



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.



**Rapport**

**R31:1972**

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND  
SEKTIONEN FOR VÄG- OCH VATTEN  
BIBLIOTEKET

**Jordtryck mot källar-  
väggar. Resultat av  
fullskaleförsök**

**Bengt Broms**

**Sven-Erik Rehnman**

**Byggforskningen**

# Jordtryck mot källarväggar Resultat av fullskaleförsök

Bengt Broms & Sven-Erik Rehnman

Under senare år har ett flertal skador inträffat på jordtrycksbelastade källarväggar i småhus. Skadorna har i allmänhet uppstått när återfyllning kring husgrunderna utförts, eller när tunga maskiner körts för nära källarväggarna.

För att undersöka några av de faktorer som inverkar på jordtrycket mot källarväggar uppfördes ett speciellt provhus för jordtrycksmätningar. Mätväggen var en kraftigt armerad betongvägg med yt-måtten  $2,5 \times 6$  m. Jordtrycket mot väggen mättes i tre sektioner när återfyllningen utfördes. Väggen kunde stegvis roteras i riktning från återfyllningen med hjälp av två domkrafter, så att sambandet mellan jordtryck och väggrörelse kunde studeras.

Undersökningen har omfattat två olika material för återfyllning, nämligen grusig sand och mjällig finmo, vilka här benämns sand och silt.

## Beskrivning av mätväggen

Mätväggen utgjordes av en kraftigt armerad betongvägg, 6 m lång, 2,5 m bred och 0,23 m tjock, vilken var uppställd på en 0,1 m tjock bottenplatta av betong, FIGUR 1.

Väggen stöttades av en kraftig stålkonstruktion och kunde stegvis roteras med hjälp av två domkrafter. Mätväggen var försedd med tolv jordtrycksdosor av typ Glözl. Ytterligare fem tryckdosor placerades i bottenplattan så att vertikalitycket under återfyllningen kunde mätas. Jordtrycket kunde mätas med en noggrannhet av  $2 \text{ kN/m}^2$  och väggens rörelse med 0,05 mm noggrannhet.

Mätväggen behandlades med asfalt på utsidan, på samma sätt som för vanliga källarväggar. Vid några försök bekläddes mätväggen med 50 mm mineralullsskivor (Rockwool® markskiva 817).

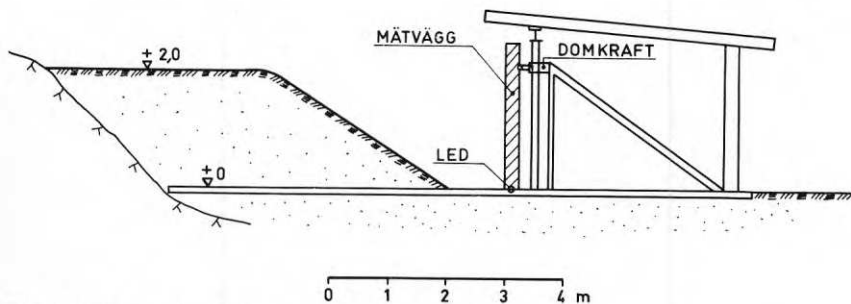


FIG 1. Mätväggens placering.

## Försöksprogram

Jämförande försök utfördes dels med löst återfyllt material, dels med material som packades i lager. Vid försöken med packad återfyllning användes för packningen en 400 kg vibratorplatta eller en 140 kg vibratorplatta (DYNAPAC® CM 20 eller DYNAPAC® CM 13). Återfyllningens skrymdensitet mättes i sex punkter med den s.k. vattenvolymetermetoden. Vid packad återfyllning kontrollerades dessutom homogeniteten genom vikt- och hejarsondering (10 kg hejare).

För att studera tillskotts jordtrycken, orsakade av koncentrerade laster på återfyllningens yta, kördes olika typer av lastmaskiner intill mätväggen. Det kvarstående jordtrycket, orsakat av återfyllning och belastning med lastmaskiner, kunde delvis reduceras genom stegvis rotation av mätväggen i riktning från återfyllningen. Jordtrycket mättes när mätväggen roterats 0,0005, 0,0001, 0,0002, 0,0005, 0,003 samt 0,02 radianer.

Inverkan av regnvatteninfiltration på jordtrycket studerades genom att sprida vatten på återfyllningens överyta ( $4 \times 6$  m). Infiltrationsförsöket utfördes endast vid löst återfyllt sand.

Försöken avslutades med en serie långtidsmätningar för att studera jordtryckets förändring med tiden. Som återfyllningsmaterial användes löst utfylld silt. En tredjedel av mätväggen var täckt med mineralullsskivor. Förutom jordtrycket och väggrörelsen, mättes sättningen i återfyllningen samt vattenhalten.

## Försöksresultat

### Lös återfyllning

Skillnaden i jordtryck mellan de tre instrumenterade sektionerna var liten, vilket tyder på att inverkan av ändytorna kan försummas vid redovisningen av

# Bygghorsningen Sammanfattningar

R31:1972

Nyckelord:

jordtryck, källarväggar (småhus), fullskaleförsök

Rapport R31:1972 avser anslag C 500 från Statens råd för byggnadsforskning till Statens geotekniska institut, Stockholm.

UDK 624.131.53  
69.022.2:728.3  
SfB A (21)  
ISBN 91-540-2052-2

Sammanfattning av:  
Broms, B & Rehnman, S-E, 1972, *Jordtryck mot källarväggar. Resultat av fullskaleförsök*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R31:1972, 132 s., ill. 24 kr.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:  
Svensk Byggtjänst  
Box 1403, 111 84 Stockholm  
Telefon 08-24 28 60  
Grupp: konstruktion

resultaten. Det uppmätta jordtrycket i löst utfylld sand och silt ökade i stort sett linjärt med djupet. Jordtrycks-koefficienten, definierad som förhållandet mellan uppmätt horisontellt och beräknat vertikalt verkande jordtryck, blev 0,35 för sand och 0,30 för silt. Ingen påtaglig skillnad i uppmätta jordtryck observerades vid försöken med mineralullsskivorna.

### Packad återfyllning

Jordtrycket i packad återfyllning av sand blev i stort sett rektangulärt fördelat med en maximal intensitet av 5 kN/m<sup>2</sup> när 140 kg vibratorplattan användes, FIGUR 2. Det uppmätta jordtrycket blev således något lägre än det som erhöles vid lös återfyllning, vilket delvis torde bero på en liten rörelse hos mätväggen vid packningen. Rörelsen var mycket liten — 0,7 mm på 2 m höjd över bottenplattan, vilket är mindre än för en normal källarvägg.

Det siltiga materialet packades i 0,2 m lager med 400 kg vibratorplattan. Härvid uppmättes det största jordtrycket mot mätväggen (5–10 kN/m<sup>2</sup>), strax under det lager som senast packats. När ytterligare lager sedan lades ut och packades, minskade jordtrycket på lägre nivåer på grund av mätväggens deformation. Efter avslutad återfyllning och packning uppmättes jordtrycket till ca 10 kN/m<sup>2</sup> närmast markytan och avtog med djupet. Den horisontella deformationen av mätväggen 2 m över bottenplattan blev ca 1,5 mm, vilket motsvarar en rotation av 0,0008 radianer.

### Jordtryck orsakat av punktbelastning

Jordtrycksökning orsakad av punktbelastning undersöktes genom att köra fram olika typer av hjullastare intill mätväggen. Uppmätt jordtrycksökning överensstämde relativt väl med beräknad jordtrycksökning (x2) enligt Boussinesques spänningsekvation. Den kvarstående jordtrycksökningen sedan maskinerna avlägsnats blev relativt stor och uppmättes till ca 60 % av ökningen vid belastning.

### Rotation av mätväggen

Jordtrycket mot mätväggen reducerades avsevärt när väggen roterades i riktning

från återfyllningen. En rotation av 0,0005 radianer fordrades för att erhålla aktivt jordtryck i löst utfylld sand. Motsvarande värde för packad sand blev 0,0001 till 0,0002 radianer. Vid löst återfylld silt fordrades en rotation av 0,0001 radianer för att erhålla aktivt jordtryck.

Försöksresultaten tyder på att det är möjligt att tillfälligtvis stötta upp en källarvägg vid t.ex. packning eller när stora laster verkar i närheten av väggen. De stora kvarstående jordtrycken som då byggs upp kan avsevärt reduceras genom att man låter väggen röra sig inåt några mm när stöttorna tas bort.

### Långtidsmätningar

Långtidsmätningar utfördes mellan den 17 augusti 1969 och den 1 juni 1970. Återfyllningen utgjordes av löst återfylld silt. En tredjedel av mätväggen var täckt med 50 mm mineralullsskivor. Under hösten uppmättes relativt små förändringar av jordtrycket. När återfyllningen började frysa, ökade jordtrycket påtagligt mot de oisolerade delarna av mätväggen. På vissa nivåer uppmättes en jordtrycksökning av 40 till 50 kN/m<sup>2</sup>. När jorden tinat upp på våren 1970 uppmättes ett lägre jordtryck än vad som uppmätts i samband med återfyllningen. Försöksresultaten visar också, att jordtrycksökningen under vintern blev mindre mot den isolerade delen av mätväggen än mot den oisolerade, beroende på skivornas värmeisolerande förmåga och kompressibilitet.

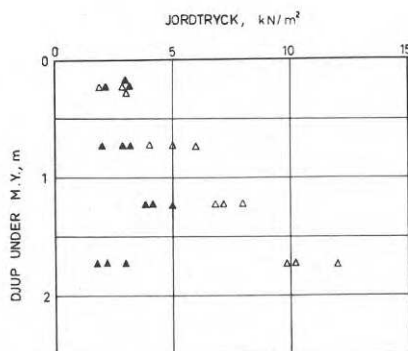


FIG 2. Uppmätt jordtrycksfördelning i sandåterfyllning.  $\Delta$ , löst återfylld;  $\blacktriangle$ , packad (93 % packningsgrad, 140 kg vibratorplatta, 20 cm lagertjocklek).

# Lateral pressures on basement walls Results from full-scale tests

Bengt Broms & Sven-Erik Rehnman

Several fatal accidents have occurred in Sweden during the last few years due to the placing of back fill behind basement walls in one-family houses or when heavy machines or trucks have come too close to such walls. In order to investigate the factors which affect the lateral earth pressures an experimental reinforced concrete wall with the dimensions 2.5 by 6 m was constructed, FIGURE 1. The earth pressures on the wall were measured at three sections by earth pressure cells as the back fill was placed. The wall could be rotated away from the fill by hydraulic jacks so that the relationship between the rotation of the wall and the lateral earth pressure also could be studied. Two different back fill materials were investigated, namely a gravelly sand and a sandy silt.

## Description of test wall

The load tests were carried out in a sand pit located in the southern part of Stockholm, Sweden. A 6.0 m long and 2.5 m high heavily reinforced concrete wall with a thickness of 0.23 m was constructed for these tests. The wall was built on a 0.10 m thick reinforced concrete slab which extended 6 m from the wall as illustrated in FIGURE 1. The wall, which was hinged at the bottom, was supported laterally by a rigid steel frame. The wall could be rotated about its base by two hydraulically operated rams. The wall was provided with twelve hydraulically operated earth pressure cells of the Glötzl type. The earth pressure could be measured with an accuracy of 2 kN/m<sup>2</sup>. Five additional earth pressure cells were mounted in the bottom slab so that the distribution of the overburden pressure under the back fill could be measured. The lateral displacement of the wall could be determined with an accuracy of 0.05 mm by twelve dial indicators which were mounted on a separate steel frame attached to the bottom slab.

The concrete wall was on the outside coated with asphalt in the same way as

the tests the surface of the wall was covered by 50 mm thick Rockwool® isolation mats.

## Test program

The back fill material was either placed loosely behind the wall without compaction or it was compacted in layers by a vibratory plate compactor. For the test series with compacted fills the soil was compacted in layers by either a 400 kg or a 140 kg vibratory plate compactor (DYNAPAC® CM 20 or DYNAPAC® CM 13). The unit weight of the back fill material was measured at six points by the water volumeter method. The uniformity of the compacted back fill after the fill had reached its full height was checked by soundings with the Swedish weight penetrometer and with the light German ram penetrometer.

The lateral earth pressure caused by large concentrated loads on the surface of the fill was investigated by driving heavy wheeled front loaders on the completed back fill close to the wall.

The lateral earth pressures which developed during the compaction of the back fill or remained after the wheel loaders were removed could partly be released by rotating the wall around its base away from the fill. The earth pressures were measured after the wall had rotated 0.00005, 0.0001, 0.0002, 0.0005, 0.003, and 0.02 radians.

The effects of infiltration of rain water on the lateral earth pressures were studied by sprinkling water on the surface of the fill over a 4 m by 6 m area. The infiltration tests were carried out only on a back fill of gravelly sand which had been loosely placed behind the wall.

One series of tests were carried out with the sandy silt to investigate the change in lateral earth pressure which takes place with time. In this test series one third of the wall was covered by 50 mm thick Rockwool® mats. The back fill material was placed behind the wall without compaction to a height of 2.2 m. The settlements, and the changes of

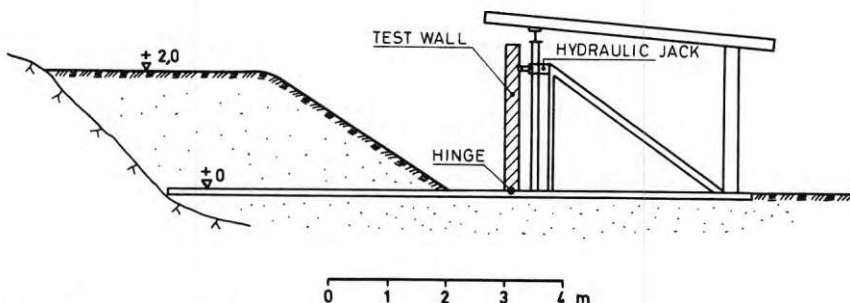


FIG 1. Location of test wall.

## National Swedish Building Research Summaries

R31:1972

### Key words:

earth pressures, basement walls (one-family houses), full-scale tests

Report R31:1972 has been supported by Grant C 500 from the Swedish Council for Building Research to the Swedish Geotechnical Institute, Stockholm.

UDC 624.131.53  
69.022.2:728.3  
SfB A (21)  
ISBN 91-540-2052-2

### Summary of:

Broms, B & Rehnman, S-E, 1972, *Jordtryck mot källarväggar. Resultat av fullskaleförsök*. Lateral pressures on basement walls. Results from full-scale tests. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R31:1972, 132 p., ill. 24 Sw. Kr.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

### Distribution:

Svensk Byggtjänst  
Box 1403, S-111 84 Stockholm  
Sweden

the lateral earth pressures and the water content which took place with time were measured.

### Test results

#### Loosely placed back fill

The difference in earth pressure between the three instrumented sections was small, indicating that the end effects were negligible. The measured earth pressures in the loosely placed gravelly sand and in the sandy silt which has not been compacted increased approximately linearly with depth. The earth pressure coefficient  $K$ , defined as the ratio of the measured lateral to the calculated vertical earth pressures, was equal to 0.35 for the gravelly sand and 0.30 for the sandy silt. No appreciable difference in the measured earth pressures was observed for the tests where 50 mm thick Rockwool® mats have been used.

#### Compacted back fill

The lateral earth pressures in the back fill of gravelly sand after compaction by a 140 kg vibratory plate compactor was approximately rectangular with a maximal intensity of about 5 kN/m<sup>2</sup>, FIGURE 2. The measured earth pressures were somewhat lower than those in the loosely placed material partly due to a small displacement of the wall during the compaction of the back fill. The displacement was, however, less than that of an ordinary basement wall. The lateral displacement 2 m above the bottom slab was 0.7 mm which corresponds to a rotation of 0.0003 radians.

The sandy silt was compacted in 20 cm layers by a 400 kg vibratory plate compactor. During the compaction, the lateral earth pressures in the layer immediately below the previously compacted one varied between 5 and 10 kN/m<sup>2</sup>. When the following layer was compacted the lateral earth pressure decreased at the lower levels due to a small lateral displacement of the wall. After the back fill had been placed and compacted, the lateral earth pressures were about 10 kN/m<sup>2</sup> at the ground surface and it decreased with depth. The lateral deformation of the wall 2 m above the bottom slab was approximately 1.5 mm after compaction of the back fill which corresponded to a tilt of 0.0008 radians.

#### Earth pressures from point loads

The increase of the lateral earth pressure caused by point loads was investigated by driving different types of wheel loaders close to the wall. The measured earth pressure increase agreed relatively well with the values ( $\times 2$ ) calculated by the Boussinesque's stress equation. Relatively high lateral earth pressures which corresponded to approximately 60 % of the earth pressure increase during the loading, remained after the wheel loaders had been removed.

#### Rotation of wall

The lateral earth pressures were reduced appreciably when the wall was rotated away from the back fill. A rotation of about 0.0005 radians was required to reach active earth pressure for the gravelly sand which had been loosely placed behind the wall and a rotation of 0.0001 to 0.0002 radians was required when the soil had been compacted. The corresponding rotation for the loosely placed sandy silt was 0.0001 radians. The test results indicate that it is possible to support a basement wall temporarily, for example, with struts during the compaction of the back fill or when heavy loads are acting close to the wall. The high residual lateral pressures which remain after the compaction or after removal of any external loads can be released by allowing the wall to move a few millimeters when the supports are removed.

#### Long term earth pressure measurements

Some long term earth pressure measurements were also carried out with the sandy silt which had been loosely placed behind the wall without compaction. One third of the wall was covered on the outside by 50 mm Rockwool® mats. The changes in earth pressures distribution which occurred between August 17 and November 24, 1969 were small. The earth pressures increased considerably for the unisolated parts when the back fill froze. At some levels the earth pressure increased to 40 à 50 kN/m<sup>2</sup>. The lateral earth pressure which remained after the soil completely thawed was less than the earth pressures which were measured the previous summer probably due to a small deflection of the wall. The test results also indicated that the earth pressure increase was smaller for the isolated section of the wall during the winter because the isolation mats slowed down the freezing and the compressible mats allowed the soil to expand slightly laterally without appreciable increase of the earth pressure.

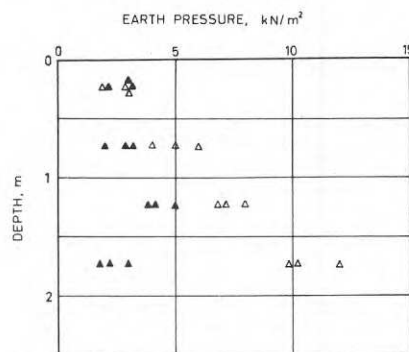


FIG 2. Earth pressure distribution in a back-fill of gravelly sand.  $\Delta$ , loosely placed;  $\blacktriangle$ , compacted (the relative compaction was 93 %, 140 kg vibratory plate compactor, 20 cm layer thickness).

