

MELDING NR. 9, UTGITT 1994

Rev. nr. 1, 2018

# VEILEDNING FOR UTFØRELSE AV TOTALSONDERING



**NORSK GEOTEKNISK FORENING**  
Norwegian Geotechnical Society

Emneord:  
Klassifisering:  
Foto forside:

Grunnundersøkelse, totalsondering, målemetode, bergkontroll  
ISBN: 978-82-546-1002-2  
Statens Vegvesen

## **NGFs MELDINGER**

Arbeider utført av komitéer og utvalg i Norsk Geoteknisk Forening (NGF), utgis som NGF-meldinger. Vi ønsker at disse publikasjonene skal bidra til at faget styrkes, også utenfor foreningens medlemsrekker.

Kommentarer til meldingens innhold rettes til NGFs sekretær.

Meldingen kan lastes ned gratis i pdf-format fra foreningens hjemmeside ([www.ngf.no](http://www.ngf.no)).  
Interesserte kan også bestille eksemplarer direkte fra foreningens sekretær.

NGFs styre

## FORORD

Totalsondering er en videreutvikling av metode for dreietrykksondering og ordinær bergkontrollboring. Metoden kombinerer sondering i løsmasser, blokk og berg. Metoden har siden den ble utviklet tidlig på 1990-tallet blitt den dominerende bormetoden for innledende kartlegging av grunnforhold og dybde til berg i Norge. En variant av totalsondering, der det benyttes en penetrasjonshastighet på 20 mm/sek (CPTU hastighet), er utviklet og tatt i bruk i Sverige. Det er så langt ikke utført tilstrekkelig sammenligning mellom resultater fra de to metodene til å kunne vurdere effekten av lavere penetrasjonshastighet. Denne beskrivelsen dekker den norske versjonen av metoden.

Arbeidet med revisjon av veiledning for totalsondering er utført i perioden 2014 - 2018. Det er i denne forbindelse innhentet opplysninger om borutstyr og erfaring fra utførelse av totalsondering blant firmaer og institusjoner som benytter metoden.

Komiteen vil gjøre oppmerksom på at rutinen for gjennomføring av totalsondering er endret fra tidligere utgave. I den originale utgaven ble prosedyren utført med normal rotasjonshastighet under spyling og slag (25 omdr/min). Økt rotasjon (50-70 omdr/min) ble kun brukt som første steg, og eventuelt ved boring i berg. Dette har ikke blitt praktisert i bransjen og økt rotasjon har på det jevne blitt benyttet sammen med spyling og slag i løsmasser. Komiteen har valgt å tilpasse meldingen til bransjepraksis på dette punktet.

Komiteen registrerer også at trinnet med spyling tidvis utelates, og at noen aktører ikke benytter matekraft på 30 kN, slik prosedyren foreskriver. Enkelte aktører synes også å ha det primære fokuset på å bore raskest mulig, og benytter i utstrakt grad funksjonene spyling og slag, uten at dette er nødvendig. Komiteen vil presisere at dette ikke er i tråd med prosedyren for utførelse av totalsondering.

Komiteemedlemmer som deltok i utarbeidelsen av førstegangsutgivelsen av dokumentet (1994):  
*Tom Lunne (leder), Rolf Sandven (sekretær), Anders Bye, Eystein Enlid, Frank Fredriksen, Willy Holm og Arnulf Robsrud*

Komiteemedlemmer som har deltatt i utarbeidelse av revidert dokument (rev.1 2018):  
*Magne Bonsaksen (leder), Rolf Sandven (leder til 2016), Amund Augland, Kristoffer Kåsin, Maj-Gøril Bæverfjord, Anders Eknes (til 2015), Knut Hagberg (til 2016), Ole Vidar Kirkevollen, Arild Handberg (til 2016), Robert Handberg (fra 2016) Jan Jønland (til 2015), Odd Einar Rundmo (til 2016), Vidar Tøndervik (fra 2016), Per Arne Wangen (fra 2016) og Anders Gylland (fra 2016)*

Utgiver og forhandler:

Norsk Geoteknisk Forening (NGF)

Postboks 3930 Ullevål Hageby

0806 OSLO

[www.ngf.no](http://www.ngf.no)

## **SUMMARY**

Total sounding combines rotary-pressure-sounding and rock drilling into an effective method for mapping soil conditions and determining depth to bedrock.

The drillrig used is equipped with a hydraulic system having capacity to apply a penetration force of 30 kN on the drillrod. In addition a percussive hammer and flushing system may be activated for penetrating hard soil strata or boulders and rock. The drillrod having a diameter of 45 mm is equipped with a rock drillbit 57 mm with a spring loaded valve allowing sounding procedures to be followed without danger of clogging the flushing system. When the flushing fluid is pressurised, the valve opens and drilling with flushing is continued with or without additional activation of the percussive hammer. The drilling operations may be reverted to rotary-sounding procedures at any time during penetration.

This code of practise describes the method, the equipment and the sounding procedure in detail. Evaluation of recorded data is also discussed in relation to drilling procedures.

## INNHALDSFORTEGNELSE

INNLEDNING .....	1
<b>1. Metode</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Utstyr</b> .....	<b>2</b>
2.1 Borrhigg .....	2
2.2 Borkrone og forlengelsesrør .....	3
<b>3. Utførelse</b> .....	<b>4</b>
3.1 Prosedyre .....	4
3.2 Registrering .....	5
3.3 Boring fra flåte .....	5
<b>4. Presentasjon av resultater</b> .....	<b>6</b>
<b>5. Tolkning</b> .....	<b>7</b>
5.1 Generelt .....	7
5.2 Effekt av økt rotasjon .....	7
5.3 Effekt av spyling .....	8
5.4 Eksempler.....	9
5.4.1 Leire.....	9
5.4.2 Friksjonsmasser.....	10
5.4.3 Fast lag over bløte masser .....	11
5.4.4 Vekslede lag med bløte og faste masser .....	12
5.4.5 Morene.....	13
5.5 Påvisning av sensitiv og kvikk leire.....	14
5.6 Sammenligning mellom dreietrykksondering og totalsondering .....	15
5.7 Boring i berg og tolkning av bergnivå .....	16
<b>6 Referanser</b> .....	<b>18</b>

## FIGURLISTE

<b>Figur 1.</b> Prinsipp for utførelse av totalsondering (Kolstad, 1987).....	1
<b>Figur 2.</b> Eksempel på ø57 mm borkrone med tilbakeslagsventil for bruk i totalsondering. ....	3
<b>Figur 3.</b> Flytskjema for totalsondering. ....	5
<b>Figur 4.</b> Anbefalt presentasjon i sonderingsprofil med eksempel. ....	6
<b>Figur 5.</b> Bløt leire til berg (ikke sensitiv).....	9
<b>Figur 6.</b> Fast leire .....	9
<b>Figur 7.</b> Siltig leire / leirig silt.....	10
<b>Figur 8.</b> Siltig leire / leirig silt, med sandlag. ....	10
<b>Figur 9.</b> Sand.....	10
<b>Figur 10.</b> Sandig grus. ....	10
<b>Figur 11.</b> Eksempel på innvirkning av forboring.....	11
<b>Figur 12.</b> Sonderingsprofil i vekslende bløte og faste masser. ....	12
<b>Figur 13.</b> Morene.....	13
<b>Figur 14.</b> Prinsippskisse for påvisning av sensitiv og/eller kvikk leire.....	14
<b>Figur 15.</b> Eksempel på totalsonderingsprofil. ....	14
<b>Figur 16.</b> Utvikling av spyletrykk ved boring i intakt, lite oppsprukket berg. ....	16

# INNLEDNING

Totalsonderinger brukes som en innledende undersøkelse for å bestemme lagdeling i løsmasser og dybder til fast grunn og berg. Resultatene gir grunnlag for å identifisere jordarter, relativ fasthet i løsmassene og overgang til berg. Totalsonderingene må suppleres med in situ målinger og prøvetaking når det skal etableres et designgrunnlag for prosjektering.

