



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.





R48:1989

EGENSKAPER HOS INSPOLAD SANDFYLLNING

Jan Molin  
Jan Hartlén  
Gösta Ericson

Denna rapport hänför sig till forsknings-  
anslag 870942-0 från Statens råd för  
byggnadsforskning till VBB AB, Malmö

## REFERAT

I samband med förändringen av Kockums varvsområde i Malmö till industriområde för Saab Scania's nya bilfabrik har ny industrimark skapats genom igenfyllning av en tidigare hamnbassäng. Fyllningen utfördes genom inspolning av sand från Öresund. Syftet med detta projekt var att klargöra egenskaperna hos en hydrauliskt inspolad sandfyllning.

Undersökningen har visat att den använda fyllningsmetoden givit en fyllning som är homogen i plan men har varierande fasthet i vertikalled. Ovan vattenytan är den medelfast lagrad och under löst lagrad såvida packning ej utförs.

Ytpackning med 15 tons vibrovält ökar fyllningens fasthet ner till 4 m djup.

Viktsondering och spetstrycksondering visar god överensstämmelse vad beträffar fasthetsvariationen i fyllningen medan pressometermätning varit vanskelig att utföra i den aktuella sandfyllningen.

I Byggnadsforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R48:1989

ISBN 91-540-5033-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1989

## INNEHÅLL

### FÖRORD

1	INLEDNING.....	7
2	SYFTE.....	9
3	UTFÖRANDE AV FYLLNINGEN.....	9
3.1	Omfattning.....	9
3.2	Byggnadstekniskt utförande.....	9
4	FÖRSÖKSPROGRAM.....	13
4.1	Allmän bakgrund.....	13
4.2	Tidplan.....	16
4.3	Viktsondering (Vim).....	17
4.4	Spetstrycksondering (CPT).....	18
4.5	Pressometerförsök.....	19
4.6	Fallviktsförsök.....	21
4.7	Sättningsmätning.....	23
5	JÄMFÖRELSE MELLAN OLIKA UNDERSÖK- NINGSMETODER.....	27
5.1	Fasthet före packning.....	27
5.2	Fasthet efter packning.....	34
6	FYLLNINGENS EGENSKAPER.....	37
6.1	Fasthetsvariationer i plan och djup... ..	37
6.2	Lagringstäthet i opackad fyllning.....	37
6.3	Fasthetstillväxt i tiden.....	39
6.4	Sättningssegenskaper.....	40
6.5	Effekt av packning.....	42
7	SLUTSATSER.....	43
	LITTERATUR.....	44
	BILAGA 1: RESULTAT FRÅN VIKTSONDERING.....	45
	BILAGA 2: RESULTAT FRÅN SPETSTRYCKSON- DERING.....	55



## FÖRORD

I samband med att delar av Kockums varvsområde i Malmö omvandlas till ny bilfabrik för SAAB-SCANIA AB har utfyllnad av en befintlig varvsbassäng utförts genom inspolning av sand hämtad från Öresunds botten. Entreprenör för dessa arbeten har varit PEAB, Malmö.

Som komplement till sedvanlig utförandekontroll av fyllningsarbetena har en fördjupad undersökning av fyllningens egenskaper utförts inom en del av fyllningsytan. Undersökningen har genomförts gemensamt av

- Statens geotekniska institut, SGI, Linköping
- VBB, Malmö (beställarens konsult)
- Jacobson & Widmark, Malmö (entreprenörens konsult).

Av de utförda fältundersökningarna svarar SGI för sättningsmätningar och fallviktsprovningar, VBB för viktsonderingar och J&W för spetstryckssonderingar och pressometermätningar. Informationsavdelningen vid SGI har svarat för framställningen av rapporten.

Projektet har möjliggjorts genom anslag från Statens råd för byggnadsforskning, SAAB-SCANIA och PEAB samt genom bidrag från de i utredningsgruppen deltagande företagen.

Linköping och Malmö i januari 1989

Gösta Ericson

Jan Hartlén

Jan Molin





## 1 INLEDNING

I samband med nedläggningen av huvuddelen av Kockums varv i Malmö delades industriområdet i tre delar. En av dessa övertogs av SAAB-SCANIA AB, medan de två andra förvärvades av Utvecklings AB Kranen respektive Kockums Marine AB.

SAAB-SCANIA avser använda sin del av området för en ny bilfabrik med utbyggnad i två etapper. I den första byggs en sammansättningsfabrik för personbilar jämte provbana och erforderliga uppställningsområden för nya bilar. I den andra etappen planeras en karosserifabrik och ett måleri.

Etapp 1 av bilfabriken skall stå färdig i augusti 1989, medan etapp 2 planeras till någon gång under 1990-talet.

Sammansättningsfabriken i etapp 1 kommer efter en genomgripande ombyggnad att inrymmas i en befintlig hallbyggnad. Även för övriga verksamheter i etapp 1 kommer i huvudsak befintliga byggnader och anläggningar att kunna användas.

För att skapa erforderliga markytor för provbana, uppställningsytor och utrymme för utbyggnad av fabriksanläggningarna i etapp 2 beslöts att utfyllnad av den befintliga Norra Varvsbassängen skulle utföras. Härigenom skapades en ny markyta med en areal på ca 315 000 m<sup>2</sup>, se figur 1.

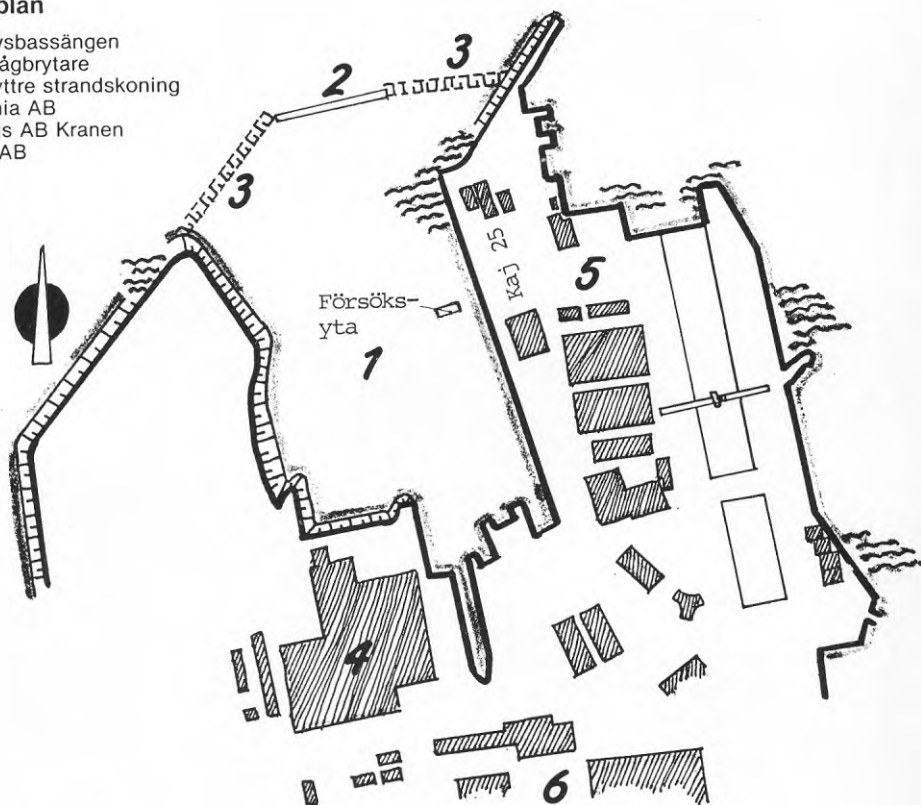
Kraven på den nya ytan var att den utan grundförstärkning skulle ha tillräcklig bärlighet för provbana, uppställningsytor för personbilar och för körvägar inom området. Dessutom var det en fördel om framtida byggnader i så hög utsträckning som möjligt kunde grundläggas utan grundförstärkning. Det sistnämnda kravet var dock sekundärt och fick vid val av utfyllnadsalternativ ej leda till ett generellt fördyrat utförande med hänsyn till den rådande osäkerheten om utformning och placering av framtida anläggningar.

Efter anbudsförfarande antogs PEAB Entreprenad AB som huvudentreprenör för utfyllnadsarbetena. PEABs förslag innebar att utfyllnad skulle ske med inspolad sand hämtad från Öresunds botten. Sanden togs upp med sandsugare och transporterades till Kockumsområdet, där materialet pumpades ut.

Utfyllnaden erbjöd ett unikt tillfälle att i verkligheten studera hydrauliska fyllningars egenskaper. Som komplement till den sedvanliga utförandekontrollen har därför en fördjupad undersökning av fyllningens egenskaper utförts inom en del av fyllningsytan. Dessa undersökningar redovisas i denna rapport.

### Situationsplan

1. Norra Varvsbassängen
2. Befintlig vågbrytare
3. Planerad yttre strandskoning
4. Saab-Scania AB
5. Utvecklings AB Kranen
6. Kockums AB



Figur 1. Situationsplan över Kockumsområdet. Norra Varvsbassängen (1) har utfyllts med sand.

## 2 SYFTE

Syftet med undersökningen var att klargöra egenskaperna hos en hydrauliskt inspolad sandfyllning.

För den aktuella fyllningstypen studerades:

- homogenitet
- hållfasthets- och sättningstillväxt i tiden
- lämpliga undersökningsmetoder.

Inspolning av stora volymer sand är ofta aktuell vid hamnutbyggnader såväl inom Sverige som utomlands. Ett viktigt syfte med den genom denna undersökning utförda dokumentationen är därför att redovisa ett referensobjekt till nytta för svensk hamn- och markbyggnadsexport.

## 3 UTFÖRANDE AV FYLLNINGEN

### 3.1 Omfattning

Den hamnbassäng som skulle fyllas ut hade en yta av ca 315 000 m<sup>2</sup>. Vattendjupet varierade mellan 7 och 10 m med ett medeljäp på ca 7,6 m. Sandfyllningen utfördes upp till nivån ca +2,25 m och medeltjockleken blev således ca 10 m. Den totala fyllningsvolymen var drygt 3 miljoner m<sup>3</sup> sand.

På sandfyllningen påfördes ett 0,25 m tjockt lager av bärlagergrus för att ge ytan en viss bärighet och för att ge den ett skydd mot vinderosion. Mot Öresund utfördes ett våg- och erosionsskydd av sten och block utlagt på geotextil.

### 3.2 Byggnadstekniskt utförande

Utfyllnaden utfördes med sand som hämtades från den danska sidan av Öresund i Köge bukt. Sanden sögs upp från botten med sandsugningsfartyg och transporterades till utfyllnadsplatsen.

Tömning av fartygen skedde genom att sanden spolades ut över stäv med fartygens egen spoluströmning, se figur 2. I vissa fall skedde tömning också genom botten tömning. Fyllningen utfördes med början i bassängens inre del. Det största fartyget förmådde kasta den sandblandade vattenstrålen i en mäktig båge ca 50-70 m från fartyget, medan de mindre fartygen endast nådde ca 10-15 m från stäven med strålen. Fyllningen utbildades sålunda med en naturlig slänt som successivt försköts bakåt och ut mot havet. Släntens lutning under vattenytan blev 1:5 å 1:7 och över vattenytan väsentligt flackare. På detta sätt utfördes fyllningen i ett lager upp till nivån ca +1,0 m.



Stort sandsug-  
ningsfartyg



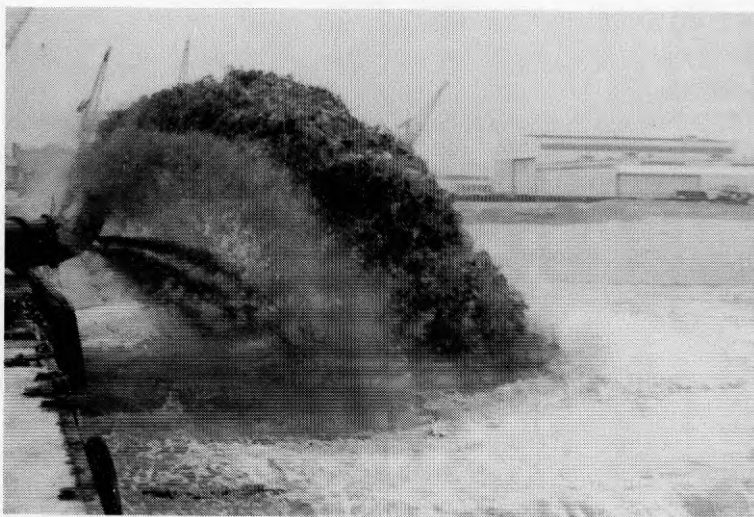
Mindre sand-  
sugningsfartyg

Figur 2. Utspolning av sand över stäv.

Då det på botten i varvsbassängen fanns en viss mängd delvis starkt förorenat slam (främst silt) som överlagrade den fasta botten, täcktes detta slamlager först med ett tunt sandlager för att hindra uppgrumling, innan den egentliga utfyllnaden påbörjades. Genom regelbunden provtagning på vattnet utanför hamnbassängen, utförd av SMHI, kunde konstateras att någon spridning av förorenat slam eller besvärande grumling av vattnet ej skedde under fyllningsarbetena och att den valda arbetsmetoden var framgångsrik även ur denna aspekt.

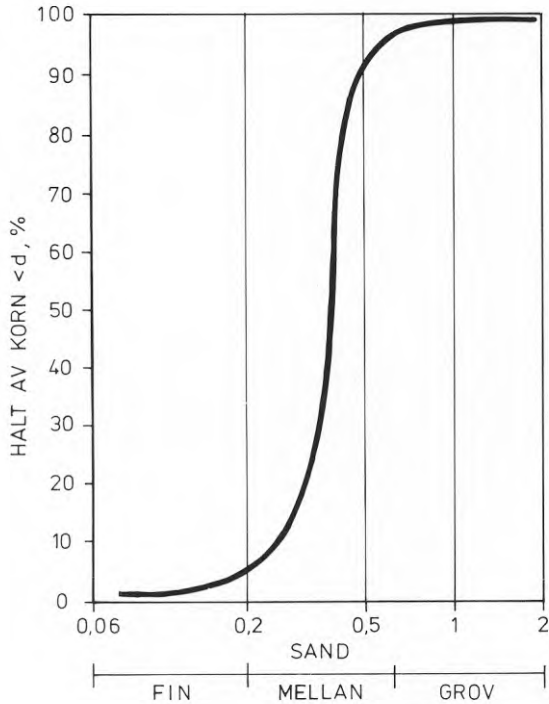
Utfyllningen ovan nivå ca +1,0 m utfördes genom spolning av sand och vatten genom stålrör, se figur 3, som lades ut från en kaj utanför utfyllnadsområdet, där fartygen kunde lägga till. Rören byggdes på efterhand och hela området kunde på så sätt fyllas upp till stipulerad nivå.

Efter avjämning av sandytan med bandtraktor packades den genom 3 överfarter med en 15 tons vibrovält. Inom stråk för gator med tung trafik och stråk för viktiga ledningar utfördes 6 överfarter. Efter packning justerades ytan ånyo med bandtraktor till färdig nivå ca +2,25 m.



Figur 3. Utspolningsplym vid rörmykning.

Fyllningen består av marin sand med siktkurva enligt figur 4. Lokala skikt av grus och sten förekommer dock och dessa uppstod då sandsugning vid några tillfällen utfördes utan föreskrivet galler i sugröret.



Figur 4. Typisk siktkurva för fyllningsmaterialet.

## 4 FÖRSÖKSPROGRAM

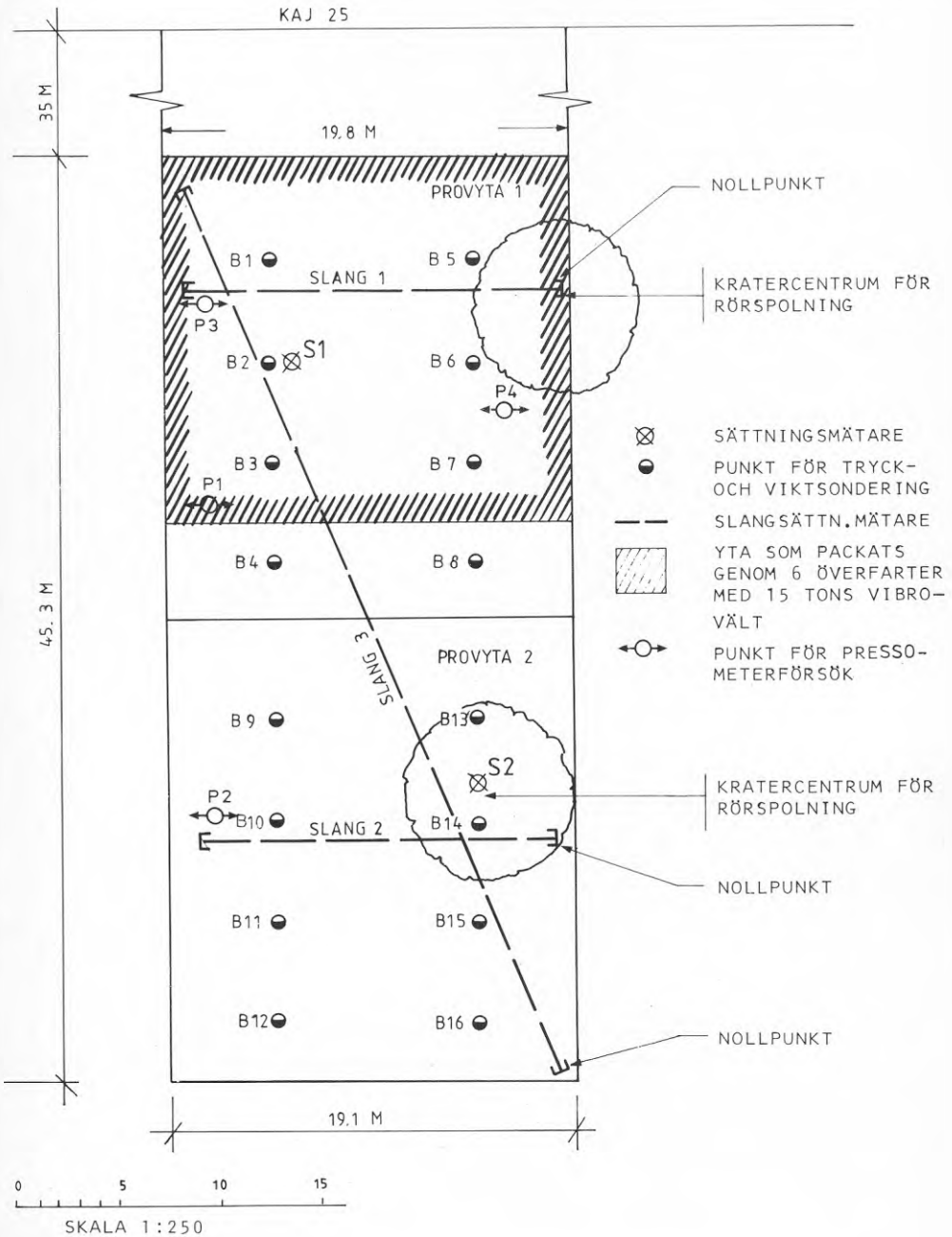
## 4.1 Allmän bakgrund

Försöksytan, ca 20x45 m<sup>2</sup>, valdes inom den östra delen av inspolningsområdet ca 35 m från tidigare kaj 25, se figur 5. Vid inspolningen utbildades en smärre krater vid varje inspolningspunkt, figur 6. Ytan placerades så att två inspolningspunkter från rörinspolningen av den övre delen av fyllningen hamnade inom dess gränser. Därigenom kunde inverkan av inspolningspunkternas lägen studeras.

Provytan terrasserades med bandtraktor Caterpillar typ D9 (egenvikt 43 ton) till nivån +2,25 m. Vid terrassereringen skedde ca tre överfarter med bandtraktorn. Någon ytterligare packning av ytan utfördes inte i detta skede.

Provytan indelades i två lika delar, varav den ena delytan (delyta 1) senare packades genom 6 överfarter med 15 tons vibrovält. Därigenom kunde effekten av packning studeras.

Provytan var uppfylld och nivåjusterad 1987-11-28, varefter installation av sättningsmätare och slang-sättningsmätare utfördes efterföljande vecka. Provingar och mätningar utfördes under december 1987 och januari 1988.



Figur 5. Provytans utformning samt placering av instrument och provpunkter.





Figur 6. Krater vid inspolningspunkt för rörledning.

Följande frågeställningar studerades i projektet:

a. Fyllningens homogenitet i plan och profil

Genom att spola in fyllningen från båtar så kom inspolningspunkten att successivt flyttas på ett oregelmässigt sätt. Vid strålens landningspunkt bildades en krater och samtidigt skedde en viss materialseparation genom att det finkornigare materialet flöt längre bort. Där strålen träffade fyllningen kunde även en viss packning av underliggande fyllning tänkas ske. Denna effekt torde även ha varit liten i samband med den senare rörinspolningen utanför rörmyningen.

Genom undersökningar på olika avstånd från inspolningspunkterna för det övre fyllningslagret studerades homogeniteten såväl i plan som i profil.

b. Hållfasthets- och sättningstillväxt i tiden

I och med att någon packning ej utfördes förrän fyllningen nått väl över vattenytan inställde sig frågan om fyllningens stabilitet. Litteraturuppgifter visar att den relativa lagringstätheten ofta blir låg i inspolad sand, motsvarande 40-55%. Detta innebär att fyllningen kan vara känslig för dynamisk påverkan.

Lagringstätheten studerades med viktsondering, spets-trycksondering och pressometerförsök. Tillväxten i fasthet med tiden var väsentlig att klargöra. Sättningarna följdes upp genom mätning i slangar och markpeglar.

Fyllningens känslighet för dynamisk påverkan bestämdes med fallviktsförsök. Stötförloppet registrerades med accelerometer. Härur kunde en last-sättningskurva beräknas. Försöken gav även svar på effekten av fallviktspackning.

### c. Undersökningsmetoder

Undersökning av relativt löst lagrad fiktionsjords egenskaper försvåras av att det i det närmaste är omöjligt att ta ostörda prover. Istället måste olika in-situ metoder användas. I undersökningen användes följande statistiska metoder: viktsond, pressometer och spetsstrycksond kombinerad med portryckmätning. Som komplement användes resultaten från fallviktsförsöken enligt punkt b ovan.

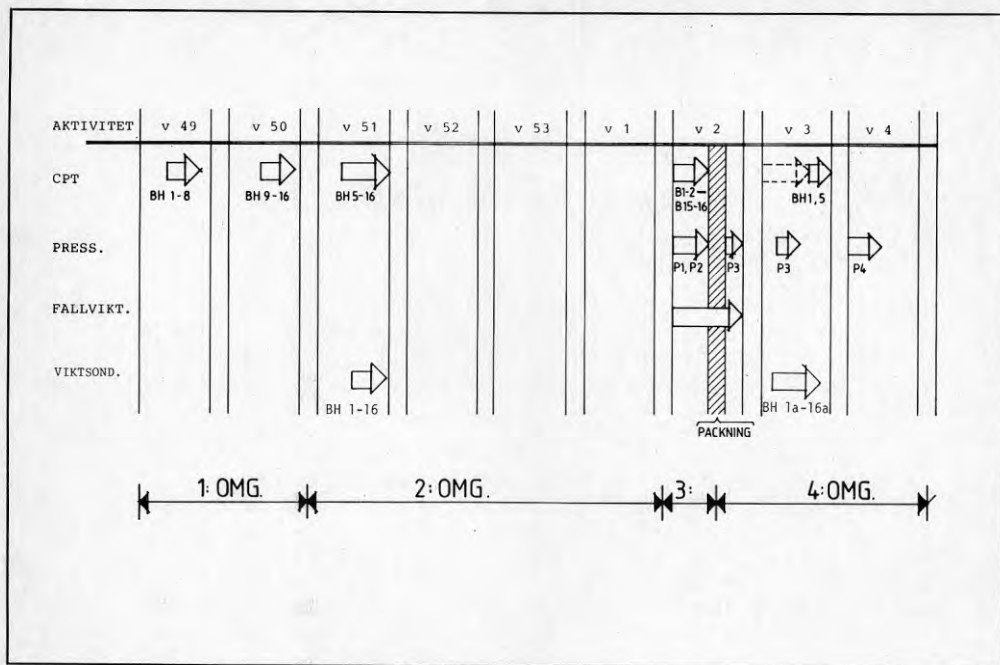
Omfattningen av fältprovningarna framgår av figur 5.

#### 4.2 Tidplan

Fältundersökningarna genomfördes vid fyra olika tillfällen, se figur 7. Orsaken härtill var dels att studera förändringarna med tiden (hållfasthet och sättningar), dels effekten av packning. Trycksondering utfördes direkt efter inspolning (1:a omgången) samt ca 2 veckor (2:a omg.) och 6 veckor (3:e omg) efter inspolning. Viktsondering utfördes ca 2 veckor efter inspolning (2:a omg) och pressometer- och fallviktsförsök alldeles före packning (3:e omg).

Alldeles efter det packning utförts inom cirka halva provytan utfördes en ny provningsomgång (4:e omg). Samtliga försökstyper utfördes då.

Under hela perioden följdes sättningarna genom avvägning av pglar och uppföljning med slang-sättningsmätare i nedgrävda slangar.



Figur 7. Tidplan som redovisar olika undersöknings-tillfällen.

#### 4.3 Viktsondering (Vim)

Viktsondering är en av de äldsta och fortfarande mest använda sonderingsmetoden i Sverige. Metoden är standardiserad och välbekant för alla geotekniker. Dess stora fördel är att den är enkel att utföra och utförs med en robust utrustning.

Från att ursprungligen ha varit helt manuell utförs numera viktsonderingen helt eller delvis maskinellt. I det förra fallet görs sonderingen med borravagns- eller traktormonterad utrustning som både belastar och roterar sondstången. Vid delvis maskinell sondering utförs rotationen med hjälp av vridmotor, medan belastningen görs manuellt med vikter.

Metoden består i att en sondstång med standardiserad vriden spets stegvis belastas upp till 1,0 kN och den lägsta last som erfordras för sjunkning anges. Om sjunkning ej erhålls med belastningen 1,0 kN roteras stången och antalet halvvarv per 20 cm sjunkning registreras.

Redovisningen av viktsonderingsresultaten sker i diagramform, se bilaga 1.

En av svagheterna med viktsonderingsmetoden är att fastheten hos lösa lager med ovanförliggande fasta lager ofta överskattas på grund av mantelfriktion i de övre lagren.

Viktsonderingsresultat används ofta som underlag för bedömning av relativa fastheten och därmed bärighetsegenskaperna hos jordlagren och ger också en grov indikation på sättningsegenskaperna - framför allt hos friktionsjord.

Viktsonderingen har utförts för att för den aktuella typen av utfyllning belysa korrelationen mellan denna normalt använda sonderingsmetod och de mer kvalificerade metoderna spetstrycksondering och pressometermätning.

I denna undersökning har maskinell viktsondering utförts med traktormonterad utrustning. Sondering utfördes vid två tillfällen, vid försöksperiodens början före packning samt vid försöksperiodens slut efter packning av halva försöksytan. Resultatet av samtliga utförda viktsonderingar redovisas i bilaga 1. Borrhålen 1 till 16 utfördes före packning, medan borrhålen 1A till 16A utfördes efter packning.

#### 4.4 Spetstrycksondering (CPT)

Spetstrycksonderingen utfördes med Geotech's 3-kanals CPT-utrustning, med samtidig registrering av spetstryck, mantelfriktion och genererat portryck. CPT-systemet utgörs av skrivare, sond, mikrofon och pulsgivare.

Sonden består av en konisk spets med 60° spetsvinkel som förlängs uppåt med ett rör med samma diameter, 36 mm. Alldeles ovanför konen finns en friktionshylsa, med längden 134 mm, för mätning av det lokala mantelmoståndet. Mellan kon och friktionshylsa finns ett tunt filter för mätning av det portryck som genereras vid neddrivning av sonden. Med ovan nämnda mått är spetsarean 10 cm<sup>2</sup> och mantelytan 150 cm<sup>2</sup>.

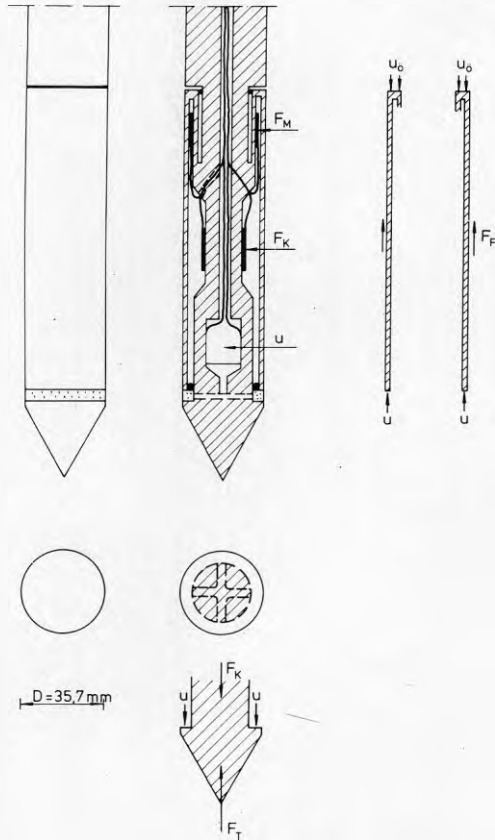
Spetsmotstånd, mantelfriktion och portryck mäts med elektriska givare. Mätvärdena omvandlas till ljudsignaler som sänds vidare genom sondstängerna upp till mikrofonen, och därifrån till skrivaren. En automatisk djupmätare är också kopplad till skrivaren. Systemet för spetstrycksondering visas i figur 8.

På skrivaren kan man få mätvärdena registrerade direkt i fält och lagrade på en minneskasset, för senare uppritning, tolkning och databehandling.

Neddrivningen utfördes med Geotech's borr-bandvagn 1000. Bandvagnen förankras framtill med en jordskruv, och har en maximal tryckkraft på 20 kN (2 ton).

De sista sonderingarna, efter avslutad packning, fick utföras med en traktor, då den översta fast lagrade sanden ej gick att penetrera med den lättare bandvagnen. Standardiserad neddrivningshastighet för sonden är 20 mm/s.

Resultaten från samtliga utförda trycksonderingar redovisas i bilaga 2.

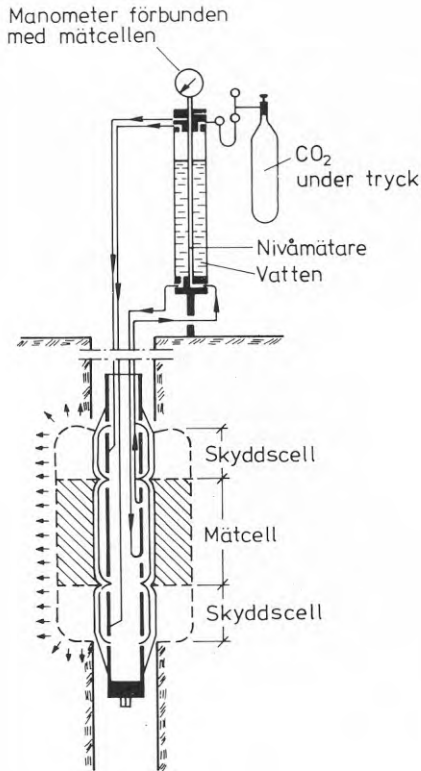


Figur 8. System för spetstrycksondering.

#### 4.5 Pressometerförsök

Pressometerförsöken utfördes med en pressometer typ Menard "GA" med en mätcell  $\varnothing 60$  försedd med yttre membran av stålfolie, "metallic membrane".

Pressometern består av en provkropp (sond) och mätutrustning som består av gasbehållare, vattenbehållare, manometrar och slangar, figur 9.



Figur 9. Pressometer typ Menard

Sonden består av en mätcell av gummi, som expanderas med vattentryck, och två skyddsceller över och under mätcellen. Skyddscellerna expanderas med gastryck så att man erhåller en cylindrisk expansion av mätcellen (cylindriskt spänningstillstånd). Sonden var som ovan nämnts också försedd med stålfolie för att skydda gummimembranet under neddrivning och expansion.

