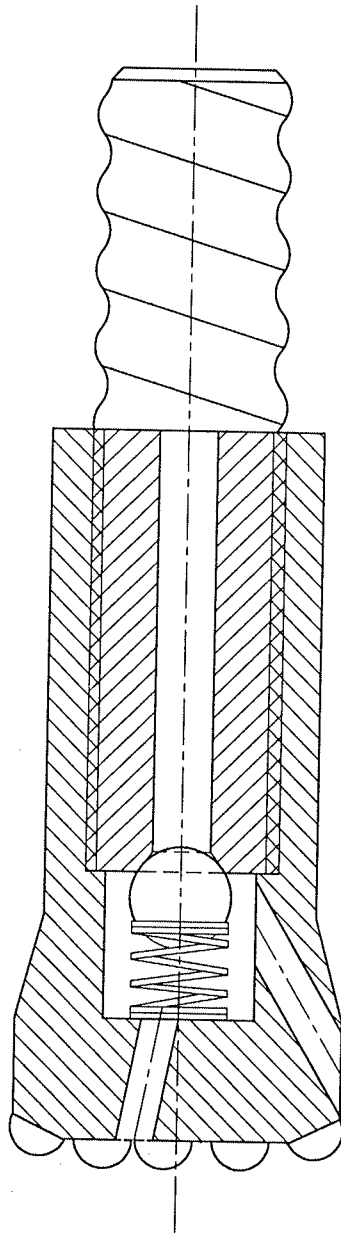


# Intern rapport nr. 1984

## P-466 Totalsondering



Juli 1997

Veglaboratoriet

# Intern rapport nr. 1984

## P-466 Totalsondering

### Sammendrag

Totalsondering kombinerer dreietrykksondering og fjellkontrollboring til én rasjonell metode for løsmassekartlegging og bestemmelse av dybder til berg. Resultatene gir grunnlag for å vurdere relativ fasthet i løsmassene og berggrunnen. Metoden er utviklet gjennom et samarbeid mellom NGI og Veglaboratoriet, med støtte fra NTNF.

Videre utvikling av metoden og presentasjon av resultater er blitt koordinert av Veglaboratoriet gjennom FoU-prosjekt P-466 Totalsondering. Forskningsprosjektet er utført i samarbeid med et utvalg av fylkene.

I tillegg til direkte sammenligninger av resultater fra dreietrykk- og totalsonderinger i ulike typer masser, er det utført systematiske boreprogram for å dokumentere virkningen av ulike tiltak for å bedre nedtrengningsevnen av totalsonderingsspissen. I masser som ikke nødvendigvis krever tiltak utover vanlig prosedyre for å kunne penetreres, ble allikevel slag, spyling og/eller økt rotasjon påført i ulike dybdenivåer. En kan på denne måten vurdere effekten av de ulike tiltakene relativt til hverandre, og mot vanlig dreietrykksondering. Videre er det forsøkt å dokumentere hvordan sonderingsmostanden påvirkes når slag og/eller spyling har vært utført på et høyere nivå i borhullet.

Resultatene fra dette FoU-prosjektet har dannet grunnlag for utarbeidelse av endelig borprosedyre for totalsondering. For detaljer vedrørende metode, utstyr, utførelse og presentasjon, henvises det til Norsk Geoteknisk Forening's melding nr. 9, "Veiledning for utførelse av totalsondering" [1], samt til Statens vegvesen's håndbok 015 "Felt-undersøkelser" [2].

Emneord: *Grunnundersøkelser, sondering, totalsondering, borprosedyre, tolkning*

Seksjon: *Geologi- og geoteknikkontoret*  
Saksbehandler: *Frank Fredriksen*  
Dato: *Juli 1997*

/RDA

---

Statens vegvesen, Vegdirektoratet  
**Veglaboratoriet**  
Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo  
Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44

# ***Innhold***

1.	<i>INNLEDNING</i>	3
2.	<i>PARALLELLBORING I KVIKKLEIRE, AKERSHUS BILAG 1 - BILAG 9</i>	4
3.	<i>PARELLELLBORING I FAST LEIRE, AKERSHUS BILAG 10</i>	4
4.	<i>PARALLELLBORING I LAGDELTE MASSER, LEIRE/SILT/SAND, MØRE OG ROMSDAL BILAG 11 - BILAG 12</i>	5
5.	<i>SONDERINGER I SAND/GRUS, FINNMARK BILAG 13 - BILAG 18</i>	6
5.1	<i>Parallellboring i grusig sand, Svanvik. Bilag 13</i>	6
5.2	<i>Parallellboring i grusig sand, Meskelv bru. Bilag 14 - Bilag 15</i>	6
5.3	<i>Totalsonderinger i sand, sammenligning luft/vann - spyling, Svanvik Bilag 16 - Bilag 18</i>	7
6.	<i>BOREPROGRAM I SAND OVER LEIRIG, SILTIG, SANDIG MATERIALE, ØSTFOLD BILAG 19 - BILAG 27</i>	7
7.	<i>BOREPROGRAM I SAND OVER LEIRE, DRAMMEN BILAG 28 - BILAG 35</i>	10
8.	<i>BOREPROGRAM I LEIRE, TRONDHEIM BILAG 36 - BILAG 44</i>	11
9.	<i>KONKLUSJONER</i>	13
9.1	<i>Sammenligning mellom dreietrykksondering og dreietrykkdelen av totalsonderingen</i>	13
9.2	<i>Fjellkontrolldelen</i>	14
9.3	<i>Sluttkommentarer</i>	15
9.4	<i>Borprosedyre for totalsondering</i>	16
10.	<i>REFERANSER</i>	17

## ***VEDLEGG***

<i>Bilag 1</i>	<i>Resultater fra rutineanalyser, Akershus</i>
<i>Bilag 2-3</i>	<i>Kornfordelingsanalyser, Akershus</i>
<i>Bilag 4-9</i>	<i>Parallellboringer. Totalsondering - Dreietrykksondering, Akershus</i>

- Bilag 10 Parallellboringer. Totalsondering - Dreietrykksondering, Akershus*  
*Bilag 11-12 Kornfordelingsanalyser, Møre og Romsdal*
- Bilag 13-15 Parallellboringer. Totalsondering med luftspyling -  
dreietrykksondering, Finnmark*  
*Bilag 16-17 Kornfordelingsanalyser, Finnmark*  
*Bilag 18 Parallellboringer. Totalsondering med luftspyling, totalsondering  
uten spyling, totalsondering med vannspyling, Finnmark*
- Bilag 19 Oversikt boringer. Østfold*  
*Bilag 20 Rutineanalyser. Østfold*  
*Bilag 21-22 Kornfordelingsanalyser. Østfold*  
*Bilag 23 Dreietrykksonderinger. Østfold*  
*Bilag 24 Parallellboringer. Totalsondering - dreietrykksondering. Østfold*  
*Bilag 25-27 Totalsonderinger. Østfold*
- Bilag 28 Oversikt boringer. Drammen*  
*Bilag 29 Rutineanalyser. Drammen*  
*Bilag 30 Kornfordelingsanalyser. Drammen*  
*Bilag 31 Dreietrykksonderinger. Drammen.*  
*Bilag 32 Parallellboringer. Totalsondering - dreietrykksondering. Drammen.*  
*Bilag 33-35 Totalsonderinger. Drammen*
- Bilag 36 Oversikt boringer. Trondheim*  
*Bilag 37 Rutineanalyser. Trondheim*  
*Bilag 38 Kornfordelingsanalyser. Trondheim*  
*Bilag 39 Dreietrykksonderinger. Trondheim*  
*Bilag 40 Parallellboringer. Totalsondering - dreietrykksondering. Trondheim*  
*Bilag 41-44 Totalsonderinger. Trondheim*
- Bilag 45 Identifisering av ulike massetyper. Erfaringsgrunnlag fra  
dreietrykksonderingsresultater*

## 1. INNLEDNING

Dreietrykkssondering er en standardisert sonderingsmetode som har vært benyttet i mer enn 25 år i Statens vegvesen. Metoden har dessuten vært den klart dominerende helt fram til begynnelsen på 90 - tallet. På 80-tallet ble det til sammen i Statens vegvesen boret gjennomsnittlig 60 000 løpemeter pr. år med dreietrykkssondering.

Dreietrykkssonderingsmetoden representerer således et svært viktig erfaringsgrunnlag vedrørende tolkning av ulike typer masser og lagdelinger i grunnen. Noe av dette erfaringsgrunnlaget er nedfelt i Veglaboratoriets internrapport nr. 816 [3], samt i Norsk Geoteknisk Forening's (NGF's) melding nr. 7 [4]. Det henvises også til Andresen og Rygg (1988): "Rotary-pressure sounding: 20 years of experience" [5] (artikkelen er også gitt ut i Veglaboratoriets publikasjonsserie, Publikasjon nr. 65).

Ulempen med dreietrykkssonderingsmetoden er at den stopper opp mot stein og faste lag. Dersom det var ønskelig med sikker fjellbestemmelse i tillegg til registreringer i løsmassene, måtte en tidligere også utføre fjellkontrollboring, altså to separate sonderinger.

Det var derfor ønskelig med en sonderingsmetode som både kunne utføre følsom registrering i løsmasser, og fjellkontrollboring.

Den nye sonderingsmetoden ble gjort mulig gjennom utviklingen av en fjærbelastet kuleventil som sitter montert inne i en fjellborkrone. Når spyletrykket er av, sørger fjæren for at kulen stenger for hullet i skjøtetappen som er skrudd ned i fjellborkronen. Dette hindrer masse i å trenge opp i stengene for så å hindre senere gjennomstrømning av vann eller annet spylemedium. Når spyletrykk blir satt på gir fjæren etter og åpner for gjennomstrømning. En har således åpnet for muligheten til å kunne slå av og på spyling avhengig av løsmassenes fasthet og sammensetning. Den nye metoden er altså en kombinasjon av dreietrykkssondering og fjellkontrollboring, og har fått navnet totalsondering.

Det ble derfor igangsatt et prosjekt i 1985 hvor målsettingen var å "utvikle et komplett system for sondering som er i stand til å penetrere alle typer jordarter og kunne bore i fjell. Samtidig skal nødvendige boreparametere registreres for å kunne gi en like god eller bedre presentasjon av grunnforholdene enn dagens dreietrykkssondering, med andre ord utvikle et sonderutstyr som kan utføre en "Totalsondering".

Prosjektet ble finansiert ved midler fra NTNF (nå Norges Forskningsråd, NFR), Statens vegvesen v/Veglaboratoriet og NGI. Totalt kom prosjektet på 2,33 millioner kroner med fordelingsnøkkel NTNF / Veglaboratoriet / NGI lik 53,6% / 25,8% / 20,6%. NGI utførte det meste av arbeidet under en styringskomité med medlemmer fra Veglaboratoriet og NGI. Resultatene fra prosjektet er dokumentert i en NGI-rapport med tittelen: "Totalsondering, Systembeskrivelse og resultatvurdering" [6]. Sitatet over vedrørende målsetting for prosjektet er hentet fra nevnte rapport.

Under utviklingen av metoden var det ønskelig å ende opp med et utstyr som ga

resultater så nær opptil dreietrykksondering som mulig. Flere ulike kombinasjoner av krone- og stangdiameter ble testet ut og sammenlignet med resultater fra dreietrykksondering. Kombinasjonen 44 mm stang og 57 mm krone viste seg å gi resultater som lå nærmest dreietrykksonderingsmetoden. For orden skyld nevnes det at dreietrykksonderingsutstyret består av 36 mm stenger og en "snodd" spiss (se [4]).

Videre utvikling av metoden og presentasjon av resultater er blitt koordinert av Veglaboratoriet gjennom FoU-prosjekt P-466 Totalsondering. Flere fylker har deltatt ved at de har fått tildelt midler fra forskningsprosjektet for å gjennomføre borprogrammer spesifisert av Veglaboratoriet. Viktigste målsettinger for FoU-prosjekt P-466 har vært å utvikle og optimalisere borprosedyren, bygge opp et tolkningsgrunnlag for metoden, samt å gjøre sammenligninger med dreietrykksonderingsresultater.

FoU-prosjekt P-466 startet opp så tidlig som i 1990. Siste grunnundersøkelsesprogram ble utført høsten 1992. Selv om sluttrapporten foreligger først nå, er resultatene blitt presentert fortløpende og ved flere anledninger, som f.eks. ved Vegdirektoratet's sentrale kurs om "grunnboring" og "bruk av grunnboringssystem", konferanser og i andre geotekniske møter og fora. Resultatene fra prosjektet var også en del av grunnlaget for utgivelsen av NGF's melding nr. 9: "Veiledning for utførelse av totalsondering" [1].

## **2. PARALLELLBORING I KVIKKLEIRE, AKERSHUS BILAG 1 - BILAG 9**

Akershus har utført 6 parallellboringer gjennom kvikkleire. Sonderingene er utført i forbindelse med bygging av ny E6 gjennom Frogn kommune, parsell Korsegården Nord til Vassum.

Det er tatt opp 54 mm prøveserier fra to hull. Resultater fra rutineanalysene kan finnes i Bilag 1 til Bilag 3. Leiren har en uderent skjærstyrke i området 10 til 20 kPa. Både vanninnhold og leirinnhold ligger omkring 40 %.

Parallellboringene er presentert i Bilag 4 til Bilag 9. Resultatene må sies å være som ventet. Formen på sonderingskurvene er i hovedtrekk like, mens matekraften øker noe når det bores med fjellborkrone og 44 mm borstenger.

## **3. PARELLELLBORING I FAST LEIRE, AKERSHUS BILAG 10**

Bilag 10 viser en sammenligning mellom en dreietrykksondering og en totalsondering utført nær Berger grustak i Akershus. Med støtte i tidligere sonderinger fra 60-tallet er det her fast leire over sand/grus. Overgangen fra leire til sand/grus er omkring 10 meters dybde, dvs. at dreietrykksonderingen er avsluttet like over friksjonsmassene.

Leiren har et vanninnhold på omkring 25 % og et leirinnhold på 25 - 30 %.

Som en ser av Bilag 10 er det svært stor forskjell i matekraft mellom dreietrykk- og totalsondering. Kraftutslaget for totalsonderingen øker faktisk med en faktor på ca. 4 i forhold til dreietrykksonderingen.

Totalsonderingen viser også hvor effektivt vannspyling virker inn på penetreringen i fast leire. Men som en følge av at vi har vært nødt til å ta i bruk spyling for å penetrere videre ned, blir tolkningen av masstype og eventuell lagdeling (eller mangel på lagdeling) langt vanskeligere, sammenlignet med dreietrykksonderingen.

#### **4. PARALLELLBORING I LAGDELTE MASSER, LEIRE/SILT/SAND, MØRE OG ROMSDAL BILAG 11 - BILAG 12**

Møre og Romsdal kan presentere resultater fra Krifast, Høgset. Det er utført sammenlignende sonderinger mellom dreietrykksondering og totalsondering. Dessuten er det utført sammenligning mellom boreprosedyre med spyling kontra bruk av økt rotasjon for å trenge gjennom faste lag.

Resultatene er rapportert av Gunnar Flemmen [7].

Som nevnt i rapporten er sonderingene utført i sandige, siltige og delvis noe leirige materialer. Det er utført 3 prøvetakinger (54 mm) og resultater fra rutineanalysene er vist i rapporten. Det kan tillegges at løsmassene er svært lagdelte. I Bilag 11 og 12 er kornfordelingskurver inkludert. Heller ikke disse gir et sant bilde av grunnforholdene. Vi kan imidlertid konstatere at i de mest leirholdige partiene kan det være inntil 20 % leirinnhold. Går vi til den andre ytterligheten, ser vi at massene også kan bestå av partikler opp i grusfraksjonen.

Det beste inntrykket av grunnforholdene fås ved å studere notatene fra prøveåpningen i laboratoriet. Det er utført prøvetaking ned til 10 meters dybde. Massene kan i hovedsak sies å bestå av tynne lag (1-5 cm) av siltig leire og finsand hele veien ned igjennom. Innimellom kan det være ren sand i lag på 10-30 cm. Enkelte tynne lag med grov sand er også observert. Laboratorie-resultatene indikerer dessuten at massene får større innhold av sand med dybden.

Resultatene av de parallellkjørte sonderingene viser stor likhet. Generelt er matekraften for dreietrykksonderingene litt mindre enn for totalsonderingene. Med noen få unntak er formen på matetrykkkurven lik, dvs. utslagene på matetrykkkurvene følger hverandre.

For ytterligere informasjon, samt for detaljstudering av sonderingskurver, henvises det til rapporten fra Møre og Romsdal. Rapporten er også gitt ut som rapport nr. 85 i Veglaboratoriet's laboratorieserie.

## **5. SONDERINGER I SAND/GRUS, FINNMARK BILAG 13 - BILAG 18**

Finnmark har utført boringer i sand og grus ved "96-høyden" vegstasjon ved Svanvik i Sør-Varanger og ved Meskelv bru.

### **5.1 Parallellboring i grusig sand, Svanvik. Bilag 13**

Bilag 13 viser en sammenligning mellom en totalsondering og en dreietrykksondering. Luft er brukt som spylemedium.

Ved overgang til slag og spyling ved boring i løsmasser, forsøker Finnmark å opprettholde standard nedtrengnings- og rotasjonshastighet som for dreietrykksondering. Som en kan se av totalsonderingen i Bilag 13, fører dette til at matekraften holdes nærmest konstant på maksimumsnivå. Økende fasthet i massene leses ut av kurven for bortid. I de øverste 3 metrene er det relativt fast. Deretter, over en lengde på ca. 6 meter er det mulig å trenge gjennom med standard dreietrykknedtrengningshastighet (dvs. ca. 20 sek. pr. meter) ved bruk av slag og spyling.

Det ble forsøkt å dreietrykksondere i et hull like ved siden av. Ved bruk av standard rotasjonshastighet var det ikke mulig å trenge ned. Det ble derfor forsøkt å øke rotasjonshastigheten til det dobbelte (50 omdr./ min). Etter en noe langsom nedtrengning gjennom de øverste 2-3 metrene, var det mulig å presse med en hastighet på 3 m/min.

Ved 7 meters dybde går kurven for matekraft plutselig mot null. Det understrekes at dette skyldes en operatørfeil og er ikke representativt for massene.

Det ble ikke utført prøvetaking. Boringene foregikk imidlertid oppe på kanten av et grustak, ca. 3 - 4 meter inn fra nærmest loddrett vegg. Ut fra en visuell bedømmning kan løsmassene betegnes som grusig sand.

### **5.2 Parallellboring i grusig sand, Meskelv bru. Bilag 14 - Bilag 15**

To Parallellboringer i hovedsaklig grusig sandig materiale er vist i Bilag 14 og Bilag 15. Også her er luft benyttet som spylemedium for totalsonderingene.

Det understrekes at kornfordelingsanalysene er utført på masse som er blåst opp ved odexboring.

En har her ikke klart å holde standard nedpressingshastighet (tilsvarende 20 sek./meter) for totalsonderingene. Allikevel er det verdt å merke seg at sonderingsmotstanden ved totalsondering kan bli mer enn dobbelt så stor som sonderingsmotstanden ved dreietrykksonderinger i slike masser.



### **5.3 Totalsonderinger i sand, sammenligning luft/vann - spyling, Svanvik** **Bilag 16 - Bilag 18**

Bilag 18 viser totalsonderinger fra en annen lokalitet ved Svanvik. Hullene er boret ca. 1 m fra hverandre. Ved en sondering er det benyttet luftspyling, ved en annen vannspyling. For en tredje sondering er det ikke benyttet spyling i det hele tatt.

Registrering av måledata har startet på ulikt nivå for de tre sonderingene. Det er imidlertid ikke forboret med annet borutstyr. Det er slått og spylt gjennom topplaget med totalsonderingskronen. Det var tele i bakken da boringene pågikk.

Kornfordelingsanalyser er utført på oppblåst masse fra odex-boring. Bilag 16 og 17 viser at bortsett fra øverste meteren med grusig sand, så består løsmassene her av ensgradert sand.

Dersom en først sammenligner boringen med luftspyling og boringen helt uten spyling, har en måttet begynne å slå omtrent ved samme dybde. Det har ikke vært nødvendig å slå mer selv om spyling ble utelatt. Kurvene for matekraft viser nokså lik oppførsel. Boringen uten spyling har faktisk gjennomgående noe mindre utslag. Til gjengjeld er bortiden noe større.

Sammenlignes matekraften mellom 2 og 5 meters dybde, er utslaget praktisk talt likt. Her er det ikke benyttet slag på noen av boringene.

Med bruk av vannspyling kan det sonderes 4 meter lengre før slag må tas i bruk. Uten bruk av vannspyling må det slås nokså mye for å trenge gjennom dette partiet. Nå er det vel ikke spesielt oppsiktsvekkende at vannspyling har stor innvirkning på nedtrengningsevnen i friksjonsmasser. Det er allikevel interessant å kunne sammenligne de tre sonderingene.

Når en benytter slagboring i sand, har dette svært stor betydning for nedtrengningsevnen. Ser man på matekurvene i Bilag 18 avtar matekraften enkelte steder nesten mot null. Årsaken til dette "droppet" i matekraft skyldes at slag er påsatt. Matekraften avtar da svært hurtig. Slag blir så slått av igjen og matekraften stiger like hurtig som den avtok. En er så nødt til å påføre slag igjen for at ikke nedtrengningen skal stoppe opp. Det må tillegges at det ikke alltid ble tid til å kode slag av og på selv om dette ble utført under sonderingen.

## **6. BOREPROGRAM I SAND OVER LEIRIG, SILTIG, SANDIG MATERIALE, ØSTFOLD BILAG 19 - BILAG 27**

En oversikt over borepunktene er vist i Bilag 19. Dreietrykksonderingen i midten (unummerert) ble utført først. Siden ble det totalsondert i 11 hull, utført i den rekkefølgen som nummerene viser. Deretter ble det utført nok en dreietrykksondering (Hull 12), før boreprogrammet ble avsluttet med en prøveserie.

Boreprogrammet for totalsonderingene er vist i Tabell 1.

TABELL 1. Boreprogram totalsonderinger, Østfold.

DYBDE (M)	HULL NUMMER										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0-7	STD	STD	STD	STD M/ØKT ROTASJON	STD	STD	STD M/SPYLING	STD M/SPYLING	STD M/SPYLING	STD M/SLAG	STD M/SLAG OG SPYLING
7-14	STD	STD	STD M/ØKT ROTASJON	STD M/ØKT ROTASJON	STD	STD M/SPYLING	STD M/SPYLING	STD	STD M/SPYLING	STD	STD
14-20	STD	STD M/ØKT ROTASJON	STD M/ØKT ROTASJON	STD M/ØKT ROTASJON	STD M/SPYLING	STD M/SPYLING	STD M/SPYLING	STD	STD	STD	STD

STD → nedpressing 3m/min, rotasjon 25 omdr/min  
 STD M/ØKT ROTASJON → nedpressing 3 m/min, rotasjon 50 omdr/min  
 STD M/SPYLING → nedpressing 3 m/min, rotasjon 25 omdr/min  
 STD M/SLAG → nedpr. ca. 3 m/min, rot. ca. 25 omdr/min  
 STD M/SLAG og SPYLING → nedpr. ca. 3 m/min, rot. ca. 25 omdr/min

Østfolds borerigg av typen Geonor AB2L ble benyttet til boringene sammen med en CAT spylepumpe med 8 hk. motor. Pumpen har en spylekapasitet på 50 liter/min. med et maks. trykk på 50 bar.

Foruten å sammenligne dreietrykksondering og totalsondering, var hensikten med boreprogrammet å dokumentere virkningen av ulike tiltak for å bedre nedtrengningsevnen av totalsonderingsspissen. I masser som nødvendigvis ikke krever tiltak utover vanlig prosedyre for å kunne penetreres, blir allikevel slag, spyling og/eller økt rotasjon påført i ulike dybdenivåer. En kan på denne måten vurdere effekten av de ulike tiltakene relativt til hverandre, og mot vanlig dreietrykksondering. Sonderingene i Hull nr. 1 til Hull nr. 6 er utført med denne hensikt.

Sonderingene i Hull nr. 7 til Hull nr. 11 har til hensikt å dokumentere hvordan sonderingsmotstanden påvirkes når slag og/eller spyling er utført på et høyere nivå i borhullet.

Resultater fra prøvetakingen er vist i Bilag 20 til Bilag 22. Øverste 2 meter er det ren torv. Fra 2 til 6 meters dybde er det ensgradert sand. Videre ned, fra 6 til 16 meters dybde består massene av en blanding av fraksjonene leire, silt og sand. Leirinnholdet ligger hovedsaklig mellom 5 og 10 %. Deretter, ned til 19 meters dybde, er det sand og siltig sand.

På Bilag 23 er det vist en sammenligning av to dreietrykksonderinger. Kurve a) var første sondering som ble utført, mens kurve b) ble utført til slutt, etter at hele totalsonderingsprogrammet var ferdig. Sammenligningen indikerer at vannspylingen fra totalsonderingene ikke har påvirket sonderingsmotstanden nevneverdig.

Av sammenligningen framgår dessuten den lokale fasthetsvariasjonen en må gjøre regning med. Enkelte tynne lag under 10 meters dybde gir en markert forskjell i sonderingsmotstanden.

Dreietrykksonderingen i Bilag 23 a) er ført noe dypere enn den andre. Ved 19 meters dybde er det såpass fast at en må øke rotasjonshastigheten for å kunne penetrere.

Mulig at det her er overgang til grovere masser. Sonderingen ble avsluttet ved ca. 20 meters dybde selv om det var mulig å fortsette videre ned.

I Bilag 24 er det vist en sammenligning mellom dreietrykksondering og totalsondering. Gjennom sandlaget får totalsonderingen mer enn dobbelt så stort kraftutslag som dreietrykksonderingen.

Videre nedover er forskjellen ikke så markant. Mellom 6 og 12 meter er kraftutslaget til totalsonderingen mellom 1,5 til 2 ganger så stor som dreietrykksonderingen. Etterhvert som en går dypere, blir forskjellen mer og mer utjevnet. Dette skyldes sannsynligvis at dreietrykksonderingsstengene etterhvert får påført mer stangfriksjon fra overliggende masse enn det totalsonderingsstengene får.

Ved stopp mot fast grunn med dreietrykksondering, er bruk av økt rotasjonshastighet og/eller pumping de tiltak en har for å trenge dypere ned. Det må sies at økt rotasjonshastighet har en bra effekt på nedtrengningsevnen til den snodde dreietrykkspissen.

Bilag 25 viser virkning i bruk av økt rotasjonshastighet på totalsonderings-utstyret. Den butte fjellborkronen får liten bedring i nedtrengningsevne ved påføring av økt rotasjonshastighet. Faktisk ser det ut til at det i denne siltige sanden er nyttløst å øke rotasjonshastigheten med den hensikt å penetrere dypere. Samtlige totalsonderinger hvor økt rotasjonshastighet ble benyttet, stoppet praktisk talt i samme dybde som sonderingen med standard prosedyre. Dreietrykksonderingen i Bilag 23 a) kunne penetreres dypere ved bruk av økt rotasjonshastighet. Sonderingen ble avsluttet i vel 20 meters dybde uten at det var nødvendig å avslutte her.

Rotasjonshastigheten innvirker imidlertid en del på utslaget til matekraften under kontinuerlig nedpressing. Reduksjonen er forholdsmessig liten i sandlaget, men når en sonderer i de finere massene under blir matekraften redusert til ca. det halve.

Bilag 26 viser at vannspyling er et langt bedre virkemiddel for å bedre nedtrengningsevnen i siltig sand enn det økt rotasjonshastighet er. Boringene ble avsluttet i ca. 20 meters dybde uten at det var helt stopp i dette nivået. Boringen i Hull 6 stoppet mot en stein i 16 meters dybde. Det ble ikke gjort noe forsøk på å slå seg gjennom.

Reduksjonen i matekraften som følge av vannspyling viser en noe anderledes oppførsel enn hva som var tilfelle når økt rotasjonshastighet ble benyttet. Med støtte i Bilag 27 b) og c) ser vi at matekraften i den ensgraderte sanden blir sterkt redusert som følge av vannspyling, faktisk fra rundt 20 kN til omkring 2-3 kN. Bilag 26 d) har fortsatt et høyt kraftutslag over et begrenset dybdeintervall. Mulig forklaring her kan være at det er en lokal ansamling av stein. Videre nedover, i de siltige, sandige og leirige massene, er reduksjonen i matekraften p.g.a. spyling faktisk mindre enn reduksjonen i matekraften p.g.a. økt rotasjonshastighet.

Bilag 27 indikerer at rene friksjonsmaser gir lite bidrag til stangfriksjonens andel i matekraften. I hvert fall synes det som om kraftutslaget ved sondering i underliggende masser blir lite påvirket av om det er spylt og/eller slått gjennom sandlaget eller ei.

## 7. BOREPROGRAM I SAND OVER LEIRE, DRAMMEN BILAG 28 - BILAG 35

Et boreprogram svært likt det som ble gjennomført i Østfold ble også utført i Drammen. Sondringene ble her ført noe dypere, ned til 30 meter.

En oversikt over plasseringen av borepunktene er vist i Bilag 28. Opprinnelig var det tenkt å sondere noe mer konsentrert enn hva som er angitt i Bilag 28. Ved sondering i Hull nr. 8 (sondering med vannspyling), viste det seg imidlertid at det kom vann opp av Hull nr. 7 som ligger 2 meter unna. Borepunktene ble derfor spredd noe mer fra hverandre.