Rapport R31:1972

JORDTRYCK MOT KÄLLARVÄGGAR  
RESULTAT AV FULLSKALEFÖRSÖK

LATERAL PRESSURES ON BASEMENT WALLS  
RESULTS FROM FULL-SCALE TESTS

av Bengt Broms & Sven-Erik Rehnman

Denna rapport avser anslag C 500 från Statens råd för byggnadsforskning till Statens geotekniska institut, Stockholm.  
Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm  
ISBN 91-540-2052-2

**Rotobekman Stockholm 1972**



# INNEHÅLL

CAPTIONS . . . . .	4
1 BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER . . . . .	7
2 BAKGRUND, FRÅGESTÄLLNINGAR . . . . .	8
3 BESKRIVNING AV FÖRSÖKEN . . . . .	9
3.1 Utrustning . . . . .	9
3.2 Mätnoggrannhet . . . . .	9
3.3 Material för återfyllning . . . . .	13
3.4 Försöksprogram . . . . .	13
3.4.1 Allmänt . . . . .	13
3.4.2 Lös återfyllning . . . . .	18
3.4.3 Packad återfyllning . . . . .	18
3.4.4 Bestämning av skrymdensitet och . . . . .	20
kontroll av packningsgraden	
3.4.5 Yttre last på återfyllningen . . . . .	20
3.4.6 Rotation av mätväggen . . . . .	23
3.4.7 Kraftig vatteninfiltration . . . . .	27
3.4.8 Långtidsmätningar . . . . .	27
3.5 Temperatur och nederbörd . . . . .	27
4 RESULTAT . . . . .	30
4.1 Jordtryck vid löst återfyllt material . . . . .	30
4.1.1 Sand . . . . .	30
4.1.2 Silt . . . . .	30
4.2 Vertikaltryck vid löst återfyllt material . . . . .	33
4.3 Jordtryck vid packad återfyllning . . . . .	33
4.3.1 Sand . . . . .	35
4.3.2 Silt . . . . .	38
4.4 Vertikaltryck vid packad återfyllning . . . . .	38
4.5 Yttre last på återfyllningen . . . . .	38
4.6 Samband mellan jordtryck och väggrörelse . . . . .	46
4.7 Uppmätt bäddmodul . . . . .	47
4.8 Vatteninfiltration vid löst återfyllt . . . . .	51
sandmaterial	
4.9 Långtidsmätningar . . . . .	51
4.9.1 Försöksplatsen i Älta . . . . .	51
4.9.2 Försöksplatsen i Täby . . . . .	55
5 SLUTSATSER . . . . .	58
6 LITTERATUR . . . . .	60
BILAGOR	
1 Löst återfyllt material . . . . .	61
2 Packad återfyllning . . . . .	67
3 Yttre last på återfyllning . . . . .	75
4 Rotation av mätväggen . . . . .	99
5 Vatteninfiltration . . . . .	125
6 Långtidsmätning . . . . .	129

## CAPTIONS

- FIG. 1. Experimental area.
- FIG. 2. Test wall.
- FIG. 3. Location of earth pressure cells.
- FIG. 4. Cross section showing location of earth pressure cell in the insulated reinforced concrete wall.
- FIG. 5. Grain size distribution of the two backfill materials used for the tests. - - -, sandy silt; —, gravelly sand.
- FIG. 6. Relationship between angle of internal friction and porosity as determined by direct shear tests.  
△, gravelly sand; ○, sandy silt.
- FIG. 7. Modified Proctor compaction tests.  
▲, gravelly sand; ●, sandy silt.
- FIG. 8. Excavation prior to placing of backfill.
- FIG. 9. Compaction of backfill (gravelly sand) in 40 cm layers with a 400 kg vibratory plate compactor.
- FIG. 10. Compaction of gravelly sand in 20 cm layers with a 140 kg vibratory plate compactor.
- FIG. 11. Determination of the dry density by the volumenometer method.
- FIG. 12. Static penetration test with the Swedish weight penetrometer.
- FIG. 13. Free-fall penetration test with the light German ram penetrometer driven by a 10 kg weight with a free fall of 0.50 m.
- FIG. 14. CASE 530 with a total weight of 5.7 metric t.
- FIG. 15. FERGUSON 203 with a total weight of 5.0 metric t.
- FIG. 16. MICHIGAN 175 A Ser. 1 with a total weight of 15.0 metric t.
- FIG. 17. HOUGH 120 with a total weight of 21.2 metric t.
- FIG. 18. Rotation of test wall around its base by two hydraulic jacks.
- FIG. 19. Surface cracks in loosely placed sandy silt after the wall had been rotated away from the backfill.

- FIG. 20. Infiltration of water (50 l/min) over a 4 x 6 m area.
- FIG. 21. Measured earth pressure distribution in a loosely placed backfill of gravelly sand.  
 $\Delta$ , wall, not insulated;  
 $\square$ , wall, insulated.
- FIG. 22. Measured earth pressure distribution in a loosely placed backfill of sandy silt.  
 $\circ$ , wall, not insulated;  
 $\square$ , wall, insulated.
- FIG. 23. Ratio of measured and calculated vertical pressure in a loosely placed backfill.  
 $\Delta$ , gravelly sand;  
 $\square$ , sandy silt.
- FIG. 24. Measured earth pressure distribution in a compacted backfill of gravelly sand, 140 kg vibratory plate compactor, 20 cm layer thickness.  
 $\blacktriangle$ , wall, not insulated;  
 $\blacksquare$ , wall, insulated.
- FIG. 25. Measured earth pressure distribution in a compacted backfill of gravelly sand, 400 kg vibratory plate compactor, 40 cm layer thickness.  
 $\blacktriangle$ ,  $\blacktriangledown$ , wall, not insulated;  
 $\blacksquare$ , wall, insulated;  
 $\blacktriangledown$ , compaction and simultaneous watering).
- FIG. 26. Measured earth pressure distribution in a compacted backfill of sandy silt, 400 kg vibratory plate compactor, 20 cm layer thickness.
- FIG. 27. Ratio of measured and calculated vertical pressure in a compacted backfill, 400 kg vibratory plate compactor.  
 $\blacktriangle$ ,  $\blacktriangledown$ , gravelly sand;  
 $\bullet$ , sandy silt;  
 $\blacktriangledown$  = simultaneous watering).
- FIG. 28. Increase in lateral earth pressure caused by a CASE 530 wheel loader. The distance from the wall to the nearest wheel was 1 m.  
 $\Delta$ ,  $\blacktriangle$ , loosely placed respectively compacted gravelly sand;  
 $\circ$ ,  $\bullet$ , loosely placed respectively compacted sandy silt;  
 $\square$ ,  $\blacksquare$ , loosely placed respectively compacted gravelly sand and insulation of wall; —, calculated earth pressure increase,  $\nu = 0.5$ ; - - -, calculated earth pressure increase,  $\nu = 0.4$  400 kg vibratory plate compactor.
- FIG. 29. Increase in lateral earth pressure caused by a MICHIGAN 175 wheel loader. The distance from the nearest wheel to the wall was 2 m. Symbols as in FIG. 28.

- FIG. 30. Increase in lateral earth pressure caused by a MICHIGAN 175 wheel loader. The distance from the wall to the nearest wheel was 1 m. Symbols as in FIG. 28.
- FIG. 31. Residual lateral earth pressure increase after removal of MICHIGAN 175 wheel loader. Symbols as in FIG. 28.
- FIG. 32. Increase in vertical earth pressure at 2 m depth caused by MICHIGAN 175 wheel loader. The distance from the wall to the nearest wheel was 1 m.  
Δ, ▲, loosely placed and compacted gravelly sand respectively;  
○, ●, loosely placed and compacted sandy silt respectively; —, calculated increase. 400 kg vibratory plate compactor.
- FIG. 33. Relationship between total lateral earth pressure and rotation of wall  
Δ, ▲, loosely placed and compacted gravelly sand respectively;  
○, ●, loosely placed and compacted sandy silt respectively. 400 kg vibratory plate compactor.
- FIG. 34. Measured coefficient of horizontal subgrade reaction for a gravelly sand.  
Δ, loosely placed material;  
▲, compacted (400 kg vibratory plate compactor).
- FIG. 35. Measured coefficient of horizontal subgrade reaction for a sandy silt.  
○, loosely placed;  
●, compacted (400 kg vibratory plate compactor).
- FIG. 36. Earth pressure change caused by infiltration of water in a backfill of loosely placed gravelly sand.  
- - -, initial earth pressure distribution. One square corresponds to 10 kN/m<sup>2</sup>.
- FIG. 37. Precipitation and temperature during the long-term earth pressure measurements.
- FIG. 38. Earth pressure distribution for a loosely placed sandy silt from July 17, 1969 to June 6, 1970. One square corresponds to 10 kN/m<sup>2</sup>.
- FIG. 39. Long-term earth pressure measurements at Täby. One square corresponds to 10 kN/m<sup>2</sup>.
- FIG. 40. Grain size distribution for the backfill material at Täby.

## 1 BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER

$K$  jordtryckskoefficient  $K = \frac{p}{\gamma \cdot z}$

$h$  tjocklek hos materiallager

$k$  permeabilitet

$k_h$  bäddmodul

$p$  horisontellt riktat jordtryck

$y$  horisontell förskjutning

$z$  djup under markytan

$\gamma$  skrymdensitet

$\gamma_d$  torrdensitet

$\gamma_s$  kompaktdensitet

$\phi$  inre friktionsvinkel

Vid dimensionering av jordtrycksbelastade konstruktioner, exempelvis stödmurar, sponter och grundmurar, är man ofta tveksam om vilket jordtryck som skall användas vid beräkningen. Hänsyn måste tas till rörliga laster i närheten av konstruktionen och till förändringen av jordtrycket med tiden. Behovet av mer detaljerade normer inom detta område har på senare år aktualiserats genom ett ökat antal skador, exempelvis på murade källarväggar.

Statens råd för byggnadsforskning anordnade i februari 1968 en konferens angående jordtrycket mot grundmurar. Vid detta tillfälle ställdes en rad frågor angående de faktorer som kan tänkas påverka jordtrycket och några av dessa frågor har studerats närmare i föreliggande rapport.

Undersökningen, som genomfördes under tiden maj 1969 till juni 1970, har i huvudsak varit anpassad till jordtryck mot källarväggar för småhus, men resultaten torde vara giltiga även i många andra sammanhang. De frågeställningar som legat till grund för undersökningen kan enklast sammanfattas i följande punkter:

1. Vilket jordtryck erhålls vid andra återfyllningsmaterial än sand?
2. Hur inverkar regn, tjäle etc?
3. Hur inverkar yttre laster i form av mobilkranar m.m.?
4. Vilket jordtryck erhålls om återfyllningsmaterialet packas?
5. Vilket är sambandet mellan jordtryck och väggrörelse när väggen roterar i riktning från fyllningen?
6. Hur stora sättningar uppstår vid olika återfyllningsmaterial?

Under den tid som försöken pågått har en stor mängd försöksresultat erhållits och för att inte i onödan belasta texten har större delen av mätresultaten placerats i bilagor. Rapporten omfattar i övrigt en beskrivning av försöken, en diskussion av mätresultaten samt vissa rekommendationer.

### 3 BESKRIVNING AV FÖRSÖKEN

#### 3.1 Utrustning

I början av juni 1969 färdigställdes ett provhus utformat speciellt för jordtrycksmätningar. Provhuset utformades som en "souterrängvåning" där ena långsidan är jordtrycksbelastad, FIG. 1. En 10 cm tjock armerad betongplatta utgjorde grunden för huset, FIG. 2, och plattans huvudsakliga uppgift var att förhindra en sidoförskjutning av huset. Mätväggen (den jordtrycksbelastade långsidan) var 6 m lång och 2,5 m bred och bestod av ett 23 cm tjockt, kraftigt armerat betongelement. För att kunna studera sambandet mellan jordtryck och väggdeformation var mätväggen vridbar kring en led i grundplattan. Väggen stöttades av en kraftig stålkonstruktion inne i provhuset och med hjälp av två domkrafter kunde väggen vridas. Instrumenteringen bestod av 12 hydrauliska tryckdosor (typ Glötzl), infällda i utsidan av betongväggen för att kunna mäta sidotrycket (jordtrycket) mot väggen och 5 tryckdosor under fyllningen för att kunna mäta vertikaltrycket, FIG. 3. På insidan av väggen monterades 12 mätklockor för en kontroll av väggens rörelse och deformation.

Betongväggen behandlades med asfalt på utsidan för att efterlikna den behandling som utförs på vanliga källarväggar. För att ändra mätväggens elastiska egenskaper och väggfriktionen, bekläddes väggen med 50 mm utvändig mineralullsisolering (Rockwool<sup>®</sup> markskiva 817) under en del av försöksserien. Mineralullsskivorna ställdes därvid direkt mot väggen utan att klistras och hölls på plats av tunna horisontella järntrådar. För att erhålla representativa mätvärden från tryckdosorna skars mineralullen upp längs dosornas periferi (FIG. 4). Av figuren framgår även principen för s.k. Glötzl-dosor.

#### 3.2 Mätnoggrannhet

Med ledning av kalibreringsförsök kan det maximala felet i de angivna jordtrycksvärdena uppskattas till  $2 \text{ kN/m}^2$ . Mätväggens rörelse har uppmätts med en avläsningsnoggrannhet av  $1/100 \text{ mm}$  och maximala felet uppskattas till  $5/100 \text{ mm}$ . Under långtidsmätningarna uppskattas dock det maximala felet till  $20/100 \text{ mm}$  på gr. av rörelser i mätsystemet.

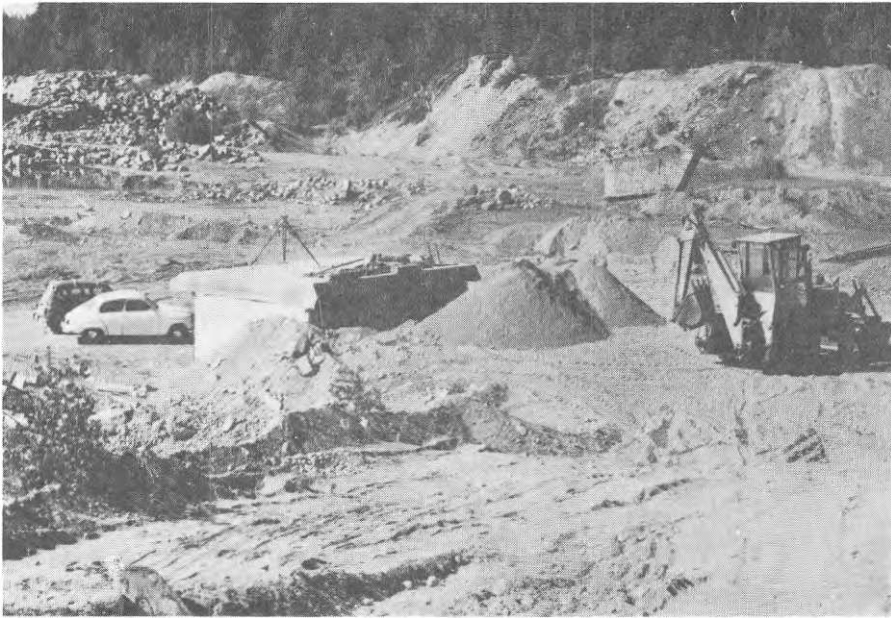


FIG. 1. Vy över försöksplatsen.



FIG. 2. Mätvägg.



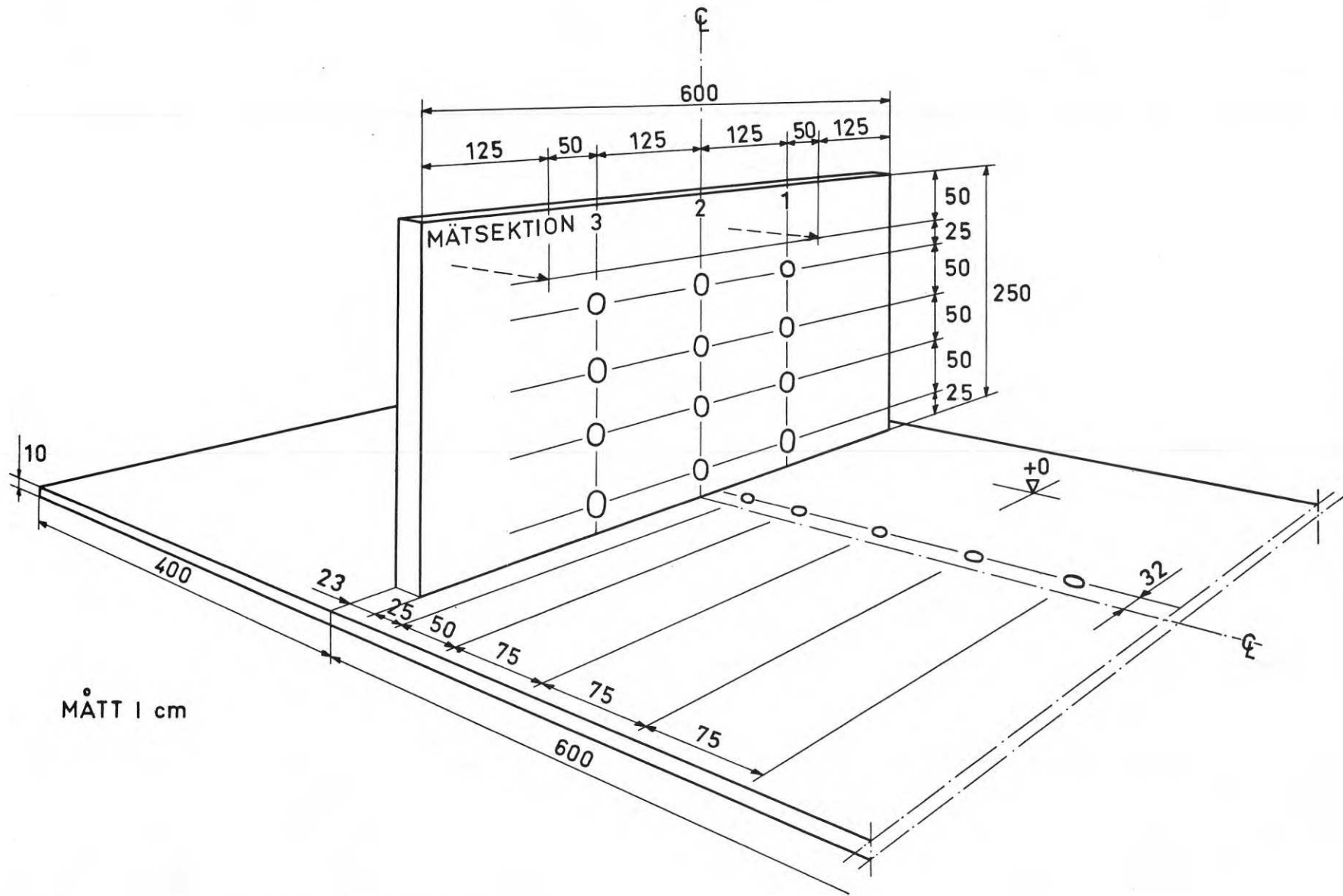


FIG. 3. Jordtrycksdosornas placering.