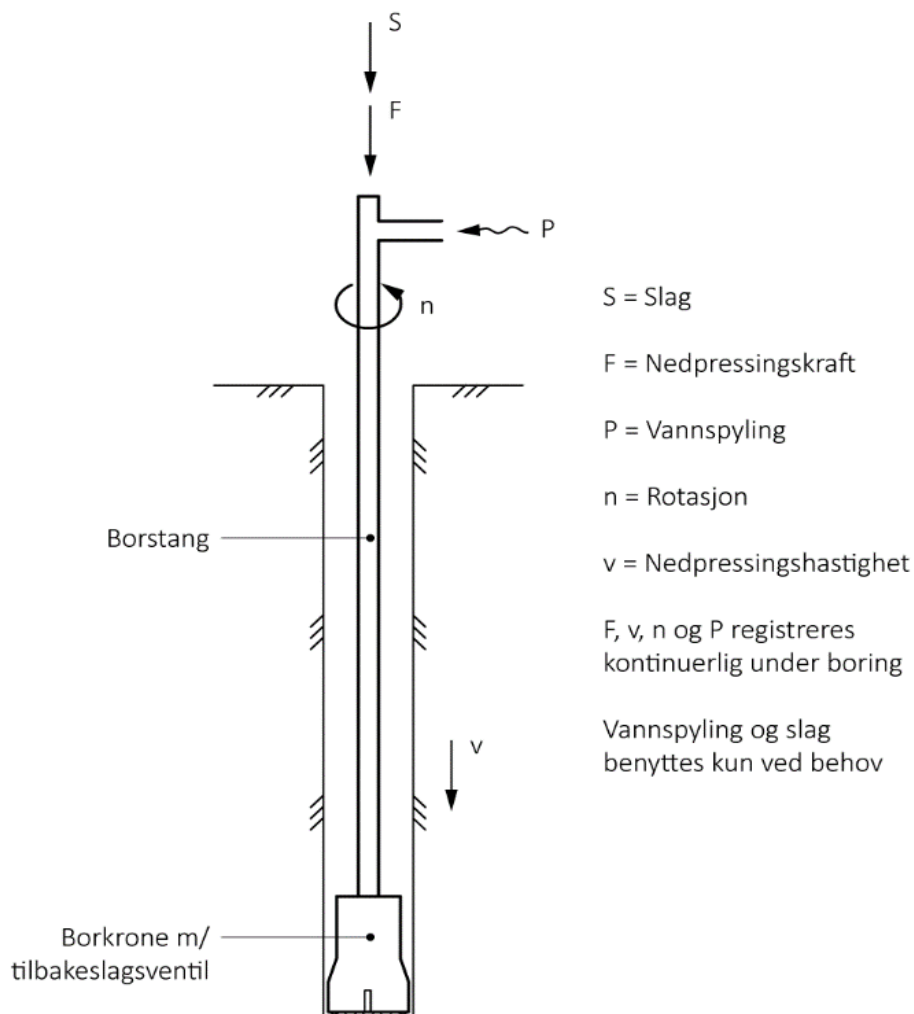
## 1. Metode

Totalsondering kombinerer prinsippene for dreietrykksondering og bergkontrollboring.

Ved dreietrykksondering dreies og trykkes stenger ned i bakken med konstant rotasjons- og penetrasjonshastighet, se Figur 1.

Sonderingsmotstanden er den nedpressingskraft som skal til for å oppnå:

- Normert penetrasjonshastighet ( $v$ ) er  $3 \text{ m} \pm 0,5 \text{ m pr. min.}$  Dette tilsvarer en bortid på  $20 \text{ sek} \pm 4 \text{ sek pr. m,}$  eller en penetrasjonshastighet på  $50 \text{ mm} \pm 8 \text{ mm pr. sek.}$
- Normert rotasjonshastighet ( $n$ ) er  $25 \text{ omdreining} \pm 5 \text{ omdreining} \text{ pr. min.}$



Figur 1. Prinsipp for utførelse av totalsondering (Kolstad, 1987).

Når normert hastighet ikke kan opprettholdes ved penetrasjon av faste lag, benyttes først økt rotasjon av stangsystemet. Hvis heller ikke dette gir normert borsynk gjennomføres prosedyre som for bergkontrollboring. Dette innebærer at funksjonene spyling og deretter slag kobles til under boring med økt rotasjonshastighet. Det er da mulig å bore gjennom faste masser, steinlag og blokk, samt utføre innboring i berg for å oppnå pålitelig påvisning av dette.

## 2. Utstyr

### 2.1 Borrigg

For å utføre totalsondering er det nødvendig med en hydraulisk drevet borrigg med slagborhammer og spylesystem.

Følgende spesifikasjoner kreves:

- Dreiemoment: minimum 1,0 kNm
- Matekraft: minimum 30 kN
- Rotasjonshastighet: 0 – 100 (70) omdreininger/min.
- Slageffekt: minimum 8 kW
- Slagfrekvens: minimum 1000 slag/min.
- Spyletrykk (vann): minimum 30 bar
- Spylemengde (vann): minimum 40 l/min.

Avvik fra disse spesifikasjoner skal angis. Som spylemedium skal det benyttes vann. I spesielle tilfeller kan det være aktuelt å benytte luft som spylemedium, for eksempel i perioder med svært streng kulde. Bruk av luft som spylemedium skal i hvert enkelt tilfelle godkjennes av ansvarlig geotekniker, og det skal angis med kommentar i rådatafilen. Det skal aldri brukes luft som spylemedium ved boring i kvikkleire eller sensitive materialer.

Ved bruk av eventuell luftspyling gjelder følgende spesifikasjoner:

- Spyletrykk (luft): minimum 8 bar
- Spylemengde (luft): minimum 2,5 m<sup>3</sup>/min.

Det presiseres spesielt at kravet til dreiemoment på minimum 1,0 kNm gjelder ved samtidig bruk av andre aktuelle funksjoner som maksimal matekraft, økt rotasjonshastighet, spyling, og/eller slagboring eller kombinasjoner av disse funksjonene.

Borriggen skal kunne oppnå en nedpressingskraft på 30 kN. Dersom borriggens vekt er for lav skal riggen kunne forankres for å oppnå nødvendig nedpressingskraft.

Borriggen skal være slik innrettet at det enkelt kan kobles til og fra spyling og slag, det vil si at en kan veksle fra dreietrykkprosedyre til boring med spyling og eventuelt slag, og tilbake igjen, uten særlig tidstap.

Matekraft, bortid, bruk av økt rotasjon, spyling, slag og eventuelt spyletrykk registreres ved hjelp av en elektronisk registreringsenhet på borriggen. Ved avvik fra normert penetrasjonshastighet skal bortiden måles i intervaller på 0,2 m.



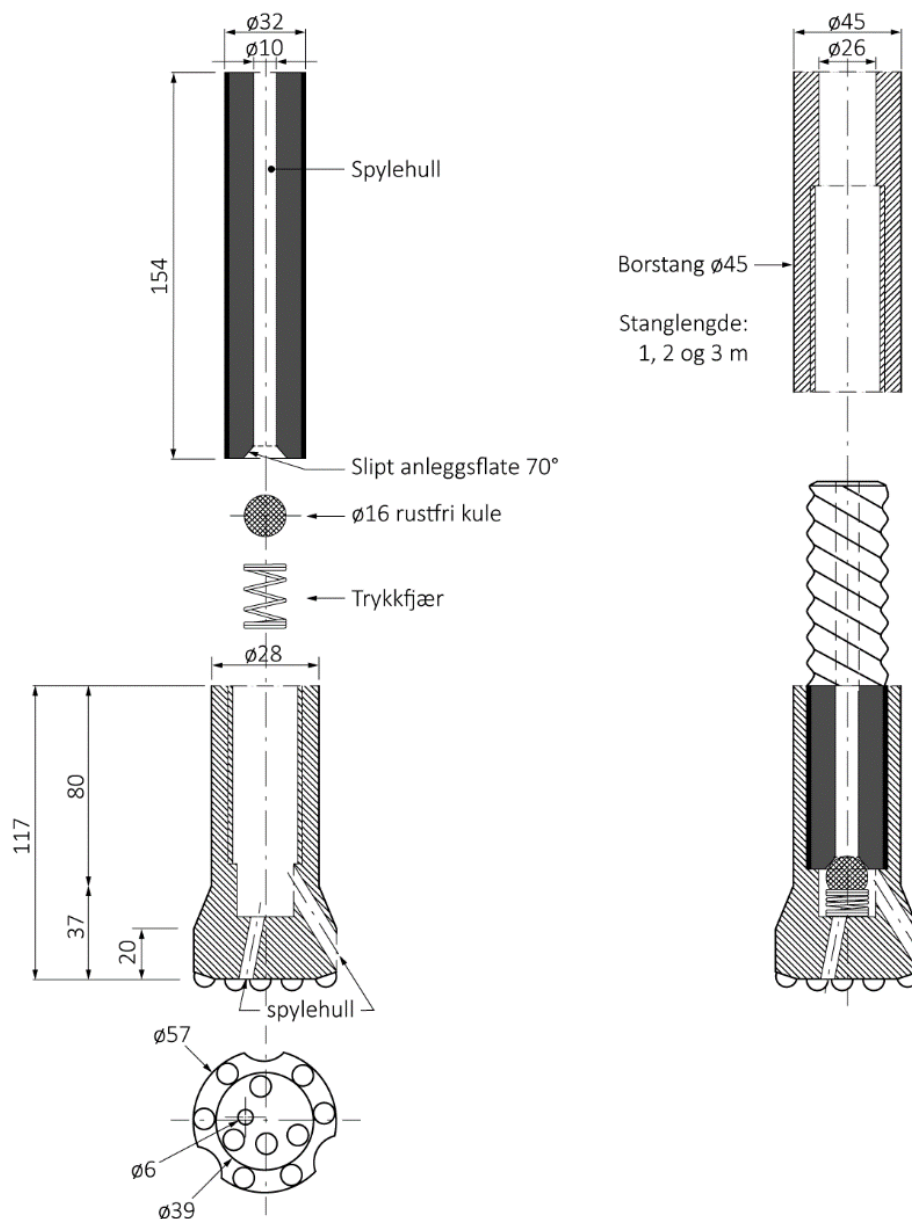
Kalibrering av kraftmåler og kontroll av registreringsutstyr skal utføres årlig, eventuelt oftere dersom det er mistanke om at registreringen er feil. Nullpunkt for alle målere skal avleses før hver sondering.

