## 11.2 Befälhavare

Varje borrflotte skall ha en befälhavare och minst en fältgeotekniker.

Fartyg, till vilket även borrfrottar räknas, med över 12 meters längd får endast föras av en befälhavare som avlagt skepparexamen, har examen från nautisk linje vid sjöbefälsskola eller har annan utbildning som Sjöfartsverket godtar. För mindre fartyg och borrfrottar finns inga kompetenskrav utfärdade.

Varje befälhavare på en borrflotte är underkastad sjölagen där det bland annat sägs att den befälhavare som brister i gott sjömanskap kan dömas till böter eller fängelse. Kändedom om vissa sjövägsregler är därför nödvändig för den som skall föra befäl över en borrflotte, speciellt i och intill farleder.

Befälhavaren skall före avfärd se till att flotten är sjövärdig. Befälhavaren skall under arbetets utförande även se till att flotten handhas på ett sätt som är förenligt med gott sjömanskap. Han skall göra sig underättad om de föreskrifter och påbud som gäller rörande sjöfarten där undersökningen skall utföras samt svara för att sjöfartsmyndigheter och annan trafik i området hålls underrättad om pågående arbeten.

## 11.3 Borrflotte

Man kan dela in flottarna i fyra funktionstyper, se **Tabell 11.1**.

Benämning	Förankrings sätt	Kommentar	Lämplig för metoder
Jack up	Flotten förankras med fyra stödben som är fixerade i flotten. Flotten kan lyftas upp ur vattnet med hydrauliska domkrafter	Flotten står still även när man har sjöhävning. Stödbenens längd är en begränsning. Hög kostnad	Samtliga undersökningsmetoder och provtagningar
Flytande flotte med förankring	Flotten förankras med någon typ av förankring och späns upp med ett ankarspel för att stå still	Med bra förankring och ankarspel får man en flotte som ligger stilla om inte sjöhävningen är för stor.	Samtliga undersökningsmetoder och provtagningar
Flytande flotte med stödben	Flotten hålls på plats med en eller fler stålbalkar som släpps ner i bottensedimenten	Lämpar sig för mycket lugna grunda vatten, förankringen räcker inte till för att fixera flotten.	Enklare undersökningsmetoder med bandvagn, sondera efter jordjup, provtagning av bottensediment
Lätt flotte / båt	Hålls på plats med ankare eller sondstål	Lämpar sig för grunda lugna vatten. Ligger ej still. Låg kostnad	Handdrivna underökningsmetoder typ sticksondering och provtagning av bottensediment

Tabell 11.1 Borrfrottar kan dela in i fyra funktionstyper.

Alla kvalificerade undersökningar på större vatten bör utföras med en borrflotte med fyra stödben om man inte kan garantera att flotten står still på annat sätt. Hyreskostnaden för en flotte med stödben blir högre än kostnaden för en enklare borrflotte, men eftersom undersökningens kvalitet ökar avsevärt blir totalekonomin i projektet bättre. Osäkerheten att bli fördröjd av dåligt väder minimeras. För att effektivisera sjöarbetena kan man använda dubbla maskiner på flotten. Arbetsbåt(ar) krävs för förflyttning av större frottar, för utläggning av ankare och för persontransporter.



Figur 11.1 Jack up-flotte med arbetsbåt och två bandvagnar i Göta Älv.



Figur 11.2 Två bandvagnar effektiviseras.

Flytande frottar med förankring skall vara utrustade med ankare och med spel för ankarlinorna så att dessa kan spänna upp mot vind och strömmar samt mot reaktionskrafter från borring. Om borrfotten skall användas för jord-bergsondering bör ankarvikterna, minst 4 st, vara i storleksordningen 0,5 till 1 ton varandra. Uppspänningsskraften i ankarlinorna bör vara av samma storleksordning.

Vid undersökningar på lugna grunda vatten som mindre sjöar och vattendrag är möjligheten att ligga still vid undersökningstillfället med flytande flotte med förankring och flytande flotte med stödben relativt god. Eftersom konventionella borrvagnar inte kan fungera vid alltför stor sjöhävning bör borrfotten ha så stor tyngd som möjligt. Med en liten och lätt flotte som lätt blir instabil riskeras stilleståndstiden vid alltför stor sjöhävning bli lång.

Storleken på en borrflotte som skall belastas med en bandvagn av storlekstyp Geotech 604 - 605 bör inte vara mindre än L 8,0 m B 5,0 m och D 1,2 m. Då får man en tillräcklig stor arbetsyta runt maskinen och en stabil borrflotte med

god bärformåga. Vi mindre sjöhävning finns möjlighet att koppla bort flottens rörelse i vertikalled.

Med en övergång bestående av två fyrkantprofiler som löper i varandra så kopplas vertikalrörelsen ifrån vid sjöhävning, den understa fyrkantsprofilen fästes i borrstålet och den översta fyrkantprofilen fästes i bandvagnens chuck, mellan profilerna bör det vara rikligt med fett. På detta sett kan man ta upp en mindre vertikalrörelse. Arrangemanget kallas för **“Sjöhävningsdämpare”**.



Figur 11.3 Bra med arbetsyta runt maskinerna ger en bra och säker arbetsmiljö.

Borrflotten skall vara sjövärdig och tillräckligt utrustad samt lastad så att säkerheten inte äventyras. Flotten skall dessutom vara utrustad med fästöglor och lastband i tillräcklig omfattning för att utrustning ombord skall kunna surras i händelse av storm. Beträffande arbetsmiljöfrågor hänvisas till kapitel 5.

## 11.4 Geoteknisk utrustning

Vanligen används konventionell geoteknisk utrustning, utformad för arbeten på land, även till undersökningar i vatten. Den måste dock kompletteras eller ändras vid sjöarbeten på följande sätt:

- **Foderrör** genom vattnet, mellan flottens däck och sjöbotten, krävs **för alla metoder** för att förhindra knäckning av borrstål.
- **Sjöhävningsdämpare** två fyrkantsprofiler som löper i varandra för att ta upp vertikalrörelser.
- **Specialprovtagare** för provtagning av löst bottenslam.
- **Lod** krävs för lodning av vattendjup. Lodet skall ha stor yta i förhållande till sin tyngd så att det inte sjunker ner i bottenslammet.

## 11.5 Förberedelser inför undersökning på vatten

- Borrflotte fixeras/förankras.
- Koordinatbestäm sonderingsposition med exempelvis GNSS (GPS).
- Avväg referensyta (typ vattenyta). Notera referensyta.
- Loda vattendjup, notera djup och eventuell bottenkaraktär.
- Sänk ner foderrören, notera längd och diameter.
- Notera typ av förankring och eventuell sjöhävning.
- Starta undersökningsmetod. Följ tidigare kapitel om respektive metod.
- Notera i **Fältprotokoll** arbete på vatten.



**Figur 11.4 Hydrauliskt wirespel för foderrör. Förankringsfäste mastfot.**

## 11.6 Utsättning och inmätning

För utsättning och inmätning av sonderingspunkter på vatten används med fördel GNSS (GPS).

För mindre undersökningar nära land kan totalstation, måttbandsmätning och avvägningsinstrument användas.

Enslinjer på land, för måttbandsmätning eller utbojning, skall vara noggrant lägesbestämda. Felet i planläge för enslinjemarkeringar bör vara mindre än  $\pm 2$  cm.

Varje sonderingsmetod ska han en positionering med lodat vattendjup.

Mätklasser för geotekniska undersökningar enligt kapitel 4 gäller även vid undersökningar i vatten.

## 11.7 Undersökningar från is

Undersökning från is kan ersätta flotten under rätta omständigheter, men ansvariga bör dock vara väl insatt i problematiken med att vistas på is och bör vara observant på att den största belastningen under sonderingen uppkommer under uppdragningen av stängerna. Skyddsräcke på flotte skall finnas. Särskild försäkring för arbete på is kan krävas.

För fördjupning i ämnet finns en skrift på Internet som heter ISHANDBOKEN, av Lennart Fransson, Väg- och vattenbyggnad, Tekniska Högskolan i Luleå samt Trafikverkets publikation 2002:35.

Arbetsgången är likvärdig den för flotte.

## 11.8 Undersökningar från kaj

I ett hamnområde och om undersökningar från flotte ska undvikas finns möjligheten att använda en plattform som monteras på bandvagnen. Plattformen blir då maskinförarens arbetsyta utanför kajkant. Arbetsgången är likvärdig den för flotte.

## 11.9 Sjövägsregler

### 11.9.1 Allmänt

Vid arbeten i svenska vatten gäller **internationella sjövägsregler** från 1972 med ändringar enligt SJÖFS 1989:15 och 1991:4. Dessa regler ska följas av alla fartyg på alla vatten som är farbara för sjögående fartyg. **Särskilda regler** kan dessutom utfärdas av vederbörande myndighet för sjöfart på redder, i hamnar, floder, sjöar eller andra inre vatten.



Figur 11.5 Bandvagn med plattform som arbetsyta.

Med **fartyg** avses varje farkost som används, eller kan användas, till transport på vattnet. Borrflottar, tillsammans med bogserare, behandlas som **fartyg med begränsad manöverförmåga**.

### 11.9.2 Styrnings- och seglingsregler

Varje fartyg är skyldigt att hålla ständig noggrann utkik för bedömning av kolisionsrisker. För att undvika kollision skall styrnings- och reglingsreglerna tillämpas. För borrflosttar innebär det bland annat att:

- Åtgärder ska vidtas så att andra fartyg medges tillräckligt fritt vatten för passage på säkert avstånd.
- Genomfarten för andra fartyg inte får hindras i trånga farleder. Vid bogsering i trånga farleder skall detta utföras så nära farledens yttre begränsning om styrbord som möjligt.
- Vid möte skall fartyg passera varandra babord mot babord.
- Varje annat fartyg är, med undantag av det ovan nämnda, skyldigt att hålla undan för borrflosttar. Dessa skall dock föra särskilda signaler enligt nedan!

### 11.9.3 Ljudsignaler

Fartyg med en längd av 12 meter eller mer ska vara försett med vissla och fartygsklocka. Fartyg med längd under 12 meter kan i stället ha någon annan ordning för effektiv ljudsignalering.

Borrflotte som utför sitt arbete till ankars i dålig sikt ska avge en lång och två korta ljudsignaler (— - -) varannan minut. Borrfloppar med längd under 12 meter är inte skyldiga att avge dessa signaler men ska, om så inte sker, avge en annan kraftig ljudsignal varannan minut.

### 11.9.4 Nödlägen

Sjöräddningscentralen alarmeras antingen per radio eller per telefon. **Ring 112** och begär ”Sjöräddning”. **VHF kanal 16** är en internationell nödkanal och passas av alla kustradiostationer, handelsfartyg och sjöräddningsenheter. Nödanrop vidarebefordras alltid till närmaste sjöräddningscentral.

När fartyg är i nöd och påkallar hjälp kan någon av följande signaler användas:

- Oavbruten användning av någon mistsignalapparat.
- Nödraketer som utkastar röda stjärnor, avskjutna en i sänder med korta mellanrum.
- Raket med fallskärmsbloss eller handbloss som visar rött sken.
- Röksignal som avger orangefärgad rök.
- Upprepade sakta höjningar och sänkningar av armarna utsträckta åt båda sidorna.

### 11.9.5 Fartygsljus och signalfigurer

Under arbete, när borrfloppen är förankrad och uppställd, skall den föra nedan angivna fartygsljus och signalfigurer.

- Tre signalfigurer lodrätt över varandra. Den översta och den nedersta av dessa skall vara ett klot och den mellersta en romb.
- Vid mörker visas tre runtlysande ljus lodrätt över varandra. Det översta och det nedersta av dessa skall vara röda och det mellersta vitt.
- Två röda runtlysande ljus eller två klot över varandra för att utmärka den sida på vilken hinder förekommer.
- Två gröna runtlysande ljus eller två romber över varandra för att utmärka den sida på vilken passage kan ske.

***Vid dykning ska dessutom den internationella signallaggen ”A” användas som skärm.*** Under mörker ska den vara belyst.

Borrfloppar eller andra fartyg med längd under 12 meter, utom fartyg från vilket dykning utförs, är inte skyldig att föra ovanstående signaler. ***Om risk för påsegling i mörker finns ska dock borrfloppen alltid hållas belyst.***

## 11.10 Kommunikationsutrustning

Ombord på borrflotte ska finnas utrustning för radiokommunikation. Vid arbete intill farled inomskärs ska VHF-radio finnas för kommunikation med områdets trafikinformationscentral och passerande fartyg. De flesta svenska fartyg har även tillgång till mobiltelefon.

Vid geotekniska fältundersökningar intill farleder ska kontakt med respektive **VTS-central** (se nedan) hållas. Särskilda broschyrer kan erhållas från Sjöfartsverket.

**VTS** (Vessel Traffic Service) används som ett samlande begrepp för bland annat sjötrafikinformation och service till sjötrafiken i hårt trafikerade eller miljö-känsliga områden.

VTS-central är den central från vilken sjötrafikövervakning och sjötrafikinformationstjänst utförs. VTS-centralen ansvarar för att rapporteringssystemen följs samt har en aktuell bild av sjötrafiken inom sitt eller sina områden.

Det finns nio VTS-områden; Luleå, Öregrund, Stockholm, Landsort, Mälaren, Bråviken, Göteborg, Marstrand och Lysekil. Samtliga områden bevakas från sjötrafikinformation Södertälje, förutom Göteborg som tillhör sjötrafikinformation Göteborg. Dessutom finns Sound VTS i Malmö med sjötrafikrapportering för Öresund.

## 11.11 Dokumentation

Dokumentation av utfört arbete på vatten sker i protokoll se Kapitel 13.

# 12. Kontrollmetoder

## 12.1 Inledning

### 12.1.1 Allmänt

Med kontrollmetoder menas sådana metoder som används för att mäta förändring eller rörelse i jorden och i jordkonstruktioner eller för att kontrollera jordens *in situ*-tillstånd. Geotekniska kontrollmetoder används i alla skeenden. I projekteringsskedet är det normalt viktigt att mäta säsongsvariationer av grundvattennivå/portryck i en jordprofil eller jordens *insitu*-spänningar. I byggskedet är det viktigt att följa upp gjorda beräkningar på horisontal- och eller vertikalarörelser eller kontrollera att ställda krav på rörelser, deformationer och grundvattennivåer innehålls. I byggskedet finns också behov att veta packningsgrad eller andra egenskaper i jordan.

I förvaltningsskedet efter byggskedet kan behov finnas av att kontrollera långtidsverkan av utförda åtgärder och hit kan också räknas mätningar i potentiella skredområde för att bedöma risker och att följa upp effekten av förstärkningar.

### 12.1.2 Syfte

Kontroll och uppföljning vid schakt- och grundläggningsarbeten utförs av många olika skäl:

- För att dokumentera jord-, konstruktions- eller byggnadsrörelser, vibrationer eller porvattentrycksförändringar.
- För att verifiera att ett arbete utförs på avtalat sätt.
- För att ge underlag för bedömning av säkerheten under utförande av ett visst projekt så att skador eller förlust av liv kan undvikas samtidigt som en lägre säkerhetsfaktor kan accepteras som del i observationsmetoden.
- För att ge kunskapsåterföring för projektering och utförande av liknande projekt eller som underlag för fortsättning av aktuellt projekt.
- För att skaffa underlag för kostnadsregleringar i byggskedet.

Dessutom kan det förekomma mätningar och kontroller i samband med geotekniska forsknings- och utvecklingsprojekt.

Ett stort antal kontrollermetoder finns tillgängliga och används för olika ändamål. Kontroller kan utföras direkt på den parametern som skall studeras (t.ex. vertikal rörelse) eller indirekt via en annan parameter (t.ex. volymändring som kontroll av packning).

Mätning av rörelser i jord och konstruktioner förekommer för en mängd olika objekt som byggnader, broar, sponter, naturliga slانter, djupa schakter, dammar etc.

Mätning av spänningar i jord förekommer oftast vid stora eller svåra projekt t.ex. jorddammar eller djupa sponter.

Portrycksmätning i jord ingår ofta som kontroll- eller uppföljningsmetod vid t.ex. pålningsarbete i slانter eller vid kalk/cementpelarinstallationer och vertikaldränering.

## 12.1.3 Användning

I Tabell 12.1 anges översiktligt när och hur olika kontrollmetoder kan användas. I tabellen har de metoder som beskrivs i detta kapitel gråmarkerats, och för övriga metoder ges en hänvisning till andra kapitel i Fälthandboken där mer detaljerad information finns att hämta.

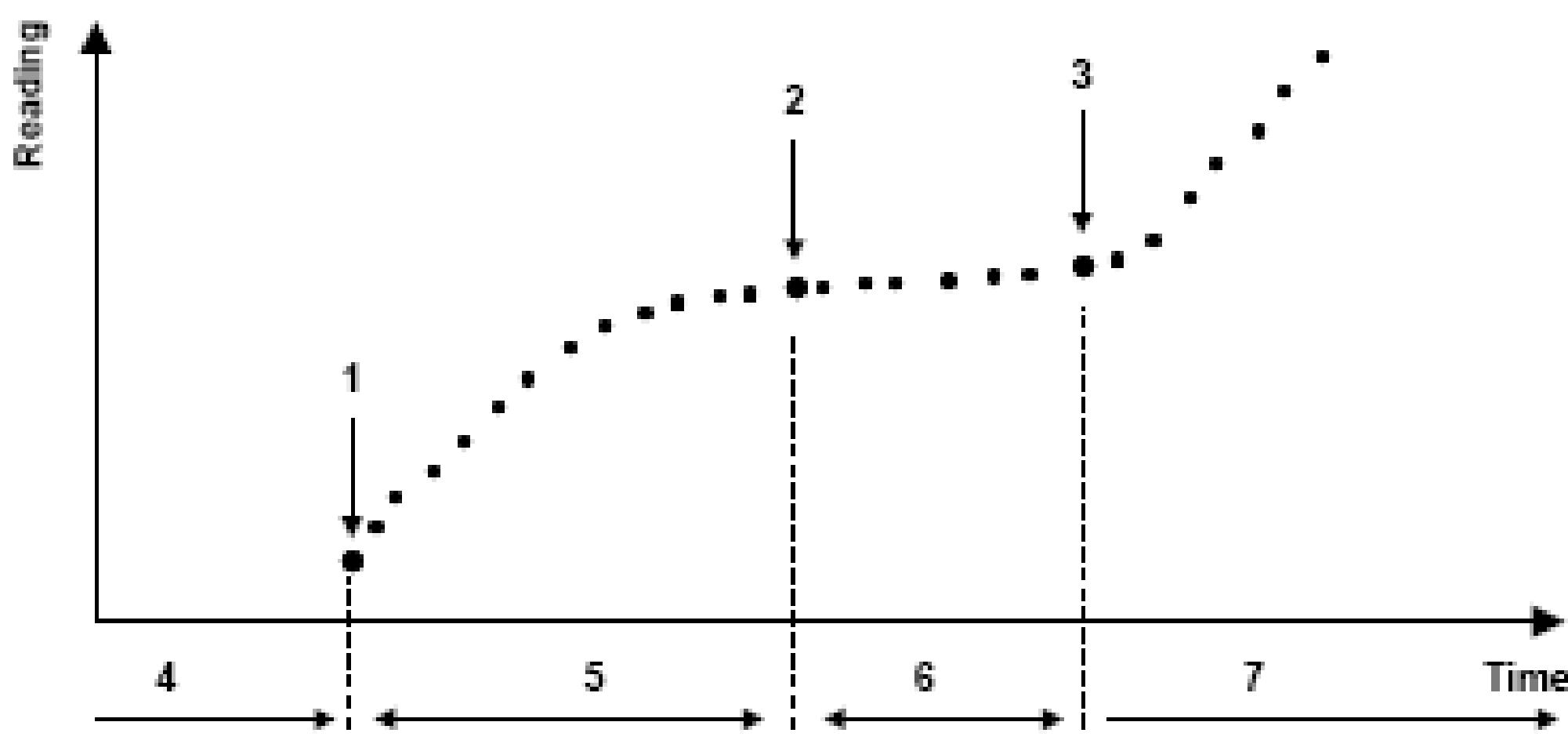
Parameter	Metod	Använts i		Mätprincip/ användning
		Finjord	Grovjord	
<b>Densitet, kap 12.2</b>	Cylindervolymeter	x		Urgrävning – volymbestämning - vägning
	Vattenvolymeter	x	x	
	Sandvolymeter	x	x	
	Isotopmätning		x	Indirekt mätning
<b>Sättningar, kap 12.3 – 12.7</b>	Avvägning av dubb eller pegel	x	x	För bestämning av sättningar i markyta eller konstruktion
	Bälgsättningsmätning	x	-	Sättningsutveckling på olika djup främst i lerjordar
	Magnetsättningsmätning	x	(x)	Sättningsutveckling under bankar, främst i lerjordar
	Slangsättningsmätning	x	(x)	Sättningsutveckling under bankar, främst i lerjordar
	Extensometer	x	x	Sättningsutveckling på olika djup i alla typer av jordar och berg
<b>Horisontalrörelse eller lutning, kap 12.8</b>	Inklinometermätning	x	x	Horisontalrörelser på olika djup i jord och berg
	Lutningsmätare	-	-	Monteras på fasader och mäter en konstruktions lutning och lutningsändring
	Inmätning av prismor, dubb eller pegel	-	-	Monteras på fasader eller grundmurar. Kan mäts t.ex. med en totalstation
<b>Hållfasthet i k/c-pelare, kap 12.10</b>	Trycksondering	x		Olika sonderingsmetoder för bestämning av en pelares fasthet
<b>Flöde, kap 12.11</b>	Mätöverfall, flödesmätare	-	-	Mätning av vattenflöde i dammar och deponier
<b>Packningsegenskaper, (hållfasthet eller deformations- egenskaper)</b>	Sonderingar och in- situmetoder se kap 7 och 9.	x	x	
	Plattbelastningsförsök	x	x	Statiska och dynamiska
	Yttäckande packningskontroll	x	x	Relativa resultat, YPK
	Ytvågsseismik, se kap 3	x	x	Relativa resultat, PSAS, MSOR
<b>Grundvatten- eller trycknivå</b>	Grundvattenrör, se kap 10	(x)	x	Vanligen med lod alternativt fast monterad tryckgivare
	Portrycksmätare, se kap 10	x	(x)	Vanligen med tryckgivare

Tabell 12.1 Översikt när och hur olika kontrollmetoder kan användas.

## 12.1.4 Referensmätning

Referensmätning eller ”nollmätning” som det ibland kallas är den mätning som senare mätningar relateras till. Det gäller främst sättnings- och horisontalrörelsemätning där det rekommenderas att utföra 2 referensmätningar för att säkerställa nollvärdet men också för att avgöra att mätrören har blivit i ett med jorden.

I Figur 12.1 visas generellt hur inledande mätningar och idrifttagande av mätsystem kan struktureras och indelas.



#### Legend

- 1 initial measurement
- 2 zero measurement
- 3 reference measurement
- 4 installation period
- 5 stabilisation period
- 6 period of baseline measurements
- 7 construction period

**Figur 12.1 Definition av olika typer av mätningar och mätperioder i ett mätprojekt.**

## 12.2 Bestämning av jords densitet

### 12.2.1 Allmänt

Mätning av jords densitet kan göras med cylinder- eller vattenvolymeter förutsatt att jordmaterialet inte innehåller stenar.

Om jorden är stenig bör större prov tas. Det grävda hålets volym kan då mätas genom att vatten fylls på i hålet vars botten täckts med en plastfilm. Volymbestämningen kan också göras genom inmätning av hålet enligt ett visst mönster.

I stenig, blockig jord utförs ofta provgropsgrävning för bestämning av andra egenskaper som schaktbarhet och sten- och blockhalt. Provgropar för densitetsbestämning måste grävas med större försiktighet eftersom volymen skall kunna bestämmas med god noggrannhet och är normalt avsevärt mindre eftersom allt urgrävt material skall tas in till laboratoriet i förslutna förpackningar för vägning och vattenkvotsbestämning.

Ett annat sätt att mäta volymen i det uppgrävda hålet är att fylla i torr sand på ett noga specificerat sätt så att man får en känd densitet hos den ifyllda sanden (sandvolymeter).

Vid mer omfattande mätningar som packningskontroller används idag oftast isotopmätare.