Det ble også her utført to dreietrykkssonderinger. Dreietrykkssonderingen i Hull nr. 1 ble utført først, mens den i Hull nr. 13 ble utført til slutt, etter at alle totalsonderingene var fullført. Totalsonderingene ble utført i den rekkefølgen som nummerene viser.

Boreprogrammet for totalsonderingene er vist i Tabell 2.

TABELL 2. Boreprogram totalsonderinger, Drammen

DYBDE (M)	HULL NUMMER										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0-10	STD	STD	STD	STD M/ØKT ROTASJON	STD	STD	STD M/SPYLING	STD M/SPYLING	STD M/SPYLING	STD M/SLAG	STD M/SLAG OG SPYLING
10-20	STD	STD	STD M/ØKT ROTASJON	STD M/ØKT ROTASJON	STD	STD M/SPYLING	STD M/SPYLING	STD	STD M/SPYLING	STD	STD
20-30	STD	STD M/ØKT ROTASJON	STD M/ØKT ROTASJON	STD M/ØKT ROTASJON	STD M/SPYLING	STD M/SPYLING	STD M/SPYLING	STD	STD	STD	STD

STD - nedpressing 3m/min, rotasjon 25 omdr/min  
 STD M/ØKT ROTASJON - nedpressing 3 m/min, rotasjon 50 omdr/min  
 STD M/SPYLING - nedpressing 3 m/min, rotasjon 25 omdr/min  
 STD M/SLAG - nedpr. ca. 3 m/min, rot. ca. 25 omdr/min  
 STD M/SLAG og SPYLING - nedpr. ca. 3 m/min, rot. ca. 25 omdr/min

Akershus' borerigg av typen Geonor AB4 ble benyttet. Denne riggen har påmontert en vannpumpe som gir 60 liter/min. og et maks. trykk på 60 bar.

Resultater fra prøvetakingen er vist i Bilag 29 og Bilag 30.

Øverst er det en ensgradert sand ned til 11 meters dybde. Deretter kommer det en overgangssone på ca. 7 meter hvor massene gradvis blir mer finkornet. Mellom 18 og 25 meters dybde er det ren leire før den igjen går over til å bli mer siltig. Vanninnhold og skjærstyrke framgår av Bilag 29. Det er viktig å merke seg at omrørt skjærstyrke ikke er oppgitt mellom 17 og 28 meters dybde. Årsaken er at massene var for faste til å omrøres (lite sensitive).

Konusmåling på omrørt masse i dybde 29,7 meter, sammen med sonderingskurvene på Bilag 32 (fra 25 meters dybde), indikerer at sensitiviteten øker i dybden.

Økt sensitivitet med dybden virker mest inn på totalsonderingsutstyret. En kan se at matekraftutslaget er tilnærmet konstant fra 25 meters dybde. Dreie-trykksonderingsstengene får påført langt mer sidefriksjon enn totalsonderingsstengene. Øverst i leirlaget er kraftutslaget for dreietrykksonderingen klart mindre enn totalsonderingen. Går en dypere nærmer matekraften seg for de to sonderingene.

Bilag 32 viser dessuten de samme tendenser ved boring i sand som det sonderingene i Østfold viste. Forskjellen i kraftutslaget mellom dreietrykksonderingen og totalsonderingen er riktignok her noe mindre. Totalsonderingen viser bort imot dobbelt så stor matekraft.

Dreietrykksonderingene i Bilag 31 indikerer at vannspylingen fra totalsonderingene har liten innvirkning på sonderingsresultatene i de omkringliggende masser. Den lokale fasthetsvariasjonen synes dessuten liten da de to kurvene er svært like.

Bilag 33 viser virkningen av økt rotasjonshastighet. Gjennom sandlaget ser det ut som om rotasjonshastigheten har liten innflytelse på matekraften, altså samme tendensen som ble observert i Østfold. Økt rotasjonshastighet gjennom leirig, siltig, sandig materiale i Østfold, førte til ca. 50 % reduksjon i matekraft. Under sandlaget i Drammen er det fra siltig til ren leire. Det er da nærliggende å stille spørsmålet om reduksjonen i matekraft blir større jo mer finkornige massene er. Resultatene i Bilag 33 indikerer at dette ikke er tilfelle. I denne lite sensitive leira kan det se ut som om økt rotasjonshastighet reduserer matekraften med 20 - 30 %.

For enkelte av boringene var det nødvendig å slå gjennom noe hardt i 2 meters dybde. Dette er sannsynligvis rester fra tidligere bebyggelse.

Bilag 34 d), Bilag 35 b) og Bilag 35 c) viser ikke samme oppførsel ved bruk av vannspyling gjennom sand som det som ble observert i Østfold. I Østfold var reduksjonen svært stor, mens her må den betegnes som heller beskjeden.

Virkningen av spyling i denne leiren har stor innvirkning på matekraften. Matekraften reduseres her til ca. en tredjedel av matekraften som settes opp ved standard sondering.

Sandlagets bidrag til stangfriksjonen synes også her å være svært beskjeden. Leiren innen dybdeintervallet med minst sensitive masser, setter imidlertid opp noe friksjon mot stengene. Forskjellen i matekraft mellom Bilag 35 c) og f.eks. Bilag 35 b) i 20 meters dybde gir størrelsesorden på stangfriksjonen til Bilag 35 b) for de øverste 10 meter av leirlaget. Stangfriksjonens andel i målt matekraft er her større enn spissmotstanden.

## **8. BOREPROGRAM I LEIRE, TRONDHEIM BILAG 36 - BILAG 44**

Et boreprogram er også utført ved Lademoen i Trondheim. Sonderingene ble ført ned til 30 meter.

Bilag 36 viser plasseringen av borpunktene. Profilnummer (profil 1245) og avsett

(10 meter venstre) refererer seg til ny E6 øst, Nidelv bru - Leangen. Boringene ble utført i den rekkefølge som nummereringen tilsier.

Boreprogrammet for totalsonderingene er vist i Tabell 3.

TABELL 3. Boreprogram totalsonderinger, Trondheim

DYBDE (M)	HULL NUMMER									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
0-10	STD	STD	STD	STD M/ØKT ROTASJON	STD	STD	STD M/ SPYLING	STD M/ SPYLING	STD M/ SPYLING	STD M/ SPYLING
10-20	STD	STD	STD M/ØKT ROTASJON	STD M/ØKT ROTASJON	STD	STD M/ SPYLING	STD M/ SPYLING	STD	STD M/ SPYLING	STD M/ SPYLING
20-30	STD	STD M/ØKT ROTASJON	STD M/ØKT ROTASJON	STD M/ØKT ROTASJON	STD M/ SPYLING	STD M/ SPYLING	STD M/ SPYLING	STD	STD	STD M/ SPYLING

STD → nedpressing 3m/min, rotasjon 25 omdr/min  
 STD M/ØKT ROTASJON → nedpressing 3 m/min, rotasjon 50 omdr/min  
 STD M/SPYLING → nedpressing 3 m/min, rotasjon 25 omdr/min

Sonderingen i Hull nr. 8 og Hull nr. 12 er utført likt. Eneste forskjellen er at det er benyttet ulike vannpumper. For Hull nr. 8 er det benyttet monopumpe som gir 55 liter/min. og et maks. trykk på 30 bar. For Hull nr. 12 er det benyttet en mindre pumpe. Denne gir 45 liter/min. og et maks trykk på 9 bar. Sør-Trøndelags borerigg av typen AB2 ble benyttet.

Resultater fra prøvetakingen er vist i Bilag 37 og Bilag 38. Foruten den øverste meteren med sand, består massene av homogen leire med liten sensitivitet.

Bilag 39 gir en sammenligning av to dreietrykksonderinger, den ene utført før totalsonderingene, og den andre etter. Boringene er svært like. En sammenligning av dreietrykksondering og totalsondering er gitt i Bilag 40, også her er kurvene svært like. Totalsonderingen har et noe større kraftutslag. Forskjellen er imidlertid nærmest ubetydelig. Ellers er stigningen med dybden den samme for de to matekraftkurvene.

Virkningen av bruk av økt rotasjonshastighet er vist i Bilag 41. Reduksjonen i matekraft er betydelig, faktisk rundt 50 %.

Bruk av spyling har enda større, faktisk dramatisk virkning på matekraften. I Bilag 42 kan en se at matekraften blir redusert til nærmest ingenting dersom spylingen blir satt på høyt oppe.

Bilag 43 indikerer at stangfriksjonen gir det vesentligste bidraget til nødvendig matekraft. Dette fordi at stigningen på kraftkurven endrer seg lite etter spyling sammenlignet med stigningen i samme dybde uten bruk av spyling.

Bruk av vannpumper med ulike kapasiteter ser ut til å ha liten betydning i denne leiren. Bilag 44 viser to boringer hvor vannspyling er påsatt hele vegen ned igjennom. Boringen med minst pumpe har faktisk mindre matekraftutslag i de øverste 15 - 20 metrene. Dette skyldes nok lokale fasthetsvariasjoner i massene, og ikke innvirkning av spyling fra tidligere boringer. Sammenligning av to

dreietrykksonderinger (Bilag 39) som er utført henholdsvis før og etter at spyling var benyttet, underbygger denne påstanden.

## 9. KONKLUSJONER

Erfaringer som er bygd opp over mer enn 25 år med bruk av dreietrykk-sondering, har gitt grunnlag for å tolke grunnforholdene på grunnlag av registrert sonderingsmotstand.

Når en ved totalsondering har endret utstyret, må erfaringsgrunnlaget for dreietrykkdelen justeres. Endring av utstyret har først og fremst bestått i at diameteren på borstengene er økt fra 36 mm til 45 mm. Videre brukes det nå 57 mm fjellborkrone, mens en for dreietrykksondering benytter en snodd spiss.

Med bakgrunn i de parallellboringer med dreietrykk- og totalsonderinger som er presentert i denne rapporten, er det mulig å komme med enkelte kommentarer på tolkningen av dreietrykkdelen av en totalsondering.

Fjellkontrolldelen er mer komplisert. For å dokumentere virkningen av ulike tiltak for å bedre nedtrengningsevnen til totalsonderingskronen, er det utført systematiske boreprogram for ulike grunnforhold. I masser som nødvendigvis ikke krever tiltak utover vanlig prosedyre for å kunne penetreres er allikevel spyling og/eller slag og spyling påført i ulike dybdenivåer. En kan på denne måten vurdere effekten av de ulike tiltakene relativt til hverandre, og mot vanlig dreietrykksondering. Videre kan det dokumenteres hvordan sonderingsmotstanden påvirkes når slag og/eller spyling har vært utført på et høyere nivå.

Også for økt rotasjonshastighet er det utført tilsvarende systematiske boreprogram.

Det understrekes at resultatene som er gjengitt her ikke nødvendigvis er dekkende overalt. Kommentarene som gis på tolkning må mer sees på som hva en anslagsvis kan vente seg ved bruk av totalsonderingsmetoden.

### **9.1 Sammenligning mellom dreietrykksondering og dreietrykkdelen av totalsonderingen**

Endringen på utstyret påvirker i mindre grad selve formen på kurvene. Generelt kan det derfor sies at hovedtrekkene med hensyn til vurdering av massestype og sensitivitet for dreietrykkdelen av en totalsondering er i samsvar med erfaringsgrunnlaget fra tradisjonell dreietrykksondering (se Bilag 45). Imidlertid er det viktig å være klar over at følsomheten på det elektroniske registreringsutstyret som benyttes i dag, er langt større enn det vi var vant med fra AB-2 riggene. Økt følsomhet fører til mer "urolige" matekraftkurver. For eksempel vil en matekraftkurve i ren leire ikke lenger være glatt, men mer ha en oppførsel tilsvarende hva vi tidligere oppnådde for silt (se Bilag 45).

Matekraftutslaget til totalsonderingen blir lik eller større enn matekraftutslaget til en dreietrykksondering. Hvor stor forskjellen er avhenger av hvilke masser det sonderes i.

Følgende faktorer kan oppgis som orienterende (dvs. forholdet mellom matekraftutslaget til en totalsondering og en 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   |

I middels fast, lite sensitiv leire er stangfriksjonen vesentlig, også for totalsonderingsutstyret. Stigningen på matekraftkurvene synes å være den samme.

Stangfriksjonen er svært beskjedent i sand, grus, sensitiv leire og kvikkleire, samt i bløte siltige masser. En ser da bort fra masser med mye stor stein hvor en kilingseffekt kan inntreffe. Ved fastkiling av borstengene mellom store steiner vil nok spyling ha liten innvirkning på friksjonens andel av matekraften.

I meget fast leire viser én totalsondering svært stor kraftstigning med dybden (Bilag 10). I de øverste tre metrene av sonderingen, dvs. før en måtte ta spyling i bruk for å kunne penetrere dypere, viser totalsonderingen rundt fire ganger så stort kraftutslag som dreietrykksonderingen. I fast leire er det sannsynlig at skru-effekten til den snodde dreietrykkspissen kommer til sin rett. Dessuten vil hullet være lite utsatt for gjensiging, slik at stangfriksjonen vil være mindre dominerende enn i bløtere, ikke-sensitive leirer. I meget fast leire er dokumentasjonen svært tynn. Det er derfor ønskelig med flere parallellboringer i slike masser.

Ved stopp mot fast grunn med dreietrykksondering, blir økt rotasjonshastighet ofte benyttet for å trenge dypere ned. Det må sies at økt rotasjonshastighet har en bra effekt på nedtrengningsevnen til den snodde dreietrykkspissen.

Den butte fjellborkronen får liten bedring i nedtrengningsevnen ved påføring av økt rotasjonshastighet. Boringer i siltig sand viser at det er nytteløst å øke rotasjonshastigheten i den hensikt å penetrere dypere (Bilag 25).

Rotasjonshastigheten innvirker imidlertid en del på utslaget til matekraften under kontinuerlig nedpressing. I masser som inneholder mye silt (sandig silt og siltig sand) er reduksjonen omkring 40-50% ved økning fra standard rotasjonshastighet (25 omdr./min.) til 50 omdr./min. Den samme reduksjonen kan forventes ved sondering i middels fast, lite sensitiv leire. I sand viser reduksjon i matekraft seg å være mer beskjedent, omkring 20-30%.

## **9.2 Fjellkontrolldelen**

For fjellkontrolldelen, dvs. den delen av totalsonderingen hvor en tar i bruk spyling og/eller slagboring, må det bygges opp et nytt tolkningsgrunnlag basert på de data en får om borsynk, spyletrykk og matekraft vurdert mot grunnforholdene (jordart og fasthet i jord og blokk/berg).

Vannspyling alene (uten slag) har stor innvirkning både på penetrasjonsevne og kraftutslag. Skal en tallfeste spylingens innvirkning på utslaget til matekraften under kontinuerlig nedpressing, kan det sies at ved sondering i ensgradert sand er



reduksjonen på inntil 90 %. I middels fast, lite sensitiv leire, er reduksjonen 70-90%, mens det i mer velgraderte og/eller lagdelte masser (sandige, siltige, leirige masser) kan ventes en reduksjon på 20-30%.

I lite sensitive leirer, hvor stangfriksjonen er betydelig, må en ha klart for seg at resultatene påvirkes av at det er utført spyling på et høyere nivå i borhullet. Spylingen vil nærmest oppheve stangfriksjonen over det nivå der en sluttet å spyle. En må med andre ord betrakte videre sondering som om terrenget er i den dybde der spyling ble avsluttet.

Når det gjelder sammenligning av virkningen ved bruk av luftspyling kontra vannspyling, er datagrunnlaget for lite til at en kan trekke konklusjoner. Det er imidlertid tydelig at luftspylingens innvirkning på matekraften er langt mer beskjeden enn ved bruk av vannspyling. Dessuten vil det være stor forskjell om det sonderes over eller under grunnvannstanden. På grunn av det lave lufttrykket vil det ofte være vanskelig å få åpnet ventilen i borkrona etter overgang fra dreietrykkdelen av en totalsondering.

Tolkning ved bruk av slagboring sammen med spyling må også være gjenstand for videre arbeid.

### **9.3 Sluttkommentarer**

Det er tilfeller der dreietrykksondering med vanlig dreietrykkutstyr kan gi et mer nyansert bilde av grunnforholdene enn det som fremkommer ved dreietrykkdelen under totalsonderingen. Gjennomtrengningen er også bedre med vanlig dreietrykkutstyr i de fleste masser. Der hvor gjennomboring av svært faste lag ikke er nødvendig (dvs. lag som er ugjennomtrengelige for dreietrykk-utstyret) vil det som oftest lette tolkningen av resultatene når borplanen gjennomføres med dreietrykksondering i stedet for totalsondering. Spesielt gjelder dette dersom det må benyttes spyling, eventuelt slag og spyling, for å oppnå samme penetrasjon med totalsondering.

Resultatene fra dette FoU-prosjektet har dannet grunnlag for utarbeidelse av endelig borprosedyre for totalsondering. Borprosedyren, sammen med detaljer vedrørende metode, utstyr og presentasjon, finnes i Norsk Geoteknisk Forenings (NGF's) melding nr. 9 "Veiledning for utførelse av totalsondering" [1].

For tolkningen av borparametrene er det meget viktig at borprosedyrene overholdes fullt ut. Slag og spyling må derfor ikke benyttes før gjennomtrengningen med dreietrykkboringen stopper helt opp.

Tolkningen av fjellkontrolldelen er komplisert. Det er derfor svært viktig å standardisere mest mulig. I NGF-veiledningen fokuseres det på viktigheten av at bormannskapene fører borelogger. Selv ved automatisk registrering av borparametrene er det viktig at boreloggen føres nøyaktig. For eksempel ved boring i mektige urer o.l. der en ønsker å finne fjell kan normerte prosedyrer bare opprettholdes i deler av boredybden eller ikke i det hele tatt under en viss dybde. En nøyaktig borelogg vil kunne hindre feiltolkning av borresultatene. I denne sammenheng er det viktig at beskrivelsen av boroppdragene er så presise at det ikke er tvil blant bormannskapene hva en ønsker å oppnå med undersøkelsen.

Avslutningsvis bør det nevnes at ved boring i ensgradert sand viser resultater fra to forskjellige steder svært ulik oppførsel, dette til tross for at sanden tilsynelatende ser svært lik ut. Reduksjonen i matekraft som følge av vannspyling er svært stor i det ene tilfellet (Bilag 27), mens den i det andre tilfellet faktisk er heller liten (Bilag 35). Borkronen som benyttes ved totalsondering har ett spylehull som er rettet nedover og ett som er rettet til siden. Spylehullet som slipper vannet ut under kronen innvirker særlig på penetrasjonsevne og derved også på utslaget til kraftmåleren. Spylehullet til siden har mest kjørende effekt på kronen. En mulig forklaring på ovennevnte kan være at det vertikale spylehullet har vært tett under sonderingen.

#### **9.4 Borprosedyre for totalsondering**

Etter diskusjoner i Norsk Geoteknisk Forening's grunnundersøkelseskomité, basert på høringsuttalelser fra ulike firmaer, institusjoner og etater, er følgende prosedyre for utførelse av totalsondering anbefalt som standard i Norge [1]:

Sonderingen utføres med de normerte hastigheter (dvs. nedpressingshastighet 3 m/min. og rotasjonshastighet 25 omdr./min.). Man starter dreiningen umiddelbart før trykkingen starter. Dette gjelder for hvert nytt tak med borhodet. Sonderingen fortsetter til borspissen stopper mot berg, blokk eller fast grunn, eller avtalt dybde.

Når sonderingsmotstanden blir for stor skal sonderingen føres videre etter følgende prosedyre:

- 1) Økt rotasjonshastighet til 50-70 omdr./min.
- 2) Tilbake til standard rotasjonshastighet 25 omdr./min. Spyling settes på samtidig som man forsøker å opprettholde standard rotasjons- og nedpressingshastighet.
- 3) Slagboring med spyling og rotasjon.  
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 konstant rotasjonshastighet (25 omdr./min.). Ved slagboring i berg kan det benyttes høyere rotasjonshastighet.

Grunnborer har anledning til å fravike prosedyren dersom han/hun finner dette helt nødvendig av hensyn til utstyret (fare for brekkasje).

Normal sonderingsprosedyre (dreietrykkssondering) skal gjenopptas så snart som mulig etter passering av blokk eller faste lag. Fjellkontrollboring avsluttes når avtalt dybde i berg er nådd. Normalt bores det 3 meter ned i berg.

## 10. REFERANSER

1. Norsk Geoteknisk Forening's (NGF's) grunnundersøkelseskomité (1994): "Veiledning for utførelse av totalsondering". Melding nr. 9, Norsk Geoteknisk Forening.
2. Statens vegvesen's håndbok 015 (1997): "Felt-undersøkelser".
3. Rygg, N. (1978): Dreietrykksondering. "Tolkning av sonderingsresultater". Intern rapport nr. 816, Veglaboratoriet.
4. Norsk Geoteknisk Forening's (NGF's) grunnundersøkelseskomité (1982): "Veiledning for utførelse av dreietrykksondering". Melding nr. 7, Norsk Geoteknisk Forening.
5. Andresen, Aa. og Rygg, N.O. (1988): "Rotary-pressure sounding: 20 years of experience". First international symposium on penetration testing (ISOPT-1), Orlando, USA.
6. Kolstad, P. (1987): "Totalsondering. Systembeskrivelse og resultatvurdering". Rapport nr. 57600-10. Norges Geotekniske institutt.
7. Flemmen, G. (1991): "Sammenlignende sonderinger - dreietrykksondering/totalsondering". Rapport nr. 1 av 1991-05-02, Møre og Romsdal vegkontor.



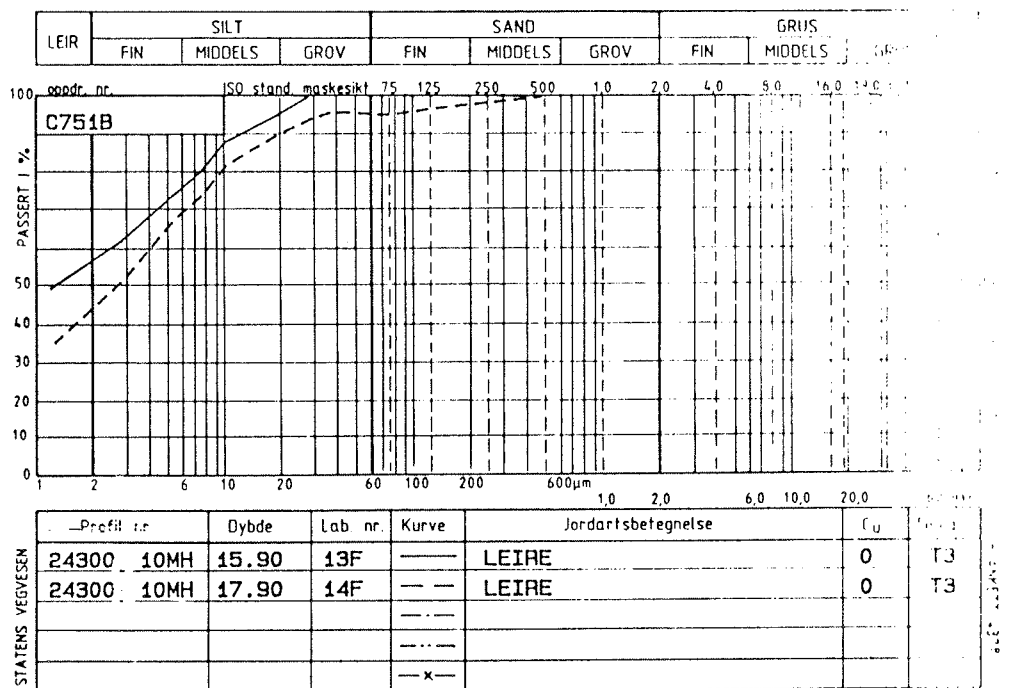
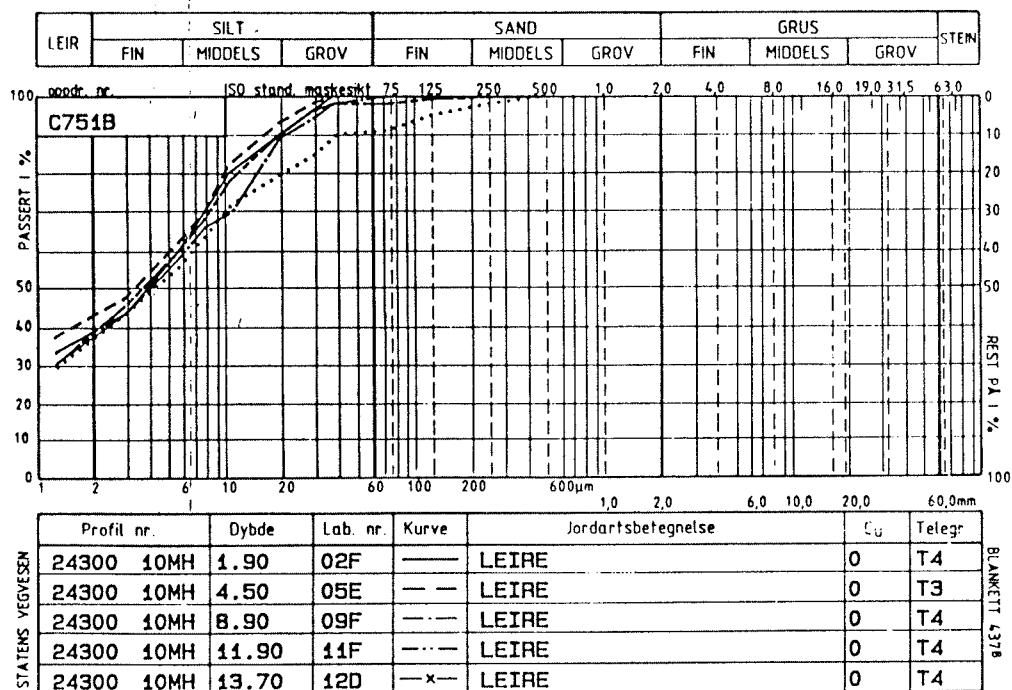
Oppdr.nr.: C751C		Prøveserie: 24300 10MH				Prøvetaker: NGI 54MM							
Dyb- de i m	Materiale	Prøve nr.	Vanninnhold %				$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	S <sub>t</sub>	Skjørstyrke kN/m <sup>2</sup>				
			20	40	60	80			20	40	60	80	
1	SILTIG LEIRE	1					14.9						
2	"	2					18.6	5					
3	LEIRE	3					18.1	8					
4	"	4					18.4	10					
5	"	5					18.3	7					
6	"	6					18.1	23					
7	"	7					18.0	48					
8	"	8					17.9	87					
9	"	9					18.2	54					
10	"	10					18.3	128					
11	"	11					17.6	158					
12	"	12					18.1	50					
13	"	13					17.1	116					
14	"	14					17.1	88					
15	"	15					19.7	26					
16	"	16					21.0	4					

Oppdr.nr.: C751C		Prøveserie: 24460 C				Prøvetaker: NGI 54MM							
Dyb- de i m	Materiale	Prøve nr.	Vanninnhold %				$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	S <sub>t</sub>	Skjørstyrke kN/m <sup>2</sup>				
			20	40	60	80			100				
1	TØRRSKORPE	17					18.0						
2	LEIRE	18					18.4	7					
3	"	19					17.6	9					
4	"	20					17.9	13					
5	"	21					17.9	8					
6	"	22					17.8	62					
7	"	23					18.1	72					
8	"	24					17.8	69					
9	"	25					17.8	94					
10	"	26					18.0	121					
11	"	27					17.4	118					
12	"	28					17.7	147					
13	"	29					18.7	144					
14	"	30					18.9						
15	"	31					22.3						
16	"	32					24.1						
17	"	33					24.0						
18	"	34											