Provningsen utfördes i förborrade hål som stabiliserats med bentonit. SGI's bentonitskruv användes. Borrning och mätning utfördes efter varandra, så att borrhålet aldrig var djupare än nivån för mätningen.

Före mätningarna kalibrerades och täthetskontrollerades sonden. Täthetskontrollen utfördes i ett vattenfyllt stålrör, där sonden trycktes till 3 MPa.

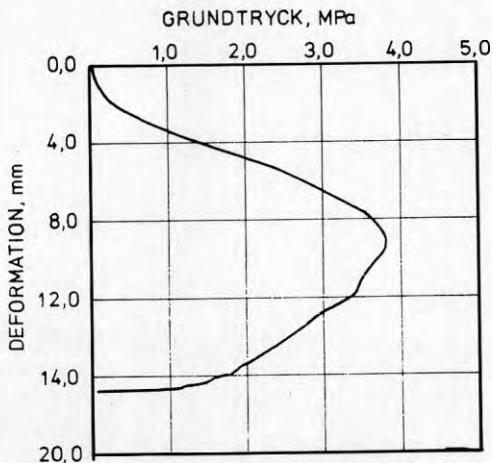
Resultaten redovisas i bilaga 3.

## 4.6 Fallviktsförsök

Fallviktsförsök för bestämning av jords egenskaper är en relativt oprövad metod. I Sverige utfördes en del forskningsarbete i slutet av 60-talet. Metoden har på senare tid tillämpats vid några enstaka tillfällen. Det är först i början av 80-talet som elektronik och datorer har utvecklats så att ett rationellt provningsförfarande kan ske. Detta mycket tack vare utvecklingen inom pålningområdet, där snarlika frågeställningar studeras. SGI utprovade metoden i samband med fyllningsarbeten med kalksten i Malmö hamn.

Försöken utfördes på sandfyllningen så att två olika fallvikter (720 kg resp 3400 kg) med diametern 495 mm respektive 1000 mm släpptes från olika höjd. Som lyftredskap användes en större grävmaskin. Själva släppet av vikten utfördes med hjälp av en typ av bombfällningsmekanism, som kan utlösas av en person på lämpligt avstånd från släppvikten. Vid nedslagningsögonblicket mättes acceleration i fallvikten. Fallvikten penetration i fyllningen bestämdes genom avvägning i 4 punkter på träffytan. För att erhålla en uppfattning om det dynamiska grundtrycket i förhållande till det statiska utfördes provningarna med olika fallhöjd.

Resultatet av ett fallviktsförsök är ett samband mellan dynamiska grundtryck och den penetration i testytan som fallvikten åstadkommer, se figur 10.



Figur 10. Resultat från fallviktsförsök (typkurva).

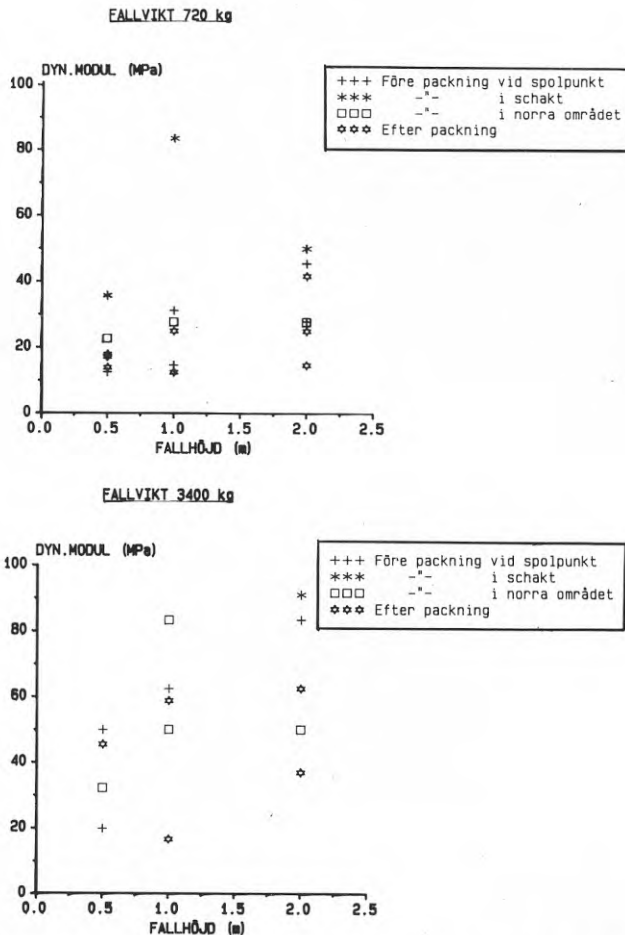
Grundtrycket beräknas utifrån accelerationen med hjälp av Newtons lag och penetrationen genom dubbelintegrering av accelerationen. Fyllningars dynamiska deformationsmodul utvärderas enligt Jaky's samband

$$M = \frac{\Delta q B}{2s}$$

där  $\Delta q$  = aktuellt grundtrycksintervall  
 B = fallviktens diameter  
 s = deformationen i spänningsintervallet  $\Delta q$ .

Utvärderade moduler från försöken med den mindre vikten redovisas i figur 11a och med den större vikten i figur 11b. Effekten av fallhöjd avschaktad yta och packning redovisas.

Man kan ej konstatera några entydiga samband av försöken, främst beroende av att fallvikten endast känner av fastheten till ett djup av 1 à 2 gånger fallviktens diameter. Fyllningen var även före packning fast ner till ungefär havsvattennivån, således inom fallviktens influensområde.

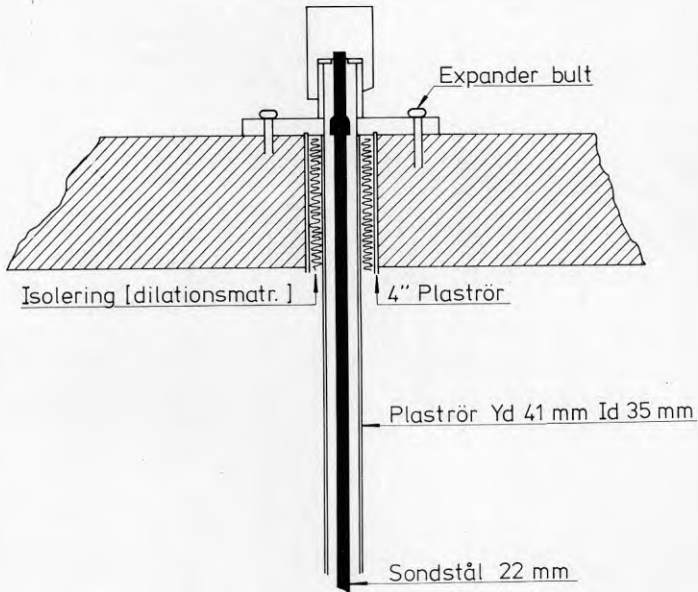


Figur 11. Utvärderade moduler från fallviktsförsök med vikterna 720 och 3400 kg.

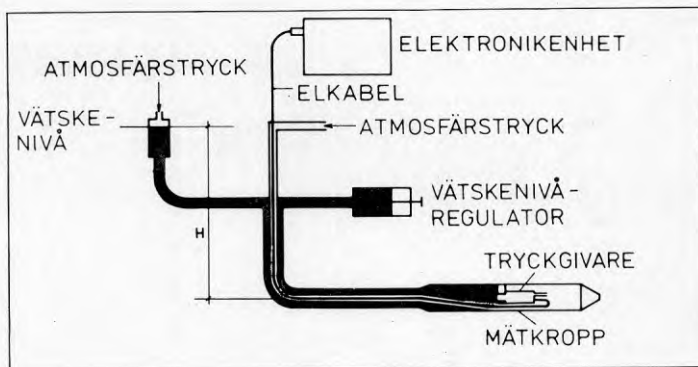


## 4.7 Sättningsmätning

Egensättningar och sättningar på grund av packningen följdes dels genom registrering med SGI:s sättningsmätare, figur 12, dels genom SGI:s slang-sättningsmätare, figur 13. Slangarna var lagda inom de två delytorna samt diagonalt genom provytan, se figur 5. Utanför provytan har PEAB följt sättningarna genom att avväga pglar.



Figur 12. SGI-sättningsmätare.



Figur 13. Sättningsmätare typ SGI.

Sättningarna i fyllningen följdes i två punkter (S1 och S2) med mätaren enligt figur 12. Figur 14 visar att sättningarna före packning uppgick till 2 à 3 mm med en tillväxthastighet av 0,05 à 0,08 mm/dag. I samband med packningen erhöles inom packningsytan en "momentan" rörelse på 7,3 mm (under 4 dagar). Det skall då noteras att packning ej kunde ske alldeles intill sättningsmätaren, varför registrerad rörelse är för liten. För mätpunkt S2 erhöles, trots att den låg ca 13 m utanför packningsområdet, en påverkan resulterande i en tillläggssättning på 2,9 mm och med en återgång därefter på ca 1 mm.

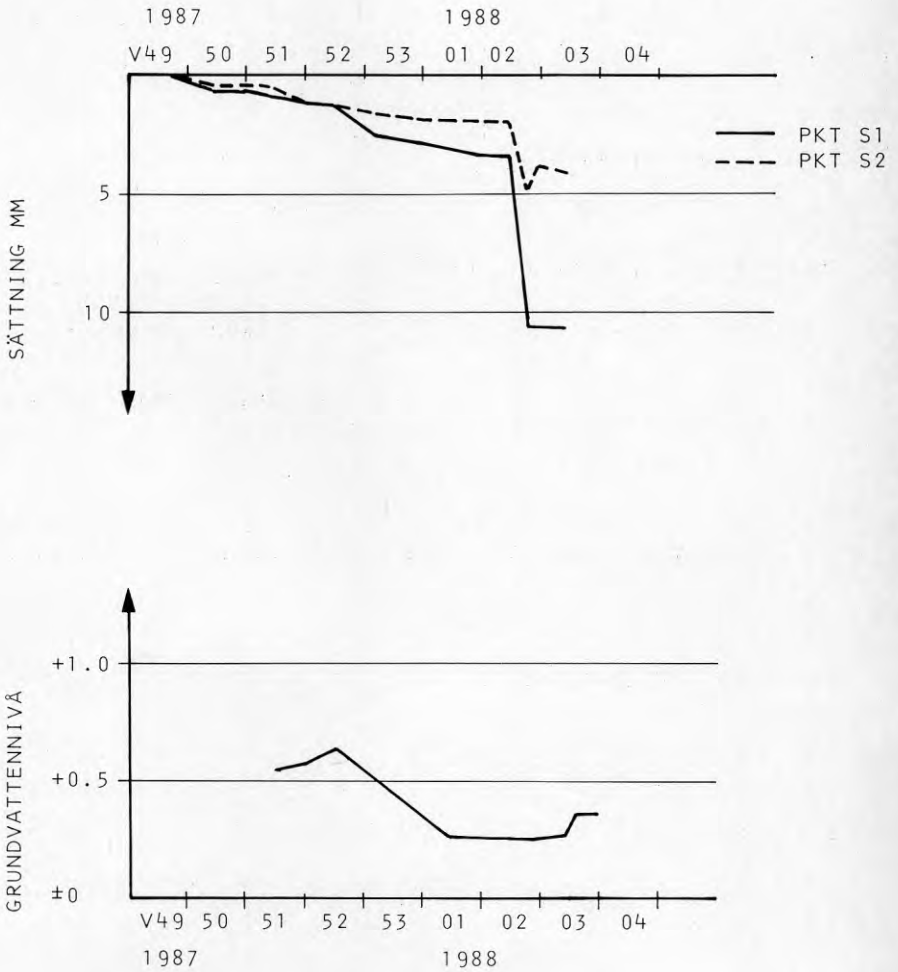
Avvägda punkter inom hela fyllningsområdet visade att sättningarna i princip avstannade efter ca 15 dygn. Medelsättningen för 15 punkter var 2,5 mm med en standardavvikelse på 1,2 mm. Detta motsvarar en variationskoefficient på 47%, vilket bör betraktas som ett förhållandevis litet värde med hänsyn till den "inhomogena" utfyllningsmetoden. Man kan också konstatera att medelsättningen på 2,5 mm stämmer väl med registerade sättningar i figur 14 för det fall packning ej utförts.

Tre slangar lades på 0,25 m djup inom ytan som ej skulle packas (slang 2) respektive som skulle packas (slang 1). Diagonalt genom båda områdena lades ytterligare en slang (slang 3). Placeringen framgår av figur 5.

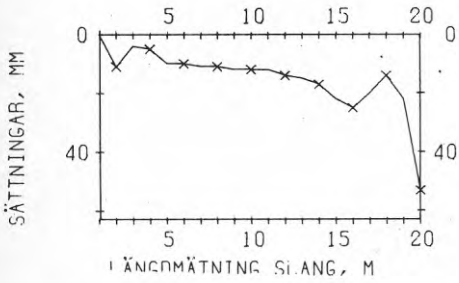
En jämförelse mellan figur 14 och 15 visar på en god överensstämmelse mellan mätning med SGI-sättningsmätaren användande sondstål och slang-sättningsmätaren. Detta anger att mätningarna är tillförlitliga.

Från slang-sättningsmätningarna finner man att sättningarna är mycket ojämna inom den packade ytan. De har blivit avsevärt mindre inom ytan där krater bildats vid inspolning, se figur 5. Inom kraterytan har små tillläggssättningar uppkommit av packningen (slang 1). Man skall då beakta att inspolningen i sig tidigare resulterat i en packning samt att schaktmaskiner flyttat bort överskottsmassor från den förhöjning som erhållits vid inspolningsrörets utlopp.

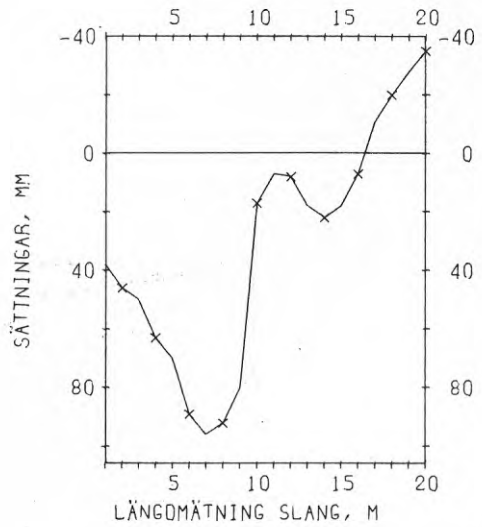
Vidare kan man av slang-sättningsmätningarna (slang 3) konstatera att packningen ej varit effektiv invid sättningsmätaren S1 (längdmätning ca 40 m). Anledningen var att välten ej skulle skada mätaren. Packningen resulterade som mest i drygt 90 mm sättning. Det skall då noteras att ytan redan tidigare packats.



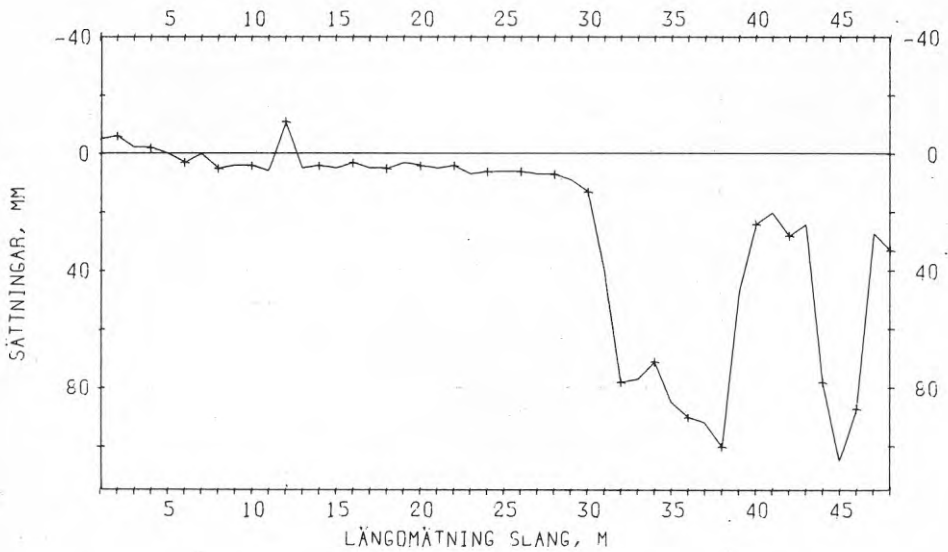
Figur 14. Sättningar registrerade i två punkter S1 och S2. Vidare redovisas grundvattenytans förändring under mätperioden (nedre figuren).



Opackad fyllning (slang 2)



Packad fyllning (slang 1)



Slang genom opackad och packad fyllning (slang 3).

Figur 15. Sättningar registrerade i slangar lagda på 0,25 m djup. Placering se figur 5. Mätperiod 871202-880126, motsvarande 55 dygn.

## 5. JÄMFÖRELSE MELLAN OLIKA UNDERSÖKNINGSMETODER

### 5.1 Fasthet före packning

Viktsonderingarna visar att fastheten är hög över vattenytan, ner till nivån ca +0. I flertalet fall är antal halvvarv per 0,2 m större än 100. Under havsvattenytan avtar successivt fastheten för att vara som lägst mellan nivåerna ca -1 m till ca -5 m.

En svårighet vid utvärderingen av de lösare zonernas fasthet vid viktsondering är att registrerat värde påverkas av ovanförliggande jordlager. Om ett övre lager har stor mäktighet och fasthet fås av stångfriktionen att en skenbart större fasthet registreras än den verkliga i underliggande jord.

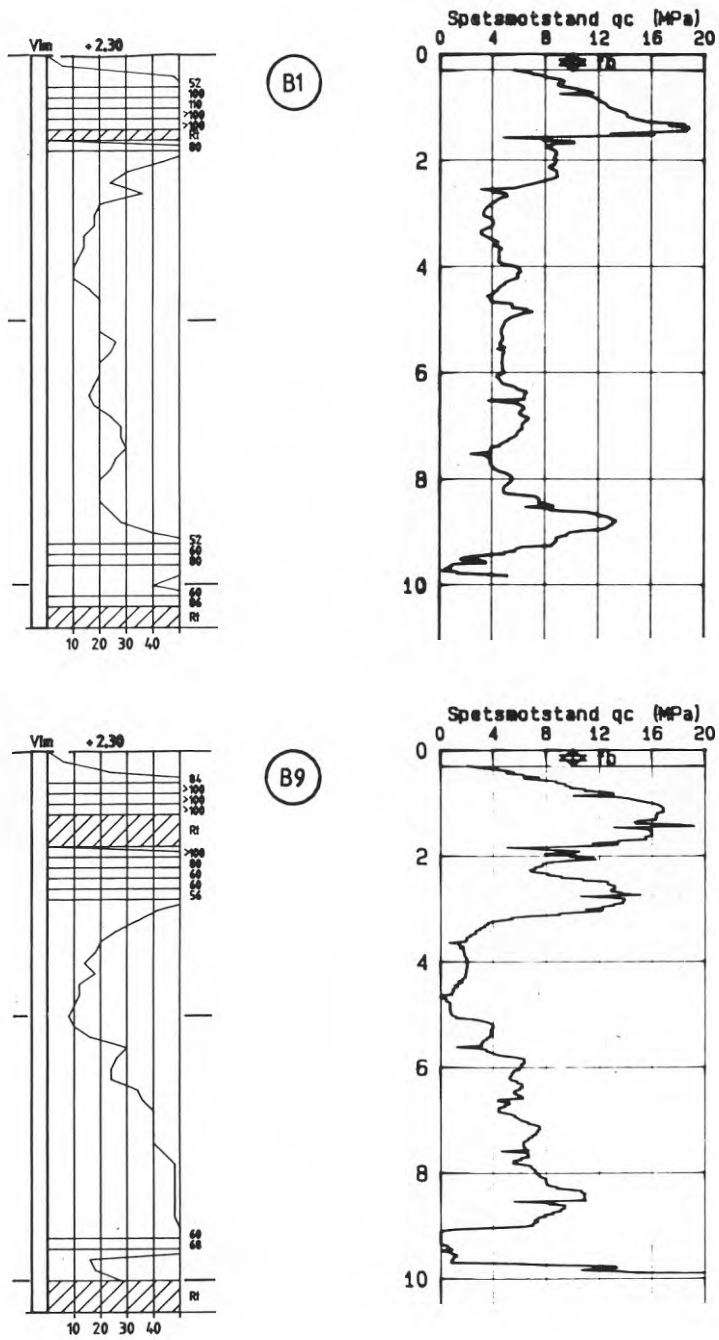
De lägsta sonderingsmotstånden uppmättes i borrhål B1, B2, B5, B9 och B10. I borrhål B2 erhöles i snitt ett motstånd på 10 halvvarv per 0,2 m mellan nivåerna -1,0 till -6,3 m och i borrhål B10 6 halvvarv mellan -1,0 till -1,5 m och ca 10 halvvarv mellan -3,0 till -4,7 m.

Vid spetsstrycksondering påverkas ej registrerat fasthetsvärde av friktionen längs sonderingsstålet, eftersom kraften registreras direkt i spetsen. Detta innebär samtidigt att en bättre upplösning erhålls. Samtidigt registreras portryck och mantelmotstånd för att ge en uppfattning om bl a jordart.

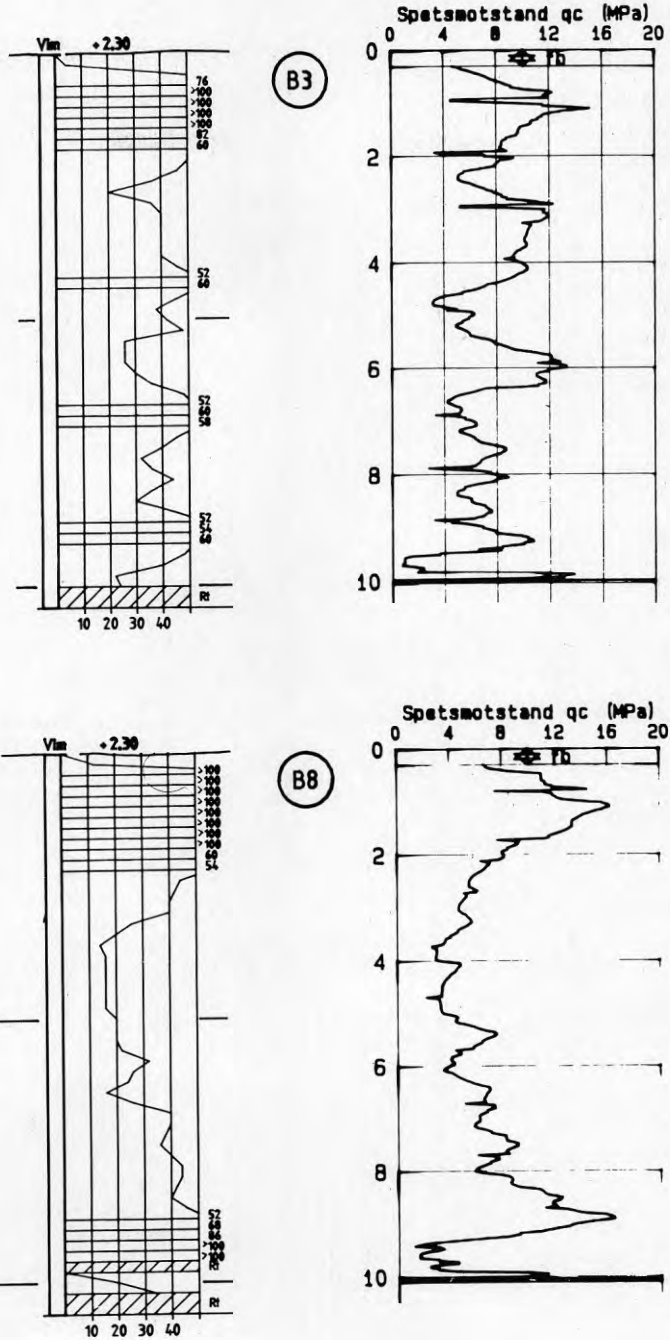
Vid trycksonderingarna har liksom vid viktsonderingarna lösare lagring konstaterats relativt godtyckligt fördelat över ytan. De lägsta spetsmotstånden (bortsett från vissa ytlager) var ca 2 MPa och då normalt på nivåerna ca -1 till -3 m.

I figur 16 redovisas resultaten från några borrhål med olika fasthet, både från viktsondering och trycksondering. Med beaktande av att sonderingarna ej gjorts i exakt samma punkt kan man konstatera en god överensstämmelse mellan de två sonderingsmetoderna. Variationen i fasthet uppvisar ofta mycket lika mönster.

Pressometerförsök utfördes invid borrhål B1 (P3), B3/B4 (P1), B6/B7 (P4) och B10 (P2). Hål P3 och P4 utfördes efter packning och behandlas senare. Även om försöken aldrig utförs i exakt samma punkt, har en sammanställning gjorts nedan avseende registrerad fasthet enligt viktsondering, trycksondering och pressometerförsök.



Figur 16. Sonderingsmotstånd registrerade vid vikt- och spetsstrycksomringning i opackad fyllning.



Figur 16. Sonderingsmotstånd registrerade vid vikt- och spetsstrycksondering i opackad fyllning. (forts)

Tabell 1. Resultat från pressometermätning, viktsondering och trycksondering

Nivå m	Em MPa	MPa	Vim hv/0,2 m	CPT q <sub>C</sub> , MPa
	P1		B3/b4	B3
+1,5	7,37	0,75	>100	7
+0,8	12,23	1,27	90	12
-0,7	5,02	0,91	50	4,5
-2,7	3,47	0,51	35	2,5
-4,7	1,79	0,54	45	4
-6,7	8,08	1,09	60	8
	P2		B10	B10
+1,5	8,80	0,72	>100	10
+0,8	3,49	-	>100	12
-0,7	0,97	0,32	12	1,5
-2,7	5,02	0,61	17	2
-4,7	1,07	0,34	15	9
-6,7	6,63	0,90	30	9

Ett samband kan konstateras mellan pressometermodul respektive flytgränstryck och sonderingsmotstånd, se figur 17. Det skall då inhållas att samband mellan elasticitetsmodul och sonderingsmotstånd alltid uppvisar spridning (se exvis Bergdahl & Eriksson, 1983). Vidare är det så att registrerad fasthet varierar mycket (ojämnt diagram), vilket gör det svårt att utvärdera ett visst värde på ett angivet djup. Figur 17 får därför ej användas för att definiera förhållandet mellan olika metoder, utan visar endast att ett visst samband finns mellan metoderna.

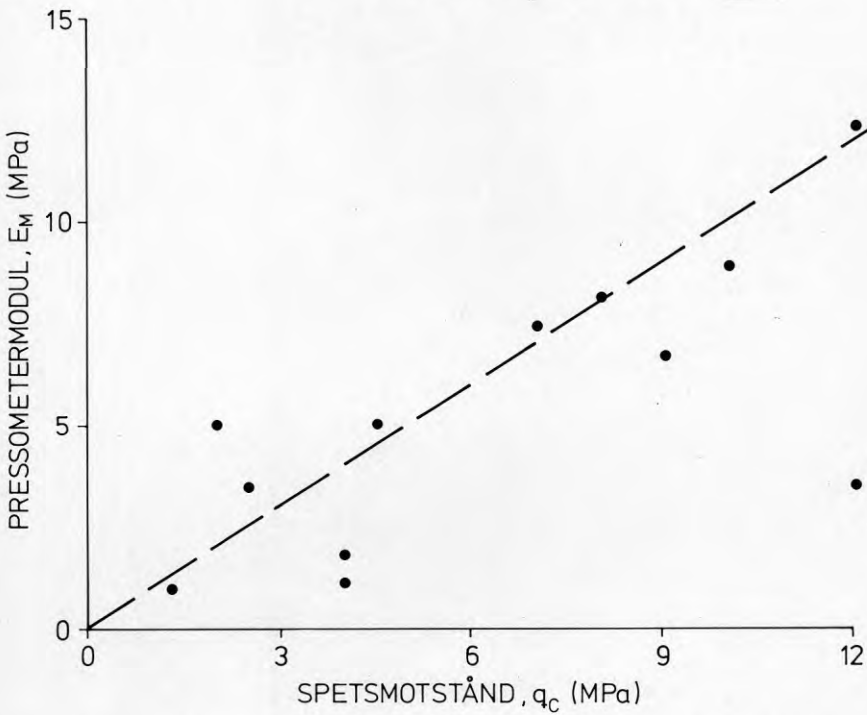
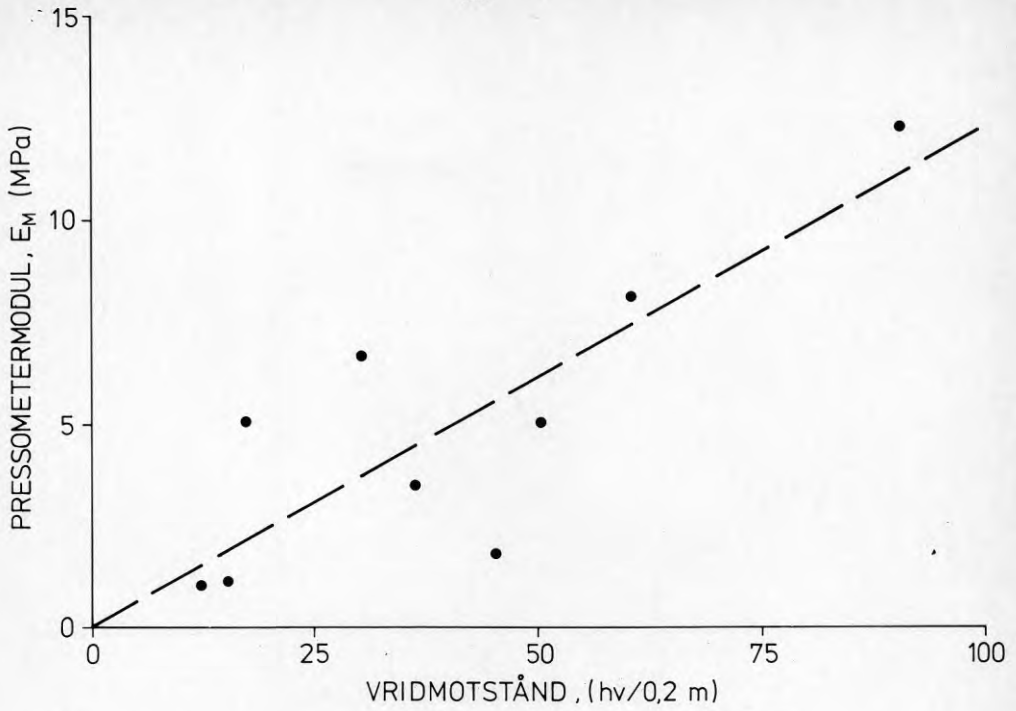
För översiktlig bedömning av jords fasthet har nedanstående indelning föreslagits av Bergdahl (1984).

Tabell 2. Förslag till indelning av sand efter relativ fasthet (Bergdahl, 1984).