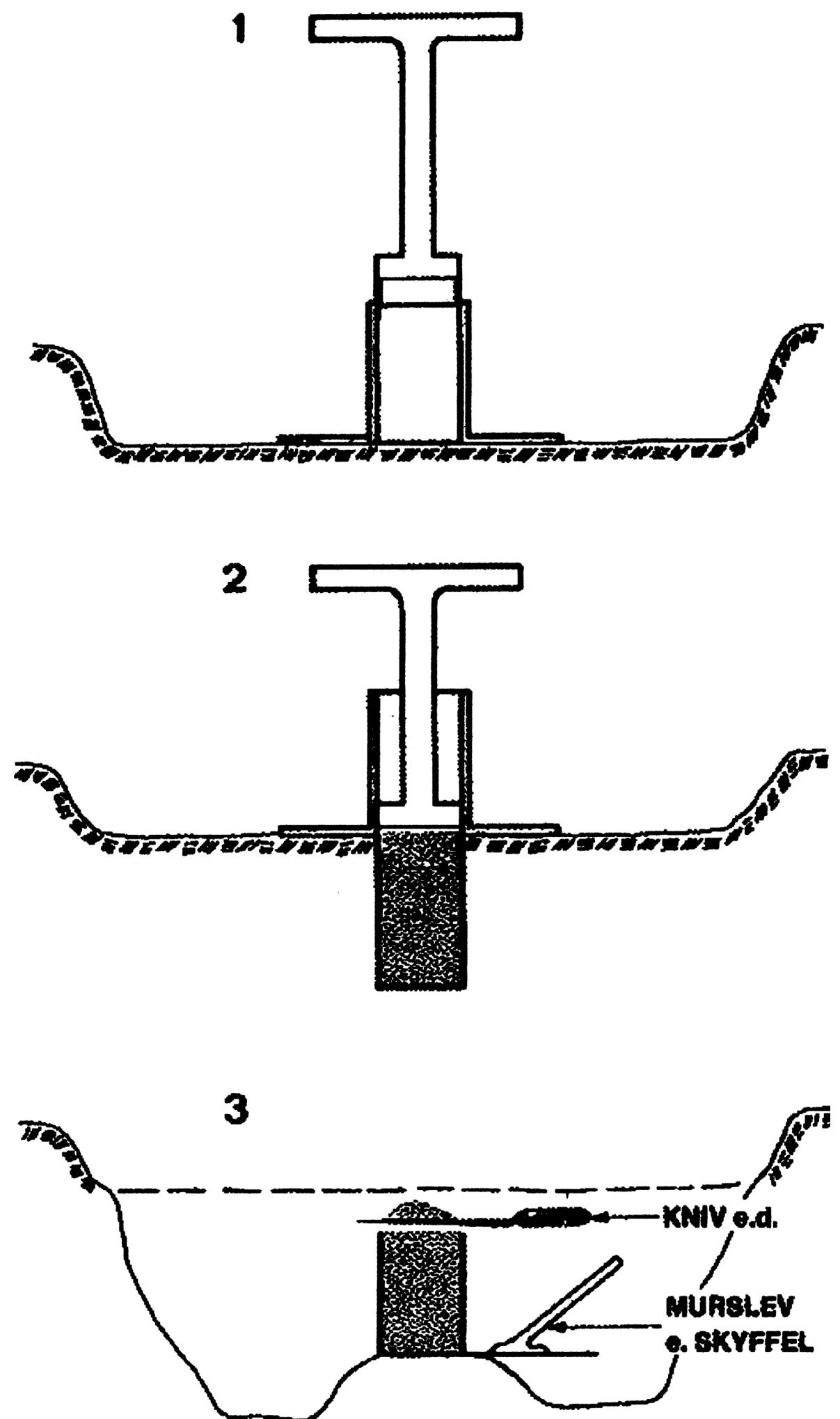
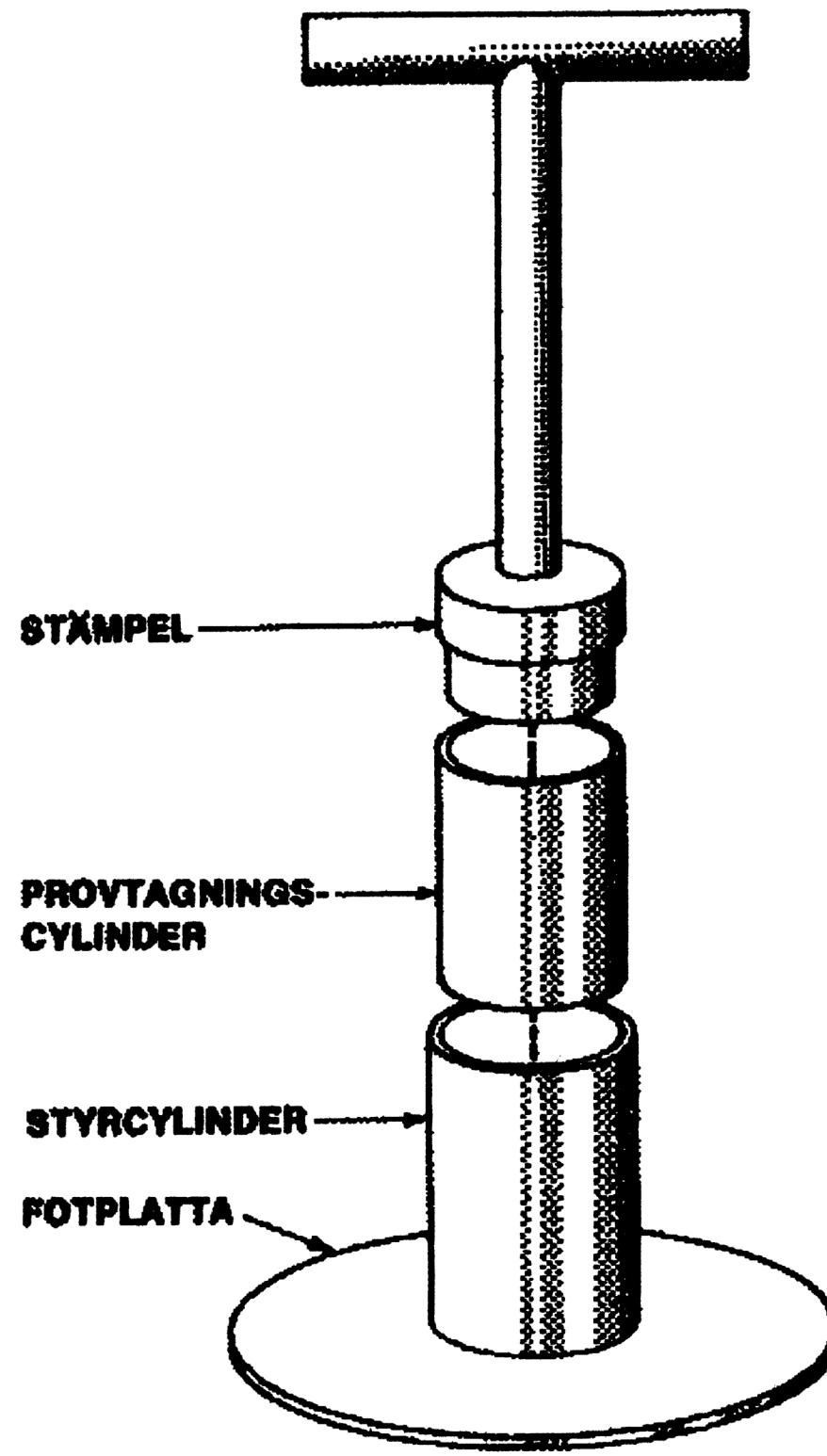
## 12.2.2 Cylindervolymeter

### Utrustning

Utrustningen presenteras i **Figur 12.2**.

### Utförande

1. Provytan planas av så horisontellt som möjligt.
2. Styrcylindern med fotplattan placeras stadigt på den avplanade ytan och fixeras i läge genom att man ställer sig på fotplattan.
3. Provtagningscylindern förs ned i styrcylindern och stämpeln passas in i fassen i provtagningscylinderns överdel.
4. Provtagningscylindern trycks ned i jorden så vertikalt som möjligt. Slag får inte användas eftersom detta medför att jorden packas.
5. Nedrivningen avslutas när provtagningscylinderns överkant nått ett par centimeter under den avplanade jordytan
6. Stämpeln dras upp försiktigt och styrcylindern tas bort.
7. Provtagningscylindern friläggs så att den står på en jordpelare utan att rubbas.
8. Jorden skärs av med kniv, ståltråd eller liknande i nivå med cylinderns över och underkant.
9. Jordprovet hålls kvar i cylindern med hjälp av en murslev, stålplatta eller liknande och lyfts upp.
10. Cylinder och prov placeras i en tättslutande förpackning/behållare eller också försluts cylindern med gummilock och transporteras till laboratoriet för vägning och vattenkvotsbestämning.



Figur 12.2 Cylindervolymeter.

## 12.2.3 Vattenvolymeter

### Utrustning

Utrustningen presenteras i **Figur 12.3**.

### Utförande

1. Vattenvolymetern ställs i ordning inför försöket. Vatten fylls i det upphängda och graderade påfyllningskärlet. En gummiblåsa monteras på locket (diameter 150 mm) som skall täcka provytan.
2. Vattenvolymetern ställs upp på den avplanade provytan. Vatten fylls i blåsan så att den ligger an mot markytan i bottenplattans hål och volymen i påfyllningskärlet läses av innan urgrävning (nollvärde).
3. Vatnet i blåsan pumpas upp i påfyllningskärlet och lock med blåsa lyfts bort.

4. Jord grävs ur inom provytan och insamlas i plastpåse som försluts lufttätt.

När djupet nått 100 – 150 mm (hålets volym är 1 – 2 liter) läggs locket med gummiblåsan över hålet och volymen i påfyllningskärlet mäts på nytt efter att gummiblåsan vattenfyllts så att den fyller hela hålet.

5. Jordprovet tas till laboratorium för vägning och vattenkvotsbestämning.

## 12.2.4 Isotopmätning

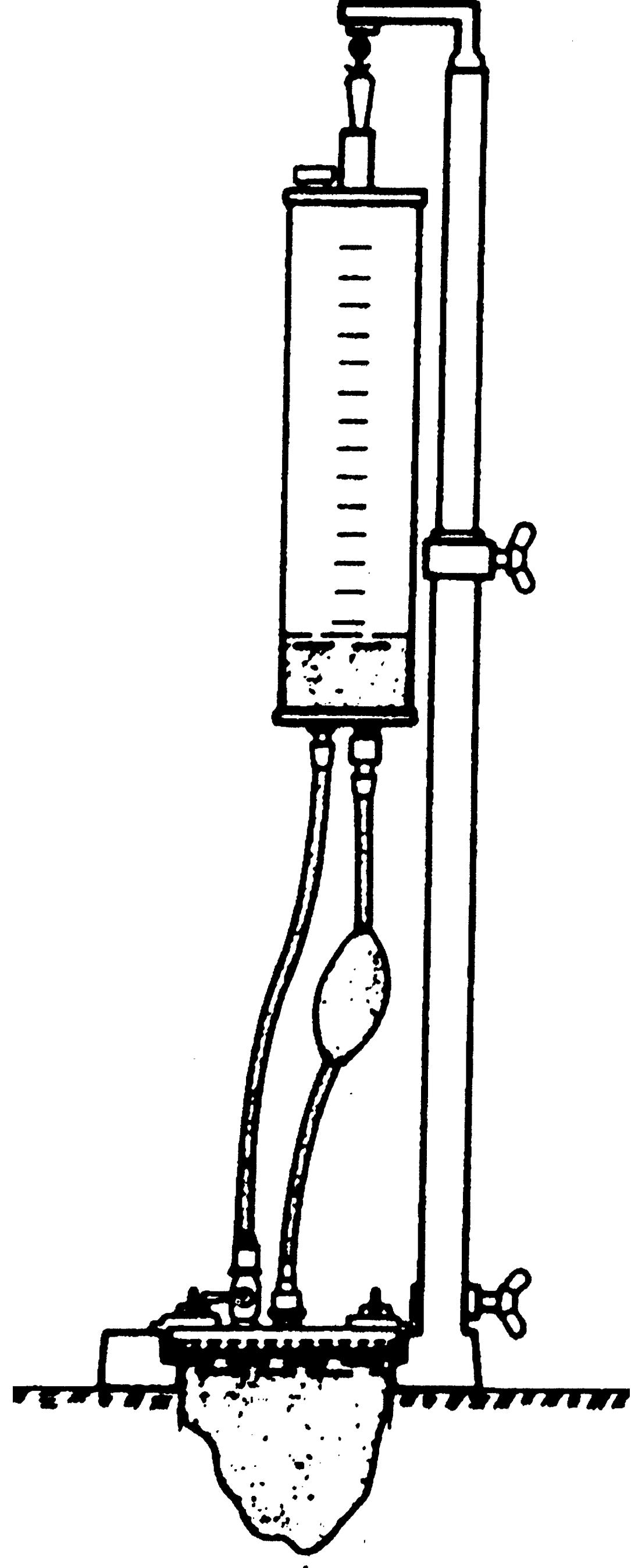
### Allmänt

Isotopmetoden används för densitetsbestämning i packad fyllning med måttlig stenhalt. Vid mätningen sänder en strålningsskälla ut gammastrålning vars intensitet på ett visst avstånd mäts med ett s.k. Geiger-Müllerrör. Ju högre densitet desto mindre strålning når fram till mätaren. Nya utrustningar har dubbla strålningsskällor och mätare så att även vattenkvoten kan mäts.

Eftersom isotopmätaren sänder ut gammastrålning måste utrustningen hanteras av utbildad personal och vissa säkerhetsbestämelser följs.

### Utrustning

Det finns tre huvudtyper av utrustning. De består av strålningsskälla(or), mätare och impulsräknare, se **Figur 12.4**. I den första typen förs strålningsskällor och mätare ned i jorden genom ett foderrör, i den andra typen placeras strålningsskällor och mätare i spetsen av var sin sond som trycks ned parallellt i jorden med ett visst inbördes avstånd och i den tredje typen placeras strålningsskällan på markytan. Den senare typen kan användas med eller utan att mätaren förs ned i jorden inuti en sond. Typerna med foderrör och sonder ger densitetsbestämningar på 10 till 50 cm djup medan typen med strålningsskälla och mätare på markytan ger densiteten (och eventuellt vattenkvoten i ytlagret ned till cirka 7 cm djup).



Figur 12.3 Vattenvolymeter.



Figur 12.4 Utrustning för isotopmätning.

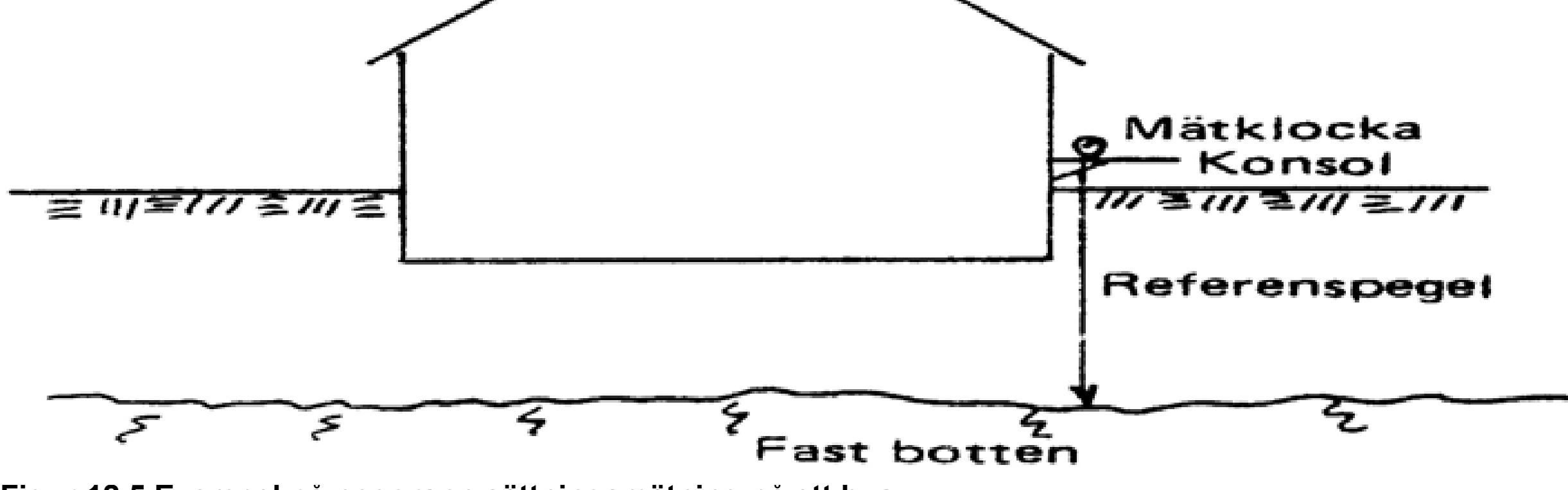
## Utförande

1. Utrustningen skall vara kalibrerad så att det avlästa instrumentvärdet kan översättas till densitet hos jorden. Kalibreringsdiagrammet skall gälla för jord med samma mineralogiska sammansättning som den aktuella.
2. För den första typen av utrustning drivs foderröret först ned innan strålningskälla och mätare förs ned och strålningsintensiteten avläses på impulsräknaren. Nackdelen med denna metod är att foderrörsdrivningen stör jorden omkring röret.
3. För de typer där mätaren och eventuellt även strålningskällan är placerade i spetsen på sonder är störningen mindre eftersom sonderna är klenare. Hålen för sonderna kan dessutom förborras för att minska störningen ytterligare.
4. Den typ där både strålningskälla och mätare är placerade på markytan används i huvudsak endast för kontroll av vägbeläggningar.
5. Efter mätningen grävs det undersökta materialet upp och transporteras i slutna förpackningar till laboratoriet för bestämning av vattenkvot och stenhalt. Om vattenkvoten mäts på plats med den använda utrustningen skall den mätta vattenkvoten kontrolleras mot prov för den aktuella jorden. Utrustningen mäter i detta fall mängden väte i jorden och eftersom väte kan förekomma i andra former än vatten i jord kan en korrektionsfaktor behövas.
6. Vid omfattande undersökningar av packad jord med samma sammansättning och vattenkvot kan provtagningarna för vattenkvots- och stenhalsbestämning reduceras.

## 12.3 Avvägning av dubb eller peggel

Sättningsmätning i sin enklaste form är avvägning av dubbar i konstruktioner eller pegrar installerade i jord. Den noggrannhet som erhålls i denna typ av mätningar är helt avhängig valet av avvägningsmetod. Finavvägning ger sällan en bättre mätnoggrannhet än 5 mm medan precisionsavvägning kan ge en praktisk noggrannhet på 0,5 till 1,0 mm. Emellertid kräver detta en närhet till goda fixpunkter samt speciella instrument och avvägningsstänger. Sämre precision erhålls också vid omväxlande soligt och molnigt väder samt vid blåst och regn.

Sättningsmätning på t.ex. husgrunder eller andra fundament kan göras med hjälp av precisionsavvägning av speciellt uppsatta avvägningsdubbar eller med hjälp av en mätklocka som mäter rörelsen mellan en konsol monterad på grunden och en referenspegel ofta driven till fast botten, Se **Figur 12.5**. Denna metod kan jämföras med extensometermätningen, se Kapitel 12.7.



Figur 12.5 Exempel på noggrann sättningsmätning på ett hus.

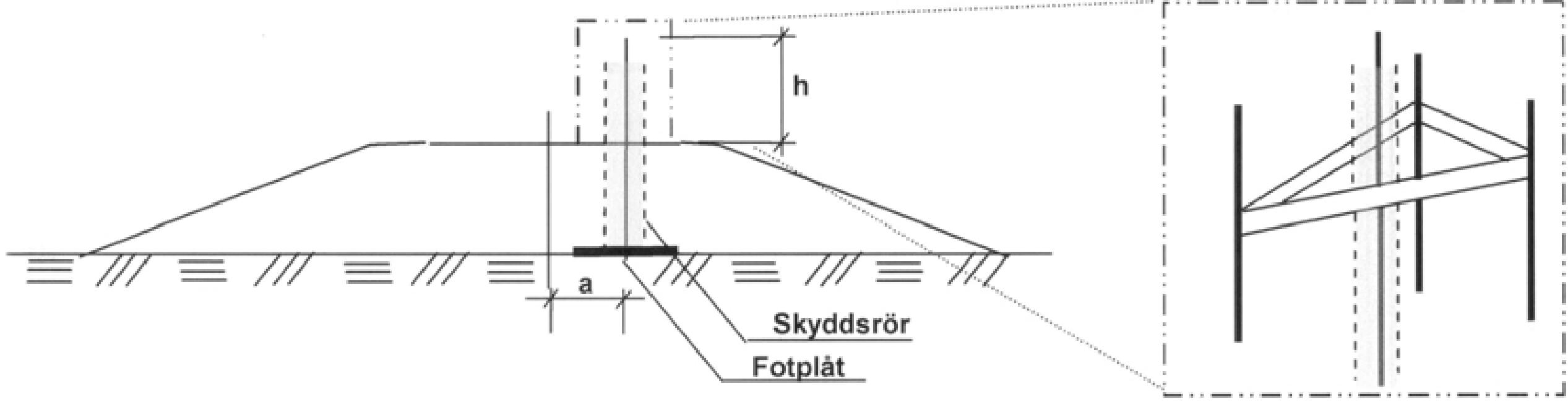
Mätklockan kan vara löstagbar eller fast monterad på konsolen. Ofta används mätklockor med en upplösning av 0,01 mm. Denna mätnoggrannhet kan på en relativt kort tid ge besked om pågående rörelser. Metoden kan också användas vid sättningsmätning av markytan eller jordfyllning. Härför träs ett rör med

stålplatta eller en skruv över en referenspegel.

Det vanligaste sättet för rutinmässig kontroll av bank- och marksättning där rörelser större än ca 20 – 30 mm förväntas, är direkt avvägning av krön-, mark- eller jordpeglar. Sådana består i princip av stålstänger eller rör fastsatta vid fotplattor av durkplåt eller bredflänsiga jordskruvar placerade på önskad (dock frostfri) nivå i fyllningen eller jorden. Det är inte ovanligt, särskilt i järnvägs- sammanhang att prismor monteras och mäts med fast monterad teodolit.

Vid installation av pegrar är det viktigt att tänka på att installationen sker på frostfritt djup om mätningarna skall fortgå en längre tid under eller över en vinter. Alternativt kan en frostisolerande markskiva placeras över den nedgrävda referensplattan. Det är också en fördel om peggelstången förhindras att följa den omgivande jordens tjälning. Ett sätt att hantera detta är att sätta ett foderrör runt pegeln och fylla med trögflytande olja eller tjära.

I Anläggning AMA 2009 finns anvisningar för installation av peggel i väg- eller Järnvägsbank, se **Figur 12.6**.



Figur 12.6 Exempel på installation av peggel i en väg- eller i en järnvägsbank.

Punkten bör vara placerad minst 1 m från krönkant. Följ sedan anvisningarna nedan.

1. Placera fotplåt med påsatt mätstång på grusavjämnat underlag i nivå med ursprunglig mark. Se till att ingen punktanliggning mot stenar eller rötter uppstår. Fotplåten skall minst ha måtten  $0,4 \times 0,4$  m med tjockleken minst 3 mm. Mätstång ska utgöras av rundstång av järn/stål med diametern minst 16 mm och med längd  
(h)  $>1$  m över färdig väg. Alternativt kan skarvning av mätstång utföras (svetsning eller gängsvarvning).
2. Skyddsrör placeras omkring mätstången med diameter på minst  $\phi 100$  mm. Skyddsröret skarvas i takt med fyllningshöjden, minst upp till färdig yta.
3. Fyll på med finkornig jord t.ex. sand som packas runt fotplåten och skyddsrör så att plåten täcks helt (ca 0,2 m), i syfte att fixera den i ett fast läge och så att den inte blir skadad eller hoptryckt av stenar när banken utläggs.
4. Skydda mätstång med pålar (t.ex. 45 x 45 mm) i en trekant med minst avståndet 1 m från mätstången. Omgärda med plank (t.ex. 22 x 95 mm), se skiss ovan. Trekanten flyttas allt eftersom banken fylls upp.

## 12.4 Bälgsättningsmätning

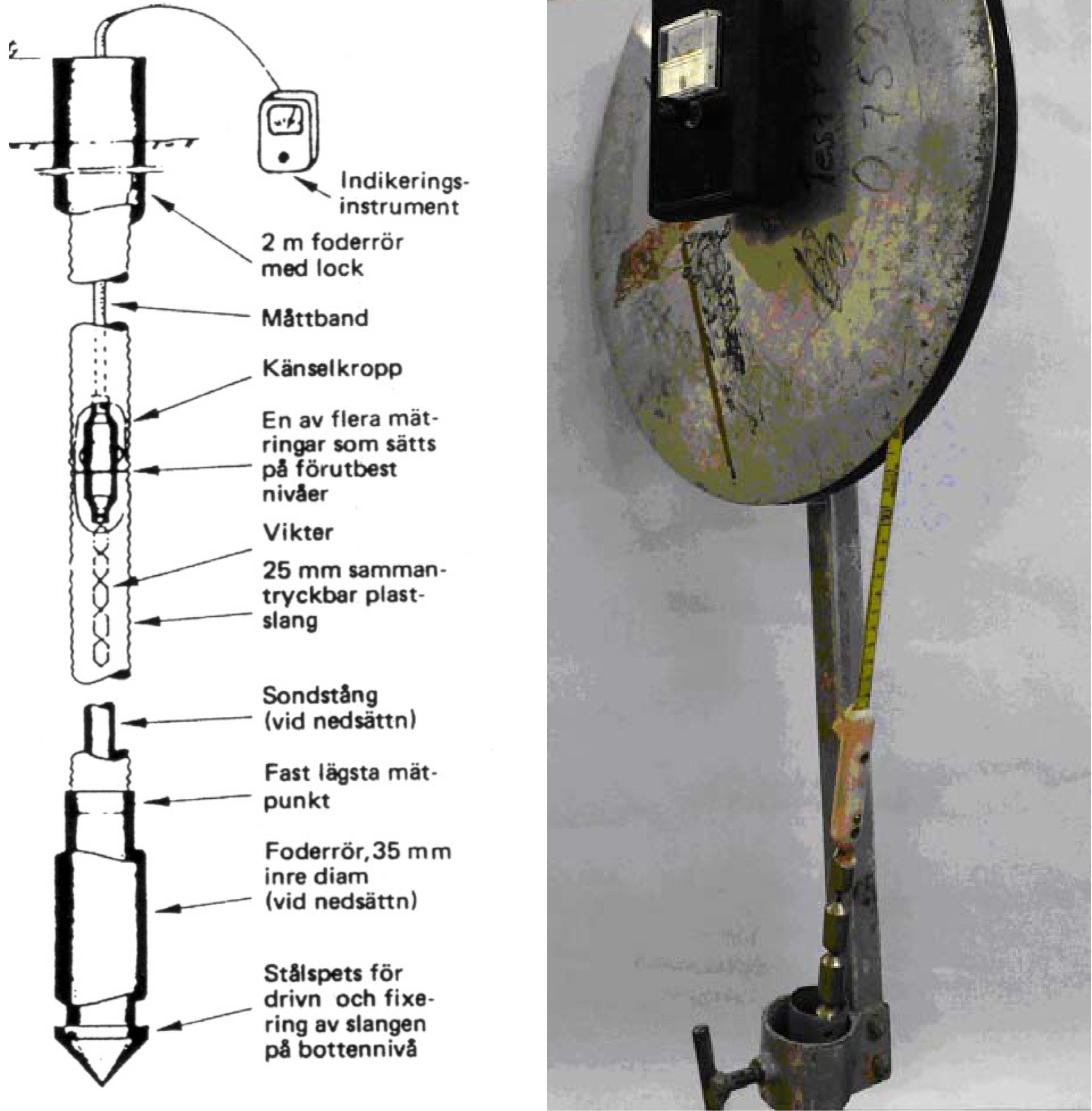
### 12.4.1 Allmänt

Bälgsättningsmätning utförs när sättningars utveckling på olika djup i en jord-

profil ska utredas. Användningsområdet är begränsat till lerjordar och maximalt djup beror på kvaliteten på bälgslangen. Med den bälgslang som vanligen används anges maximalt djup till ca 25 m djup.