Resultater fra rutineanalyser

Akershus. Ny E6 Korsegården Nord-Vassum

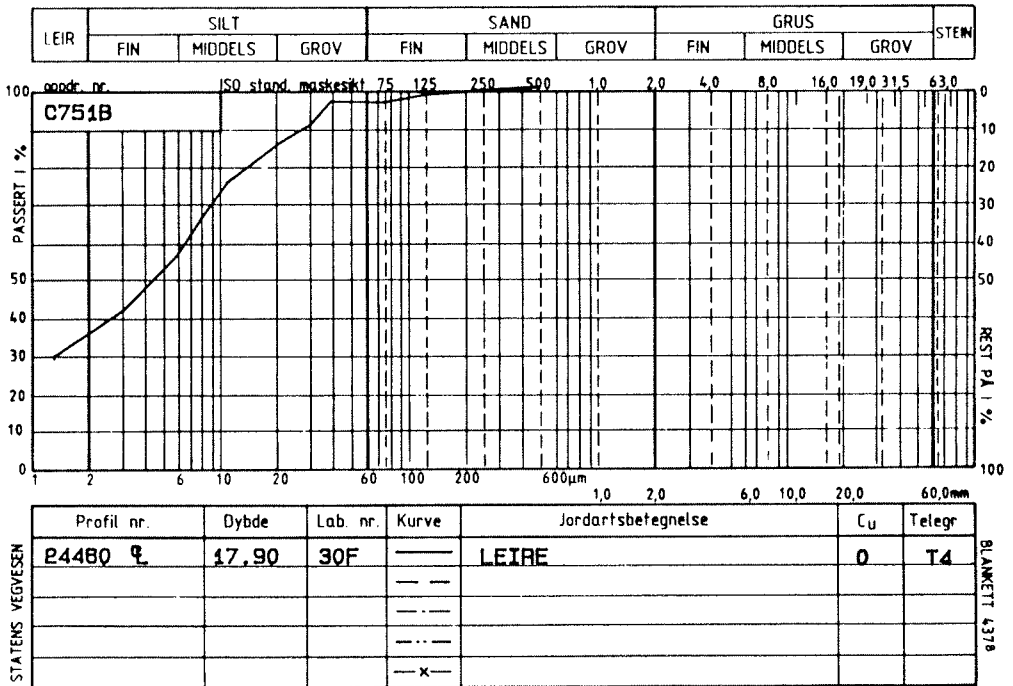
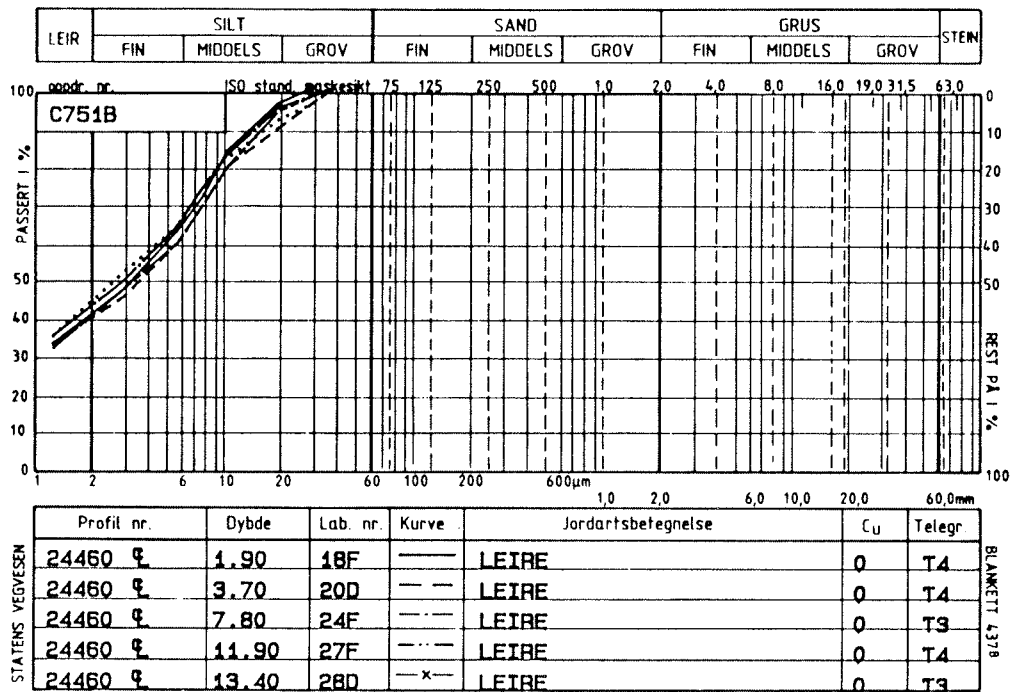
Bilag 1



Kornfordelingsanalyser

Akershus. Ny E6 Korsegården Nord-Vassum

Bilag 2

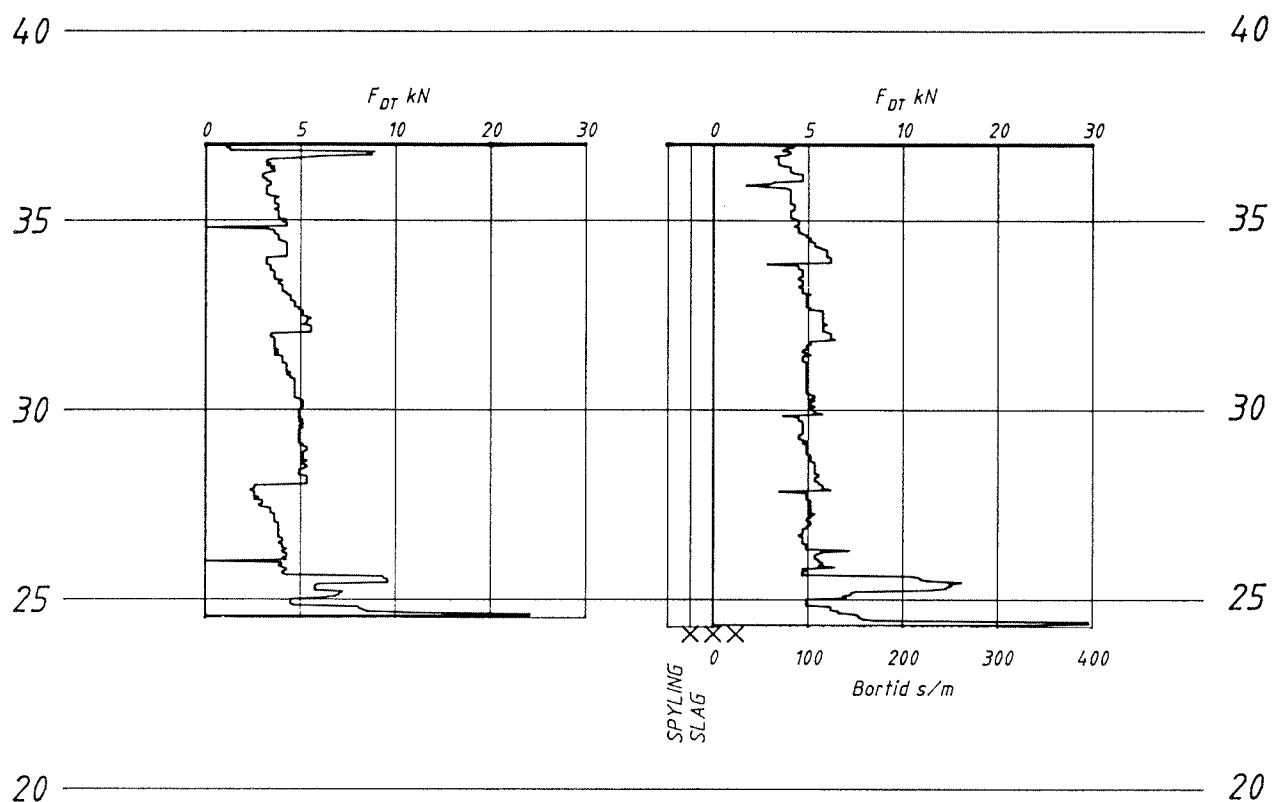


Kornfordelingsanalyser

Akershus. Ny E6 Korsegården Nord-Vassum

Bilag 3

# Profil 24260 20mh



a) Dreietrykkssondering

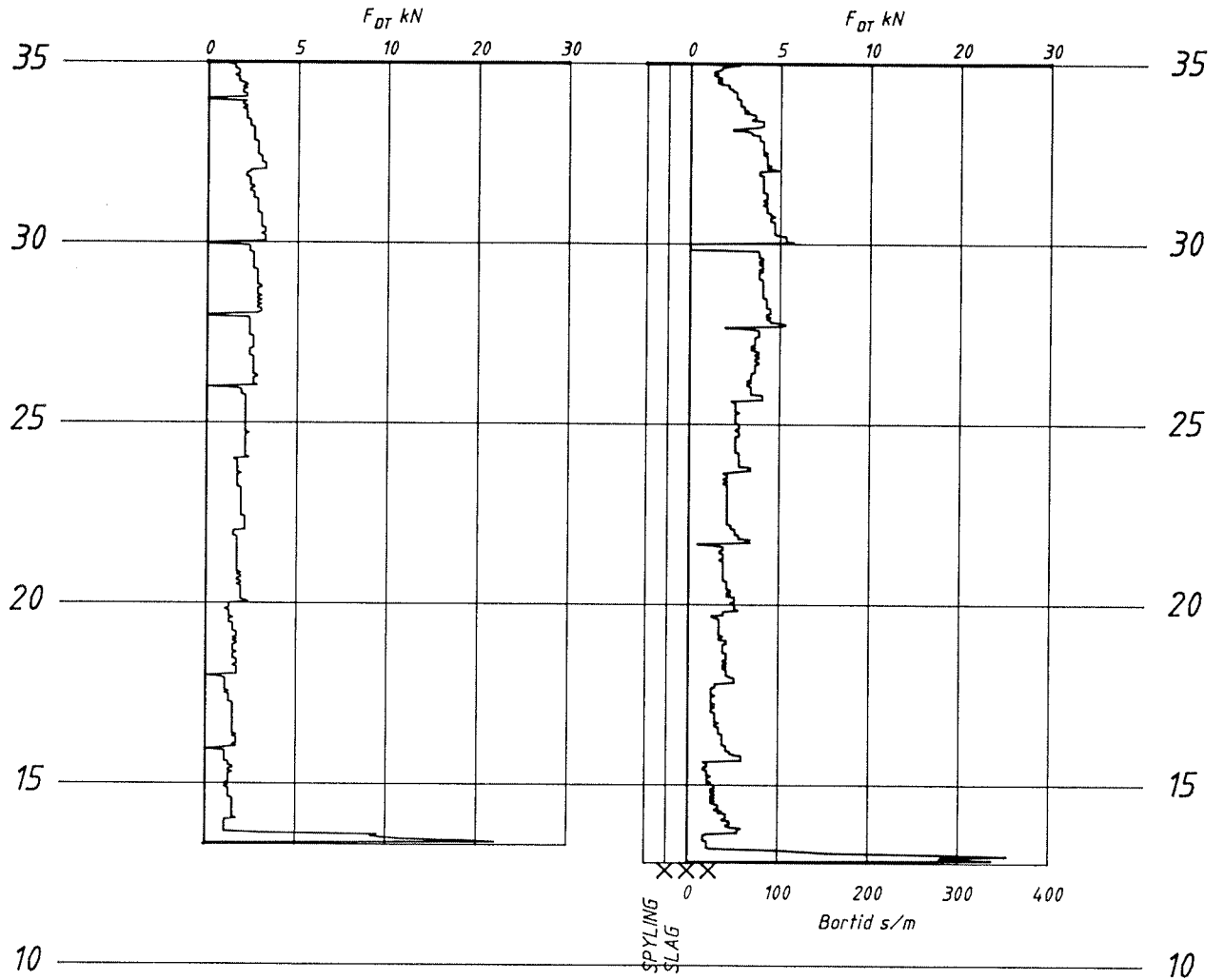
b) Totalsondering

Parallellboringer. Totalsondering -  
Dreietrykkssondering.  
Akershus. Ny E6 Korsegården - Vassum

**Bilag 4**



# Profil 24300 10mh



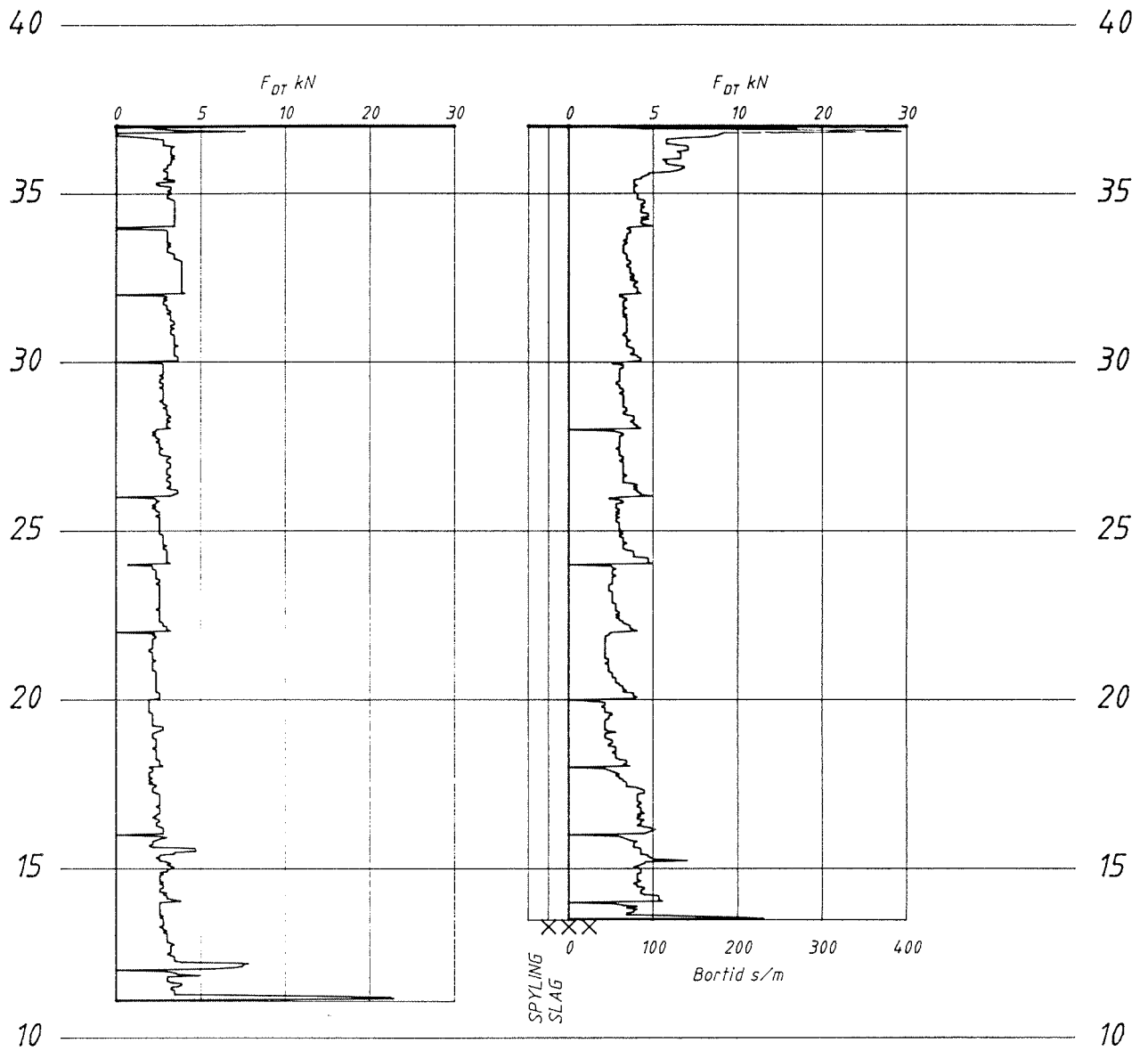
a) Dreietrykkssondering

b) Totalsondering

Parallellboringer. Totalsondering -  
 Dreietrykkssondering.  
 Akershus. Ny E6 Korsegården - Vassum

**Bilag 5**

# Profil 24460 cl



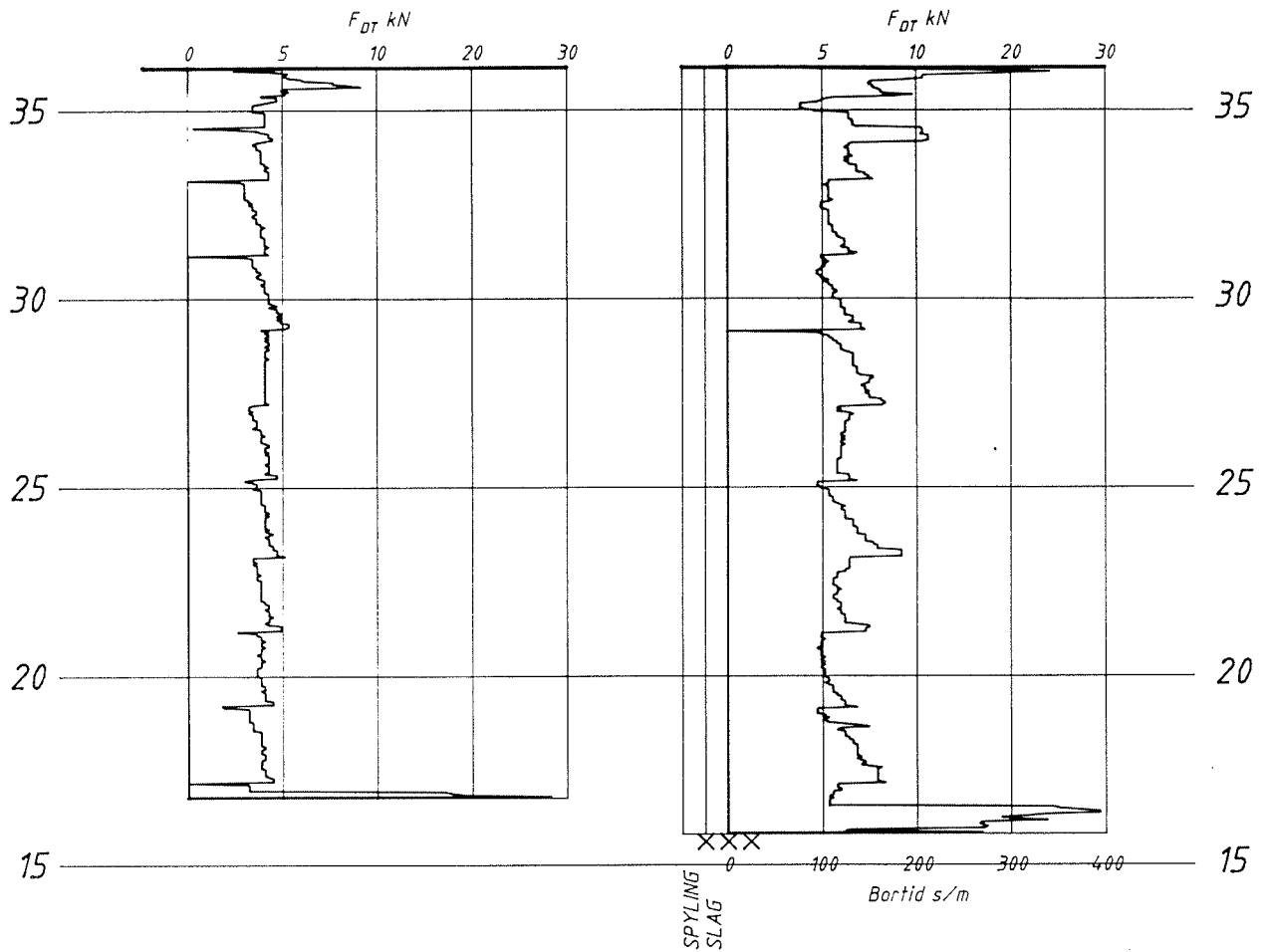
a) Dreietrykkssondering

b) Totalsondering

Parallellboringer. Totalsondering -  
 Dreietrykkssondering.  
 Akershus. Ny E6 Korsegården - Vassum

**Bilag 6**

# Profil 24460 45mh



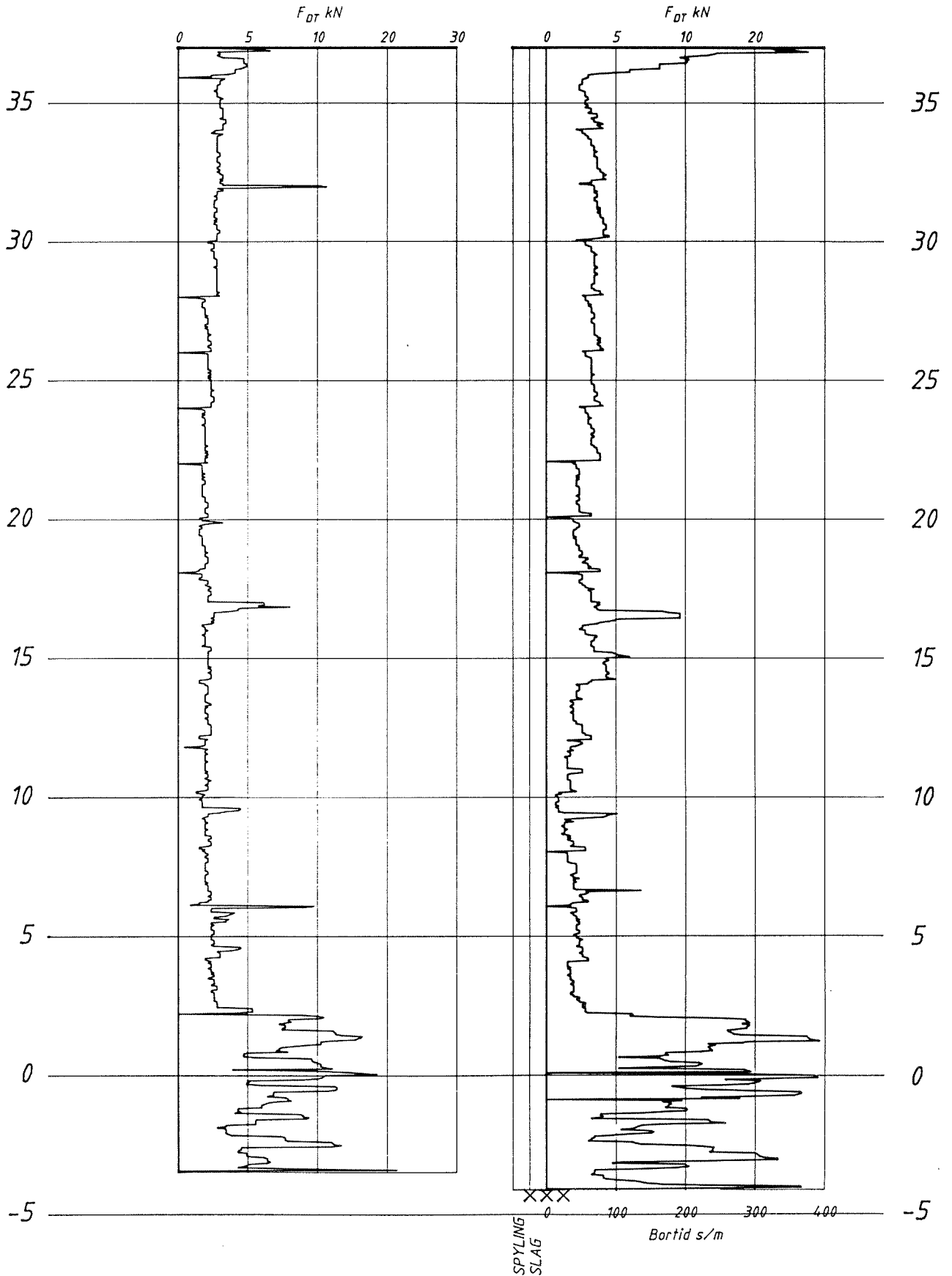
a) Dreietrykkssondering

b) Totalsondering

Parallellboringer. Totalsondering -  
 Dreietrykkssondering.  
 Akershus. Ny E6 Korsegården - Vassum

**Bilag 7**

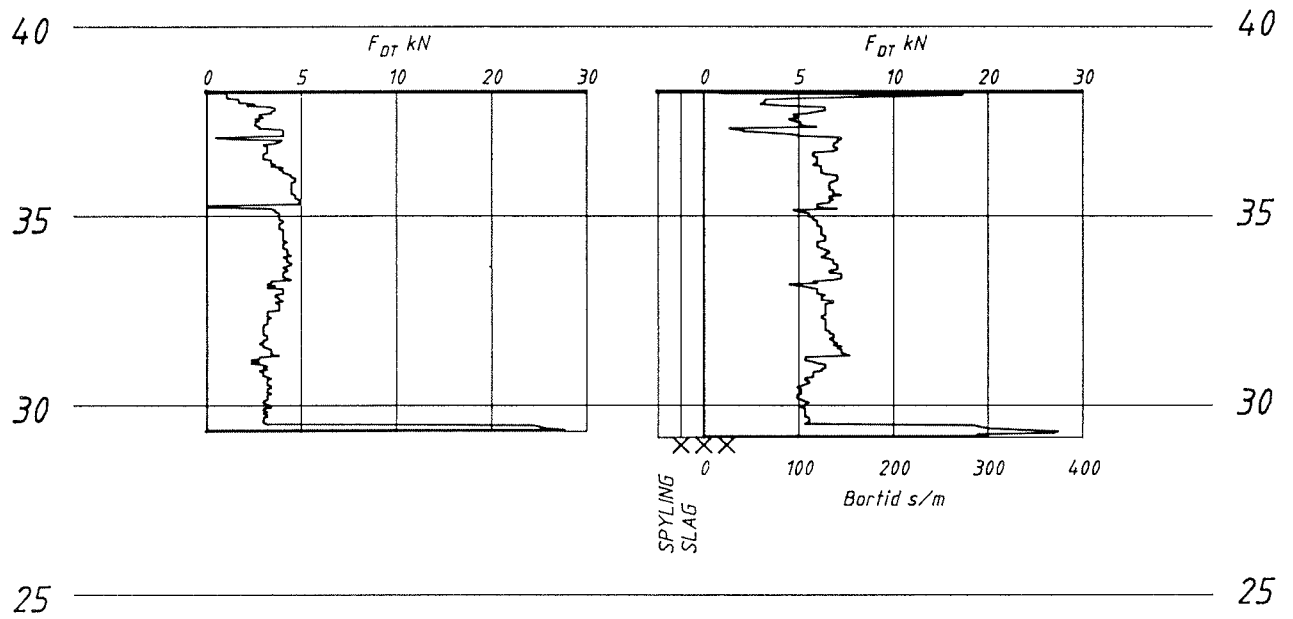
# Profil 24460 45mv



Parallellboringer. Totalsondering -  
 Dreietrykksondering.  
 Akershus. Ny E6 Korsegården - Vassum

**Bilag 8**

# Profil 24540 25mh

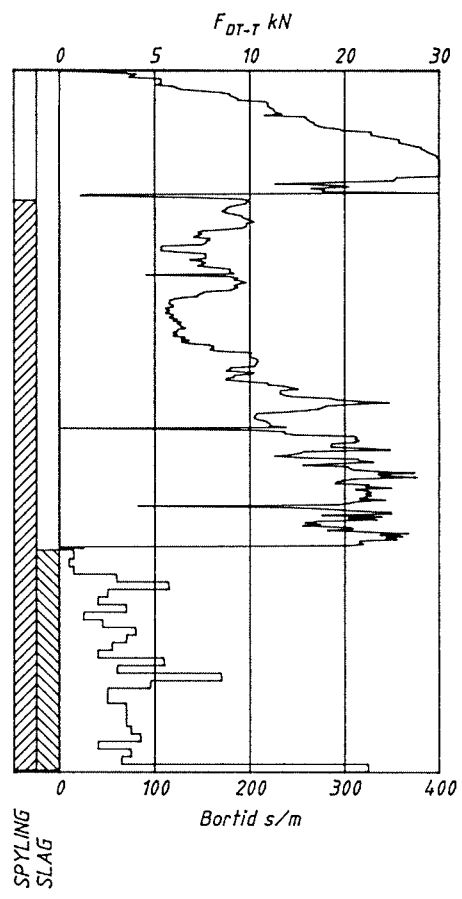
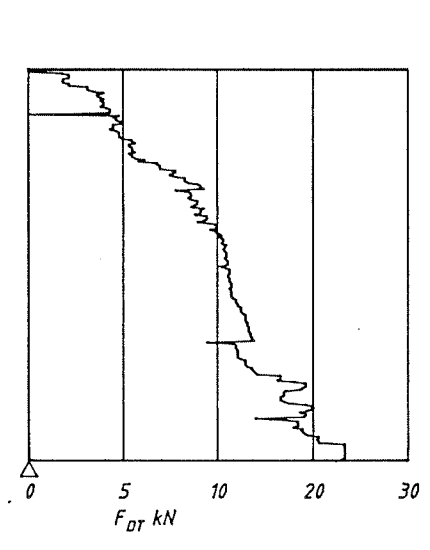


a) Dreietrykkssondering

b) Totalsondering

Parallellboringer. Totalsondering -  
 Dreietrykkssondering.  
 Akershus. Ny E6 Korsegården - Vassum

**Bilag 9**



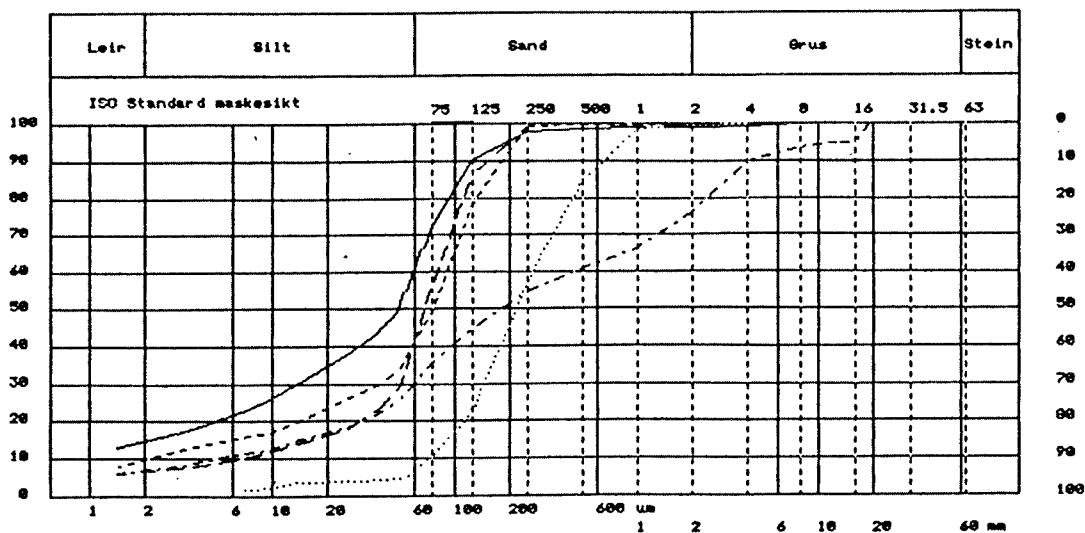
a) Dreietrykkssondering

b) Totalsondering

PARALLELLBORINGER. TOTALSONDERING -  
 DREIETRYKKSONDERING.  
 VED BERGER GRUSTAK, AKERSHUS.