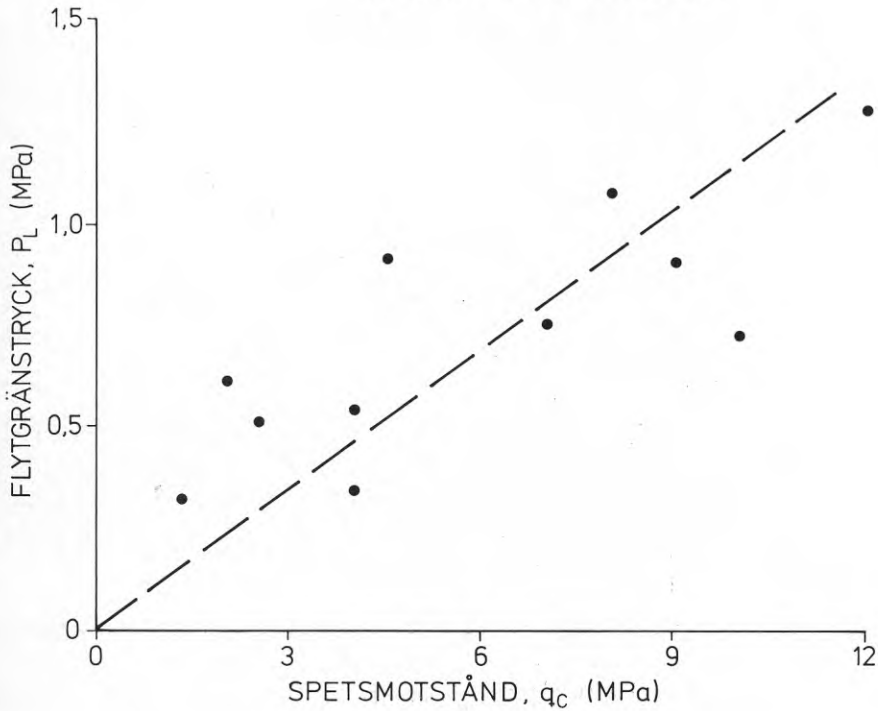
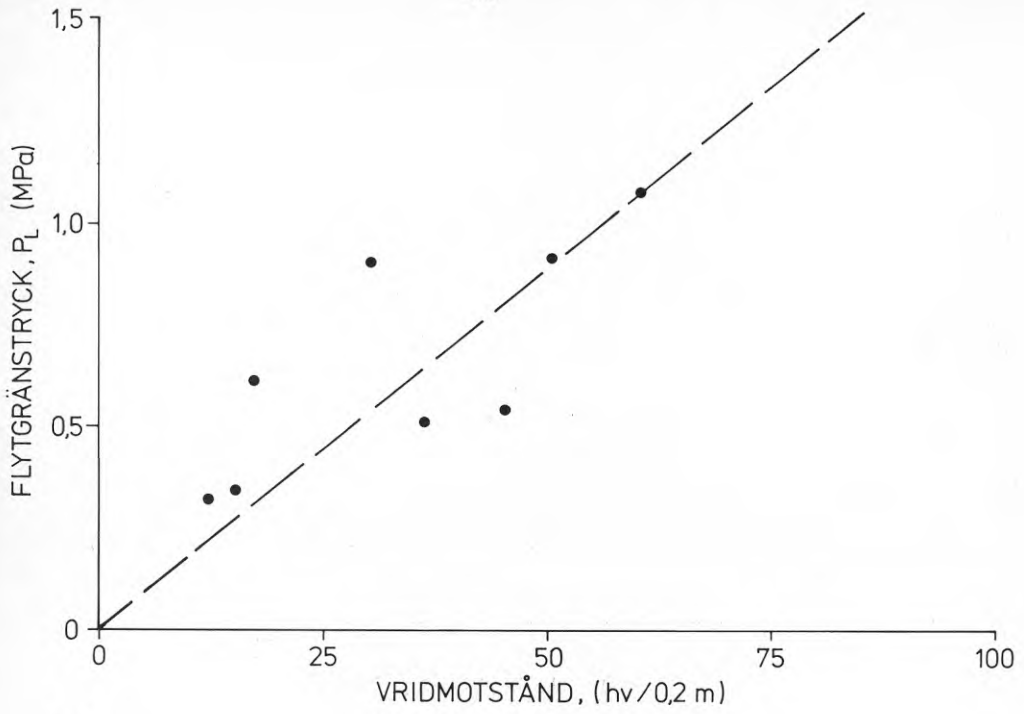
Relativ fasthet	q <sub>C</sub> , MPa	hv/0,2 m
Mkt löst	<2,5	<10
Löst	2,5 - 5,0	10 - 30
Medelfast	5,0 - 10,0	20 - 60
Fast	10,0 - 20,0	40 - 100
Mkt fast	>20,0	>80

Av tabell 2 kan man konstatera att  
 $hv/0,2 \text{ m} \approx 5 \times q_C$





Figur 17. Samband mellan pressometermodul respektive flytgränstryck och sonderingsmotstånd enligt viktsondering och trycksondering.



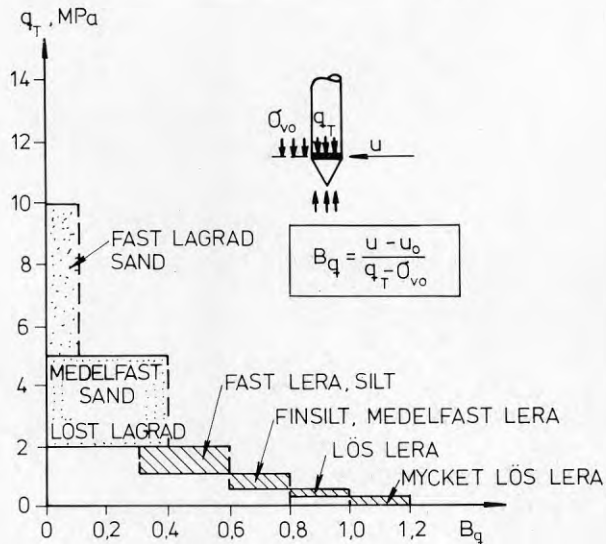
Figur 17. Samband mellan pressometermodul respektive flytgränstryck och sonderingsmotstånd enligt viktsondering och trycksondering.

Detta samband stämmer även väl vid försöken i sandin-spolningen, se figur 16 och bilagor.

För trycksondering har i litteraturen även andra indelningsgrunder redovisats. Senneset & Janbu (1984) baserar utvärderingen på spetsmotståndet och portrycks-kvoten  $B_q$ , figur 18, där

$$B_q = \frac{\Delta u}{q_c - \sigma_v}$$

där  $\Delta u$  = genererat porvattenövertryck  
 $q_c$  = spetstrycket  
 $\sigma_v$  = totala överlagringstrycket



Figur 18. Jordartsklassificering från resultat ur spetstryckportryck-sondering enligt Senneset och Janbu (1984).

För sand fås låga porvattenövertryck, varför  $q_c$  är bestämmande. Jämfört med tabell 2 finner man att Senneset & Janbu definierar gränsen medelfast/fast vid 5 MPa, medan Bergdahl (1984) definierar denna vid en högre nivå, 10 MPa. Samma är förhållandet för gränsen för lös och mellanfast lagring.

Utgående från de borrhål som redovisats i figur 16 kan man konstatera följande fastheter baserade på tabell 2 och figur 18, se tabell 3.

Tabell 3. Utvärderade fastheter baserade på sondering.

Borrhål/ Nivå,ca	Viktsondering Enl Bergdahl&Eriksson	Trycksondering Enl Bergdahl&Eriksson	Trycksondering Senneset&Janbu
B1 +2,0/+0,5 -1,0/-6,0	Mycket fast Löst	Fast Löst	Fast Medelfast/fast
B9 +2,9/+0,5 +0,5/-0,5 -1,5/-3,0 -3,5/-5,5	Mycket fast Fast Löst Löst/medelfast	Fast Fast (merparten) Mycket löst Löst/medelfast	Fast Fast Löst (och lägre) Medelfast/fast
B8 +2,0/+0,5 -1,0/-4,0 -5,0/-6,5	Mycket fast Löst Medelfast	Fast Löst/medelfast Medelfast	Fast Medelfast Medelfast/fast
B3 +2,0/+0,5 -0,5/-2,0 -4,5/-7,0	Mycket fast Medelfast Medelfast	Medelfast/fast Medelfast/fast Löst/medelfast	Fast Fast Medelfast/fast

Av ovanstående sammanställning finner man att trycksonderingen ibland anger en grad lägre fasthet. Detta gäller främst i den översta delen, således över grundvattenytan/havsytan. Friktion längs viktsondstången är en orsak till högre registrerat motstånd.

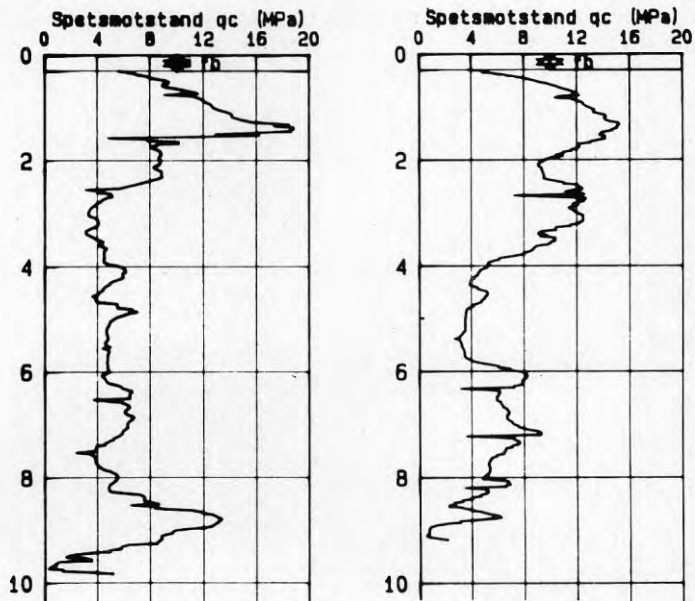
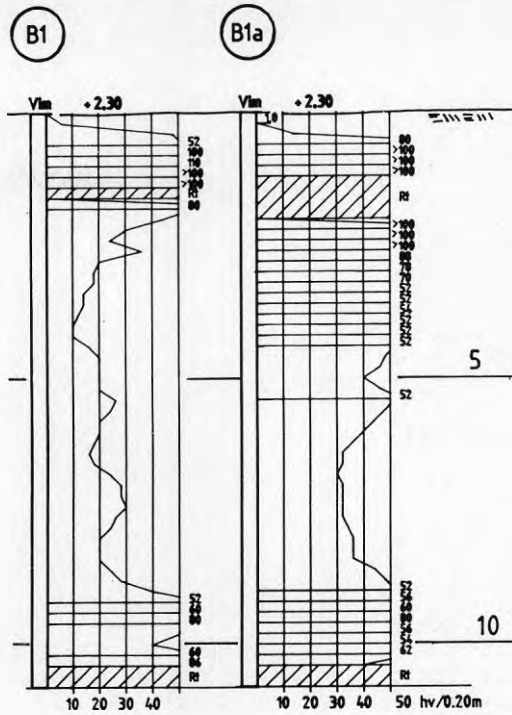
Baguelin et al (1978) har givit vissa samband mellan pressometermodul och fasthet. Tabell 1 visar att modulen varierar starkt. Endast i ett fall överstiger modulen 10 MPa, vilket enligt Baguelin et al anger fast sand. Moduler mellan 5 och 10 MPa skall motsvara kompressibel sand och under 5 MPa exvis lös lera. Denna indelningsgrund har dock tidigare visat sig inte vara direkt tillämpbar i Sverige, se Hartlén & Åkesson, 1988.

Vid denna typ av jämförelser är det viktigt att notera att de i litteraturen angivna sambanden avser naturligt lagrad sand.

## 5.2 Fasthet efter packning

Effekten av packning studerades enbart genom ytpackning med en 15 tons dragen vibrationsvält, som fick passera ytan med 6 överfarer. Effekten av packning klargjordes med viktsondering, trycksondering och pressometerförsök.

Figur 19 visar resultat från vikt- och trycksondering såväl före som efter packning. Man kan konstatera att båda metoderna registrerat en tydlig ökning i fasthet på grund av packningen. Resultaten vid viktsondering påverkas markant av stångfriktionen, vilket leder till en skenbar ökning av fastheten även på större djup. Trycksonderingen visar däremot att någon packningseffekt ej erhållits under 4 m djup.



Figur 19. Viktsöndering (överst) och trycksöndering (nederst) utförd före och efter packning i borrhål B1.

I tabell 4 jämförs registrerade fastheter vid pressometerförsök med motsvarande från vikt- och trycksondering.

Tabell 4. Resultat från pressometermätning, viktsondering och trycksondering efter packning.

Nivå m	Em MPa	$p_L$ MPa	Vim hv/0,2 m	CPT $q_C$ , MPa
	P3		B1a/B2a	B1:4
0,75	9,48	0,86	>100	12
1,5	18,03	2,05	>100	14
3,0	2,67	0,73	>100	12
4,3	2,65	0,73	65	4
6,4	6,83	0,69	30	6,5
	P4		B6a/B7a	B5:4
0,75	13,5	1,35	>100	17
1,5	22,2	2,17	>100	17

Vid en jämförelse med tabell 1, avseende fastheten före packning, kan man notera att ungefär samma samband råder mellan de olika undersökningsmetoderna i opackad och packad fyllning.

## 6.1 Fasthetsvariationer i plan och djup

Fyllningen utfördes i flera etapper. Först utlades ett första lager med bottentömmande prämar för att förhindra uppgrumling. Därefter spolades massorna in via två olika stora fartyg. Massorna rann ut från den punkt strålen träffade fyllningen och bildade närmast ett delta. Detta förklarar fyllningens ringa fasthet från ca 1,0 m djup under havsytan och nedåt. Utfyllningssättet förklarar även varför fastheten varierar mellan olika undersökningspunkter.

Från nivån ca +0,7 m à +1,0 m utfördes fyllningen via inspolning i rör. Härvid bildades en upphöjning utanför inspolningspunkten med en krater i centrum. En terrasseringskedde med bandtraktor för att plana ut massorna.

Utförda sättningmätningar inom opackad yta visar på en "homogen" fyllning, se figur 15. I samband med packningen tycks mycket liten sättning ha erhållits inom "kraterområdet", vilket kan bero på att packning redan skedde i samband med terrasseringsarbetena liksom i någon mån av strålen när den träffade fyllningen.

## 6.2 Lagringstäthet i opackad fyllning

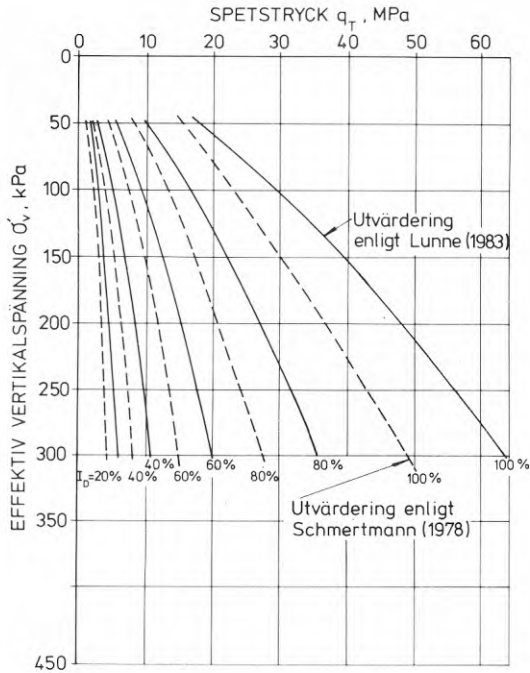
Lagringstätheten är ett ofta använt mått utomlands för att klargöra om risk finns för sättningar på grund av vibrationer eller flytning (liquifaction) föranledd av t ex jordbävning. Kravet för att dessa risker ej skall vara förhanden brukar vara att lagringstätheten skall överstiga 70%. Ofta tycks fasthetskravet vid sondering anges vid SPT till >30 och vid trycksondering till >10 MPa.

I litteraturen har några projekt redovisats där sand spolas in för utvinnande av land. Följande värden på lagringstätheten har erhållits:

Rostock	$I_D = 40\%$ (Massarsch & Broms, 1983)
Changi Airport	$I_D = 40-80\%$ (Choa et al, 1979)
USA	$I_D = 45-55\%$ (Whitman, 1970)

Ett antal diagram har föreslagits för bestämning av den relativa lagringstätheten ur spetstryck och rådande vertikaltryck, t ex Schmertmann (1978) och Lunne & Christoffersen (1983), figur 20. Dessa diagram gäller dock endast normalkonsoliderad ensgraderad finsand av kvarts.

Spetstrycket i friktionsjord beror främst på lagringstäthet, rådande spänningstillstånd, friktionsvinkel och kompressibilitet.



Figur 20. Diagram för utvärdering av den relativa lagringstätheten i normalkonsoliderad sand ur spetstryck och rådande vertikalt tryck. (Lunne & Christoffersen, 1983).

Enklare samband har också presenterats, där hänsyn ej tas till effektivspänningsnivån. Massarsch & Broms (1983) anger följande:

	Relativ lagringstäthet $I_D$ , %	Spetstryckmotstånd $q_c$ , MPa
Mycket lös	0 - 30	<2,5
Lös	30 - 50	2,5-5
Medelfast	50 - 70	5-10
Fast	70 - 90	10-20
Mycket fast	90 - 100	>20

För zonen över vattenytan har, jfr med figur 16, normalt uppmätts spetsmotstånd på 10-15 MPa. Detta motsvarar då enligt figur 20 en lagringstäthet på drygt 80%. I de lösare lagren är spetstryckmotståndet ca 5 MPa, vilket innebär en lagringstäthet på 40-50%. Detta stämmer väl med internationell erfarenhet. Ännu lägre lagringstätheter har uppmätts i enskilda borrhål vid vissa nivåer.

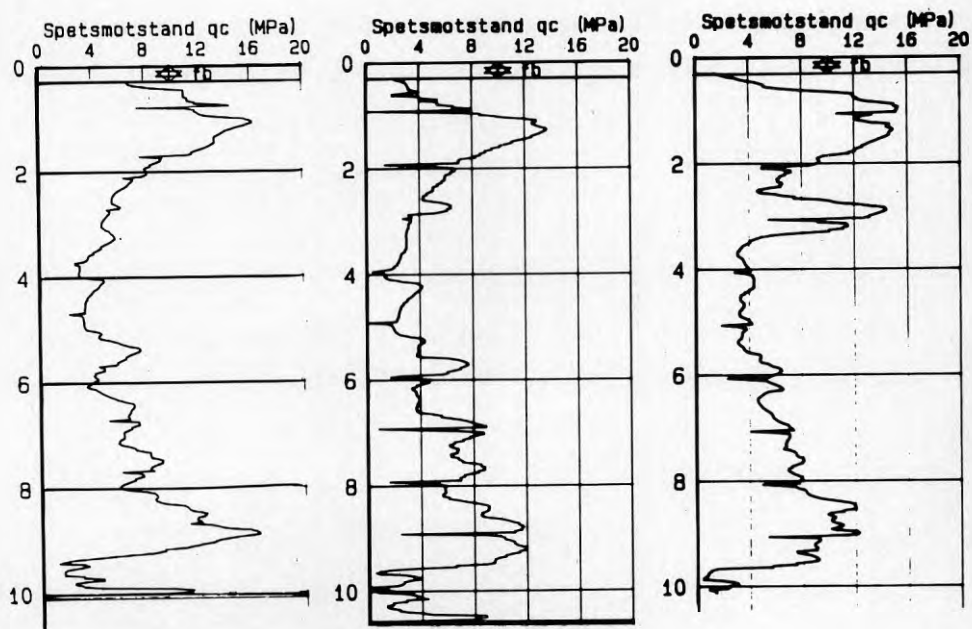


## 6.3 Fasthetstillväxt i tiden

En viss fasthetstillväxt är trolig med tiden. Denna visar sig bl a i en sättning. Däremot bör sandens stora genomsläpplighet innebära att eventuella porvattenövertryck bortgår tämligen omedelbart, varför någon egentlig konsolidering ej bör äga rum.

Vid inspolningen uppkom ett vattenöverskott i massorna, vilket dock dränerades bort relativt fort. Vid inspolning med den lilla båten kunde ytan beträdas någon timme senare. För den stora båten erfordrades längre tid, cirka 1 dygn.

För att studera den eventuella fasthetstillväxten utfördes trycksonderingar vid tre tillfällen, innan packningen genomfördes. Sonderingsdiagrammen uppvisar små förändringar. En viss naturlig variation förekommer, men förvånansvärt ofta erhöles nästan identiska kurvor, se figur 21. Detta innebär att försökstypen är tillförlitlig och relevant.



Figur 21. Spetsstrycksondering i borrhål 8 vecka 749, 751 och 802..

## 6.4 Sättningsegenskaper

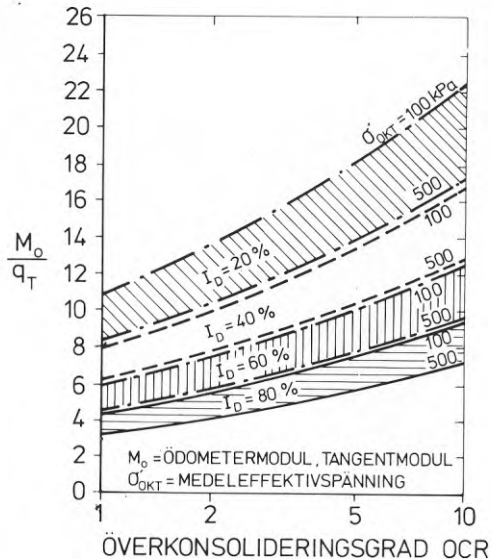
Sättningar i en inspolad sandfyllning kan hänföras dels till egensättningar under "konsolideringsfasen", dels till senare sättningar orsakade av påförd belastning av exvis hus.

I Jeddah skedde en utfyllning med inspolad sand (Magnusson, 1983). Sättningarna, orsakade av en överlast, utbildades till större delen inom 1,5 månader trots en fyllningsmäktighet om 25 m. Sättningarna blev som störst ca 130 mm vid en påförd överlast av 78 kPa.

Sättningarna i SAAB-området hade ej avstannat när packning utfördes, se figur 14. Hur stora slutsättningen skulle blivit är svårt att bedöma. Utifrån figur 14 och 15 kan antas de skulle bli ca 5 mm. Antag vidare att sättningarna uppkom inom den lösare zonen mellan ca -1,0 och -5,0 m. Medelkompressionsmodulen blir under dessa förutsättningar:

$$M = \frac{\sigma'}{s} \cdot H = \frac{(1,8 \cdot 18 + 3,5 \cdot 10)}{5 \cdot 10^{-3}} \cdot 4 = 54 \cdot 10^3 \text{ kPa} \\ = 54 \text{ MPa}$$

Detta är en mycket grov uppskattning och hänsyn tas ej till att större delen av sättningarna troligen utbildats redan innan sättningsmätaren sattes. Från spetstrycksondering finns olika empiriska samband. Baldi et al (1986) föreslår samband enligt figur 22, baserade på laboratorieförsök i kalibreringskammare.



Figur 22. Samband mellan kompressionsmodul och spetstryck i sand enligt försök i stora kalibreringskammare, Baldi et al (1986).

I den lösare zonen kan antas att sanden är normalkon-  
soliderad ( $OCR=1$ ). Enligt föregående avsnitt är  
lagringstätheten  $I_D \approx 40-50\%$ . Detta ger då

$$M_o/q_c \approx 6 \quad (\text{Figur 22})$$

Med kännedom om att

$$M = \frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)} \cdot E = [\text{Med } \nu = 1/3] \approx 1,5 E$$

kan man konstatera att detta motsvarar  $E \approx 4 q_c$ .

Vid spetstrycksonderingarna blev spetsmotståndet  
i den lösare zonen i genomsnitt ca 4 MPa. Detta  
ger

$$M = 6 \cdot q_c = 6 \cdot 4 = 24 \text{ MPa}$$

vilket är ett lägre värde än sättningsmätningarna  
gav.

Pressometerförsöken gav stor variation i pressometer-  
modul ( $E_M$ ). Ett genomsnittsvärde i den lösare delen  
blev  $2,9 \pm 1,9$  MPa. Det finns inget direkt samband  
mellan pressometermodul ( $E_M$ ) och kompressionsmodul  
från ödometerförsök ( $M$ ) men ofta gäller  $M \approx 1,5 E_M$   
vilket då ger  $M = 4,4$  MPa, således avsevärt lägre  
än ovan angivna. Det synes som om störning erhållits  
vid håltagningen, trots ett omsorgsfullt förfarande  
med bl a bentonitskruv.

Fallviktsförsöken (kap 4.6) ger en uppfattning om  
den ytligare delens fasthet, motsvarande ca ett  
djup av  $\sqrt{Q \cdot H}$  m, där  $Q$  anger fallviktens tyngd i  
ton och  $H$  fallhöjden i m. Av figur 12 framgår att  
den dynamiska E-modulen blev ca 25 MPa för den mindre  
vikten oberoende av placering inom provytan. För  
den större fallvikten blev modulen ca dubbelt så  
stor (55 MPa). Detta kan bero på den större djupver-  
kan som fås med en större tyngd. Detta styrks av  
att något större moduler erhöles, när vikten släpptes  
inom framschaktade slitsar.

Den statiska modulen är lägre än den dynamiska.  
För sand är förhållandet mindre än 1:1,5. Omformas  
vidare elasticitetsmodulen till en kompressionsmodul,  
blir  $M \approx 20$  MPa. Det skall då noteras att försöken  
utförts i den fastare övre delen.

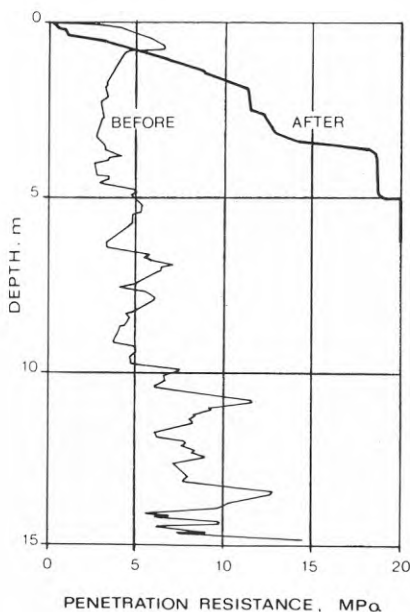
Det hade varit intressant att även utföra dilatome-  
terförsök, då denna försökstyp förmodligen är bättre  
lämpad än pressometerförsök i ren sand. Detta var  
ej möjligt vid tidpunkten för övriga fältförsök.

Mätningarna med slang-sättningsmätare, figur 15,  
visade att fyllningen tycks bli något fastare invid  
inspolningsrörets utlopp.

## 6.5 Effekt av packning

Vid sandinspolning blir fyllningen relativt lös under vattenytan. För att höja lagringstätheten krävs någon form av djuppackning. Detta kan ske genom vibroflotation, dynamisk djuppackning, djupvibrering enligt vibrovingmetoden, med flera metoder.

I Rostock resulterade packning med vibrovingmetoden i stor ökning av lagringstätheten, se figur 23.



Figur 23. Spetstrycksondering i inspolad sandfyllning före och efter packning med Vibrovingmetoden (Massarsch & Broms, 1983).

I det aktuella fallet bestämde man dock sig för att enbart utföra ytlig packning, eftersom någon byggnation ej skall ske inom utfyllda områden.

Ytpackningen genomfördes med 15 tons dragen vibrovält, som fick passera över ytan 6 gånger. Enligt Forssblad (1987) fås en maximal djupverkan med denna välttyp på 2-3 m.

I kap 5.2 konstaterades att packningen resulterat i en fasthetsökning till ca 4 m djup enligt båda sonderingsmetoderna. Packningen resulterade som mest i en sättning på ca 100 mm enligt entreprenören över hela fyllningsytan. En variation i sättning har registrerats, vilket sannolikt hänger samman med att effekten av bandtraktorutbredningen av det översta fyllningslagret varierat beroende på hur nära slutlig nivå sandfyllningens yta legat före ytjusteringen.

Vid fallviktsförsöken kunde ej någon märkbar effekt av packningen registreras. Detta måste tillskrivas att fyllningen redan före packningen var fast till nivån  $\pm 0$  à  $-1,0$  m.

Pressometerförsök utfördes endast i begränsad omfattning efter packningen. I de ytliga lagren skedde en fasthetsökning. Pressometermodulen ökade från i medeltal  $8,0$  MPa till  $15,8$  MPa.

## 7 SLUTSATSER

De utförda undersökningarna ger underlag för bl a följande slutsatser:

- Den använda utfyllnadsmetoden har givit en fyllning som är mycket homogen i plan. I vertikalled varierar fyllningens fasthet. Utan packning är den sålunda medelfast lagrad ovan vattenytan men löst lagrad under vattenytan.
- Utan packning har någon fasthetstillväxt med tiden ej kunnat noteras under försökstiden, 2 månader.
- Ytpackning genom 6 överfarter med 15 tons vibrovält har ökat fyllningens fasthet ner till 4 m djup. Medelfast till fast lagring har erhållits ned till detta djup.
- Av de utförda sonderingsmetoderna har god överensstämmelse erhållits mellan viktsond och spetstrycksond vad beträffar fasthetsvariationen i fyllningen.  
Efter packning av ytlagren erhöles en ökad stångfriktion, vilket måste beaktas vid utvärdering av fastheten hos underliggande lager vid viktsondering.
- Resultaten från pressometerprovningarna visar för låga moduler, sannolikt beroende på att störning uppstått runt borrhålet. Metoden är vanskelig att använda i sand.

Sammanfattningsvis kan konstateras att den utförda fyllningen har sådana egenskaper att grundläggning av lätta byggnader, gator och va-ledningar i allmänhet bör kunna utföras utan grundförstärkning. För tyngre och sättningskänsliga anläggningar kan grundförstärkning genom djuppackning eller djupgrundläggning behöva tillgripas.

## LITTERATUR

Baguelin, F., Jézéquel, J.F., 1978. The pressuremeter and foundation engineering. Trans. Tech. Publ.

Bergdahl, U., 1984. Geotekniska undersökningar i fält. Statens geotekniska institut, Info nr 2. Linköping.

Bergdahl, U. & Eriksson, U., 1983. Bestämning av jordegenskaper med sondering en litteraturstudie. Statens geotekniska institut, Rapport nr 22. Linköping.

Choa, V., Kurunaratne, G.P., Ramaswamy, S.D., Vijiaratnam, A. & Lee, S.L., 1979. Compaction of Sand Fill at Changi Airport. Proc. 6th Asian Regional Conf., pp 137-140.

Forsblad, L., 1987. Packning av jord- och bergmaterial. Svensk Byggtjänst.

Hartlén, J. & Åkesson, B., 1988. Kalksten som fyllningsmaterial. Statens geotekniska institut, Rapport nr 34. Linköping.

Larsson, R., & Sällfors, G., 1987. Nyare In situ-metoder för bedömning av lagerföljd och egenskaper i jord. Statens geotekniska institut, Information 5. Linköping.

Lunne, T. & Christoffersson, J.P., 1983. Interpretation of Cone Penetrometer Data for Offshore Sands. Proc. 5th Annual Offshore Techn. Conf. Texas.

Magnusson, O., 1983. Sättningar i inspontad sandfyllning. STF Ingenjörsutbildning. Grundläggningdag 20 okt.

Massarsch, K.R. & Broms, B.B., 1983. Soil Compaction by Vibro Wing Method. Proc. VIII European Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 1, pp 275-278.

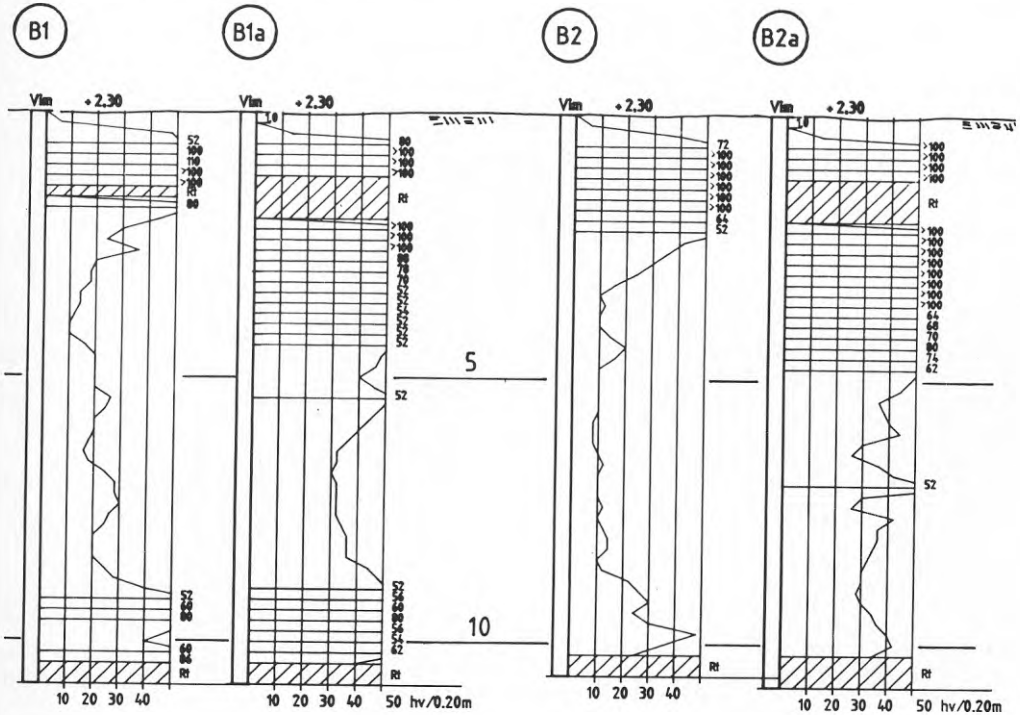
Whitman, R.V., 1970. Hydraulic Fills to Support Structural Loads. Journal of Soil Mech. and Found. Div., Proc. ASCE, No. SM1, pp 33-47.