## 12.4.2 Utrustning

Mätsystemet består av en 25 mm spiralarmerad plastslang, bälgslang som kan tryckas ihop i längdled. Slangen kapas i bitar motsvarande avståndet mellan mätpunkterna, vanligen 1,0 m. Bitarna skarvas med plasthylsor som innehåller en metallring. Denna utgör kontakt för en elektrisk krets som består av ett indikeringsinstrument, en kabel och kontaktfjädrar på mätdonet. Kabeln utgör samtidigt måttband så att metallringarnas djup under markytan kan avläsas. I **Figur 12.7** visas utrustning och princip för bälgsättningmätning. Mätringarna skall vara av en god rostfri stålkvalitet.



Figur 12.7 Utrustning och principen för bälgsättningmätning.

Förutom att indikeringsinstrumentet ger utslag när mätdonet är i nivå med en metallring så finns på de flesta mätdon också fjäderbelastade stålkuler som ger en tröghet när de skall dras förbi metallringen och därför är inte indikeringsinstrumentet nödvändigt vid en sådan mätning.

Referensnivån, som används vid varje mättillfälle är vanligen skyddsrörets topp som nivåbestäms vid varje mättillfälle. Alternativt kan nedre mätpunkten utgöra referens som då måste installeras i fast jord eller berg där man bedömer att inga sättningar förekommer.

### 12.4.3 Installation av mätslang

Bälgslang installeras med hjälp av ett foderrör. En förtjockad stålspets med en klack som foderröret kan trycka mot monteras på bälgslangen. Systemet trycks ned med successiv skarvning av bälgslang och foderrör tills slutnivån är nådd. Ett innersystem förs genom bälgslangen ned till spetsen och därefter dras foderröret upp men minst två meter lämnas kvar som skydd för bälgslangen och som referensnivå för mätningarna. Lämpligt är att avsluta foderröret 1,0 till 1,3 m över markytan för att erhålla en ergonomiskt riktig arbetsställning vid mätningarna. I **Figur 12.8** och **Figur 12.9** visas en detaljbild av en skarv.



**Figur 12.8 Skarv för bälgslang.**



**Figur 12.9 Skarvstycket innehåller en metallring.**

Därefter spänns bälgslangen till max 110 % av ursprunglig längd med hjälp av innersystemet och fästes mot foderröret. Lämplig är att låta slangen stå i spänn åtminstone 1 dygn innan innersystemet dras upp och bälgslangen kapas så den kommer nedanför foderrörets överkant.

Alternativt kan stålspetsen förses med en skruv och därmed kan systemet roteras ned. I övrigt är tillvägagångssättet det samma som beskrivits ovan.

### 12.4.4 Mätning

Vanligen kan första referensmätningen utföras 1 – 2 veckor efter installation. Det rekommenderas att en andra referensmätning utförs ca 1 vecka efter den första för att säkerställa att konsolidering har skett av den störda jorden runt slangen.

Vi varje mät tillfälle skall foderrörets topp nivåbestämmas med avvägning.

Vid mätning nedförs mätdonet med måttbandet/kabeln ned till slangen bottens. Därefter mäts nivåerna successivt under uppdragning av donet. Då mätdonetets kontaktfjädrar når en av metallringarna (mätpunkterna) i slangen, sluts strömmen och detta registreras på indikeringsinstrumentet (alternativt kan man känna när proben passerar metallringen). Djupet för den aktuella punkten avläses sedan på måttbandet och protokollförs.

I **Figur 12.10** visas mätdonet med måttband och tyngder.



**Figur 12.10 Mätdonet med måttband och tyngder.**

Mätnoggrannheten bedöms vara  $\pm 1$  mm. Den totala noggrannheten beror dock på om man har full följsamhet mellan slang och jord. Eftersom slangens relativa hoptryckning är begränsad till ca 10 % kan metoden inte användas där jordens relativa sammantryckning är större.

## 12.4.5 Redovisning

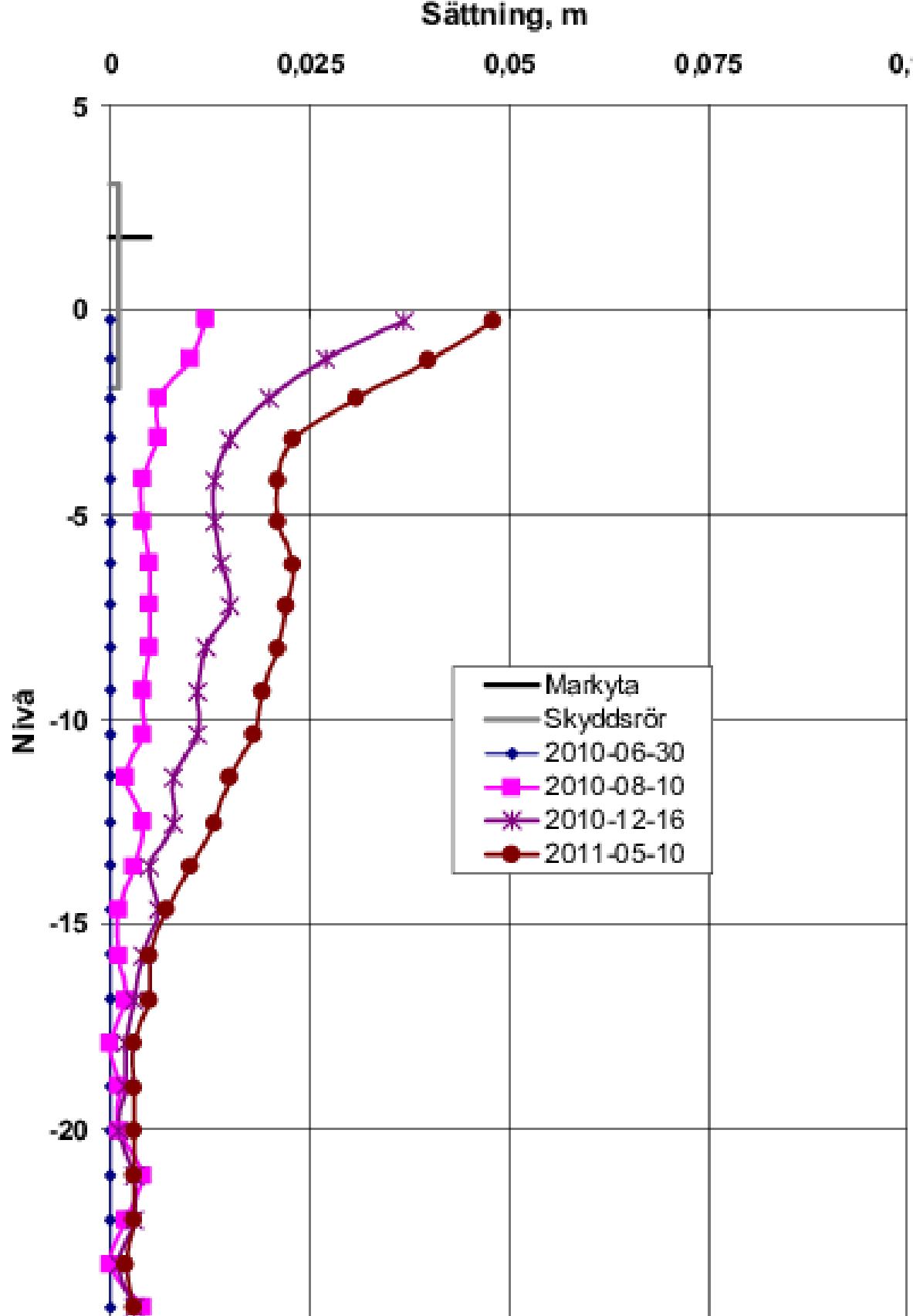
I samband med installation av en bälgsättningsmätare skall minst följande information dokumenteras:

- Projekt
- Rörbeteckning
- Koordinater eller annan lägesinformation
- Datum för installation
- Borrigg och utförare
- Typ och dimension, foderrör/skyddsrör
- Längd, foderrör/skyddsrör
- Installationsdjup
- Ungefärligt djup under rörtopp för mätningarna.
- Typ och dimension bälgslangen
- Nivå på rörtopp
- Uppstick av skyddsrör
- Bedömning av genomborrad jordprofil.

I samband med mätningarna skall minst följande dokumenteras:

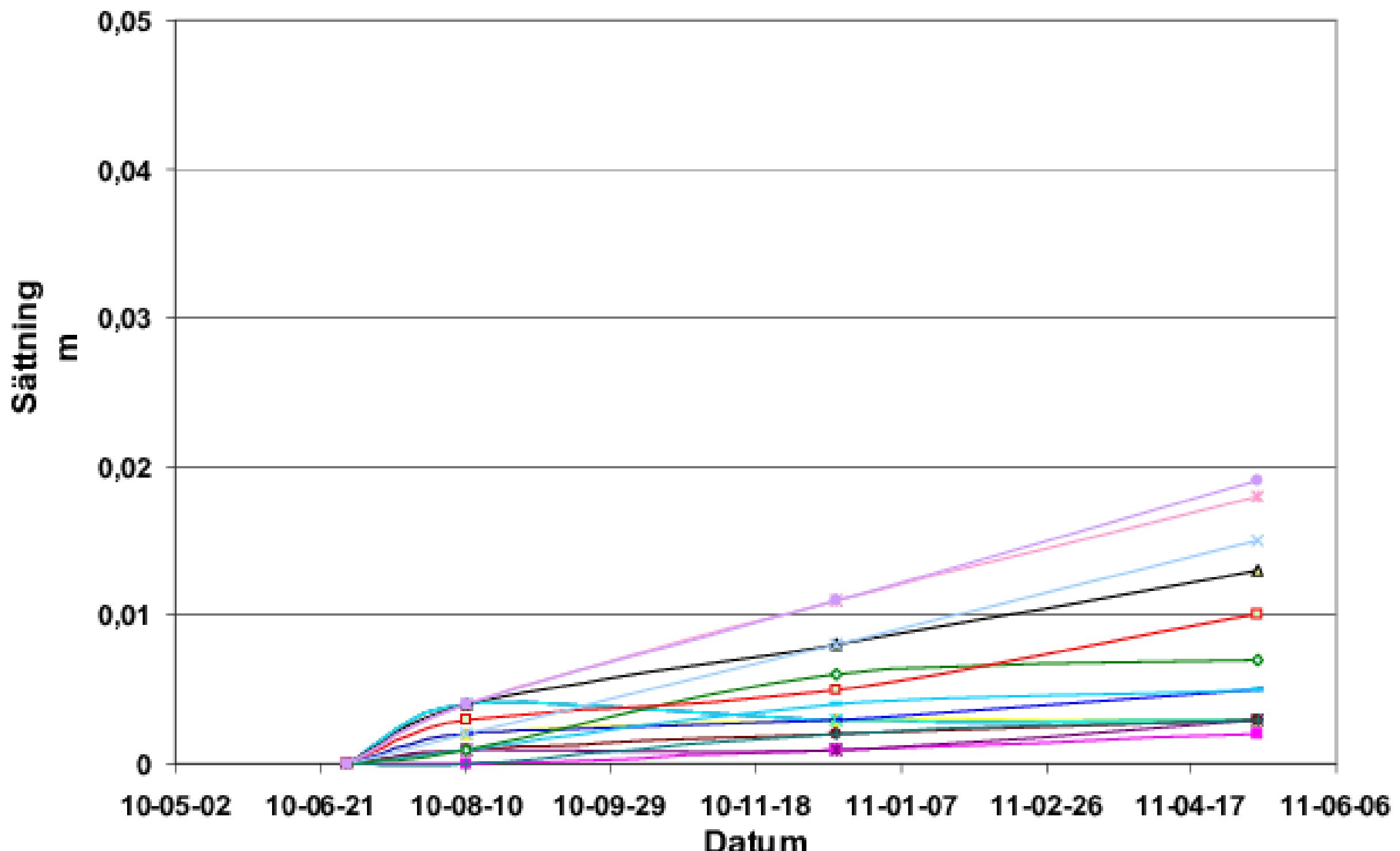
- Datum
- Beteckning mätpunkt
- Mätvärde, djup till alla ringarna räknat från rörtopp
- Avvägd nivå på rörtopp
- Ev. offset på använt måttband
- Övriga noteringar av vikt för utvärderingen.

I **Figur 12.11** visas exempel på redovisning av sättningsutvecklingen mot djupet och i **Figur 12.12** visas erhållna sättningar mot tiden.



Figur 12.11 Exempel på redovisning av sättningar mot djupet.

## Sättningar mot tiden



Figur 12.12 Exempel på redovisning av sättningar mot tiden.

### 12.4.6 Kontroll och kalibrering

Noggrannheten i bälgsättningsmätning styrs främst av noggrannheten i avvägning av överkant skyddsrör i samband med mätningarna. Därför är det av stor vikt att den utförs på ett adekvat sätt och med ett kalibrerat instrument. Utgångspunkt bör vara samma fixpunkt som vid de olika mättillfällena.

Det händer att måttbandet, som också innehåller elektriska ledare går av och därför kortas bandet. Det är av stor vikt att mäta upp och dokumentera avkortningen. Den går sedan in som en offset när utvärderingen sker.

## 12.5 Magnetsättningsmätning

### 12.5.1 Utrustning

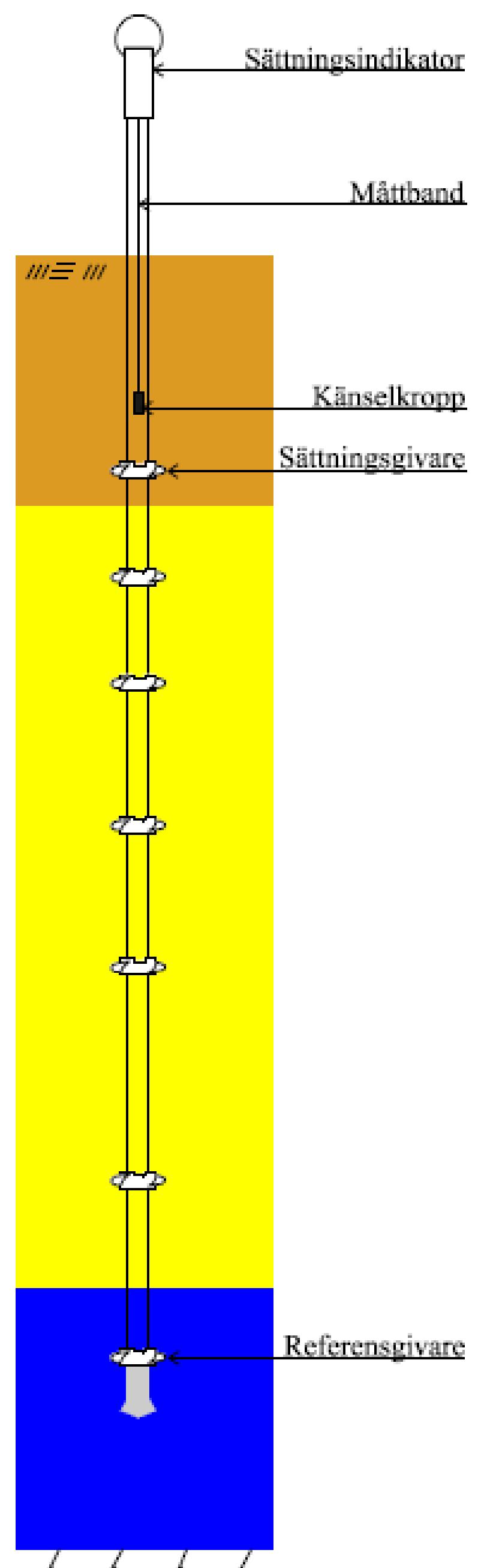
På motsvarande sätt som för bälgsättningsmätarna kan sättningen mäts med ett mätdon och måttband som indikerar magnetar installerade på olika nivåer i jorden. Olika installationssätt för magneterna finns. Det system som har använts i Sverige består av skruvar som drivs ned i jorden runt ett plaströr. Eftersom skruvarna har en stor yta följer de säkert med jorden i dess rörelser. I varje skruv finns en magnetring. Avståndet mellan t ex en nedre referensring, som nedförs i fastare bottenlager, och övriga magnetringar mäts som vid bälgsättningsmätare med måttband. Alternativt kan referensnivån vara rörtopp som avvägs vid varje mättillfälle.

För att indikera läget av magnetringarna har man en i måttbandet upphängd mätkropp med tungelement som sluter en strömkrets när det passerar magnetfältet inne i plaströret. Eftersom tungelementet reagerar flera gånger vid passage genom magnetfältet måste man hålla reda på vid vilket tillslag man mäter djupet till magnetringarna så att samma avläsning kan göras varje gång. Mät-noggrannheten är för denna utrustning  $\pm 1$  mm. Tungelementets tillslagskänslighet är ca  $\pm 0,2$  mm.

I Figur 12.13 visas principen av magnsetsättningsmätning.

## 12.5.2 Mätning och redovisning

Mätning med magnetsättningsmätaren följer samma princip som med bälgslangsmätare, se Avsnitt 12.4.4. Även redovisning av mätresultatet utförs på samma sätt som för bälgslangsmätning, se Avsnitt 12.4.5.



## 12.6 Slangsättningsmätning

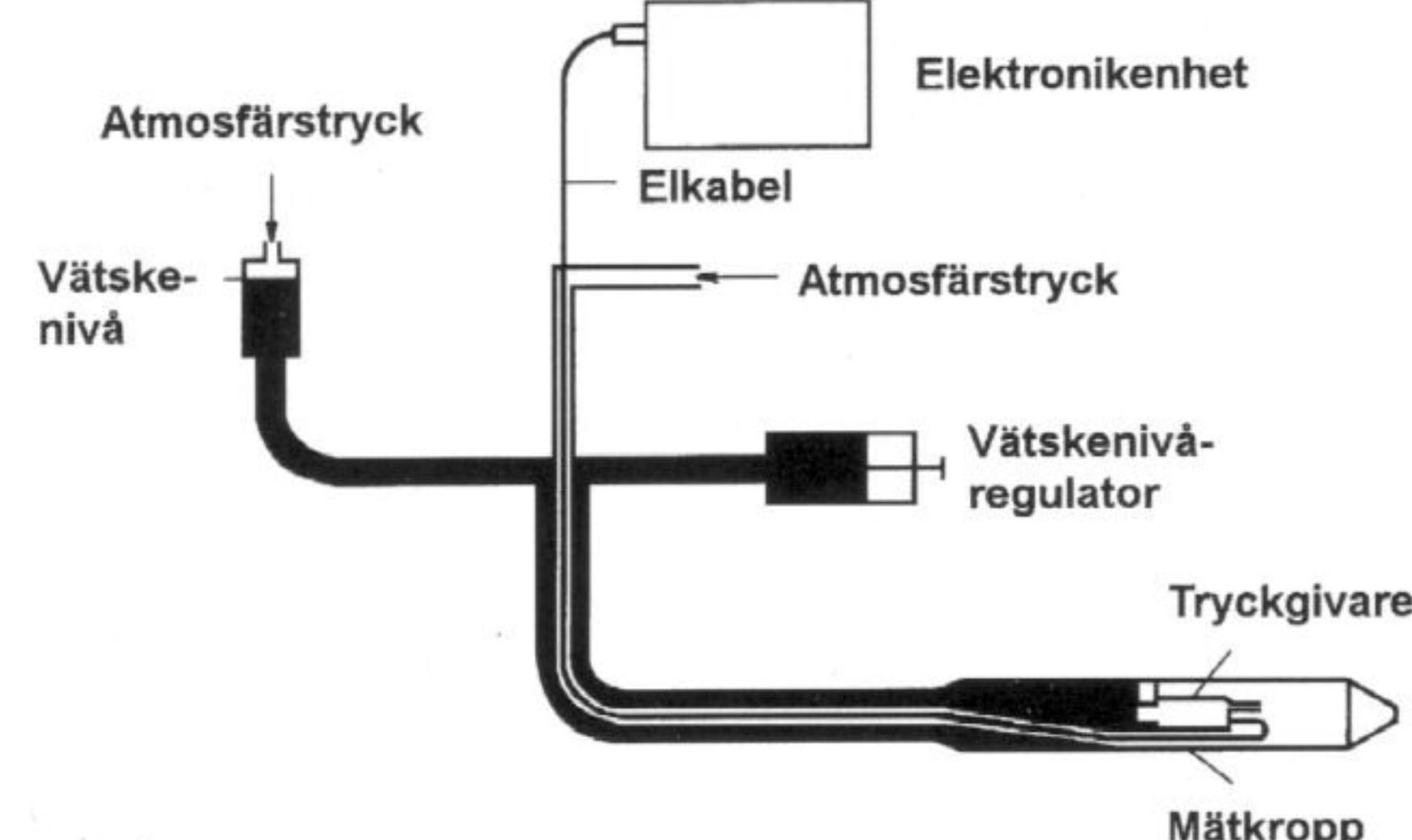
### 12.6.1 Beskrivning

För mätning av nivåer och sättningar i väg- och järnvägsbankar, rörledningar och lutande eller horisontella borrhål i berg kan slangsättningsmätare användas.

Principen för en slangsättningsmätare framgår av **Figur 12.14**. Mätutrustningen består av två plastslangar trädde i varandra. Den inre slangen innehåller en blandning av glykol och avluftat vatten, medan utrymmet mellan slangarna leder luften från tryckgivaren upp mot atmosfärstrycket. I luftutrymmet ligger också indraget elektriskt kablage. I den nedre änden är anslutet en mätkropp med en elektrisk tryckgivare. I den övre änden ansluts vätskan till ett stigarrör med atmosfärtryck och luftslangen övre del är öppen och påverkas således också av lufttrycket. Mät noggrannheten är ca 3 mm vid mätning med rätt blandning i systemet.

Vätskenivån skall hållas konstant under hela mätningen. Det sker med hjälp av en regulator.

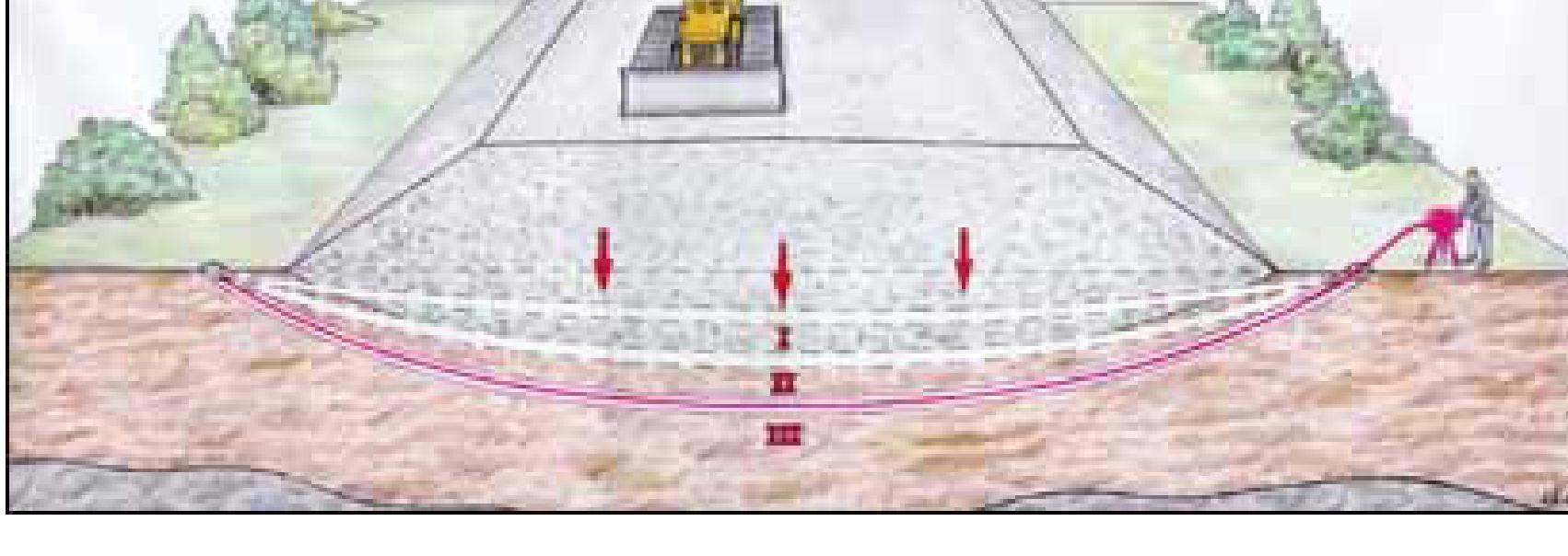
Utrustning finns för längder upp till 300 m och det vanligaste mätområdet är 10 mvp.