## 2.2 Borkrone og forlengelsesrør

Det skal anvendes  $\varnothing 44$  /  $\varnothing 45$  mm borstenger med innvendige skjøtetapper.

Stanglengden er normalt 1,0, 2,0 eller 3,0 m, men andre stanglengder kan også benyttes.

Et eksempel på borkrone er vist i figur 2. Kronediameteren skal være 57 mm og stiftkrone skal brukes.



Figur 2. Eksempel på  $\varnothing 57$  mm borkrone med tilbakeslagsventil for bruk i totalsondering.

Før hver sondering der det skal benyttes spyling, skal maskinfører kontrollere at ventilen i borkronen lar seg åpne med et vanntrykk mindre enn 4 bar.

## 3. Utførelse

### 3.1 Prosedyre

Borriggen kjøres fram til borpunktet. Bortårnet settes opp i loddrett stilling. Dette kontrolleres med en libelle.

Videre klargjøring for boring:

- Eventuelle forankringskruser installeres
- Registreringsutstyr kontrolleres og nullpunktverdier avleses
- Bordybde regnes fra terrengnivå (elvebunn/sjøbunn ved boring i vann)

Sonderingen utføres med de normerte hastigheter. Man starter dreiningen umiddelbart før trykningen starter. Dette gjelder for hvert nytt tak med borhodet. Sonderingen fortsetter til berg er påvist, eller til avtalt dybde.

Når sonderingsmotstanden blir for stor ( $> 30$  kN) skal sonderingen føres videre etter følgende stegvise prosedyre (se også figur 3):

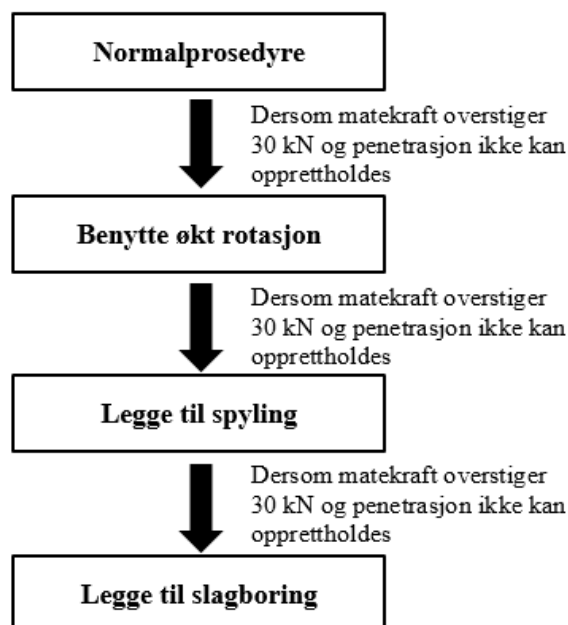
- 1) Øke rotasjonshastigheten til 50-70 omdreininger/min.
- 2) Dersom matekraften overstiger 30 kN og penetrasjonen ikke kan opprettholdes, skal spyling settes på, samtidig som man opprettholder økt rotasjonshastighet (50-70 omdreininger/min).
- 3) Dersom matekraften fortsatt overstiger 30 kN og penetrasjon ikke kan opprettholdes, benyttes det slagboring med spyling og økt rotasjonshastighet (50-70 omdreininger/min).

Ved slagboring i løsmasser anbefales det at det benyttes en mest mulig konstant matekraft på 8 kN  $\pm$  1 kN (en matekraft som pendler omkring en middelværdi på 8 kN  $\pm$  1 kN) og økt rotasjonshastighet (mellom 50 – 70 omdreininger).

Ved slagboring i berg kan det benyttes høyere rotasjonshastighet.

Normal sonderingsprosedyre skal gjenopptas så snart som mulig etter passering av blokk eller faste lag. I tillegg skal det ved hvert stangskifte kontrolleres om normal dreietrykksprosedyre kan benyttes. Bergkontrollboring avsluttes når avtalt dybde i berg er nådd. Normalt bores det 3 meter inn i berg.

Grunnborer har anledning til å fravike denne prosedyren dersom man finner dette helt nødvendig av hensyn til utstyret, for eksempel ved fare for brekkasje. Det kan også være nødvendig å endre prosedyren ved penetrasjon av tynne lag eller for eksempel ved spesiell kontroll av bergpåvisning, som beskrevet under kap. 0. Alle tilfeller der prosedyren fravikes skal dokumenteres i borloggen.



Figur 3. Flytskjema for utførelse av totalsondering.

### 3.2 Registrering

Foruten registrering av borparametre, skal borlogg eller opptegnede profiler inneholde:

- Oppdragsnummer og identifikasjon av borhull (hullnummer, borhulls-koordinater eller profil og avsett)
- Dato
- Navn på firma, ansvarlig borleder og ansvarlig geotekniker
- Borutrustning (type og maskinnummer)
- Terreng høyde for boring (elvebunn/sjøbunn ved boring i vann)
- Eventuell forboring
- Boret dybde i løsmasser og eventuelt i berg (alternativt: dybde til antatt berg)
- Benyttet spylemedium (vann / luft)
- Alle avvik fra ordinære boroperasjoner.
- Årsak til avslutning av boringen (slutt- / stoppkode)
- Lengre opphold i sonderingen (varighet og årsak)
- Alle tekniske problemer under sonderingen
- Eventuelle observasjoner som kan være relevante for prosjekterende

### 3.3 Boring fra flåte

Ved utførelse av boring fra flåte/båt vil man ha begrensninger med hensyn til mulig borkraft og bordyp. Disse begrensningene er i hovedsak bestemt av det utstyret man har til rådighet for slik undersøkelse. Ved flåteboring kan en normalt oppnå en nedpressingskraft på omtrent 12-15 kN. For å hindre at foringsrøret knekker ut, kan det utføres bardunering fra flåten til ulike nivåer på foringsrøret. Nedsenkede lodd på sjøbunnen, med stag opp til flåten for å motvirke matekraften, hindrer at flåten løfter seg og driver av posisjonen. Nullpunkt settes ved sjø-/elvebunn med alle stenger påskrudd.

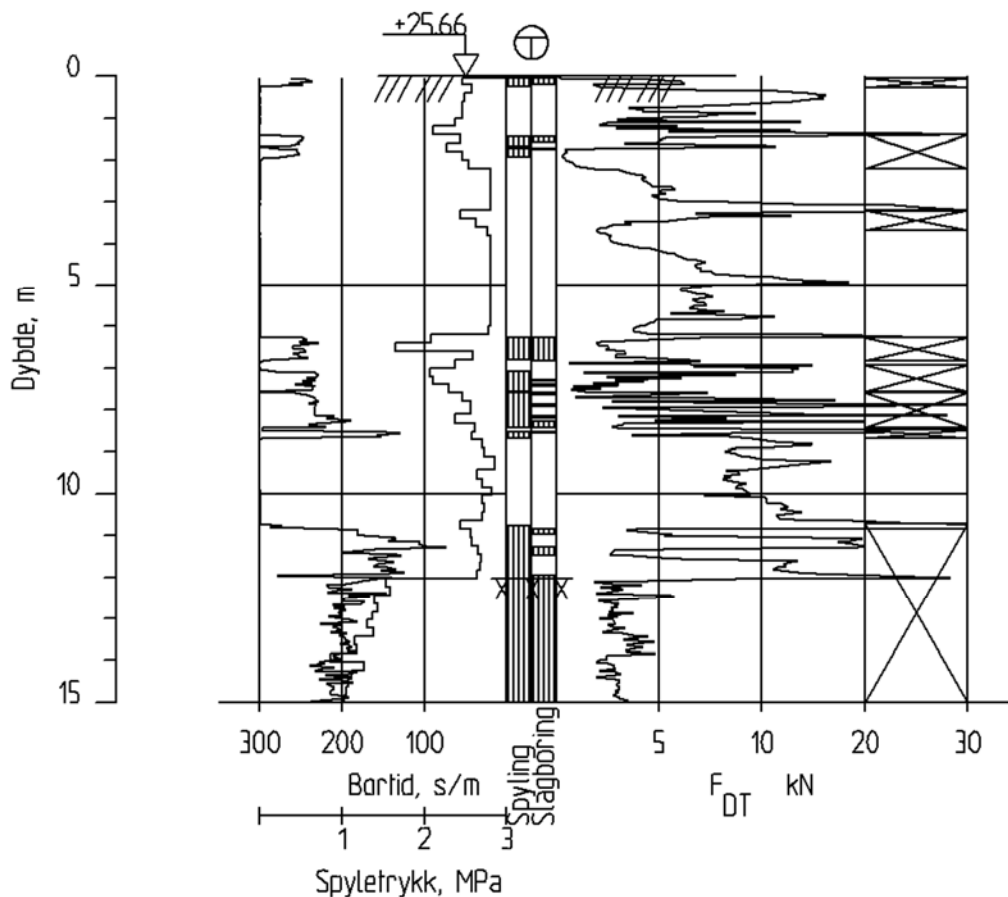
Flåteboring er å anse som spesialarbeid. Boringen er krevende og gjøres under andre forutsetninger enn normale boringer. Normalt vil resultatene påvirkes av effekter som bølger, strøm, begrensning i matekraft etc.