Bilag 10

PASSERT 1 X



REST PÅR 1 X

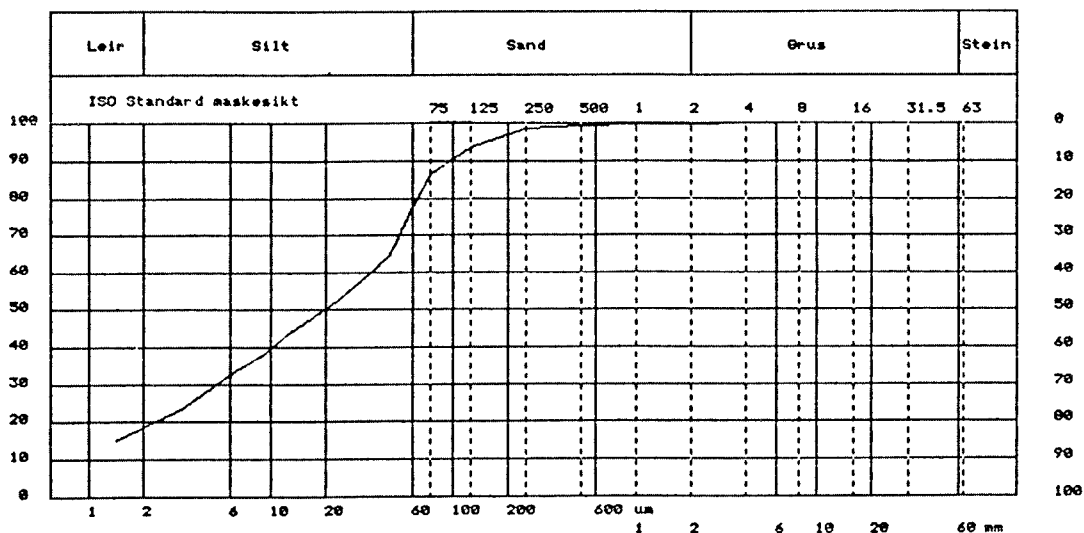
Profil nr	Dybde	Labnr	Kurve	Jordartabeteegnelse	Cu	Telegn
9928	2M V	912200E	—————	SILTIG LEIRIG SANDIG MATR.	9.8	T4
9928	2M V	912209B	-----	SILTIG LEIRIG SAND	11.	T4
9928	2M V	912211F	-----	SILTIG LEIRIG SAND	43.	T4
9848	3.0-3.8 M	912216B	-----	SA.SI.LE.ØR.MATR.	76.	T4
9848	8.0-8.8 M	912221C	.....	SAND	3.6	T2

Kornfordelingsanalyser

Møre og Romsdal. Krifast, Høgset

Bilag 11

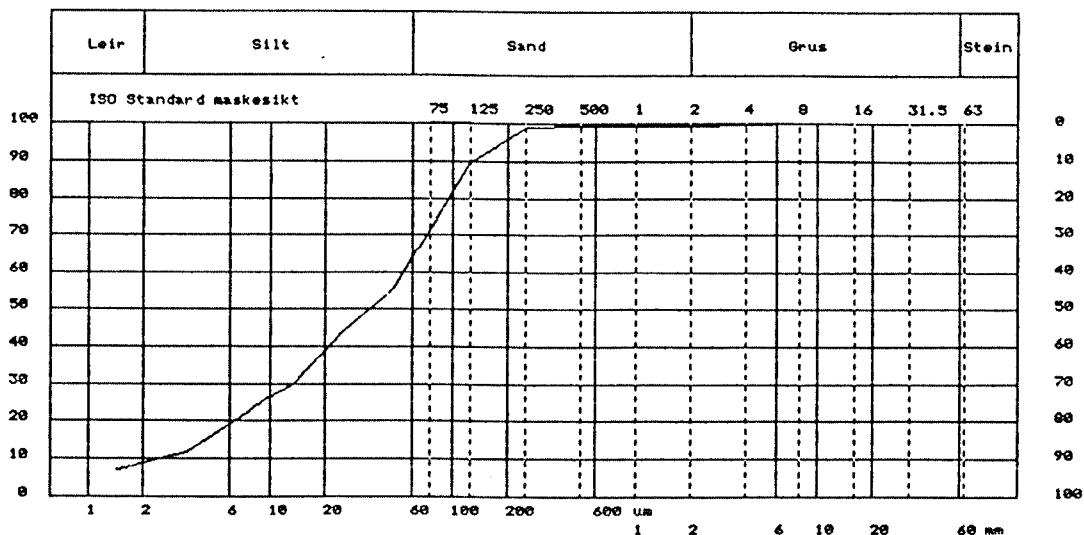
PASSERT I %



REST PÅ I %

Profil nr	Dybde	Labnr	Kurve	Jordartsbetegnelse	Cu	Teleg
9898	L/C	98.3055	—	SILTIG SANDIA LEIRE	16.4	T4

PASSERT I %



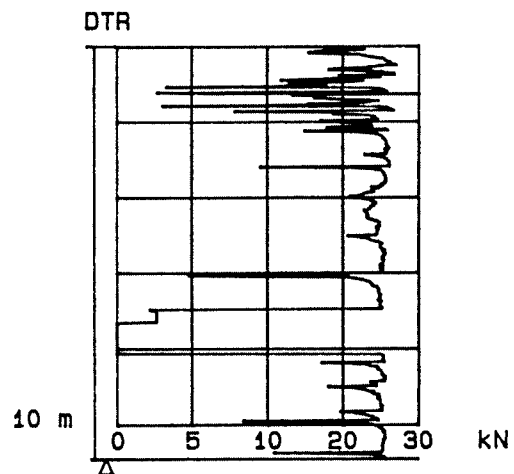
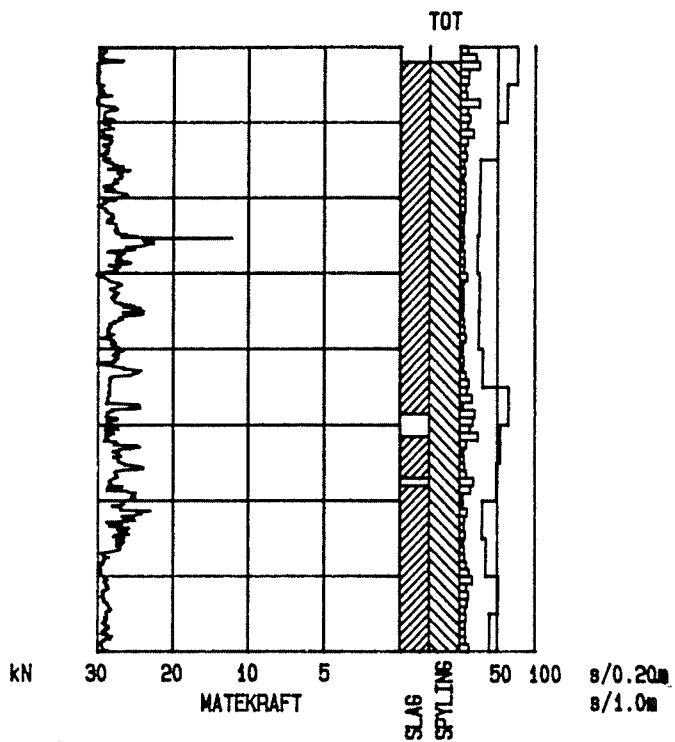
REST PÅ I %

Profil nr	Dybde	Labnr	Kurve	Jordartsbetegnelse	Cu	Teleg
9899	L/C	98.3061	—	SANDIG LEIRIG SILT	20.1	T4

Kornfordelingsanalyser  
Møre og Romsdal, Krifast, Høgset

Bilag 12

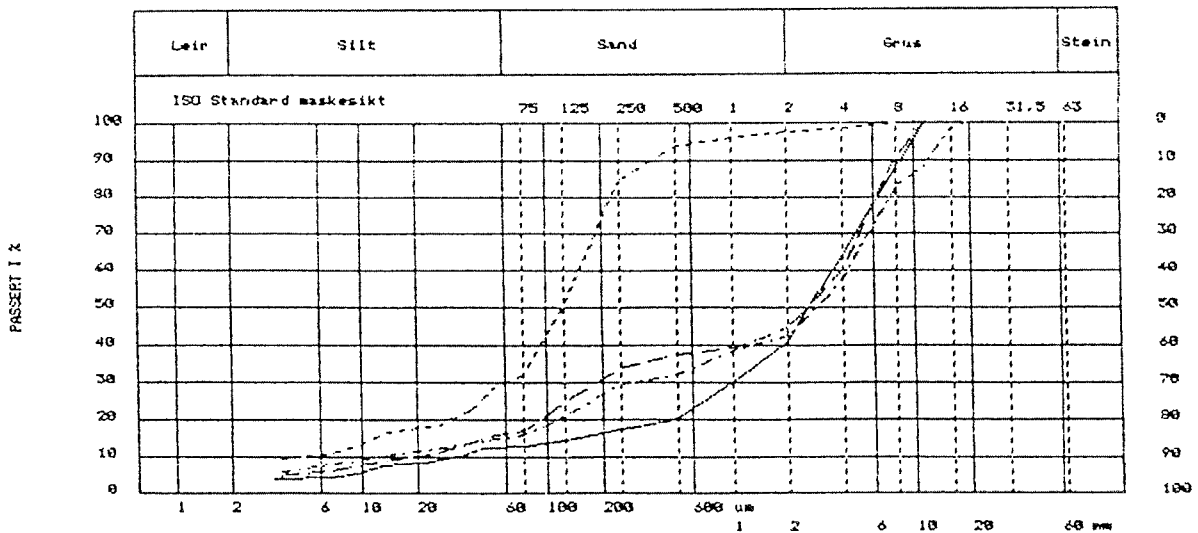
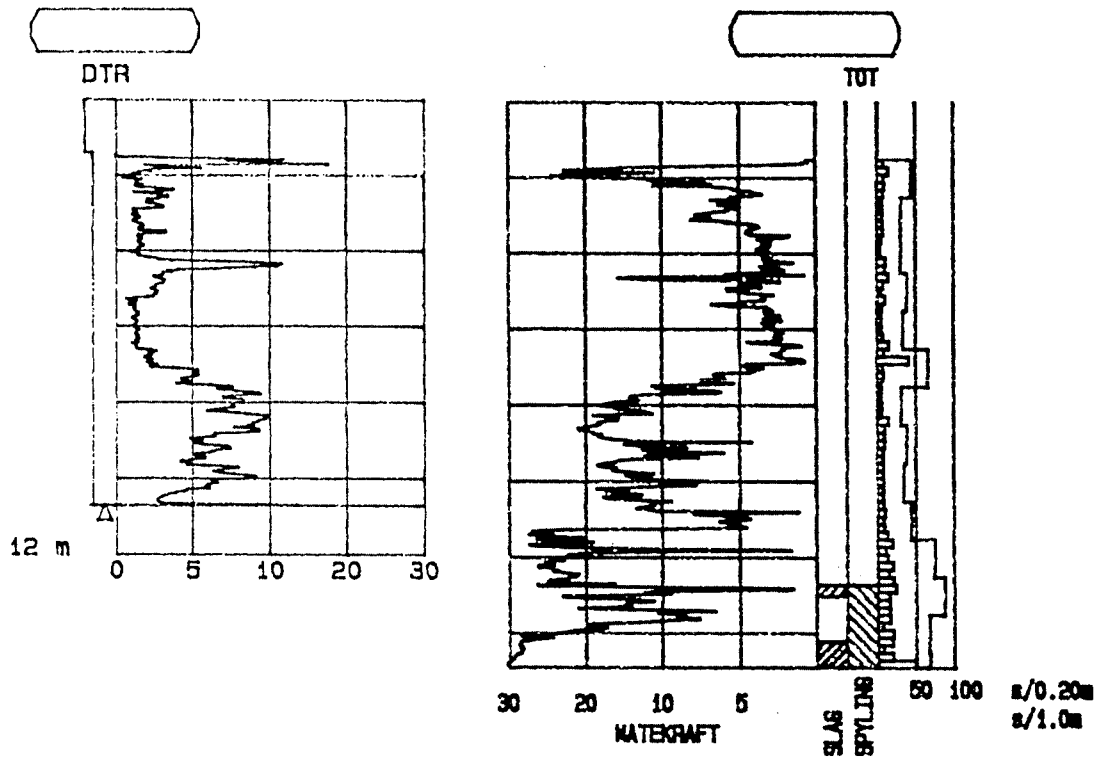




NB! Økt rotasjon  
~ 50 omdr./min under  
hele dreietrykk-  
sonderingen.

Parallellboringer. Totalsondering med  
luftspyling - dreietrykksondering  
Finnmark. Svanvik, 96-høyden

**Bilag 13**



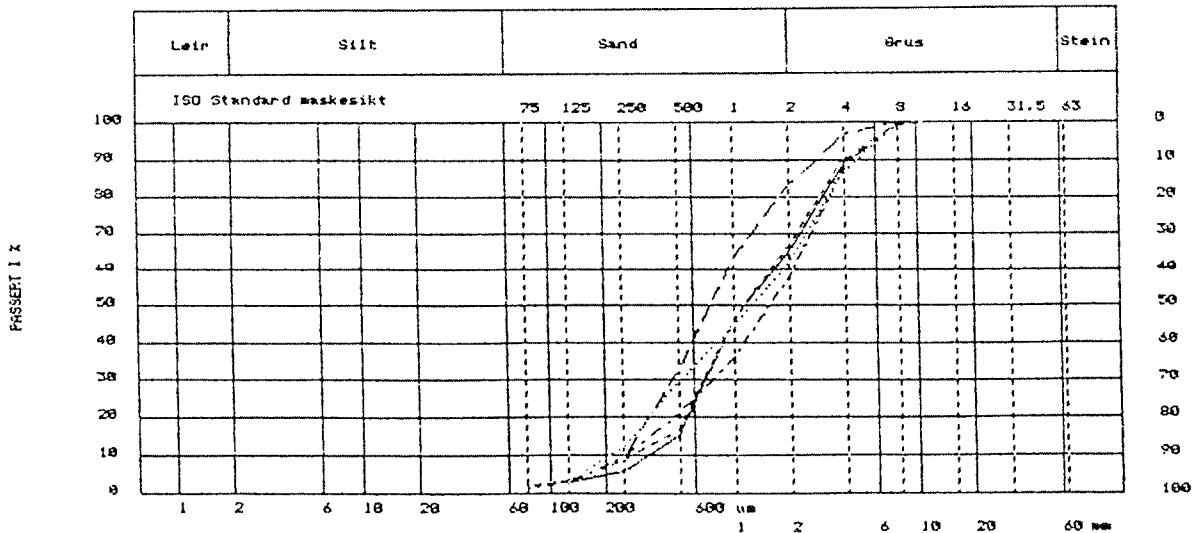
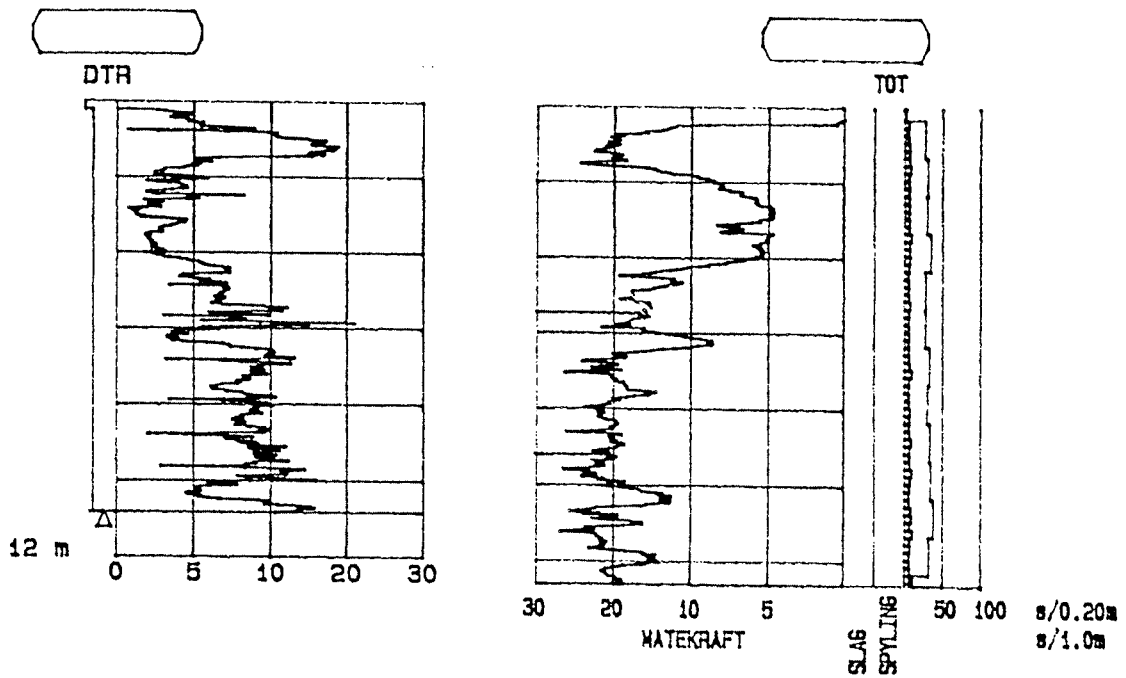
Profil nr	Dybde	Labnr	Kurve	Jordartsbetegnelse	Cu	Telegn
4940	0-1.0 m	91-0201	————	GRUSIG SANDIG MATRIALE	118	T2
4940	1.0-2.2 m	91-0202	- - - - -	GRUGIG SANDIG SILTIG MATR.	237	T2
4940	2.2-3.6 m	91-0203	.....	SILTIG SAND	32.	T4
4940	3.6-4.8 m	91-0204	.....	GRUGIG SANDIG SILTIG MATR.	368	T2

Parallellboring dreietrykk - totalsondering

Meskelv bru, Finnmark

Profil 4940 cl

**Bilag 14**



Profil nr	Dybde	Labnr	Kurve	Jordartsbetegnelse	Cu	Telegn
5130	35 mV	91-0196	————	GRUSIG SAND	3.6	κ
5130	35 mV	91-0197	-----	SAND	3.5	κ
5130	35 mV	91-0198	-----	GRUSIG SAND	4.9	κ
5130	35 mV	91-0199	-----	SANDIG GRUSIG MATERIALE	8.1	κ
5130	35 mV	91-0200	.....	GRUSIG SAND	7.7	κ

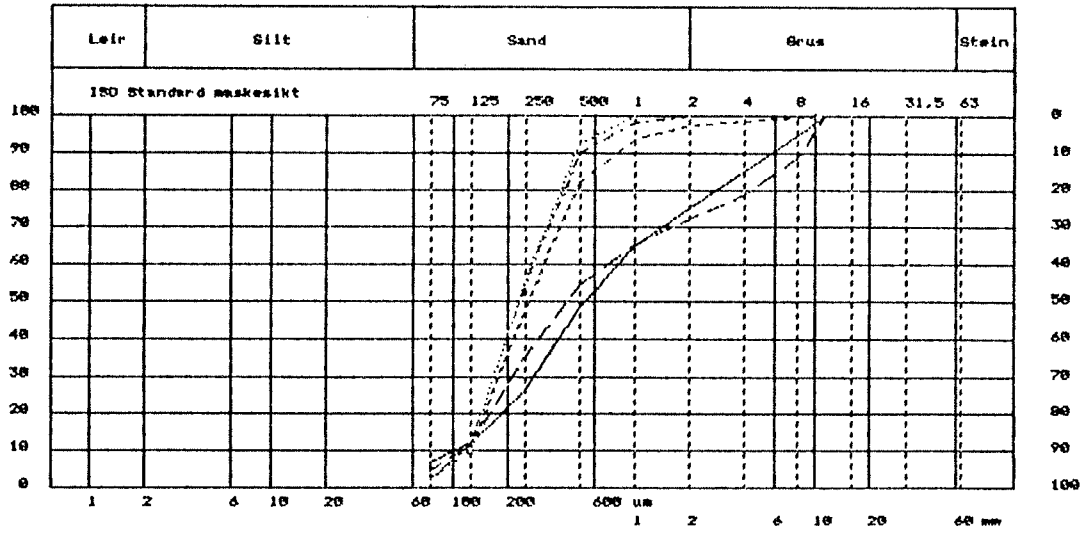
Parallellboring dreietrykk - totalsondering

Meskelv bru, Finnmark

Profil 5130 35 mV

**Bilag 15**

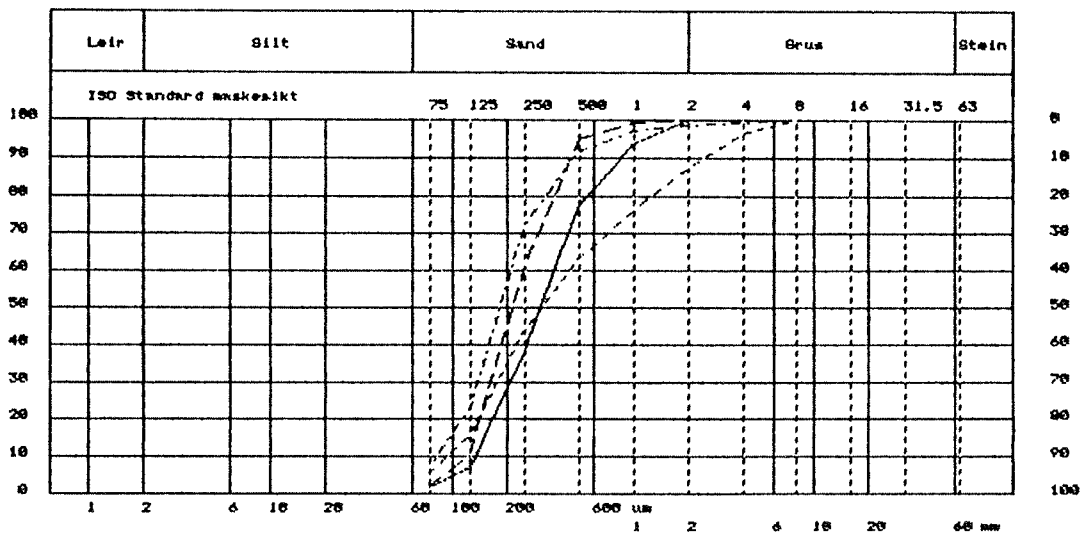
PASSERT 1 X



PASSERT 1 X

Profil nr	Dybde	Løsnr	Kurve	Jordartsbetegnelse	Cu	Telegr
H - 4	0.1 - 0.5m	91-0131	————	GRUSTE SAND	4.7	K
H - 4	0.5 - 1.0m	91-0132	-----	GRUSTE SAND	5.2	K
H - 4	1.0 - 2.2m	91-0133	-----	SAND	2.4	K
H - 4	2.2 - 3.4m	91-0134	-----	SAND	2.2	K
H - 4	3.4 - 4.6m	91-0135	.....	SAND	2.1	K

PASSERT 1 X



PASSERT 1 X

Profil nr	Dybde	Løsnr	Kurve	Jordartsbetegnelse	Cu	Telegr
H - 4	4.6 - 4.8m	91-0136	————	SAND	2.5	K
H - 4	4.8 - 5.8m	91-0137	-----	SAND	2.0	K
H - 4	5.8 - 6.4m	91-0138	-----	SAND	3.0	K
H - 4	6.4 - 7.0m	91-0139	-----	SAND	2.6	K

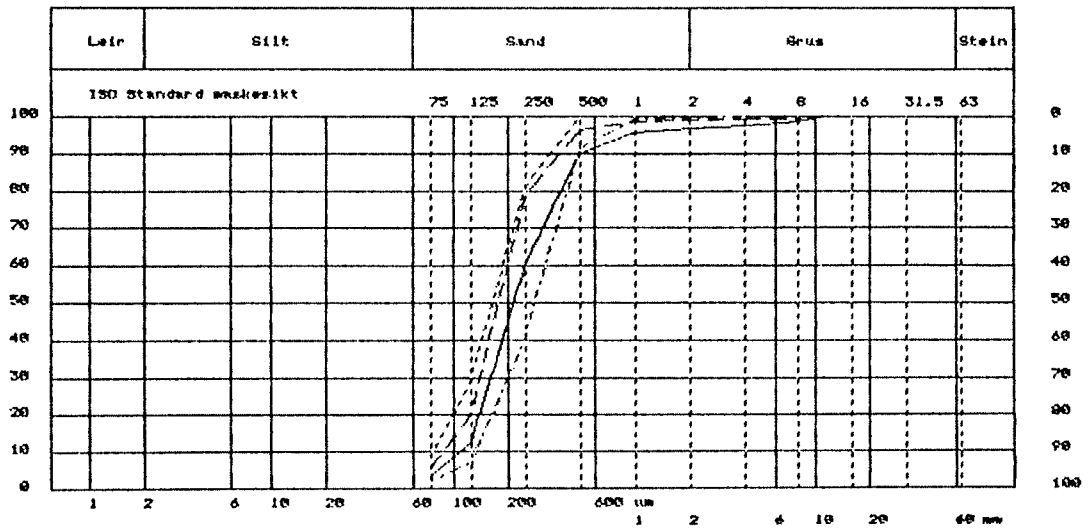
Kornfordelingsanalyser, "Hull 4".

Finnmark. Svanvik, 96-høyden

Bilag 16

AS TØHKKOPI

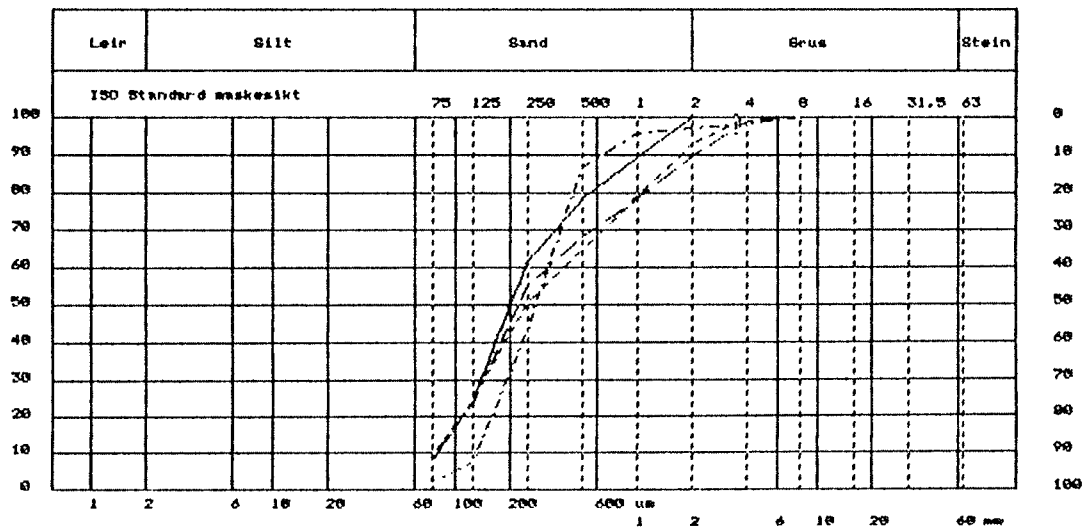
PASSERT 1 x



BEST PÅ 1 x

Profil nr	Djvide	Labnr	Kurve	Jordartbetegnelse	Cu	Teleg
H - 4	7.0 - 9.1m	91-0140	————	SAND	2.2	H
H - 4	9.1 - 9.4m	91-0141	-----	SAND	2.3	H
H - 4	9.4-10.6 m	91-0142	.....	SAND	3	H
H - 4	10.6-11.6m	91-0143	-.-.-.-	SAND	2.3	H

PASSERT 1 x



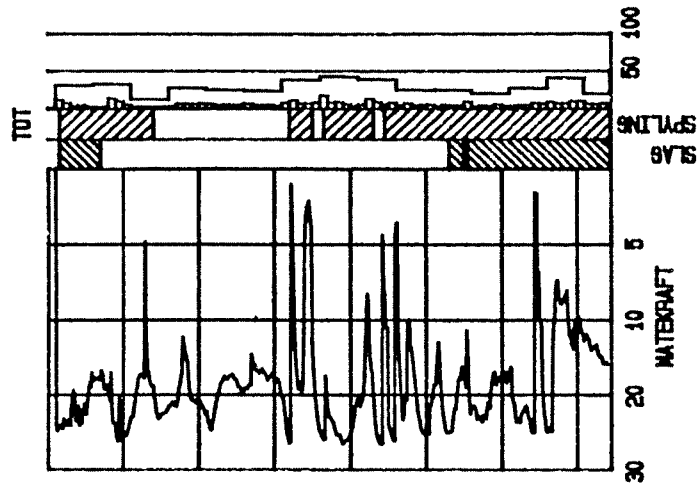
BEST PÅ 1 x

Profil nr	Djvide	Labnr	Kurve	Jordartbetegnelse	Cu	Teleg
H - 4	11.0-12.4m	91-0144	————	SAND	3.0	H
H - 4	12.4-12.6m	91-0145	-----	SAND	3.4	H
H - 4	12.6-13.0m	91-0129	.....	SAND	4.1	H
H - 4	13.0-14.2m	91-0130	-.-.-.-	SAND	2.3	H

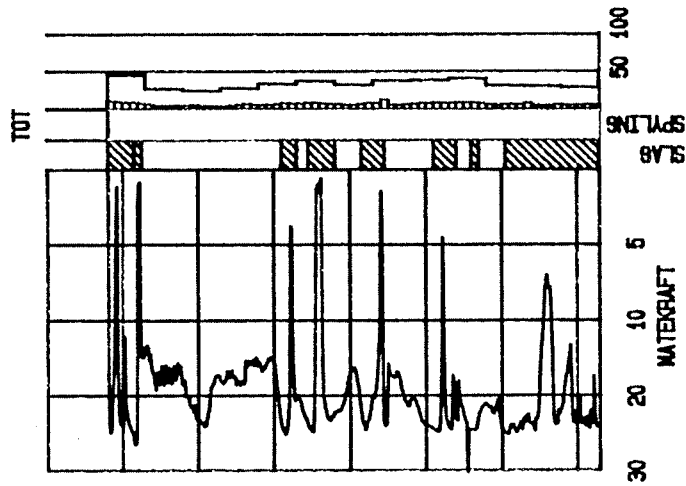
Kornfordelingsanalyser, "Hull 4".