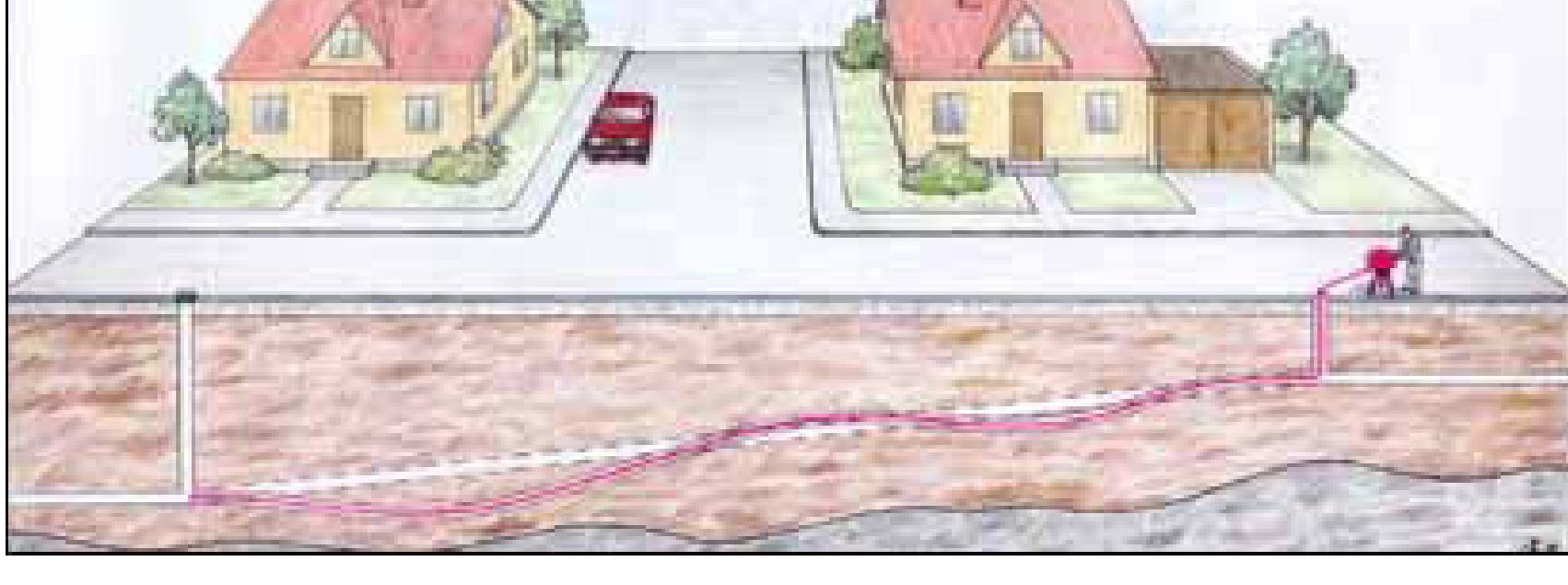
Figur 12.14 Principen för mätning av slangsättningsmätare.

### 12.6.2 Syfte

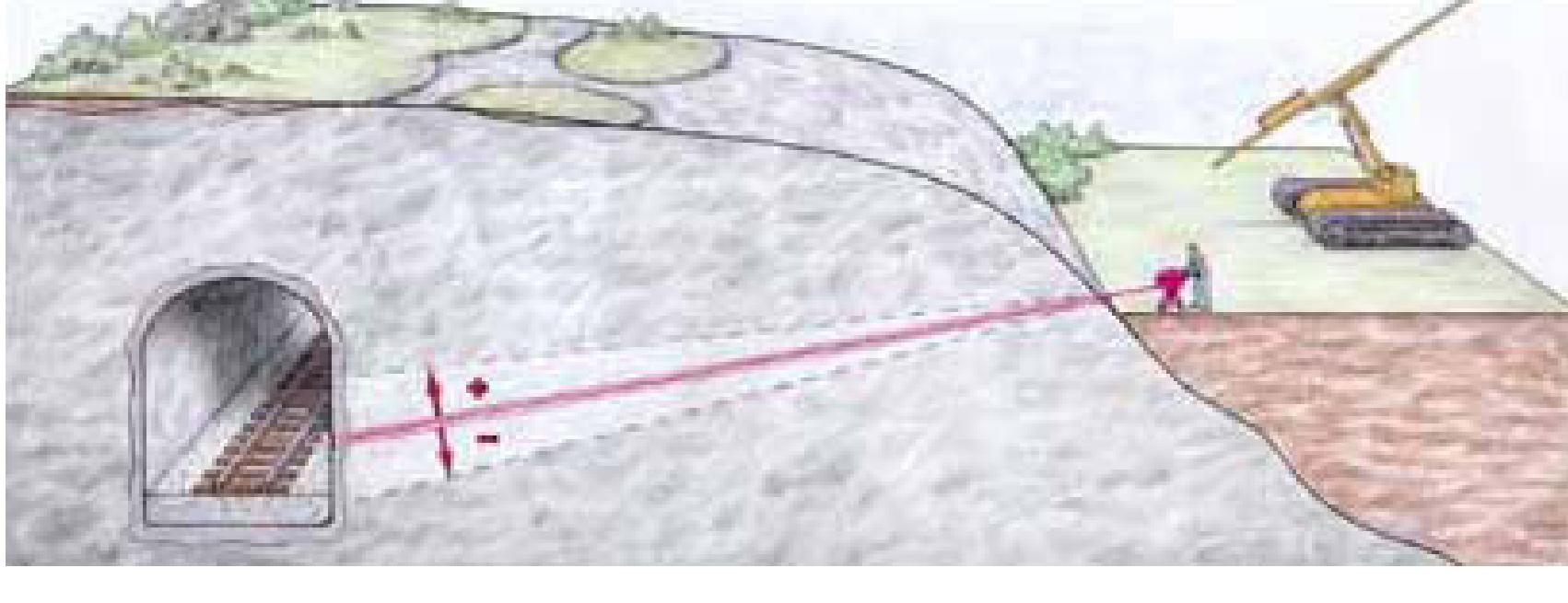
Syftet med slangsätttningsmätning är att bestämma sättningar i vägbankar, rörledningar eller lutande eller horisontella borrhål i berg. I **Figur 12.15a-c** visas olika tillämpningsområden för slangsätttningsmätning.



Figur 12.15a Principen för mätning under en vägbank.



Figur 12.15b Principen för mätning i en rörledning.



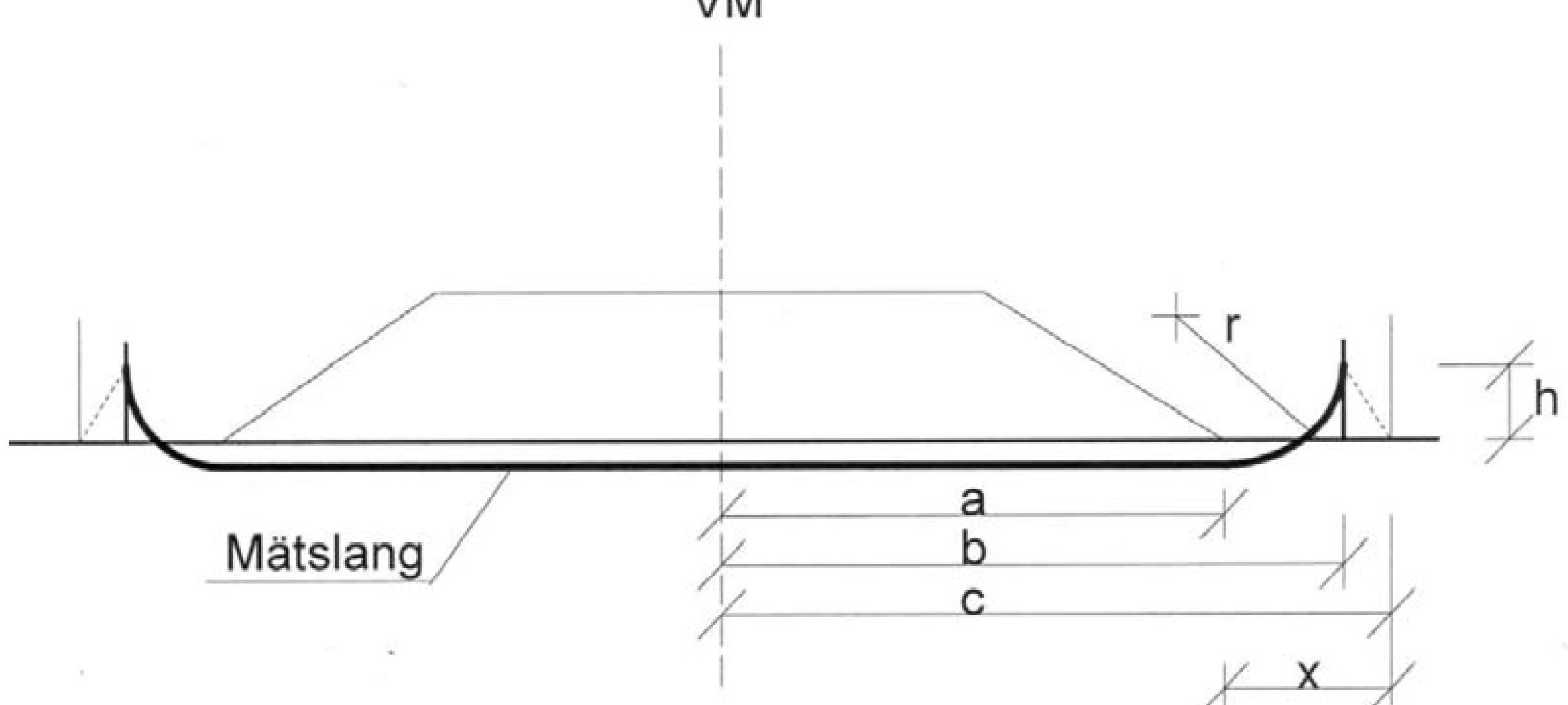
Figur 12.15c Principen för mätning av borrhålsavvikelse.

### 12.6.3 Installation av mätslang

Mätningen av sättningar under en vägbank eller konstruktion görs i en slang som vanligen installeras innan vägkroppen eller konstruktionen byggs upp. Nedan ges en kort beskrivning av tillvägagångssättet. För detaljerad information hänvisas till leverantörens beskrivning.

Trafikverket rekommenderar en slang av polyetenrör PEM PN 10 med  $D_i = 40,8$  mm och  $D_y = 50$  mm. Övriga rör och dimensioner som kan väljas är PE rör med ytterdiameter 60 – 75 mm och med innerdiameter 50 – 65 mm.

I **Figur 12.16** visas princippet för att installera en mätslang.



Figur 12.15 Principen för installation av slang för sätttningsmätning under en vägbank.

Slangen installeras i ett dike minst 0,15 m djup eller vid bergfyllning minst 0,3 m. Återfyllning av diket skall ske med massor som inte är grövre än sand. Alternativt kan slangen läggas ut på ursprunglig markyta och då stabiliseras i sitt läge med t.ex. en sandfyllning. Minsta krökningsradie av slangen skall vara minst 2,5 m. Avståndet b ska vara 1 – 2 m längre än a och ca 0,5 m mindre än c. Höjden h bör vara 0,5 till 1,0 m.

En fördel är om en fixpunkt finns nära instrumentuppställningsplatsen i form av t.ex. en stång nedförd till frostfritt djup.

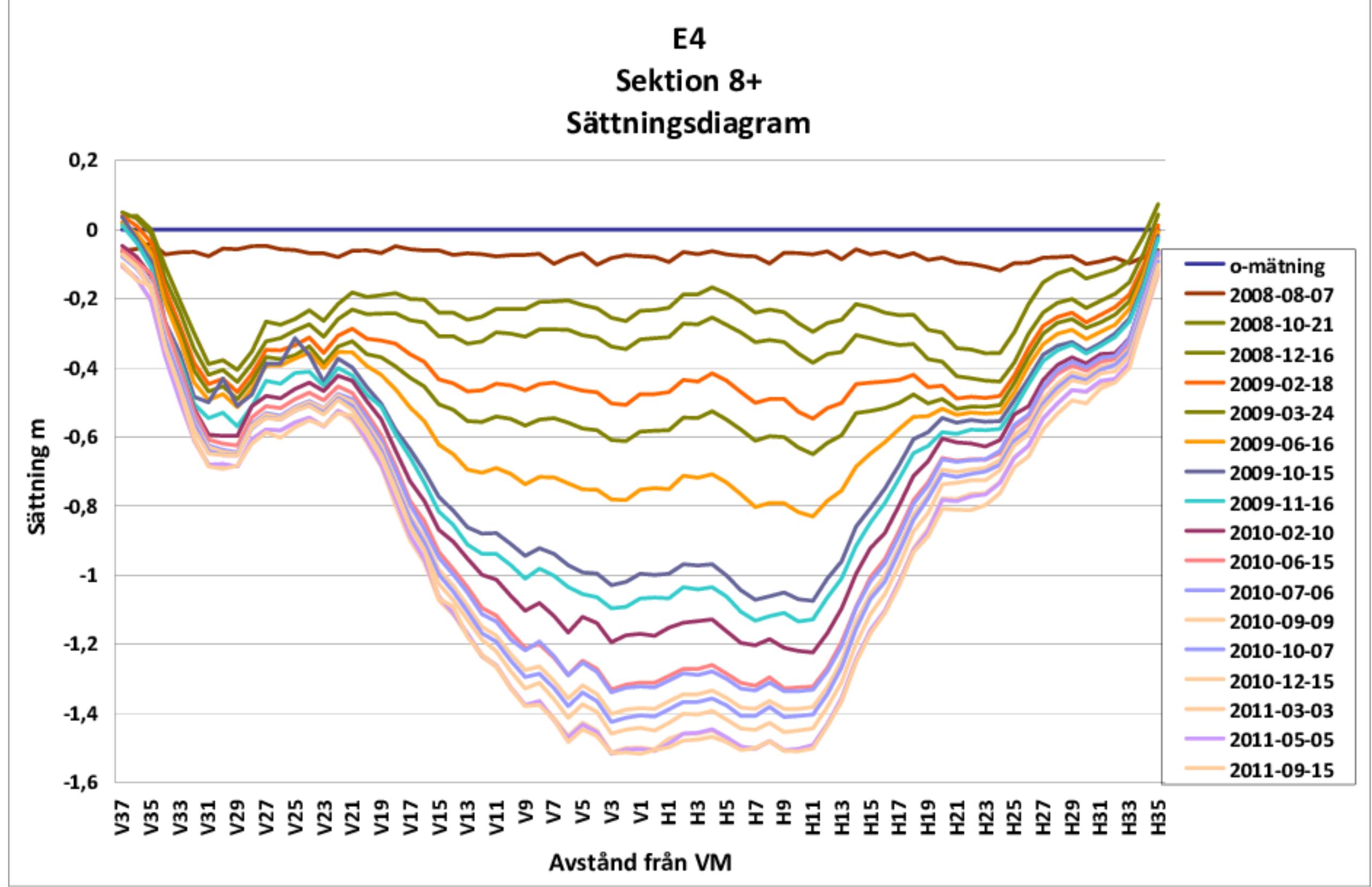
## 12.6.4 Mätning

Placera mätutrustningen stabilt på mätstativet så nära mätslangen som möjligt. Kontrollera utrustningen genom att kontrollmäta en känd höjd (finns vanligen på mätstativet). Nivåbestäm vätskeytan på mätutrustningen med avvägning eller på annat lämp ligt sätt. Sedan förs mätproben in i mätslangen till den yttersta mätpunkten som mäts när mätsignalen är stabil. Därefter upprepas förfandet genom att dra slangen till nästa mätpunkt vanligen 1 m från den tidigare mätta.

Mätförfarande kan variera något och hänvisas därför till utrustningsleverantörens beskrivning.

## 12.6.5 Redovisning

Resultaten från slangsätttningsmätning blir en nivåbestämning av varje mätpunkt längs slangen. Sättningsvärde erhålls genom att subtrahera aktuell mätning från värdet som erhållits vid referensmätning. I **Figur 12.17** visas exempel på resultat från slangsätttningsmätning utförd vid olika tidpunkter.



Figur 12.17 Exempel på resultat från mätningar under en vägbank.

## 12.6.6 Kontroll och kalibrering

Utrustningen kontrolleras inför varje mätning genom att mäta en känd höjd (finns vanligen på mätstativet).

Utrustningen kalibreras enligt leverantörens anvisningar.

## 12.7 Extensometer, översiktlig beskrivning

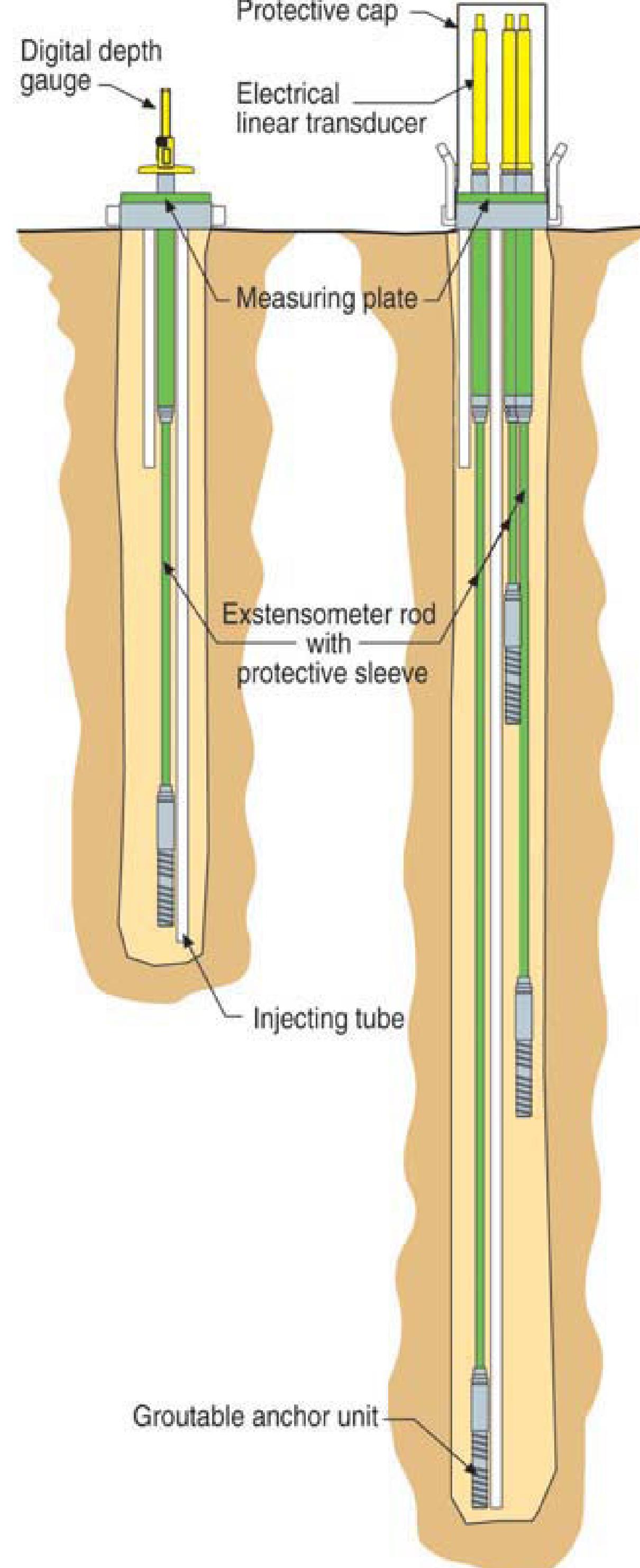
Med hjälp av extensometrar kan sättningar mätas mot djupet i såväl jord som berg. De används främst för mätning i fast jord och berg. Exempelvis används denna typ av mätning i både för mätning av dammkroppens sättning men också för rörelsemätning i underliggande berg. Vanligt är att metoden används för rörelsemätning vid olika typer av bergarbeten.

Principen baseras på att ett ankare installeras och fastgörs med hjälp av injektering eller expander i jord- eller bergprofilen. Ankaret är forbundet med en plastslang var i det installeras stänger av stål, invar eller glasfiber upp till borrhålets överyta. Här installeras ett speciellt mäthuvud som är förankrat med t.ex. en platta eller en fastgjutning i borrhålets överkant.

Installationen sker med hjälp av foderrörsborrning och utrymmet mellan ankarnas injektering fylls vanligen med torr sand för att borrhålet inte skall rasa ihop. Flera extensometrar, ca 7 st, kan placeras i samma borrhål.



Figur 12.18 Mätning av extensometer med såväl ett mikrometerskjutmått som potentiometer för elektrisk mätning.



Figur 12.19 Principen för installation och mätning av extensometer.

Vid mätning används en typ av mikrometerskruv eller så kan en elektrisk potentiometer installeras. Man mäter då rörelsen mellan ankaret och mäthuvudet, se **Figur 12.18**.

I **Figur 12.19** visas principen för installation och mätning av extensometer installerade i ett borrhål.

## 12.8 Inklinometermätning

### 12.8.1 Allmänt

Principen för inklinometermätning är att ett mätrör installeras i jorden till berg eller morän eller till 3 – 6 m djup under den nivå där ingen horisontalrörelse förväntas i jorden. Röret skall installeras så att det följer jordens eventuella rörelse. I lösa lerjordar sker detta genom att röret blir ett med jorden genom rekonsidering av jorden medan i friktionsjord och i fast lera sker det genom att röret injekteras fast i omkringliggande jord.

Mätning utförs genom att en mätkropp, inklinometer, förs ned och på vanligen varje 0,5 m eller 1 m utförs en avläsning av rörets lutning. Genom att upprepa mätningarna vid olika tidpunkter kan rörets lutningsändring bestämmas mellan olika tidpunkter. Integrering av rörets lutningsvärde på olika djup gör att rörets absoluta position kan bestämmas. Integration av lutningsändringar ger på samma sätt rörets relativt rörelse i tiden.

För att kunna mäta små rörelser används inklinometersonder där sensorerna har hög noggrannhet och därför ställs också stora krav på installation av mätrören och mätutrustning samt på de som utför mätningarna.

Mätningarna kan utföras både manuellt eller automatiskt. I det senare fallet installeras flera inklinometer med 1 – 3 m avstånd och kopplas till en registreringsutrustning som kan vara automatisk eller manuell genom att använda ett enkelt handinstrument eller logger, se avsnittet om automatisk mätning.

Inklinometermätning utförs i syfte att beräkna horisontalrörelse utifrån uppmätta lutningsförändringar på olika djup i en jordprofil. Behovet av sådana mätningar finns i t.ex. byggskede med djupa schakter eller för att kontrollera rörelser i en slänt i potentiella skredområden. Mätningar utförs också för att kontrollera rörelser i byggnadernas undergrund, broar och dammar samt i pålar och stödkonstruktioner.

### 12.8.2 Utrustning

#### Allmänt

Nedan ges en kort beskrivning av installation av inklinometerrör. För mer detaljerad information hänvisas till SGF Rapport 2:2006.

Beroende av bland annat installationsdjup, mätprincip och jordmaterial används olika typer av rör och installationssätt. Oberoende av rörtyp eller installationssätt ska rören ha följande funktioner och egenskaper:

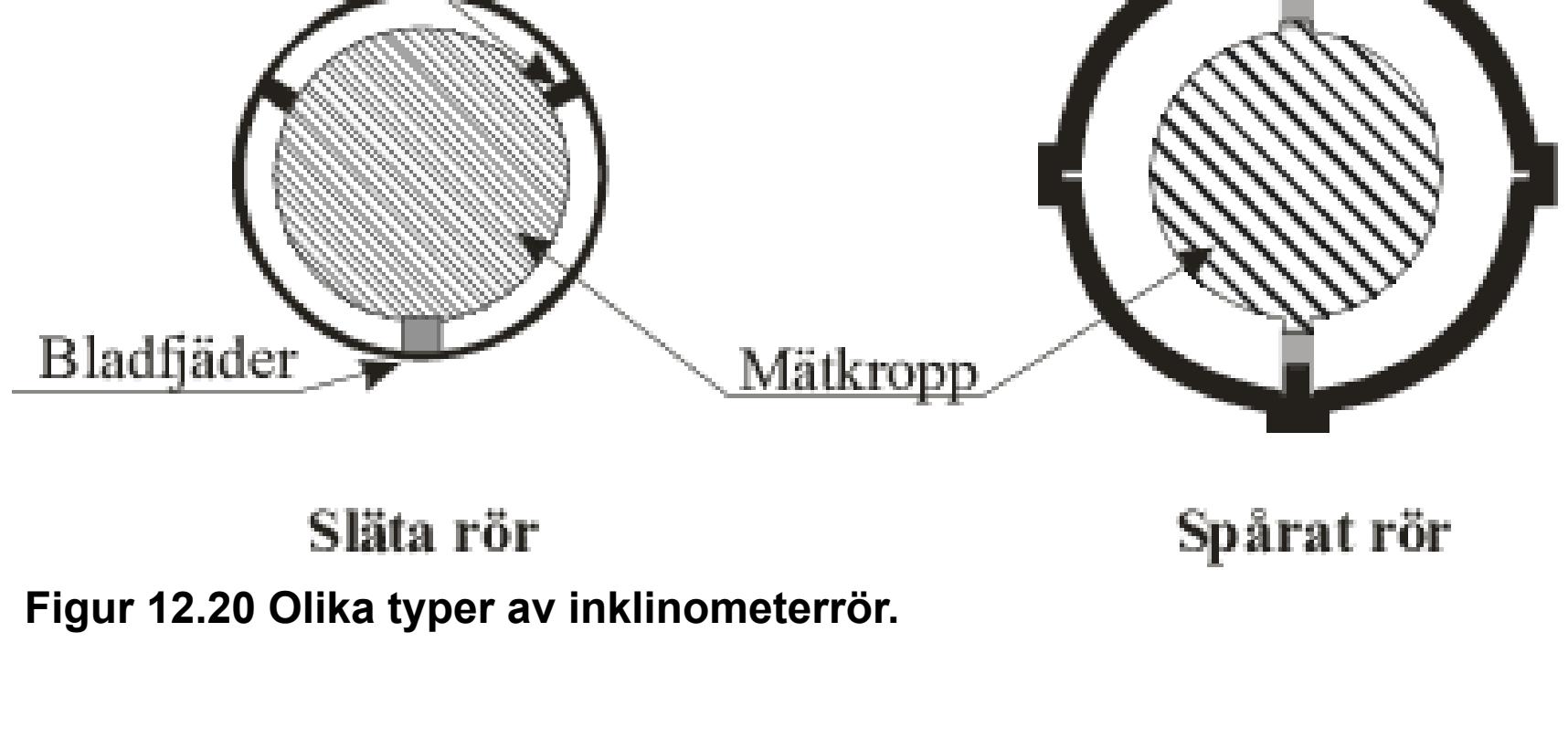
- Följa jordlagrens rörelse.
- Rör och skarvar är så täta att inget jordmaterial läcker in.
- Röret kan ta vertikala deformationer så att det inte knäcker ut.
- Skarvarna ska ha minst samma styvhetsgrad som röret.