**BILAGA 1**

**RESULTAT FRÅN VIKTSONDERING**

P4971  
BFR Inspolad sand

VIKTSONDERINGSRESULTAT



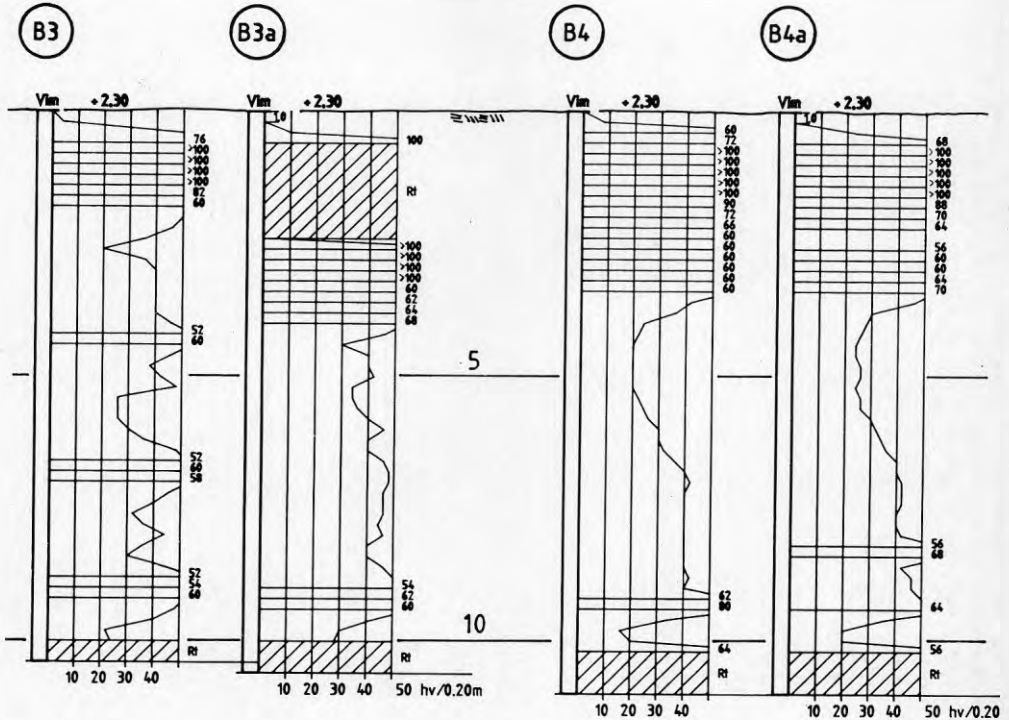
Förklaring

Sonderingarna är utförda före  
och efter packning.  
a efter borrhålsbeteckning  
avser resultat efter packning.



P4971  
BFR Inspolad sand

VIKTSONDERINGSRESULTAT

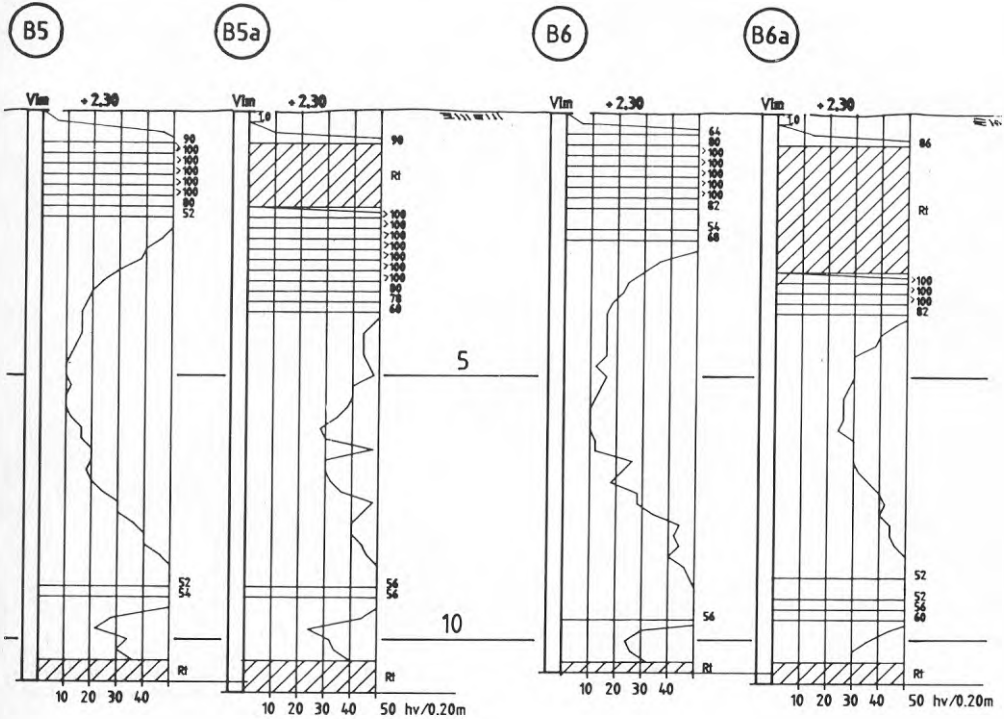


Förklaring

Sonderingarna är utförda före  
och efter packning.  
a efter borrhålsbeteckning  
avser resultat efter packning.

P4971  
BFR Inspolad sand

VIKTSONDERINGSRESULTAT

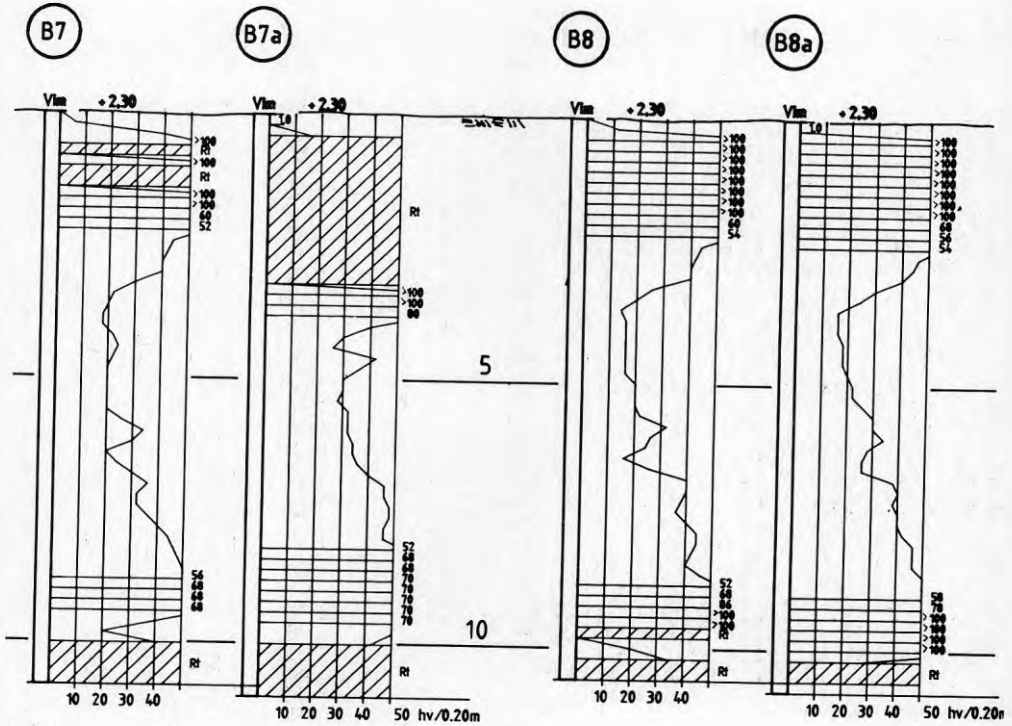


Förklaring

Sonderingarna är utförda före  
och efter packning.  
a efter borrhålsbeteckning  
avser resultat efter packning.

P4971  
BFR Inspolad sand

VIKTSONDERINGSRESULTAT

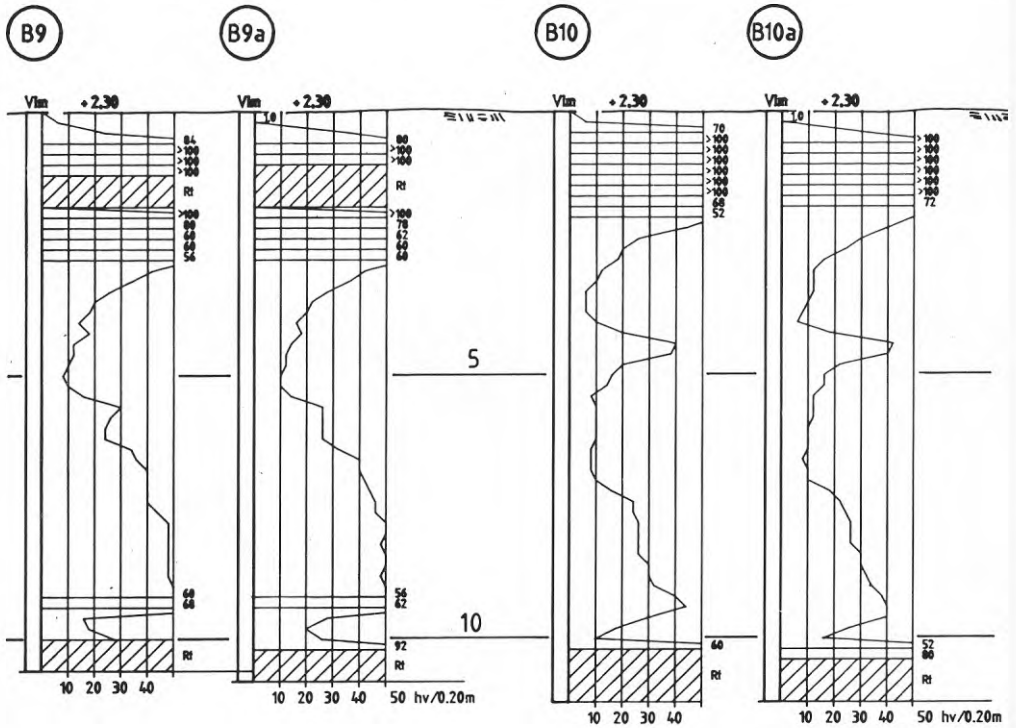


Förklaring

Sonderingarna är utförda före  
och efter packning.  
a efter borrhålsbeteckning  
avser resultat efter packning.

P4971  
BFR Inspolad sand

VIKTSONDERINGSRESULTAT

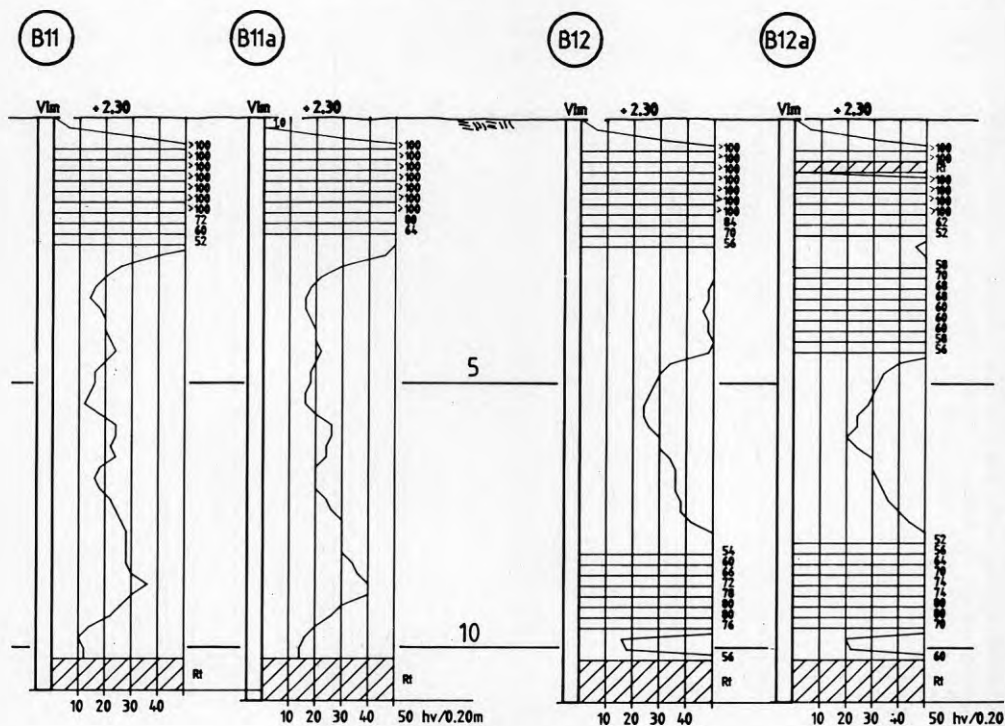


Förklaring

Sonderingarna är utförda före  
och efter packning.  
a efter borrhålsbeteckning  
avser resultat efter packning.

P4971  
BFR Inspolad sand

VIKTSONDERINGSRESULTAT

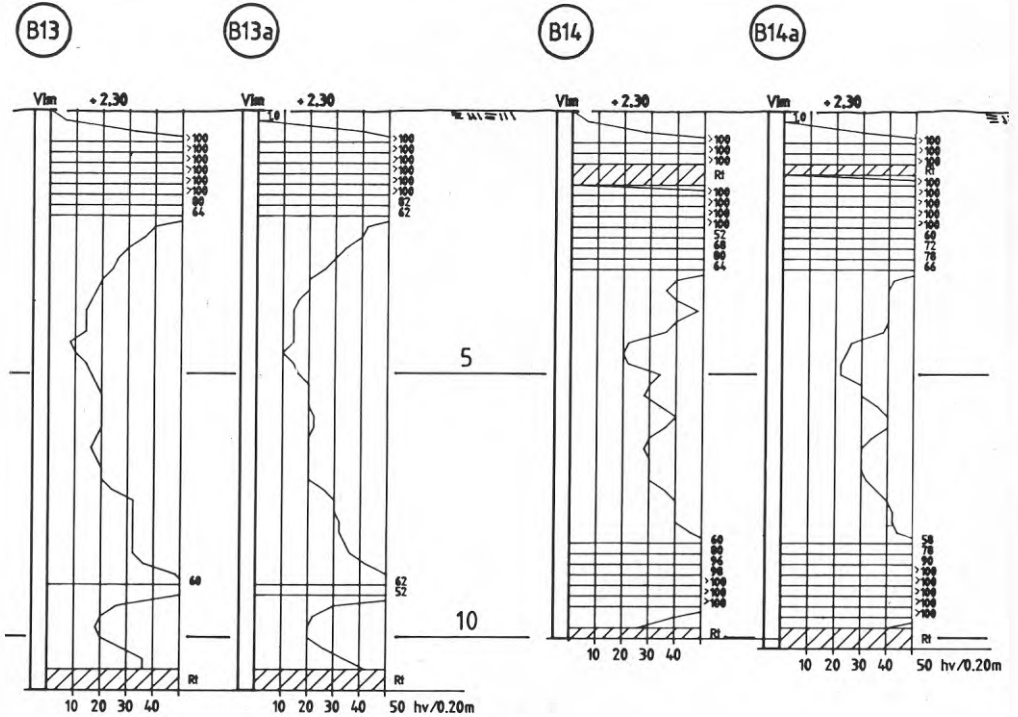


Förklaring

Sonderingarna är utförda före  
och efter packning.  
a efter borrhålsbeteckning  
avser resultat efter packning.

P4971  
BFR Inspolad sand

VIKTSONDERINGSRESULTAT

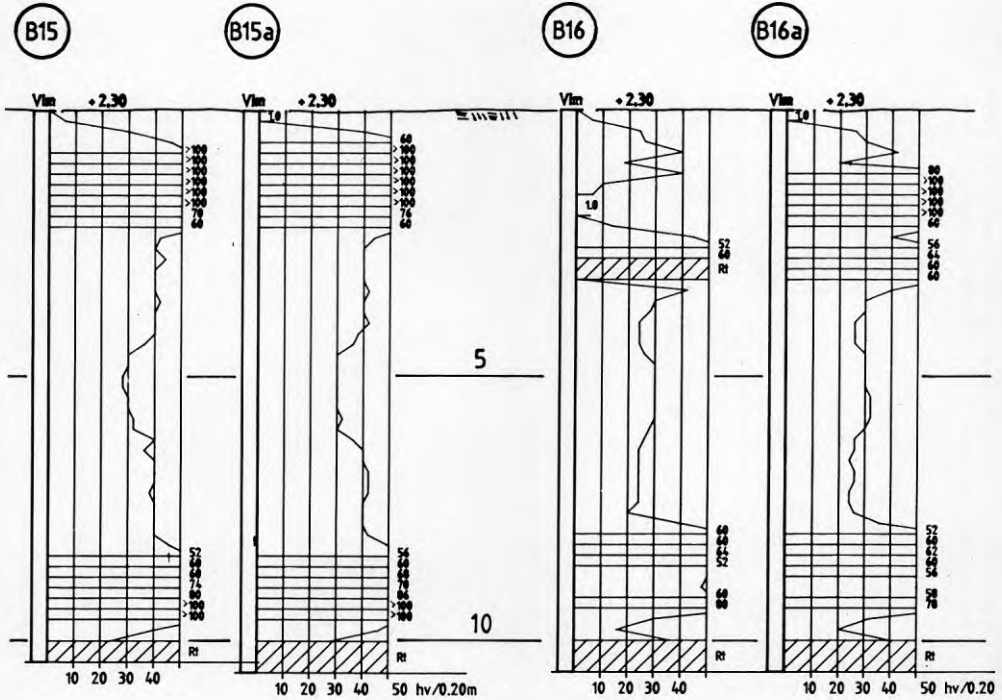


Förklaring

Sonderingarna är utförda före  
och efter packning.  
a efter borrhålsbeteckning  
avser resultat efter packning.

P4971  
BFR Inspolad sand

VIKTSONDERINGSRESULTAT



Förklaring

Sonderingarna är utförda före  
och efter packning.  
a efter borrhålsbeteckning  
avser resultat efter packning.





**BILAGA 2**

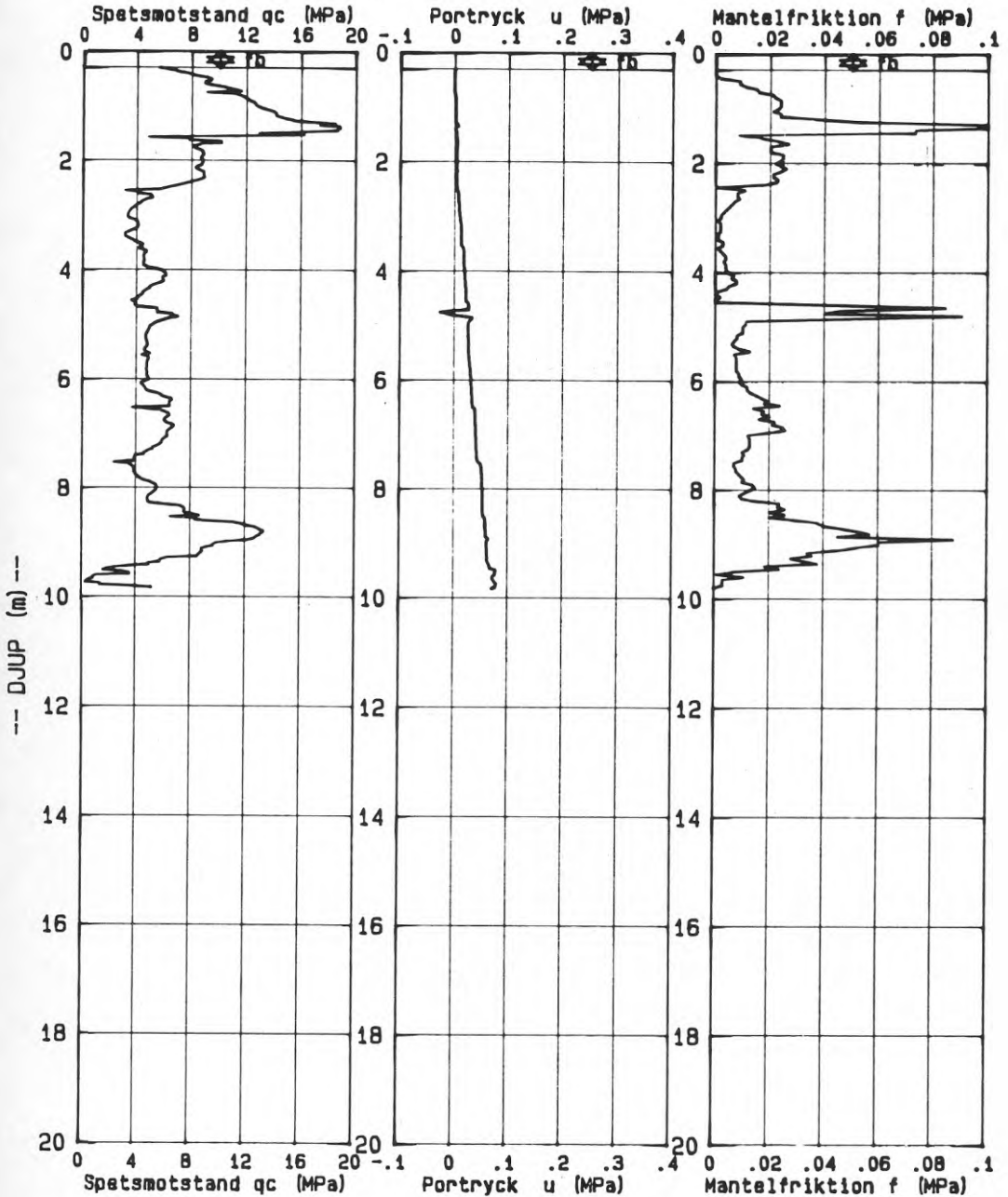
**RESULTAT FRÅN SPETSTRYCKSONDERING**

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B1

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB1

Sond nr: 3053

Datum: 871211

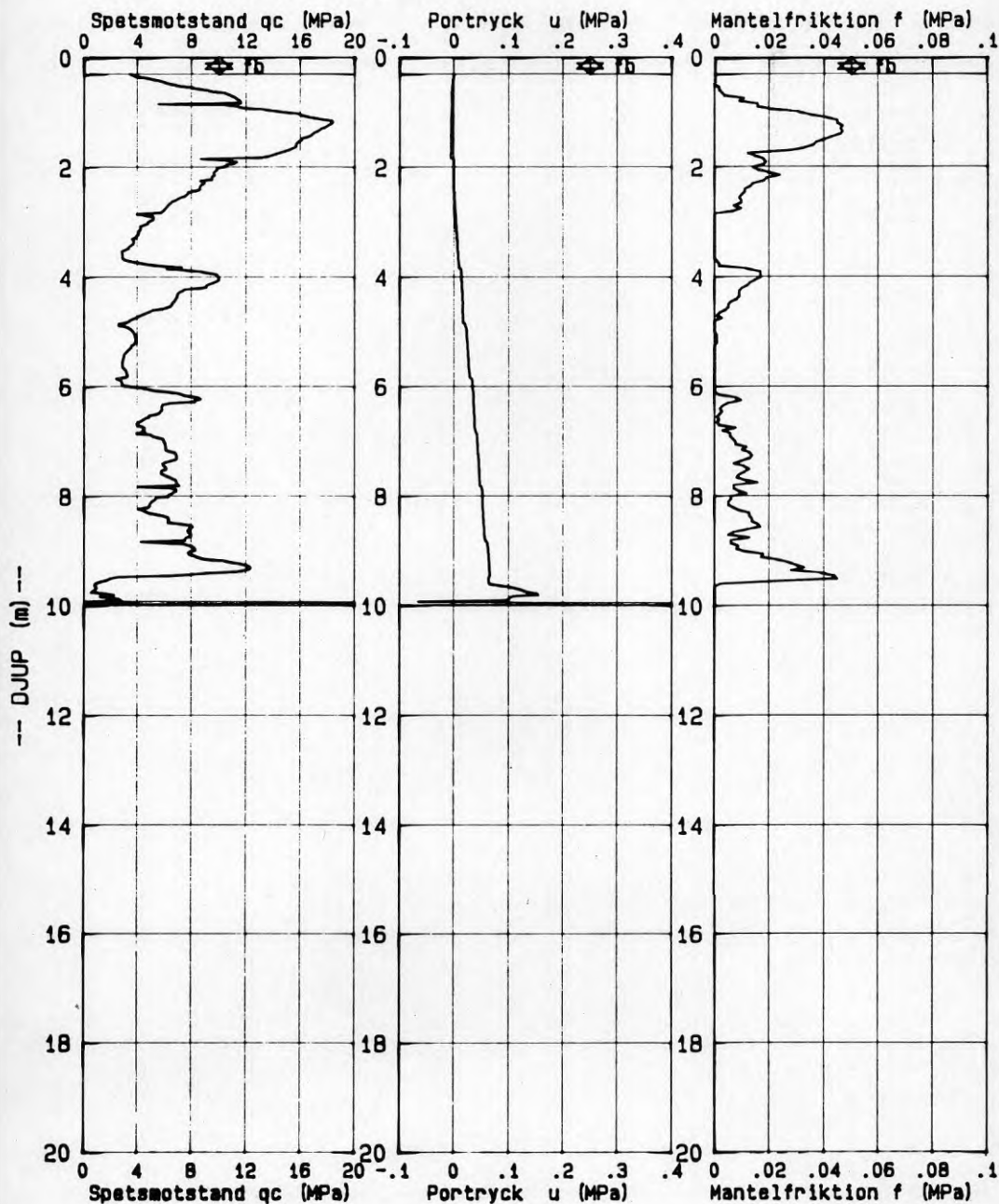
# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: B2

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB2

Sond nr: 3053

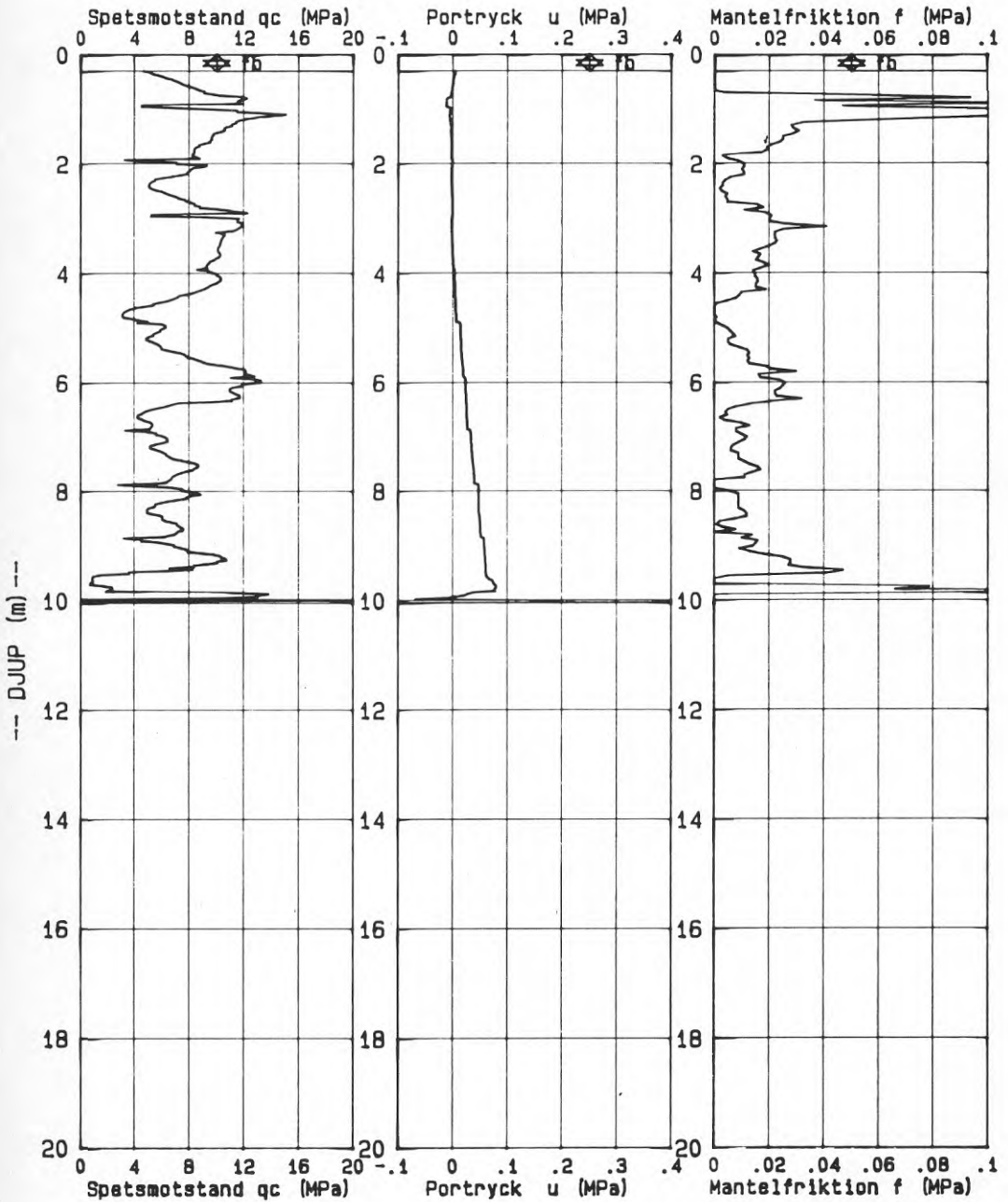
Datum: 871211

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B3

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB3

Sond nr: 3053

Datum: 871211

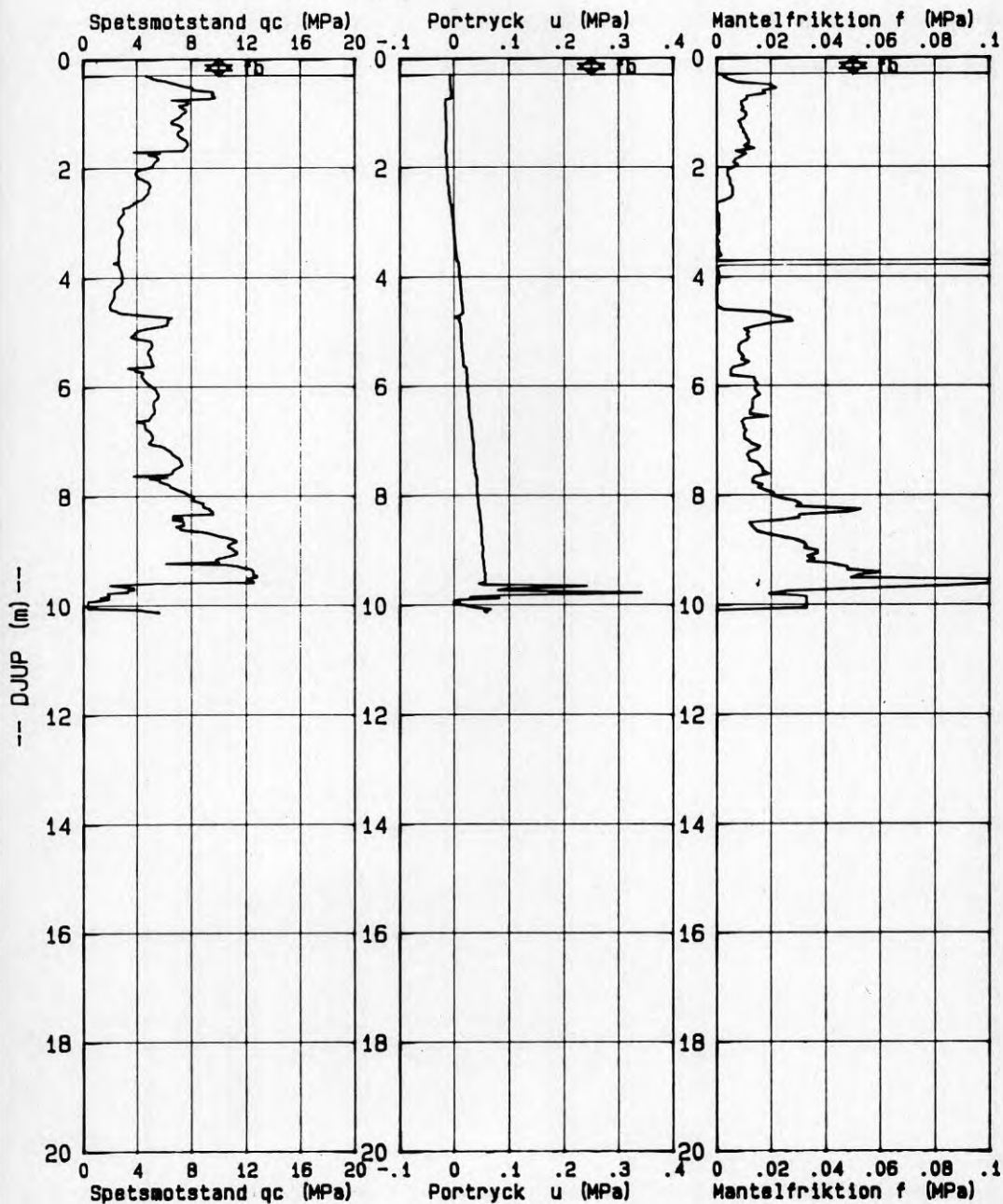
## TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: B5