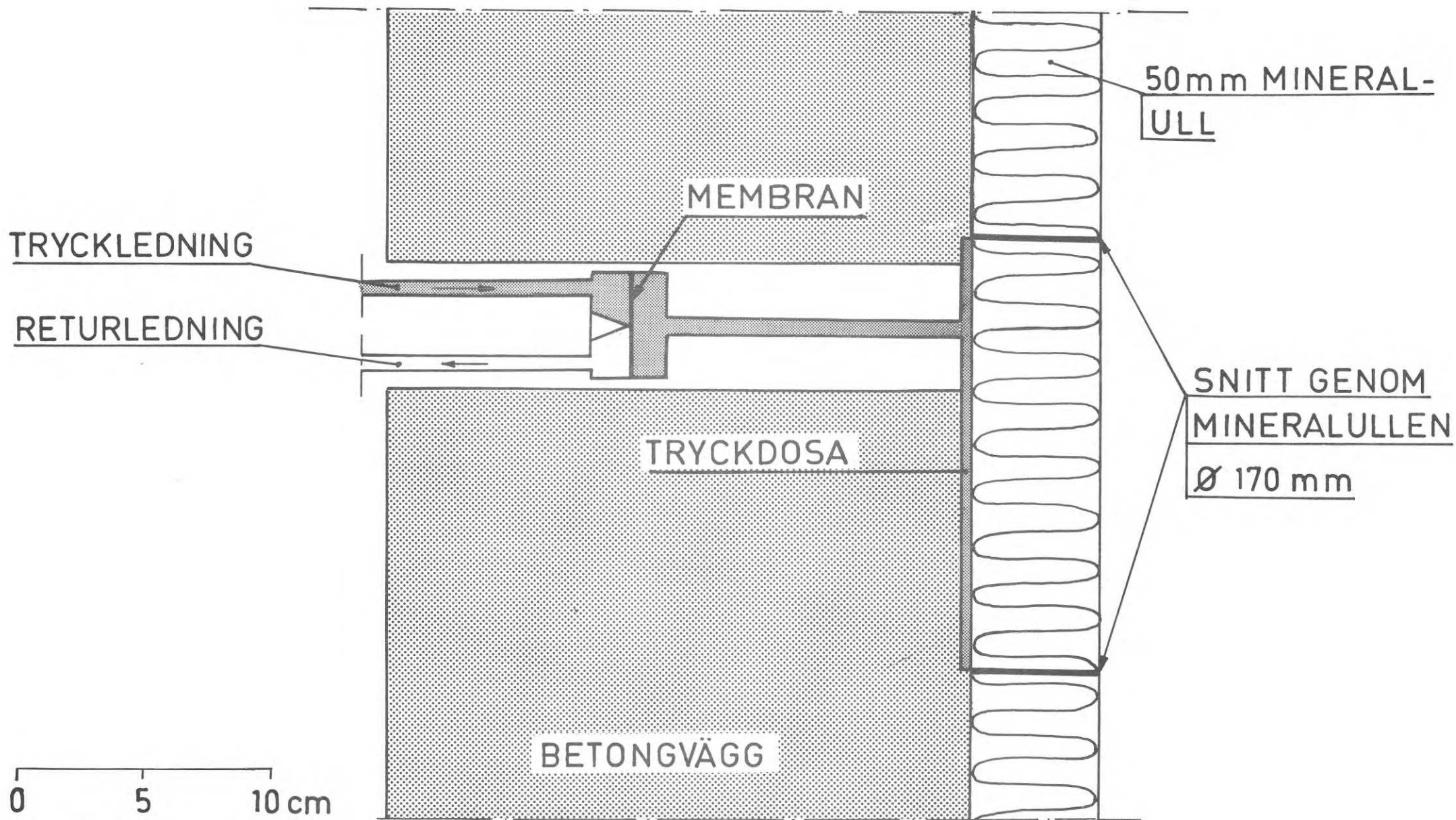


FIG. 4. Genomsnitt av jordtrycksdosa placerad i betongväggen, som har utvändigt mineralullsisolering.

### 3.3 Material för återfyllning

Två olika material användes vid försöken. Det ena materialet, FIG. 5, utgjordes av en grusig sand, s.k. betonggrus, och levererades från Sellbergs grustag i Älta. Det andra materialet bestod i huvudsak av mjällig finmo (FIG. 5) och levererades från Jordbro. För enkelhetens skull betecknas materialen i fortsättningen med *sand* resp. *silt*.

Av följande sammanställning och figurer framgår de två materialets egenskaper. FIGUR 6 redovisar uppmätt inre friktionsvinkel ( $\phi$ ) vid direkta skjuvförsök som funktion av resp. materials porositet,  $n$ . Resultaten av packningsförsök enligt den s.k. modifierade proctormetoden redovisas i FIG. 7.

#### Sammanställning

		Sand	Silt
Vattengenomsläpplighet, $k$	m/s	$6 \times 10^{-5}$	$6 \times 10^{-9}$
Kompaktdensitet, $\gamma_s$	t/m <sup>3</sup>	2,67	2,69
Torr densitet, $\gamma_d$ max.	t/m <sup>3</sup>	2,13	1,93
Torr densitet, $\gamma_d$ min.	t/m <sup>3</sup>	1,55	1,25

### 3.4 Försöksprogram

#### 3.4.1 Allmänt

Innan de egentliga återfyllningsförsöken började, schaktades friktionsmaterial fram mot mätväggen och packades så att en naturlig schaktgrav erhöles, FIG. 8. Därefter utfördes varje försök enligt följande schema:

1. Avläsning av jordtryck och väggdeformation (nollvärden).
2. Återfyllning mot mätväggen med eller utan packning. Bestämning av återfyllningens skrymdensitet i 3 eller 6 punkter.
3. Mätning av jordtryck och väggdeformation.
4. Vikt- och hejarsondering genom återfyllningen i 3 punkter för kontroll av packningsresultatet.

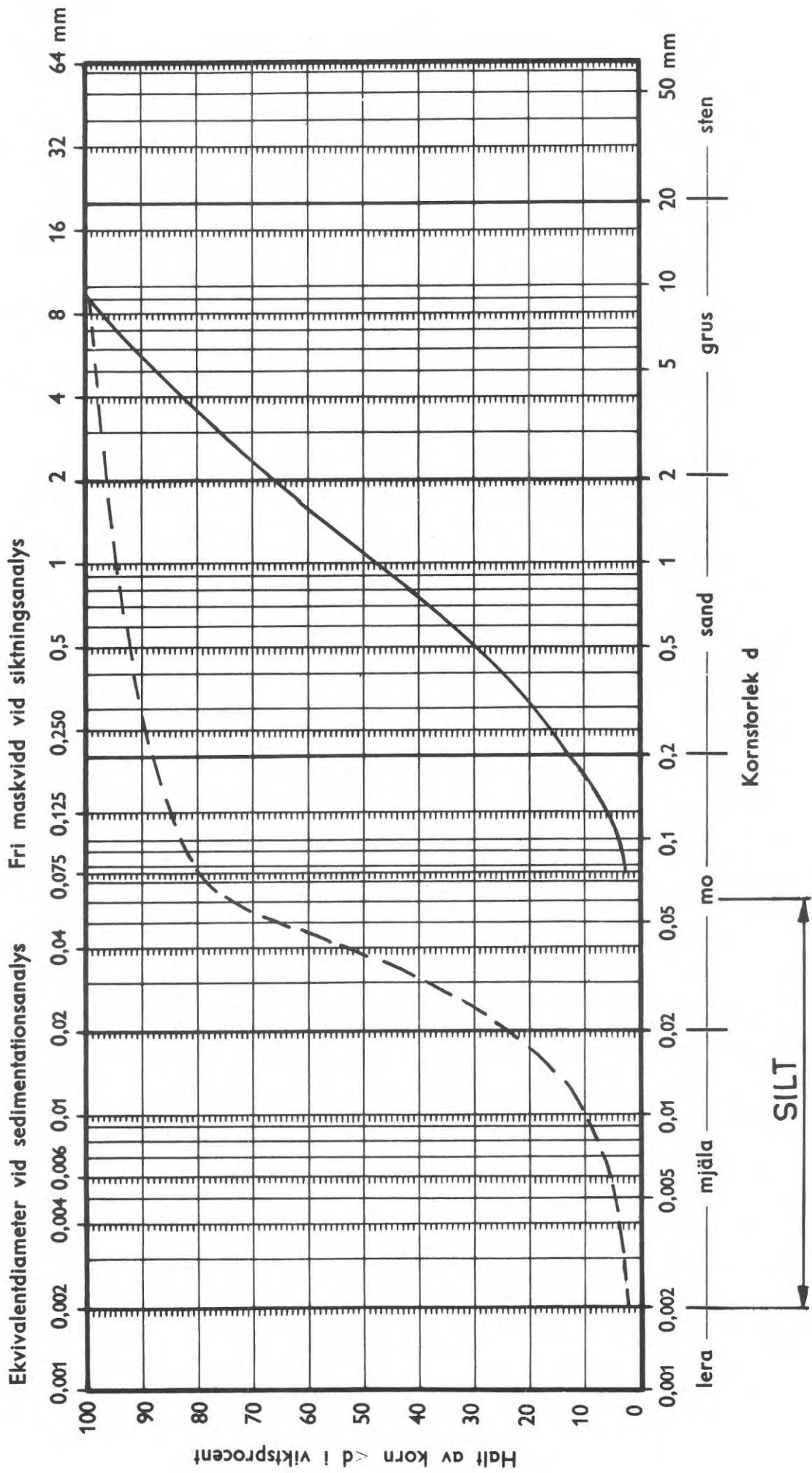


FIG. 5. Kornfördelning hos de två material som undersökningen omfattade. ----, mätlig finmo; —, grusig sand.

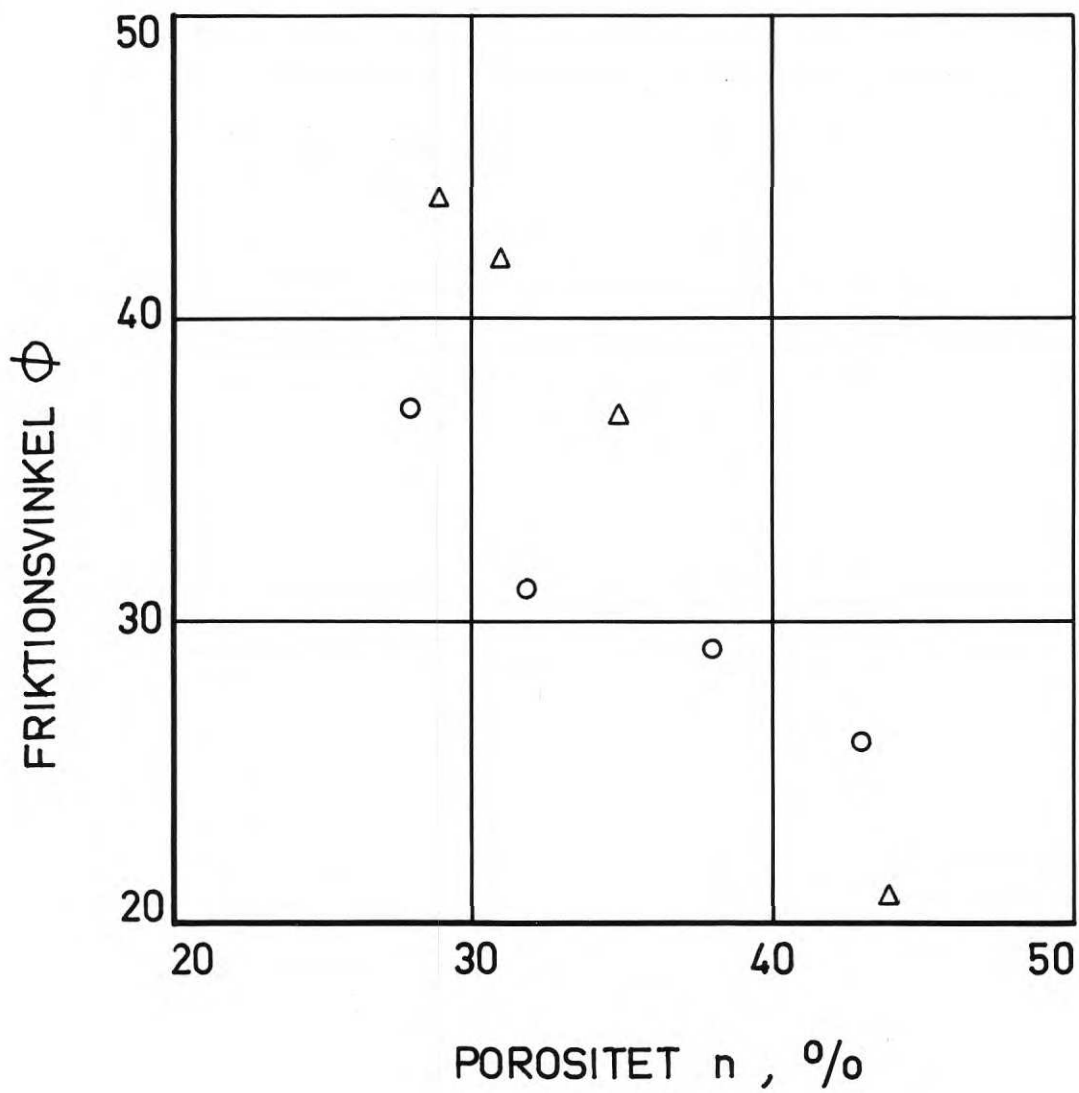


FIG. 6. Uppmätt inre friktionsvinkel vid direkta skjuvförsök.  
 $\Delta$ , sand;  $\circ$ , silt.

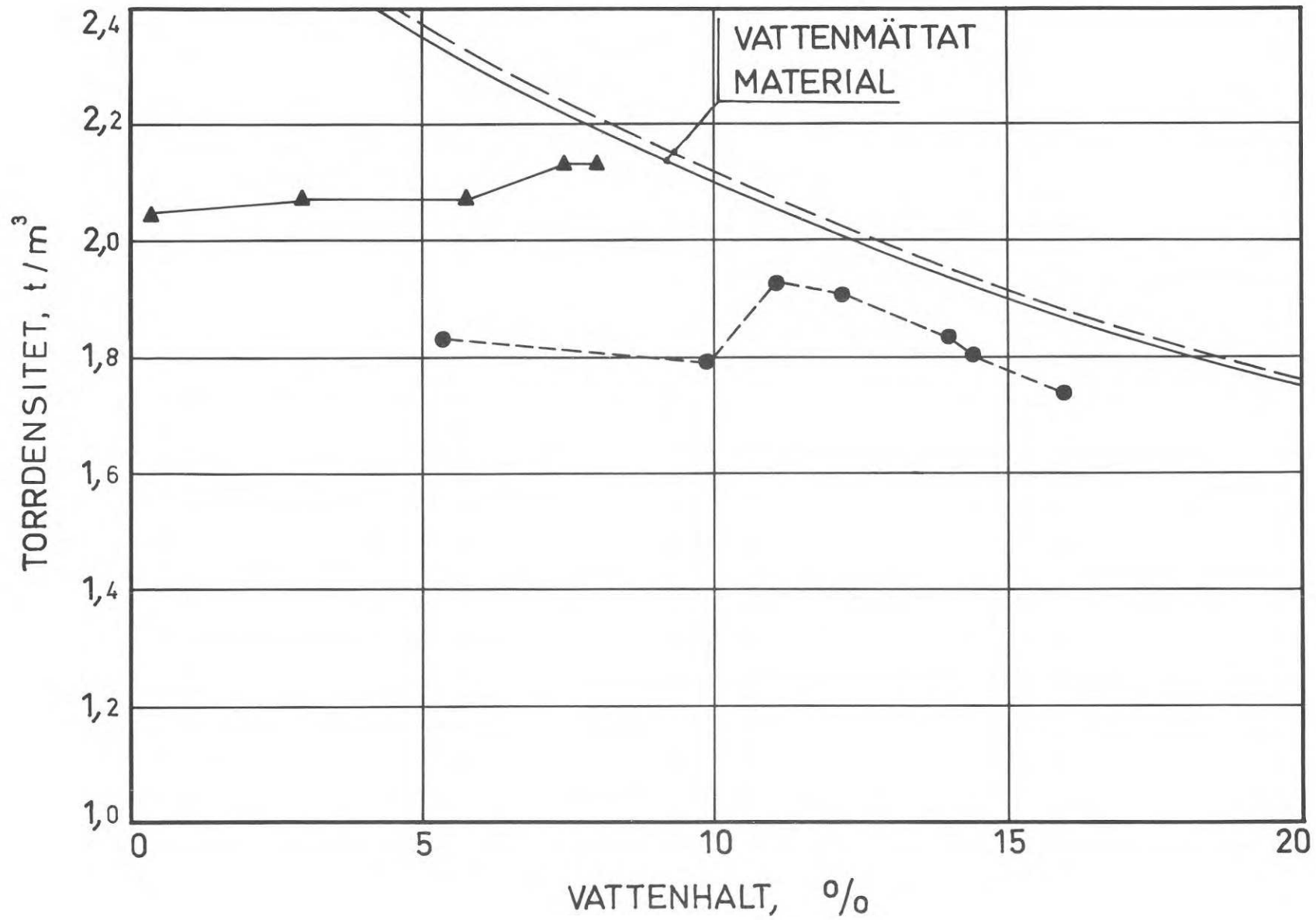


FIG. 7. Instampningsförsök enl. modifierad proctormetod.  
 ▲, sand; ●, silt.

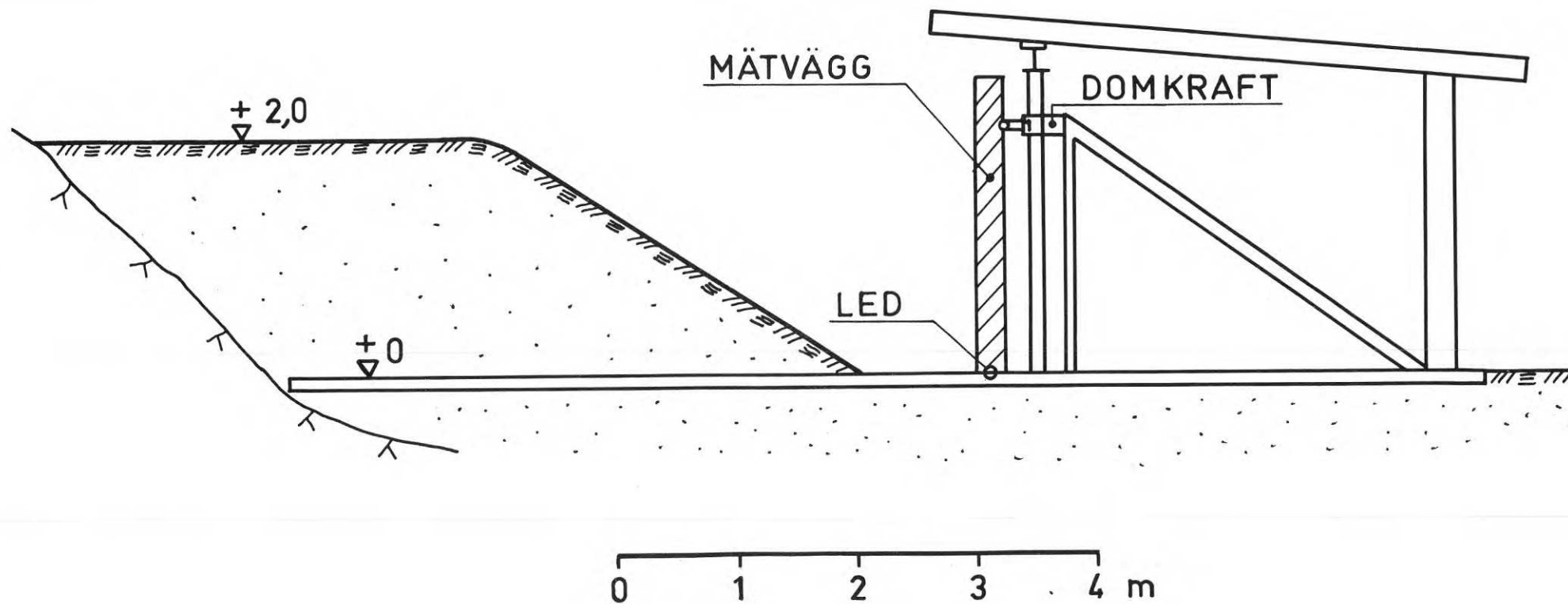


FIG. 8. Schaktgravens utseende sedan betongplattan delvis täckts med friktionsmaterial.