- Rör och skarvar ska ha tillräcklig ringstyrhet så de inte trycks ihop vid eventuell injektering samt kan motstå aktuellt jordtryck.
- Röret ska skyddas från yttre påverkan
- Rörets beständighet ska vara tillräcklig för avsedd mätperiod.
- Rören ska inte ha större initial lutning än  $\pm 50$  mm/m, eller högst halva mätområdet hos tilltänkt inklinometerutrustning.

Installation av inklinometerrör skall generellt ske med hjälp av foderrörsborring och injektering. I vissa förhållanden kan andra sätt också ge en kvalitativt bra installation, se avsnitt av installation nedan.

## Mätrör

I Sverige har funnits en tradition att mäta i helt släta inklinometerrör av PVC-plast. I övriga världen har nästan uteslutande mätts i spårade rör, se **Figur 12.20**. Numera är de spårade rören även vanliga i Sverige.



**Figur 12.20** Olika typer av inklinometerrör.

De ospårade PVC-rör har vanligen 50 mm ytterdiameter och 42 mm innediameter. Även andra dimensioner kan förekomma. Dessa rör skarvas vanligen med utvändiga aluminiumhylsor som rillas på rören så att en helt slät invändig skarv erhålls.

De spårade rören förekommer i olika material och dimensioner men vanligast förekommande är rör av ABS-plast med 70 mm ytterdiameter och 60 mm innerdiameter, se **Figur 12.21**. Det förekommer dimensioner från ca 38 till ca 100 mm innerdiameter. Vanligen skarvas dessa rör med olika typer av snäppkopplingar.



**Figur 12.21** Olika fabrikat av spårade inklinometerrör.

Det förekommer också rör av aluminium, glasfiber, stål och i HDPE-plast (ej miljörör). De senare har den nackdelen att vid stora deformationer knäcks rören vid den gängade skarven. Mätrör av aluminium skall inte användas i jord då de kan oxidera och bli obrukbara.

Rörmaterialet skall ha tillräcklig styvhet för att ta upp rådande jordtryck utan att deformeras men samtidigt vara så pass vikt att det följer jordens deformation. Skarvar skall ha minst samma styvhet som själva rören, se **Figur 12.22**.

När sättning befaras i rörets installationsområde med risk för påhängskrafter på röret skall inklinometerröret kunna ta upp dessa rörelser vid sin spets och/eller i sina skarvar. Rören förses då med teleskopspets och tillräckligt med teleskopskarvar så att hela den förväntade sättning kan tas upp, se **Figur 12.23**.



**Figur 12.22 Skarvning med av inklinometerrör.**



**Figur 12.23 Exempel på teleskopskarv. Överst utdragen som vid installation och underst helt hoptryckt.**

## Borrutrustning

Beroende bland annat på jordmaterial, typ av rör och djup skall lämplig borrut-

rusning väljas. I fall med lös lera eller motsvarande jord är det tillräckligt med en vanlig tyngre geoteknisk bandvagn men vid fast jord eller stora djup kan större borriggar bli aktuella. Vid installation i fastare jord skall rören injekteras fast i omgivande jord.

Vid foderrörsborrning skall dimensionen på foderröret väljas så att störningszonen runt röret blir så liten som möjligt. Vidare bör foderrörets nedre del vara så utformad att inklinometerrörets eventuella utvändiga muffar inte fastnar vid uppdragning av foderröret.

Innersystemet skall vara styvt för att förhindra utknäckning eller böjning av röret vid installation samt väl rengjort innan det stoppas ner i inklinometerröret.

### 12.8.3 Installation Installationsförfarande

Installation sker i förborrade foderrör och inklinometerrören injekteras fast i samband med uppdragande av foderrören. Inklinometerrören trycks ner med hjälp av ett innersystem, som kvarlämnas tills injekteringen härdat. Injekteringen måste utföras genom att en injekteringssläng nedförs till botten av hålet och injekteringsbruket pumpas ut nerifrån och uppåt.

Genom att använda foderrörsborrning längs hela rörets längd säkerställs ofta de krav som är angivna ovan. Ett inklinometerrör får aldrig installeras med enbart tryckning på rörets topp. Lämpligen trycks röret ned samtidigt som ett innersystem trycker lika mycket mot rörets botten. Ett inklinometerrör får aldrig installeras med slag på själva röret.

I **lös lera** kan följande alternativa metoder användas:

Eventuell torrskorpelera eller fyllning genomborras med provtagningsskruv eller foderrör. Ett hål förborras i läget för installationen helst med rotationsborrning med spets, som är något mindre eller lika med rörets diameter. Därefter trycks röret tillsammans med ett innersystem ner till fast botten. Under nedpressningen skall tillses att inner- och yttersystem följs åt. Vid fastsättning av spetsen i bottenlager kan det bli nödvändigt att slå försiktigt på innersystemet i slutfasen av installationen.

Ett alternativ till detta förfaringssätt är att förborra med en pryl eller Jb-krona ned till spetsnivån. Vid förborrning är det viktigt att rotera under hela neddrifningen, detta för att få ett så rakt hål som möjligt. På så sätt får en hålanvisning i vilket röret senare trycks ned enligt förfarandet ovan.

I **fast lera och i silt ovan grundvattenytan** kan följande alternativa metodik användas:

Innan inklinometerrören installeras förborras jordprofilen genom borrning med jb-krona ner till fast botten. Vid risk för kollaps av borrhålet vid installationen erfordras att borrhålet säkras vid upptagning av borrhänger genom att fylla hålet med vatten eller injektering av en bentonit/cement-blandning. Vid lera bör hålet fyllas med vatten som smörjning och mothåll i borrhålet. Vid silt återfylls borrhålet med bentonit i samband med uppdragande av sondstängerna. Efter förborrningen trycks röret tillsammans med ett innersystem ner till fast botten.

För att fästa röret genom torrskorpa eller dylikt kan torr sand fyllas runt röret upp till markytan.

# Injektering

**Figur 12.24** visar en fastinjekterad inklinometerrör.

I **Figur 12:25** visas hur fastinjekteringen av ett foderrör går till. Hänvisningarna A, B och C återfinns i figuren.

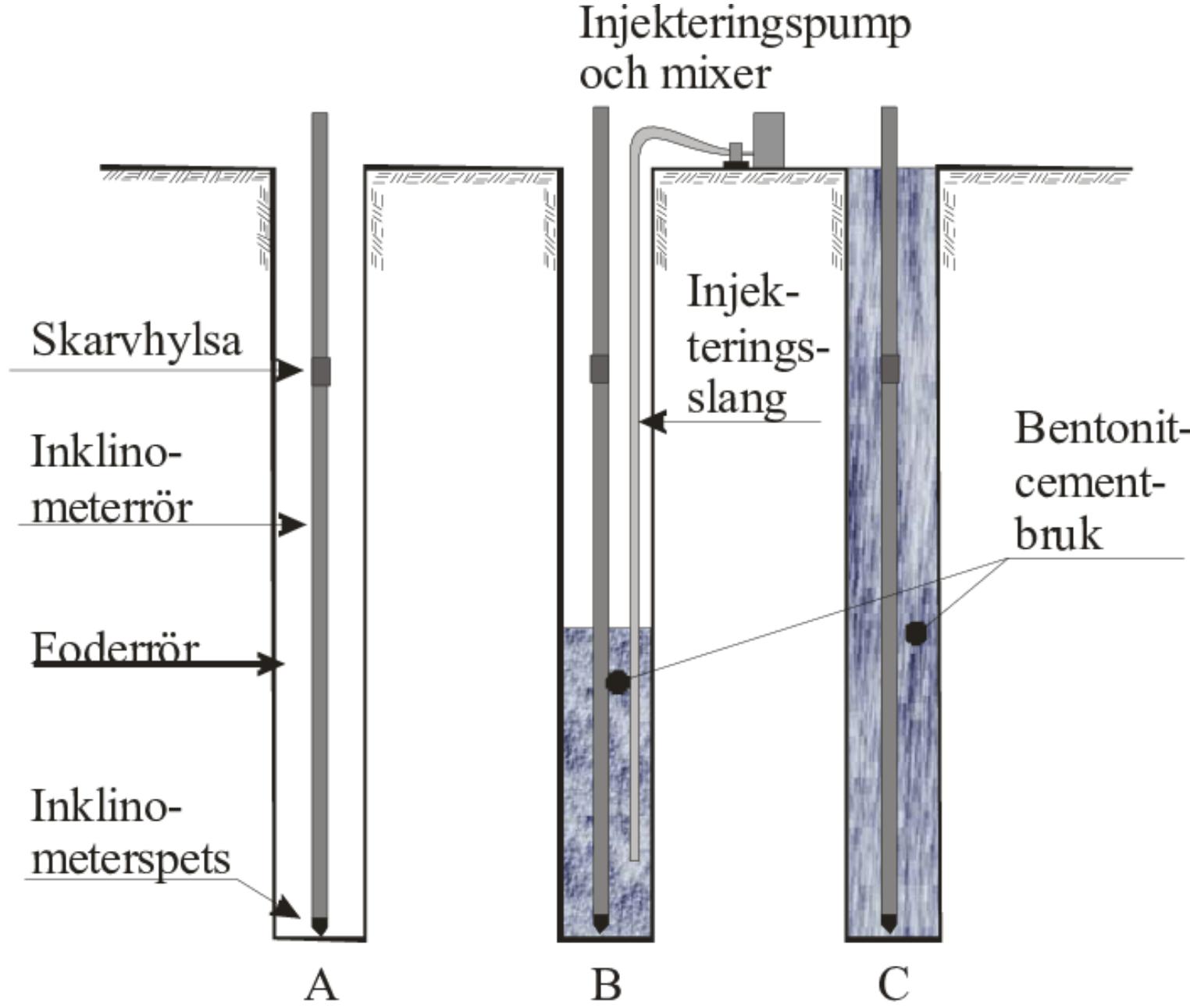
A. Ett inklinometerrör förs ned i foderröret under successiv skarvning. Mäträret skall efterhand vattenfyllas. Lämpligt är att också att samtidigt föra ned en injekteringssläng ner till botten av röret. För ner ett innersystem i inklinometerröret för att lägga på ett tryck ner mot spetsen.

B. När röret är på plats pumpas injekteringsbruk ner i hålet. Injekteringsslängen dras upp samtidigt som injekteringsbruket pumpas ut. Dock skall injekteringsslängen nedre ände alltid vara lokaliseras under injekteringens överyta. Injekteringsbruk fylls upp till foderrörets överkant och därefter dras foderrören successivt uppåt och injekteringsbruk fylls på efter hand.

C. Efter injektering förankras inklinometerröret så det inte flyter upp. Efter härdning kan injekteringsbruk eventuellt fyllas på uppifrån för att erhålla en god anslutning till torrskorpan eller ev. fyllning. Innersystemet dras upp och vatten i mäträret avlägsnas åtminstone ned till frostfritt djup.



**Figur 12.24 Bild på ett fastinjekterat inklinometerrör.**



**Figur 12.25 Principen för fastinjektering av ett inklinometerrör.**

## Alternativa injekteringsätt

Nedan anges tre olika alternativa injekteringssätt.

1. Först fylla foderröret med injekteringsmedel och sedan trycka ned inklinometerröret med ett innesystem. Det är viktigt att detta sker i en följd så att inte

injekteringsbruket härdar innan installationen är slutförd.

2. Injektering sker genom att en ventil monterad i inklinometerrörets botten.

3. Vid permeabel friktionsjord där inte injektering är möjlig ersätts injekteringen med återfyllning med torr ensgraderad sand. Det är mycket viktigt att beräkna erforderlig mängd sand och att fylla i sand allt eftersom foderröret dras upp. Om så inte sker måste foderröret skakas så att erforderlig mängd sand rinner ner. Detta förfarande måste utföras med stor omsorg men ger ofta en kvalitativt sämre installation som påverkar mätresultaten.

### Injekteringsbruk

Injekteringens egenskaper efter härdning ska om möjligt motsvara den omkringliggande jordens egenskaper. Normalt används en blandning av bentonit och cement enligt nedan.

Observera att recepten nedan baseras på *viktsandlar*.

#### *Recept 1*

fast jord (tryckhållfasthet ca 700 kPa och VCT = 2,5)

- 1 del cement
- 0,3 delar bentonit (max)
- 2,5 delar vatten

#### *Recept 2*

medelfast jord (tryckhållfasthet ca 300 kPa och VCT = 3)

- 1 del cement
- 0,35 delar bentonit (max)
- 3 delar vatten

#### *Recept 3*

lös jord (tryckhållfasthet ca 30 kPa och VCT = 6,6)

- 1 del cement
- 0,4 delar bentonit (max)
- 6,6 delar vatten

Det bör påpekas att detta inte är en exakt vetenskap utan baseras på praktisk erfarenhet. Teoretiskt ger små förändringar i VCT stora förändringar i hållfasthet. Blandning i fält kräver ordenlig utrustning och i övrigt bra förhållande för att få en homogen blandning. Skulle mixen bli mer hållfast än jorden får det som konsekvens att rörelsen fördelas över en längre sträcka på inklinometerröret.

Injekteringsmedlet tillreds genom att först blanda vatten med cement och där efter tillsätts bentonit. Det är VCT som styr hållfastheten. Bentoniten används för att inte blandningen skall separera och för att få en pumpbar mix. Bentonit tillsätts tills man får en krämig konsistens som är pumpbar. Maximalt bentonit enligt receptet får inte överstigas, mindre gör inget, dock styr bentoniten också injekteringsbrukets permeabilitet. Ju mindre bentonit desto högre permeabilitet. Bentonit och vatten får **aldrig** användas om det finns minst risk för att injekteringsbruket fryser innan det härdat, då separerar nämligen bentoniten från vattnet och faller till botten. För att förhindra frysning skall injekteringsbruket vintertid hållas frostfri och eventuellt får man lägga en isolering över borrhålet tills det härdat.

## 12.8.4 Mätning

**Figur 12.26** visar en fastinjekterad inklinometerrör. Rören för mätning med inklinometer är försedd med 4 spår med  $90^\circ$  delning. Mätkroppen placerades med referenshjulet i spår 1 och sänks till botten där första mätnivån bestäms vara första jämna 0,50 m över botten. Därefter utförs mätningar under successiv uppdragning var 0,50 m. När sista mätpunkten mätts vänds proben  $180^\circ$  och mätförfarandet upprepas. Vid denna andra mätning fås i registreringsutrustningen direkt en jämförelse och kontroll med första mätningen eftersom den uppmätta lutningsändringen på en nivå skall i princip vara lika med den som mättes med innan mätkroppen vreds  $180^\circ$  men med ombytt tecken.



Figur 12.26 Manuell mätning av ett inklinometerrör.

Vid den första referensmätningen rekommenderas att mätning görs även i spåren  $90^\circ$  och  $270^\circ$  i syfte att få en överbestämning av rörets absoluta position och därmed en möjlighet att vid eventuella framtida problem med att få ned proben i huvudriktningarna kan dessa alternativ spår användas som referensmätningar.

Mätning i släta rör tillgår i princip på samma sätt som för spårade med det undantaget att mätriktningen bestäms med en fast monterad gradskiva som orienteras med hjälp av fasta föremål i terrängen.

## 12.8.5 Redovisning

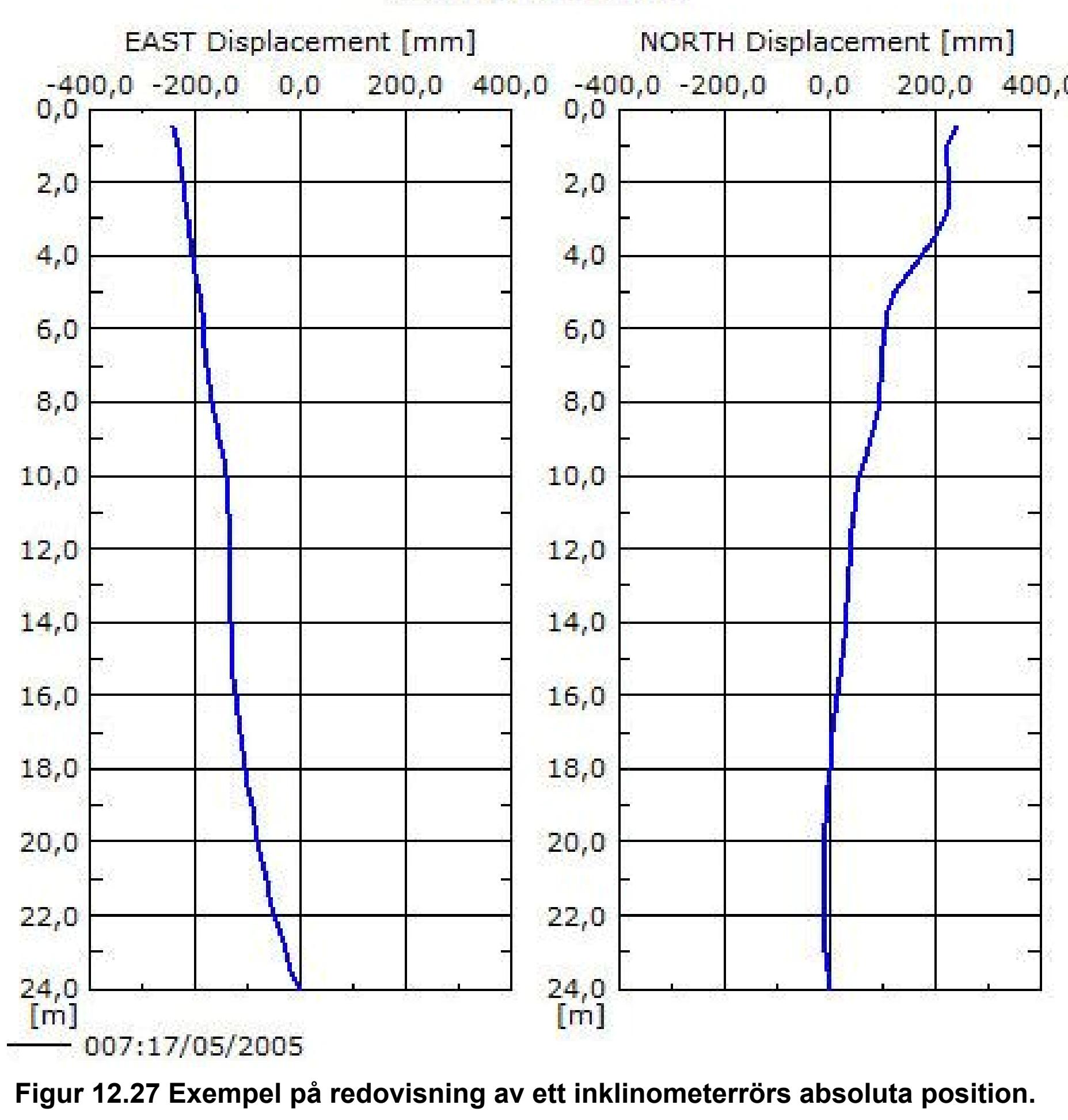
Redovisning av utförda installationer skall ske i härför avsett protokoll. I en bilaga i SGF-rapport 2:2006 finns exempel på ett sådant dokument.

Redovisningen ska minst innehålla följande information:

- Projekt.
- Rörbeteckning.

- Koordinater eller annan lägesinformation.
- Datum för installation.
- Borrigg och utförare.
- Typ och dimension, foderrör.
- Djup, foderrör.
- Typ och dimension på inklinometterrör.
- Antal använda rörlängder samt totallängd efter ev. kapning.
- Nivå på eventuella teleskopskarvar.
- Beräknad injekteringsvolym.
- Verklig injekteringsvolym.
- Bäring på huvudmätriktning i förhållande till norr.
- Kontrollerad med dummyprobe.
- Bedömning av genomborrad jord.

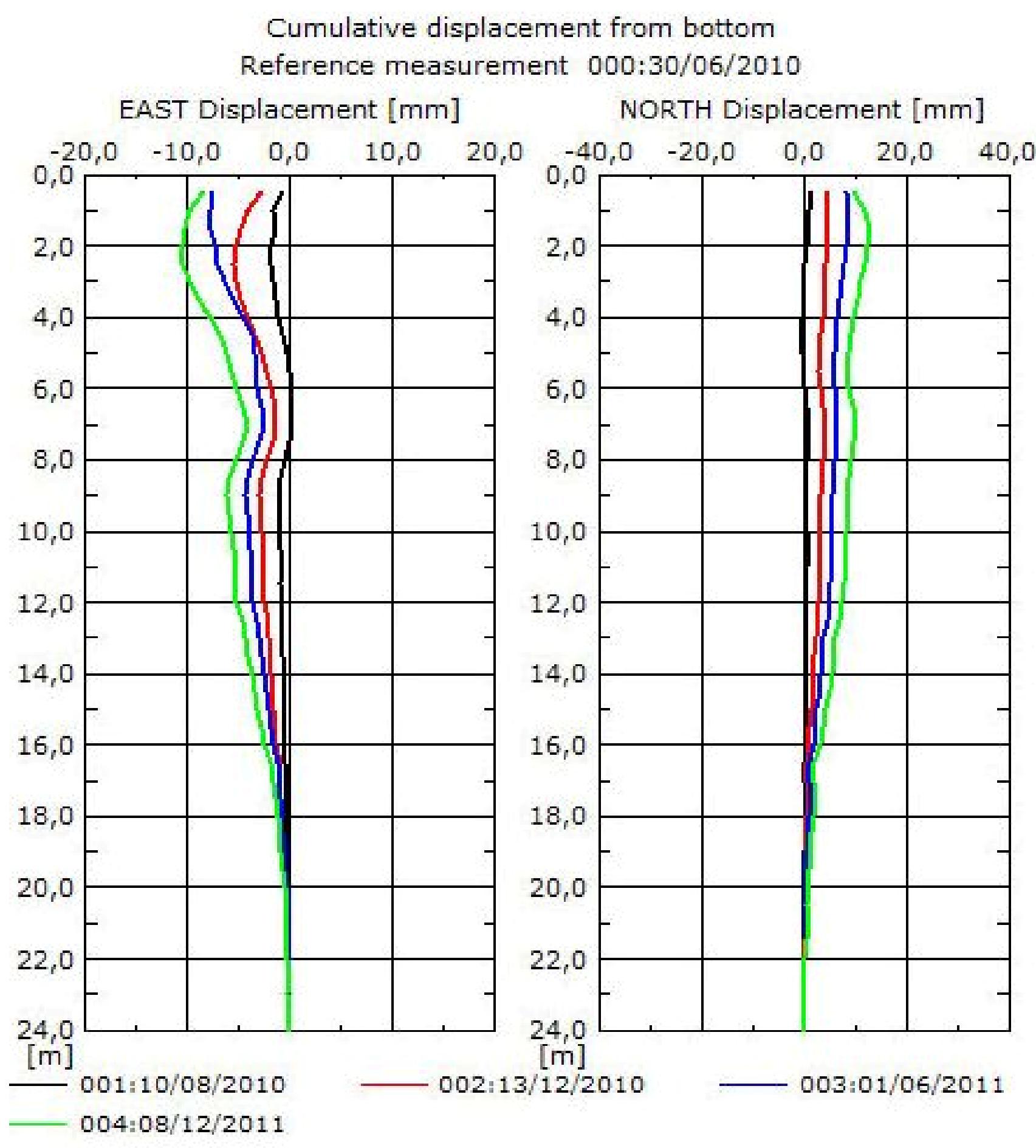
Efter första referensmätningen redovisas mätrörets absoluta position i de två mätriktningarna alternativt dess resultant samt dess riktning, se exempel **Figur 12.27**.



**Figur 12.27** Exempel på redovisning av ett inklinometterrörs absoluta position.

Observera att det är först efter första referensmätningen som det går att kontrollera om de lutningskrav som finns för installationen har innehållits.

Efter referensmätningarna utförs mätningar med den frekvens som bestämts. Exempel på en sådan redovisning framgår av **Figur 12.28**.



**Figur 12.28 Exempel på redovisning av inklinometermätningar.**

## 12.8.6 Kontroll och kalibrering

Efter att inklinometerröret har installerats bör det användas en dummy probe (utformad som mätproben men med utan elektronik) för att kontrollera att inga hinder finns i röret för framtida mätningar.

Kalibrering av såväl sensorer som mätenheter utförs i enlighet med leverantörens anvisning.

## 12.9 Kontroll K/C-pelare

### 12.9.1 Beskrivning

Pelarsondering är den metod som används för att kontrollera kalkcementpelares fasthet och homogenitet. Sonderingen utförs i princip som mekanisk trycksondering med en sond försedd med vingar som trycks ned i pelaren med sondspetsen i pelarcentrum och den totala neddrivningskraften registreras kontinuerligt.