Finmark. Svanvik, 96-høyden

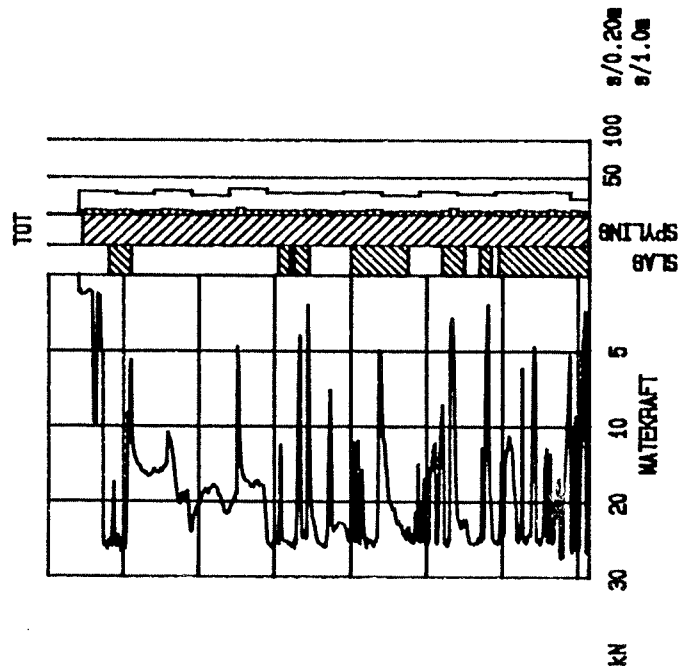
**Bilag 17**



c. vannspyling



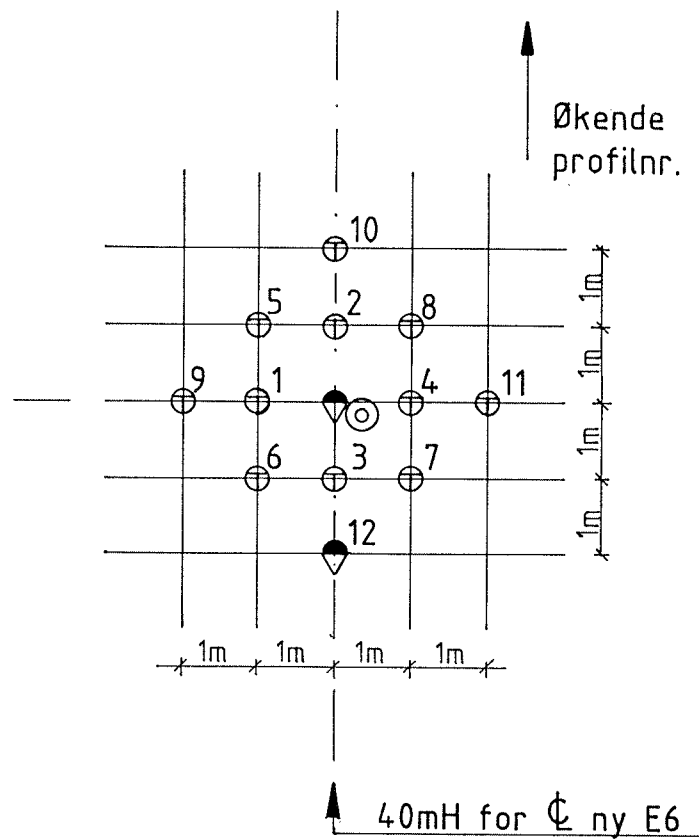
b. uten spyling



a. luftspyling

Parallellboringer, "Hull 4".  
 Totalsondering med luftspyling, totalsondering  
 uten spyling, totalsondering med vannspyling.  
 Finnmark. Svanvik, 96-høyden

Pr. 2840



OVERSIKT BORINGER  
LEKVOLD, TUNE GRENSE. ØSTFOLD

Bilag 19

A.S. TORRHOFT

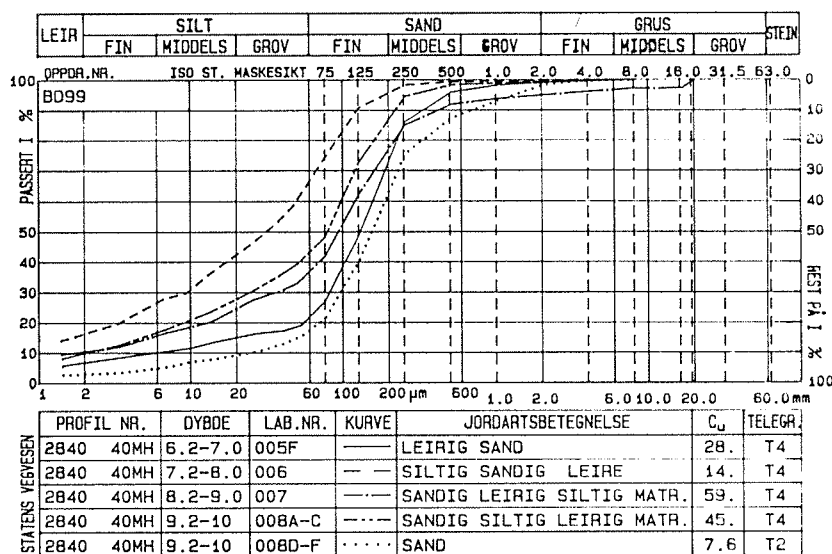
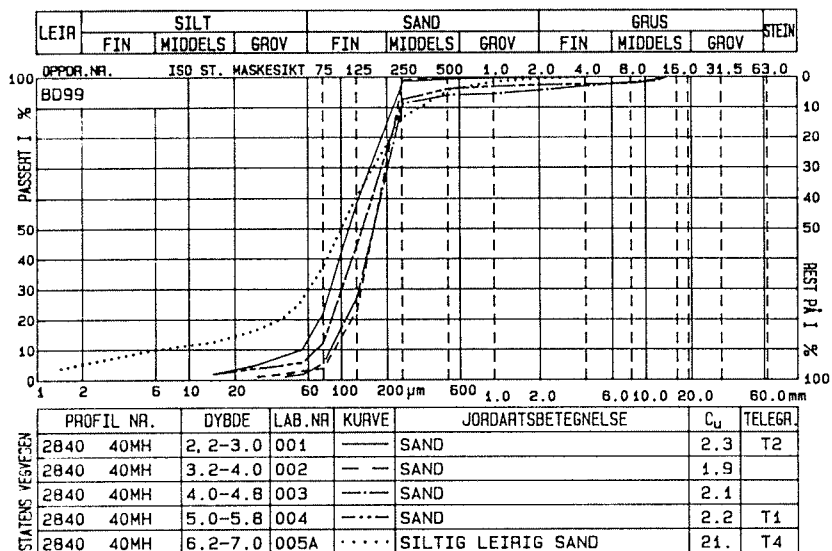
Oppdr.nr.: B099		Prøveserie: 2840 40MH				Prøvetaker: N61 54 mm								
Dyb- de i m	Materiale	Prøve	Vanninnhold %			$\gamma$ KN/m <sup>3</sup>	S <sub>t</sub>	Skjærstyrke KN/m <sup>2</sup>						
			20	40	60			20	40	60	80	100		
1	TORV													
2	TORV													
3	SAND	1				20.8								
4	SAND	2				20.3								
5	SAND	3				20.6								
6	SAND	4				20.3								
7	SILTIG LEIRIG SAND/LEIRIG SAND	5	•			21.6	9	▼	⊗					
8	SILTIG SANDIG LEIRE	6	•	•		20.5	11	▼		⊗	▼			
9	SANDIG LEIRIG SILTIG MATR.	7				21.1		▼						
10	SANDIG SILTIG LEIRIG MAT./SAND	8				20.5	7	▼	▼					
11	SANDIG SILTIG LEIRIG MATR.	9				21.2	12	▼	▼					
12	SILTIG SAND	10				21.6								
13	LEIRIG SILTIG SAND	11												
14	SILTIG LEIRIG SAND	12				20.9								
15														
16	SILTIG SAND	13												
17	SANDIG GRUSIG MATR.	14												
18	SAND	15												
	SILTIG SAND	16												

RESULTATER FRA RUTINEUNDERSØKELSER.  
LEKVOLD, TUNE GRENSE. ØSTFOLD

Bilag 20

A.S. 12/RRROFT

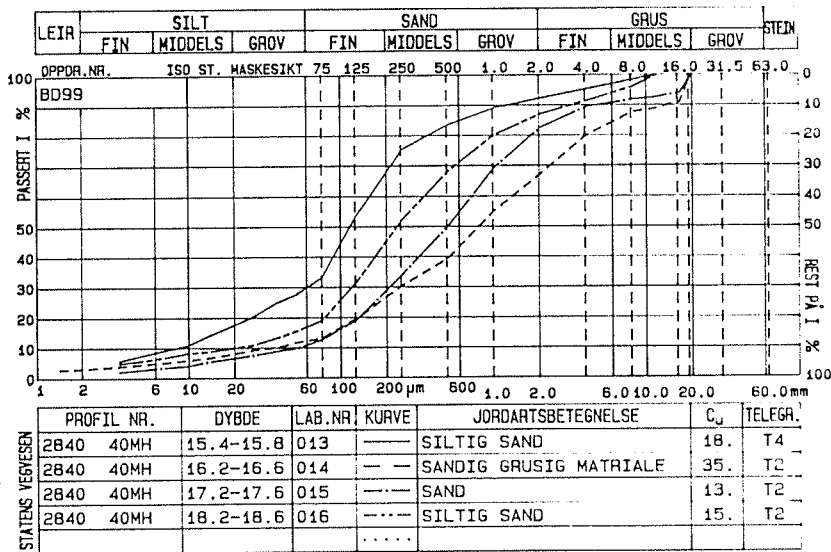
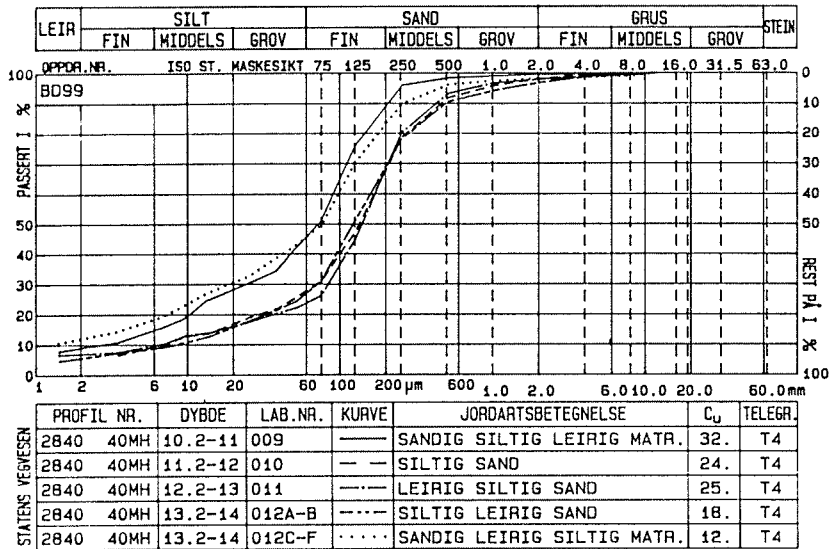




KORNFORDELINGSANALYSER.

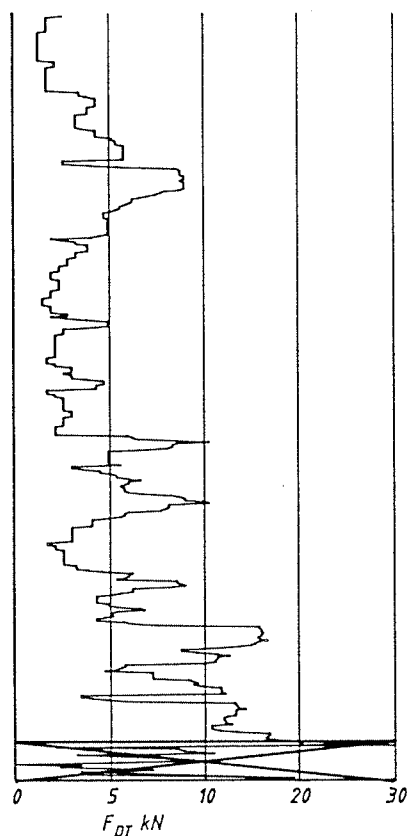
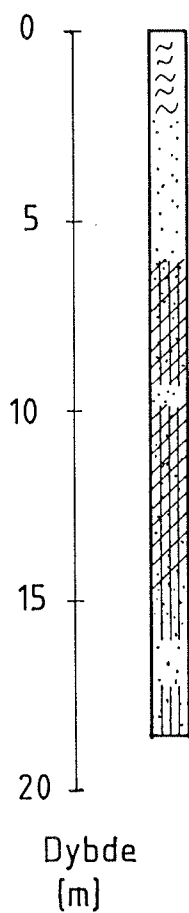
LEKVOLD, TUNE GRENSE. ØSTFOLD

Bilag 21

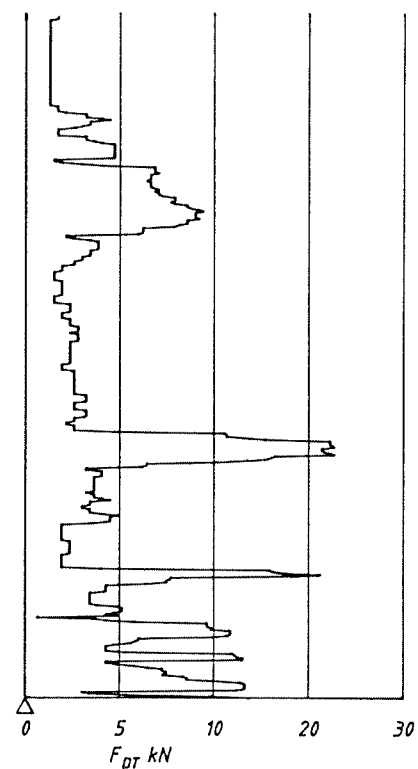


**KORNFORDDELINGSANALYSER.**

**LEKVOLD, TUNE GRENSE. ØSTFOLD**



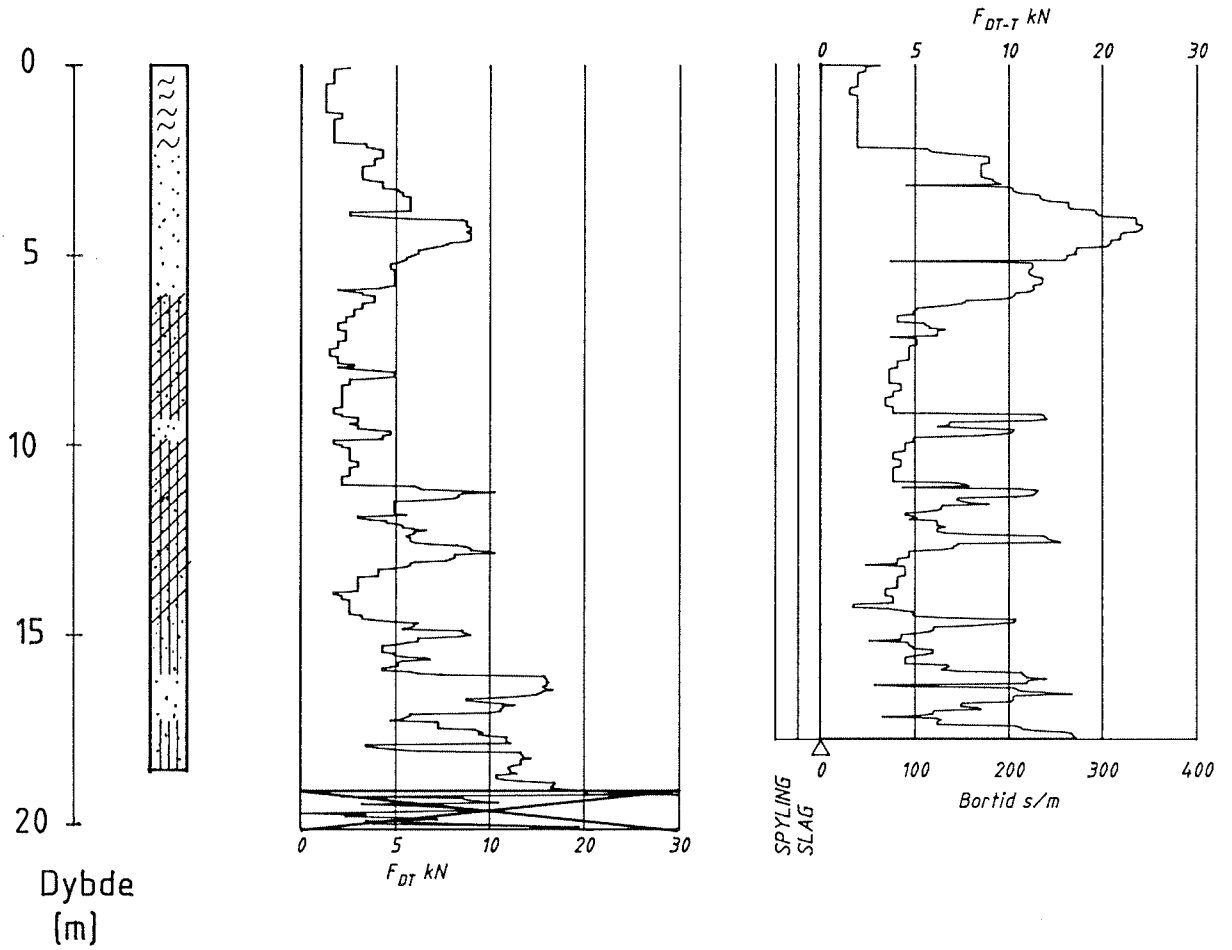
a) Dreietrykkssondering



b) Dreietrykkssondering

DREIETRYKKSONDERINGER.  
LEKVOLD, TUNE GRENSE. ØSTFOLD

Bilag 23



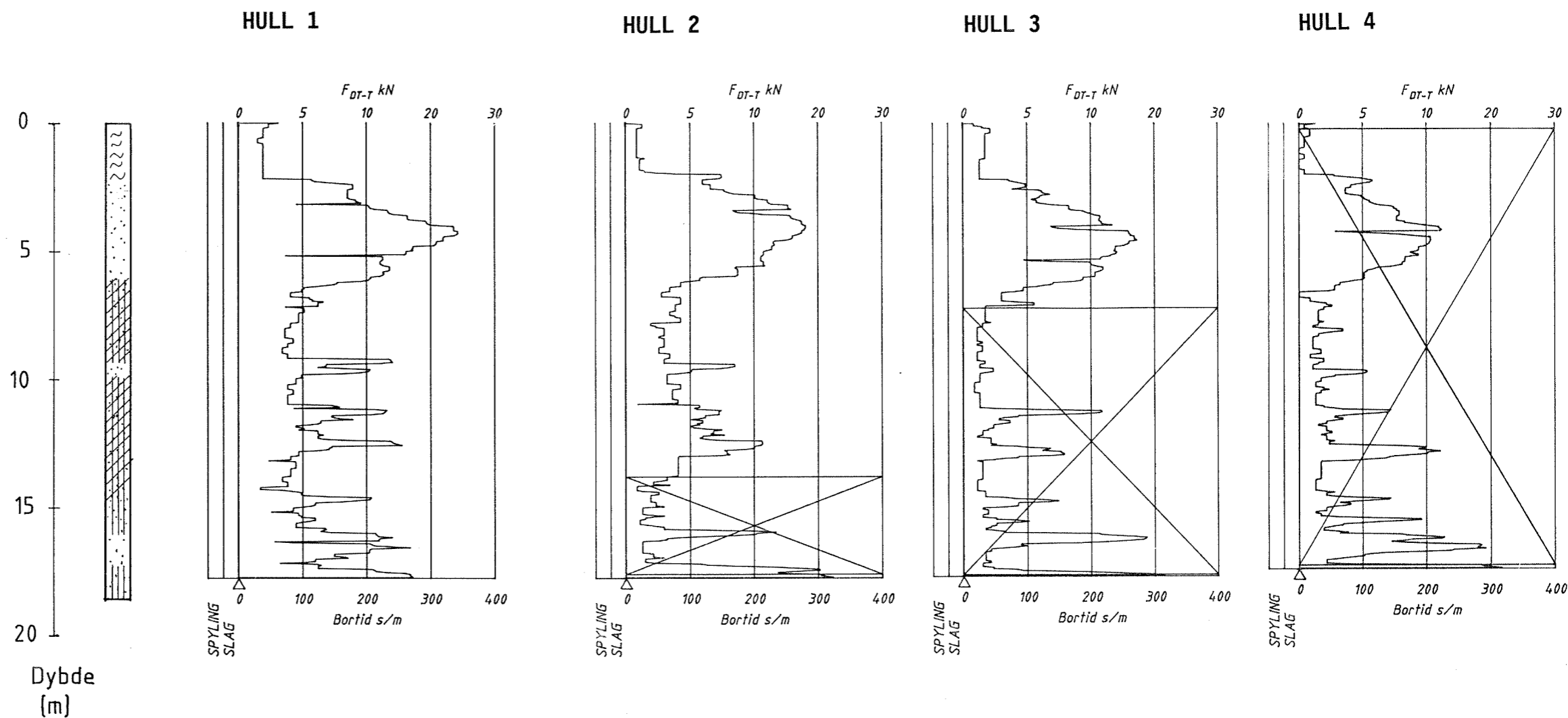
a) Dreietrykkssondering

b) Totalsondering

PARALLELLBORINGER. TOTALSONDERING -  
DREIETRYKKSONDERING.  
LEKVOLD, TUNE GRENSE. ØSTFOLD

Bilag 24

AS TORROFF

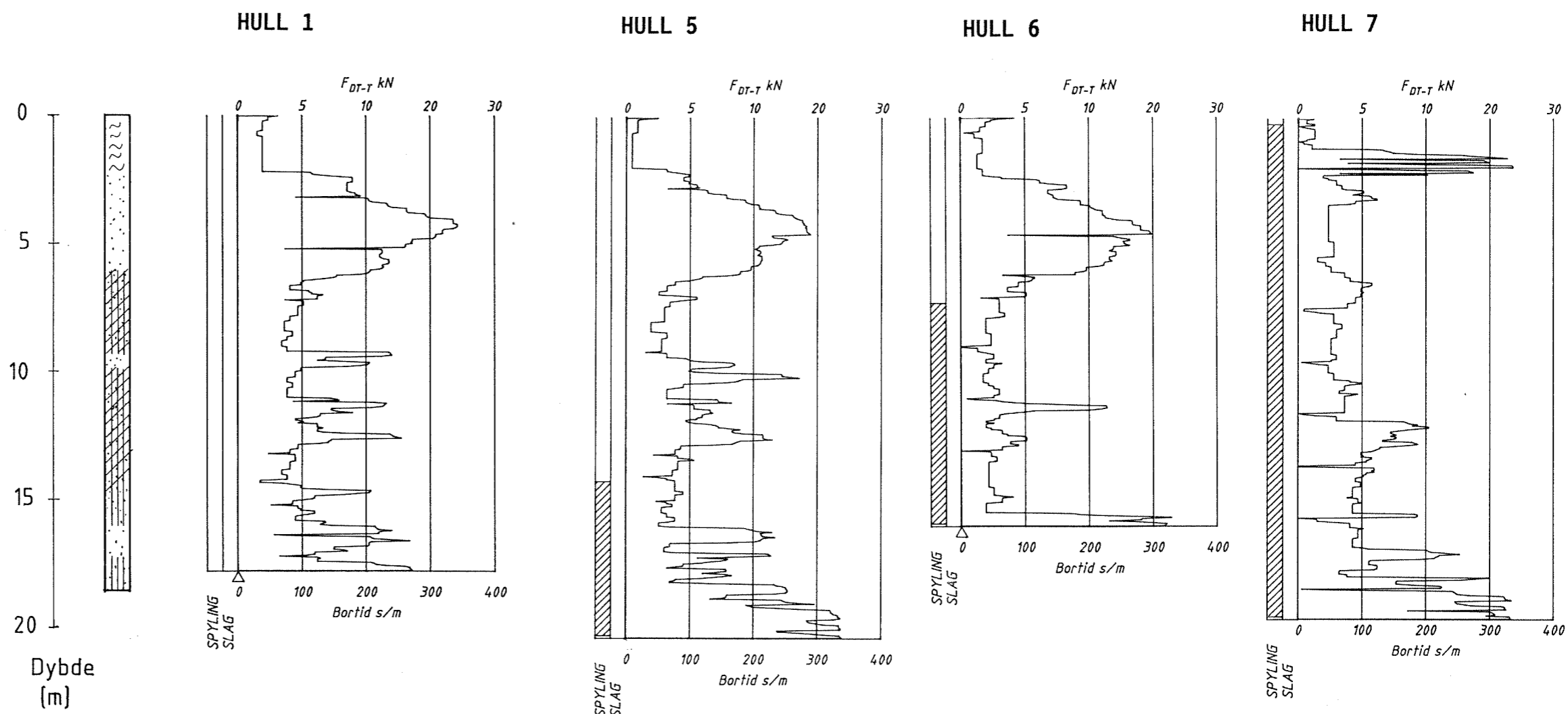


a) Totalsondering

b) Totalsondering, økt rotasjonshastighet (50 omdr./min) fra 14 til 18 meters dybde.

c) Totalsondering, økt rotasjonshastighet (50 omdr./min) fra 7 til 18 meters dybde.

d) Totalsondering, økt rotasjonshastighet (50 omdr./min) hele veien.



a) Totalsondering

b) Totalsondering, vannspyling fra 14 til 20 meters dybde

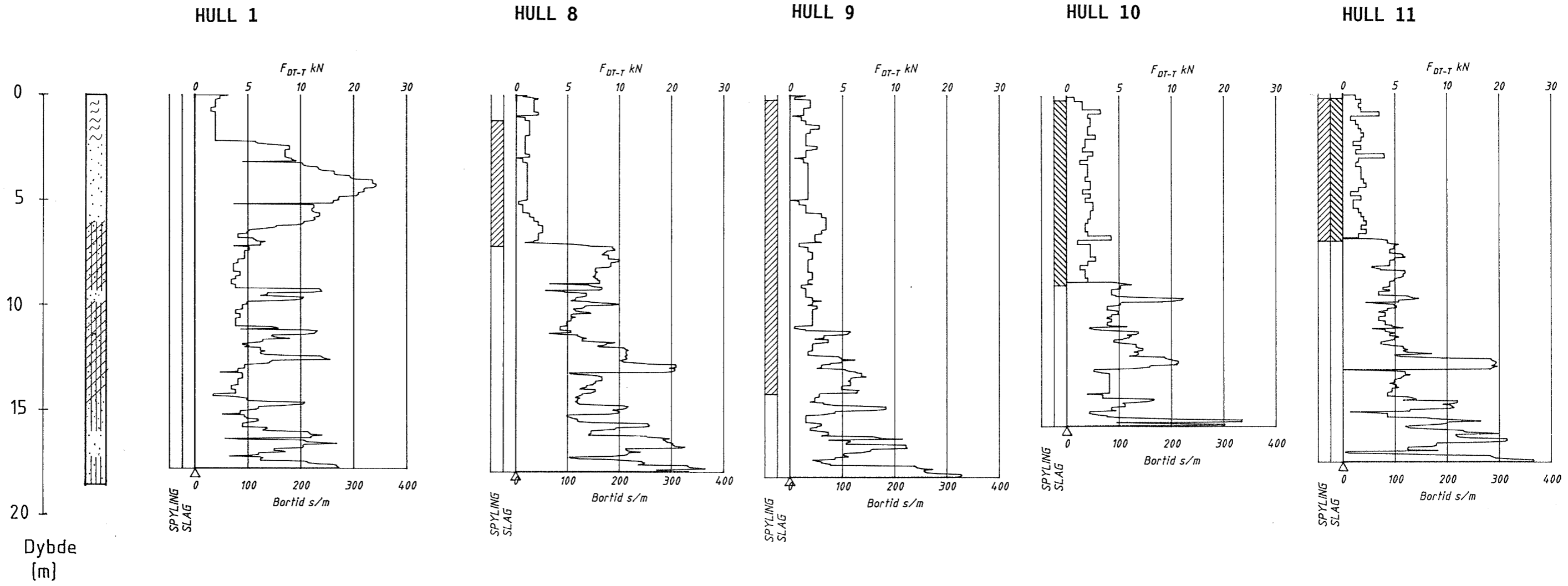
c) Totalsondering, vannspyling fra 7 til 16 meters dybde. Stopp mot stein i 16 meters dybde.

d) Totalsondering, vannspyling hele veien

TOTALSONDERINGER.