5. Mätning av jordtryck och väggdeformation.
6. Belastning med olika lastmaskiner på varierande avstånd från mätväggen, varvid jordtryck och väggdeformation mättes.
7. Rotation av mätväggen i riktning från återfyllningen för att erhålla ett samband mellan jordtryck och väggrörelse.
8. Uppschaktning av återfyllningen så att hela mätväggen och ca 1 m av bottenplattan frilades.
9. Avläsning av jordtryck och väggdeformation (nollvärden).

#### 3.4.2 Lös återfyllning

Återfyllningen utfördes med en s.k. traktorgrävare som försiktigt släppte ned återfyllningsmaterialet mot mätväggen. Fyllningshöjden blev i regel ca 2,1 m.

#### 3.4.3 Packad återfyllning

För att studera effekten av att packa återfyllningen utfördes en serie försök med ett tungt och ett lätt packningsredskap, FIG. 9 och 10. Som tungt redskap användes en 400 kg självgående vibratorplatta (DYNAPAC<sup>®</sup> CM 20) och som lätt redskap en 140 kg vibratorplatta (DYNAPAC<sup>®</sup> CM 13).

Återfyllningen packades i lager, vars tjocklek valdes med hänsyn till packningsredskap och jordart. Sanden packades i 40 cm lager (löst mått) med 400 kg vibratorplatta och i 20 cm lager med 140 kg vibratorplatta. Det siltiga materialet packades enbart med den tyngre vibroplattan och lagertjockleken var då ca 20 cm. I samtliga fall packades varje lager genom fyra överfarter med redskapet. För att kontrollera det packade lagrets tjocklek avvägdes återfyllningens yta efter de fyra överfarterna. Därvid avlästes även jordtrycket mot väggen och väggens deformation mättes upp.

I allmänhet genomfördes packningsförsöken med sand vid 2 - 4 % vattenhalt. Genom att vattna sanden i samband med packningen er-



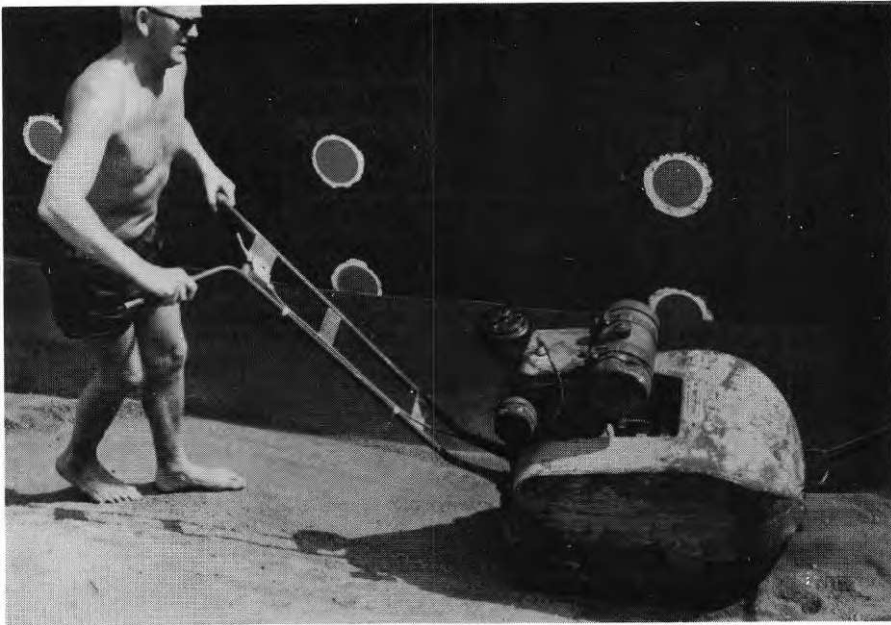


FIG. 9. Packning av återfyllningsmaterialet (sand) i 40 cm lager med 400 kg vibratorplatta.



FIG. 10. Packning av sand i 20 cm lager med 140 kg vibratorplatta.

hölls en högre vattenhalt och en försöksserie med den tyngre vibratorplattan genomfördes vid ca 7 % vattenhalt. Förberedande försök visade att sanden lätt blev för blöt och vibratorplattan var då svår att köra.

#### 3.4.4 Bestämning av skrymdensitet och kontroll av packningsgraden

I samband med återfyllningen bestämdes fyllningens skrymdensitet i 3 - 6 punkter med den s.k. vattenvolymetermetoden (FIG. 11). Vid bestämningen grävdes en grop i fyllningen och det uppgrävda materialet vägdes. Volymen mättes genom att placera en tunn plastfolie i gropen och fylla den med vatten. Vanligen motsvarade gropens volym 7 till 9 l vatten. Från varje grop togs prov för vattenhaltsbestämning m.m.

Vid lös återfyllning bestämdes skrymdensiteten i tre punkter ca 0,2 m under ytan efter det att återfyllningen nått full höjd. I regel kontrollerades även skrymdensiteten i samband med uppschaktningen och prov togs då i 2 - 3 punkter ca 0,6 m över bottenplattan. När materialet packades i lager vid återfyllningen bestämdes skrymdensiteten först i tre punkter 0,6 m över bottenplattan och sedan i tre punkter på nivån +1,8 m, dvs. strax under återfyllningens yta.

När återfyllningen nått full höjd och skrymdensiteten bestämts, utfördes tre viktsonderingar och tre hejarsonderingar genom återfyllningen ner till grundplattan. Detta för att försöka erhålla en uppfattning om variationer i återfyllningens packningsgrad. Viktsonderingarna utfördes på konventionellt sätt med standardutrustning och med manuell vridning, FIG. 12. Vid hejarsonderingen användes en 10 kg hejare och fallhöjden var 0,50 m, FIG. 13. Sondstången, vars diameter var 22 mm, var nedtill försedd med en rund förtjockad spets. Sonderingsmotståndet varierade mellan 1 och 4 slag/0,20 m sjunkning vid lös återfyllning. Motsvarande värden för packad fyllning var 40 till 80 slag/0,20 m.

#### 3.4.5 Yttre last på återfyllningen

Effekten av yttre laster på återfyllningen har studerats med hjälp av några olika lastmaskiner som placerats intill mätväggen



FIG. 11. Bestämning av skrymdensiteten med den s.k. vattenvolymetermetoden.



FIG. 12. Viktsondering.



FIG. 13. Hejarsondering med 10 kg hejare och 0,50 m fallhöjd.

(FIG. 14-17). Av nedanstående sammanställning framgår maskiner-  
nas beteckning, totalvikt och belastning på stödben resp. hjul  
närmast mätväggen.

Maskintyp	Figur	Totalvikt	Last per stödben resp. hjul när- mast mätväggen
		t	t
CASE 530	14	5,7	2,6
FERGUSON 203	15	5,0	2,3
MICHIGAN 175 A ser.1	16	15,0	7,5
HOUGH 120	17	21,2	5,0

Vid belastningsförsöken kördes de olika maskinerna vinkelrätt fram mot mätväggens symmetrilinje (mätsektion 2) och stannades när avståndet mellan stödben (resp. hjul) och mätvägg var ca 2 m. Efter mätning av jordtryck och väggdeformation kördes maskinen fram ytterligare 1 m och mätningarna upprepades. Slutligen avlägsnades maskinen från återfyllningen och den kvarstående effekten kunde registreras.

#### 3.4.6 Rotation av mätväggen

Efter avslutad återfyllning och belastning med olika maskiner erhöles ett visst kvarstående jordtryck. Genom att stegvis rotera mätväggen i riktning från återfyllningen minskades jordtrycket mot väggen, medan vertikalltrycket mot bottenplattan ökades.

Mätväggen roterades kring en "led" i bottenplattan, FIG. 18, med hjälp av två hydrauliska domkrafter, vilka var försedda med låsmuttrar. Vid rotationen ökades trycket i domkrafterna med två separata trycksystem tills låsmuttrarna avlastades, dock utan att någon mätbar rörelse av väggen erhöles. Därefter gängades låsmuttrarna upp exempelvis 1/16 varv och oljetrycket sänktes långsamt tills hela belastningen åter överfördes via muttrarna. De första försöken visade att det behövdes en obetydlig infällning av väggen för att jordtrycket skulle minska. Vanligen utfördes mätningar vid följande vägglutningar (o/oo) 0 0,05 0,1 0,2 0,5 3 och 20. Vid 20 o/oo lutning kunde i allmänhet en tyd-



FIG. 14. CASE 530, totalvikt 5,7 t.



FIG. 15. FERGUSON 203, totalvikt 5,0 t.



FIG. 16. MICHIGAN 175 A ser. 1, totalvikt 15,0 t.



FIG. 17. HOUGH 120, totalvikt 21,2 t.

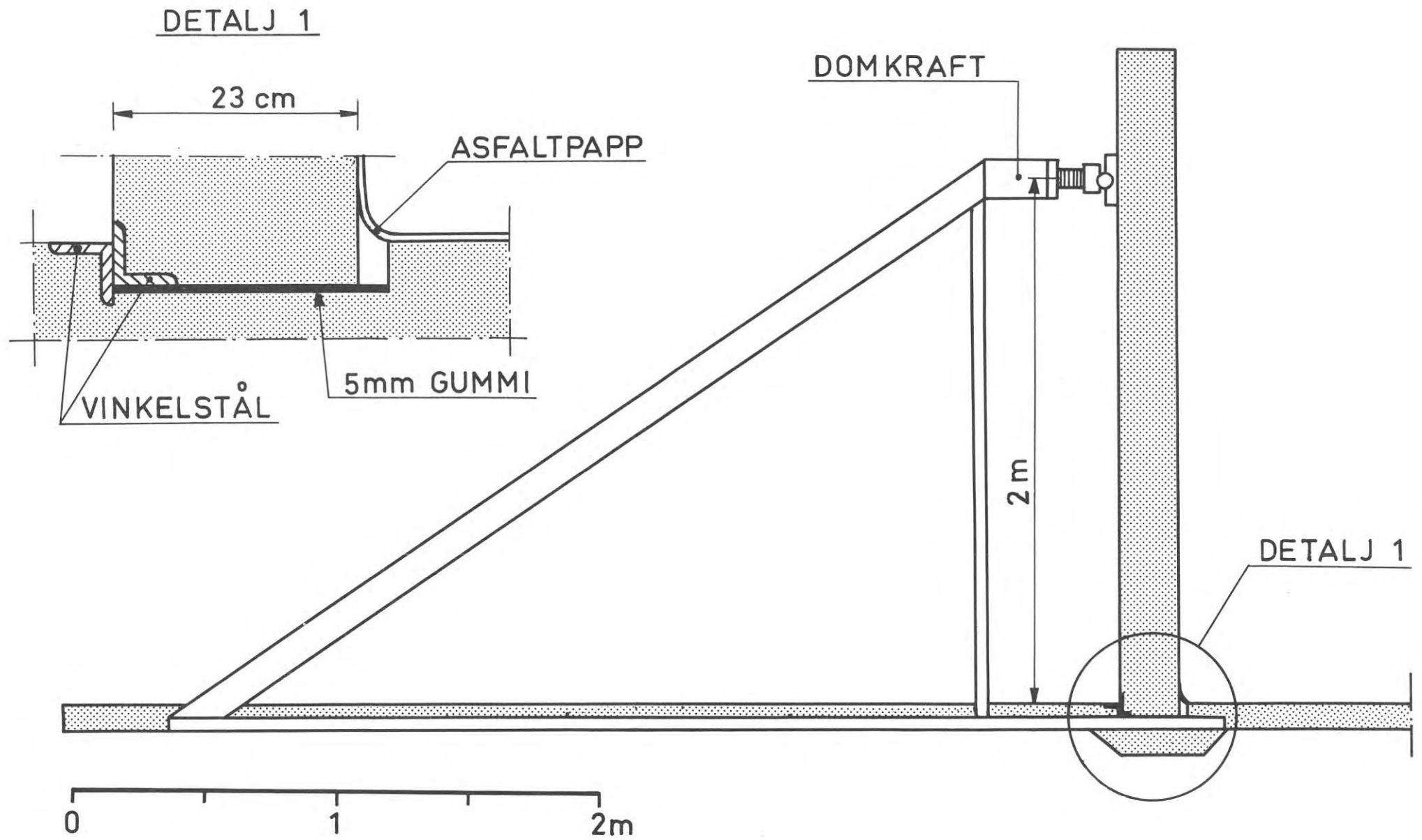


FIG. 18. Rotation av mätväggen runt sin bas med hjälp av två domkrafter.



lig sprickbildning observeras i återfyllningens överyta (FIG. 19).

#### 3.4.7 Kraftig vatteninfiltration

Under försökstiden juni - juli 1969 regnade det mycket lite och mätresultaten påverkades därför inte av nederbörd. För att ändå kunna studera inverkan av ett kraftigt regn, vattnades återfyllningen med ca 50 l/min, FIG. 20.

Innan vattningen började, återfylldes löst med sand till nivån +2 m och en invallning lades upp för att behålla vattnet på återfyllningens yta (4 x 6 m). Med jämna mellanrum avlästes jordtrycket mot mätväggen och en långsam ökning av trycket kunde märkas. Efter 4 timmars vattning ökade inte jordtrycket längre utan förblev konstant och vattningen avbröts.

#### 3.4.8 Långtidsmätningar

De hittills beskrivna försöken har i allmänhet varit mycket kortvariga och några långtidsförändringar av jordtrycket har inte påverkat mätresultaten. Visserligen tycks det mest kritiska skedet för murade källarväggar vara vid återfyllningsskedet innan någon vertikal belastning påförts källarväggarna, och initialjordtrycket skulle därför vara dimensionerande, men det måste också vara av mycket stort intresse att följa jordtryckets utveckling med tiden.

För detta ändamål påbörjades en serie långtidsmätningar den 17 juli 1969. Innan återfyllning skedde mot mätväggen bekläddes 1/3 av väggen med 50 mm mineralull, (Rockwool<sup>®</sup> markskiva 817), som avslutades mitt emellan mätsektion 2 och 3. Därefter återfylldes med det siltiga materialet utan packning upp till nivån +2,2 m. Under den tid som mätningarna pågick uppmättes materialets vattenhalt och sättning i återfyllningen.

#### 3.5 Temperatur och nederbörd

För att temperaturens dygnsvariation inne i provhuset skulle vara så liten som möjligt uppfördes väggarna (ej mätväggen) av 30 cm Lecablock<sup>®</sup> och taket av 20 cm porbetongelement. Under försökens gång registrerades kontinuerligt inomhustemperaturer med



FIG. 19. Sprickbildning i löst återfylld silt efter rotation av mätväggen.



FIG. 20. Vatteninfiltration med 50 l/min över en yta 4 x 6 m.

en termograf. Dygnsvariationen blev maximalt  $5^{\circ}\text{C}$  trots att utomhustemperaturen i grustaget varierade avsevärt. Vidare avlästes såväl jord- som lufttemperaturen (inomhus) vid varje mättillfälle. Mätkroppen för jordtemperaturen var placerad i anslutning till den nedersta tryckdosan i mätsektion 1, jfr FIG. 3.

Under tiden juni - juli 1969, dvs. under den mest intensiva försöksperioden, var nederbörden obetydlig och vattenhalten i återfyllningsmaterialen minskade successivt något. Först när långtidsmätningarna pågått en månad erhöles någon nämnvärd nederbörd, jfr FIG. 37.

Som framgår av beskrivningen av försöksutrustningen användes en mätvägg som var 6 m lång. Det kan ifrågasättas om väggen varit tillräckligt lång för att förhållandena vid väggens ändtytor inte skall ha påverkat jordtrycket vid väggens mitt. En jämförelse mellan uppmätt jordtryck i de tre mätsektionerna visar inte någon skillnad mellan jordtrycket i mätsektionen mitt på väggen och i sektionerna som var placerade 1,75 m från ändytorna. De skillnader som erhöles beror på en naturlig variation i jordtryckets intensitet som skulle uppstått även vid en mycket lång mätvägg. Därför har i allmänhet ingen uppdelning gjorts på olika mätsektioner vid redovisningen. I de bilagor som tillhör respektive avsnitt redovisas däremot primärresultaten för varje mätsektion. Av bilagorna framgår även uppmätt vertikaltryck, sonderingsresultat och skrymdensitet.

#### 4.1 Jordtryck vid löst återfyllt material

##### 4.1.1 Sand (jfr BIL. 1:1 - 1:3)

Som framgår av FIG. 21 erhöles i stort sett en triangulär fördelning av jordtrycket, vilket motsvarar en jordtryckskoefficient  $K = 0,35$ . Skrymdensiteten  $\gamma$  uppmättes i medeltal till  $1,74 \text{ t/m}^3$  och vattenhalten till 2,3 %. Ingen större skillnad i uppmätt jordtryck erhöles när mätväggen försågs med en utvändig mineralullsisolering. Den skillnad som framgår av FIG. 21 torde bero på andra faktorer, exempelvis skillnader i lagringstäthet vid de olika försöken. Väggens rörelse i samband med den lösa återfyllningen uppmättes i allmänhet till 0,5 mm.

##### 4.1.2 Silt (jfr BIL. 1:4 och 6:1)

Även efter återfyllning med silt erhöles en triangulär fördelning av jordtrycket, FIG. 22. Spridningen i resultaten blev här emellertid något större. Skrymdensiteten uppmättes i medeltal till  $1,50 \text{ t/m}^3$ , vilket medför en jordtryckskoefficient av 0,31 (ca 13 % vattenhalt). De mätvärden som erhöles vid en utvändig mineralullsisolering skiljer sig inte märkbart från övriga mätvärden, FIG. 22.

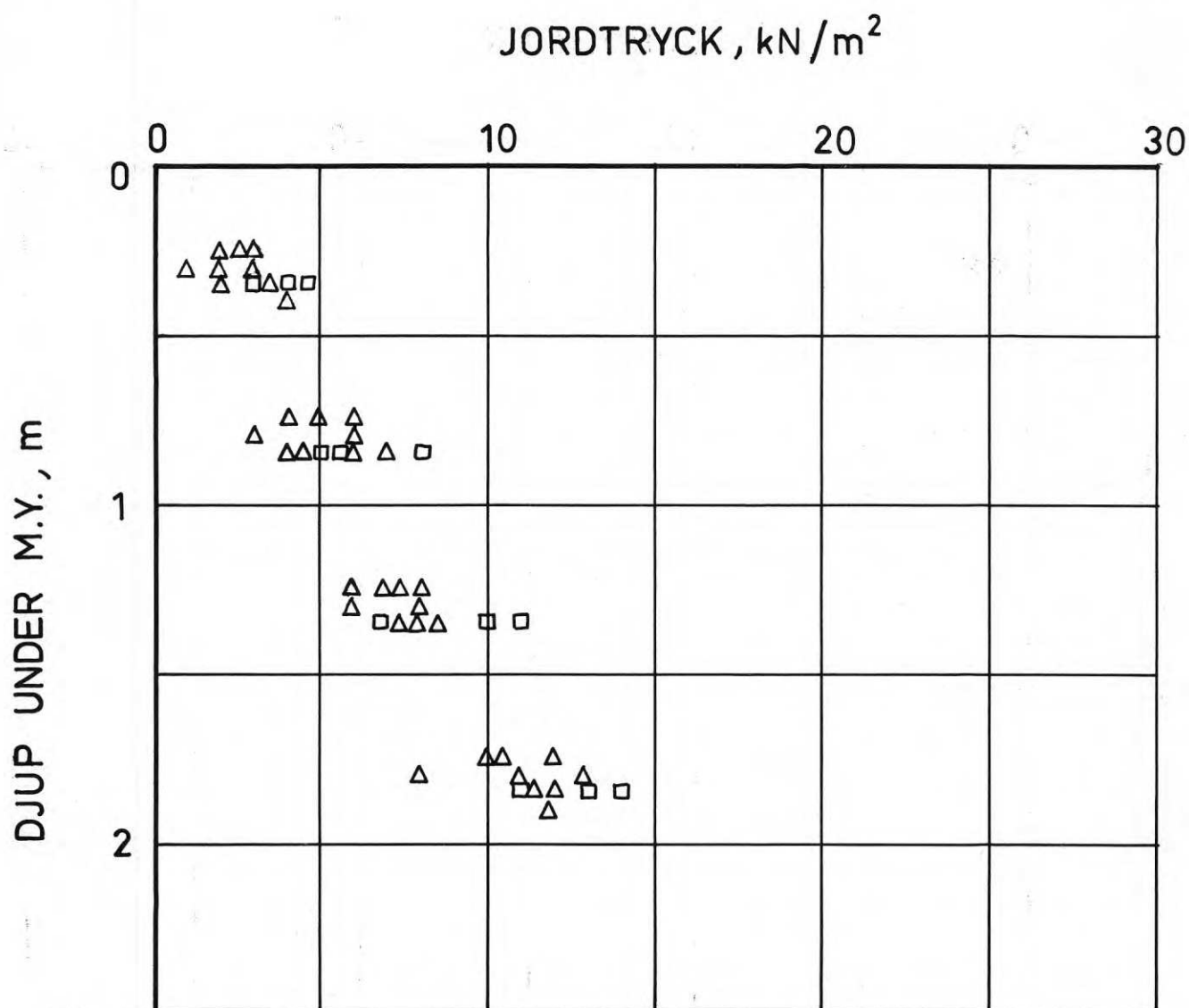


FIG. 21. Uppmätt jordtrycksfördelning i lös återfyllning av sand.  $\Delta$ , utan mineralullsisolering av mätväggen;  $\square$ , med mineralullsisolering av mätväggen.