Alternativt kan pelarsondering utföras med specialtillverkad sond som baseras på CPT-sondering där kraften mäts vid spetsen.

Metoden kan normalt användas utan större problem för pelare med en maximal längd av 8 m och med maximal skjuvhållfasthet ca 150 kPa. I längre pelare och i pelare med högre hållfasthet styr sonden ofta ur pelarna, speciellt om dessa saknar en central zon med låg hållfasthet som styr sondspetsen. Förborrning i pelaren kan skapa ett styrande centrumhål och öka det möjliga sondningsdjupet. Förborrning skall göras med enbart tryck och rotation. Pelarsondering med förborrning kan normalt utföras för pelare med skjuvhållfasthet upp till 300 – 350 kPa.

Pelarsondering kan också utföras som omvänt sondering vilket innebär att en förinstallerad vinge dras upp och den totala uppdragskraften registreras.

Pelarsondering används också vid kontroll av masstabiliseringade jordvolymer.

Kontroll av K/C-pelare skall utföras i enlighet med Svensk djupstabiliseringars rapport 17, Appendix C. I Trafikverkets TK Geo, bilaga B ges vissa avvikelse och förtydligande. Nedan ges en översiktig beskrivning av metoden med över- siktligt krav och utförande för vanlig pelarsondering.

## 12.9.2 Utrustning

### Borrugg

Borrugg skall ha en sådan tyngd att den inte förflyttas vertikalt eller horisontellt under sonderingen. Riggen skall ha minst 4 tons tryck- och dragkraft och ha en mast som är lätt att justera.

### Pelarsond

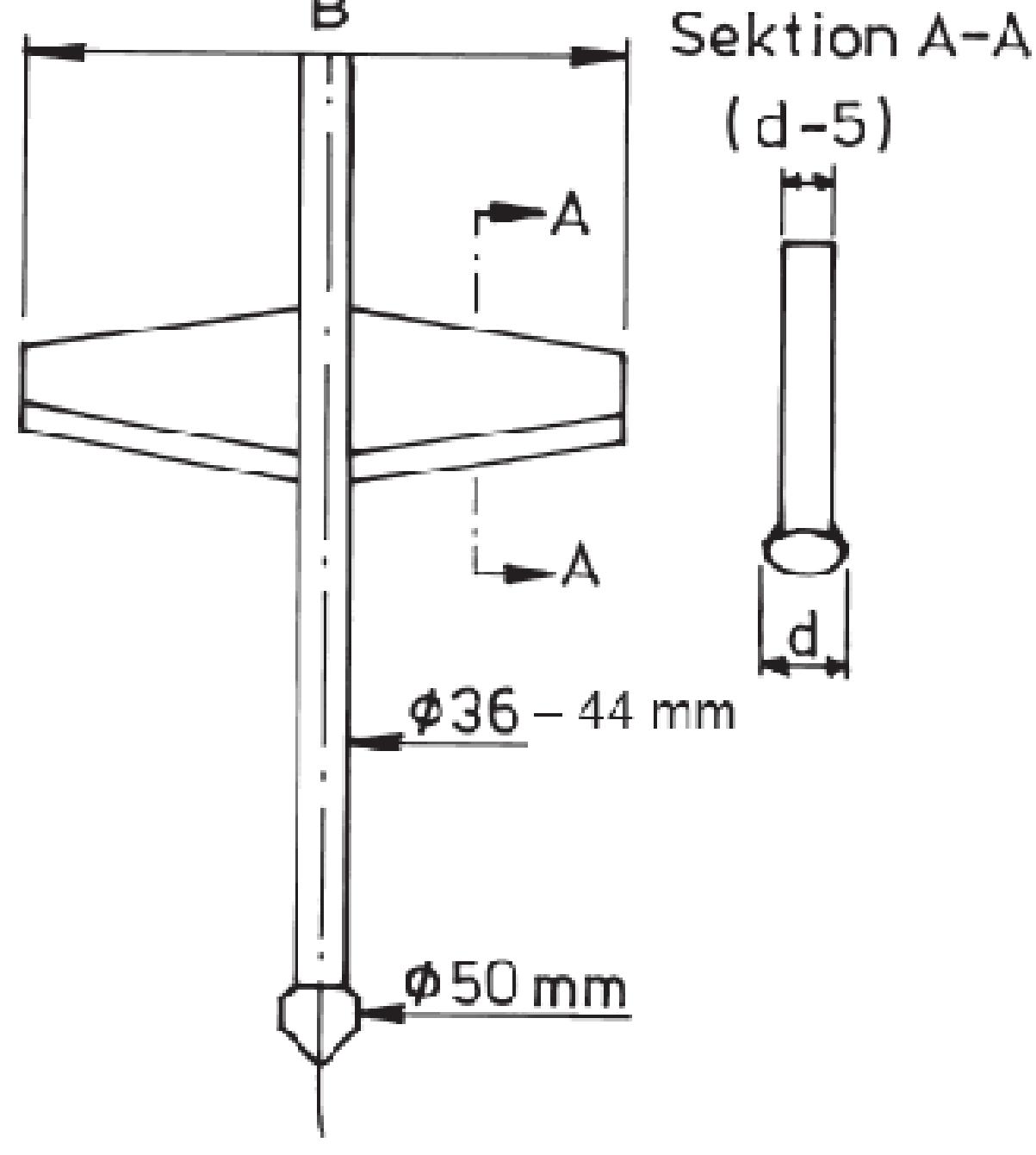
I **Figur 12.29** visas den geometriska utformningen med toleranser för en vinge som används för pelarsondering och i **Tabell 12.2** visas vilka dimensioner som skall väljas för olika pelardiametrar.

Pelarsonder med mindre dimensioner bör ha vingar med minst 15 mm tjocklek och bredd mellan 200-400 mm. I övrigt gäller samma mått och toleranskrav som för vanliga pelarsonder. Sondens bredd får inte vara mindre än 200 mm.

### Sondstänger

Sondstångens diameter skall vara i inter- vallet 36 till 50 mm. Ursprungligen har 36 mm stänger använts men numera an- vänds ofta geostänger med diametern 44 mm.

Vid förborrning skall sondstängerna vara styva och normalt används 44 mm geo- stänger. Diametern hos de stänger som används vid förborrningen skall alltid vara minst lika stor som sondstängerna vid den efterföljande sonderingen. För- borrningen kan utföras med enbart stänger, stänger med en konisk spets med 50 mm diameter eller med en borrkrona med diameter mellan 50 och 65 mm.



#### Toleranser:

Vingtjocklek  $\pm 0,5$  mm

Vingbredd  $\pm 10$  mm

Spetsdiameter  $\pm 2$  mm

Vid större avvikelse än ovan angivna toleranser skall vingens aktuella mått anges.

**Figur 12.29 Geometrisk utformning av pelarsond.**

Pelardiameter (mm)	Bredd, B (mm)	Tvärmått, d (mm)
500	400	20
600	500	15
800	600	15
Masstabilisering	400	20

**Tabell 12.2 Dimensioner för vinge vid olika pelardiametrar.**

## 12.9.3 Utförande

Pelare som skall provas markeras efter tillverkningen. Pelarens översta skall friläggas före sonderingen. Eftersom pelarsondering normalt kräver stora tryckkrafter behöver bandvagnen förankras. Vanligen används en grävmaskin som mothåll som ändå behövs på platsen för att schakta fram pelarna.

Vid behov utförs förborrning i pelarens centrum. Förborrningen skall utföras vertikalt och utan slag eller spolning.

Sonderingen ska utföras med en konstant penetrationshastighet  $20 \text{ mm/s}, \pm 4 \text{ mm/s}$ .

Utöver sonderingar i pelarna utförs normalt

5 – 10 % sonderingar i ostabilisering jord. Samma sond används som vid pelarsonderingen och utförs till samma djup som sonderingarna i pelarna. Avsikten är att få en jämförelse med pelarsonderingarna och att i sonderingar med enbart registrering av total neddrivningskraft kunna bedöma mantelmotståndet längs stängerna i pelaren.

För pelare med så hög hållfasthet att sonder med normala dimensioner inte kan tryckas ned, används mindre dimension på vingtjocklek och vingbredd. Med smala sonder får inte alltid representativa värden för medelhållfastheten i hela pelartvärsnittet. Förborrning i pelaren kan ytterligare öka det möjliga hållfasthetsområdet och sonderingsdjupet.

## 12.9.4 Redovisning

Redovisning utförs som enstaka borrhål och sammanställningar av sådana.

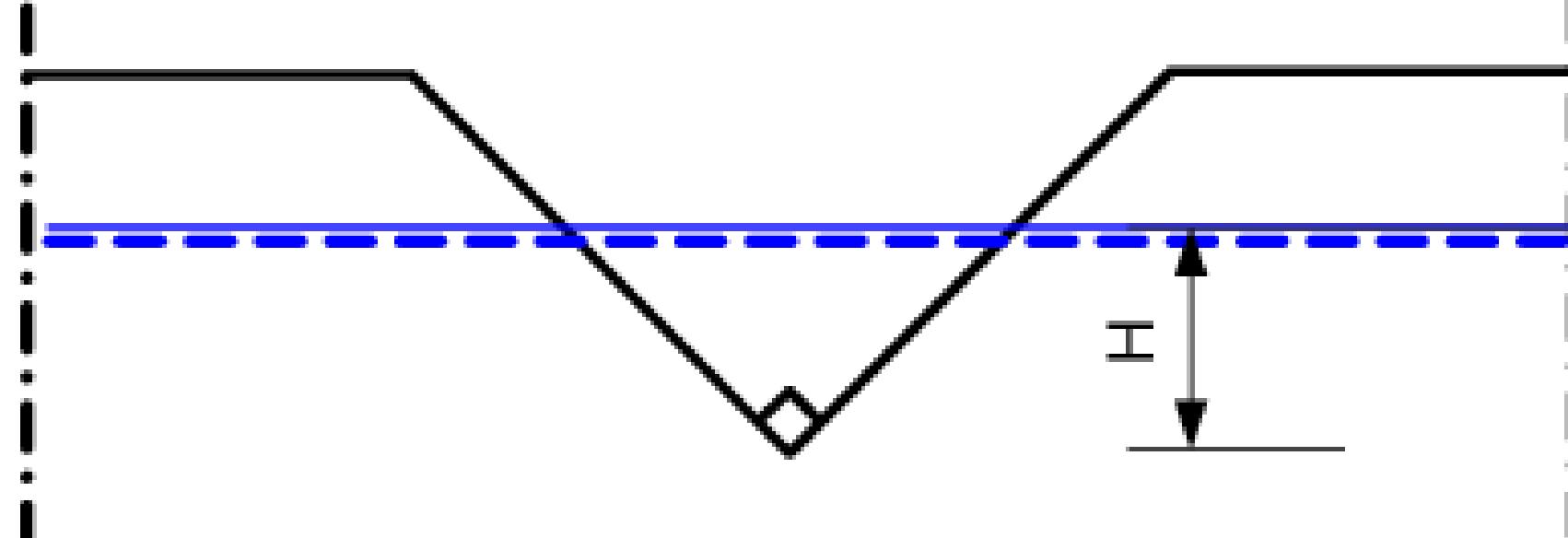
## 12.9.5 Kontroll och kalibrering

Bandvagnens kraftgivare alt. spetstrycksonden ska vara kalibrerad i det mätintervall som används vid pelarsonderingen.

## 12.10 Flödesmätning

Mätning av flöde är aktuellt i samband med dammar, deponier och vid provpumpingar och grundvattensänkningar. Flödesmätningar kan göras kontinuerligt med summerande vattenmätare eller med ett mätöverfall. Stickprovsmätningar kan också utföras enkelt genom att vattnet fylls i ett kärl med känd volym parallellt med tidtagning. I detta kapitel beskrivs endast mätöverfall, vanligen av typ Thomson, se **Figur 12.30**.

Mätöverfall, Typ Thomson



Figur 12.30 Mätning av flöde, Thomson överfall.

Överfallet monteras så att allt läckagevatten rinner genom mätöverfallet. I ett

Thomsonöverfall är spetsens vinkel 90 grader. Utformningen innebär att mätning kan utföras av såväl små som stora flöden med god och tillräcklig noggrannhet.

Genom att mäta höjden H kan sedan flödet beräknas approximativt med följande samband.

$$Q = 0,0137 \times \left( \frac{H}{10} \right)^{\frac{5}{2}}$$

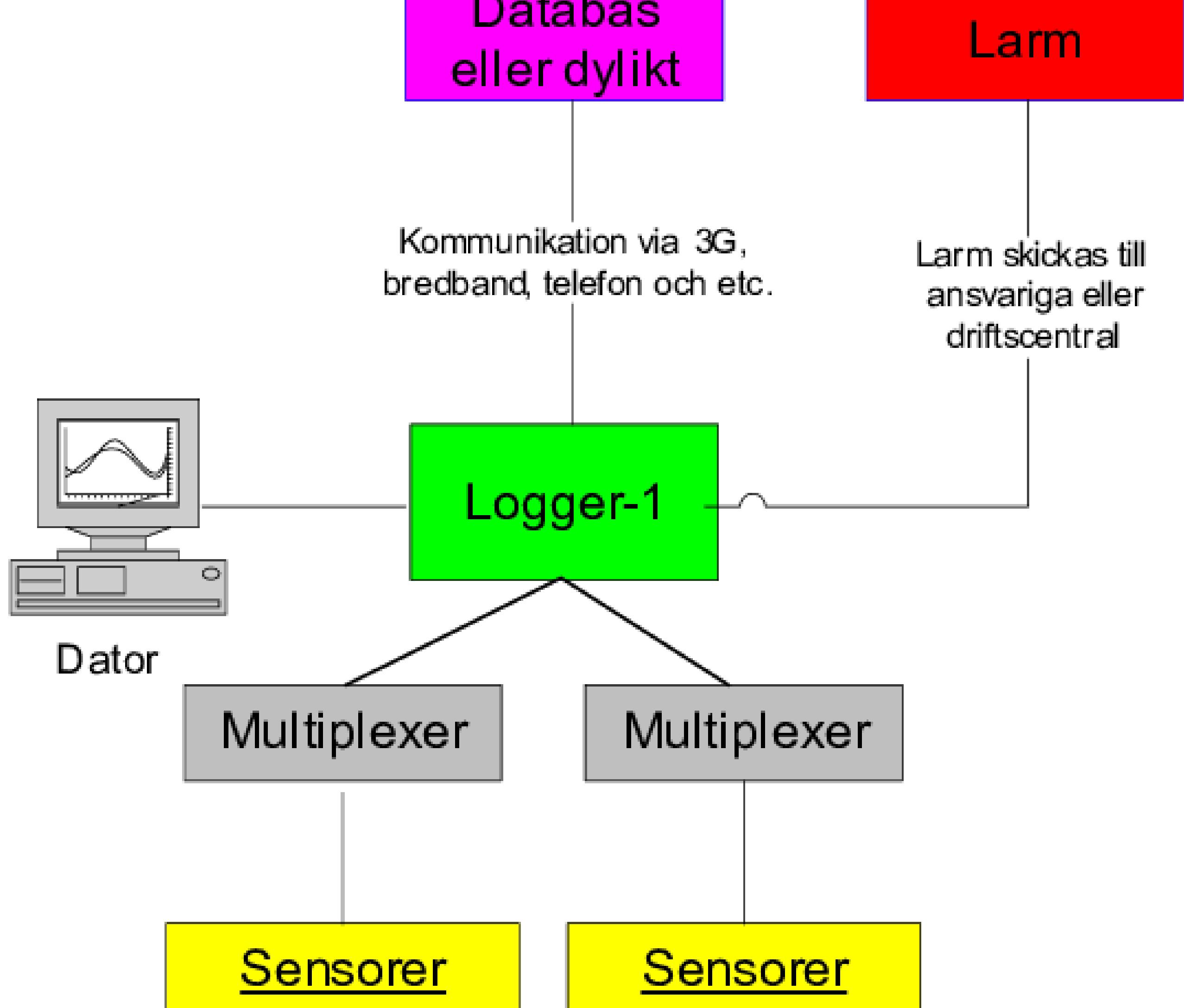
där Q är flödet i liter per sekund och H är överfallshöjden i millimeter.

Höjden på mätöverfallet kan varieras men vanligt är 0,6 m. Ett sådant kan mäta flöde upp till ca 380 l/s. En höjd på 100 mm innebär ett flöde på ca 4 l/s.

Mätning av höjden H kan utföras manuellt med typ tumstock eller i ett automatiskt mätsystem med hjälp av noggranna trycksensorer eller ultraljudsmätare.

## 12.11 Automatisk mätning

I samband med kontroll och övervakning på byggarbetsplatser, dammar och potentiella skredområden har det blivit vanligt med automatiska mätningar med dataöverföring till databaser. Speciellt är det vanligt när det finns krav på larm när t.ex. rörelserna blir för stora.



Figur 12.31 Principiella uppbyggnaden av ett automatiskt mätsystem.

Idag finns sensorer att ansluta till automatiska mätningar för alla typer av mätningar inom geotekniken. Således kan t.ex. mätningar av sättningar, horison-

talrörelse, porttryck, GW-nivå och vattennivå och flöden utföras med automatiska mätsystem. Dessutom kan buller och vibrationer mäts men kräver speciella datainsamlingssystem.

Uppbyggnaden av automatiskt mätsystemet skall vara robust och vara uppbyggt av moduler som är lätt utbytbara. Systemet skall vara flexibelt och klara klimatet på platsen. Dessutom skall det vara lätt att förändra omfattningen av antal ingående sensorer. Dessutom skall i mätsystemet ingående komponenter vara väl dokumenterade både vad gäller tekniska specifikationer, installationssätt och handhavande.

I **Figur 12.31** visas den principiella uppbyggnaden av ett mätsystem. Idag finns många olika tekniska lösningar tillgängliga men nedan redovisas kortbara principer och funktion av de olika komponenterna i ett dylikt system.

Utgångspunkten är att alla sensorer (givare) skall vara elektriska eller optiska. Alla sensorer måste vara kalibrerade så att förhållandet mellan elektrisk utsignal och tekniska enheter är känt. Vanliga elektriska signaler från sensorer som förekommer är 4 – 20 mA (current loop), mV (bryggkoppling) eller svängande sträng, frekvens i Hz eller Hz<sup>2</sup>/1000. Det senare är vanligen linjärt proportionell mot t.ex. tryck eller deformation.

Kablar för mätsystemet skall väljas med omsorg och i de flesta fall skärmade kablar användas och de skall vara dimensionerade för sitt ändamål. Kablar skall skyddas väl för påverkan från omgivningen genom placering i nedgrävda kabelrör. Totala kabellängden bör optimeras genom att sätta fler loggar eller multiplextorer. Idag finns möjligheter att trådlöst överföra data mellan logger och dator eller internet direkt.

Sensorerna ansluts till en logger alternativt om det finns många sensorer via en multiplexer till en logger. Multiplexer som ibland förkortas MUX, är en enhet som växlar automatiskt mellan de olika anslutna sensorerna. På så sätt kan en mätkanal i loggern mäta flera sensorer. Loggern som egentligen är en primitiv dator kan programmeras så att elektriska signaler omräknas till tekniska enheter, mätfrekvens, larm och kommunikation med databaser och lagringsintervall av mätvärdena. Mätutrustning skall placeras i apparatskåp som skyddar för såväl väder som mekanisk påverkan, se **Figur 12.32**.



**Figur 12.32** Samma mätskåp vid olika årstider. Skåpet innehåller logger, multiplexor, kommunikationsutrustning och strömförsörjning samt värmeelement.

En ordinär PC kan ofta anslutas till loggern som då kan programmeras via dena. I PC:n kan mätvärde lagras och visa dem på skärmen i form av tabeller eller diagram. Detta är ett bra hjälpmittel t.ex. på en arbetsplats där behov finns att följa mätningarna.

Logger eller mätdator kan också slå larm när vissa mätvärde överskrider förprogrammerade nivåer. Vem som ska vara mottagare av larm är bestämt på förhand, vanligen via upprättat kontrollprogram, och larmet kan t.ex. skickas till en dator, mobiltelefon eller personsökare.

Det finns möjlighet att skicka mätvärde till en extern databas som ofta ligger på internet. På detta sätt kan personal som inte finns på plats ta del av mätvärden och utvärdera dessa.

# 13. Beteckningsblad och fältprotokoll

Bilaga nr: Beskrivning

- 13:1 Beteckningsblad enligt IEG TD 13:2010
- 13:2 Exempel på fältdagbok från IEG TD 2:2010
- 13:3 Exempel på fältprotokoll från IEG TD 2:2010, Spetstrycksondering
- 13:4 Exempel på fältprotokoll från IEG TD 2:2010, Viktsondering
- 13:5 Exempel på fältprotokoll från IEG TD 2:2010, Dynamisk sondering
- 13:6 Exempel på fältprotokoll från IEG TD 2:2010, Jb-1, manuell
- 13:7 Exempel på fältprotokoll från IEG TD 2:2010, Jord- bergsondering
- 13:8 Exempel på fältprotokoll från IEG TD 2:2010, SPT
- 13:9 Exempel på fältprotokoll från IEG TD 2:2010, Fältvingförsök
- 13:10 Exempel på fältprotokoll från IEG TD 2:2010, Ostörd provtagning
- 13:11 Exempel på fältprotokoll från IEG TD 2:2010, Störd provtagning
- 13:12 Exempel på fältprotokoll från IEG TD 2:2010, GW- & portrycksgivare
- 13:13 Exempel på fältprotokoll från IEG TD 2:2010, Arbete på vatten
- 13:14 Ostörd provtagning, beskrivning och förklaringar
- 13:15 Protokoll för dokumentation av provgropsundersökning, VV 2006:59

## Berg och jord beteckningsblad

Detta beteckningsblad är en kompletterad version av den översättningsnyckel mellan SGF/BGS beteckningssystem och SS-EN 14688-1 som IEG presenterade i rapport 13:2010. Det kompletterade beteckningsbladet är utgivet av SGF.