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB5

Sond nr: 3053

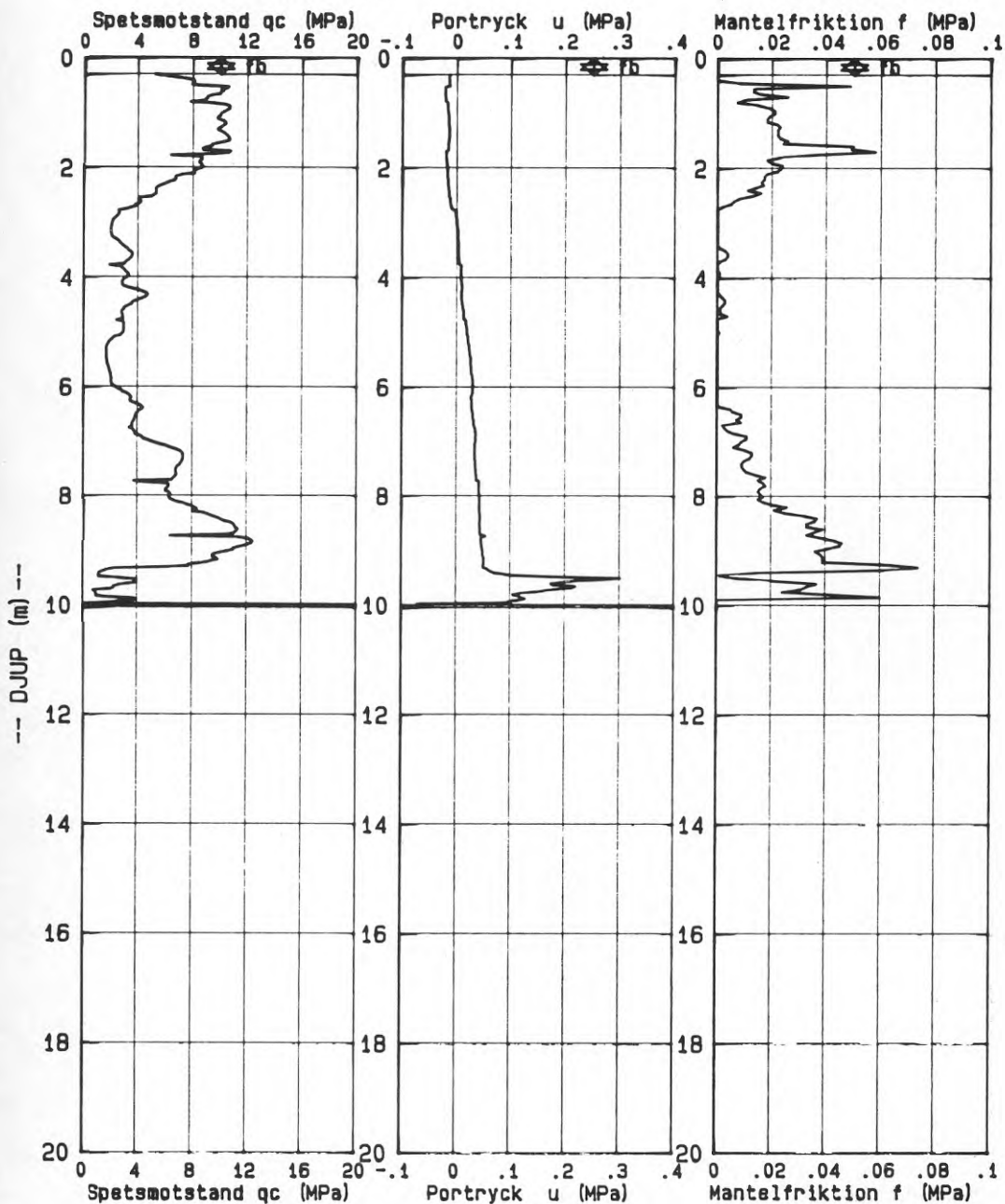
Datum: 871211

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B6

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB6

Sond nr: 3053

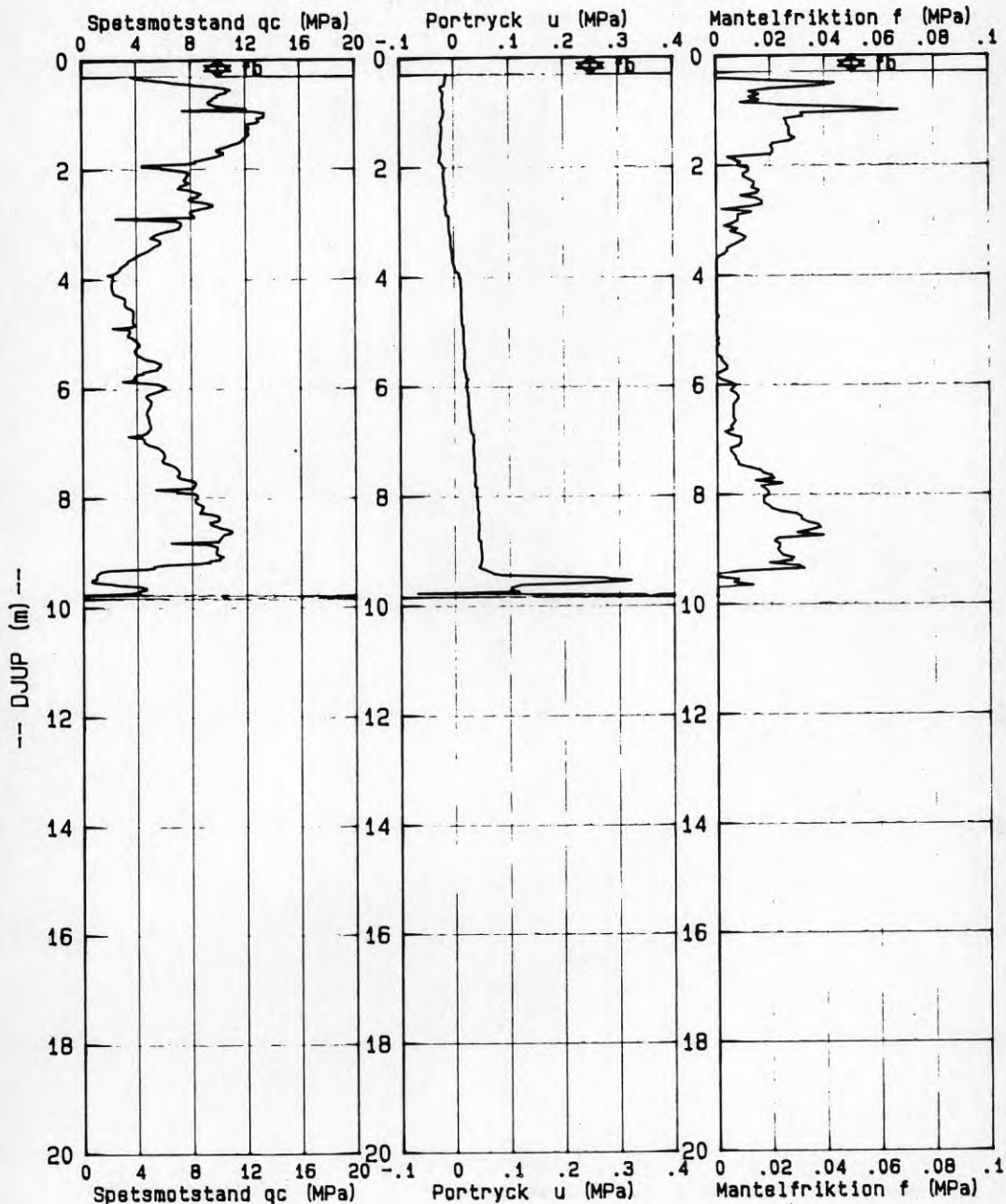
Datum: 871211

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B7

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB7

Sond nr: 3053

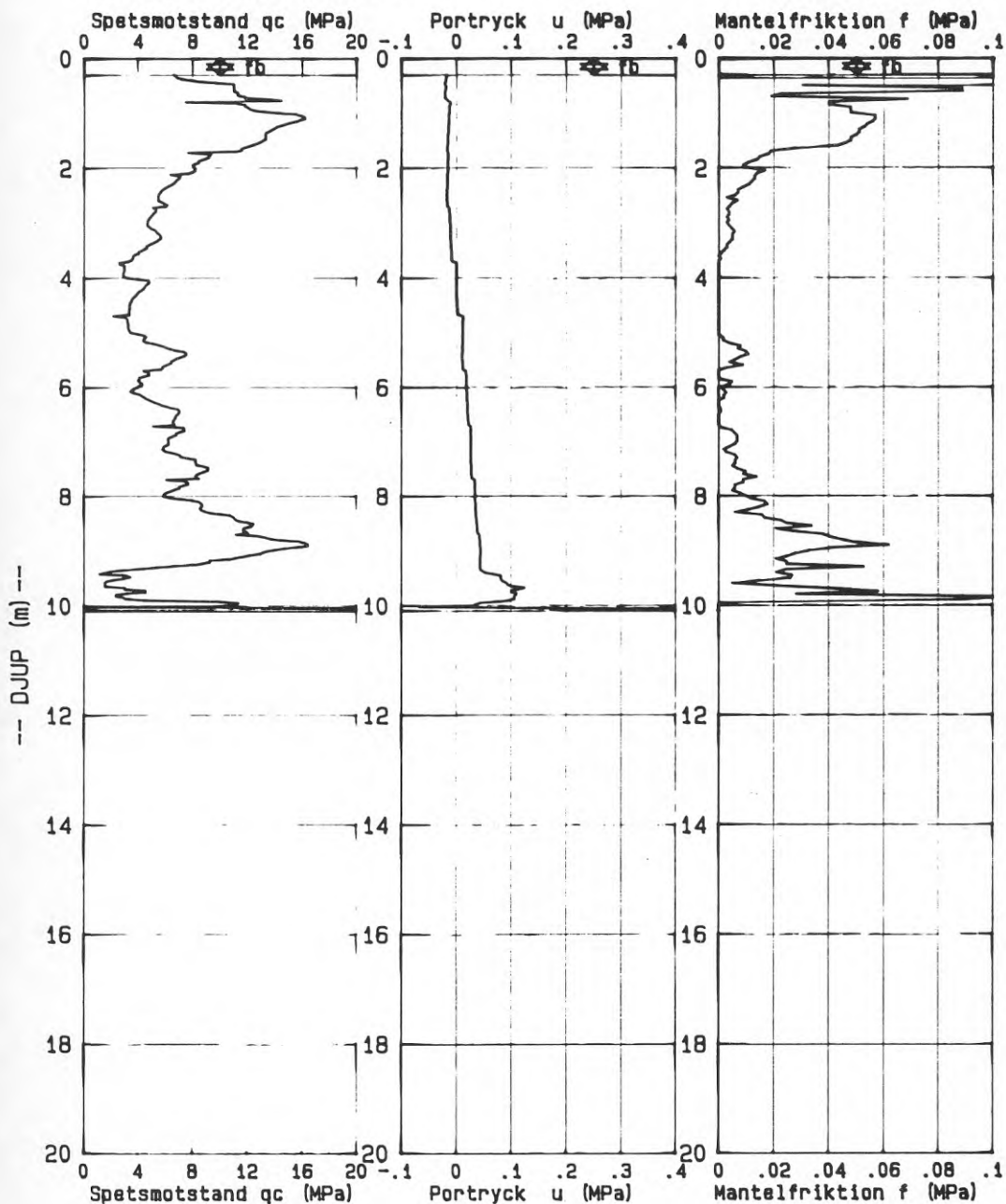
Datum: 871211

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: 88

Sida 1 av 1



Filnamn: BFR88

Sond nr: 3053

Datum: 871211



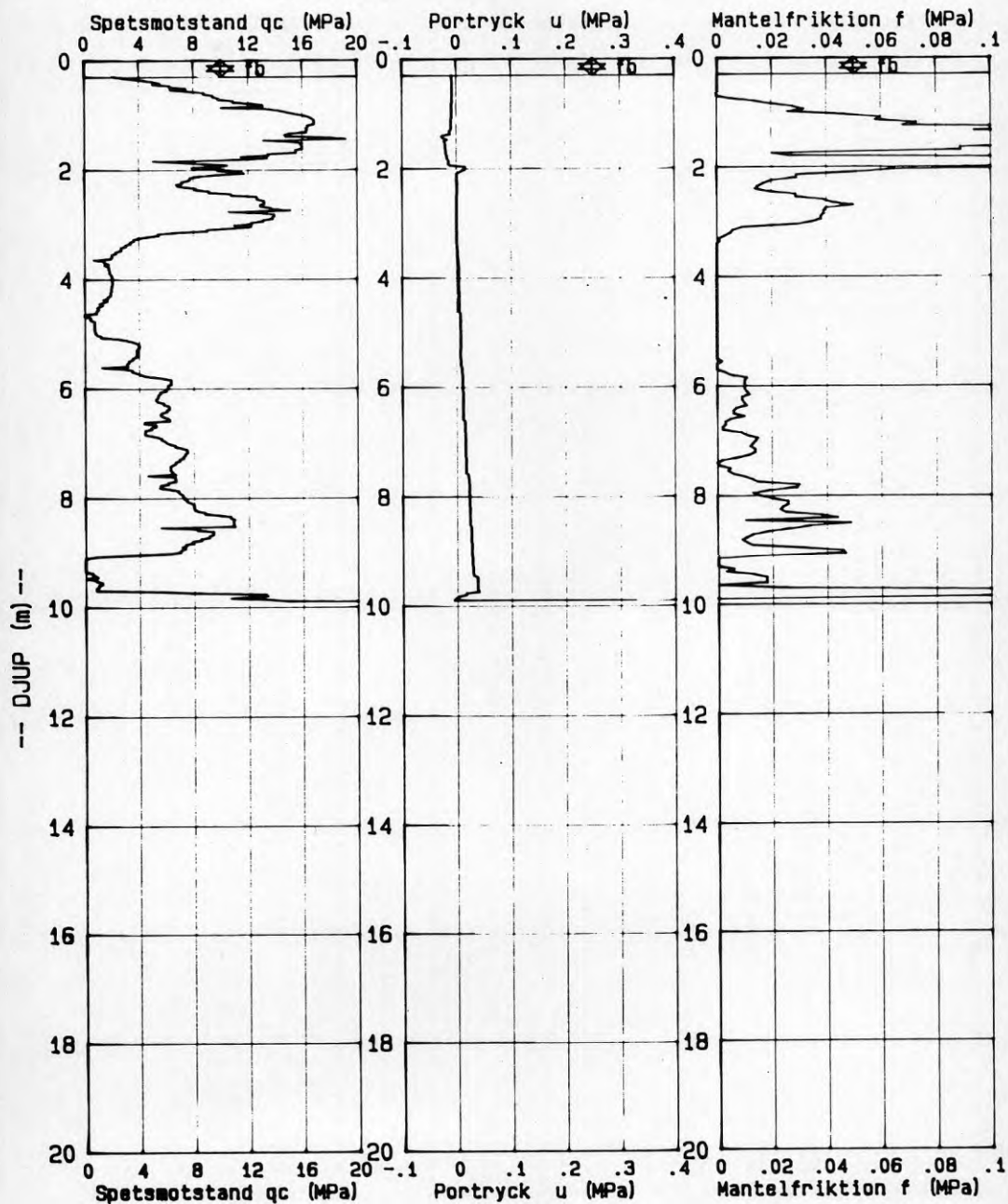
# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: 89

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB9

Sond nr: 3053

Datum: 871211

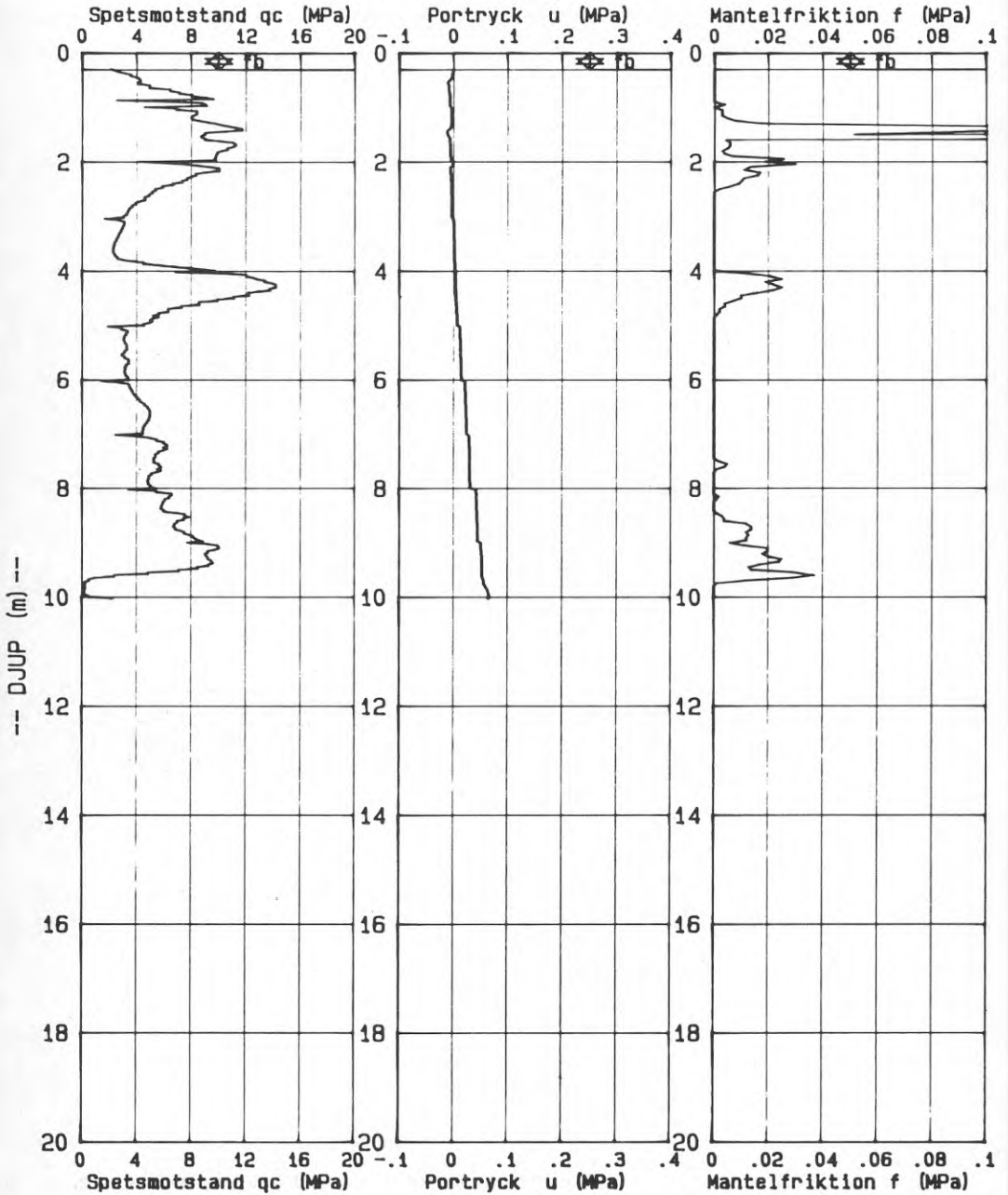
## TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: B10

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB10

Sond nr: 3053

Datum: 871211

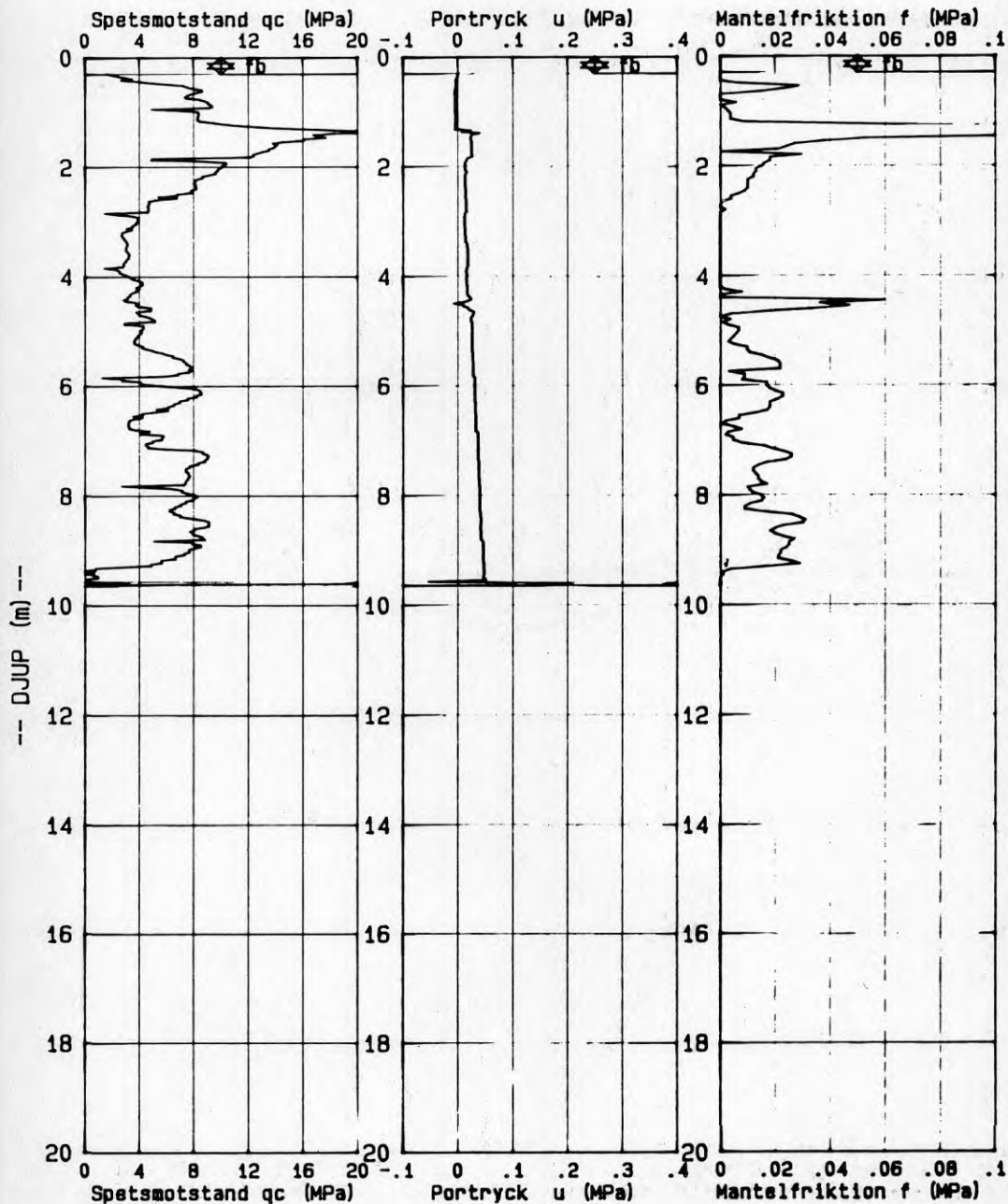
## TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLNING

Bh.nr: B11

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB11

Sond nr: 3053

Datum: 871211

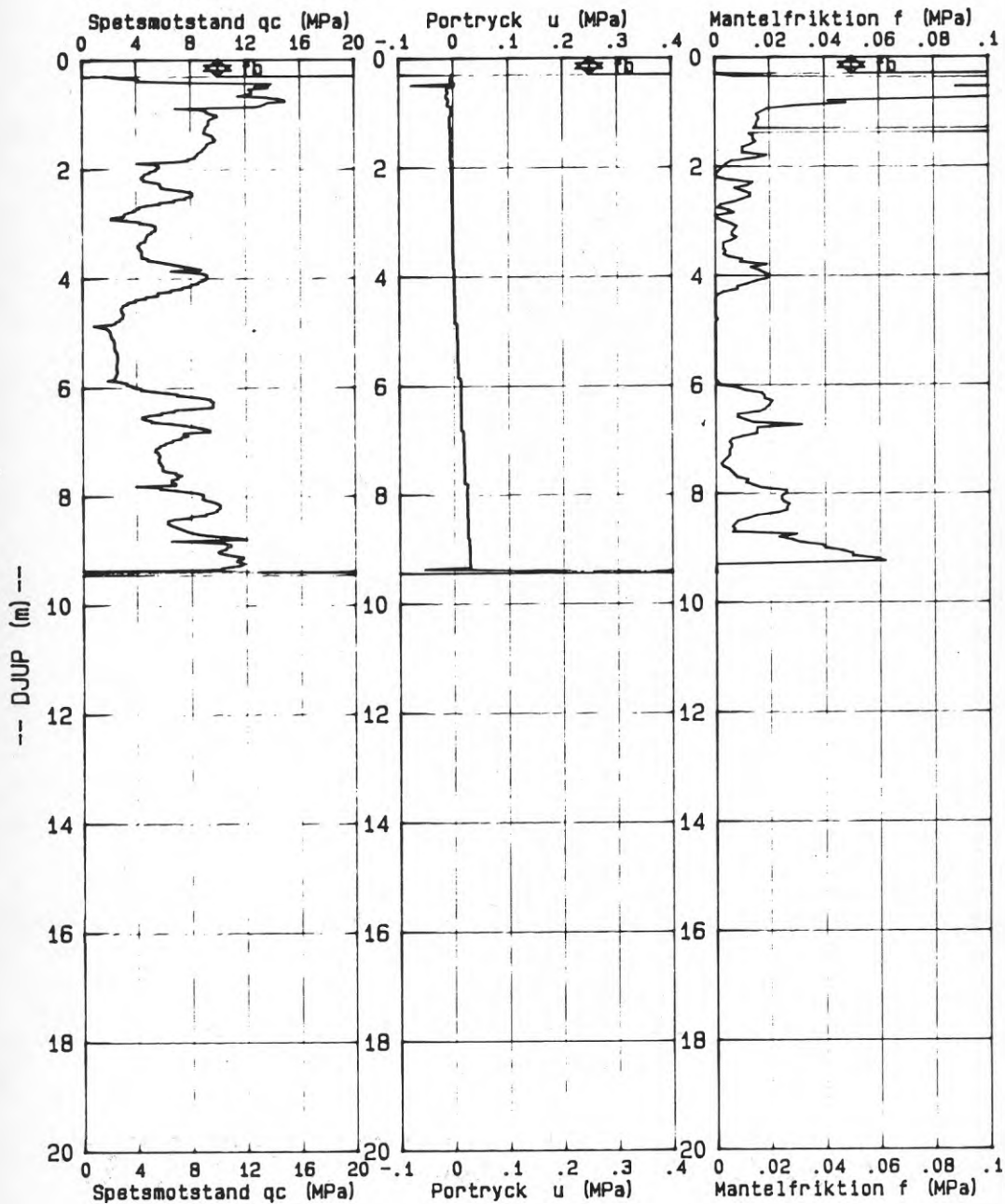
# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: B12