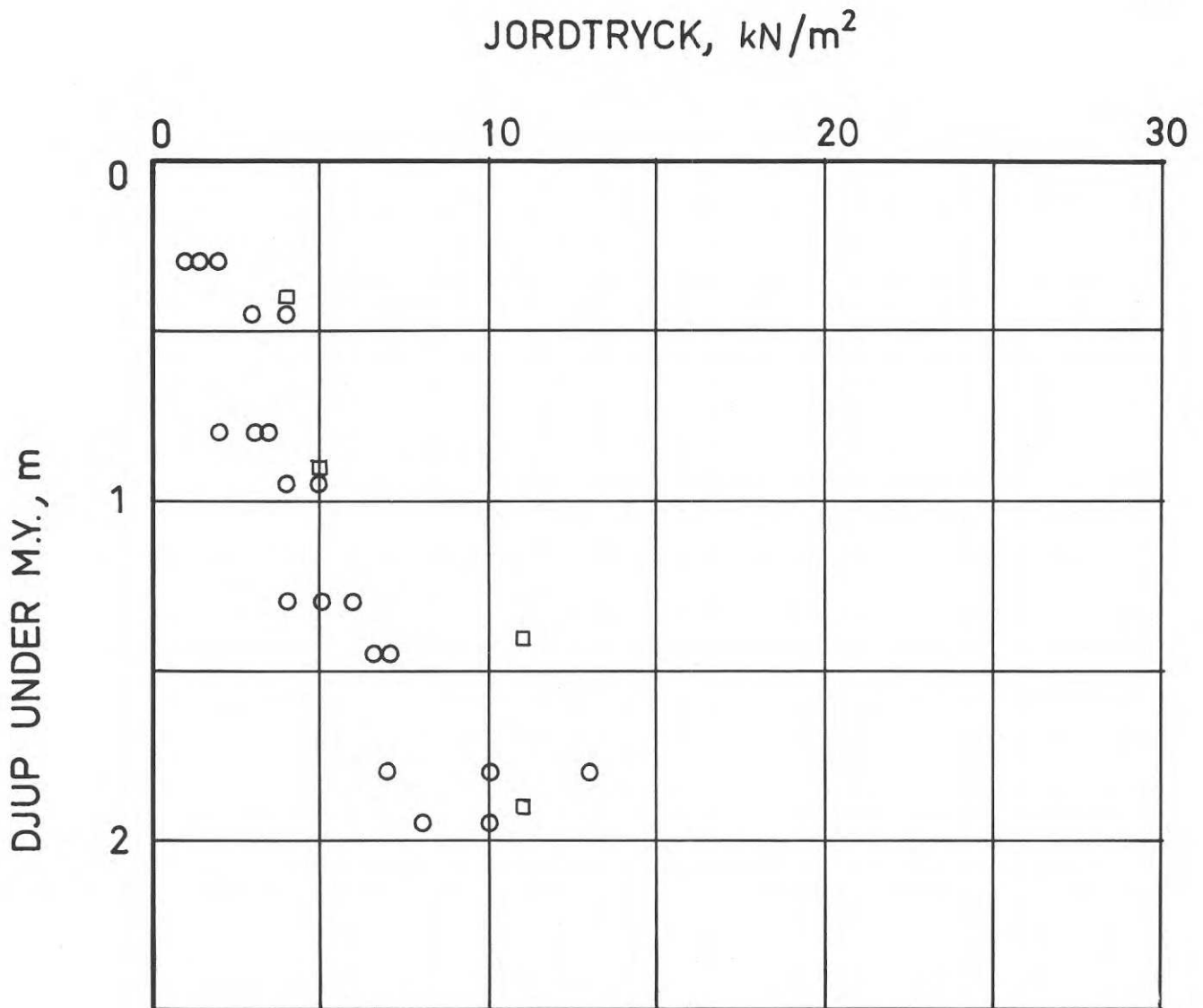


FIG. 22. Uppmätt jordtrycksfördelning i lös återfyllning av silt.  $\circ$ , utan mineralullsisolering av mätväggen;  $\square$ , med mineralullsisolering av mätväggen.

Mätväggens rörelse uppmättes till ca 1 mm på 2 m höjd över bottenplattan. I den uppmätta rörelsen inräknas även den initialrörelse som erhöles på gr. av glapp i väggens upplag.

#### 4.2 Vertikaltryck vid löst återfyllt material (jfr BIL. 1:1 - 1:4 och 6:1)

Vertikaltrycket under återfyllningen uppmättes i fem punkter mitt för mätsektion 2 med hjälp av tryckdosor som placerats i höjd med bottenplattans överyta. För att få en uppfattning om vertikaltryckets fördelning oberoende av återfyllningsmaterialets skrymdensitet redovisas i FIG. 23 kvoten mellan uppmätt och beräknat vertikaltryck. Vid beräkningen har antagits att  $p = \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2$ , där  $\gamma$  och  $h$  är skrymdensitet resp. lagertjocklek för ovanliggande lager. Av figuren framgår att vertikaltrycket 25 cm från mätväggen varit ca 75 % av det beräknade, såväl för sand som silt, vilket tyder på att återfyllningsmaterialet "hängt upp sig" på mätväggen. På större avstånd från väggen uppmättes en markant skillnad mellan vertikaltrycket i sand och i silt. För sand överensstämmer beräknat och uppmätt tryck väl, medan resultaten från försöken med silt tyder på en viss valvbildning i återfyllningsmaterialet.

#### 4.3 Jordtryck vid packad återfyllning

Som tidigare beskrivits användes två olika vibratorplattor i samband med försöken. Återfyllningsmaterialet packades i lager vars tjocklek valdes med hänsyn till material och vibratorplatta. I avsnitt 4.6 redovisas sambandet mellan jordtryck och väggrörelse. Där framgår det tydligt att i en packad återfyllning avtar jordtrycket snabbt när mätväggen påtvingas en rörelse i riktning från återfyllningen. Detta torde vara förklaringen till varför jordtrycket i ett lager som packats i allmänhet, minskade när ovanliggande lager packades och väggen deformerades något. Helt tydligt är, att det skulle behövas en mycket oeftergivlig konstruktion för att förhindra en minskning av jordtrycket i underliggande lager på gr. av väggens deformation.

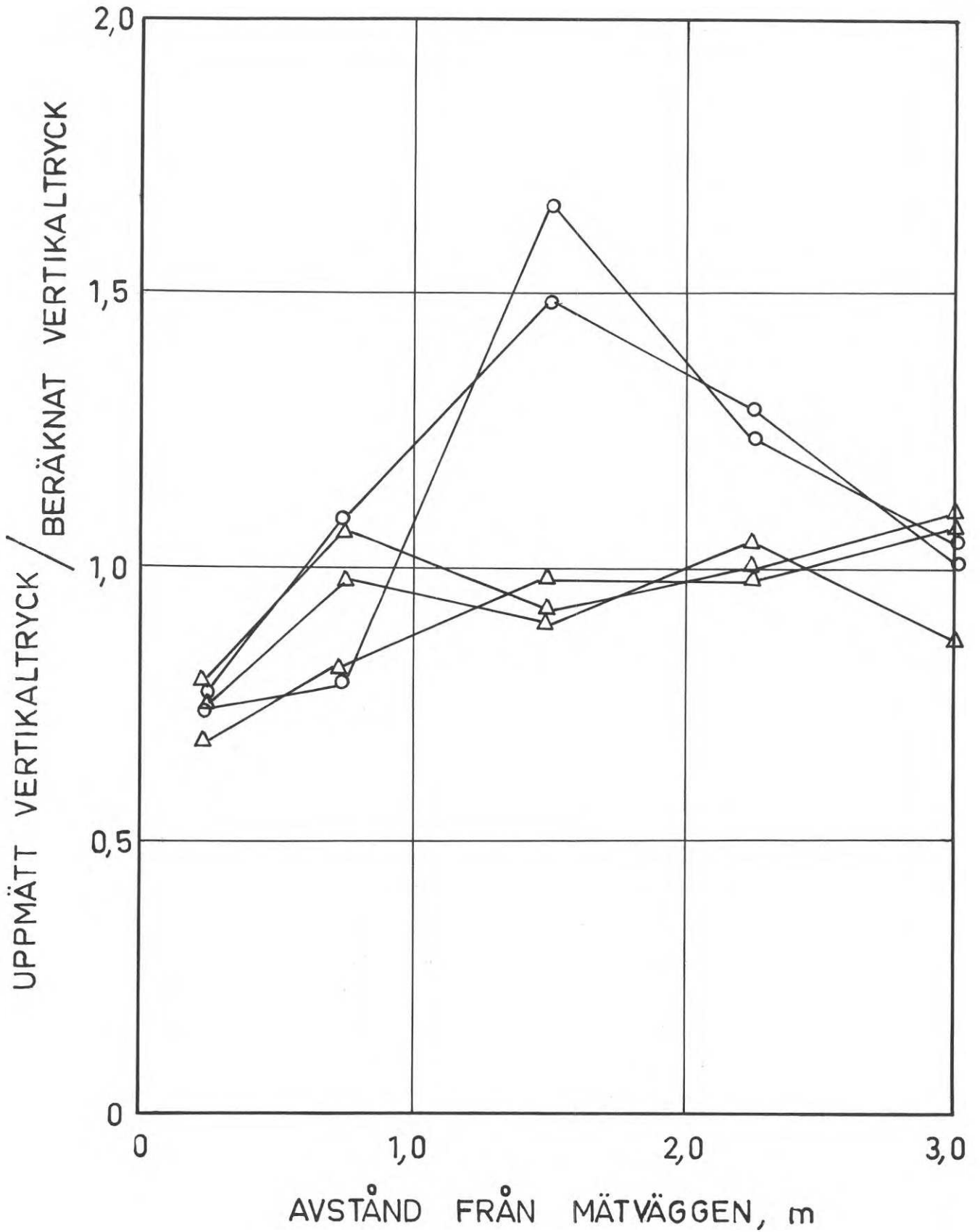


FIG. 23. Kvoten mellan uppmätt och beräknat vertikalltryck vid lös återfyllning.  $\Delta$ , sand;  $\circ$ , silt.



#### 4.3.1 Sand

##### 4.3.1.1 140 kg vibratorplatta (jfr BIL. 2:1 - 2:3)

I FIG. 24 redovisas uppmätt jordtryck när återfyllningen packats med en 140 kg vibratorplatta och lagertjockleken varit 0,2 m. Jordtrycket har i stort sett blivit rektangulärt fördelat med en intensitet av  $5 \text{ kN/m}^2$ , dvs. ett lägre jordtryck än vid lös återfyllning. Man bör observera att en utvändig mineralullsisolering inte har påverkat resultaten.

Mätväggens rörelse uppmättes till ca 0,7 mm på 2 m ovanför bottenplattan. Rörelsen var sammansatt av både en translation och en rotation. Sonderingsresultaten tyder på att en tämligen homogen packning erhållits. Den uppmätta medelpackningsgraden var 90, 93 resp. 95 % för de olika försöken.

##### 4.3.1.2 400 kg vibratorplatta

När den tyngre vibratorplattan användes ökades lagertjockleken till 0,4 m. Ett av försöken utfördes med samtidig vattning, men i övrigt utfördes försöken på samma sätt som när den lättare vibratorplattan användes.

En relativt stor spridning i resultaten erhöles, FIG. 25, och speciellt vid försöket med vattning. Av de uppmätta jordtrycken framgår att fördelningen varit rektangulär med en intensitet av ca  $7 \text{ kN/m}^2$ , men att lokalt höga jordtryck uppmättes i samband med vattningen. Intressant är att 2 m under markytan erhöles ett lägre jordtryck vid packning än vid lös återfyllning.

Resultaten från försöket med utvändig mineralullsisolering skiljer sig inte från övriga resultat.

Vad beträffar väggens deformation blev den 1 till 2 mm. I samband med vattningsförsöket erhöles ett onormalt stort initialglapp i en av upplagspunkterna, men detta torde inte ha påverkat de uppmätta jordtrycken. Den uppmätta medelpackningsgraden blev 87, 95 resp. 96 % för de olika försöken. Den höga packningsgraden i två av försöken avspeglar sig också i ett mycket högt sonderingsmotstånd.

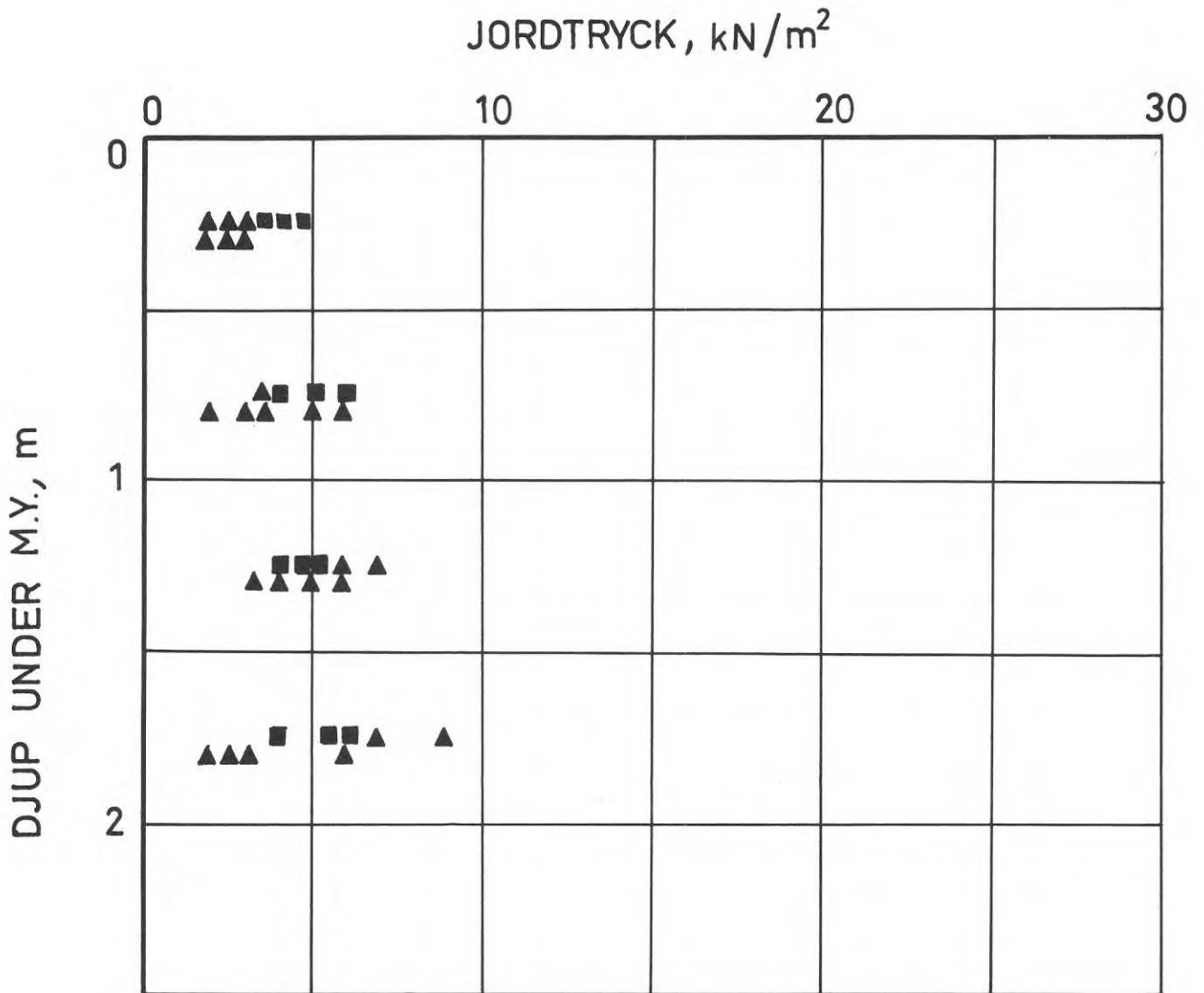


FIG. 24. Uppmätt jordtrycksfördelning i packad återfyllning av sand, 140 kg vibratorplatta, 20 cm lagertjocklek.  
 ▲, utan mineralullsisolering av mätväggen;  
 ■, med mineralullsisolering av mätväggen.