LEKVOLD, TUNE GRENSE. ØSTFOLD

Bilag 26



a) Totalsondering

b) Totalsondering, vannspyling fra 0 til 7 meters dybde

c) Totalsondering, vannspyling fra 0 til 14 meters dybde

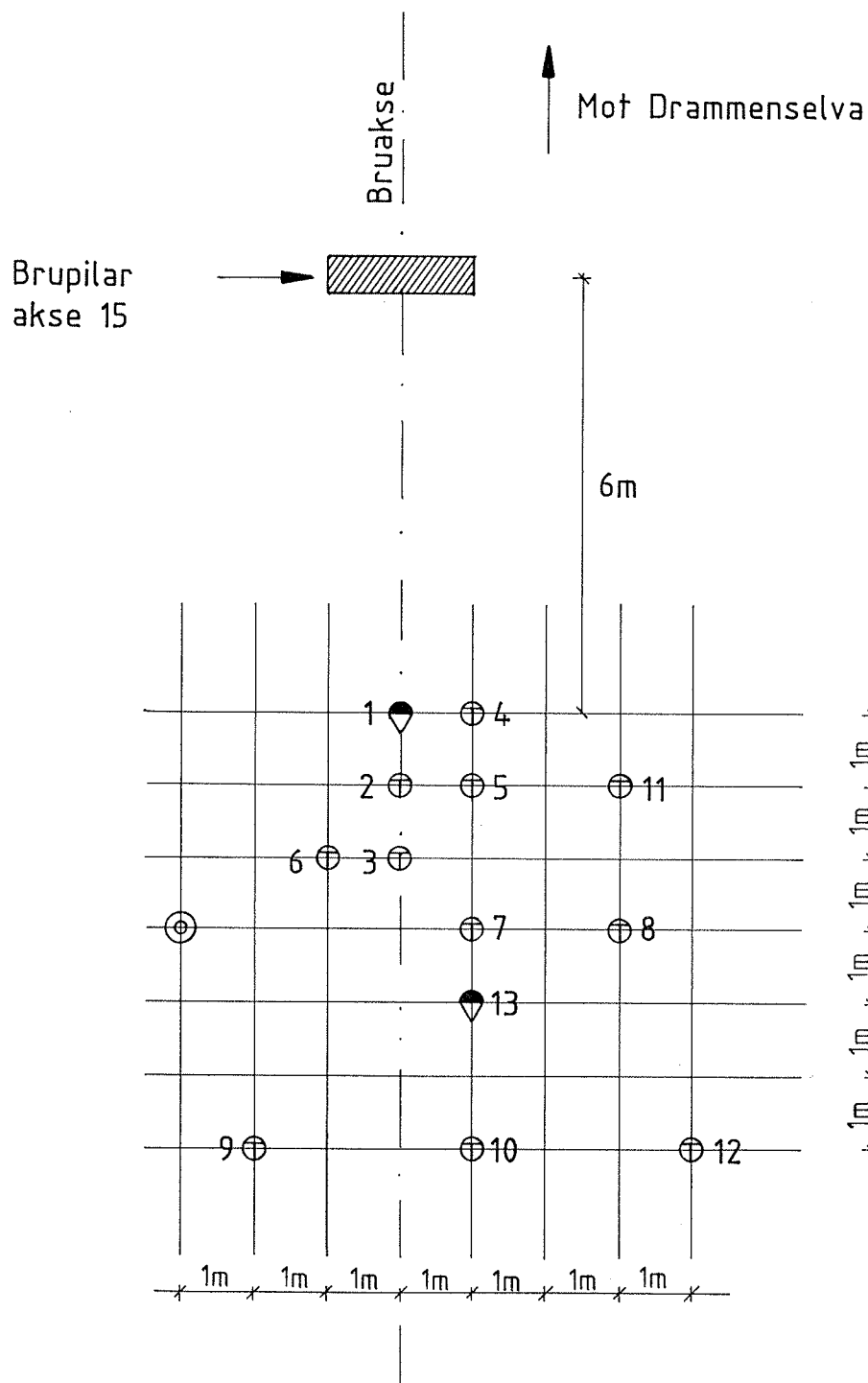
d) Totalsondering, slagboring fra 0 til 9 meters dybde

e) Totalsondering, slagboring med vannspyling fra 0 til 7 meters dybde

TOTALSONDERINGER.

LEKVOLD, TUNE GRENSE. ØSTFOLD

Bilag 27



OVERSIKT BORINGER  
 UNDER DRAMMENSBRUA E-18, STRØMSØ-SIDEN.

Bilag 28



Oppdr.nr. : P466

Prøveserie: HULL7 BMFRA

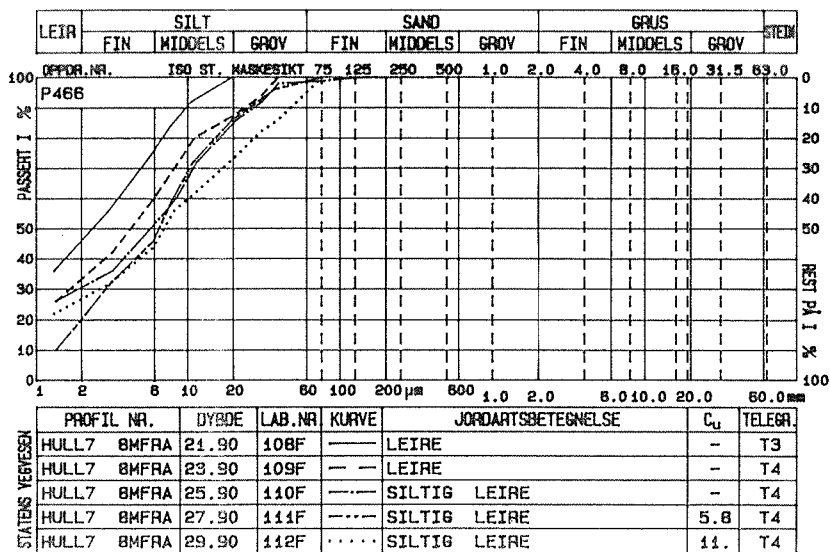
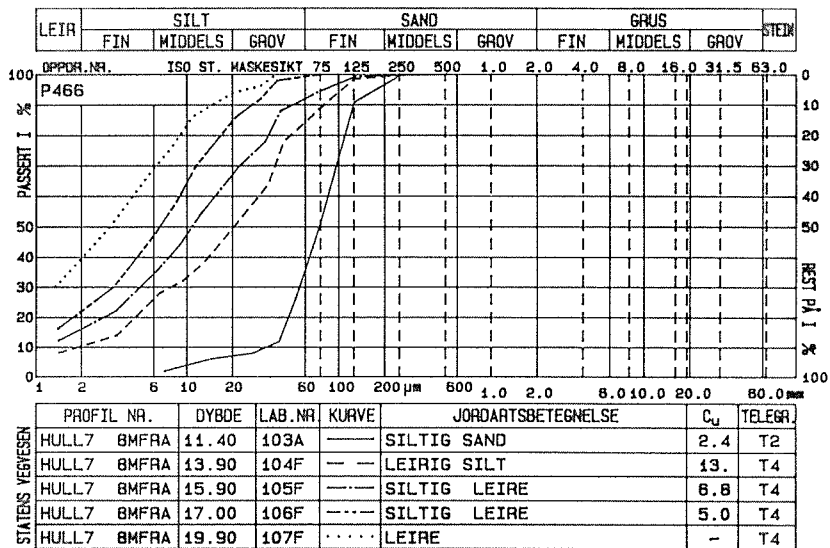
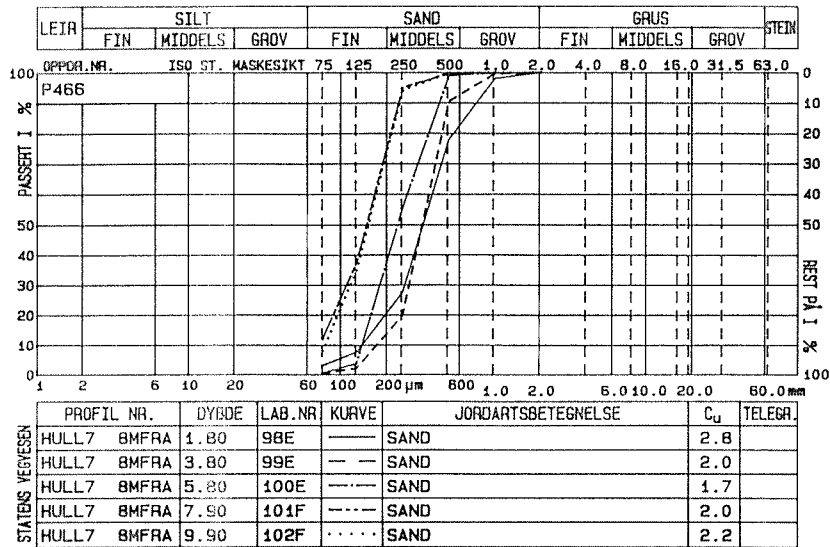
Analyseår: 1992

Prøvetaker: NGI 54MM

Dyb- de 1 m	Materiale	Prøve	Vanninnhold %			$\gamma$ KN/m <sup>3</sup>	S <sub>t</sub>	Skjærstyrke kN/m <sup>2</sup>					G1. %
			20	40	60			20	40	60	80	100	
1													
2	SAND	98				17.1							
3	"												
4	"	99				20.6							
5	"												
6	"	100				22.3							
7	"												
8	"	101				19.8							
9	"												
10	"	102				19.9							
11	"												
12	SILTIG SAND	103				20.0							
13													
14	LEIRIG SILT	104				18.9	12	▼	○	○	○		
15													
16	SILTIG LEIRE	105				19.0	7	▼	○	○	○		
17	"												
18	"	106				18.7			○	○	○	▼	
19													
20	LEIRE	107				18.0			○	○	○		
21	"												
22	"	108				18.3			○	○	○		
23	"												
24	"	109				18.1			○	○	○	○	
25													
26	SILTIG LEIRE	110				18.9			○	○	○		
27	"												
28	"	111				19.8			○	○	○	▼	
29	"												
30	"	112				19.9	9	▼	○	○	○		

RESULTATER FRA RUTINEUNDERSØKELSER.  
 UNDER DRAMMENSBRUA E-18, STRØMSØ-SIDEN.

Bilag 29



**KORNFORDDELINGSANALYSER.**

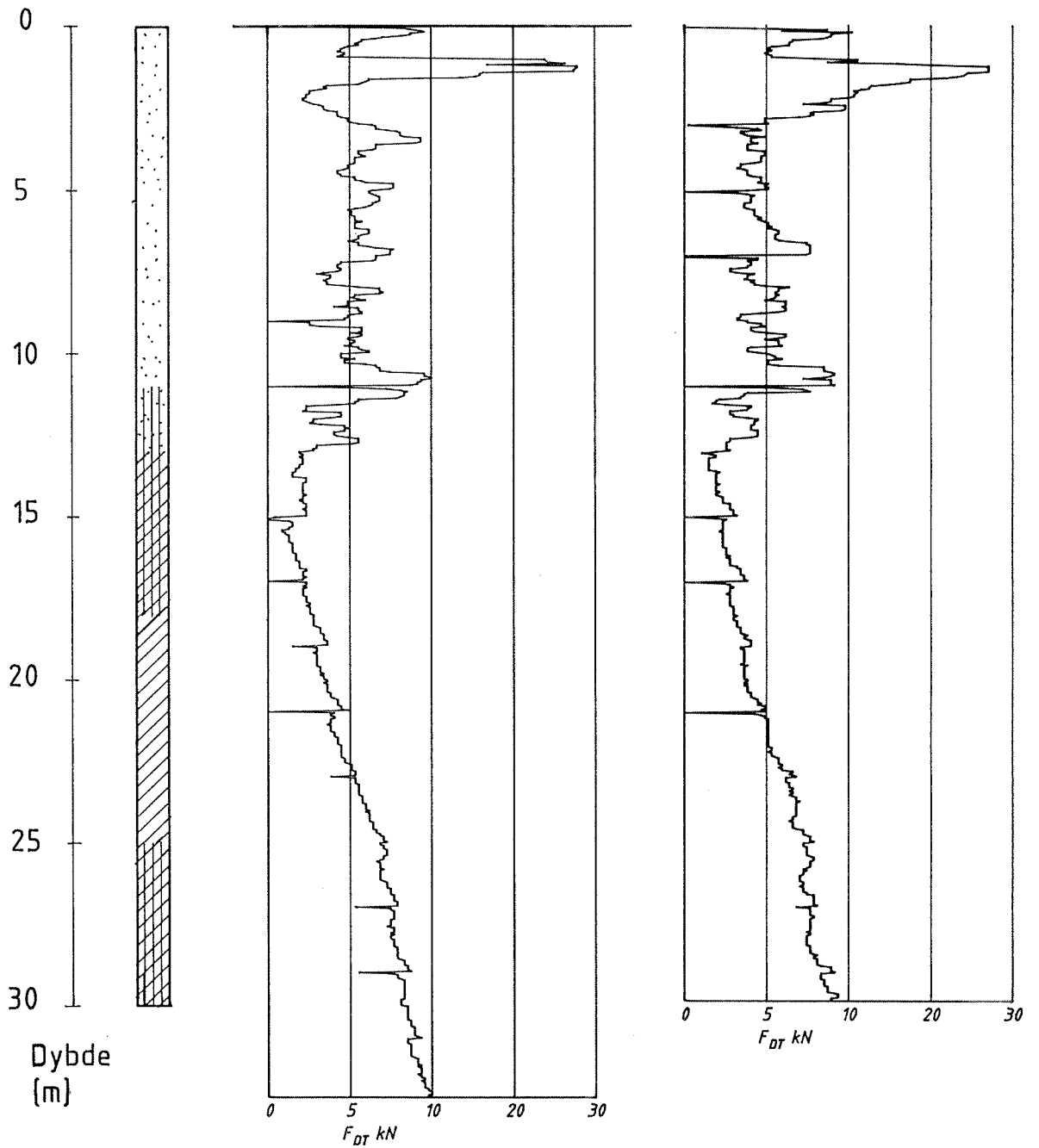
**UNDER DRAMMENSBRUA E-18, STRØMSØ-SIDEN.**

**Bilag 30**

A.S. TØRRKROFT

HULL 1

HULL 13



a) Dreietrykkssondering

b) Dreietrykkssondering

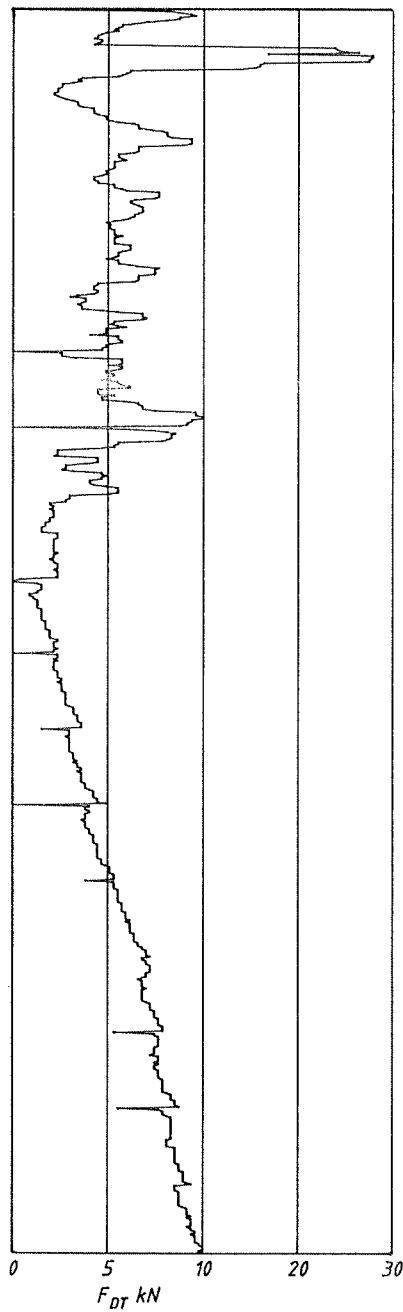
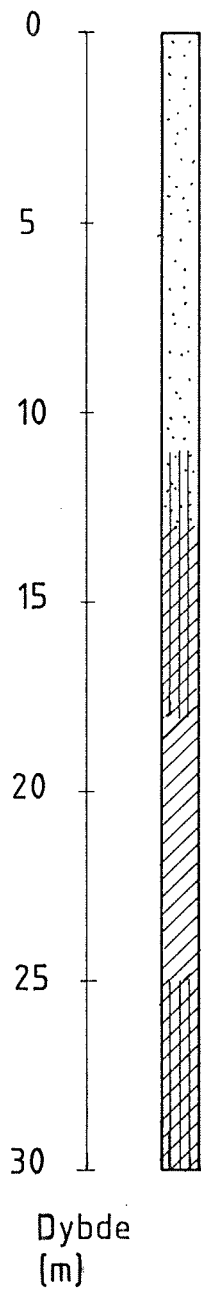
DREIETRYKKSONDERINGER.

UNDER DRAMMENSBRUA E-18, STRØMSØ-SIDEN.

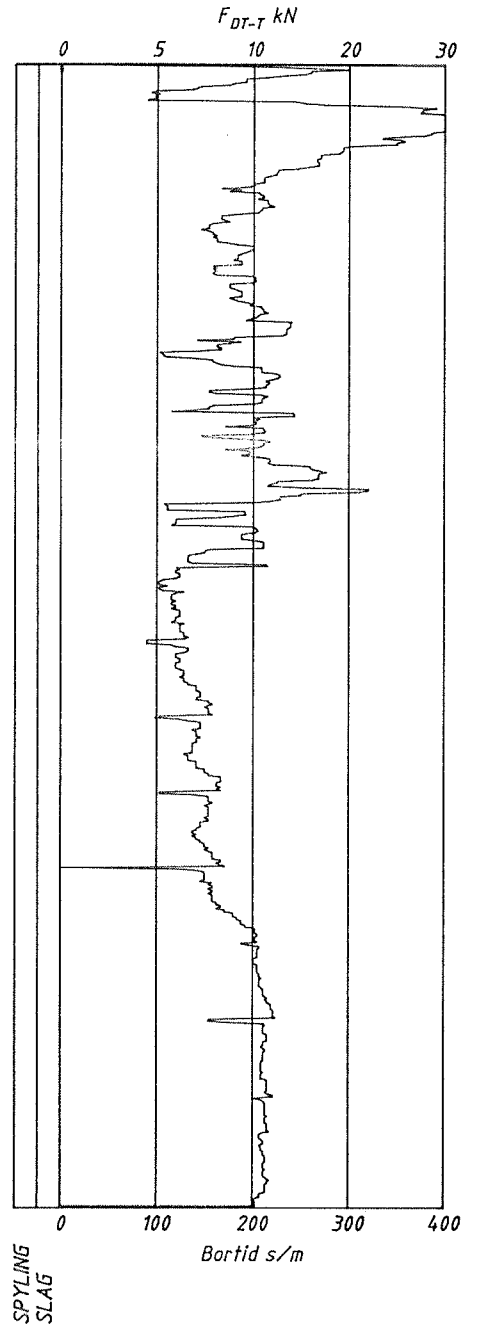
Bilag 31

HULL 1

HULL 2



a) Dreietrykksondering



b) Totalsondering

PARALLELLBORINGER. TOTALSONDERING -  
DREIETRYKKSONDERING.  
UNDER DRAMMENSBRUA E-18, STRØMSØ-SIDEN.

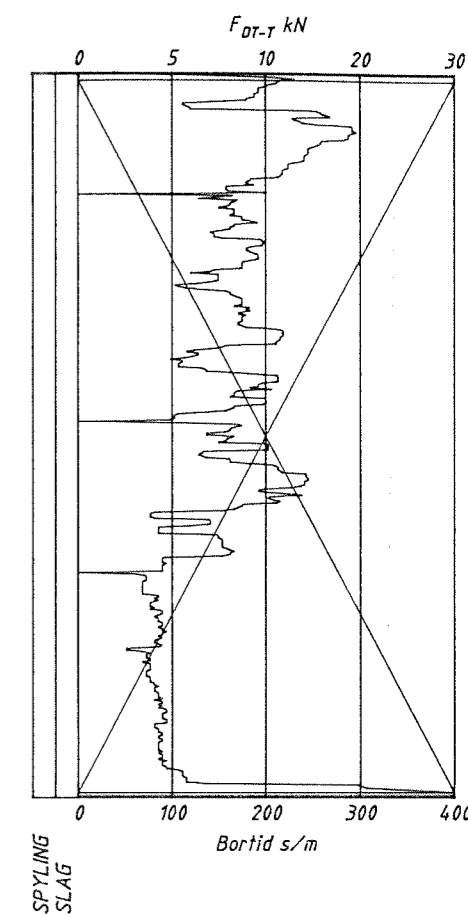
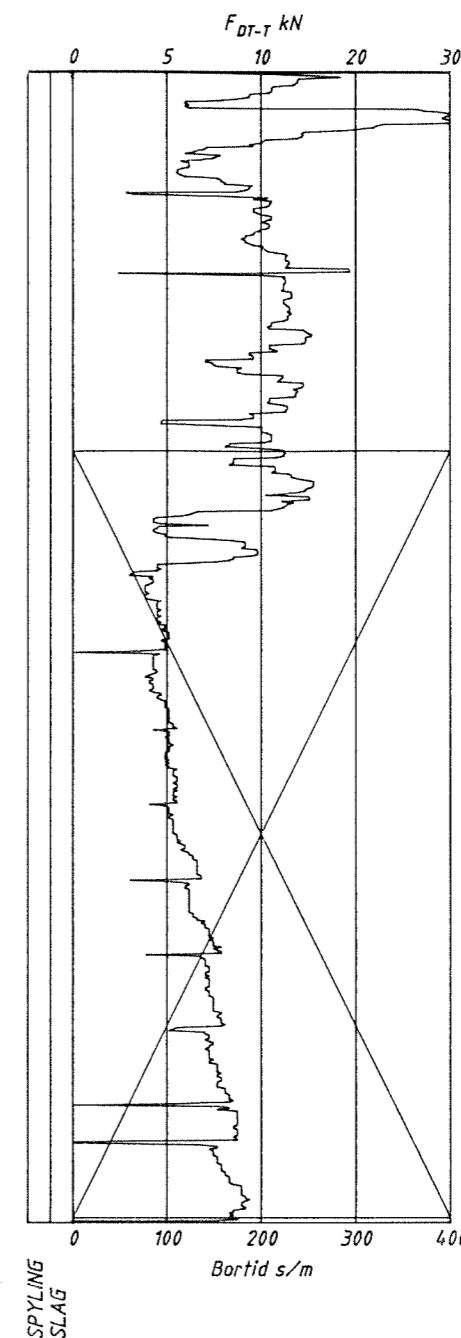
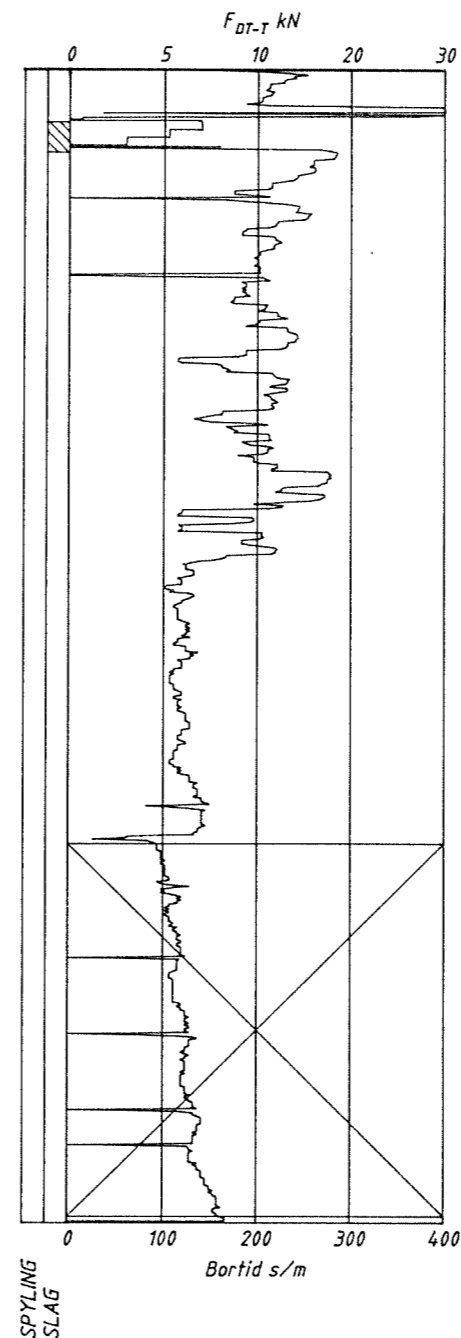
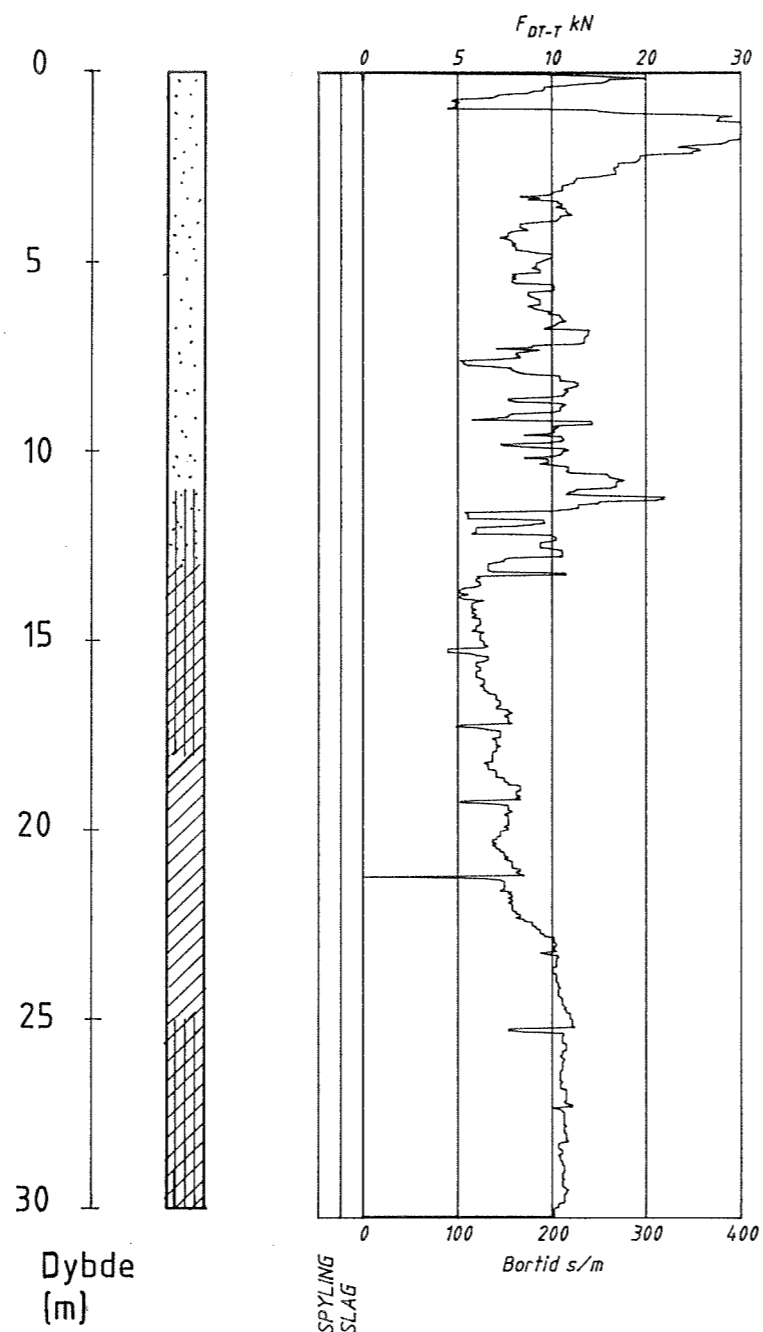
Bilag 32

HULL 2

HULL 3

HULL 4

HULL 5



a) Totalsondering

b) Totalsondering, økt rotasjonshastighet (50 omdr./min) fra 20 til 30 meters dybde.