#### 4. Presentasjon av resultater

Sonderingsresultatene presenteres i bordiagram, se figur 4, med kontinuerlige kurver for nedpressingskraft og bortid, samt spyletrykk der dette er benyttet. Eventuell bruk av økt rotasjon markeres med kryss. Bruk av slag og spyling markeres med skravur i de angitte kolonnene. Ved eventuell bruk av luftspyling skal dette angis med kommentar på tegningen.

- Bortid angis med enhet s/m i 0,2 m intervaller
- Kraftmålestokken har todelt kraftskala:
  - 0 – 10 kN = 25 mm
  - 10 – 30 kN = 25 mm
- Dybdemålestokken skal normalt være 1:200
- Symbol for bruk på oversiktskart skal inkluderes

Eventuelle kommentarer og observasjoner fra borer bør inkluderes i borloggen. Dette kan være observasjoner av grunnforholdene eller årsak til at en sondering avsluttes.



Figur 4. Anbefalt presentasjon av sonderingsprofil med eksempel.

## 5. Tolkning

Totalsonderingen skal først og fremst benyttes til en innledende vurdering av grunnforholdene, samt til å vurdere nivå for bergoverflaten. Resultater fra totalsondering kan ikke benyttes som eneste grunnlag for en geoteknisk detaljprosjektering.

Sonderingsresultatene gir en god pekepinn på hva slags grunnforhold man står overfor. Erfaringer som er etablert for dreietrykksondering har også gitt grunnlag for å tolke grunnforholdene fra en totalsondering. For detaljer og tolkningsprinsipper henvises også til NGF melding 7, dreietrykksondering.

Detektering av sprøbruddmateriale fra totalsondering vurderes i hovedsak fra formen på sonderingsprofilen, i mindre grad på størrelsen av registrert nedpressingskraft. Denne kan imidlertid være nyttig å vurdere, spesielt hvis kombinasjonen lav kraft og konstant eller avtagende sonderingsmotstand inntreffer. Vurdering av nedpressingskraftens størrelse betinger imidlertid at lastcellen på borrhjulet er nøyaktig kalibrert, slik at registrert nedpressingskraft gir et riktig bilde av grunnforholdene. Lastcellen skal kalibreres minst 1 gang per år; samt ved mistanke om feil på matekraft.

Når metoden ses i sammenheng med supplerende bormetoder som trykksondering med poretrykkmåling (CPTU), prøvetaking og vingeboing, kan resultater fra totalsonderingen også benyttes som grunnlag for geoteknisk prosjektering.

Etter at totalsondering er utført i felt, sendes rådatafil fra sonderingen normalt over til ansvarlig geotekniker som tegner opp resultatet fra sonderingen. Borleder skriver sine kommentarer i borloggen, sammen med en foreløpig feltklassifisering. Disse kommentarene kan plottes på utskriften av sonderingene, og gir ofte nyttig informasjon om grunnforholdene og type løsmasser som er påtruffet. Dette er observasjoner som senere kan benyttes av saksbehandler ved tolkning av resultatene. Denne tolkningen må imidlertid verifiseres med supplerende undersøkelsesmetoder.

### 5.1 Generelt

Totalkraften som måles i sonderingen er summen av spissmotstand og stangfriksjon. Avhengig av grunnforholdene og bordybde vil det variere hvor stort bidrag hver av disse gir til den nødvendige nedpressingskraften.

### 5.2 Effekt av økt rotasjon

Så lenge grunnen består av homogene løsmasser som leire, silt og sand som ikke er fast lagret, vil man normalt kunne utføre sonderingen uten å måtte benytte økt rotasjon, spyling eller slag.

Ved bruk av økt rotasjon vil den nødvendige matekraften for å holde normert penetrasjonshastighet reduseres. I masser som inneholder mye silt (sandig silt og siltig sand) er reduksjonen i matekraft omkring 40-50 % ved økning fra standard rotasjonshastighet (25 omdr./min.) til høy rotasjonshastighet (50 omdr./min). Den samme reduksjonen kan forventes ved sondering i middels fast, lite sensitiv leire. I sand er effekten av økt rotasjonshastighet mer beskjeden og økt rotasjon gir en reduksjonen i matekraft omkring 20-30 %. (Fredriksen, 1997).

### 5.3 Effekt av spyling

I friksjonsjordarter vil spyling redusere matekraften som er nødvendig for å opprettholde normert penetrasjonshastighet. Det skjer hovedsakelig ved at spissmotstanden reduseres av spylingen. Effekten av spyling varierer med korngraderingen og gir størst utslag i ensgradert sand. I mer velgraderte og/eller lagdelte masser vil effekten være mindre synlig, men likevel vesentlig.

I lite sensitive leirer, hvor stangfriksjonen er betydelig, vil bruk av spyling ofte fungere som smøring av stangsystemet. Dette reduserer friksjonen langs borstrengen. Registrert bormotstand vil således være lavere i et gitt jordlag dersom det har vært forutgående spyling. Effekten er størst i lite sensitive leirer, men den vil også gjelde under andre grunnforhold.

Spylingen foregår med relativt høyt trykk, og kan påvirke egenskapene også i massene under det nivået der spyling avsluttes. Påvirkningen kan medføre redusert fasthet i laget under borkronen, noe som medfører lavere penetrasjonsmotstand og et sonderingsprofil som kan minne om kvikkleirenes. Spylingens påvirkningsdybde under nivå for avsluttet spyling avhenger av en rekke forhold som blant annet grunnforholdene, spyletrykket, spylemedium (luft/vann) og bordybde. Generelt vil bruk av luft medføre større påvirkning på jordmassene under borkronen enn spyling med vann.

Dersom en borer i faste masser som for eksempel morene så kan et høyt spyletrykk indikere høyt innhold av finstoff. Ved boring i mer permeable masser som sand og grus så vil spyletrykket normalt ligge lavere.

## 5.4 Eksempler

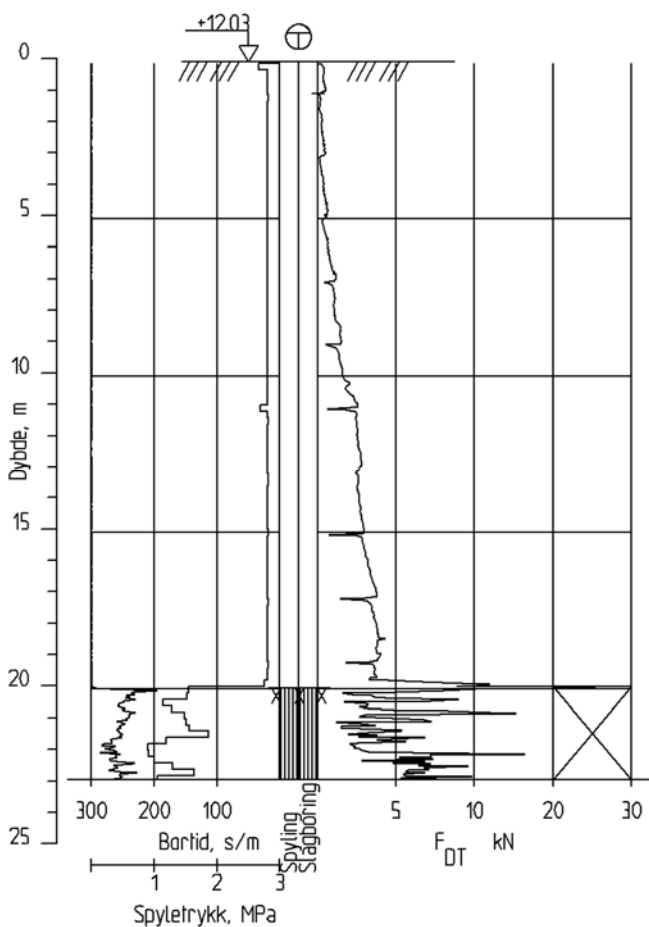
I de følgende avsnitt er det vist noen typiske eksempler på totalsonderinger ved ulike grunnforhold, samt noen spesialtilfeller.