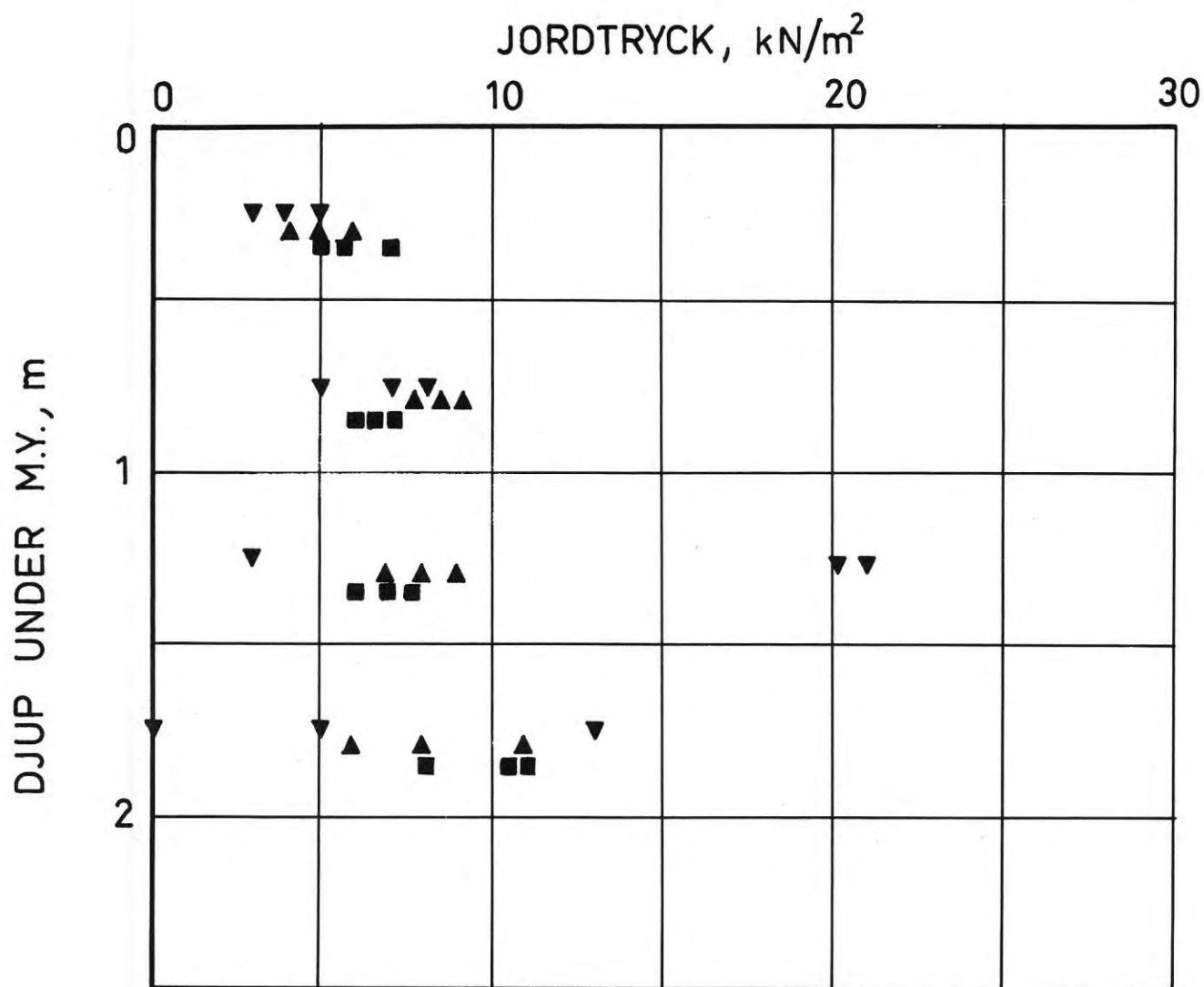


FIG. 25. Uppmätt jordtrycksfördelning i packad återfyllning av sand, 400 kg vibratorplatta, 40 cm lagertjocklek.  
 ▲, ▼, utan mineralullsisolering av mätväggen;  
 ■, med mineralullsisolering av mätväggen;  
 ▼, packning och samtidig vattning).

#### 4.3.2 Silt

(jfr BIL. 2:7)

Återfyllningen utfördes i 0,2 m lager som packades med en 400 kg vibratorplatta (4 överfarter). Jordtrycket i och strax under det lager som packades uppgick i allmänhet till mellan 5 och 10 kN/m<sup>2</sup>. När sedan ytterligare lager packades minskade jordtrycket markant på lägre liggande nivåer beroende på väggens deformation. Slutresultatet redovisas i FIG. 26 som visar att jordtrycket är 10 kN/m<sup>2</sup> vid markytan och avtar på djupare nivåer. Rörelsen hos mätväggen var då ca 1,5 mm på 2 m ovanför bottenplattan. Av sonderingsresultaten framgår att fyllningen blivit relativt homogent packad och i medeltal uppmättes en packningsgrad av 87 %.

#### 4.4 Vertikaltryck vid packad återfyllning

(jfr BIL. 2:1 - 2:7)

För att exemplifiera fördelningen av vertikaltrycket i närheten av mätväggen vid packad återfyllning redovisas i FIG. 27 kvoten mellan uppmätt och beräknat vertikaltryck (jfr avsnitt 4.2) mot bottenplattan. Av FIG. 27 framgår att fördelningen av vertikaltrycket kan vara mycket olika från försök till försök.

#### 4.5 Yttre last på återfyllningen

(jfr BIL. 3:1 - 3:23)

För att studera effekten av en yttre last i närheten av mätväggen belastades återfyllningen med några olika last- och schaktmaskiner. I allmänhet ställdes maskinerna upp på sådant sätt att hjulparet resp. stödbenen närmast mätväggen överförde större delen av belastningen. Exempelvis fylldes skopan till Michiganmaskinen med grus. I FIG. 28-32 redovisas endast den ökning av jordtrycket som erhöles på gr. av den yttre belastningen vid olika förhållanden. Det bör även framhållas att de resultat som återges i figurerna är typiska resultat som sammanställts för att åskådliggöra de mera väsentliga sambanden.

De heldragna resp. streckade kurvorna i diagrammen, FIG. 28 - 30, anger beräknad jordtrycksökning för olika belastningsfall. Beräkningen har utförts enligt Boussinesq's spänningsekvation. Härvid har antagits att jordtrycket vinkelrätt mot mätväggen =

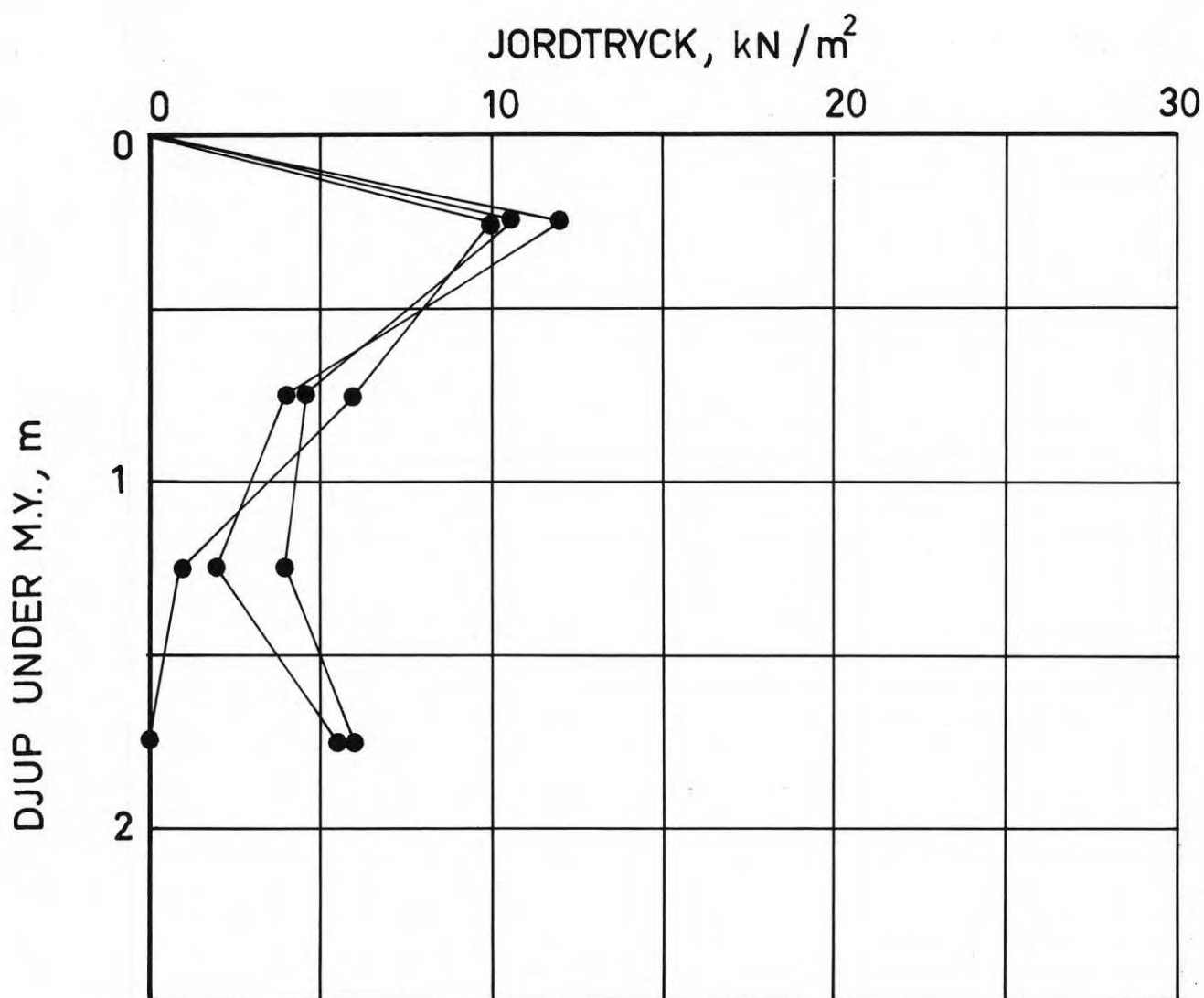


FIG. 26. Uppmätt jordtrycksfördelning i packad återfyllning av silt, 400 kg vibratorplatta, 20 cm lagertjocklek.

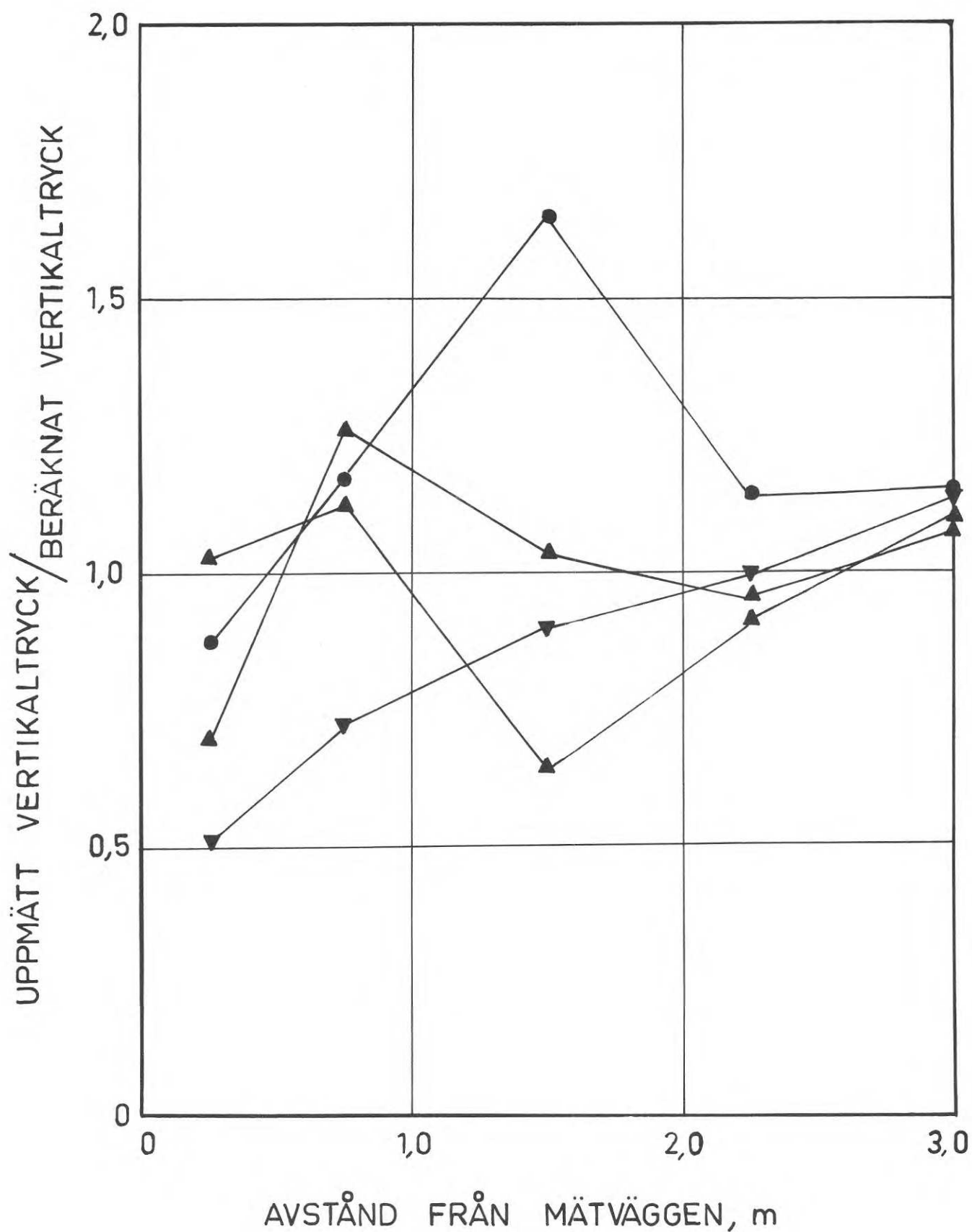


FIG. 27. Kvoten mellan uppmätt och beräknat vertikaltryck vid packad återfyllning, 400 kg vibratorplatta. ▲, ▼, sand; ●, silt; (▼ = samtidig vattning).

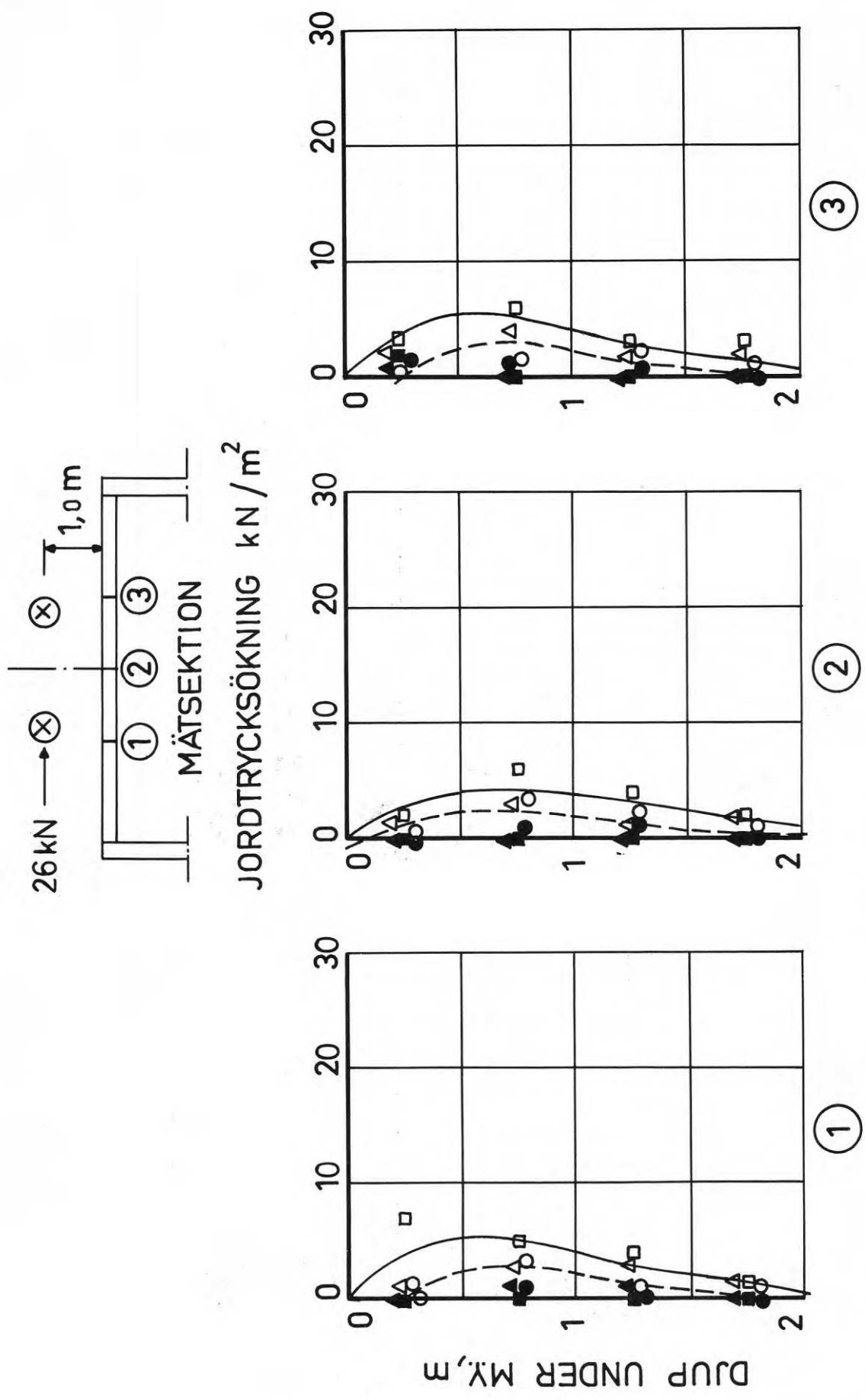


FIG. 28. Jordtrycksökning orsakad av en hjullastare, CASE 530, uppställd 1 m från mätväggen.

- △, ▲, löst återfylld resp. packad sand;
- , ●, löst återfylld resp. packad silt;
- , ■, löst återfylld resp. packad sand med mineralullsisolering av mätväggen; —, beräknad jordtrycksökning,  $\nu = 0,5$ ; - - -, beräknad jordtrycksökning,  $\nu = 0$ . 400 kg vibratorplatta.

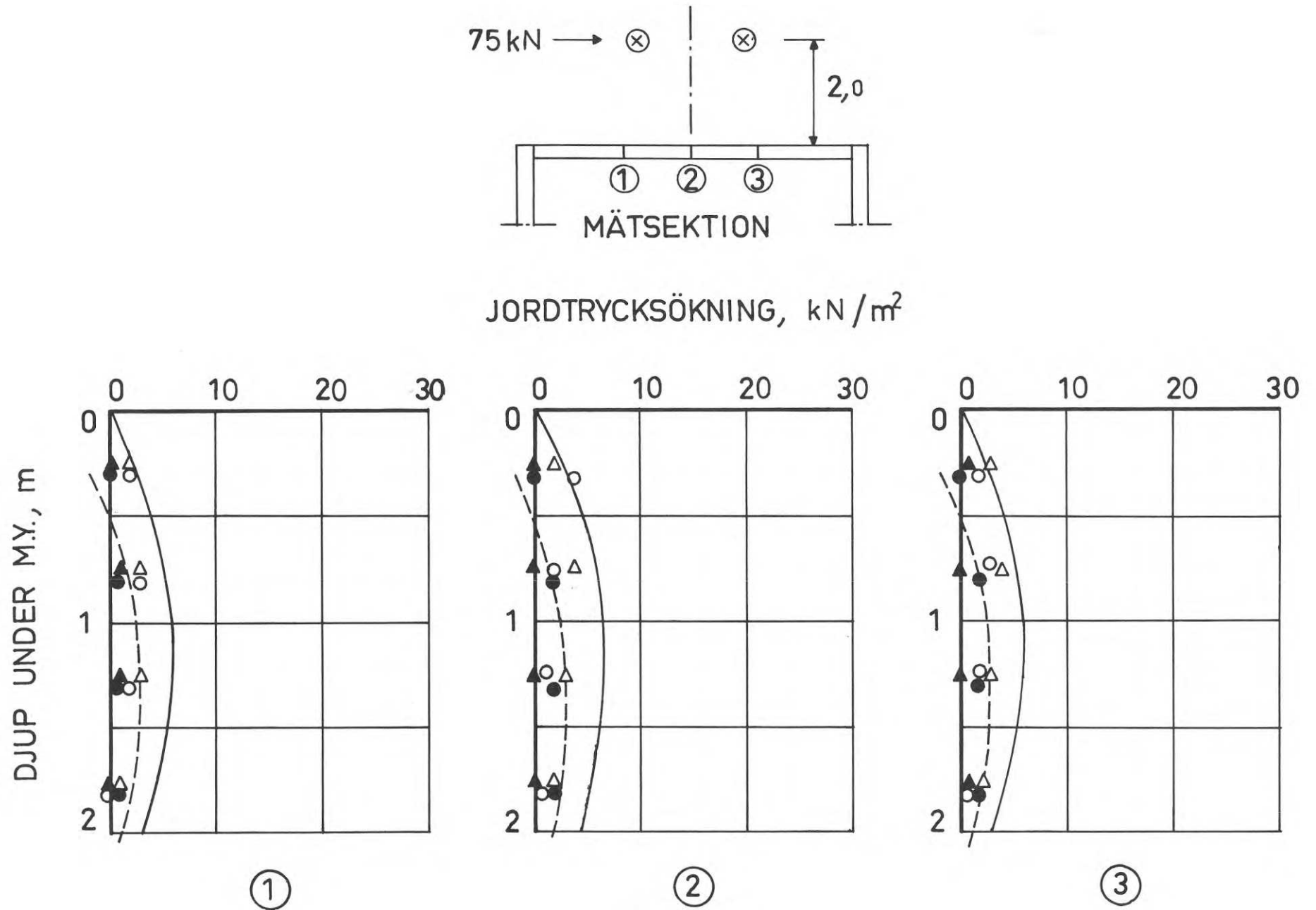
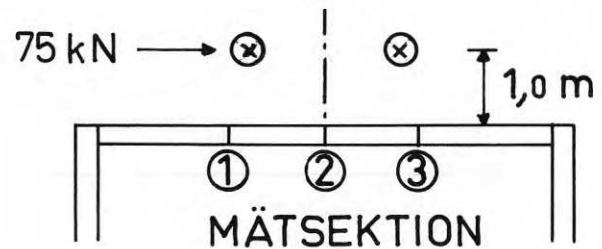


FIG. 29. Jordtrycksökning orsakad av en hjullastare, MICHIGAN 175, uppställd 2 m från mätväggen. Beteckningar enl. FIG. 28.