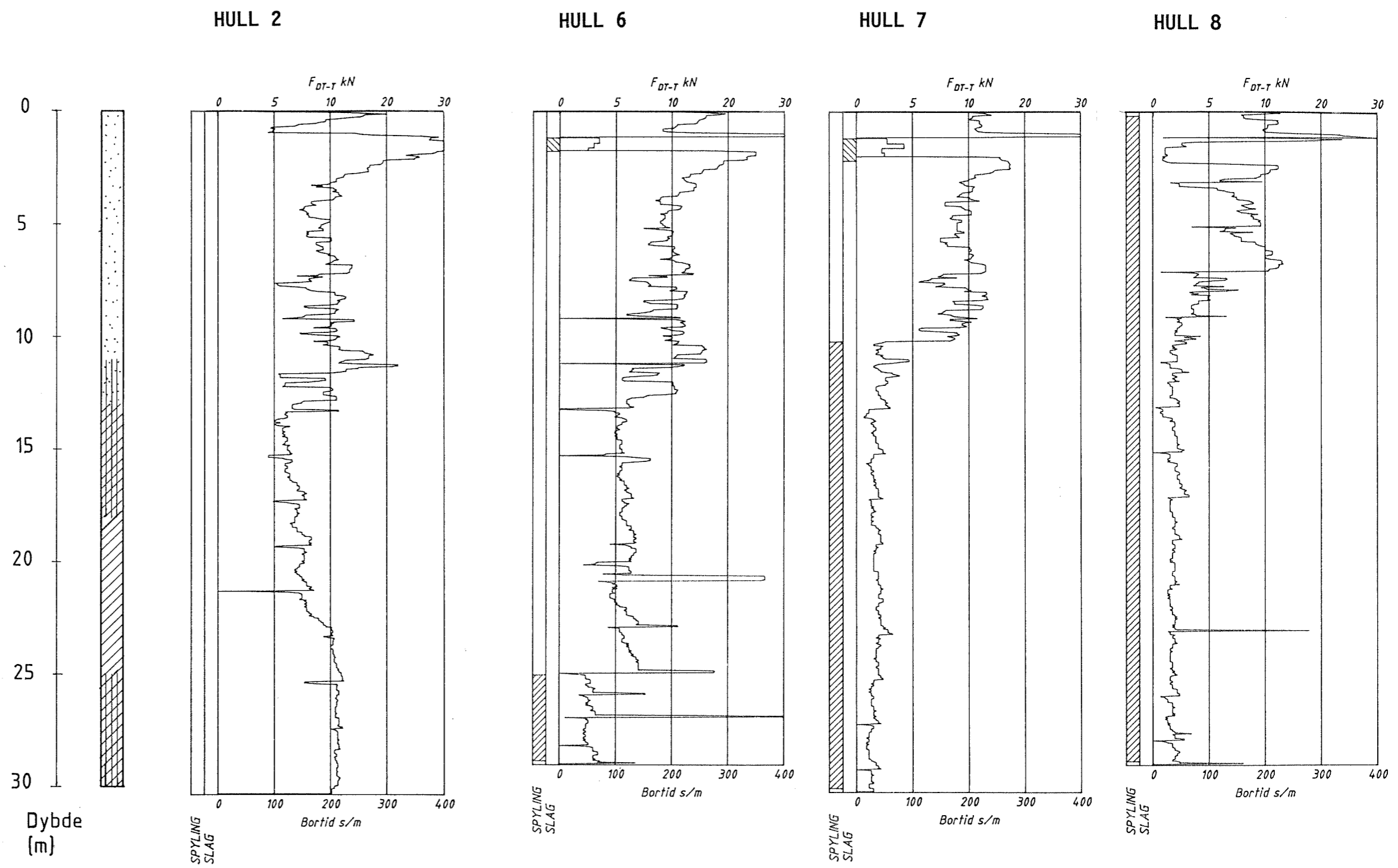
c) Totalsondering, økt rotasjonshastighet (50 omdr./min) fra 10 til 30 meters dybde.

d) Totalsondering, økt rotasjonshastighet (50 omdr./min) hele veien. Stopp mot stein i 19 meters dybde.

TOTALSONDERINGER.

UNDER DRAMMENSBRUA E-18, STRØMSØ-SIDEN.

Bilag 33

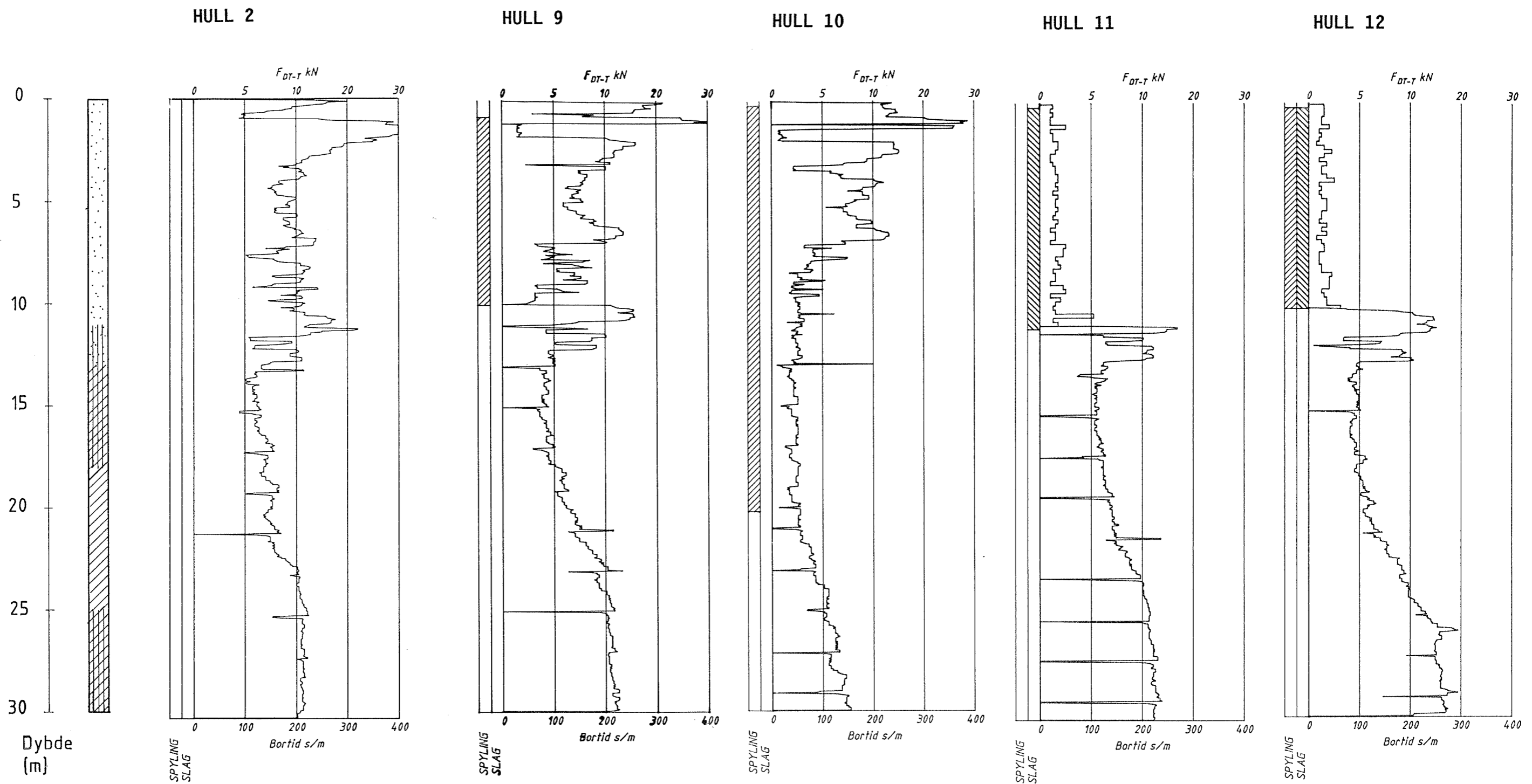


a) Totalsondering

b) Totalsondering, vannspyling fra 25 til 30 meters dybde

c) Totalsondering, vannspyling fra 10 til 30 meters dybde.

d) Totalsondering, vannspyling hele veien



a) Totalsondering

b) Totalsondering, vannspyling fra 0 til 10 meters dybde

c) Totalsondering, vannspyling fra 0 til 20 meters dybde.

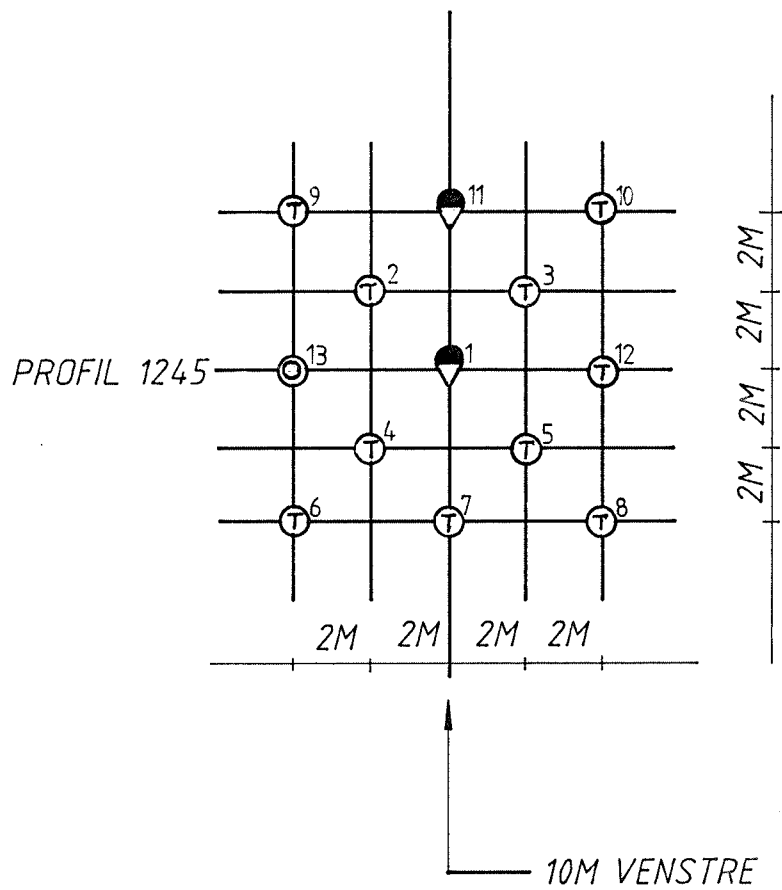
d) Totalsondering, slagboring fra 0 til 10 meters dybde.

e) Totalsondering, slagboring med vannspyling fra 0 til 10 meters dybde

TOTALSONDERINGER.

UNDER DRAMMENSBRUA E-18, STRØMSØ-SIDEN.

Bilag 35



Oversikt boringer.

Lademoen, Trondheim.

Bilag 36

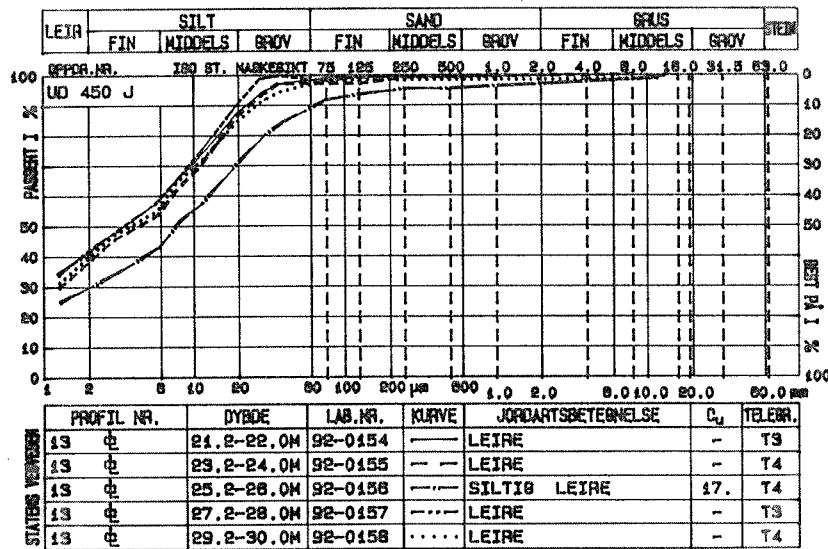
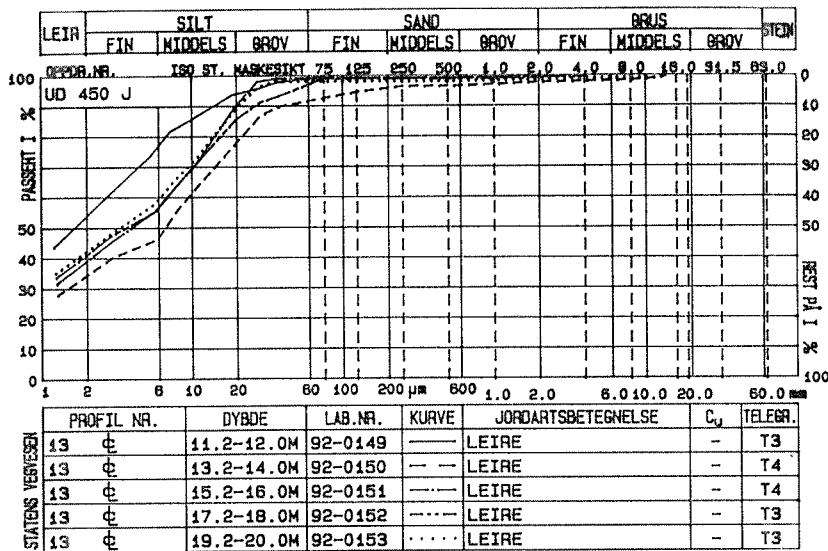
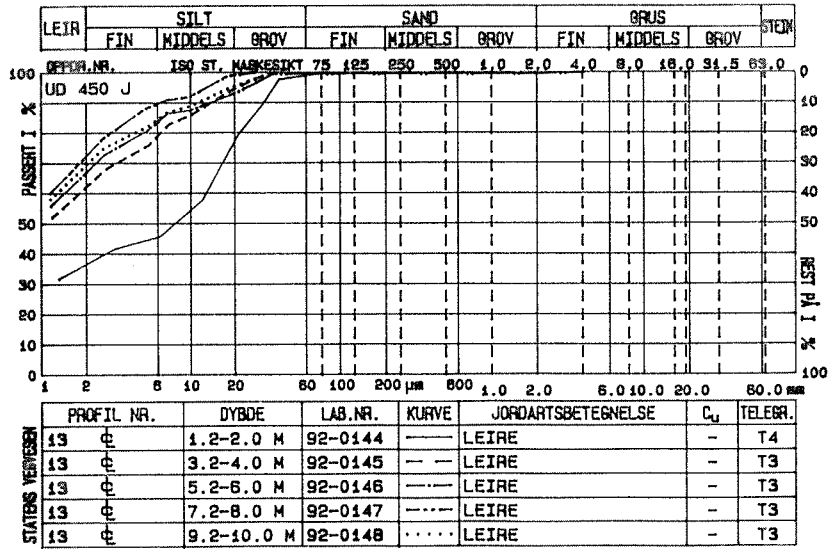


Oppdr.nr.: UD450J		Prøveserie: 13 $\phi$				Prøvetaker: 54 MM								
Dyb- de l m	Materiale	u v L	Vanninnhold %			$\gamma$ KN/m <sup>3</sup>	St	Skjerstyrke kN/m <sup>2</sup>					Bl. %	
			20	40	60			20	40	60	80	100		
1	SAND	143												3.0
2	LEIRE	144				20.8	2							
3														
4	- . -	145				17.9	5							
5														
6	- . -	146				17.5	8							
7														
8	- . -	147				17.4	7							
9														
10	- . -	148				17.6	9							
11														
12	- . -	149				18.0	8							
13														
14	- . -	150				18.8	12							
15														
16	- . -	151				19.6	8							
17														
18	- . -	152				19.6	6							
19														
20	- . -	153				19.7	5							
21														
22	- . -	154				19.6	6							
23														
24	- . -	155				19.6	7							
25														
26	SILTIG LEIRE	156				20.5	4							
27														
28	LEIRE	157				20.1	5							
29														
30	- . -	158				20.4	3							

Resultater fra rutineundersøkelser.

Lademoen, Trondheim.

Bilag 37



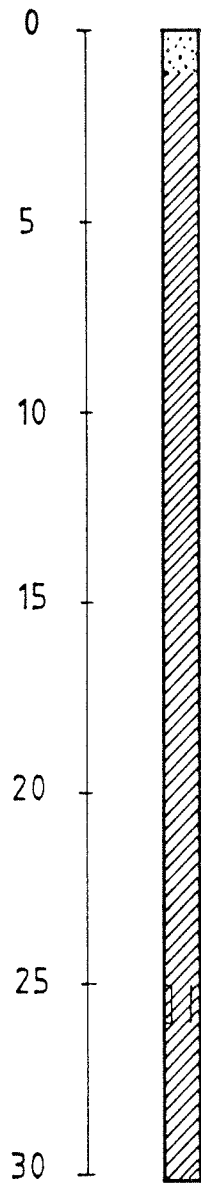
Kornfordelingsanalyser.

Lademoen, Trondheim.

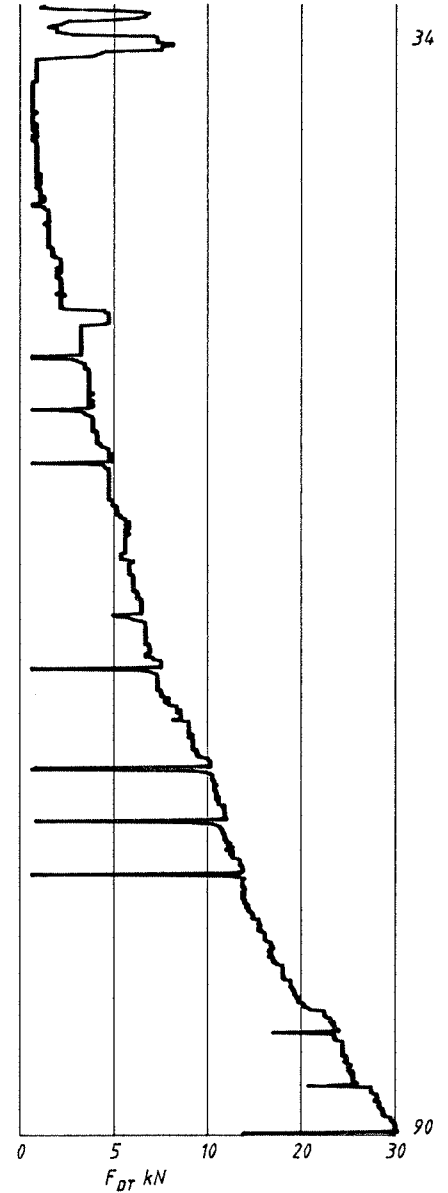
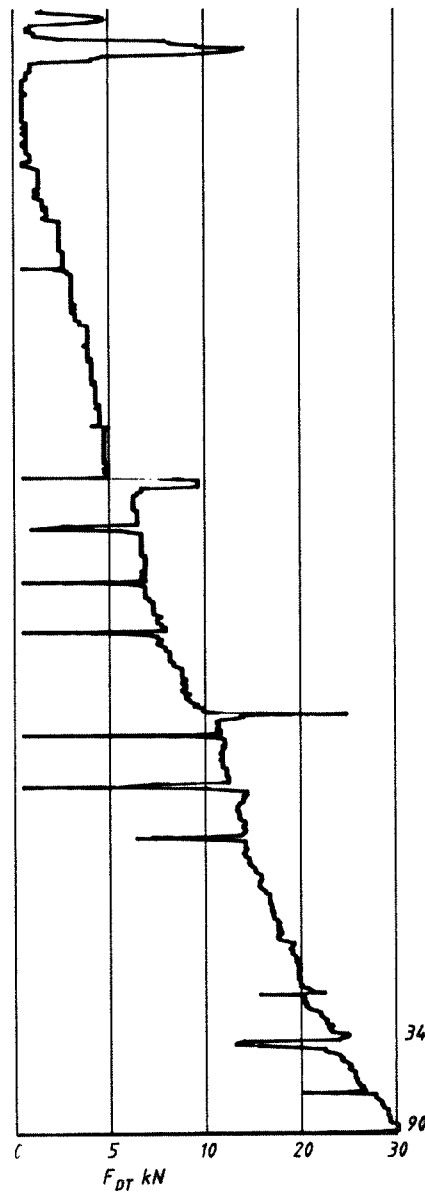
Bilag 38

BORING 1.

BORING 11.



Dybde  
(m)



a) Dreietrykkssondering

b) Dreietrykkssondering

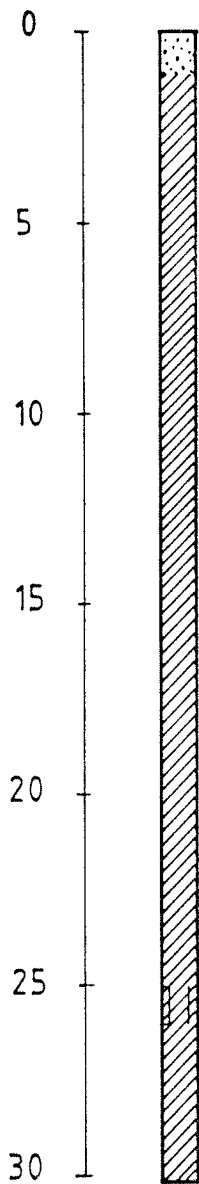
Dreietrykkssonderinger.

Lademoen, Trondheim.

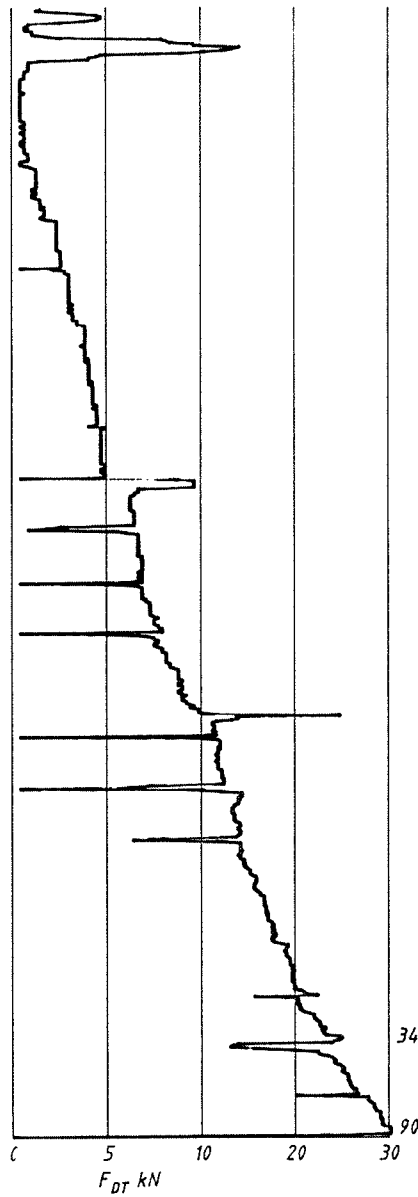
Bilag 39

BORING 1.

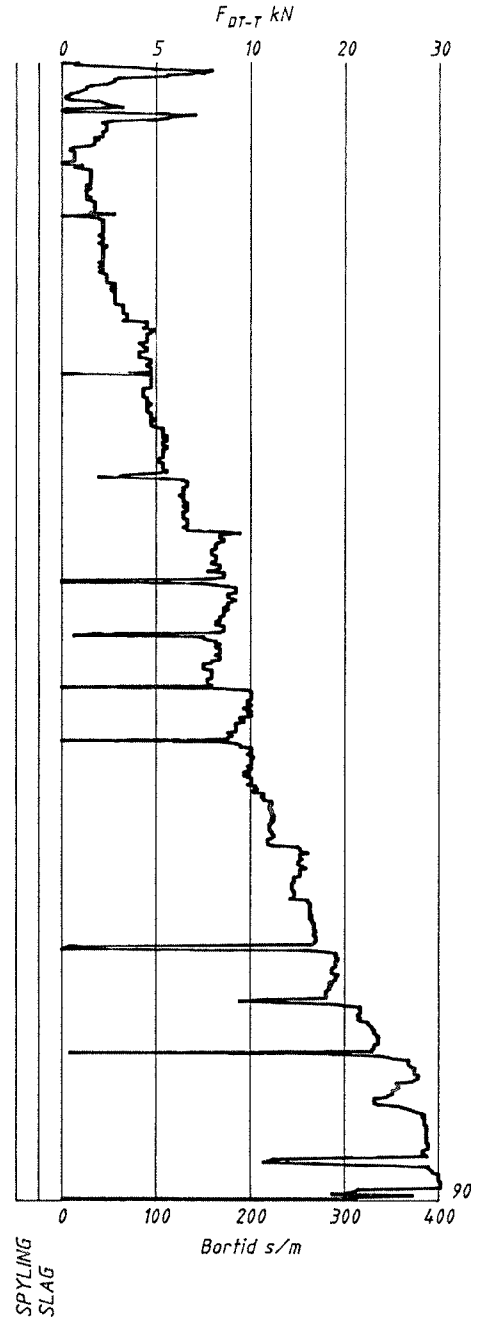
BORING 2.



Dybde  
(m)



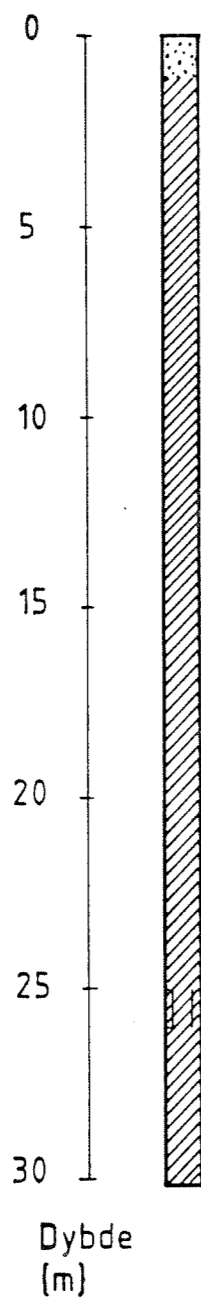
a) Dreietrykkssondering



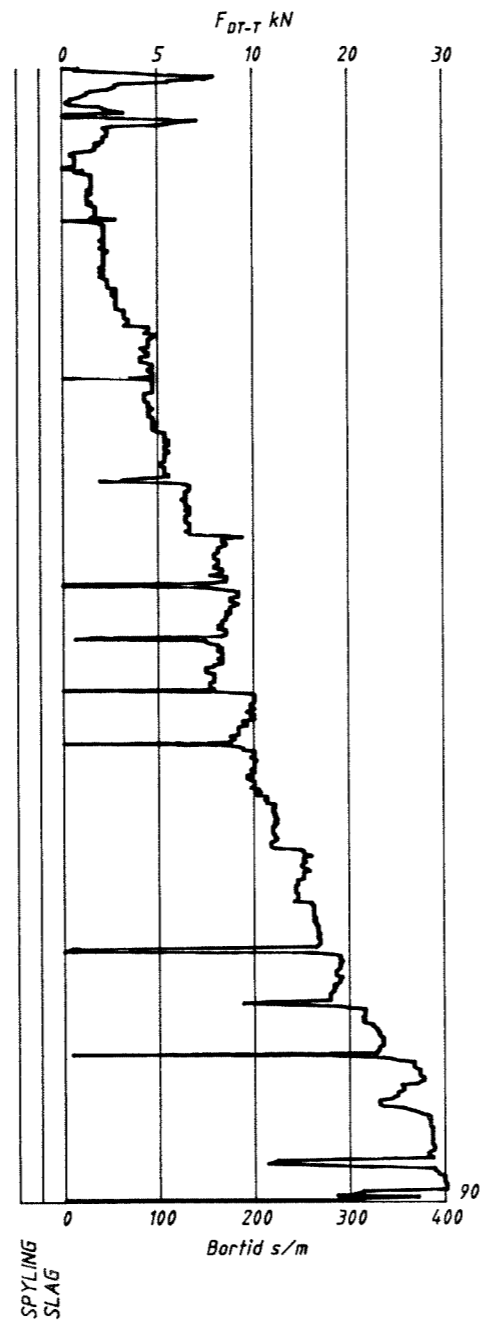
b) Totalsondering

**Parallellboringer. Totalsondering -  
dreietrykkssondering.  
Lademoen, Trondheim.**

**Bilag 40**

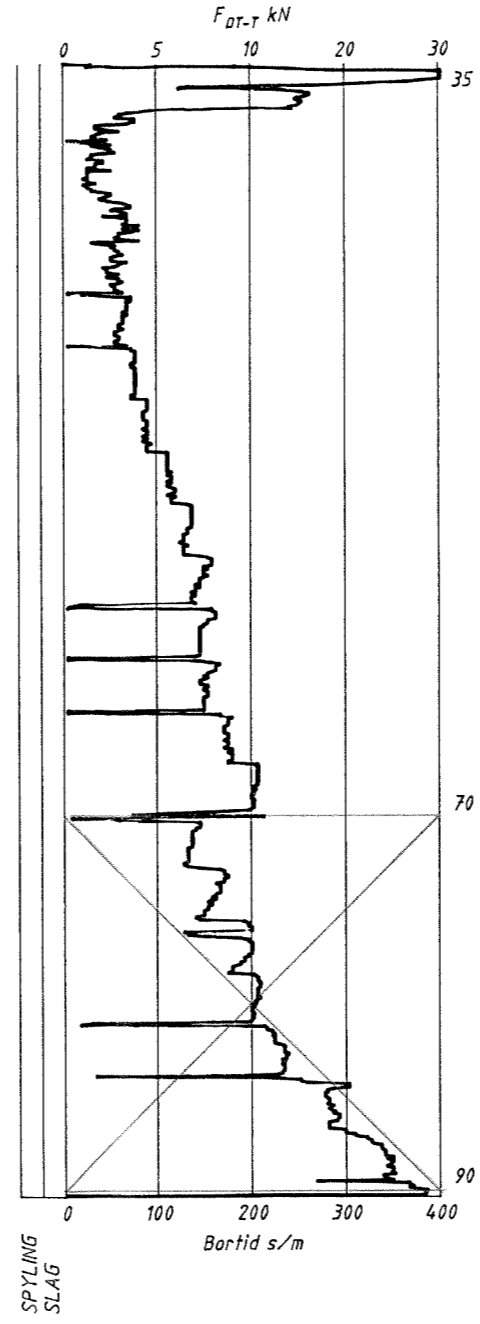


BORING 2.