### 5.4.1 Leire

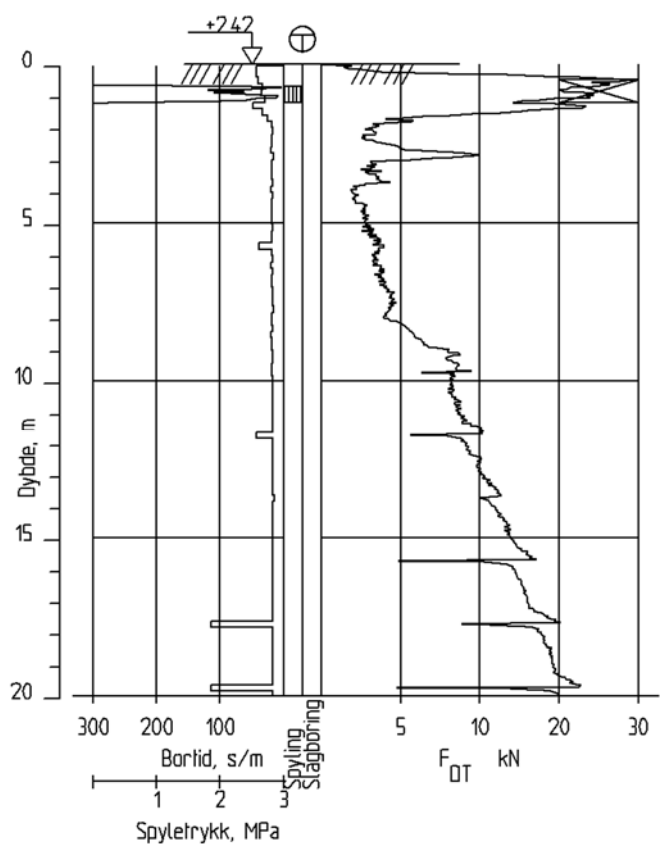
Bløte eller løse kohesjonsjordarter (leire og til dels silt) kjennetegnes ved liten bormotstand og en jevn sonderingskurve.

I bløte leirer er det ofte liten kraftøkning med dybden. Det skyldes lav stangfriksjon og lav styrke av leira. I fast og lite sensitiv leire, der stangfriksjonen kan være vesentlig, har matekraften ofte stor økning med dybden.

Typiske eksempler på totalsondering i leire er vist i figur 5 og figur 6. Se også kapittel 5.5.



Figur 5. Bløt leire til berg (ikke sensitiv).

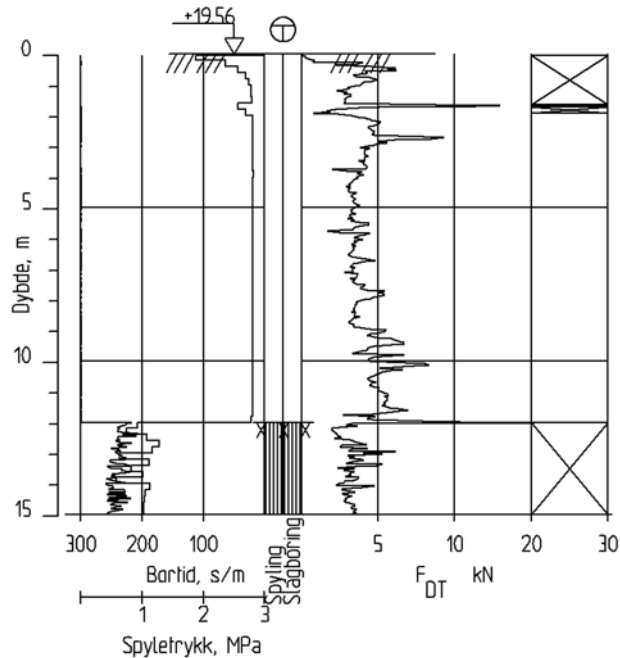


Figur 6. Fast leire, under topplag av fyllmasser

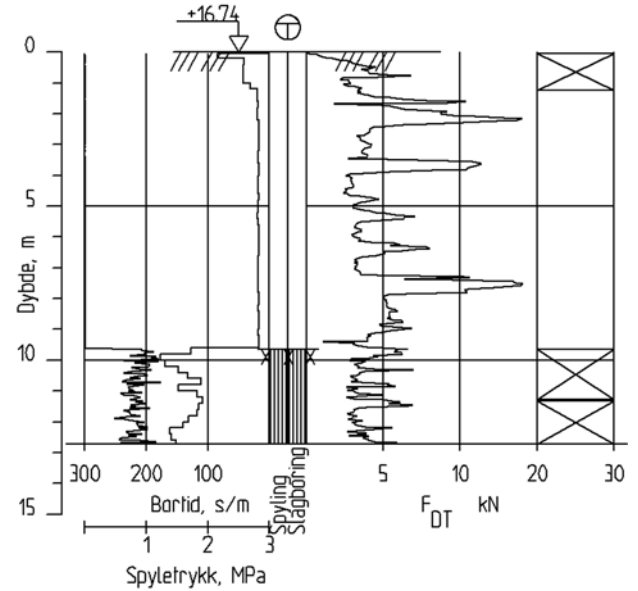
Det bemerkes at stangskifte i noen tilfeller vil framtre tydelig i sonderingene, som for eksempel i figur 5 og figur 6. Noen ganger i form av et hakk i kurven for matekraft, andre ganger også i form av økt bortid. Dette skyldes forhold ved metoden og borryggen, ikke grunnforholdene. Det er likevel tilfeller der matekraften etter stangskift er lavere enn før stangskift. Det henger blant annet sammen med at poreovertrykket som bygges opp ved spissen under sonderingen reduseres ved stangskift. Effekten er synlig i figur 6.

## 5.4.2 Friksjonsmasser

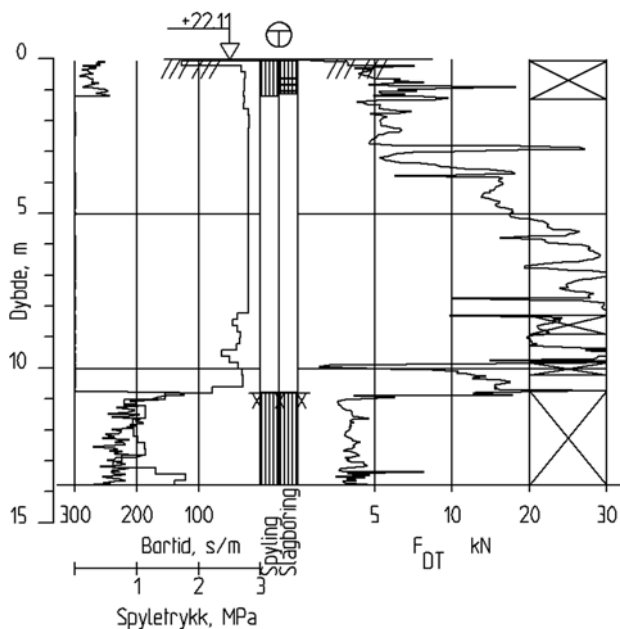
Friksjonsjordarter som silt, sand og grus kjennetegnes ved at matekraftkurven får en kontinuerlig takkete form, der variasjoner i motstand opptrer på grunn av varierende lagringsbetingelser for materialene. Figur. 7, figur. 8, figur. 9 og figur 10 viser noen typiske eksempler på totalsonderingsprofiler i friksjonsmasser.



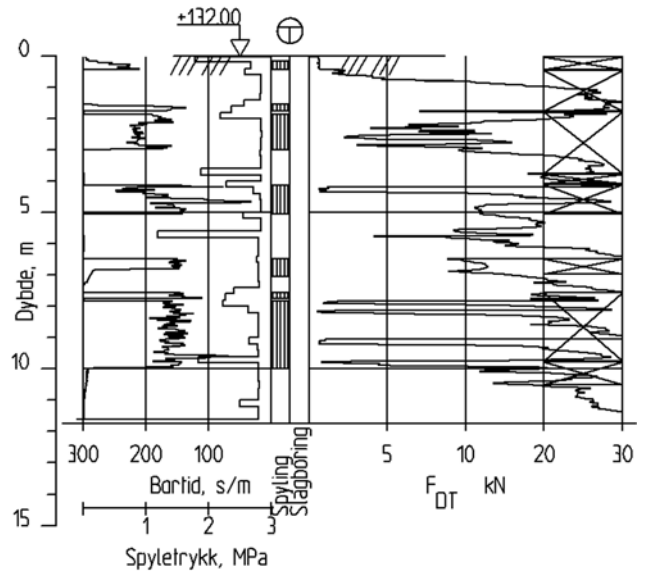
Figur 7. Siltig leire / leirig silt.