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB12

Sond nr: 3053

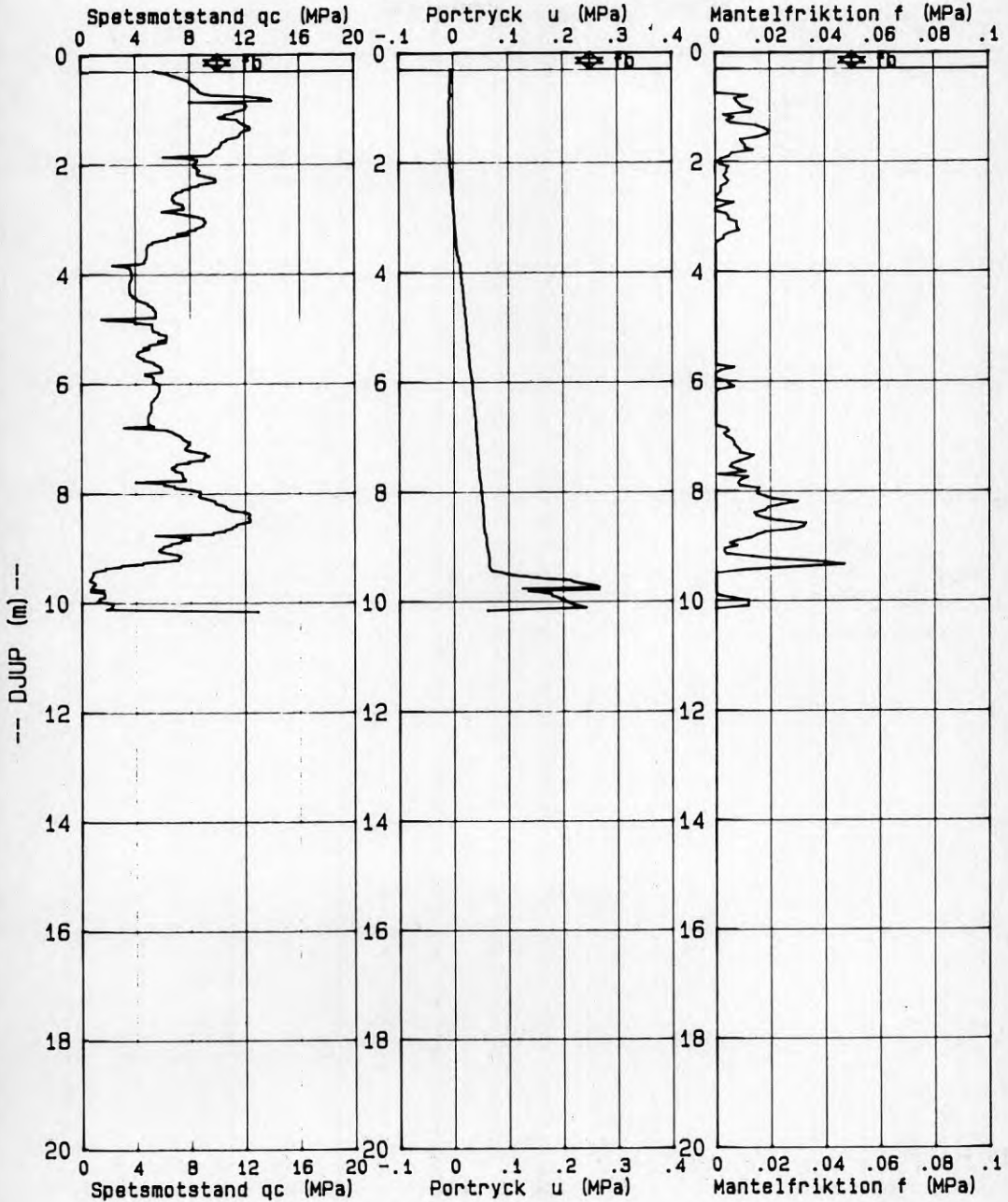
Datum: 871211

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B13

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB13

Sond nr: 3053

Datum: 871211

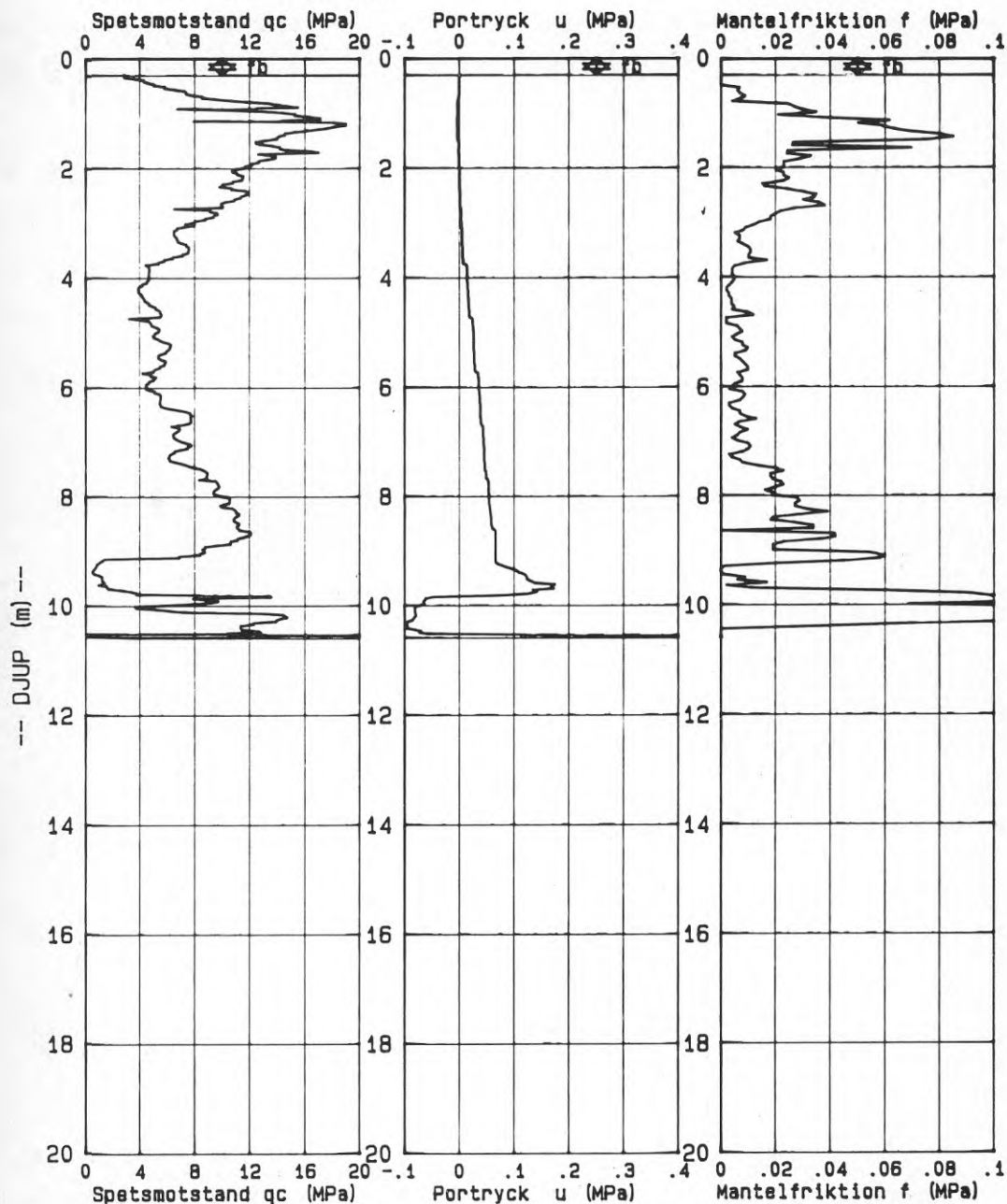
## TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: B14

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB14

Sond nr: 3053

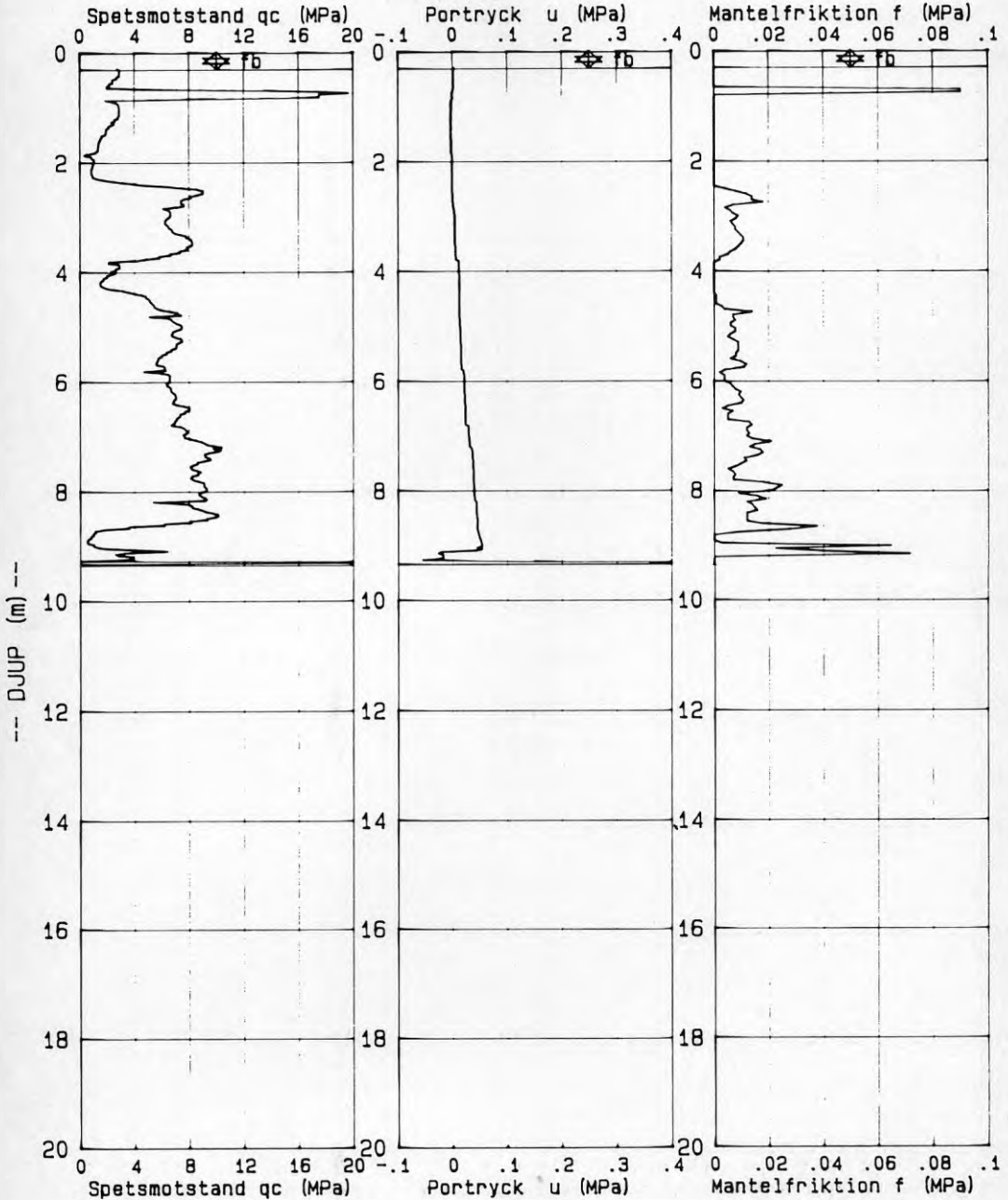
Datum: 871211

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B15

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB15

Sond nr: 3053

Datum: 871211

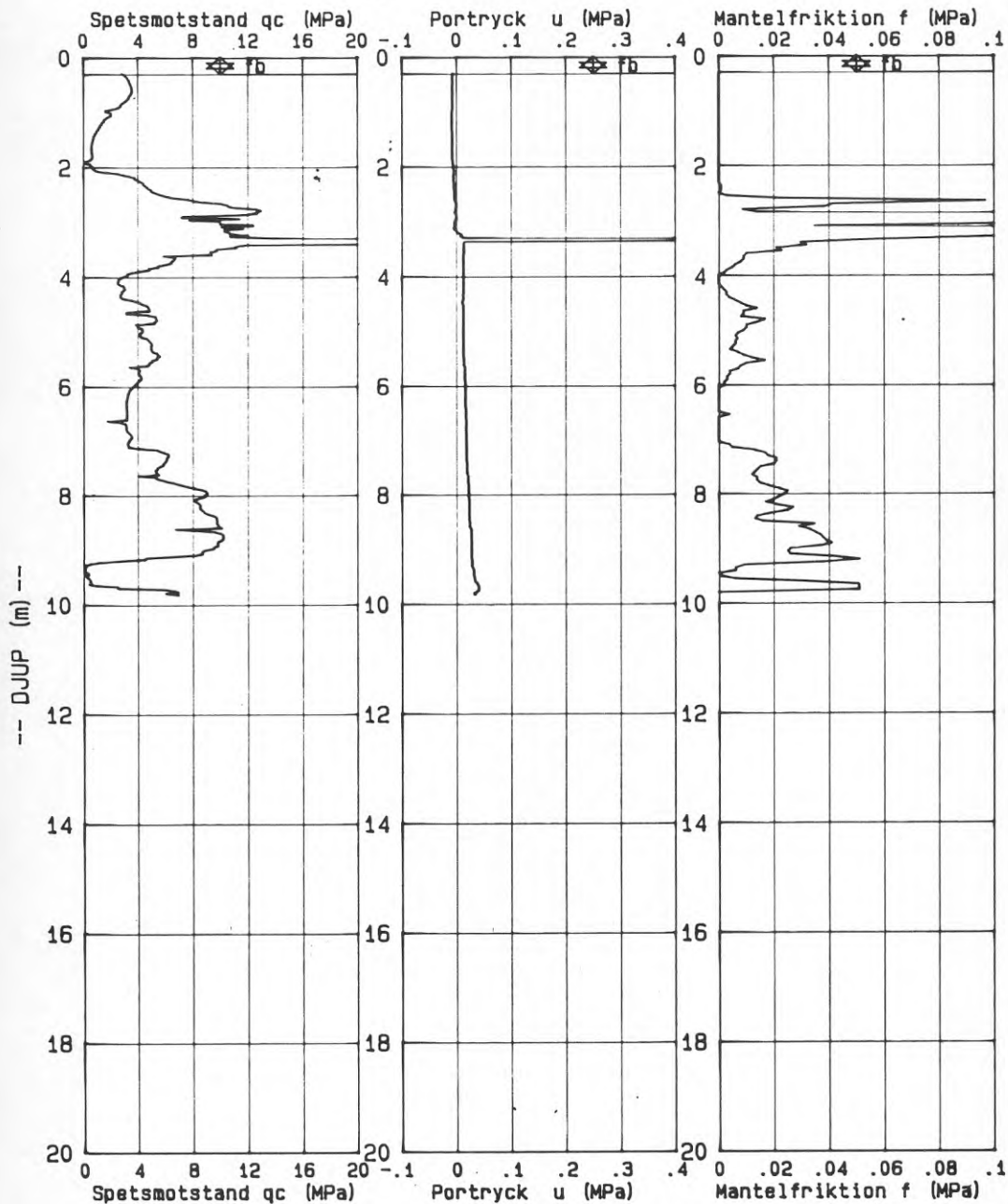
## TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: B16

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB16

Sond nr: 3053

Datum: 871211



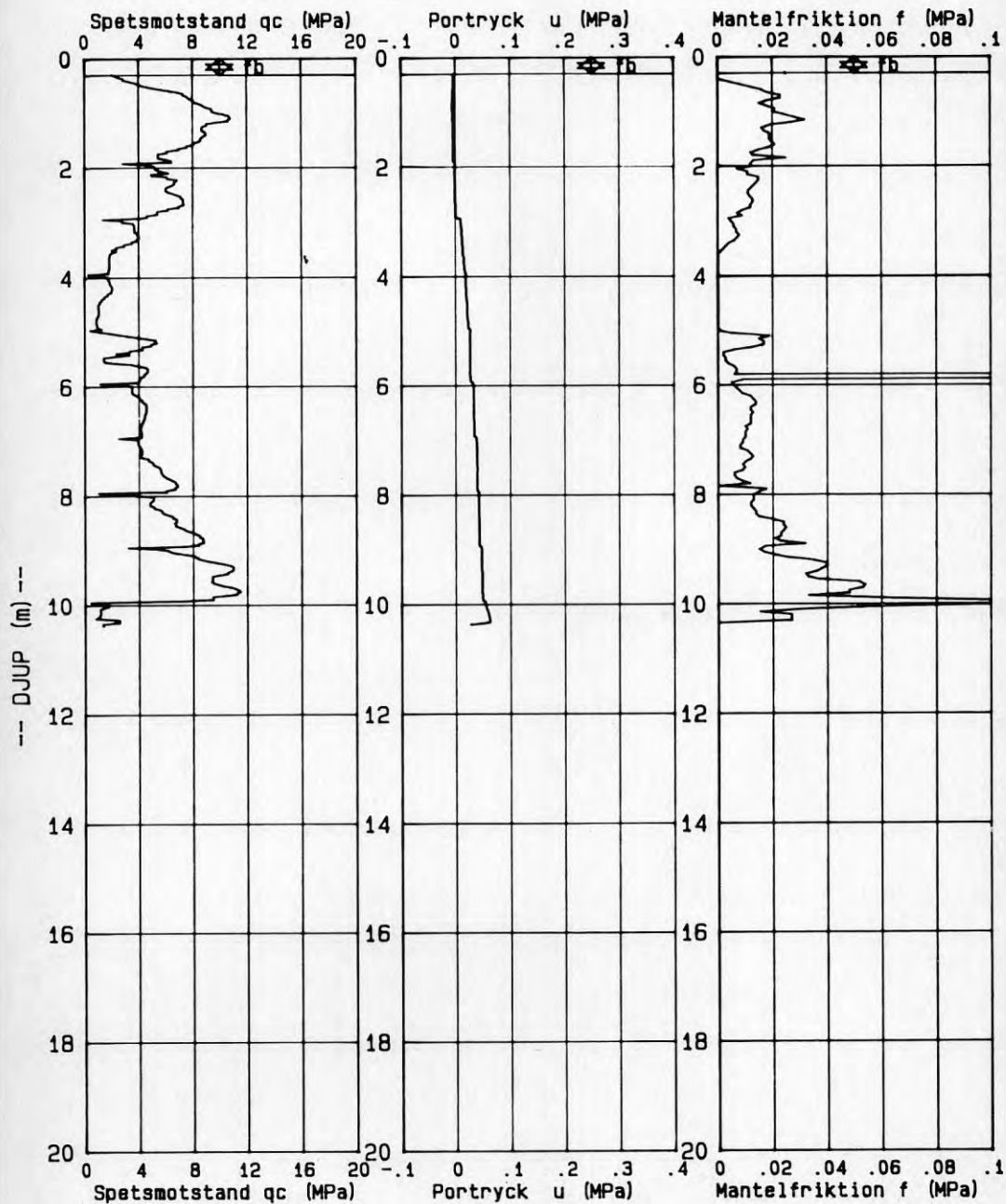
# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: B5: 2

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB5; 2

Sond nr: 3053

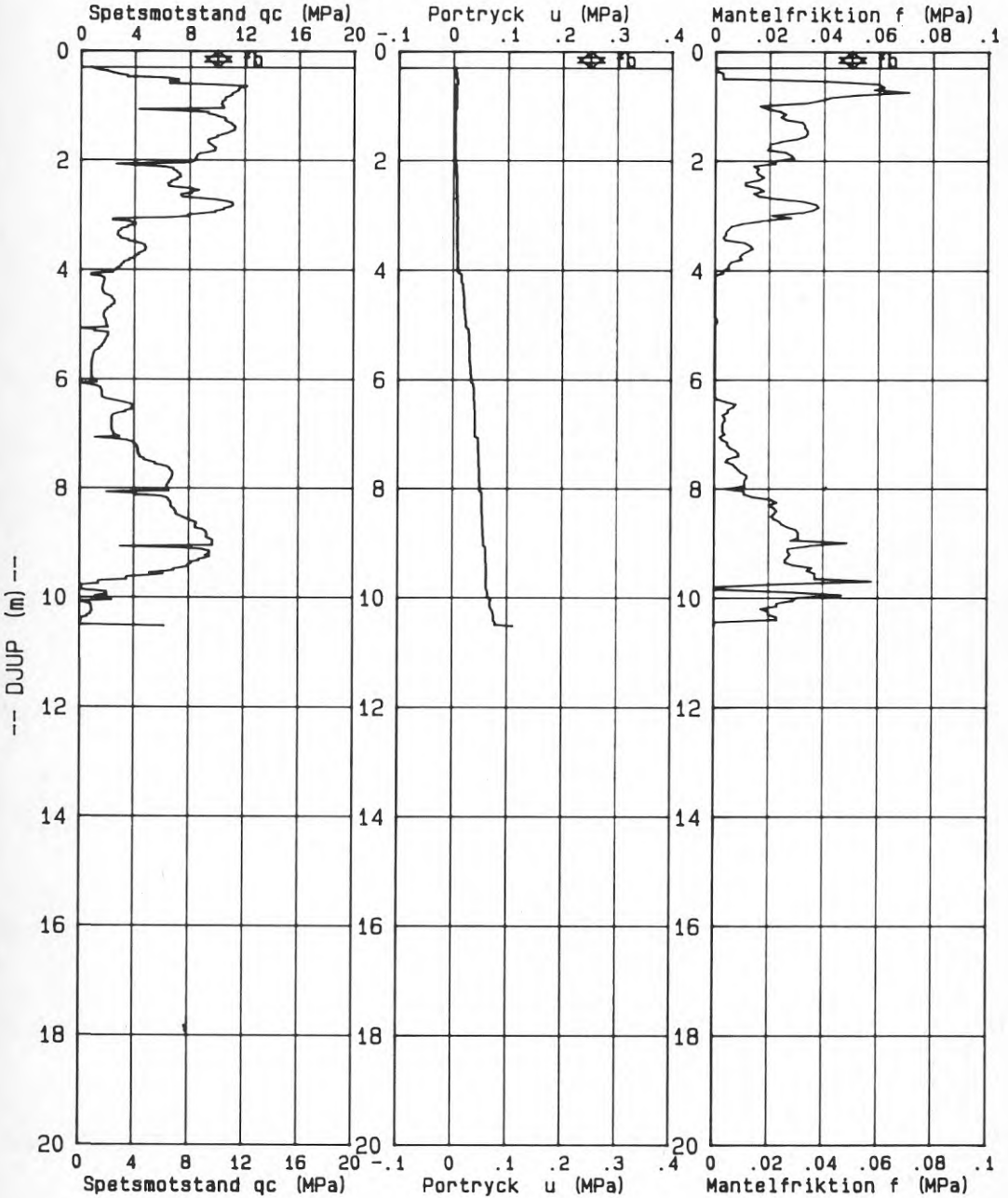
Datum: 880111

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B6; 2

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB6; 2

Sond nr: 3053

Datum: 880111

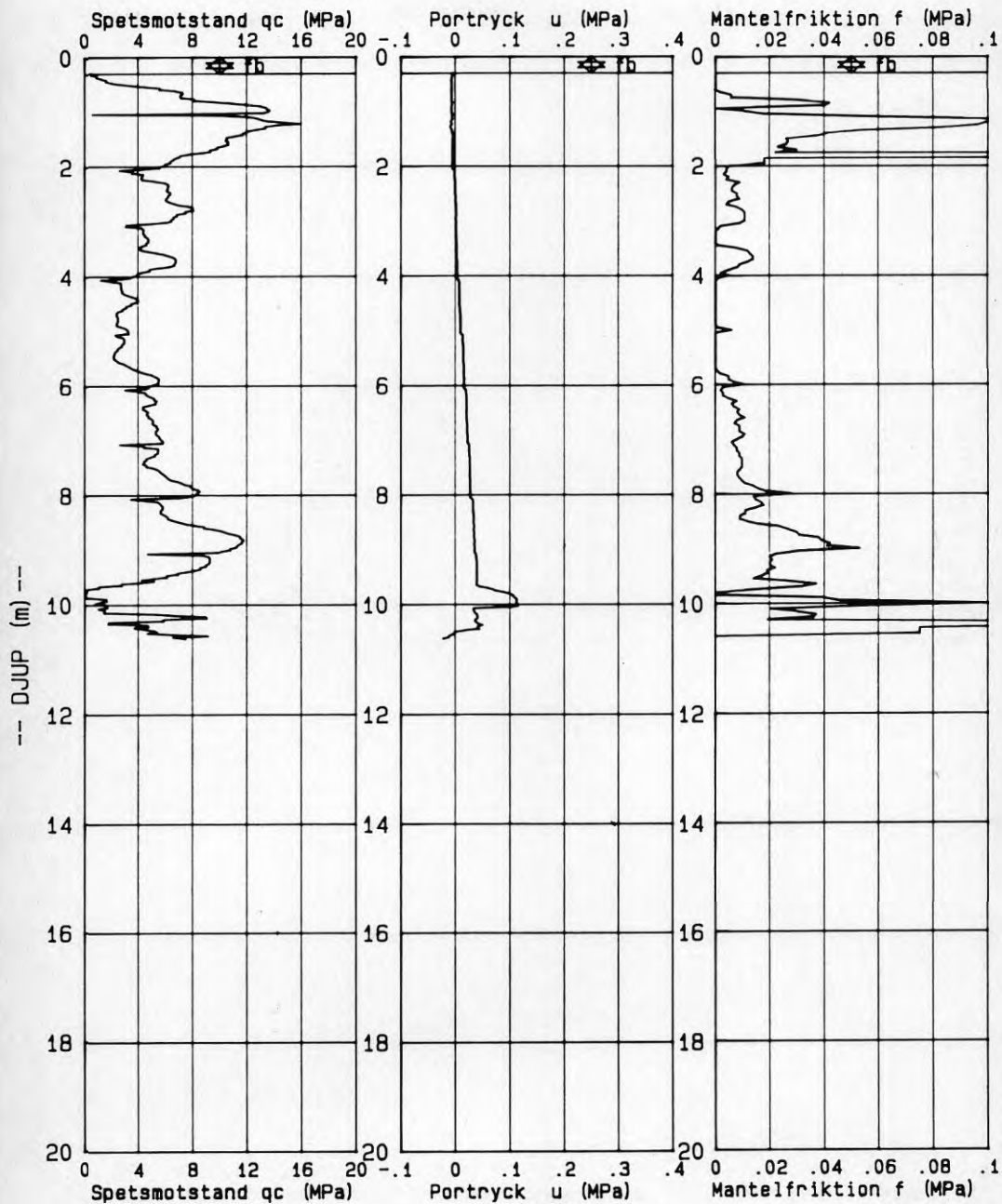
## TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: B7; 2

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB7; 2

Sond nr: 3053

Datum: 880111

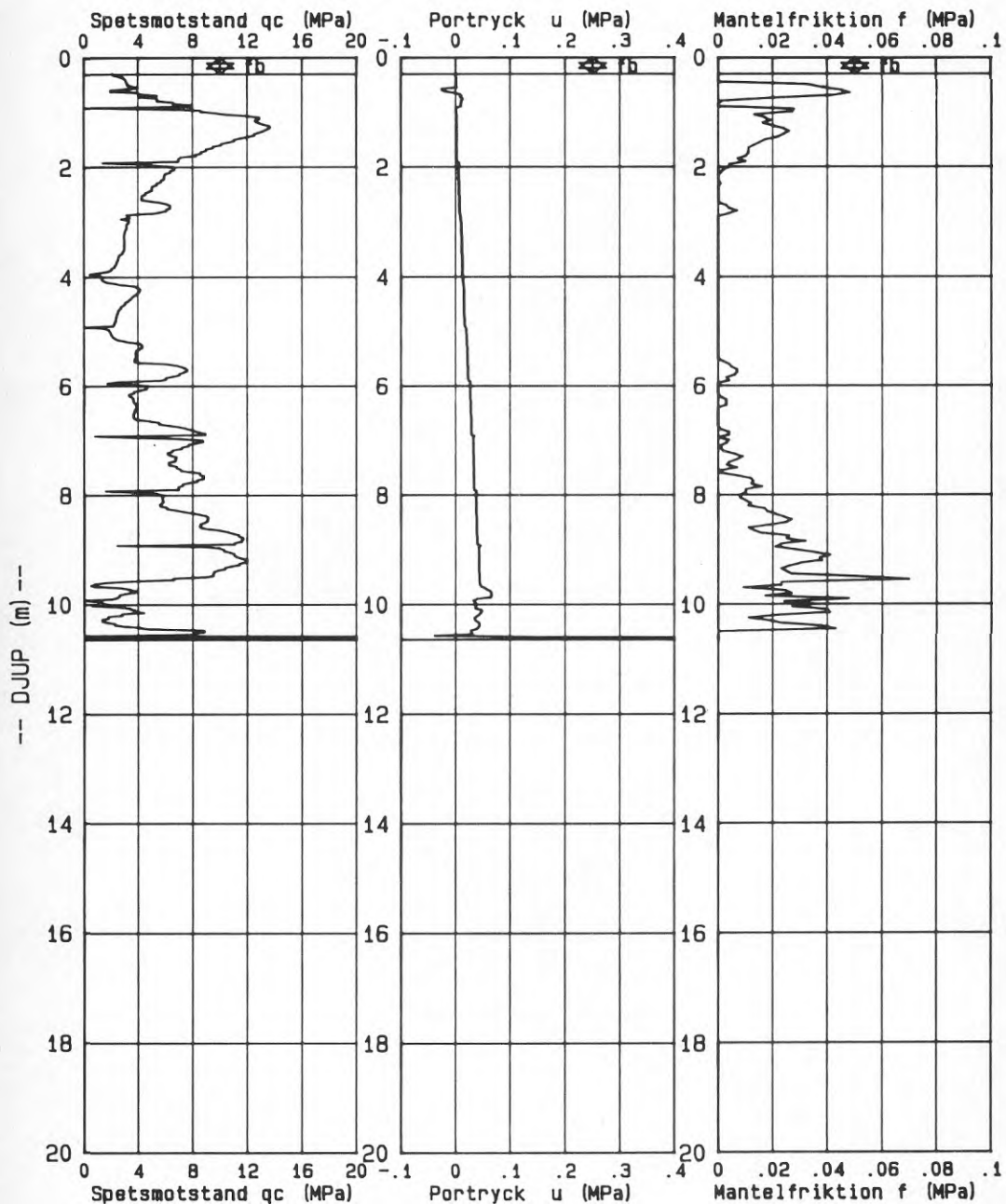
## TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: 88; 2

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFR88; 2

Sond nr: 3053

Datum: 880111

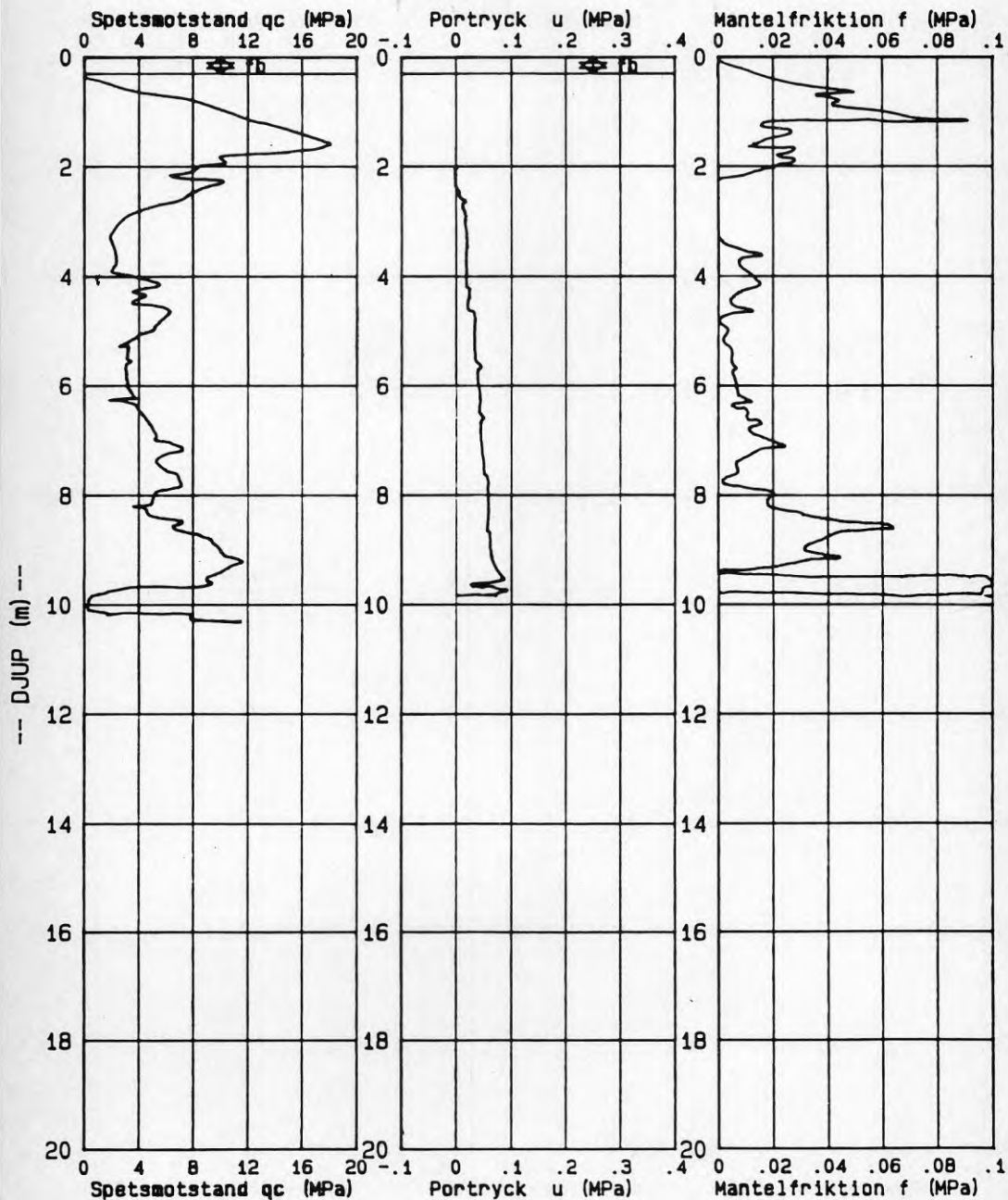
## TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: B10; 2