Denna revidering avser komplettering med de engelska uttrycken och mindre redaktionella tillägg, i övrigt identiskt med tidigare version

<i>Huvudord</i>		<i>Tilläggsord – före huvudord</i>		<i>Skikt/lager – efter huvudord</i>	
EN <sup>1</sup>	SGF <sup>2</sup>	EN	SGF	EN	SGF
Ro	B	rock	berg	bo	blockig
Bo	Bl	boulder	blockjord	bl	boulder-bearing
FrRo	Br	fragmented rock	rösberg	dy	dy-bearing
Dy	Dy	dy	Missänkt förorenad jord	dy	dyig
Cs	Cs	suspected	enligt rutinbedömning i	cs	lokalt
		contaminated soil	fält		förekommande
		according to routine			föreningar
		field evaluation			
Mg	F	made ground	fyllning	gy	gyttjig
Gy	Gy	gyttja	gyttja	( )	något, t ex (sa) =
Gy/Ci	Gy/Le	Contact gyttja and clay (gyttja above/clay below)	Kontakt gyttja överst, lera underst	( )	något sandig
Gr	Gr	gravel	grus	gr	grusig
So	J	soil	jord	gr	gravel layer
Cl	Le	clay	lera	cl	clay layer
Ti	Mn	till	morän	le	lerskikt
Bo/Ti	Bi/Mn	boulder till	block- och stenmorän		
Co/Ti	St/Mn	cobble till	stenmorän		
Gr/Ti	Gr/Mn	gravel till	grusmorän		
Sa/Ti	Sa/Mn	sand till	sandmorän		
Si/Ti	Si/Mn	silt till	siltmorän		
CTi	Le/Mn	clay till	lermorän (moränlera)		
Hu	Mu	humus	mulljord (mylla, matjord)	hu	humus-bearing
Sa	Sa	sand	sandig	sa	sandy
Si	Si	silt	siltig	si	silty
Sh	Sk	shells	med skal	sk	shell-bearing
ShGr	SkGr	shell gravel	skalgrus		
ShSa	SkSa	shell sand	skalsand		

<sup>1</sup> SS-EN 14688-1 nu gällande system med gällande nationella kompletteringar  
<sup>2</sup> SGF/BGS beteckningsblad 2001 (åldre system)

## Bilaga 13:1

<b>Huvudord</b>		<b>Tilläggsord – före huvudord</b>		<b>Skikt/lager – efter huvudord</b>	
EN	SGF	EN	SGF	EN	SGF
Co St	cobbles	stenjord	st	co	co
Su Su	sulphide soil	sulfidjord	st	su	st
SuCl SuLe	sulphide clay	sulfidlera	su	sulphide	su
SuSi SuSi	sulphide silt	sulfidsilt			
SuoX Suox	oxidized sulphide soil	Sulfatjord = Oxiderad sulfidjord			
Pt T	peat	tory	pt	t	pt
Ptf Tf	fibrous peat	lägförmultnad tory (tidigare benämnd flittory) (eng. fibrous)		peat-bearing	t
Ptp Tm	pseudo-fibrous peat	mellanstor (eng. pseudo-fibrous)		torvhalrig	
Pta Th	amorphous peat	högförmultnad tory (tidigare benämnd dytory) (eng. amorphous)			
Pr Vx	plant (wood) remains	växtdelar (trärester) (eng. remains)	pr	vx	pr
		containing plant remains		layer of plant remains	vx
		med växtdelar			

Tilläggsord som beskriver ingående underfraktioner (t.ex. sandigt grus saGr, grusig lera grCl) skrivs med gemener. Underfraktioner ska placeras som adjektiv i den ordning intill huvudordet som visar deras respektive betydelse. Skiktad jord skrivs med understrukna tilläggsord med gemener efter huvudordet, (t.ex. grusig lera med sandskikt grCl sa). Huvudfraktionen ska för klarhetens skull angis med versal begynnelsebokstav. Fyllningens innehåll skrivs ut i klartext på engelska efter kolon tecken t.ex. Mg-asphalt, brick,

<b>Kompletterande beteckningar</b>					
EN	SGF	EN	SGF	EN	SGF
dc t	dry crust	(efter huvudord)	v	varved, e.g. vCl =	varvig, t ex vLe =
		torrskorpa, t ex Let och Sitt = torrskorpa av lera resp. silt. Exempel Cldc, Sdclc	v	varved clay (the term should be reserved for glacial deposits)	varvig lera (betekningen varvig bör förbehållas glaciala avlagringar)
ox	ox	torrskorpa av sulfidjord (oxiderad)	:	Made ground: consist of	Fyllning: bestående av

Mineraljordarter delas in i fin, mellan och grov exempelvis:  
Mellangrus Medium gravel  
Fingrus Fine gravel  
Grossand Coarse sand  
  
något lerig siltig sand med tunna siltskikt  
stenig grusig sandmorän  
Oxiderad siltig torrkörpesulfidlera  
Fyllning av sand silt och tegel

Exempel på andra benämningar:  
Fine sand  
Coarse silt  
Fine silt

FSa  
CSi  
FSi

Bilaga 13:2

## Geotekniska fältundersökningar

## Dagbok



Företag AB

## Bilaga 13:2

## Dagbok, forts.

## Geotekniska fältundersökningar

Uppdragsnummer	HJ	Uppdrag	KP	Undersökningspunkt	HK

### Utförda undersökningspunkter

## Skiss, noteringar m m

Företag AB

## Sonderingsprotokoll

## **Spetsstryckssondering**



Företag AB

**Spetsstryckssonering, forts.**

**Sonderingsprotokoll**

Uppdragsnummer	HJ	Uppdrag	KP	Undersökningspunkt	HK
Skiss				K	

Företag AB

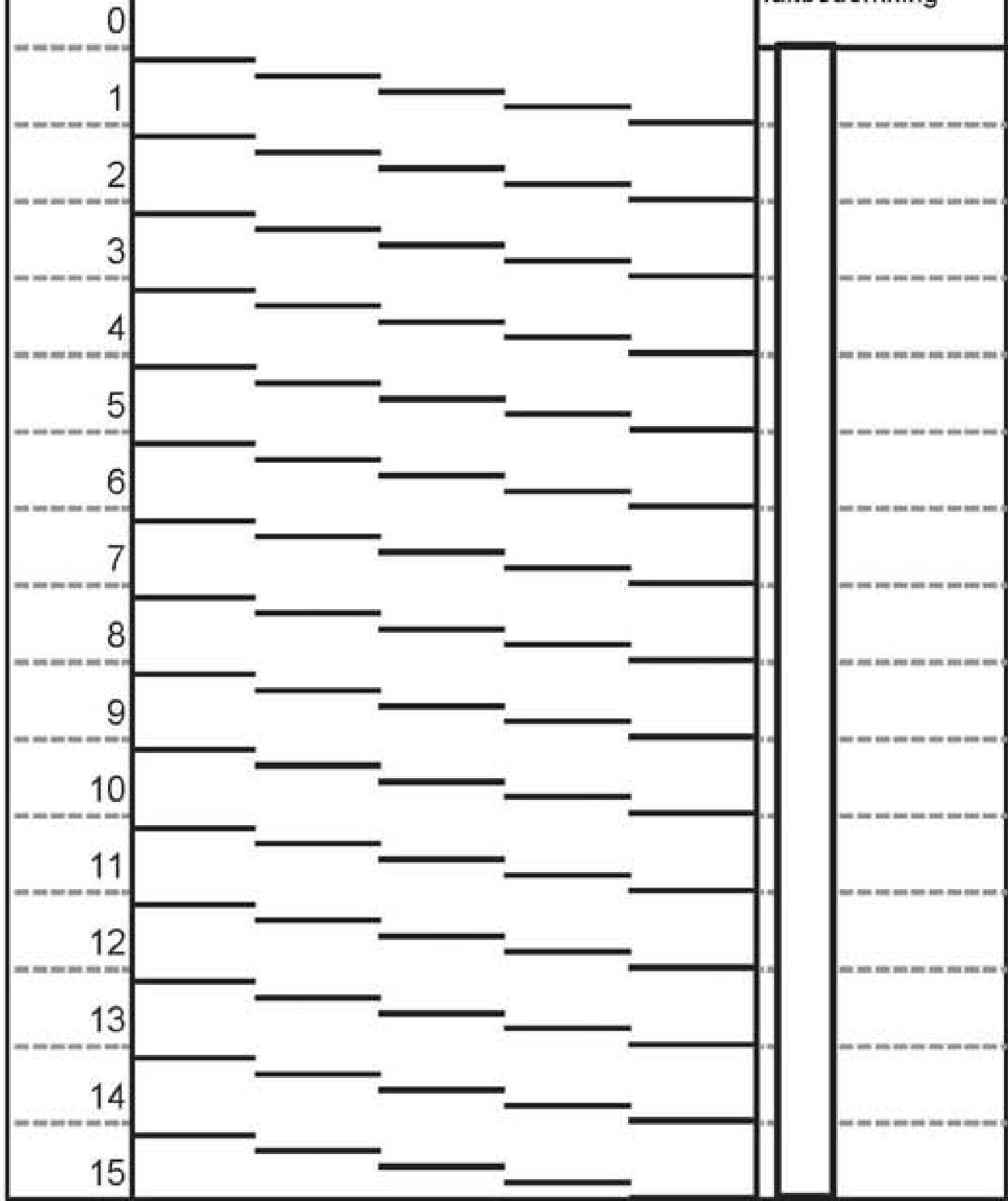
## Sonderingsprotokoll

## Viktsondering

Uppdragsnummer	HJ	Uppdrag	KP	Undersökningspunkt	HK
Positionering/inmätning		<input type="checkbox"/> Mäts i annan ordning <input type="checkbox"/> Se separat plan <input type="checkbox"/> Se skiss		Datum	KD
Sekt:	HH	Sida:	HV/HL	Z:	HZ
Borrigg	T	Utrustning		Utförande på vatten	Utförd av
Foderrör (φ)		Foderrör (m)		Aterfyllning (mtrl)	Undersökningsmetod HM
Stänger (φ)					<input type="checkbox"/> Vi <input type="checkbox"/> Vim
Förborrning (m)	HO	Startdjup sondering	AN	Slutdjup sondering	AO
					Stoppkod

Sonderingsresultat Halvvarv/0,2 m, vikt för friskjunkning alt. slag

Djup	x,2	x,4	x,6	x,8	x,0	Jordart, fältbedömning	Anm.
------	-----	-----	-----	-----	-----	---------------------------	------



Avbrott under arbetet, avvikelse från standard, kommentarer, markskada m m

K

**Bilaga 13:4****Viktsondering, forts.****Sonderingsprotokoll**

Uppdragsnummer	HJ	Uppdrag	KP	Undersökningspunkt	HK
Sonderingsresultat	Halvvarv/0,2 m, vikt för friskjunkning alt. slag				
Djup	x,2	x,4	x,6	x,8	x,0
15					Jordart, fältbedömning
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

Skiss

Företag AB

Bilaga 13:5

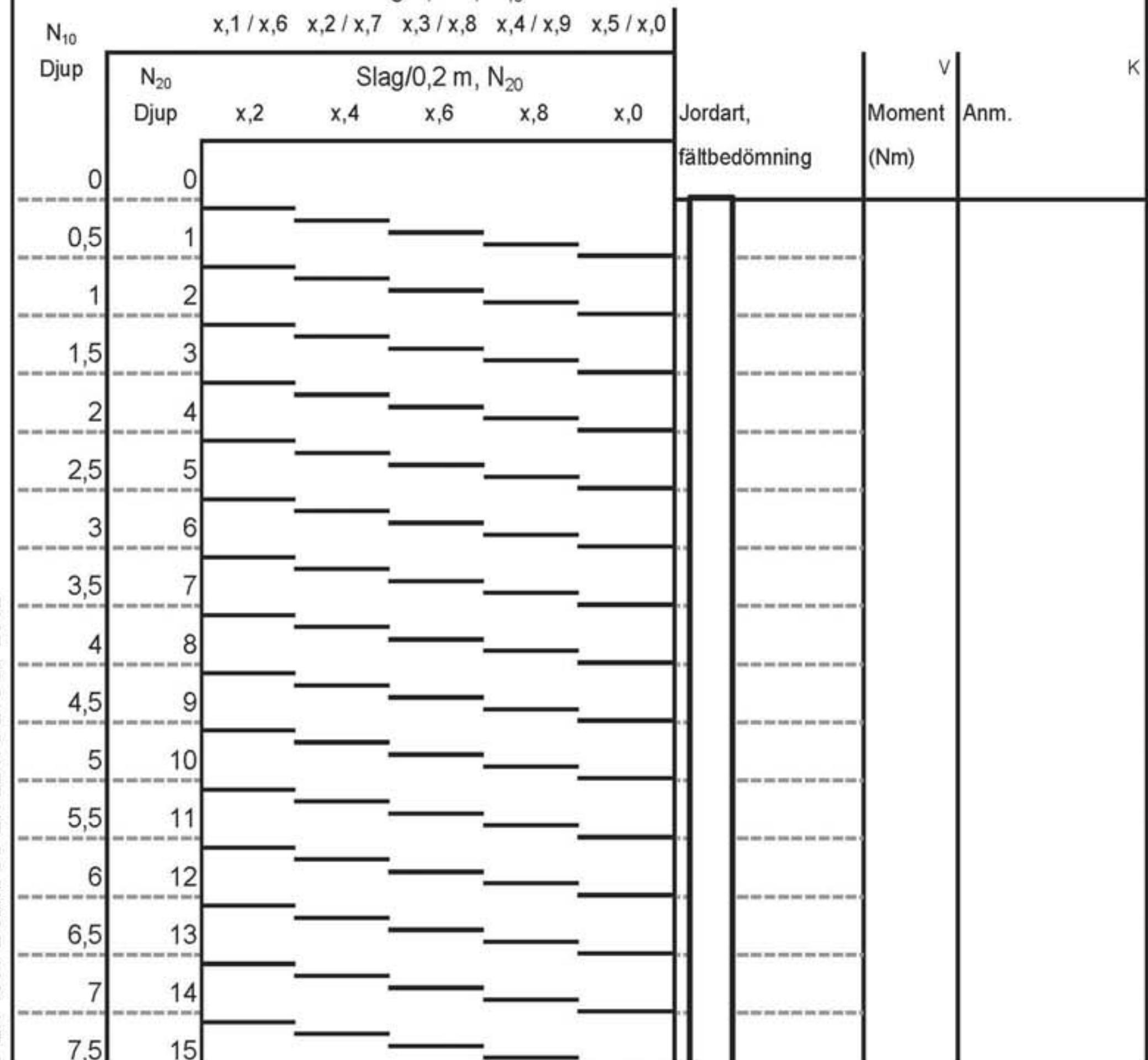
Sonderingsprotokoll

Dynamisk sondering

Uppdragsnummer	HJ	Uppdrag	KP	Undersökningspunkt	HK
<b>Positionering/inmätning</b>		<input type="checkbox"/> Mäts i annan ordning <input type="checkbox"/> Se separat plan <input type="checkbox"/> Se skiss		<b>Datum</b>	<b>KD</b>
Sekt:	HH	Sida: HV/HL	Z:	HZ	
<b>Borrigg</b>	T	<b>Utrustning</b>	<b>Utförande på vatten</b>	<b>Utförd av</b>	<b>HQ</b>
<b>Foderrör (φ)</b>		<b>Foderrör (m)</b>	<b>Undersökningsmetod</b>		<b>HM</b>
			<input type="checkbox"/> DPL <input type="checkbox"/> DPM <input type="checkbox"/> DPH <input type="checkbox"/> DPSH-A <input type="checkbox"/> DPSH-B		
<b>Stänger</b>		<b>Slagdyna</b>	<b>Återfyllning (mtr)</b>	<b>Djup vattenyta i borrhål</b>	<b>HG</b>
<input type="checkbox"/> Hålade		<input type="checkbox"/> Lös <input type="checkbox"/> Fast			
<input type="checkbox"/> Massiva		<b>Kon</b>	<b>Mellanlägg</b>		
Stångvikt:	kg/m	<input type="checkbox"/> Lös <input type="checkbox"/> Fast	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej		
<b>Förborrnning (m)</b>	HO	<b>Startdjup sondering</b>	<b>Slutdjup sondering</b>	<b>AO</b>	<b>Stoppkod</b>

Sonderingsresultat

Slag/0,1 m,  $N_{10}$



Avtrott under arbetet, avvikelse från standard, kommentarer, markskada mm

Provning utförd enligt SS-EN 1997-2 samt SS-EN 22476-2 /SGF 2012

Filnamn - digitalt sonderingsresultat

GW-rör eller Pp installerat

Se separat protokoll

Se baksida



Företag AB

Bilaga 13:5

Dynamisk sondering, forts.

Sonderingsprotokoll

Uppdragsnummer	HJ	Uppdrag	KP	Undersökningspunkt	HK
Sonderingsresultat		Slag/0,1 m, N <sub>10</sub>			
N <sub>10</sub>		x,1 / x,6 x,2 / x,7 x,3 / x,8 x,4 / x,9 x,5 / x,0			
Djup	N <sub>20</sub>	Slag/0,2 m, N <sub>20</sub>	Jordart, fältbedömning	V Moment (Nm)	K Anm.
7,5	15				
8	16				
8,5	17				
9	18				
9,5	19				
10	20				
10,5	21				
11	22				
11,5	23				
12	24				
12,5	25				
13	26				
13,5	27				
14	28				
14,5	29				
15	30				
Skiss					

Företag AB

Bilaga 13:6

Sonderingsprotokoll

Jb-1, manuell

Uppdragsnummer	HJ	Uppdrag		KP	Undersökningspunkt	HK	
<b>Positionering/inmätning</b>		<input type="checkbox"/> Mäts i annan ordning <input type="checkbox"/> Se separat plan <input type="checkbox"/> Se skiss Sekt: HH Sida: HV/HL Z: HZ			Datum	KD	
Borrigg	T	Utrustning	Utförande på vatten			Utförd av	HQ
		<input type="checkbox"/> Ja, se separat prot.					
Foderrör (φ)		Foderrör (m)	Återfyllning (mtr)			Undersökningsmetod	HM
					<input type="checkbox"/> Jb-1		
Borrkrona (φ)		Borrkrona	Motorvarvtal (rpm)			Djup vattenyta i borrhål HG	
		<input type="checkbox"/> Stift <input type="checkbox"/> Skär <input type="checkbox"/>					
Borrstänger (φ)		Spolmedia	Ny	Slaghammare			
		<input type="checkbox"/> Luft <input type="checkbox"/> Vatten <input type="checkbox"/>					
Förborrning (m)	HO	Startdjup sondering	AN	Slutdjup sondering	AO	Stoppkod	
<b>Sonderingsresultat</b>		Sekunder/0,2 m					
Djup	x,2	x,4	x,6	x,8	x,0	Jordart, fältbedömning	Anm.
0							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
Avbrott under arbetet, avvikelse från standard, kommentarer, markskada m m K							
Filnamn - digitalt sonderingsresultat		GW-rör eller Pp installerat			Se baksida		
		<input type="checkbox"/> Se separat protokoll					

Provning utförd enligt SGF metodbeskrivning X:2012/SGF 2012



Företag AB

Bilaga 13:6

Jb-1, manuell, forts.

Sonderingsprotokoll

Uppdragsnummer	HJ	Uppdrag	KP	Undersökningspunkt	HK		
Sonderingsresultat	Sekunder/0,2 m						
Djup	x,2	x,4	x,6	x,8	x,0	Jordart, fältbedömning	Anm.
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

Skiss

Företag AB

Bilaga 13:7

Sonderingsprotokoll

Jord- bergsondering

Uppdragsnummer	HJ	Uppdrag		KP	Undersökningspunkt	HK
<b>Positionering/inmätning</b>		<input type="checkbox"/> Mäts i annan ordning <input type="checkbox"/> Se separat plan <input type="checkbox"/> Se skiss Sekt: HH Sida: HV/HL Z: HZ			Datum	KD
Borrigg	T	Utrustning	Utförande på vatten			Utförd av HQ
Foderrör (φ)		Foderrör (m)	Äterfyllning (mtr)			Undersökningsmetod HM
Borrkrona (φ)		Borrkrona	Motorvarvtal (rpm)			Djup vattenyta i borrhål HG
Borrstänger (φ)		Spolmedia	Ny	Slaghammare		
Förborrning (m)	HO	Startdjup sondering	AN	Slutdjup sondering	AO	Stoppkod
<b>Observationer och registreringar</b>					Jordart,	fältbedömning
Start- slutdjup	Observationer/kaxprover/m m			Prov	Djup	
					1	
					2	
					3	
					4	
					5	
					6	
					7	
					8	
					9	
					10	
Avbrott under arbetet, avvikelse från standard, kommentarer, markskada m m					K	
					11	
					12	
					13	
					14	
					15	
					16	
					17	
					18	
					19	
					20	
Filnamn - digitalt sonderingsresultat		GW-rör eller Pp installerat <input type="checkbox"/> Se separat protokoll			Se baksida	

Provning utförd enligt SGF metodbeskrivning X:2012/SGF 2012



Företag AB

**Bilaga 13:7****Jord- bergsondering, forts.****Sonderingsprotokoll**

Uppdragsnummer	HJ	Uppdrag	KP	Undersökningspunkt	HK
<b>Observationer och registreringar</b>					
			Prov	Djup	Jordart, fältbedömning
				21	
				22	
				23	
				24	
				25	
				26	
				27	
				28	
				29	
				30	
				31	
				32	
				33	
				34	
				35	
				36	
<b>Skiss</b>					
				37	
				38	
				39	
				40	
				41	
				42	
				43	
				44	
				45	
				46	
				47	
				48	
				49	
				50	

Företag AB

Bilaga 13:8

## Sonderingsprotokoll

SPT

Uppdragsnummer	HJ	Uppdrag	KP	Undersökningspunkt	HK
Positionering/inmätning		<input type="checkbox"/> Mäts i annan ordning <input type="checkbox"/> Se separat plan <input type="checkbox"/> Se skiss		Datum	KD
Sekt:	HH	Sida:	HV/HL	Z:	HZ
Borrugg	T	Utrustning		Utförande på vatten	Utförd av
				<input type="checkbox"/> Ja, se separat prot.	HQ
Foderrör (φ)		Sondstänger (φ)		Hejare	Undersökningsmetod HM
					<input type="checkbox"/> SPT <input type="checkbox"/>
Sondstänger		Slagdyna		Provtagare	Djup vattenyta i borrhål HG
<input type="checkbox"/> Hålade		<input type="checkbox"/> Lös		<input type="checkbox"/> Med hylsa	
<input type="checkbox"/> Massiva		<input type="checkbox"/> Fast		<input type="checkbox"/> Utan hylsa	
Stångvikt:	kg/m	Vikt:	kg	<input type="checkbox"/> Fast kon - ej prov	
Förborrning (m)	HO	Startdjup sondering	AN	Slutdjup sondering	AO
					Stoppkod

## Observationer och registreringar

Avbrott under arbetet, avvikelse från standard, kommentarer, markskada m m

K

Prövning utförd enligt SS-EN 1997-2 samt SS-EN 22476-3/SGF 2012

---

Filnamn - digitalt sonderingsresultat

GW-rör eller Pp installerat

Se separat protokoll

Se baksida



Företag AB

Bilaga 13:8

## SPT, forts.

## Sonderingsprotokoll

## Skiss

Företag AB

Bilaga 13:9



Företag AB

Bilaga 13:9

## Fältvingförsök, forts.

## Provningsprotokoll

## Skiss

Företag AB

Bilaga 13:10

Provtagningsprotokoll

Ostörd provtagning

Uppdragsnummer	HJ	Uppdrag	KP	Undersökningspunkt	HK
Positionering/inmätning			<input type="checkbox"/> Mäts i annan ordning <input type="checkbox"/> Se separat plan <input type="checkbox"/> Se skiss	Datum	KD
Sekt:	HH	Sida:	HV/HL	Z:	HZ
Borrigg	T	Utrustning	Utförande på vatten		Utförd av
			<input type="checkbox"/> Ja, se separat prot.		HQ
Provtagningskategori	Ny	Typ av provtagare			
<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C		<input type="checkbox"/> OS-T/W <input type="checkbox"/> OS-TK/W2 <input type="checkbox"/> PS-T/W <input type="checkbox"/> PS-TK/W <input type="checkbox"/> LS <input type="checkbox"/> Kv(StI) <input type="checkbox"/> Kv(StII)			
Foderrör (m)		Foderrör (φ)	Aterfyllning (mtr)	Djup vattenyta i borrhål HG	
Förborrning (m)	HO	Neddrivning			
		<input type="checkbox"/> Statisk <input type="checkbox"/> Dynamisk <input type="checkbox"/> Rotation <input type="checkbox"/>			
Protokoll					
Djup	D Slutare	Prov/hylsa nummer	Preliminär jordartsbedömning	Anmärkning	
	<input type="checkbox"/>	Ö			
		M			
		U			
	<input type="checkbox"/>	Ö			
		M			
		U			
	<input type="checkbox"/>	Ö			
		M			
		U			
	<input type="checkbox"/>	Ö			
		M			
		U			
	<input type="checkbox"/>	Ö			
		M			
		U			
Avbrott under arbetet, avvikelse från standard, kommentarer, markskada m m K					
Filnamn - digitalt provtagningsresultat		GW-rör eller Pp installerat		Se baksida	
		<input type="checkbox"/> Se separat protokoll		<input type="checkbox"/>	

Provtagning utförd enligt SS-EN 1997-2 samt SS-EN 22475-1 /SGF 2012



SGF

Företag AB

Bilaga 13:10

Ostörd provtagning, forts.

Provtagningsprotokoll

Uppdragsnummer	HJ	Uppdrag	KP	Undersökningspunkt	HK
----------------	----	---------	----	--------------------	----

Protokoll

Djup	D	Slutare	Prov/hylsa nummer	Preliminär jordartsbedömning	Anmärkning
			Ö		
			M		
			U		
			Ö		
			M		
			U		
			Ö		
			M		
			U		
			Ö		
			M		
			U		

Skiss

Företag AB

Bilaga 13:11

## Provtagningsprotokoll

## Störd provtagning



SGF

Företag AB

Bilaga 13:11

## **Störd provtagning, forts.**

## Provtagningsprotokoll

Skiss

Företag AB

## Installationsprotokoll

GW- & portrycksgivare

Uppdragsnummer	HJ	Uppdrag			KP	Observationspunkt	HK
<b>Positionering/inmätning</b>		<input type="checkbox"/> Mäts i annan ordning	<input type="checkbox"/> Se separat plan	<input type="checkbox"/> Se skiss		Datum	KD
Sekt:	HH	Sida:	HV/HL	Z my:	HZ		
Borrigg	T	Utrustning		Rörtopp/referensnivå		Utförd av	HQ
				<input type="checkbox"/> Över markyta			
Förlängningsrör		Filter		<input type="checkbox"/> Under markyta		Filtertyp	HM
Längd:	m	Längd:	m	h:	m	<input type="checkbox"/> Rö <input type="checkbox"/> Rf <input type="checkbox"/> Pp <input type="checkbox"/>	
Diameter:	m	Diameter:	m	Z ref:		Portrycksgivare, Pp	
Material:		Material:		Höjdsystem:		Inst.djup:	m.u.my
<b>Bottensump</b>				Lock		<b>Funktionskontroll</b>	
Längd:	m	Diameter:	m	<input type="checkbox"/> Låst		1 min:	m.u.ref
<b>Kvarstående skyddsrör (m)</b>		<b>Kringfyllt installation</b>		<input type="checkbox"/> Däxel/betäckning		30 min:	m.u.ref
				<input type="checkbox"/> Nej		24 tim:	m.u.ref
<b>Håltagning (m)</b>	HO	<b>Håltagningsmetod</b>	AN	<b>Slutdjup håltagning</b>	AO	<i>Ange lodat djup efter påfyllning med vatten i rör.</i>	

## Protokoll, kringfyllnad

Djup under my D Material vid åter-/kringfyllnad\*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Borrhålsbotten

\*Protokoll ifylls nedifrån och upp

Avbrott under arbetet, avvikelse från standard, kommentarer, markskada m m

Utdruckning utförd enligt SS-EN 1997-2 samt SS-EN 22475-1 /SGF 2012

Filnamn - digitalt installationsprotokoll

Se baksida



SGF

Företag AB

Bilaga 13:12

## **GW- & portrycksgivare, forts.**

## Observationer

Skiss

Företag AB

**Bilaga 13:13****Fältnotering****Arbete på vatten**

Uppdragsnummer	HJ	Uppdrag	KP	Undersökningspunkt	HK
<b>Positionering/inmätning</b>		<input type="checkbox"/> Mäts i annan ordning <input type="checkbox"/> Se separat plan <input type="checkbox"/> Se skiss		Datum	KD
X (nord):	HX	Y(öst):	HY	Zref:	HZ
Koordinatsystem		Däck över vy		Refpunkt undersökning	Vattendjup (m)
Plattform		Förankring <input type="checkbox"/> Flytande flotte <input type="checkbox"/> Stödben <input type="checkbox"/> Jack-up <input type="checkbox"/>			Sjöhövning (m)
Foderrör (m)		Foderrör ( $\phi$ )	Ök foderrör över vy		Bottenegenskaper

Skiss, noteringar m m

SGF 2012



SGF

Företag AB

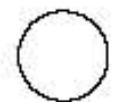
**Ostörd provtagning, beskrivning**

Provtagningsprotokoll

Förklaringar till ostörd provtagning

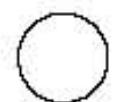
**SS-EN 22475-1:2006 anger följande typer av provtagare för ostörd provtagning (klass A).**