Figur 8. Siltig leire / leirig silt, med sandlag.



Figur 9. Sand, under topplag med fyllmasser.



Figur 10. Sandig grus.

Det er vanligvis ikke noe problem å identifisere laggrensen mellom silt og sand, men grensen mellom sand og grus trer ikke alltid tydelig frem.

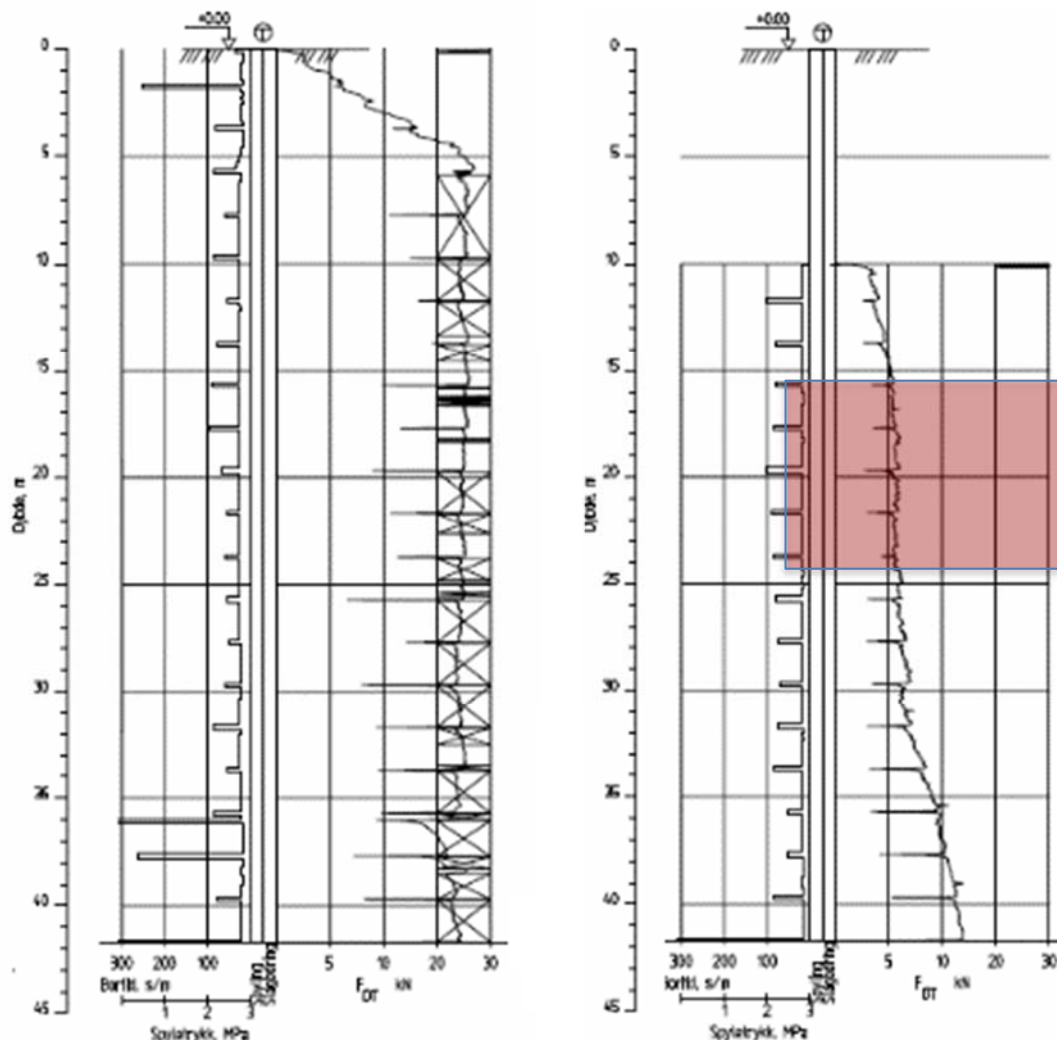


Overgangssoner fra fastere til løsere homogene finsandlag kan gi partier med avtagende sonderingsmotstand og forholdsvis jevne sonderingskurver som kan være lik kvikkleirerespons i formen. Som regel er imidlertid nedpressingskraften større i disse tilfellene.

### 5.4.3 Fast lag over bløte masser

Ved tykke lag av faste masser over bløte masser kan det være vanskelig å tolke nøyaktig beliggenheten av de bløte massene. Dette skyldes at stangfriksjonen gjennom de faste lagene utgjør en betydelig andel av den totale matekraften. Ved boring gjennom faste, mektige topplag kan derfor friksjonen i topplaget påvirke sonderingsprofilen nedover i dybden. Figur 11 viser et eksempel på dette, der totalsonderingen er gjennomført med og uten forboring gjennom et fast topplag over et lag med kvikkleire.

Resultatene viser et potensielt kvikkleirelag som fremkommer i profilet med forboring, mens det er skjult i profilet uten forboring. Tilsvarende friksjonsreducerende tiltak kan oppnås ved bruk av spyling med vann. Ved mistanke om kvikkleire/sprøbruddmateriale i grunnen under mektige topplag kan forboring vurderes, avhengig av formålet med undersøkelsen.



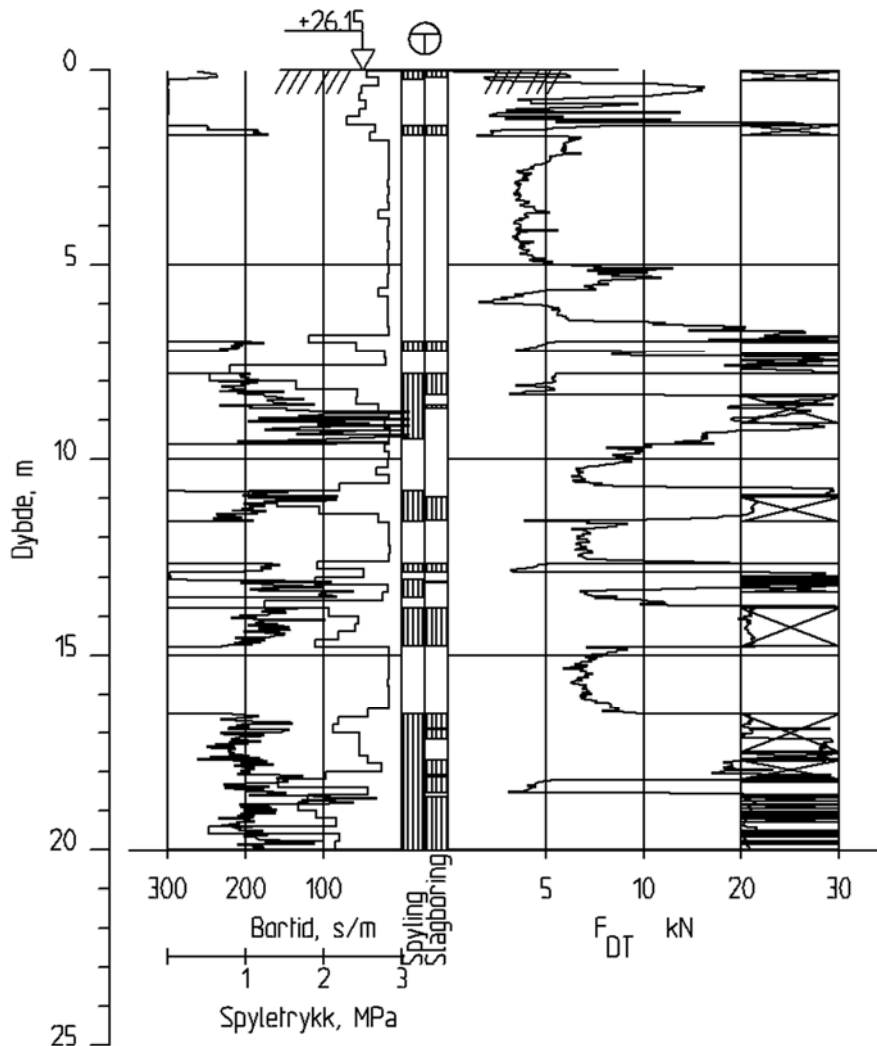
Figur 11. Eksempel på innvirkning av forboring. Forboring gjennom topplag kan avsløre underliggende lag av bløte, sensitive masser. Til venstre: Sondering uten forboring. Til høyre: Samme sondering utført med forboring gjennom 10 m topplag. Skravert område viser potensielt kvikkleirelag fra totalsondering. (Basert på Trondheim kommune rapport R-1622).