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB10; 2

Sond nr: 3053

Datum: 880111

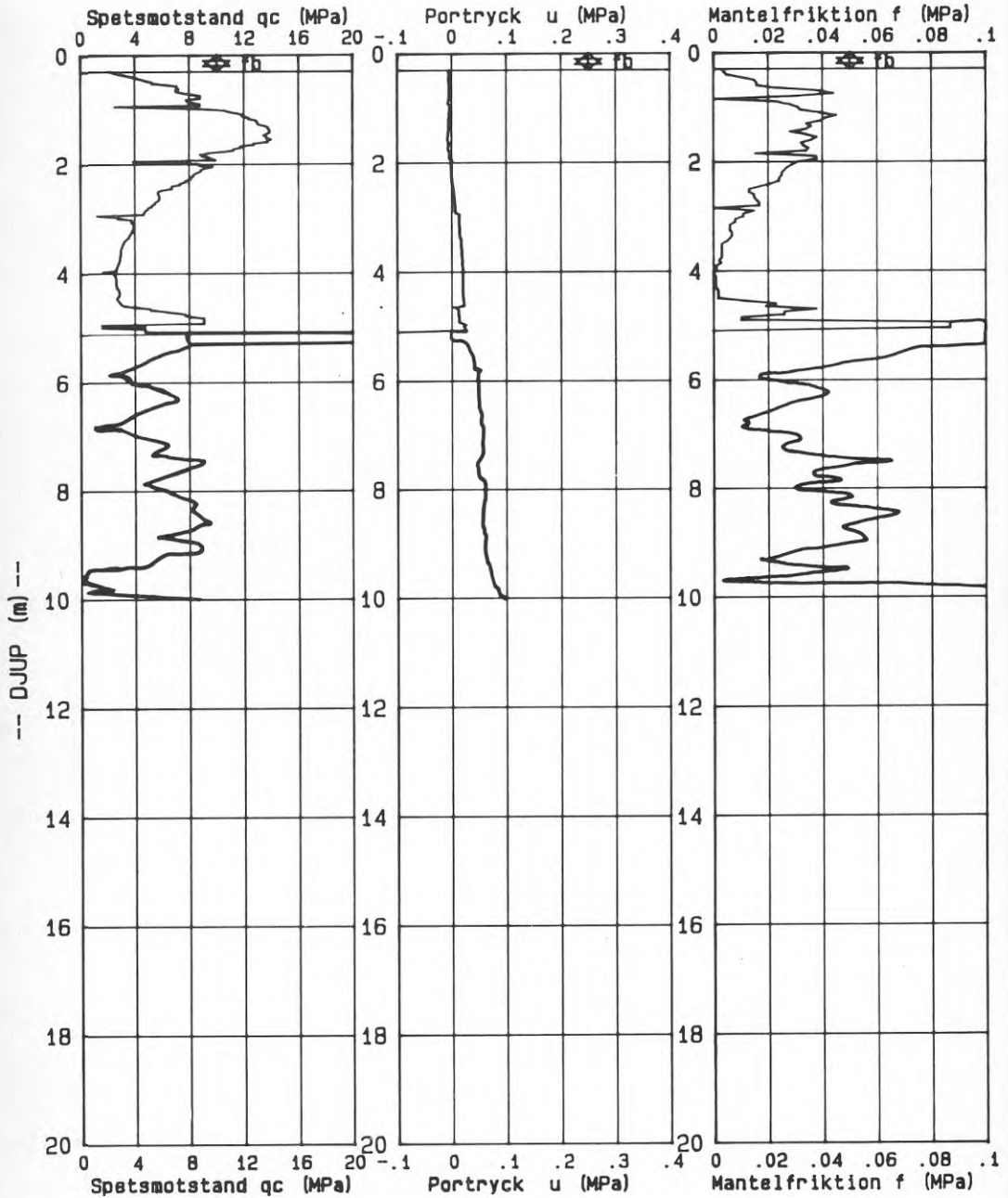
# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: B11; 2

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB11;2

Sond nr: 3053

Datum: 880111

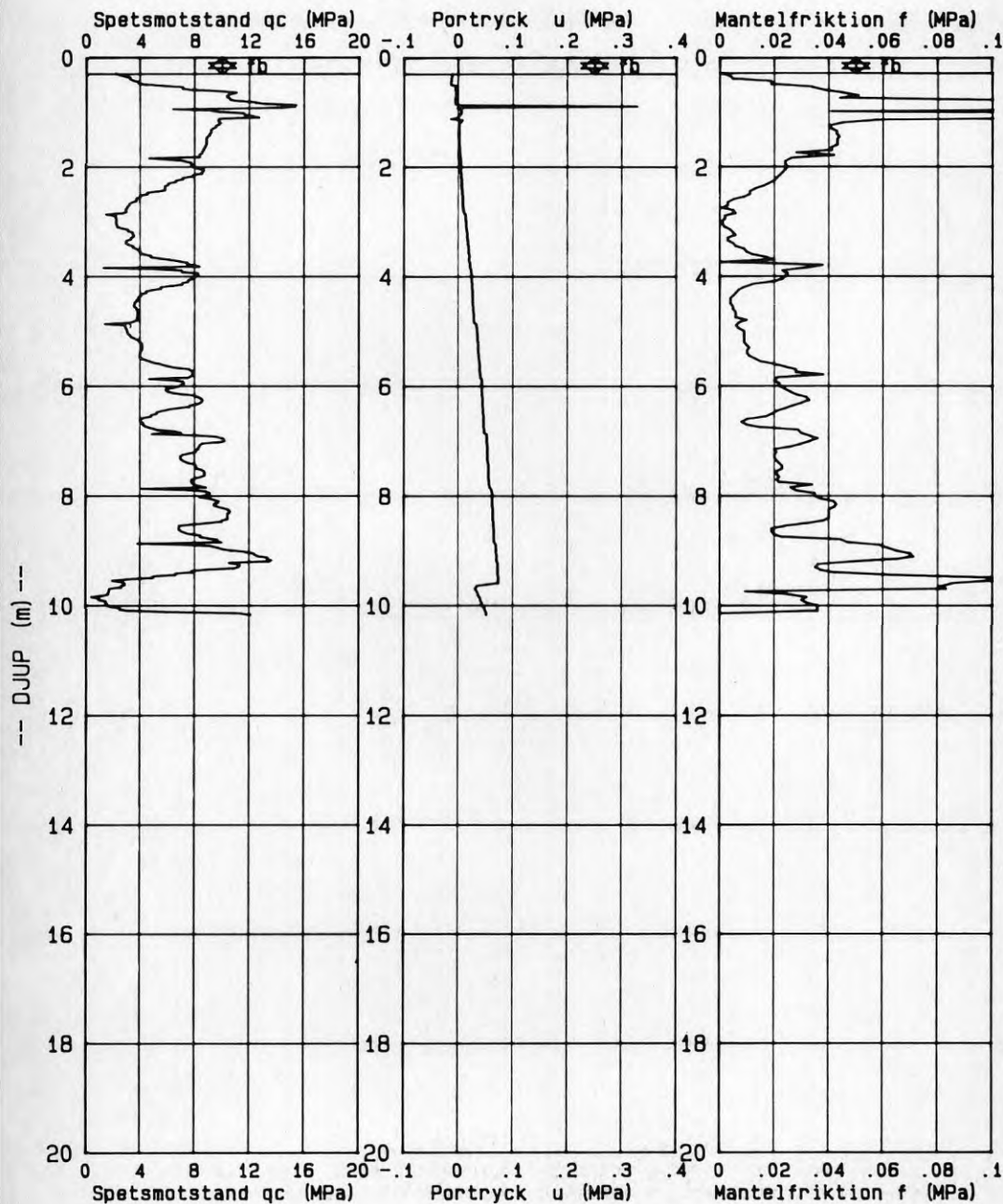
## TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: B12; 2

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB12; 2

Sond nr: 3053

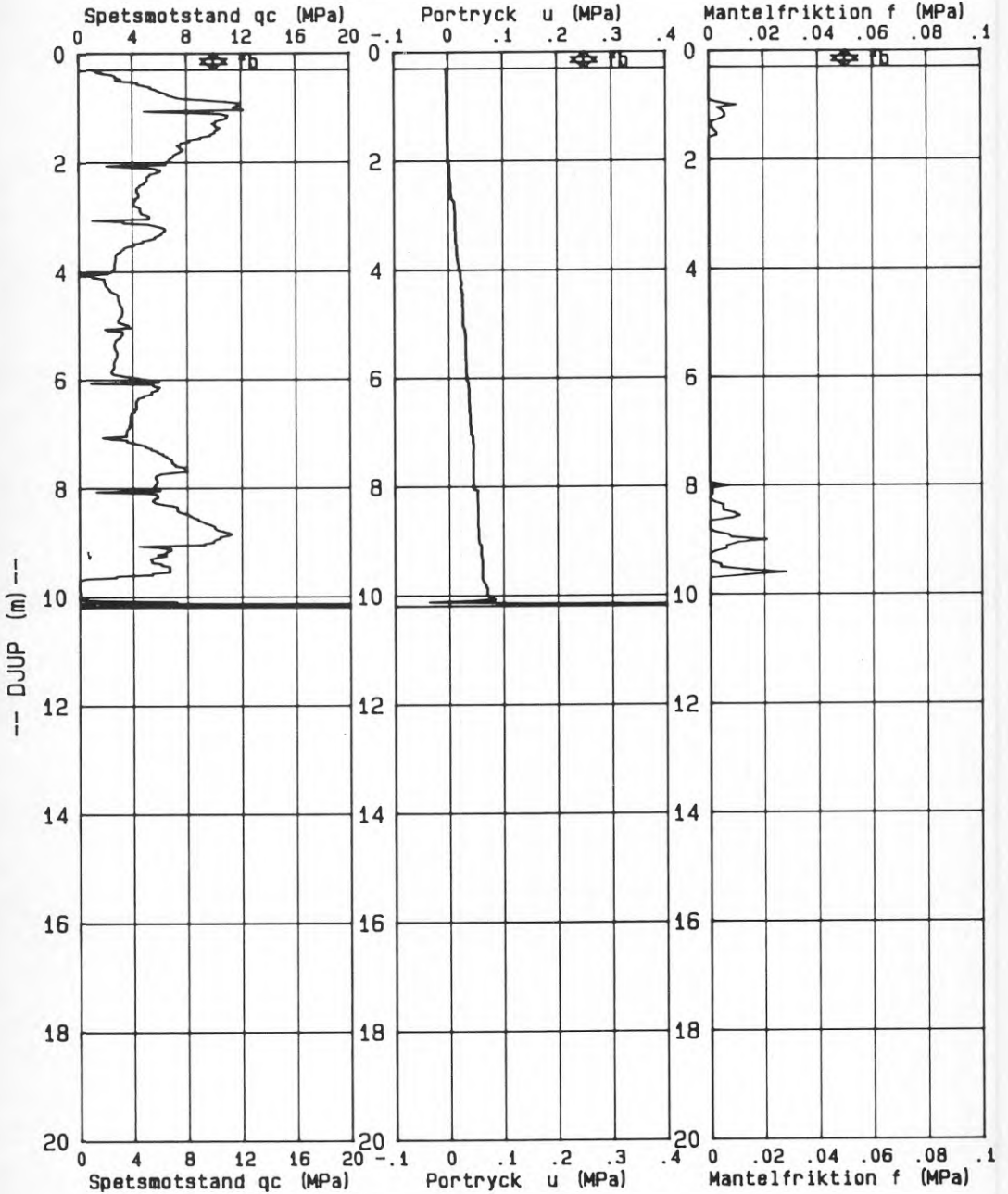
Datum: 880111

## TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B13; 2

Sida 1 av 1

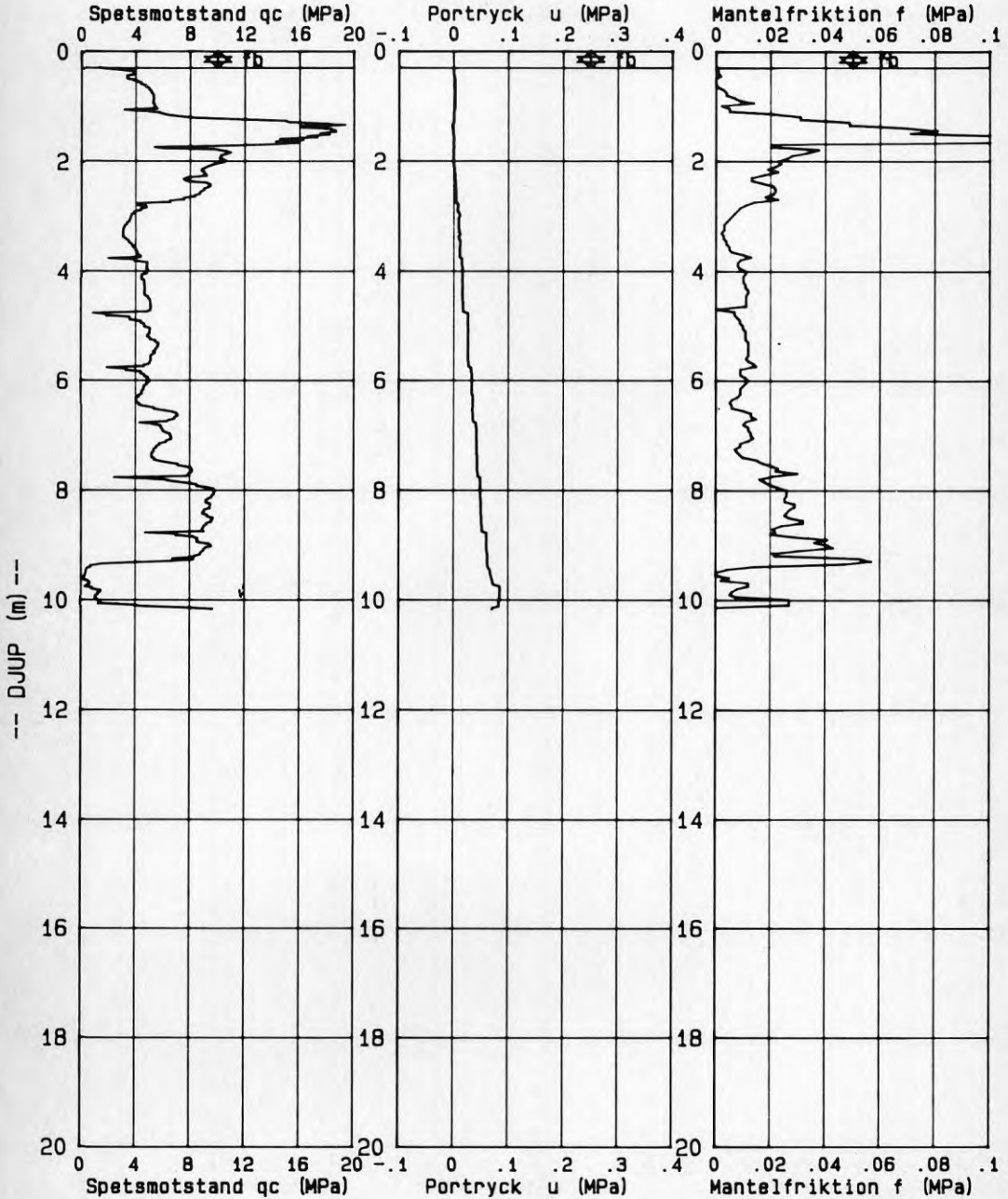




# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B14; 2  
Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB14; 2

Sond nr: 3053

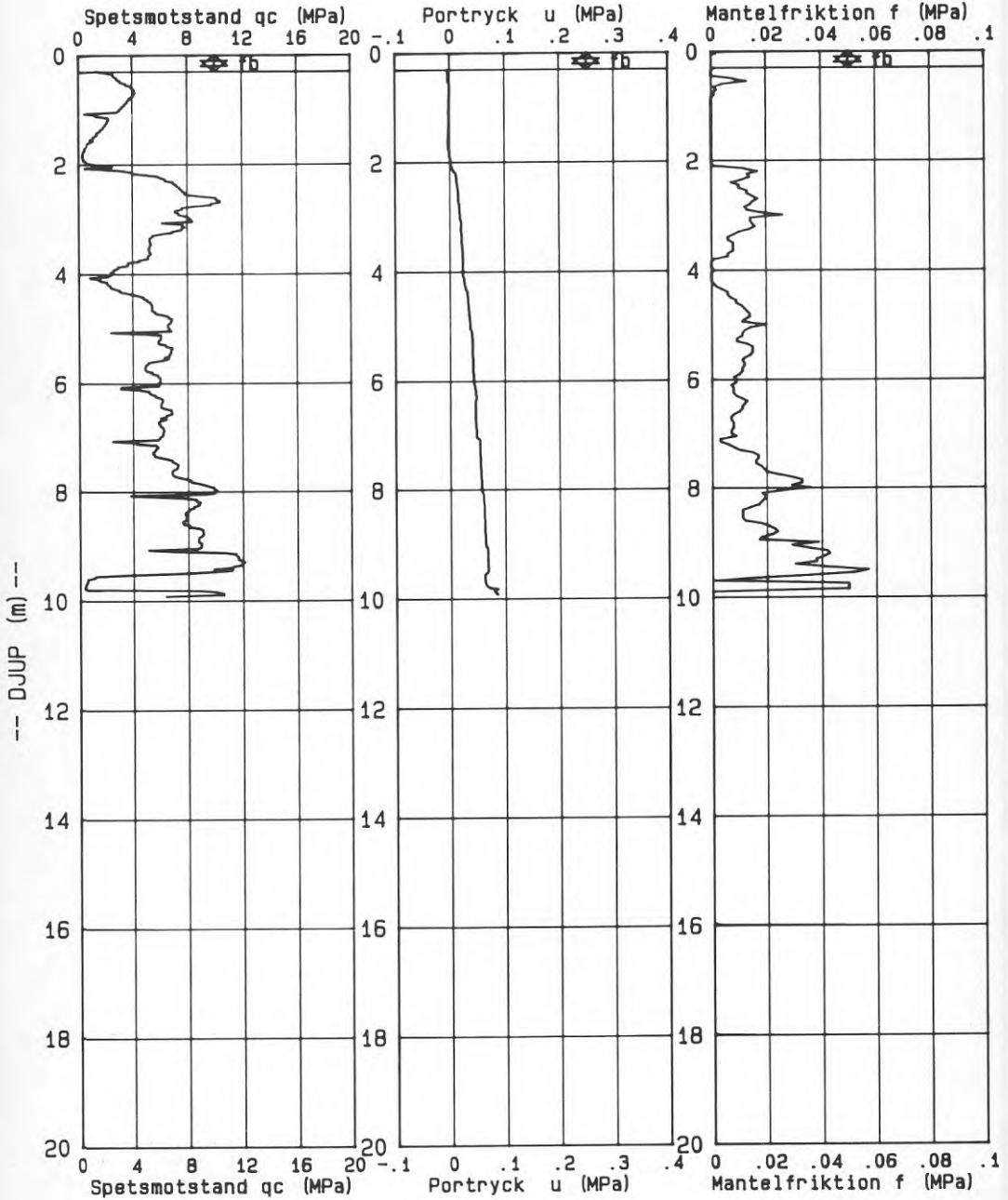
Datum: 880111

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B15; 2

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB15; 2

Sond nr: 3053

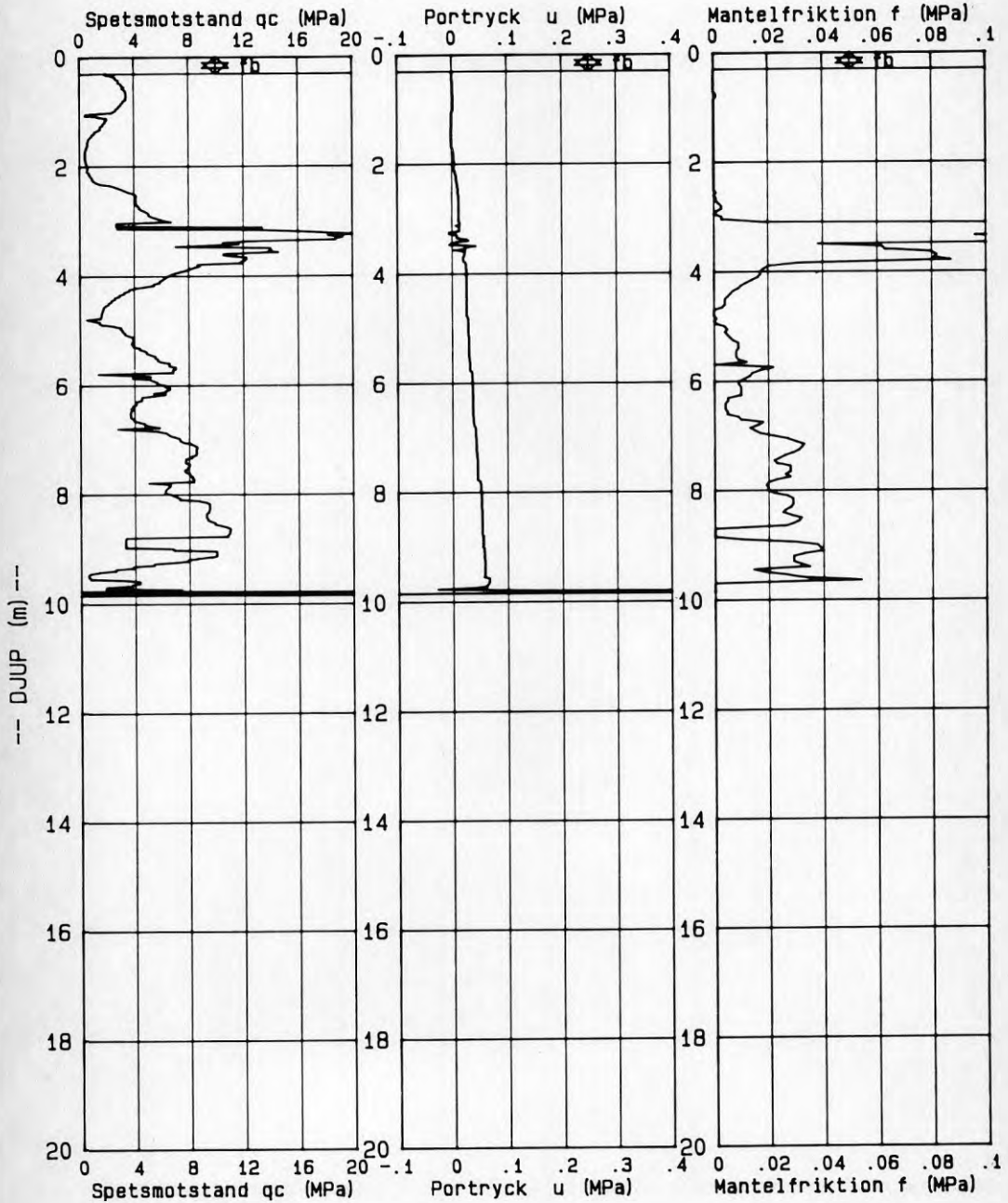
Datum: 880111

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B16; 2

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB16; 2

Sond nr: 3053

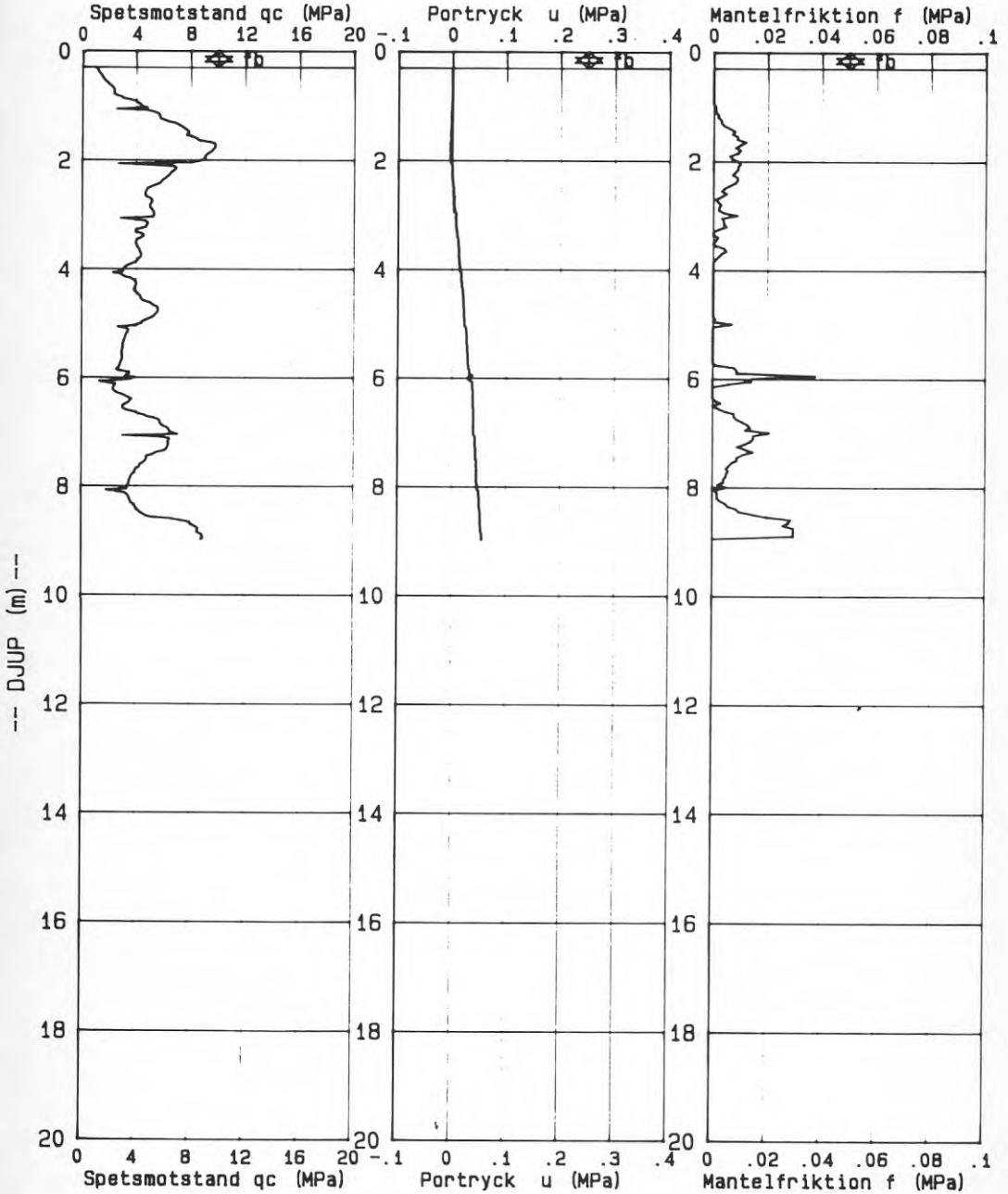
Datum: 880111

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B1; 3

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB1;3

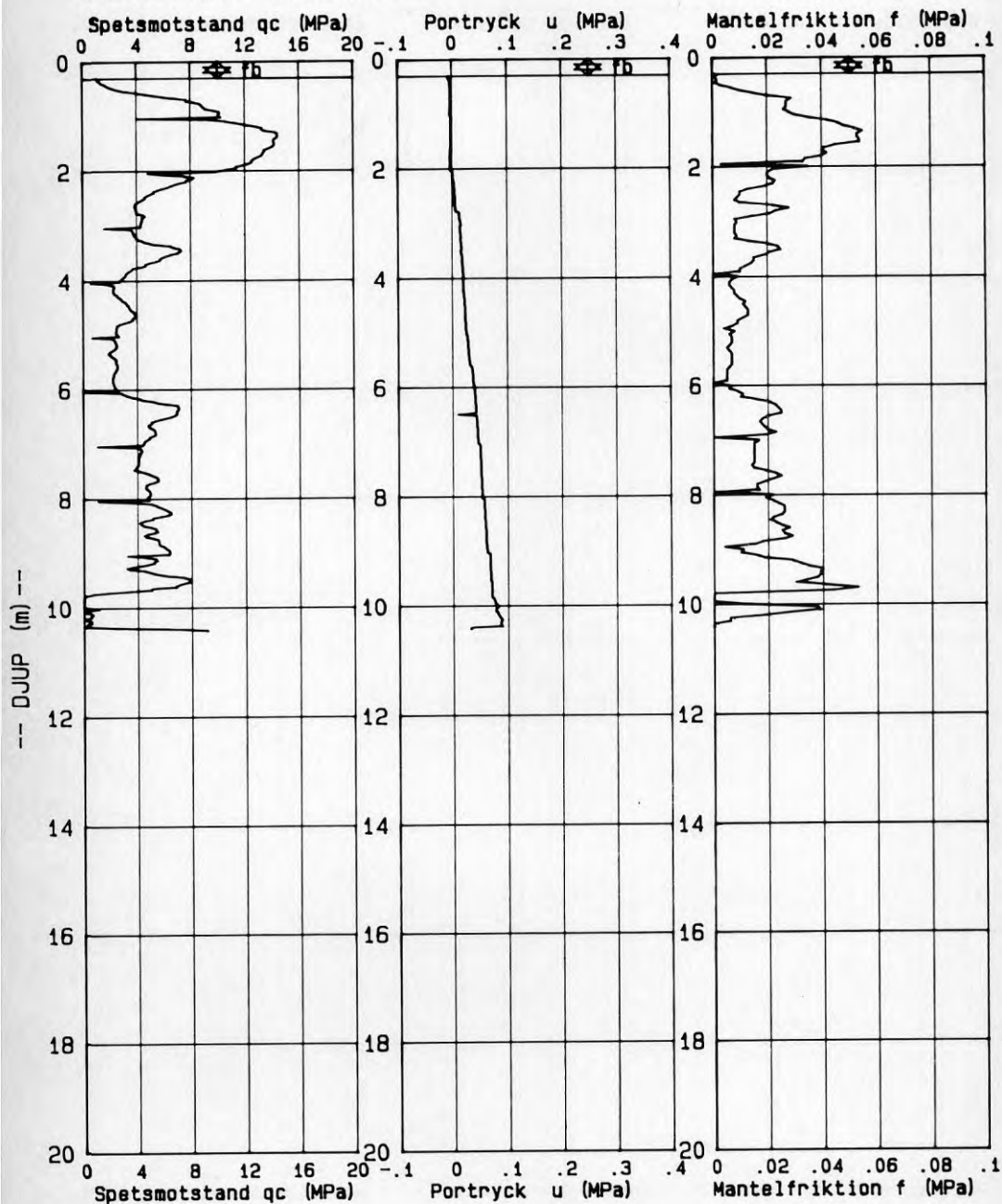
Sond nr: 3053

Datum: 880122

## TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B1-2; 3  
Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB1-2; 3

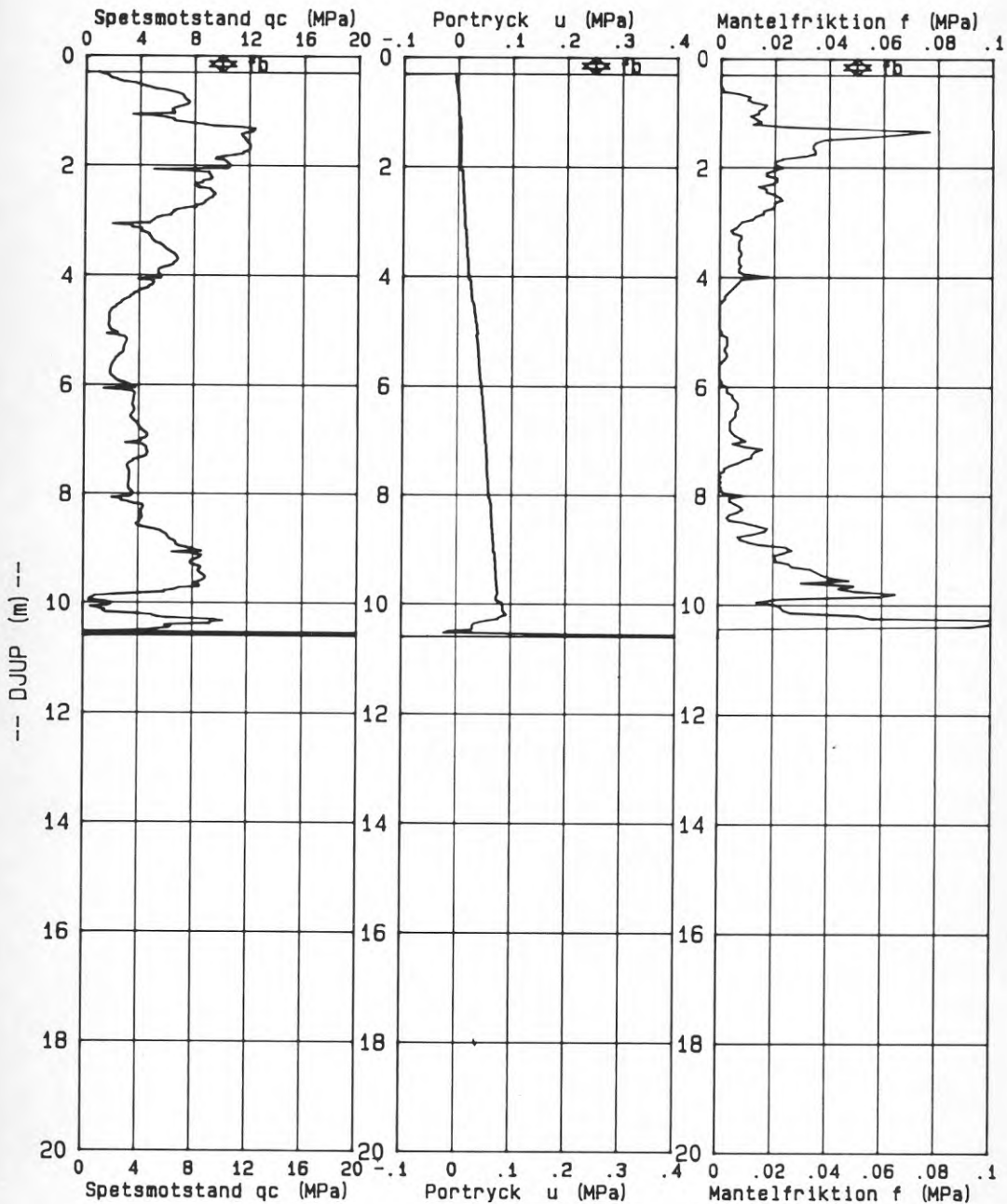
Sond nr: 3053

Datum: 880122

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B3-4; 3  
Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB3-4;3