JORDTRYCKSÖKNING,  $\text{kN}/\text{m}^2$

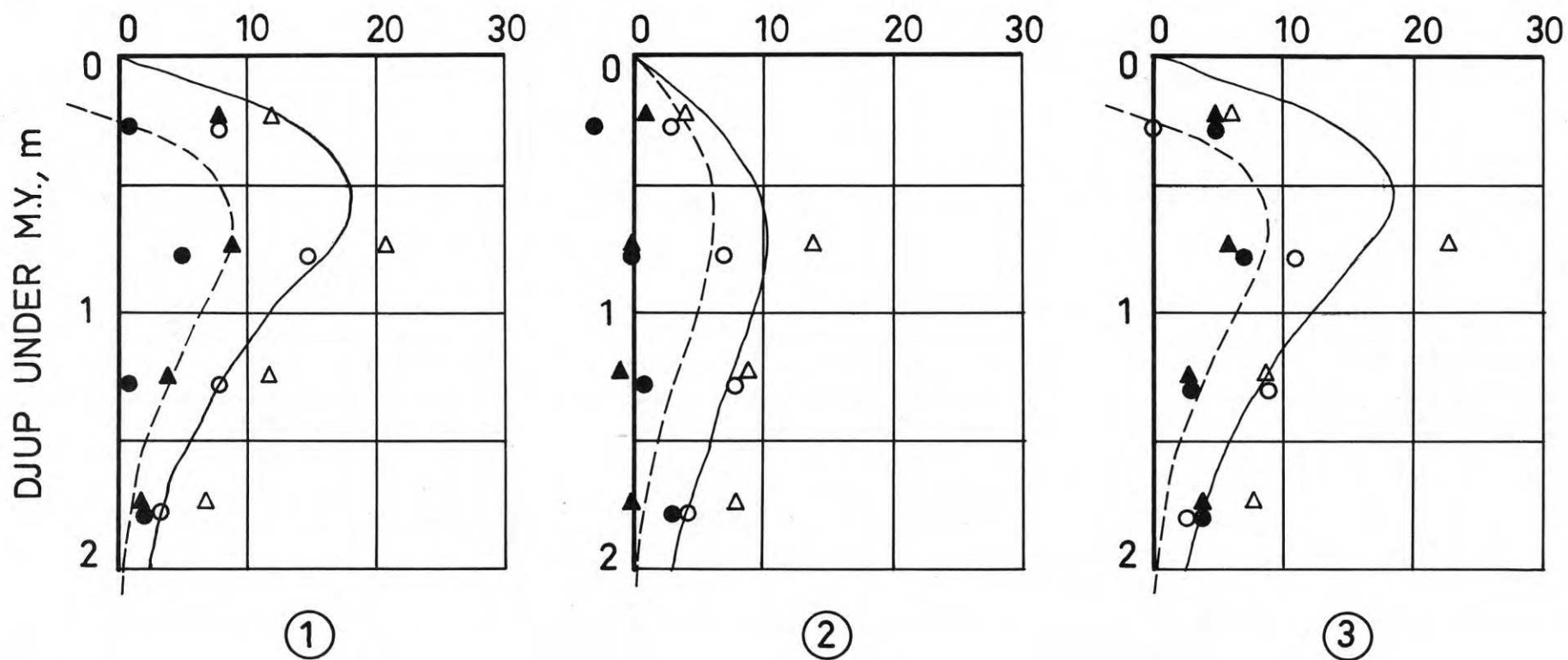


FIG. 30. Jordtrycksökning orsakad av en hjullastare, MICHIGAN 175, uppställd 1 m från mätväggen. Beteckningar enl. FIG. 28.

# TRAKTORN BORTKÖRD



## KVARSTÅENDE JORDTRYCKSÖKNING, $\text{kN/m}^2$

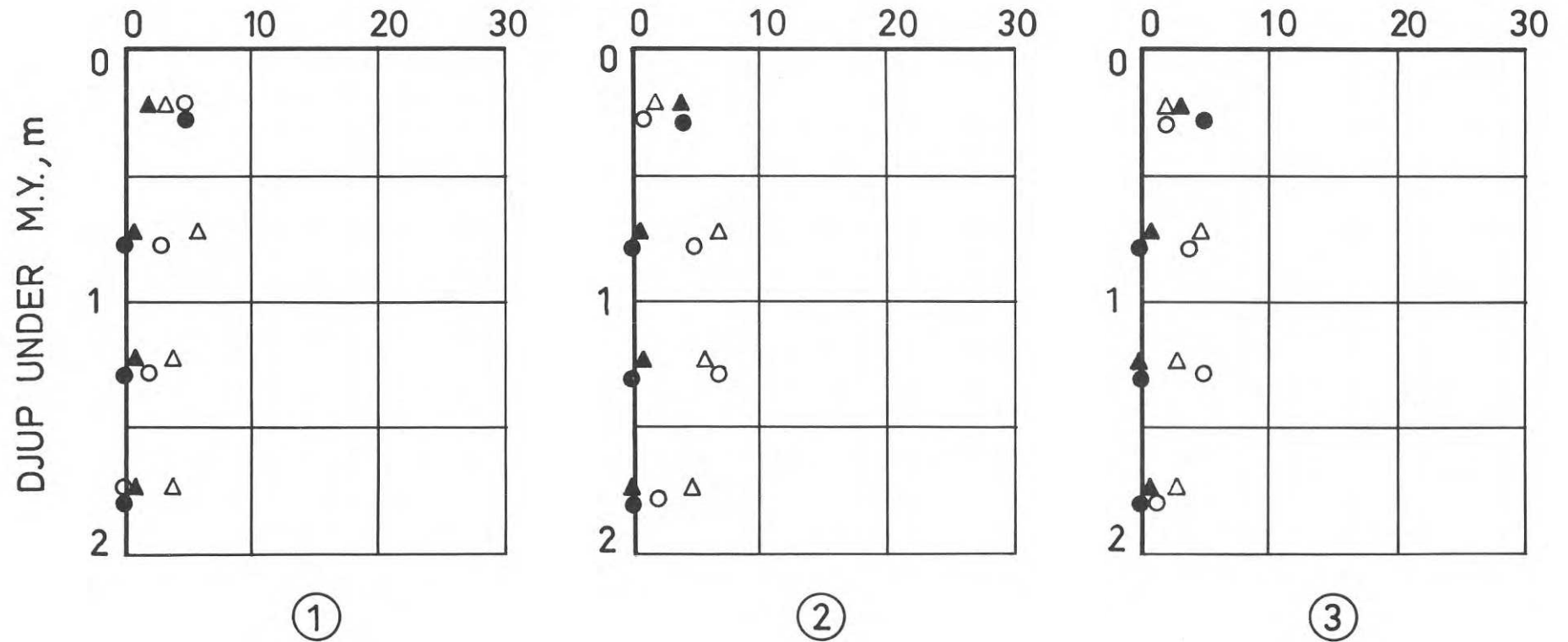


FIG. 31. Kvarstående jordtrycksökning sedan hjullastaren, MICHIGAN 175, körts bort från fyllningen. Beteckningar enl. FIG. 28.

MICHIGAN 2x7,5 t

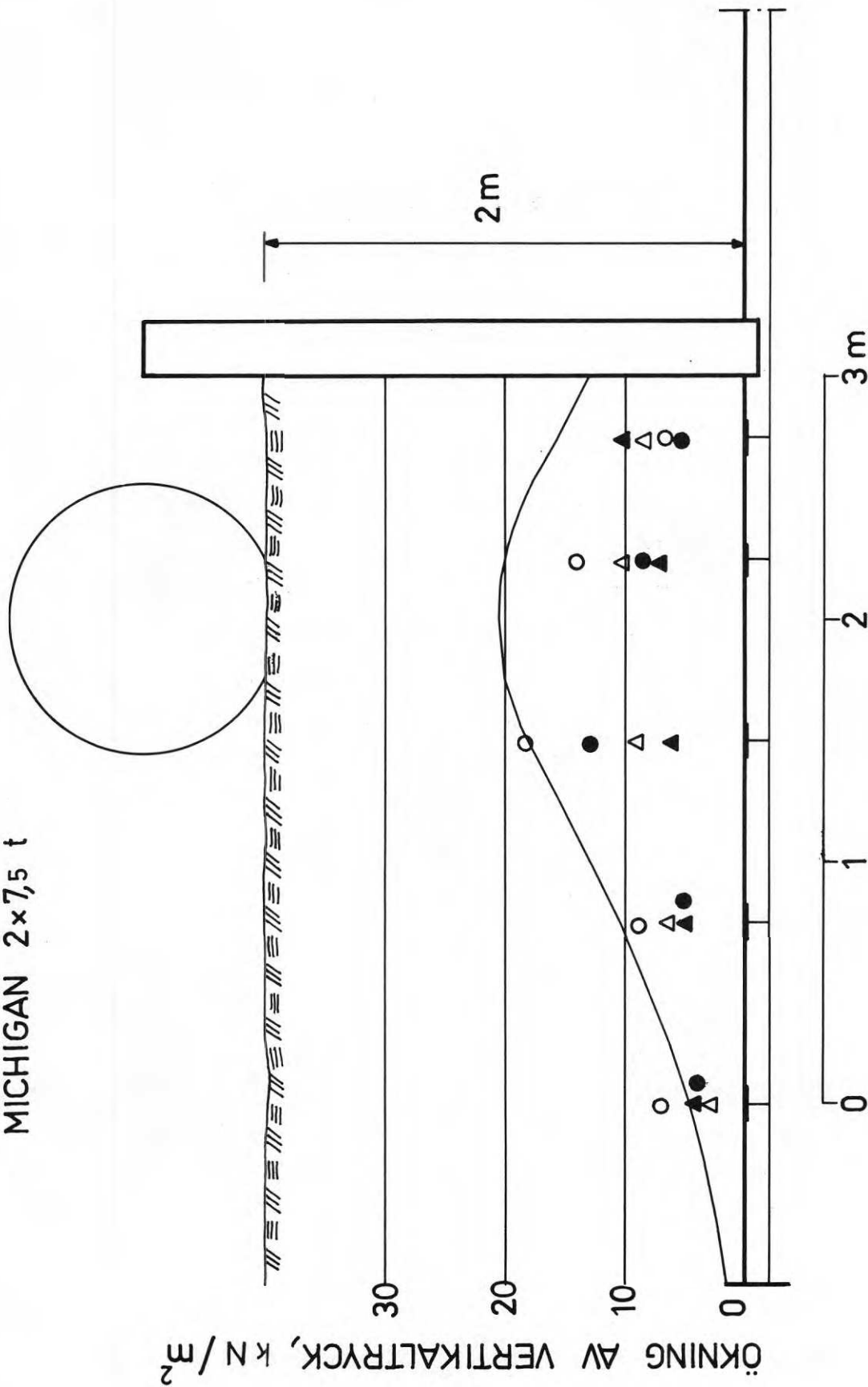


FIG. 32. Ökning av vertikalktrycket på 2 m djup orsakad av en hjullastare, MICHIGAN 175, uppställd 1 m från mätväggen.  
 ▲, ▲, löst återfylld resp. packad sand;  
 ○, ●, löst återfylld resp. packad silt; — beräknad ökning. 400 kg vibratorplatta.

=2 ggr motsvarande spänningskomponent i en elastisk oändlig halvrymd. Detta antagande skulle teoretiskt gälla för en oeftergivlig vägg. Som framgår av FIG. 28 - 30 överensstämmer beräknad och uppmätt jordtrycksökning relativt väl för löst återfyllt material ( $\nu = 0,5$ ), trots att mätväggen inte varit oeftergivlig. FIGUR 32 redovisar beräknad och uppmätt ökning av vertikalkrympet vid belastning av en Michigan 175.

Resultaten kan enklast sammanfattas i följande punkter:

1. Yttre belastningar i den form som försöken omfattat gav mycket stora tillskotts jordtryck vid lös återfyllning, medan ökningen vid packat material blev betydligt mindre.
2. Beträffande den horisontella jordtrycksökningen kunde ingen skillnad konstateras mellan sand och silt. Inte heller tycks en utvändigt mineralulls-isolering påverkat resultaten.
3. Den vertikala jordtrycksökningen blev större med silt som återfyllningsmaterial än med sand.
4. En beräkning av tillskotts jordtrycken enligt elasticitetsteorin ( $\times 2$ ) gav en relativt god överensstämmelse med uppmätta värden vid löst återfyllt material om  $\nu = 0,5$ .
5. En betydande kvarstående jordtrycksökning erhöles vid löst återfyllt material, FIG. 31.

#### 4.6 Samband mellan jordtryck och väggrörelse (jfr BIL. 4:1 - 4:2)

Utgångsläget för dessa försök var att ett visst jordtryck mot mätväggen existerade innan väggen stegvis roterades i riktning från återfyllningen. Storleken och fördelningen av detta initialjordtryck var beroende av den belastning som återfyllningen tidigare utsatts för.

De inledande försöken visade att det behövdes en mycket liten rotation av mätväggen för att jordtrycket skulle minska märkbart. Därför ändrades väggens lutning i första steget från 0 till

0,05 o/oo, dvs. en mycket liten rörelse. Vid varje steg erhöles således värden på jordtrycket i tolv punkter på mätväggen samt väggrörelsen i dessa punkter. Redovisningen skulle bli svår att överskåda om samtliga diagram redovisades i denna rapport, och därför har en sammanfattande metod använts. För varje steg har det resulterande jordtrycket beräknats ur värdena för de tolv mätpunkterna uttryckt i kN per längdmeter vägg. Detta värde har sedan avsatts som funktion av väggens lutning, (jfr FIG. 33). I bilagedelen ges en utförligare redovisning.

Av FIG. 33 framgår förändringen i resulterande jordtryck för sand och silt, dels löst utfylld, dels packad med 400 kg vibratorplatta. Sammanställningen visar att nedre gränsvärdet för jordtrycket i löst utfylld sand blev ca 70 % av det jordtryck som erhöles vid återfyllningen, medan motsvarande värde för packad sand blev 10 % samt för löst utfylld resp. packad silt 20 resp. 0 %.

Ett annat intressant resultat är att jordtrycket i en packad återfyllning minskar mycket snabbt vid väggens rörelse inåt. Detta kan exempelvis utnyttjas om man vill packa en återfyllning eller belasta den med stora yttre laster och då stöttar upp källarväggen under packnings- resp. belastningsskedet. Jordtrycket skulle sedan minska avsevärt när stöttorna avlägsnades.

#### 4.7 Uppmätt bäddmodul

I föregående avsnitt studerades totala jordtrycket som funktion av mätväggens lutning, men även sambandet mellan jordtryck och mätpunktens rörelse kan vara av intresse att belysa. Sambandet mellan jordtryck  $p$  och sidorörelse  $y$  kan approximativt tecknas

$$p = k_h \cdot y$$

där  $k_h$  är en proportionalitetskoefficient som benämns bäddmodul eller fjädringsmodul. I FIG. 34 och 35 har uppmätt bäddmodul för sand resp. silt avsatts som funktion av mätpunktens djup under markytan. Av resultaten framgår att bäddmodulen i försöket med löst utfylld sand i stort sett ökade linjärt med djupet. För packad sand däremot tycks bäddmodulen varit oberoende av djupet, vilket också var fallet med löst utfylld resp. packad

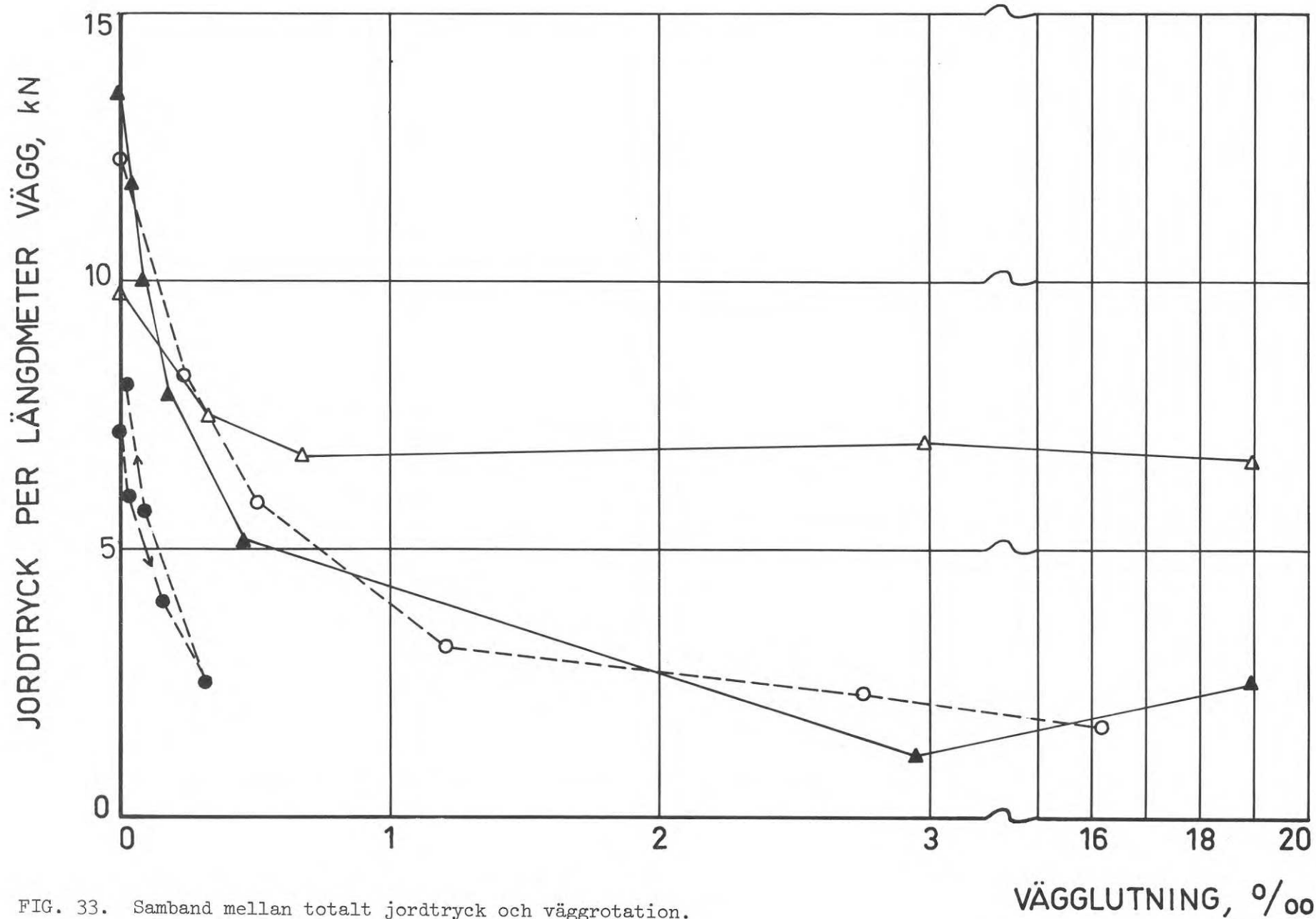


FIG. 33. Samband mellan totalt jordtryck och väggrotation.  
 Δ, ▲, löst återfylld resp. packad sand;  
 ○, ●, löst återfylld resp. packad silt. 400 kg vibratorplatta.