#### 5.4.4 Vekslende lag med bløte og faste masser

Sonderingsprofilene gir grunnlag for å bestemme grensen mellom forskjellige materialer. Tydeligst fremtrer grensen mellom leire og friksjonsmaterialer. Fig. 12 viser et sonderingsprofil med vekslning mellom bløte leirlag og faste friksjonsmasser.

Laggrensen mellom leire og friksjonsmateriale fremtrer uavhengig av om leirlaget ligger over eller under de faste massene. Løst lagret silt kan imidlertid markeres så svakt at laggrensen blir uklar.

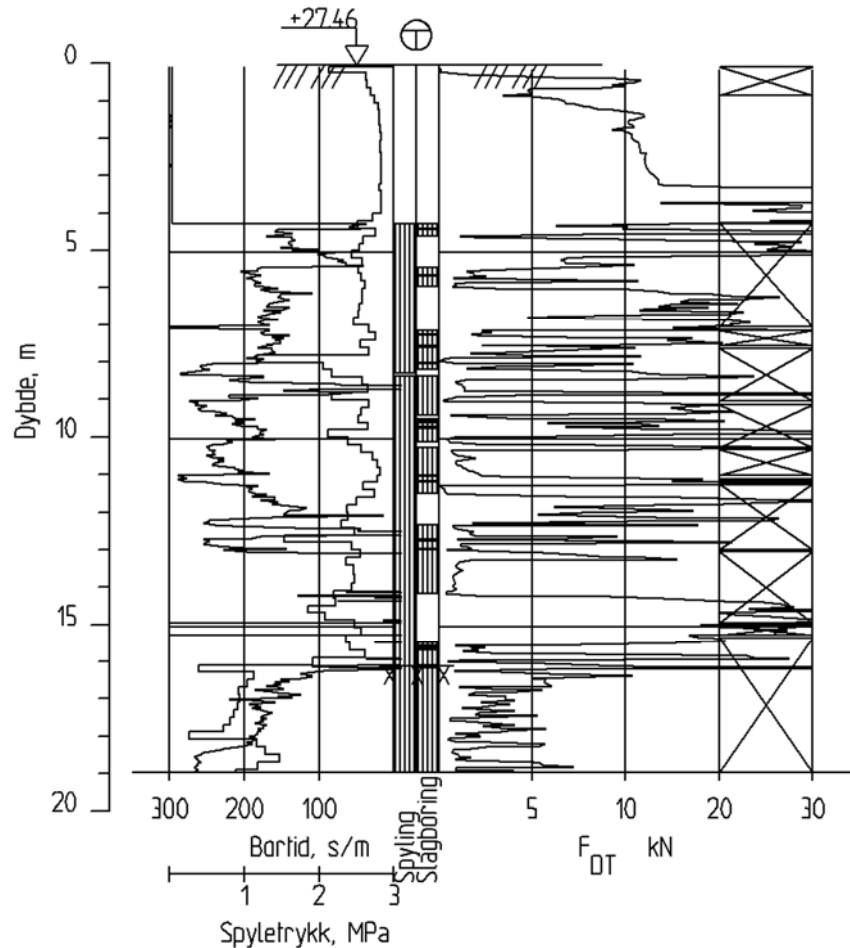
Tørrskorpelag (forvittringssone i leire og siltig leire) skiller seg vanligvis klart fra underliggende leirmasser. Imidlertid er det ofte store variasjoner internt i tørrskorpelaget, slik at materialet kan feiltolkes som silt- og sandlag.



Figur 12. Sonderingsprofil i vekslende bløte og faste masser.

### 5.4.5 Morene

Morenelag vil ofte gi stor sonderingsmotstand da dette ofte er hardpakkede masser, stedvis med høyt innhold av grove fragmenter som stein og blokk. I forsenkninger i berggrunnen kan morenelagene stedvis ha betydelig tykkelse, mens morenedekket normalt vil ha begrenset tykkelse der bergoverflaten danner høydedrag. Det vil som regel være nødvendig med spyling og slag for å penetrere morenelaget, og det kan stedvis være vanskelig å skille dette fra bergoverflaten. Figur 13 viser eksempel på en sondering med morene fra ca. 4 meter dyp.



Figur 13. Morene.

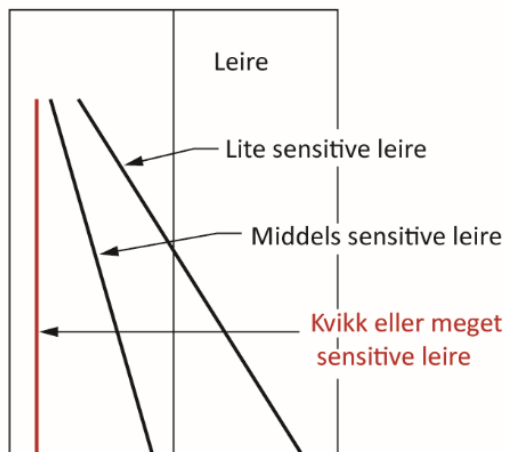
I spesielle tilfeller kan morenelag med stor blokk bli oppfattet som boring i berg. Hvis man på forhånd har kunnskaper om blokk i området kan det være aktuelt å forlenge innboringslengden i berg for å oppnå mer sikker påvisning av berg.

Se for øvrig kapittel 5.7, boring i berg og tolkning av bergnivå.

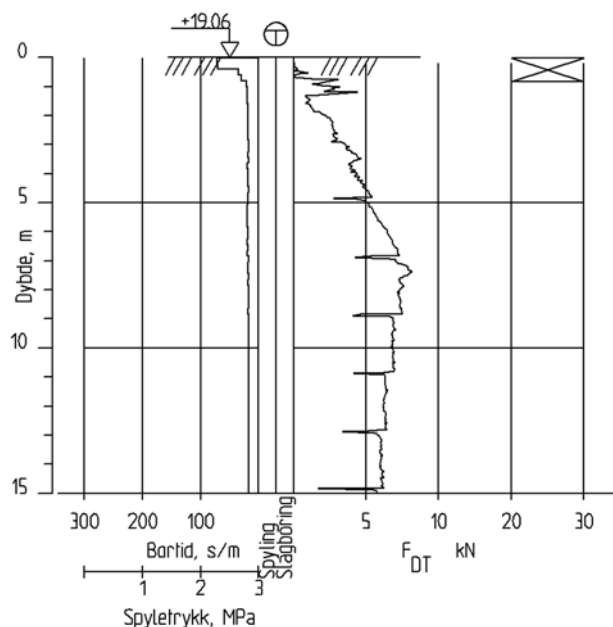
## 5.5 Påvisning av sensitiv og kvikk leire

I de fleste typer løsmasser vil økende friksjon langs borstengene bidra til en økende nedpressingskraft med dybden. Stangfriksjonen er imidlertid svært beskjeden i bløte og sensitive leirer, samt i bløte siltige masser. Dermed får man ingen økning i nedpressingskraft med dybden, dersom forholdene for øvrig ikke endrer seg. Sondering i kvikke eller meget sensitive leirer vil derfor ofte gi tilnærmet vertikal eller avtagende helning på sonderingskurven, mens lite sensitive leirer gir markert økning av sonderingsmotstanden med dybden.

En prinsipiell skisse av typiske sonderingsresultater er vist i figur 14, der sonderingskurven kan benyttes til å vurdere sensitiviteten av leirmassene. Varierende sensitivitet i leiren gjenspeiles normalt med forskjellig helning på sonderingskurven, men i noen tilfeller påtreffes det profiler med konstant eller avtagende sonderingsmotstand der leiren ikke er sensitiv eller kvikk. Figur 15 viser eksempel på sondering der leiren er fast og lite sensitiv ned til ca 7 meters dybde. Fra 7 m er leiren kvikk.



Figur 14. Prinsippisk skisse for påvisning av sensitiv og/eller kvikk leire



Figur 15. Eksempel på totalsonderingsprofil.

Sondering i løs, vannmettet silt kan også gi tilnærmet konstant sonderingsmotstand ved nedpressing på grunn av kollaps i siltmassen under borspissen og lite utviklet friksjon. Spesielt gjelder dette ved liten overdekning og relativt løse masser over siltlaget.

Siltig utvasket leire med varvige silt- og sandlinser kan representere en situasjon der leirlagene er sensitive, mens nedpressingsmotstanden vil være økende med dybden på grunn av friksjonsbidraget i silt- og sandlagene.

Påtreffes tykkere lag med høyt organisk innhold vil dette gi meget lav nedpressingsmotstand og i noen tilfeller medføre vertikal kurveform, noe avhengig av omvandlingsgraden. Lite omvandlet organisk materiale viser relativt høy friksjon, noe som vil medføre økende nedpressingskraft med dybden.