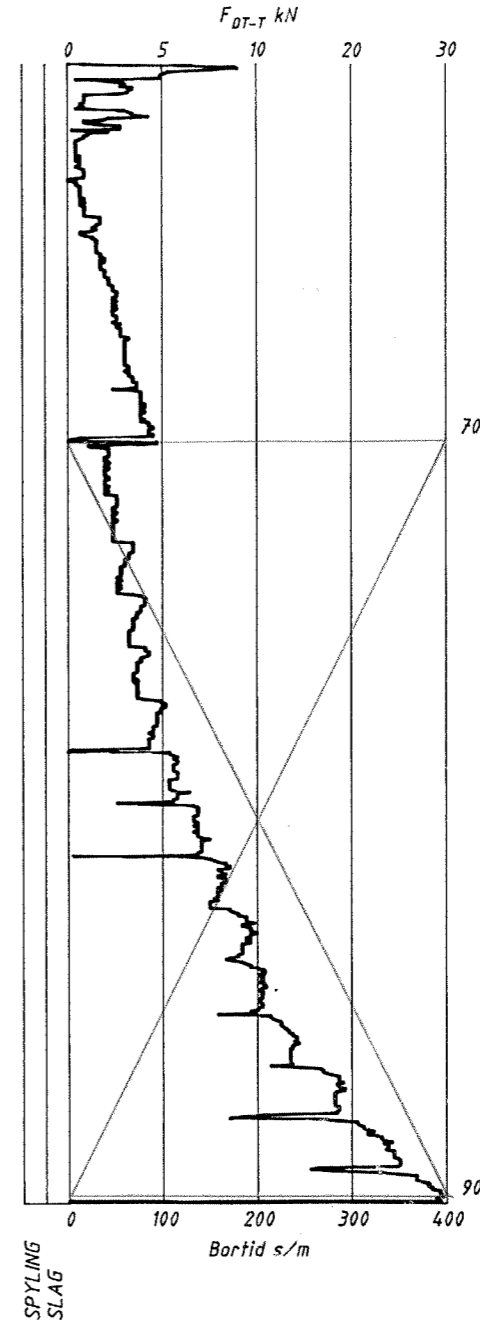
a) Totalsondering

BORING 3.



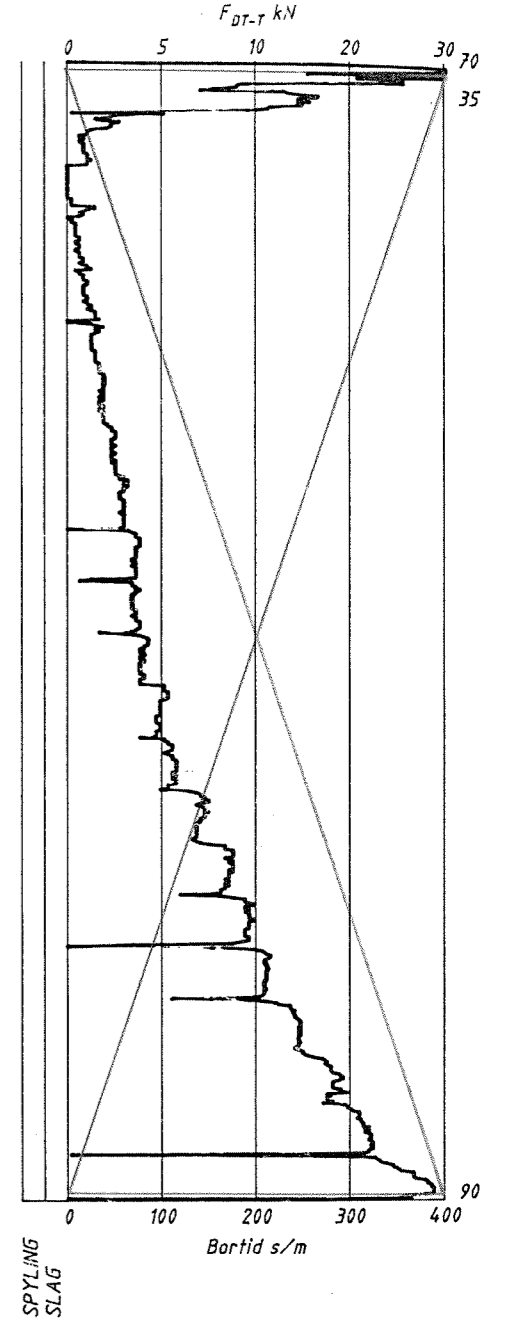
b) Totalsondering, økt rotasjons hastighet (50 omdr./min) fra 20 til 30 meters dybde.

BORING 4.



c) Totalsondering, økt rotasjons hastighet (50 omdr./min) fra 10 til 30 meters dybde.

BORING 5.

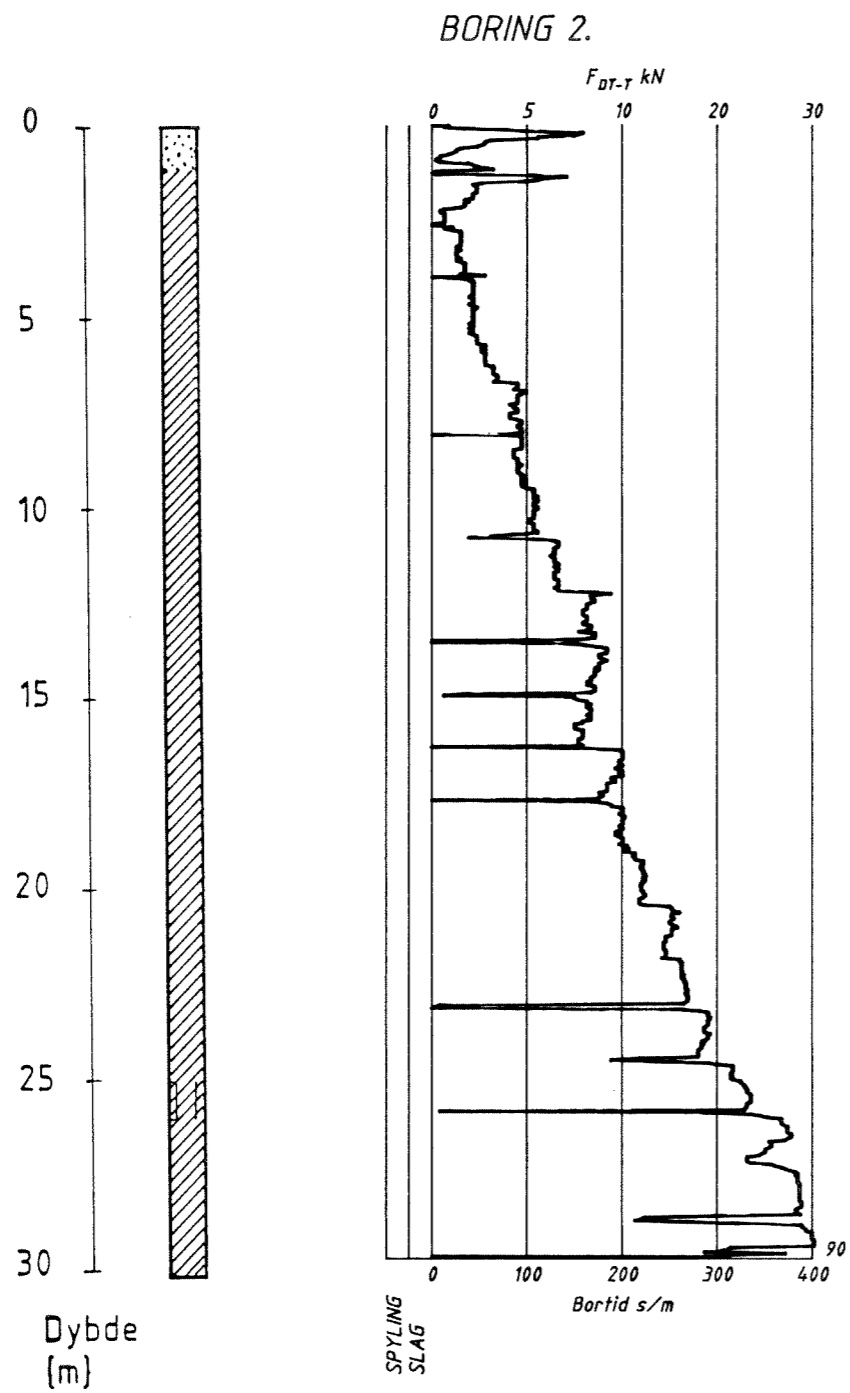


d) Totalsondering, økt rotasjons hastighet (50 omdr./min) hele veien.

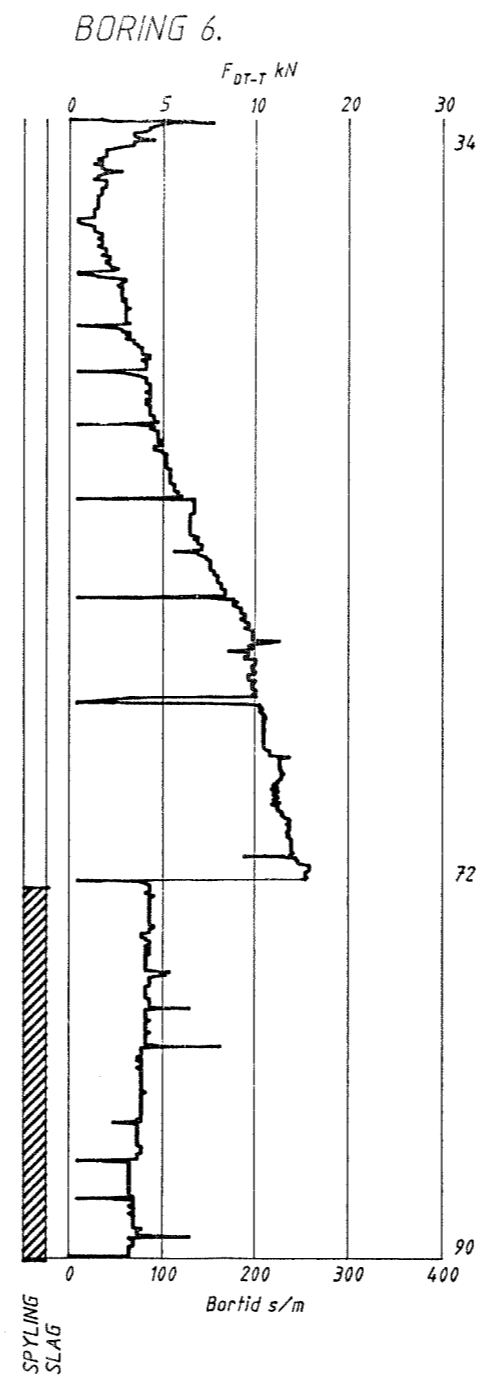
Totalsonderinger.

Lademoen, Trondheim.

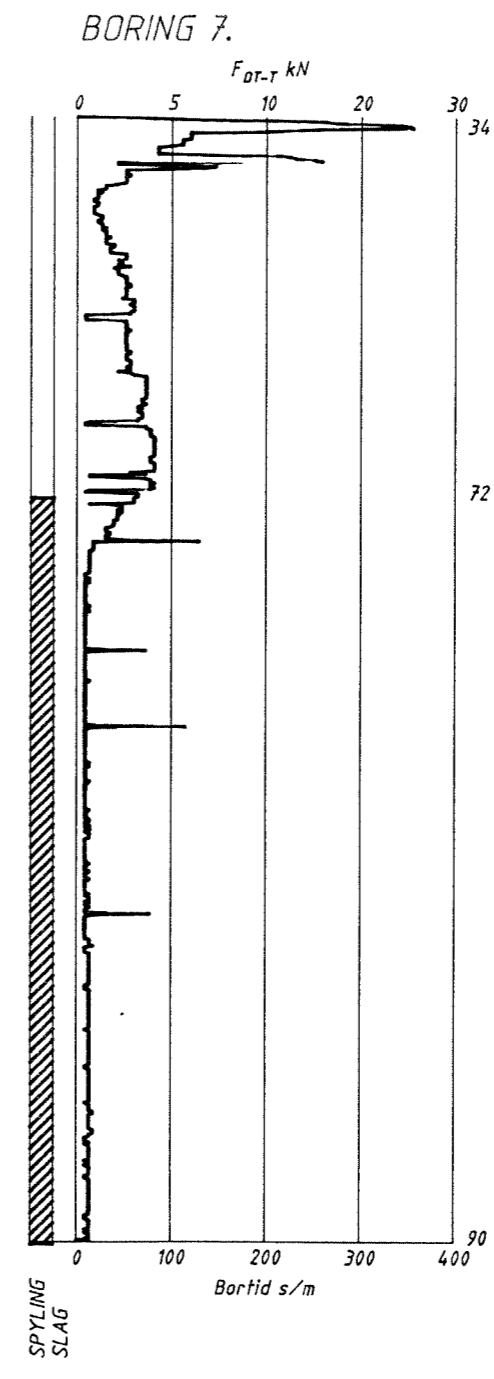
Bilag 41



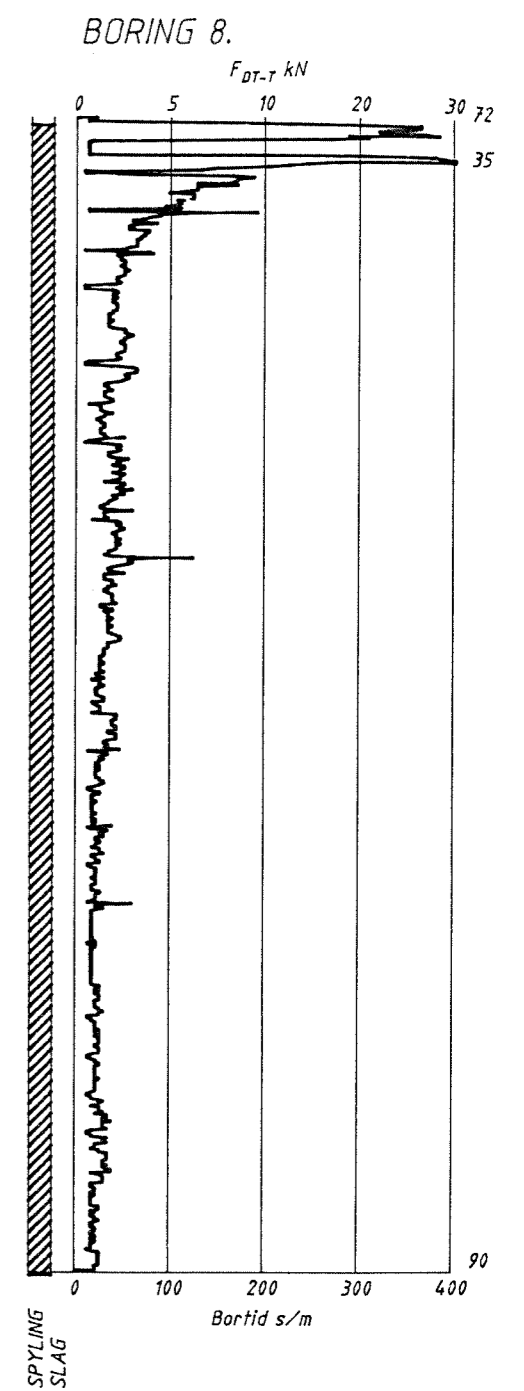
a) Totalsondering



b) Totalsondering, vannspying fra 20 til 30 meters dybde.



c) Totalsondering, vannspying fra 10 til 30 meters dybde.

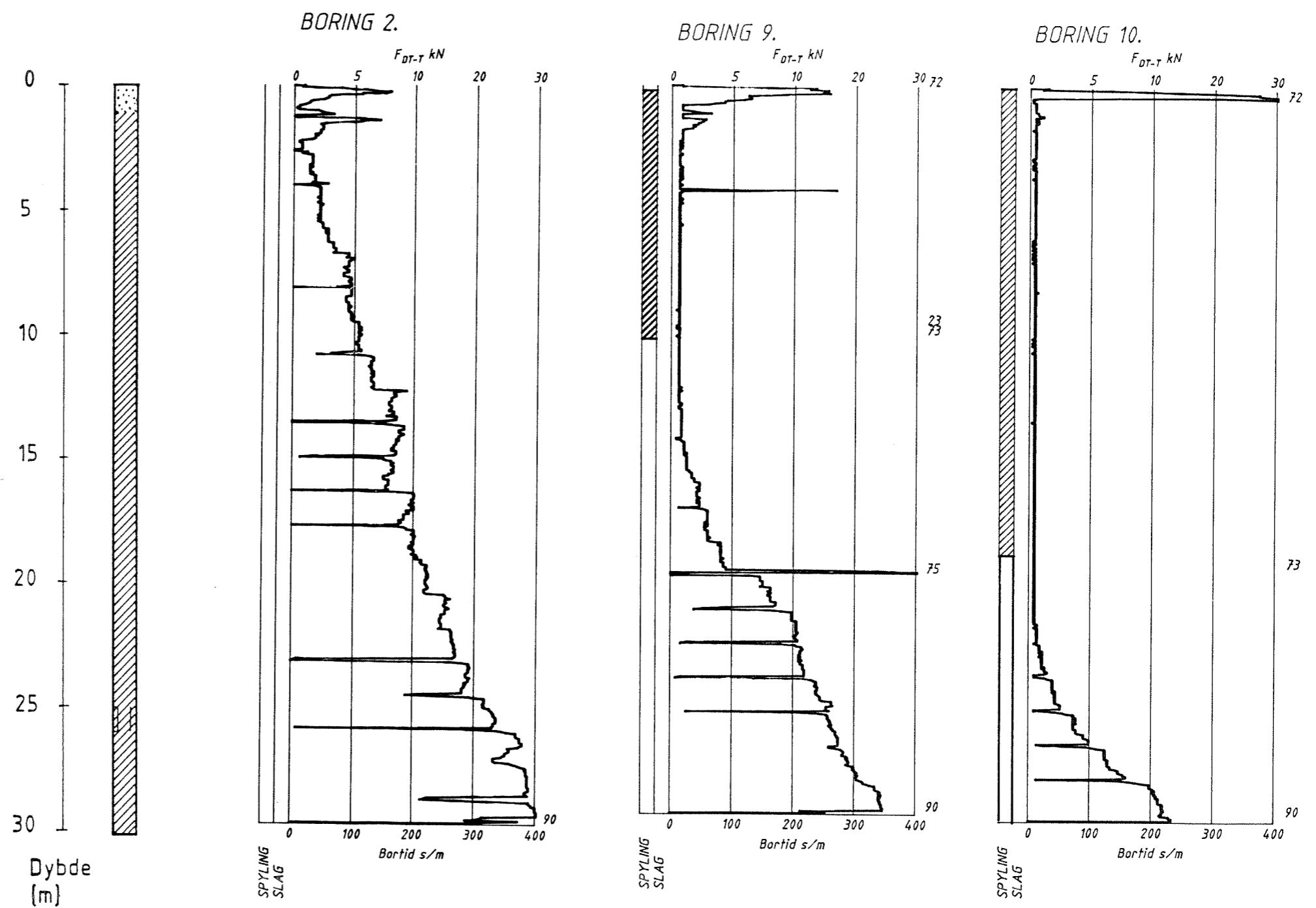


d) Totalsondering, vannspying hele veien.

**Totalsonderinger.**

**Lademoen, Trondheim.**

**Bilag 42**



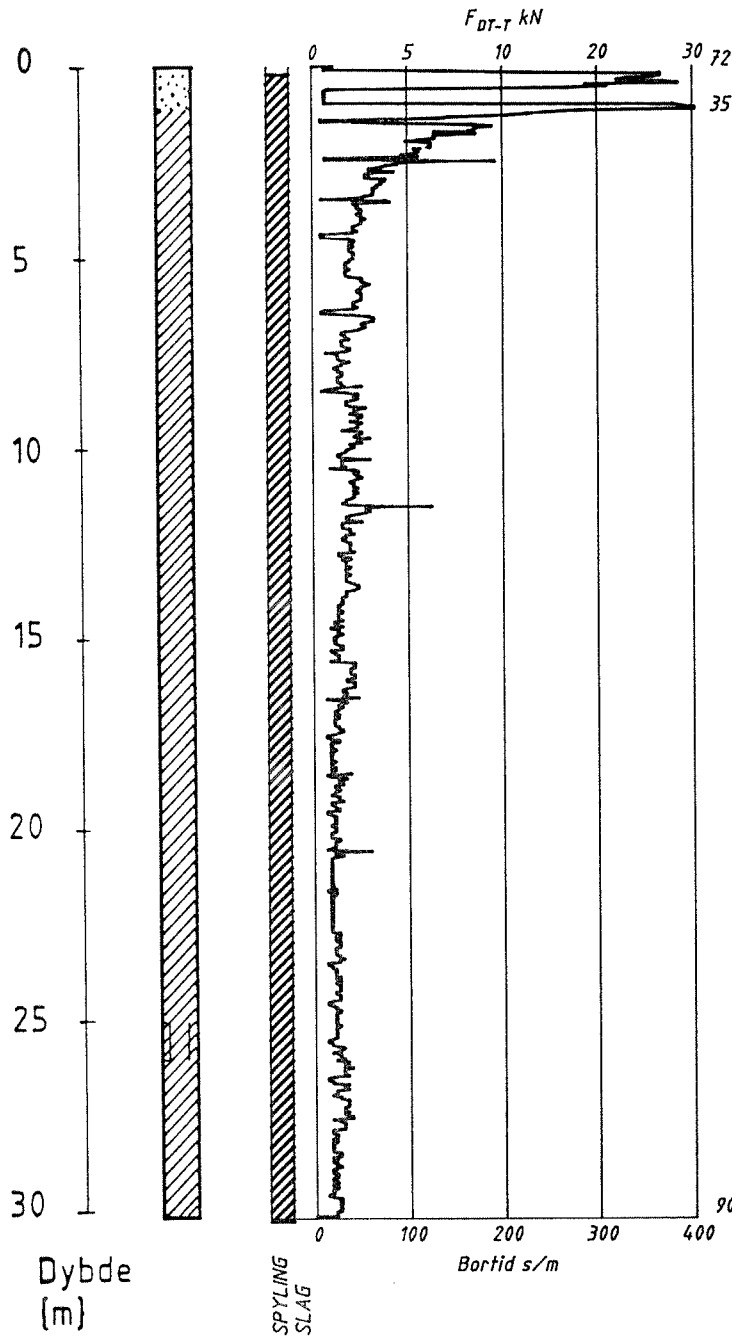
a) Totalsondering

b) Totalsondering, vannspyling fra 0 til 10 meters dybde.

c) Totalsondering, vannspyling fra 0 til 20 meters dybde.

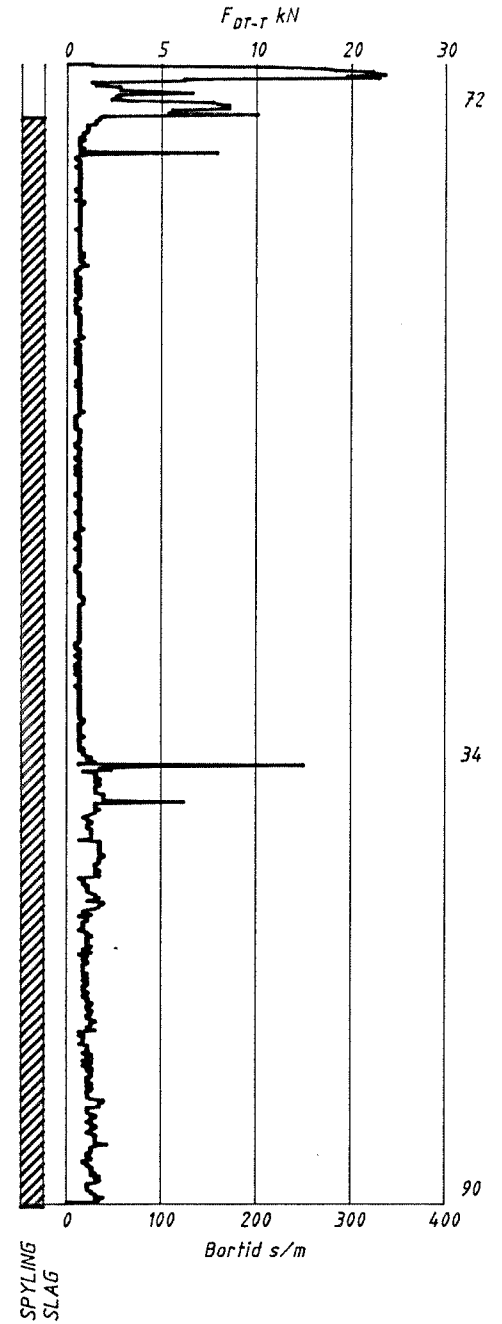
<p><b>Totalsonderinger.</b></p> <p><b>Lademoen, Trondheim.</b></p>	
	<p><b>Bilag 43</b></p>

BORING 8.



a) Totalsondering, vann-spyling hele veien. Standardpumpe benyttet (55 liter/min, 30 bar).

BORING 12.



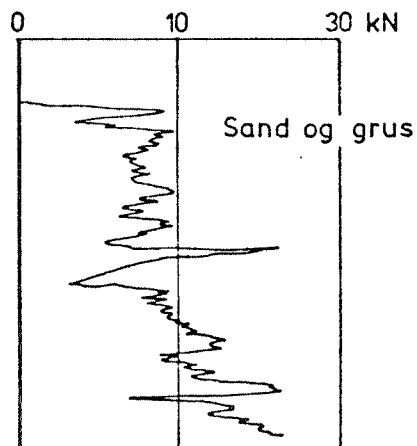
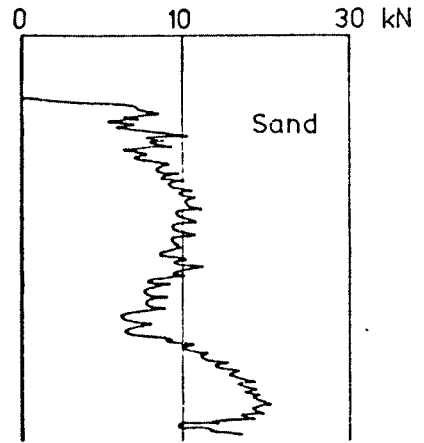
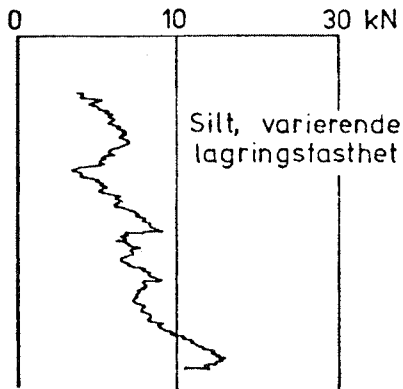
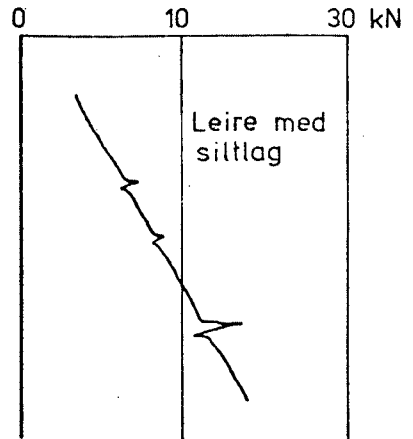
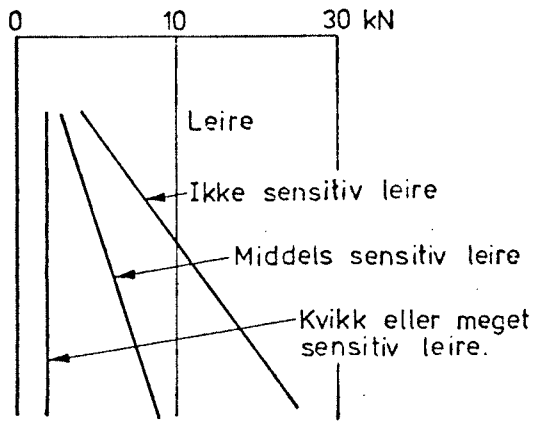
b) Totalsondering, vann-spyling hele veien. Litenpumpe benyttet (45 liter/min, 9 bar).

Totalsonderinger.

Lademoen, Trondheim.

Bilag 44





**Identifisering av ulike massetyper. Erfaringsgrunnlag fra dreietrykksonderingsresultater. (Hentet fra [3]).**

**Bilag 45**