OS-T/W	Open-tube sampler, thin-walled
OS-TK/W	Open-tube sampler, thick-walled
PS-T/W	Piston sampler, thin-walled
PS-TK/W	Piston sampler, thick-walled
LS	Large sampler



**Anmärkning vid ostörd provtagning enligt fälthandboken**

- D Provet påtagligt stört och lämpligt endast för benämning
- Es Eggen skadad vid provtagning
- He Hejning utförd i samband med utstansning av provet (ange antal slag)
- Kr Kolvstången har rört sig under utstansning (wire slaknat vid St(I))
- Ky Provet troligen utsatt för frost
- Sb1 Tunt slutarbleck använt
- Sb2 Tjockt slutarbleck använt
- Sl Provet utsatt för slag eller stötar
- Sp Provet taget i botten av spadborrhål
- Skr Provet taget i botten av skruvborrhål
- Ss Särskild stor kraft vid stansning
- Ud Ifyllning av hylsans underdel (ange längd - cm)
- Öd Ifyllning av hylsans överdel (ange längd - cm)
- Ø Provet fyller ej hylsans diameter



**Företag AB**

# **DOKUMENTATION AV PROVGROPSUNDERÖKNING**

## ALLMÄN INFORMATION

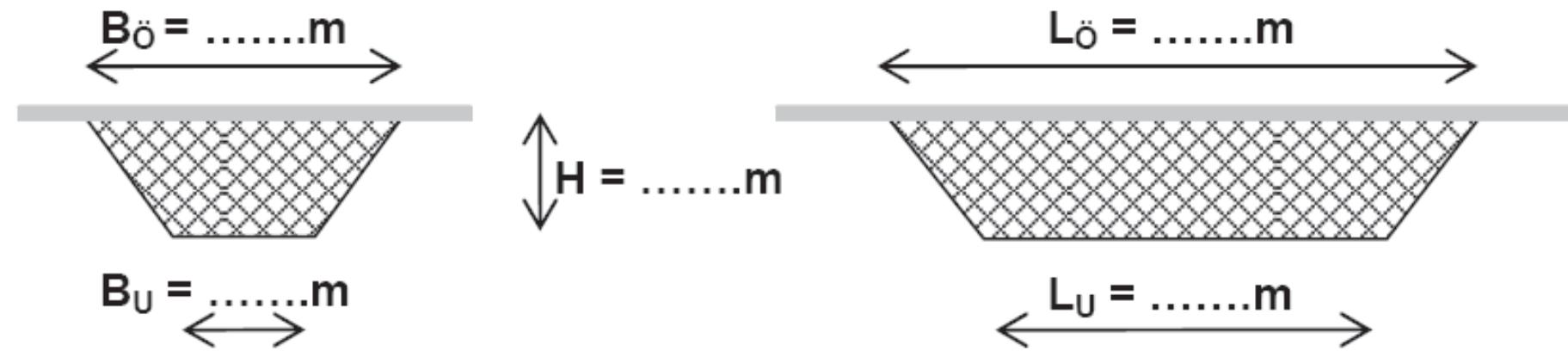
Projekt	Sektion	Provgrupp Nr		
Schaktutrustning	Väderlek	Temp.	Ansvarig	Datum
Topografi	Markslag			
Ytblockighet Antal block /100m <sup>2</sup>	200-630 mm .....st	630-1800 mm .....st	>1800 mm ..... st	Plushöjd MY Tjäldjup

SYFTE

- Best. av jordlager/bergnivå
  - Klarläg. av grundvattenförhåll.
  - Kartlägg. av markförorening
  - Bestämning av schaktbarhet
  - Bestämn. av resursegenskaper
  - Kartlägg. av bef. anl./konstr.
  - Best. av tekn. eg. för grundl.
  - Bestämn. av schaktstabilitet
  -

## JORDLAGERINFORMATION

## PROVGROPPENS GEOMETRI



## GRUNDVATTEN

Sipprar / Rinner in på ..... m djup u. markytan

Torrt

Flödar / Forsar in på ..... m djup u. markytan

Vattenyta stabiliseras på ..... m djup u. markytan, efter ca ..... timmar

## **YTTERLIGARE UNDERSÖKNINGAR ( I BILAGA NR)**

Siktanalys	W <sub>n</sub>	Org halt.	GV-mätning	Vingborr	MCV	Proctor
Los Angeles	MicroDeval	Krossytegr.	Schaktbarhet	Foto/Film	.....	.....

# 14. Gällande standarder och övrig litteratur

Kapitel	Nr	Beskrivning
1	SS-EN 1997	Dimensionering av geokonstruktioner
	SS-EN 1997-1	Del 1: Allmänna regler
	SS-EN 1997-2	Del 2: Markundersökning och provning
	SS-EN ISO 14688-1 (Jord)	Del 1: Identifiering och klassificering av jord
	SS-EN ISO 14688-2 (Jord)	Del 2: Klassificeringsprinciper
	SS-EN ISO 14689 (Berg)	Benämning och beskrivning
	TD 10:2010	SS-EN 1997-2, Marktekniska undersökningar
	TD 12:2010	SS-EN ISO 14688-1, Identifiering och beskrivning
	TD 13:2010	SS-EN ISO 14688-2, Klassificering med IEG:s beteckningsblad

Kapitel	Nr	Beskrivning
2	SGI information 2	Geotekniska undersökningar i fält, 1984
	SGF Rapport 3:2012	SGF:s dataformat
	TD 4:2008	Dokumenthantering
	TD 5:2008	Provtagning och grundvattenmätning
	TD 2:2010	Rapportering, protokoll

Kapitel	Nr	Beskrivning
3	JM Reynolds, Wiley and Sons, 2 <sup>nd</sup> ed 2011.	An introduction to Applied and Environmental Geophysics
	Sjögren B., 1984, ISBN-10: 041224109	Shallow Refraction Seismics, Chapman and Hall, pp 268
	Keys, W. Scott, ISBN-10: 1566702321	"A Practical Guide to Borehole Geophysics in Environmental Investigations".
	SGFs metodblad	<p><a href="http://www.sgf.net...">www.sgf.net...</a> Kommittéer – Fält – Metodblad (2012):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Georadar</li> <li>• Ytvågsseismik</li> <li>• Refraktionsseismik</li> <li>• Resistivitetsmätning</li> </ul>

Kapitel	Nr	Beskrivning
4	HMK, Handbok Mätnings- och kartteknik	Föreligger i nio band från början av 1990-talet. De är delvis föråldrade, men har genomgåtts och delvis förnyats, se Lantmäteriets hemsida, <a href="http://www.lantmateriet.se">www.lantmateriet.se</a> .
	HMK Bygg och anläggning	Del BA2 Planering och BA3 Projektering. Byggforskningsrådet 1996, Stockholm
	Kompendium i geodetisk och fotogrammetrisk mätningsteknik	Lantmäteriet, KTH och Lunds Universitet. Under produktion
	Lantmäteriet 2010	Kortmanual för mätning med SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst. Se Lantmäteriets hemsida, <a href="http://www.lantmateriet.se">www.lantmateriet.se</a> .
	Odolinski R. 2010	Checklista för nätverks-RTK. LMV-Rapport 2010:3, Lantmäteriet, Gävle
	Boberg A. 2006	Introduktion till fotogrammetrin. Åttonde upplagan. Universitetsservice US-AB Stockholm. (Ny upplaga kan väntas till hösten.)
	Viberg L. 1991	Lärobok i geobildtolkning. Information 14, Statens geotekniska institut, Linköping
	Kihlblom U. 1970	Flygbildstolkning för jordartsbestämning. Utbildningsförlaget, Stockholm

Kapitel	Nr	Beskrivning
5	Arbetsmiljöverket	"Arbete på tillfälliga arbetsplatser – Vem har arbetsmiljöansvaret"
	Arbetsmiljöverket	"Schakta säkert" H374
	Arbetsmiljöverket	"Marksanering" H359
	Borrningssäkerhet	En guide för säkrare borrning i jord och berg, Prevent Arbetsmiljö i samverkan Svenskt Näringsliv, LO & PTK
	SGF-Rapport 2:2013	Fälthandbok, Undersökningar av förorenade områden
	Arbetsmiljöverket	Marksanering- om hälsa och säkerhet vid arbete i förorenade områden H359, Förlag Arbetsmiljöverket.
	Bättre Arbetsmiljö	Handbok, Prevent Arbetsmiljö i samverkan Svenskt Näringsliv, LO & PTK
	Arbetsmiljölagen med kommentarer	Gullberg H, Rundqvist K-I, Nordstedts Juridik
	Trv publ. 2002:35	Allmän teknisk beskrivning-Vägar på sötvattenis
	Ishandboken	Lennart Fransson, Tekniska högskolan i Luleå
	AFS 1981:14	Skydd mot skada genom fall
	AFS 1981:15	Skydd mot skada genom ras
	AFS 1982:03	Ensamarbete
	AFS 1984:16	Vägarbete
	AFS 1992:16	Kvarts
	AFS 1996:07	Utförande av personlig skyddsutrustning
	AFS 1998:01	Belastningsergonomi
	AFS 1999:03	Byggnads- och anläggningsarbete
	AFS 1999:07	Första hjälpen och krisstöd
	AFS 2000:01	Manuell hantering
	AFS 2000:02	Användning av motorkedjesågar och röjsågar
	AFS 2000:04	Kemiska arbetsmiljörisker
	AFS 2001:03	Användning av personlig skyddsutrustning
	AFS 2003:02	Bergarbete
	AFS 2005:06	Medicinska kontroller
	AFS 2005:15	Vibrationer
	AFS 2005:16	Buller
	AFS 2005:17	Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar
	AFS 2006:04	Användning av arbetsutrustning
	AFS 2008:03	Maskiner
	AFS 2009:02	Arbetsplatsens utformning

Kapitel	Nr	Beskrivning
7	SGF rapport 1:2006	Metodbeskrivning för Jb-Totalsoondering
	SGF Rapport 3:99	Metodbeskrivning för viktsondering
	SGF Rapport 2:99	Metodbeskrivning för jord-bergsondering
	SGF Rapport 1:93	Rekommenderad standard för CPT-sondering
	SGF Rapport 4:2012	Metodbeskrivning för jord-bergsondering
	SGF:s metodblad	Tung slagsondering. Finns att ladda ned från SGF:s hemsida.
	SGF:s metodblad	Mekanisk trycksondering. Finns att ladda ned från SGF:s hemsida.
	SGI Information 7	CPT, SPT, DB, WST
	SGI information 15	CPT-sondering. Utrustning - utförande - utvärdering. En in-situ metod för bestämning av jordlagerföld och egenskaper i jord, 2007
	SGF Notat 1:2009	Jämförande sonderingar
	Norsk Geoteknisk Forening	Veiledning for utførelse av trykksondering, Melding nr 5 rev. Nr 3, 2010
	SS-EN ISO 22476-1	Del 1. Electrical cone and piezocone penetration test
	SS-EN ISO 22476-2	Del 2. Hejasondering
	SS-EN ISO 22476-3	Del 3. SPT
	SIS-CEN ISO TS 22476-10	Del 10. Viktsondering
	SS-EN ISO 22476-12	Del 12. Mekanisk spetstrycksondering
	SS-EN ISO 22476-15	Del 15. Mechanical cone penetration test
	Checklista SGF	Checklista för CPT-kalibrering v 1.0, 2011-10-18

Kapitel	Nr	Beskrivning
8	SGF Rapport 1:2009	Metodbeskrivning för provtagare med standardkolvprowadtagare
	SS-EN ISO 22475-1	Del 1 Tekniskt utförande
	SS-EN ISO 22475-2	Del 2: Krav utrustning och personal
	SS-EN ISO 22475-3	Del 3: Metoder för certifiering av företag och personal med tredje part
	SIS-CEN ISO TS 17892-1	Del 1 Bestämning av vattenkvot
	SIS-CEN ISO TS 17892-2	Del 2 Bestämning av skrymdensitet hos finkorning jord
	SIS-CEN ISO TS 17892-3	Del 3 Bestämning av kompaktdensitet - pyknometermetoden
	SIS-CEN ISO TS 17892-4	Del 4 Bestämning av kornstorleksfördelning
	SIS-CEN ISO TS 17892-5	Del 5 Ödometerförsök med stegvis belastning
	SIS-CEN ISO TS 17892-6	Del 6 Konförsök
	SIS-CEN ISO TS 17892-7	Del 7 Enaxligt tryckförsök på finkorning jord
	SIS-CEN ISO TS 17892-8	Del 8 Okonsoliderat odränerat Triaxialförsök
	SIS-CEN ISO TS 17892-9	Del 9 Konsoliderat triaxialförsök på vattenmättad jord
	SIS-CEN ISO TS 17892-10	Del 10 Direkt skjuvboxförsök
	SIS-CEN ISO TS 17892-11	Del 11 Permeabilitetsförsök
	SIS-CEN ISO TS 17892-12	Del 12 Bestämning av Attebergs konsitensgränser

Kapitel	Nr	Beskrivning
9	SGF Rapport 1:95	Rekommenderad standard för dilatometerförsök
	SGF Rapport 2:93	Rekommenderad standard för vingförsök i fält
	SGI information 5	Nyare in-situ metoder för bedömning av lagerföljd och egenskaper i jord, 1988
	SGI information 10	Dilatometer, 1993
	SGI Rapport 61	Dilatometer
	SGI rapport no 40	Seismic CPT
	The Menard Pressuremeter	Interpretation and Application of the Pressuremeter Test Results to Foundations Design", Sols-Soils, no. 26, Paris, France, 1975.
	The Pressuremeter and Foundation Engineering	Baguelin F., Jezequel J.-F., Shields D.H., 1978, TransTech Publications, Clausthal-Zellerfeld, Germany.
	ASTM D4719-87	Standard Test Method for Pressuremeter Testing in Soils.
	SS-EN ISO 22476-4	Del 4. Pressometerförsök enligt Menard
	SS-EN ISO 22476-5	Del 5. Enaxligt pressometerförsök
	SS-EN ISO 22476-6	Del 6. Self-boringpressometerförsök
	SS-EN ISO 22476-7	Del 7. Försök med borrhålsdilatometer
	SS-EN ISO 22476-8	Del 8. Full displacement pressuremeter
	SS-EN ISO 22476-9	Del 9. Field vane test ( <i>ej fastställd</i> )
	SIS-CEN ISO TS 22476-11	Del 11. Dilatometerförsök

Kapitel	Nr	Beskrivning
10	SGI Information 11	Mätning av grundvattennivå och portryck
	BFR R66:1991	Prov pumpning som geohydrologisk undersökningsmetodik. Carlsson, L.; Gustafson, G.
	SS-EN ISO 22475-1	Del 1 Tekniskt utförande
	SS-EN ISO 22476-13	Del 13. Lefranc Permeability test
	SS-EN ISO 22476-14	Del 14. Pumping test
	ISO/FDIS 22282-1	Allmänna regler
	ISO/FDIS 22282-2	Bestämning av hydraulisk konduktivitet i öppna borrhål
	ISO/FDIS 22282-3	Vattenförlustmätning i berg
	ISO/FDIS 22282-4	Prov pumpning
	ISO/FDIS 22282-5	Infiltrationsprovning
	ISO/FDIS 22282-6	Bestämning av hydraulisk konduktivitet i (av) manschetterade borrhål

Kapitel	Nr	Beskrivning
11	TSFS 2009:44	Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd baserad påde Internationella sjövägsregler
	SJÖFS 1989:15	Sjöfartsverkets författningsamling
	SJÖFS 1991:4	Sjöfartsverkets författningsamling
	Trv publ. 2002:35	Allmän teknisk beskrivning-Vägar på sötvattenis
	Ishandboken	Lennart Fransson, Tekniska högskolan i Luleå

Kapitel	Nr	Beskrivning
12	SGF Rapport 2:2006	Metodbeskrivning för installation av inklinometerrör
	SGI information Nr. 2	Geotekniska undersökningar i fält
	Trafikverket	VVAMA Anläggning 2009, Publikation 2009:11
	John Dunncliff, 1988	Geotechnical instrumentation for monitoring field performance.
	Björn Möller 2006	Instrumentering av jordfyllningsdammar: Erfarenheter från projektering och installationer av automatiska mätsystem Bygg & teknik 2/06
	Europastandarder, under framtagande 2012/2013	Geotechnical investigation and testing – Geotechnical monitoring by fieldInstrumentation: Del1, General rules Del 2, Extensometer Del 3, Inklinometer Del 4, Mätning av Jordtryck Del 5, Grundvatten- och Portryckmätning
	Erik Mikkelsen, 2002	Cement-Bentonite Grout Backfill for Borehole Instruments, artikel i Geotechnical Instrumentation News, December 2002
	Björn Möller 2007	Inklinometermätning på internationellt vis: Beskrivning och erfarenheter från mätning i spårade inklinometerrör Bygg & teknik 1/07
	Rapport nr 17	Svensk djupstabilisering rapport nr 17, Appendix C.
	TK Geo	Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner
	SGF-rapport 2:2000	Kalk- och cementpelare, vägledning för projektering, utförande och kontroll.

# 15. Figurförteckning

## Kapitel 1

- Figur 1.1 Peter Hansson, Geocenter  
1.2 Henrik Möller, Tyréns  
1.3 IEG  
1.4 IEG

## Kapitel 2

- Figur 2.1 SGI  
2.2 Robert Halvarsson, Cowi  
2.3 Henrik Möller, Tyréns  
2.4 Johan Fransson, NCC

## Kapitel 3

- Figur 3.1 Mats Svensson, Tyréns AB  
3.2 Carl-Henrik Måansson, Tyréns AB  
3.3 Olof Friberg, Tyréns AB  
3.4 Mats Svensson, Tyréns AB  
3.5 Mats Svensson, Tyréns AB  
3.6 Efter Robinson and Coruh, 1988, Basic Exploration Geophysics  
3.7 Roger Wisén, LTH  
3.8 Palacky, 1987, in Electromagnetic methods in Applied Geophysics-Theory  
3.9 Sumner J. S., 1976, Principles of Induced polarization for geophysical exploration  
3.10 Jaana Gustafsson, Tyréns AB  
3.11 Jaana Gustafsson, Tyréns AB  
3.12 Jaana Gustafsson, Tyréns AB  
3.13 Asquith G. and Krygowski D., Basic well log analysis, 2nd edition, 2003  
3.14 Asquith G. and Krygowski D., Basic well log analysis, 2nd edition, 2003  
3.15 Carl-Henrik Måansson, Tyréns AB  
3.16 Carl-Henrik Måansson, Tyréns AB  
3.17 Sara Johansson, Tyréns AB  
3.18 Mats Svensson, Tyréns AB  
3.19 Daniel Baltrock, Tyréns AB  
3.20 Mats Svensson, Tyréns AB  
3.21 Olof Friberg, Tyréns AB

## Kapitel 4

- Figur 4.1 Lantmäteriet  
4.2 Lantmäteriet  
4.3 Lantmäteriet  
4.4 Lantmäteriet  
4.5 Tyréns  
4.6 Tyréns  
4.7 Lantmäteriet  
4.8 Lantmäteriet HMK

- 4.9 Anders Boberg, Tyréns
- 4.10 Anders Boberg, Tyréns

## Kapitel 5

- Figur 5.1 Gordon Gullarberg ,Tyréns
- 5.2 Markku Jämsä, Tyréns
- 5.3 Tyréns

## Kapitel 6

- Figur 6.1 Peter Hansson, Geocenter
- 6.2 Peter Hansson, Geocenter
- 6.3 Peter Hansson, Geocenter
- 6.4 Peter Hansson, Geocenter

## Kapitel 7

- Figur 7.1 Geotech (från SGI Information 15)
- 7.2 SS-EN ISO 22476-1
- 7.3 SS-EN ISO 22476-1
- 7.4 SS-EN ISO 22476-1
- 7.5 Envi
- 7.6 SGI Information 15
- 7.7 SGI Information 15
- 7.8 SGI Information 15
- 7.9 Gunnar Nilsson, NCC
- 7.10 Peter Hansson Geocenter
- 7.11 SGF rapport 4:12 Metodbeskrivning Jb-sondering
- 7.12 Petter Liljegren, WSP
- 7.13 SGI (SGF rapport 1:96)
- 7.14 Geotech
- 7.15 SS-CEN ISO TS 22476-10
- 7.16 SGF (SGF rapport 1:96)

## Kapitel 8

- Figur 8.1 SGI (SGF Rapport 1:96)
- 8.2 SGF Rapport 1:2009
- 8.3 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 8.4 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 8.5 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 8.6 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 8.7 SGI (SGF Rapport 1:96)
- 8.8 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 8.9 Gunnar Nilsson, NCC
- 8.10 SGI (SGF rapport 1:96)
- 8.11 SGI Rapport 59
- 8.12 Tyréns
- 8.13 SGI
- 8.14 SGI
- 8.15 –
- 8.16 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 8.17 Gunnar Nilsson, NCC
- 8.18 Gunnar Nilsson, NCC
- 8.19 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 8.20 –

- 8.21 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 8.22 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 8.23 Geomek
- 8.24 J&W (SGF rapport 1:96)

## Kapitel 9

- Figur 9.1 SGI
- 9.2 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 9.3 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 9.4 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 9.5 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 9.6 SGI
- 9.7 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 9.8 Roctest
- 9.9 –
- 9.10 SGI (SGF Rapport 1:96)
- 9.11 Geotech (SGF Rapport 1:96)
- 9.12 Geotech
- 9.13 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 9.14 J&W (SGF Rapport 1:96)
- 9.15 BFR R7:1974
- 9.16 SGI
- 9.17 SGI
- 9.18 SGI (SGF Rapport 1:96)
- 9.19 SGI
- 9.20 Geotech
- 9.21 Envi
- 9.22 Jan Lindgren, SGI

## Kapitel 10

- Figur 10.1 SGI Information 11
- 10.2 Geomek
- 10.3 Geotech
- 10.4 Geowelltech
- 10.5 BAT Geosystems
- 10.6 BAT Geosystems
- 10.7 GeoNordic

## Kapitel 11

- Figur 11.1 SGI
- 11.2 SGI
- 11.3 SGI
- 11.4 SGI
- 11.5 SGI

## Kapitel 12

- Figur 12.1 Pågående arbete av Europastandard
- 12.2 SGI
- 12.3 SGI
- 12.4 SGI
- 12.5 –
- 12.6 Anläggning AMA09
- 12.7 Björn Möller, FmGeo AB

- 12.8 Björn Möller, FmGeo AB
- 12.9 Björn Möller, FmGeo AB
- 12.10 Björn Möller, FmGeo AB
- 12.11 –
- 12.12 –
- 12.13 Geometrik
- 12.14 Consoil
- 12.15 Consoil
- 12.16 Anläggning AMA09
- 12.17 –
- 12.18 SISGEO
- 12.19 SISGEO
- 12.20 SGF rapport 2:2006
- 12.21 Björn Möller, FmGeo AB
- 12.22 Björn Möller, FmGeo AB

## SGF Rapport/Report

- 1:93 Rekommenderad standard för CPT-sondering.
- 1:93E Recommended Standard for Cone Penetration Tests.
- 2:93 Rekommenderad standard för vingförsök i fält.
- 2:93E Recommended Standard for Field Vane Shear Test.
- 1:95 Rekommenderad standard för dilatometerförsök.
- 1:95E Recommended Standard for Dilatometer Tests.
- 2:95 Några pionjärprofiler i svensk geoteknik. SJ Geotekniska Kommission 1914 – 1922.
- 3:95 Proceedings of the International Symposium on Cone Penetration Testing, CPT'95.
- 4:95 Kalk- och kalkcementpelare. Vägledning för projektering, utförande och kontroll.
- 4:95E Lime and Lime Cement Columns. Guide for Project Planning, Construction and Inspection.
- 1:96 Geoteknisk fälthandbok. Allmänna råd och metodbeskrivningar.
- 1:99 Tätskikt i mark. Vägledning för beställare, projektörer och entreprenörer.
- 2:99 Metodbeskrivning för Jord-bergsondering.
- 3:99 Metodbeskrivning för Viktsondering.
- 1:2000 Geotekniken i Sverige 1920 – 1945.
- 2:2000 Kalk- och kalkcementpelare. Vägledning för projektering, utförande och kontroll.
- 1:2001 Fälthandbok – Miljötekniska markundersökningar (ersätts av 1:2004).
- 1:2003 Att bygga med avfall. Miljörättsliga möjligheter och begränsningar för återvinning av avfall i anläggningsändamål
- 1:2004 Fälthandbok – Miljötekniska markundersökningar.
- 2:2004 Armerad jord och fyllning – Nordisk vägledning.
- 3:2004 NGM 2004 – XIV Nordic Geotechnical Meeting. May 19th – 21th 2004.
- 1:2006 Metodbeskrivning för Jb-totalsoondering.
- 2:2006 Metodbeskrivning för installation av inklinometerrör.
- 1:2008 Användning av restprodukter inom EU.

- 1:2009 Metodbeskrivning för provtagare med standardkolvprovtagare –  
Ostörd provtagning i fikornig jord.
- 2:2009 Åtgärdsmål vid in-situsanering. Formulering och kontroll av åtgärds-  
mål.
- 1:2010 Förurenade byggnader. Provtagning och riskbedömning.
- 1:2011 Stimulerad reduktiv deklorering. En praktisk handledning
- 2:2011 Klorerade lösningsmedel i mark och grundvatten – Att tänka på inför  
provtagning och upphandling
- 3:2011 Hantering och analys av prover från förurenade områden – Osäkerhe-  
ter och felkällor.
- 1:2012 EYGEC 2012 – Setting the scene for future European geotechnical  
research
- 2:2012 Triaxialförsök – en vägledning.
- 3:2012 SGF:s dataformat.
- 4:2012 Metodbeskrivning för jord- bergsondering.