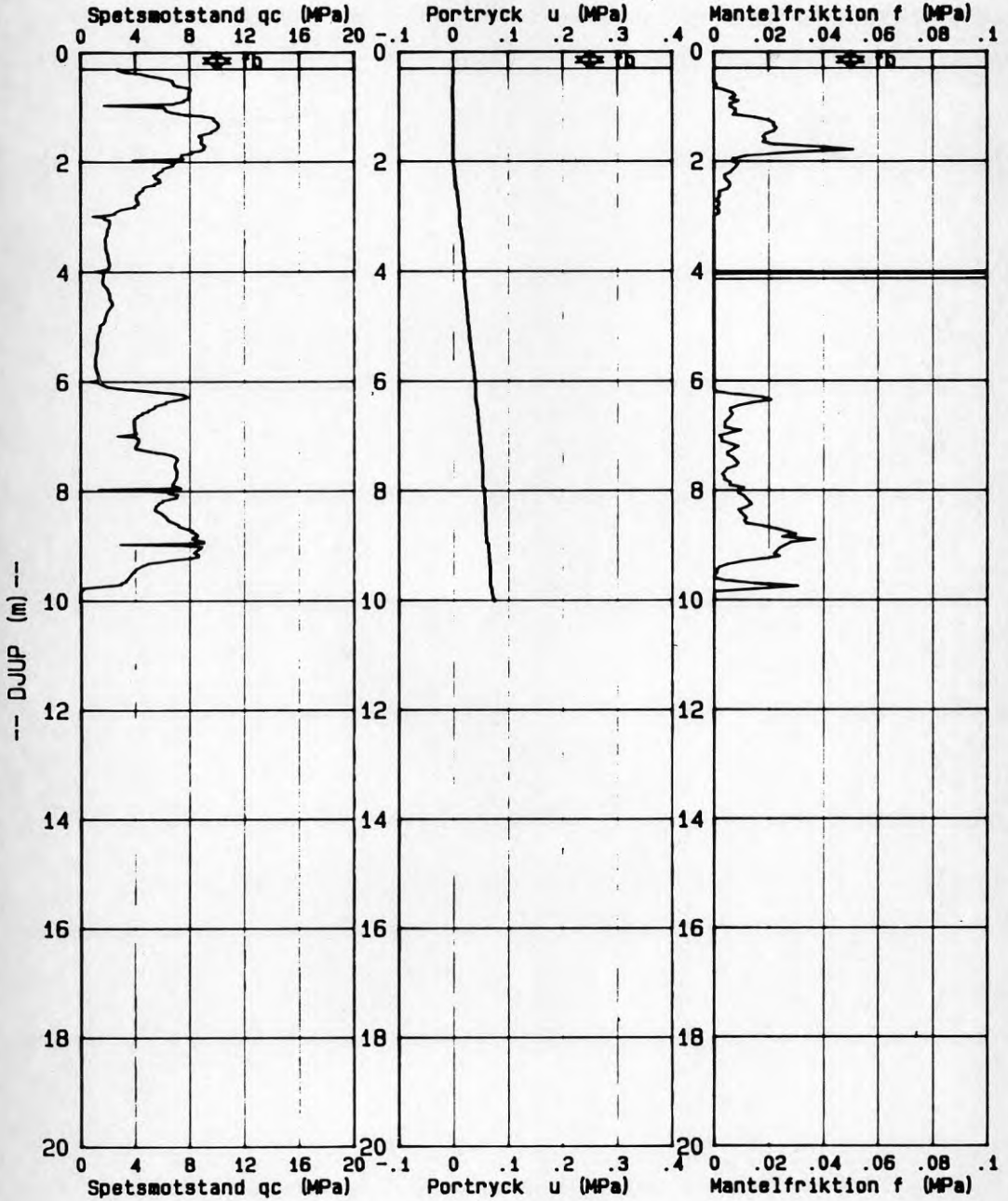
Sond nr: 3053

Datum: 880122

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B5-6; 3  
Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB5-6; 3

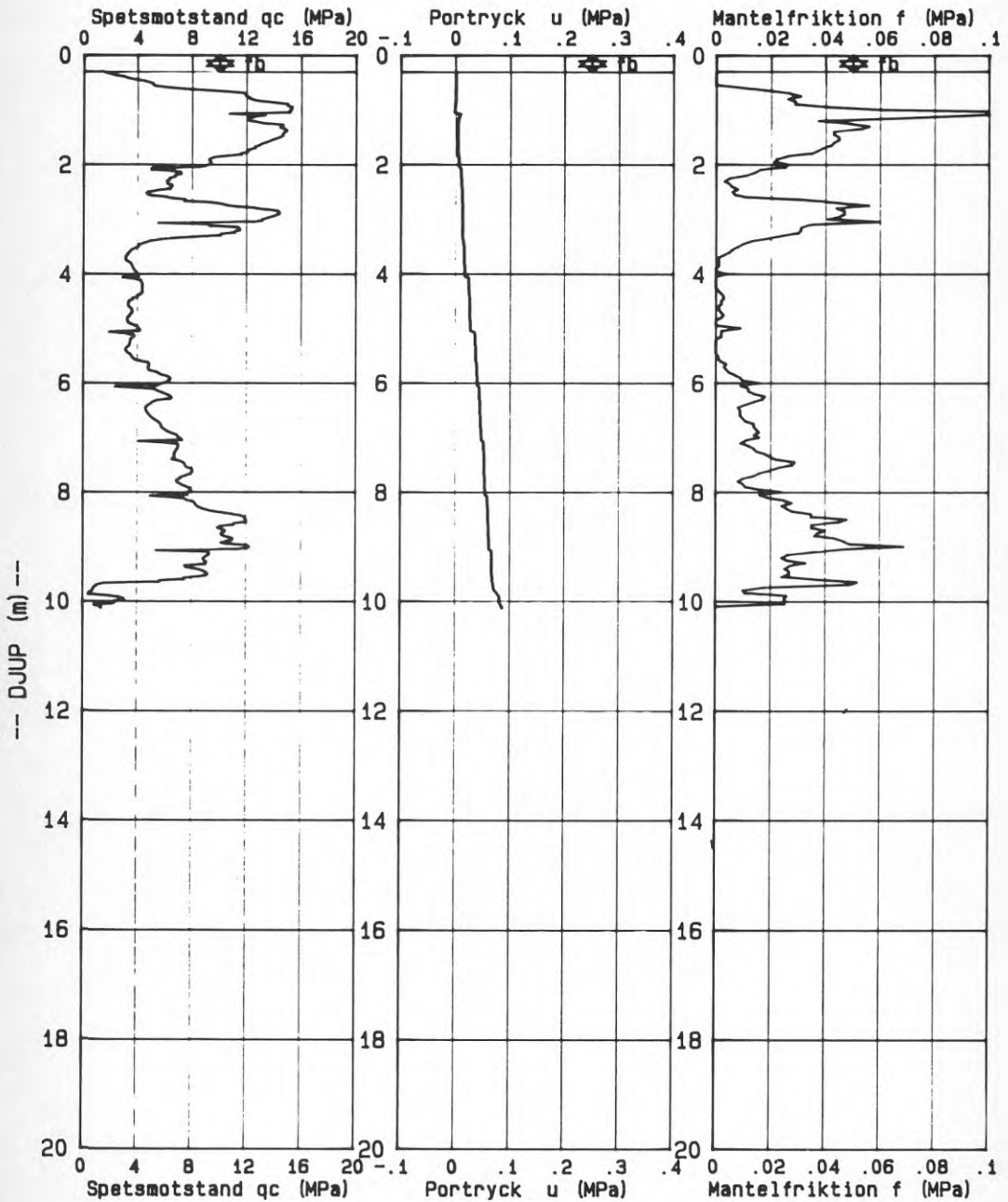
Sond nr: 3053

Datum: 880122

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B7-8; 3  
Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB7-8; 3

Sond nr: 3053

Datum: 880122



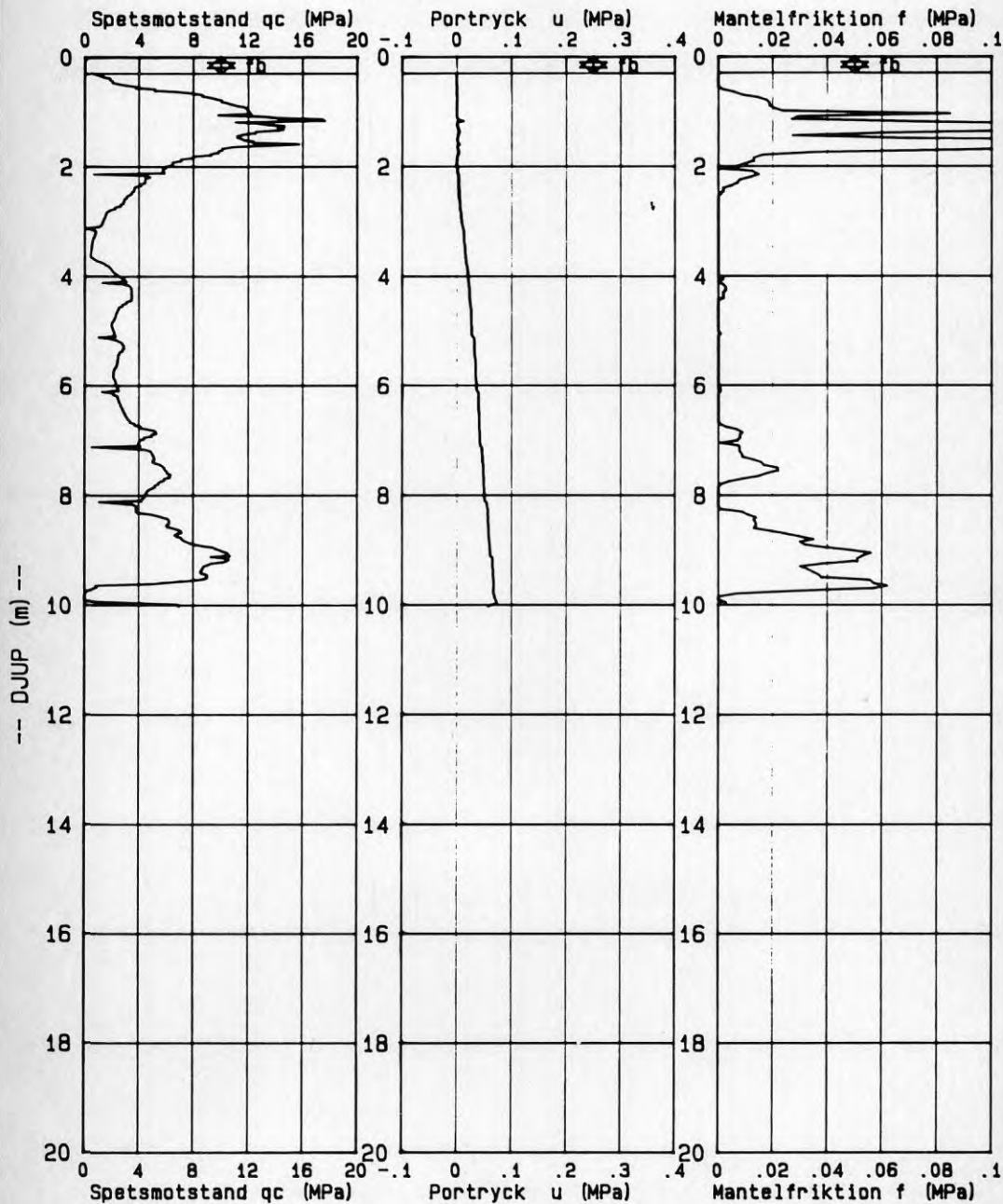
## TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: B9-10; 3

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB9-10; 3

Sond nr: 3053

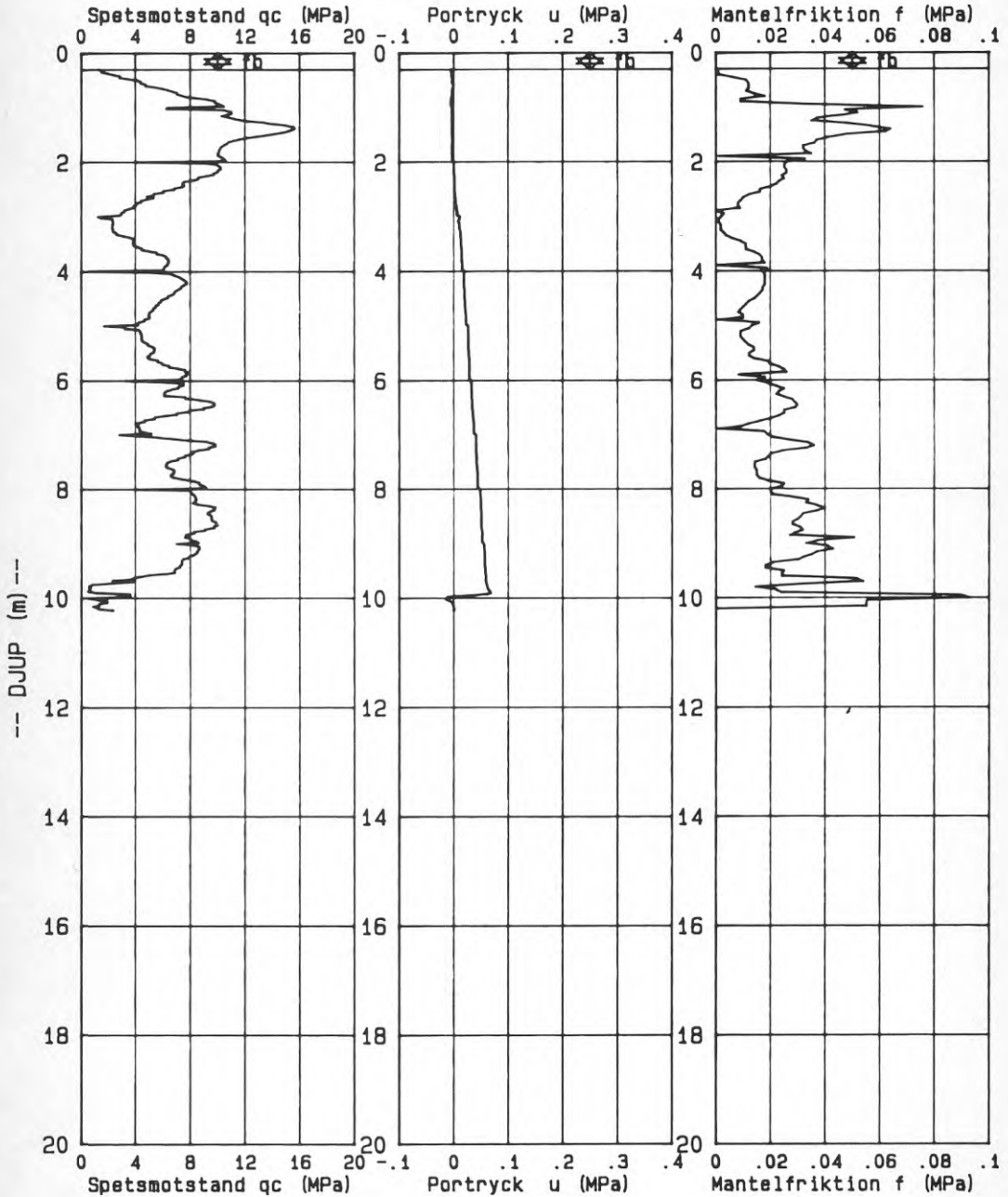
Datum: 880122

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B11-12; 3

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB11-12; 3

Sond nr: 3053

Datum: 880122

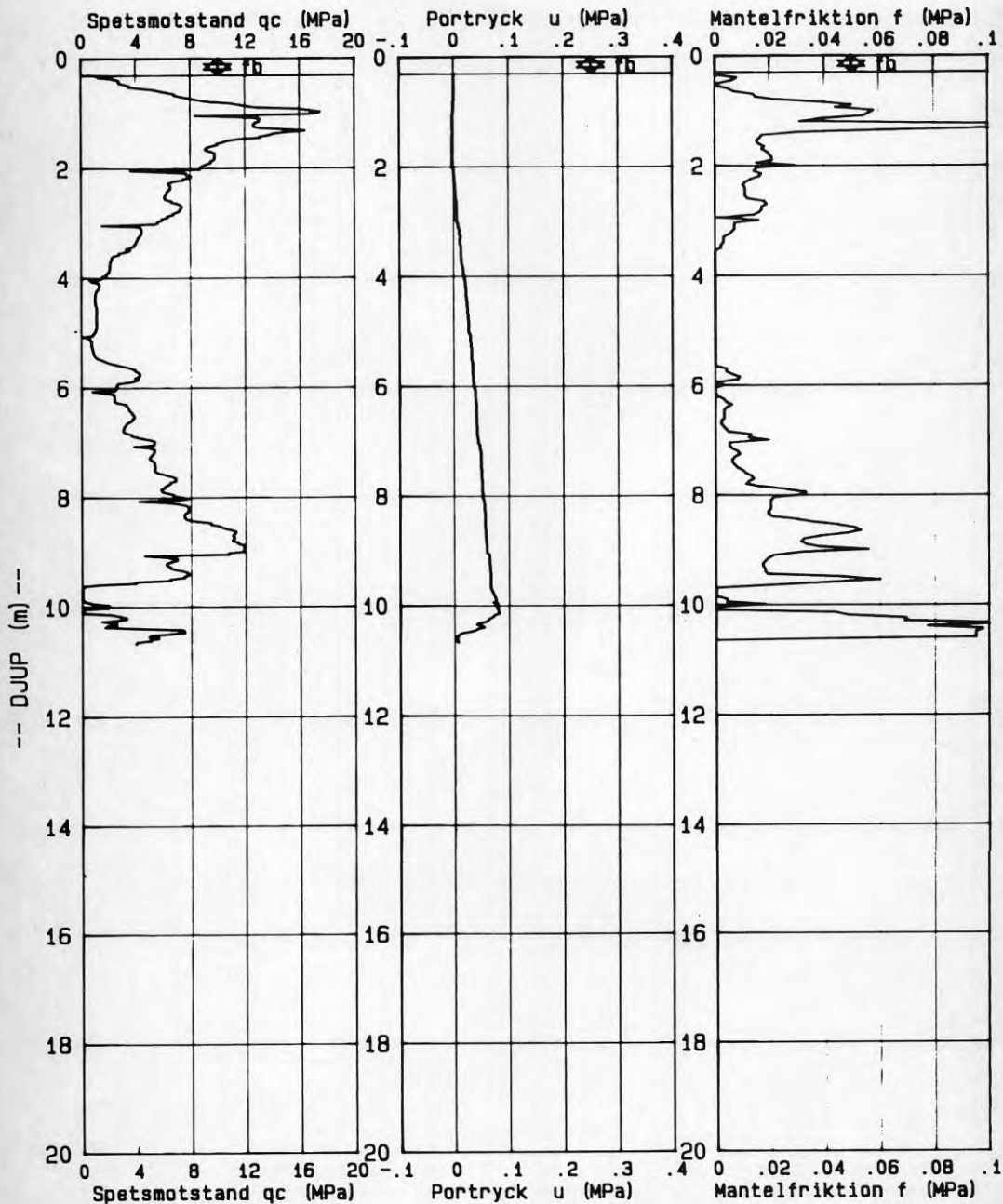
# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: B13-14; 3

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB13-14; 3

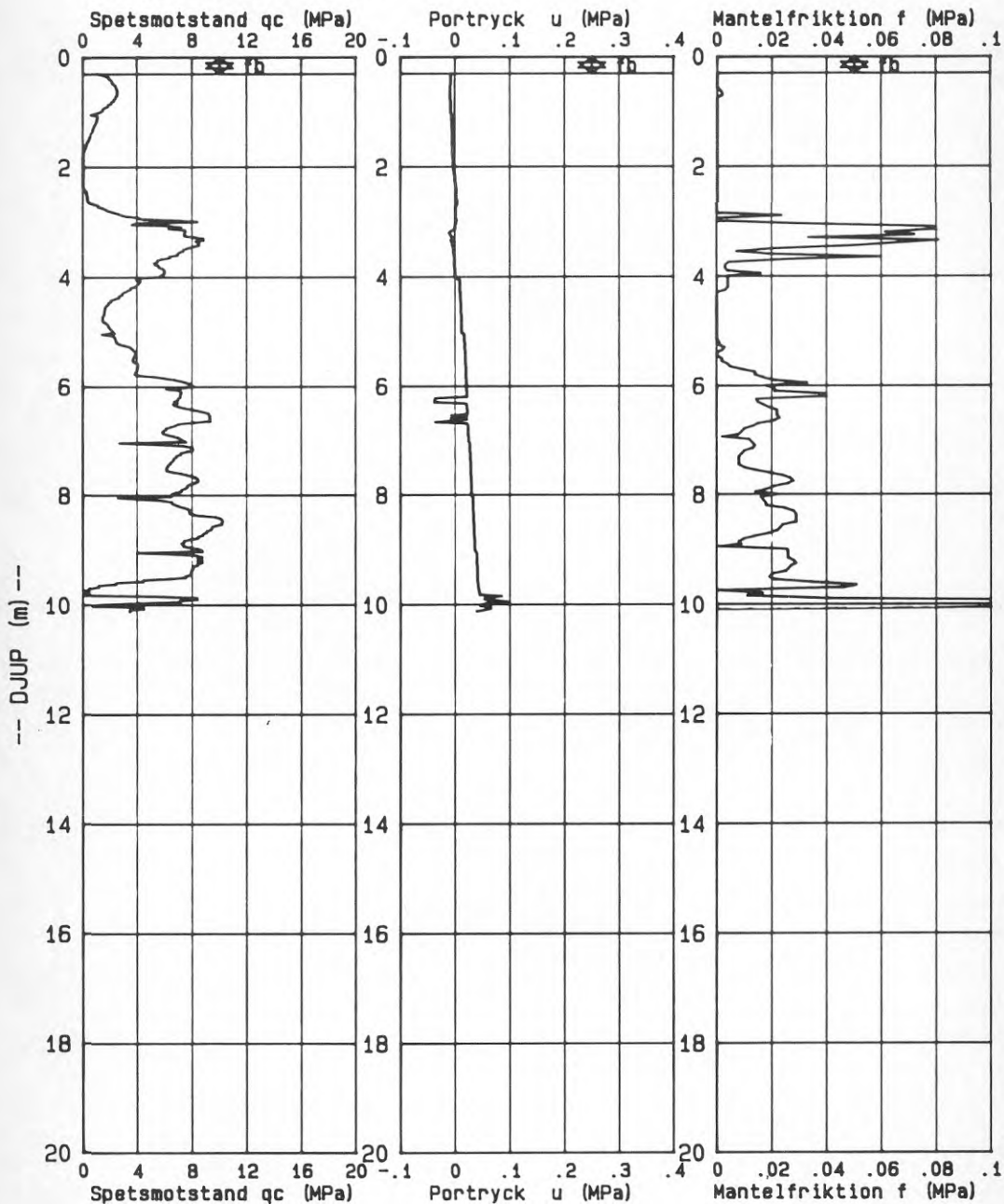
Sond nr: 3053

Datum: 880122

## TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B15-16; 3  
Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB15-16; 3

Sond nr: 3053

Datum: 880122

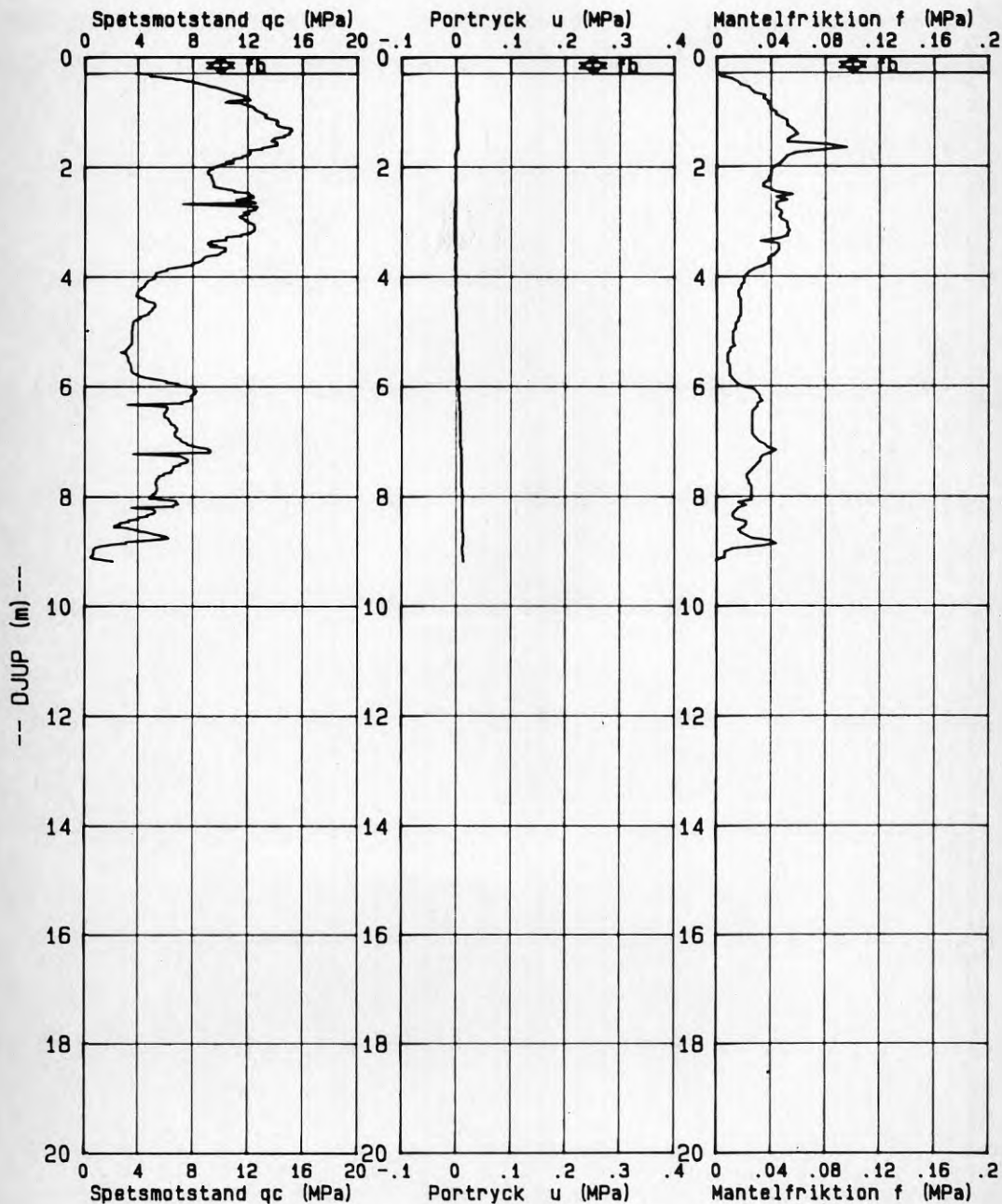
# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING

Bh.nr: B1; 4

Arbetsnummer: 7015 099

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB1; 4

Sond nr: 3053

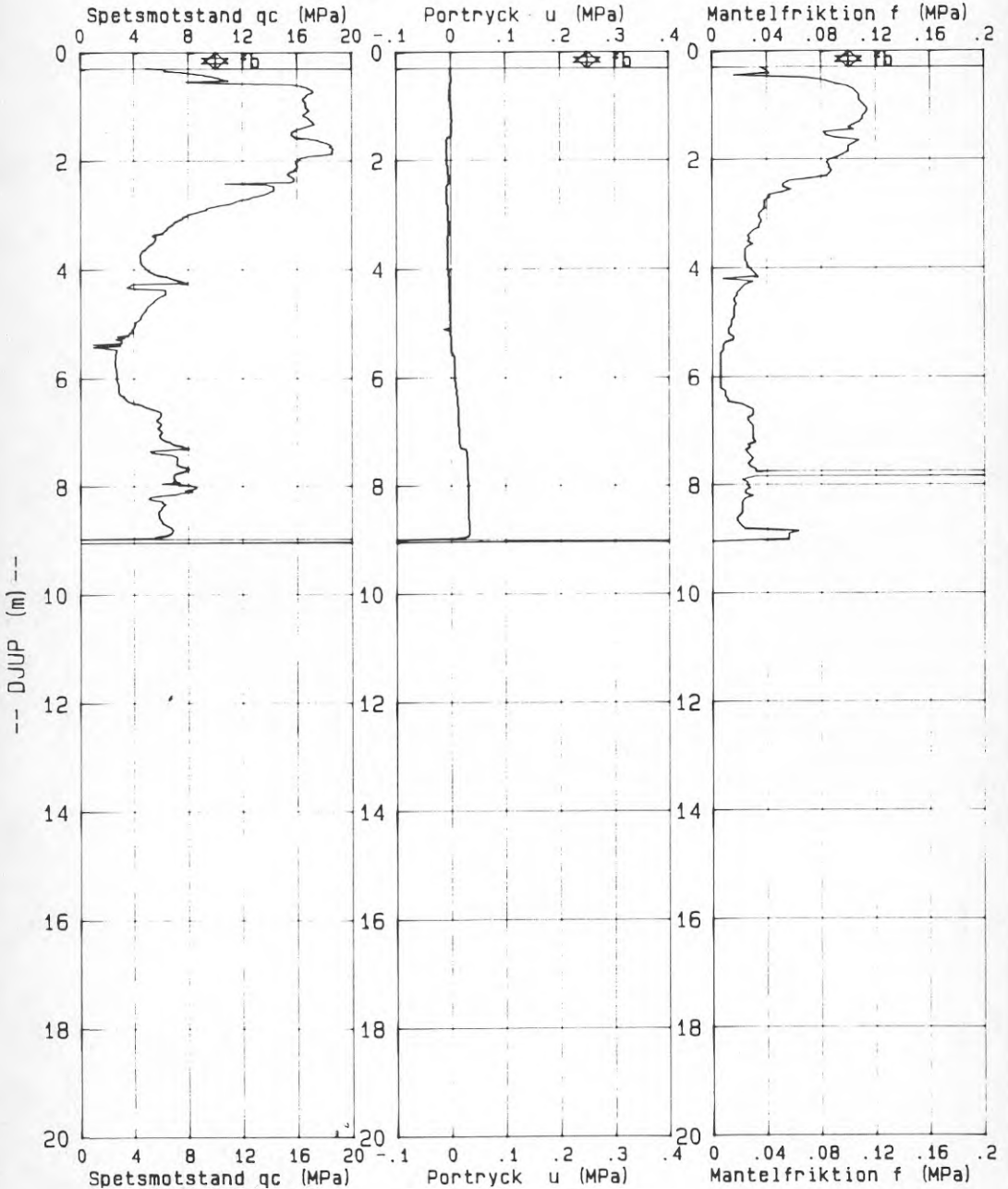
Datum: 880122

# TRE-KANALS CPT-SYSTEM

Projekt: BFR, INSPOLAD SANDFYLLNING  
Arbetsnummer: 7015 099

Bh.nr: B5; 4

Sida 1 av 1



Filnamn: BFRB5; 4

Sond nr: 3053

Datum: 880122

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 870942-0  
från Statens råd för byggnadsforskning till VBB AB,  
Malmö.

R48: 1989

ISBN 91-540-5033-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6709048

Abonnemangsgrupp:

R. Bygandets ekonomi och  
organisation

V. Anläggningsteknik

Z. Konstruktioner och material

Distribution:

Svensk Byggtjänst  
171 88 Solna

Cirka pris: 46 kr exkl moms