## 5.6 Sammenligning mellom dreietrykksondering og totalsondering

Totalsondering gjennomføres med samme penetrasjons- og rotasjonshastighet som dreietrykksondering, men totalsondering utføres med tyngre utstyr og større krone og stenger. Oppløsningen i boringen vurderes å være tilsvarende med totalsondering som for dreietrykksondering, men reduksjon av stangfriksjon i bløte masser vurderes å være større med dreietrykksondering. Dette kommer av at dreietrykksonderingsspissen er forholdsvis bred i forhold til tykkelsen av borstengene. For totalsonderingen vil det kunne gi en mindre tydelig effekt av friksjonsreduksjonen i sprøbruddmaterialer. Dreietrykksondering anses derfor som en mer egnet metode for påvisning av sprøbruddmateriale, da den i større grad fremhever friksjons- og skjærbidraget mot spiss og stenger.

Totalsonderingsutstyret påvirker i mindre grad selve formen på sonderingsprofilen, mens matekraftutslaget for en totalsondering er oftest lik eller større enn matekraftutslaget for en dreietrykksondering. Den relative forskjellen i matekraft varierer med hvilke masser det sonderes i. Forholdstall for hvor mye større matekraften er ved totalsondering enn ved dreietrykksondering kan oppgis som orienterende etter tabell 1.

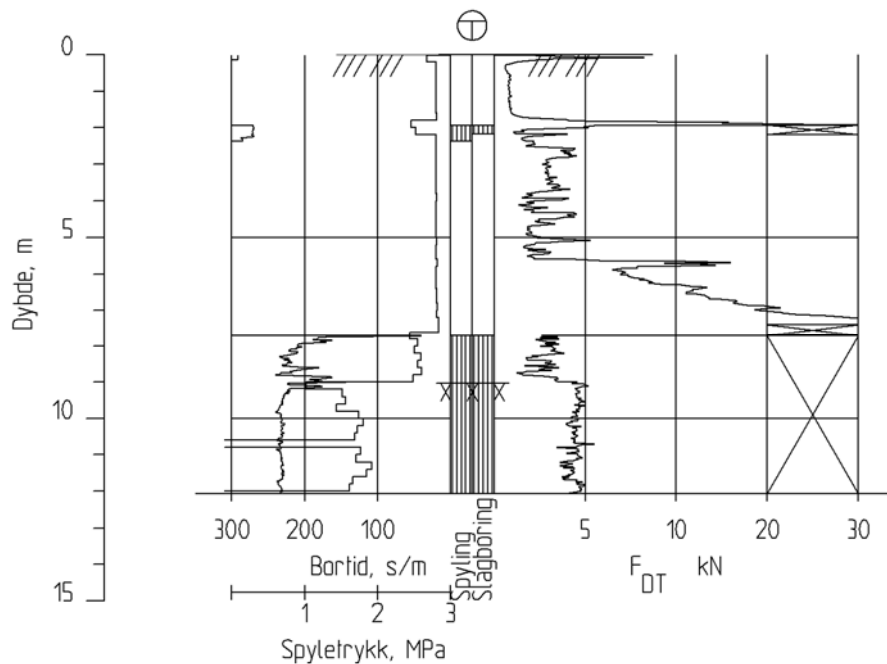
Tabell 1, forholdstall matekraft totalsondering og dreietrykksondering (Fredriksen, 1997)

Jordart / grunnforhold	Forholdstall mellom matekraft ved totalsondering og ved dreietrykksondering
Siltig leire/leirig silt	1 – 1,5
Kvikkleire	1 – 1,5
Leire, middels fast, lite sensitiv	1 – 1,5
Meget fast leire	3 – 5
Ensgradert sand, grusig sand	2 – 3

## 5.7 Boring i berg og tolkning av bergnivå

Totalsondering i berg benyttes i all hovedsak til å fastlegge hvor bergets overflate ligger. Berg påvises normalt med høy bortid til tross for bruk av økt rotasjon, spyling og slag. Normalt vil berget være forholdsvis homogent å bore i, slik at matekraften vil ligge relativt stabil.

Spyletrykket kan i noen tilfeller også brukes som en indikasjon for bergpåvisning, avhengig av bergkvaliteten. Hvis det er berg av god kvalitet med lite sprekker vil spyletrykket være forholdsvis stabilt ved boring i berg. Et eksempel på dette er vist i figur 16.



Figur 16. Utvikling av spyletrykk ved boring i intakt, lite oppsprukket berg.

I de senere år er 3 m innboring i berg benyttet som standard innboringslengde for å påvise berg. Erfaringer tilsier at det bestandig bør benyttes vannspyling for boring i berg.

Selv ved innboring 3 m i antatt berg finnes det eksempler på at borleder har vurdert grunnforholdene feil, og at berget ligger på andre nivåer enn konkludert med på bakgrunn av totalsonderinger. I områder med faste masser over berg og potensielle problemer med kartlegging av bergoverflaten, kan følgende metode/test benyttes:

1. Stopp rotasjon, start slaghammeren i noen sekunder og behold spyling på. Stiftene i borkronen vil da slås ned i berget.
2. Stopp hammeren og start rotasjonen forsiktig. Borstrengen vil da trykkes opp ca. 5-6 mm (stiftenes høyde) når stiftene tvinges opp av gropene som er dannet i berget. Når boret har rotert en omdreining, vil borstrengen falle tilbake igjen når stiftene er tilbake til utgangspunktet.

Ved boring i løsmasser, som for eksempel fast bunnmorene eller meget fast leire, vil massene mellom stiftene rives bort og borstrengen vil rotere uten å trykkes opp.

3. Etter å ha boret 1 m, heves boret nesten opp til antatt bergnivå, samtidig som spyling og rotasjon opprettholdes. Stopp deretter spyling og rotasjon. Hvis man borer i berg, vil boret da kunne senkes helt ned til det nivået der boringen ble stoppet. NB! Borkronen må ikke trekkes over antatt bergnivå, slik at løsmasser spyles løs og faller ned i borhullet

Ved boring i fast stein/blokkholdig morene må man være oppmerksom på at borkronen kan ha stoppet mot en stein eller blokk, noe som vil kunne oppfattes som berg. Testen bør i så fall utføres regelmessig, som f.eks. hver 0,5 m.

Ved boring i flisig berg vil ovennevnte prosedyre vanligvis ikke være tilstrekkelig, og det kan være vanskelig å bestemme nøyaktig bergnivå. Dette gjelder spesielt hvis det er fast morene over berget. I slike tilfeller vil man i enkelte tilfeller ikke registrere noen merkbar forskjell på borsynk eller spyletrykk ved overgang til berg. Det må da gjerne bores noen meter i berget før operatøren registrerer at det ikke bores i løsmasser. Ved slike forhold er det viktig å notere i borloggen hvordan man oppfatter forholdene, og anmerke at angivelse av bergnivå er usikkert.

Ved boring i berg med mye sprekker og svake soner, kan det være behov for å bore mer enn 3 meter i antatt berg før bergpåvisning kan anses som sikker.

## 6 Referanser

Norsk Geoteknisk Forening (1989). *Melding nr. 7; Veiledning for utførelse av dreietrykksondering.*

Norsk Geoteknisk Forening (1992). *Melding nr. 8; Kommentarkoder ved bruk av elektronisk registreringsutstyr til geotekniske feltundersøkelser.*

Norsk Geoteknisk Forening (1994). *Melding nr. 9; Veiledning for utførelse av totalsondering.*

P. kolstad (1987). NGI-rapport nr. 57600-10. *Totalsondering. Systembeskrivelse og resultatvurdering.*

Rygg, N. O. og Andresen, A. Aa (1988). First international symposium on penetration testing (ISOPT-1), Orlando, USA. *Rotary-pressure sounding: 20 years of experience.*

Frank Fredriksen (1997). Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, intern rapport nr. 1984, *P-466 Totalsondering.*

Trondheim Kommune (2015). R.1622. *Flatåsen kvikkleiresone.*



## **UTGITTE NGF MELDINGER:**

- Nr. 1 Praktisering av SI-enheter innen geoteknikk
- Nr. 2 Veiledning for symboler og definisjoner i geoteknikk, presentasjon av geotekniske undersøkelser
- Nr. 3 Veiledning for utførelse av dreiesondering
- Nr. 4 Veiledning for utførelse av vingeboring
- Nr. 5 Veiledning for utførelse av trykksondering med poretrykksmåling (CPTU)
- Nr. 6 Veiledning for måling av grunnvannstand og poretrykk
- Nr. 7 Veiledning for utførelse av dreietrykksondering
- Nr. 8 Kommentarkoder ved bruk av elektronisk registreringsutstyr til geotekniske feltundersøkelser
- Nr.9 Veiledning for utførelse av totalsondering
- Nr. 10 Beskrivelsestekster for grunnundersøkelser (nå NS3420 del D)
- Nr. 11 Prøvetaking