VÄGGLUTNING, ‰

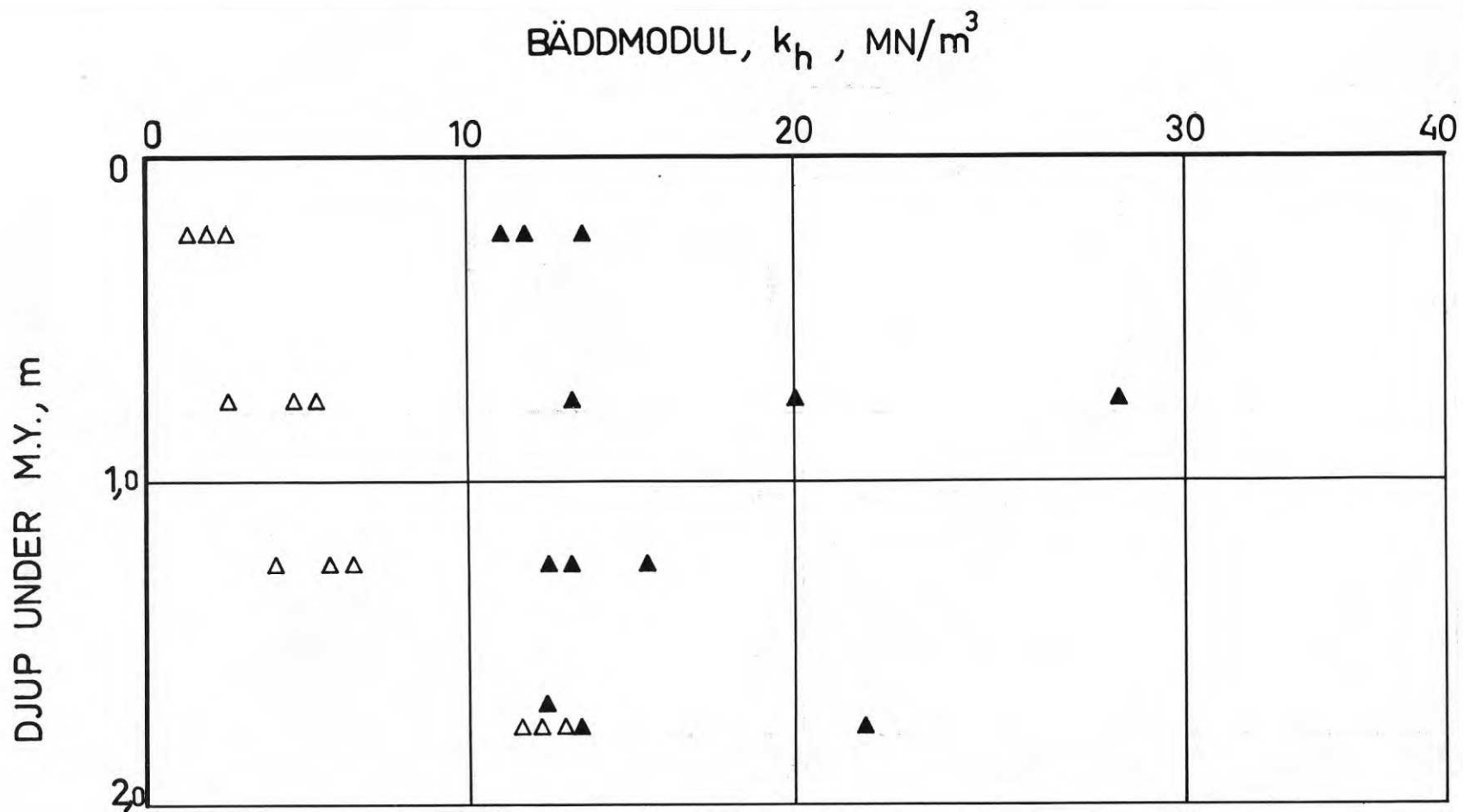


FIG. 34. Uppmätt bäddmodul i sand.  $\Delta$ , löst återfylld;  $\blacktriangle$ , packad (400 kg vibratorplatta).

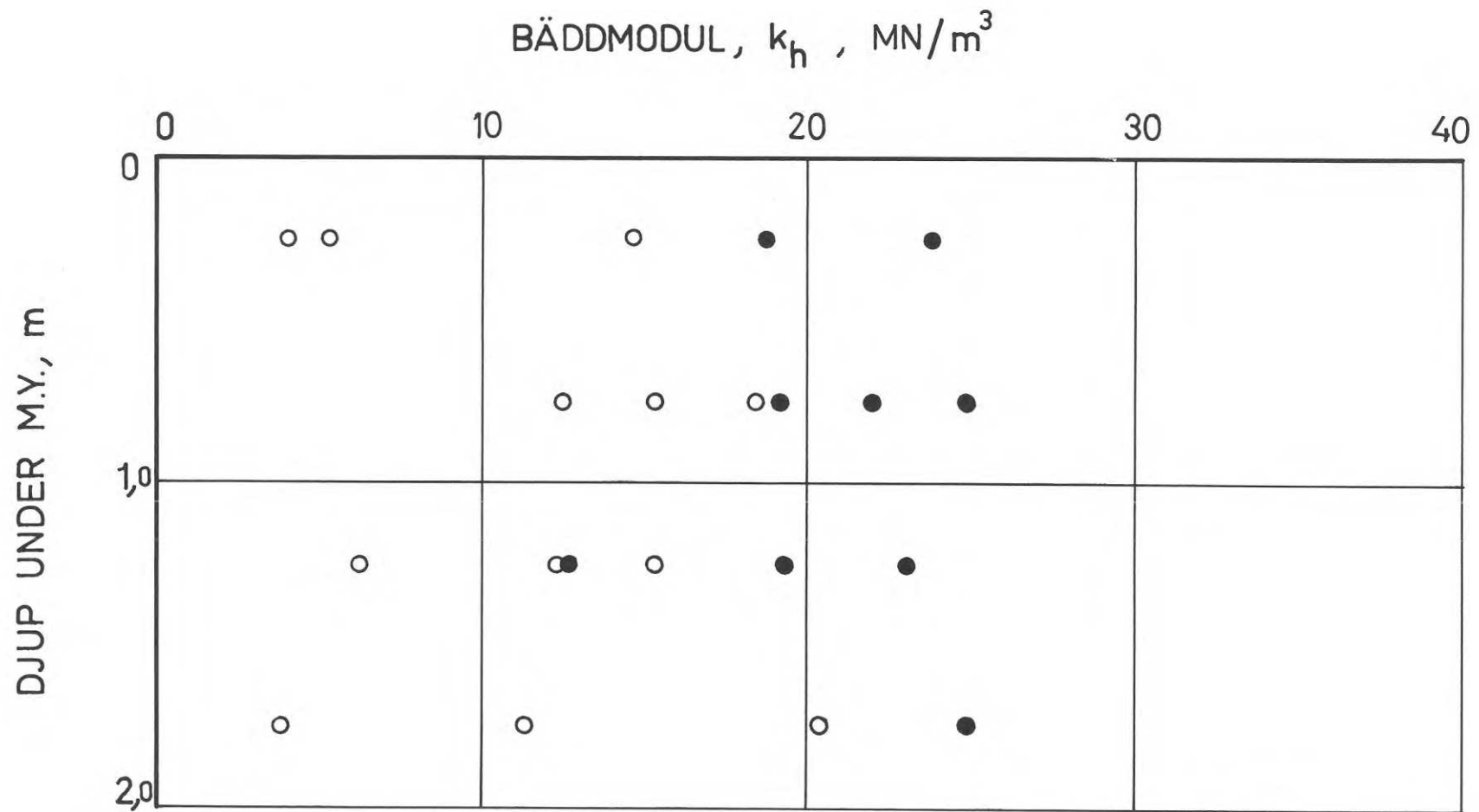


FIG. 35. Uppmätt bäddmodul i silt. ○, löst återfylld; ●, packad (400 kg vibratorplatta).



silt. Spridningen i resultaten är emellertid mycket stor i de senare fallen. Det bör påpekas att bäddmodulen uppmätts när mätväggen rört sig i riktning från fyllningen.

#### 4.8 Vatteninfiltration vid löst återfyllt sandmaterial (jfr BIL. 5:1 - 5:2)

För att studera effekten av ett kraftigt och långvarigt regn utfördes en lös återfyllning med sand mot mätväggen. Återfyllningen vattnades därefter under 4 timmar med 50 l/min. Av FIG. 36 framgår uppmätt jordtryck vid olika tidpunkter. Efter 4 timmar ökade inte jordtrycket längre utan förblev konstant och vattningen avbröts. Jordtrycket var då ca 50 % större än när vattningen påbörjades, vilket motsvarar en jordtryckskoefficient av 0,50 jämfört med 0,35 i inledningsskedet. Drygt 13 timmar senare hade jordtrycket minskat till sitt ursprungliga värde. Den sättning i markytan som vattningen orsakade uppmättes till ca 0,1 m dvs. ca 5 % av återfyllningens höjd.

#### 4.9 Långtidsmätningar

##### 4.9.1 Försöksplatsen i Älta (jfr BIL. 6:1 - 6:3)

Under tiden 17/7-69 till 1/6-70 avlästes med jämna mellanrum jordtryck, väggrörelse, temperatur m.m. vid provhuset i Älta. Återfyllningsmaterialet utgjordes av silt (ej packad). Innan återfyllningen utfördes bekläddes 1/3 av mätväggen utvändigt med 50 mm mineralull (Rockwool<sup>®</sup> markskiva 817). FIG. 37 visar nederbörd och temperatur under försöksperioden. Staplarna i diagrammet avser nederbörd under varje vecka. Provhuset uppvärmdes ej vilket medförde att temperaturen inne i huset så småningom kröp under 0-punkten. Vidare hölls återfyllningen fri från snö hela vintern. Resultatet av långtidsmätningarna framgår av FIG. 38, där uppmätt jordtryck redovisas för varje mätsektion. En ruta motsvarar  $10 \text{ kN/m}^2$  och för varje redovisad mätning har nollpunkten förflyttats 1 ruta åt höger. Resultaten kan enklast sammanfattas i följande punkter:

1. En viss omfördelning av jordtrycket skedde under tiden 17/7 till 24/11, men totala jordtrycket förblev oförändrat.

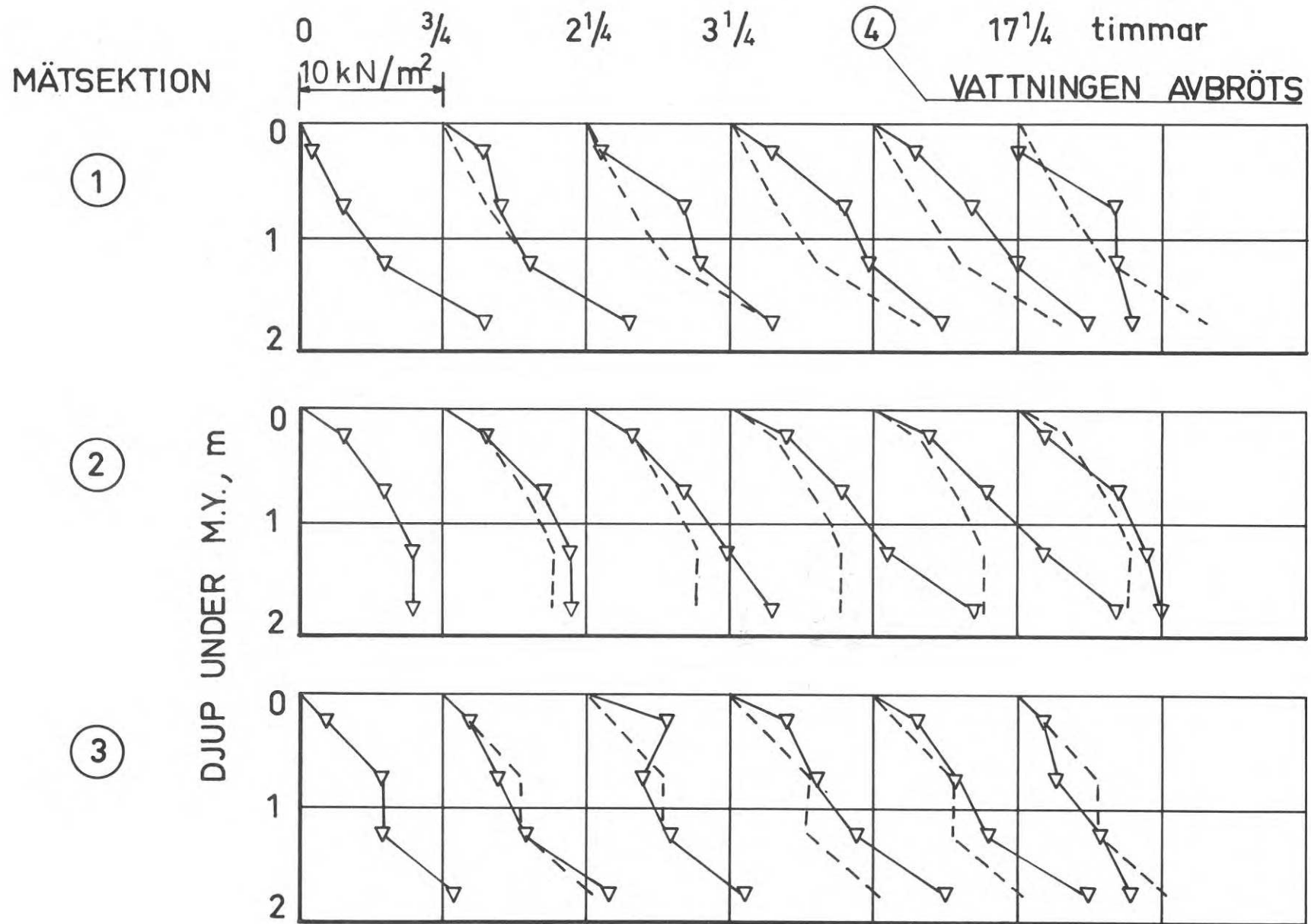


FIG. 36. Jordtrycksförändring vid vatteninfiltration i lös återfyllning av sand. - - -, ursprungligt jordtryck. 1 ruta motsvarar  $10 \text{ kN/m}^2$ .

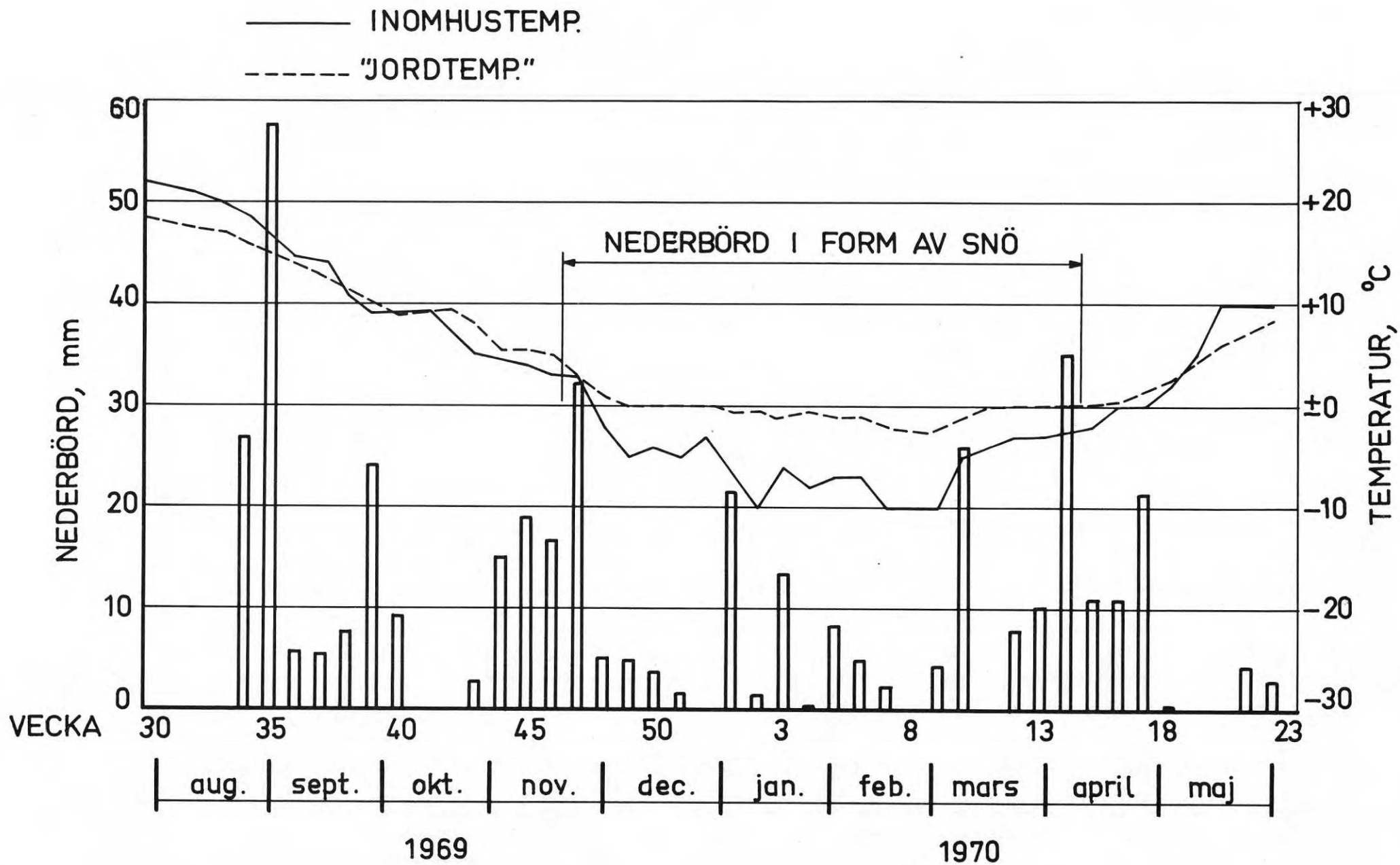


FIG. 37. Nederbörd och temperatur i samband med långtidsmätningar.

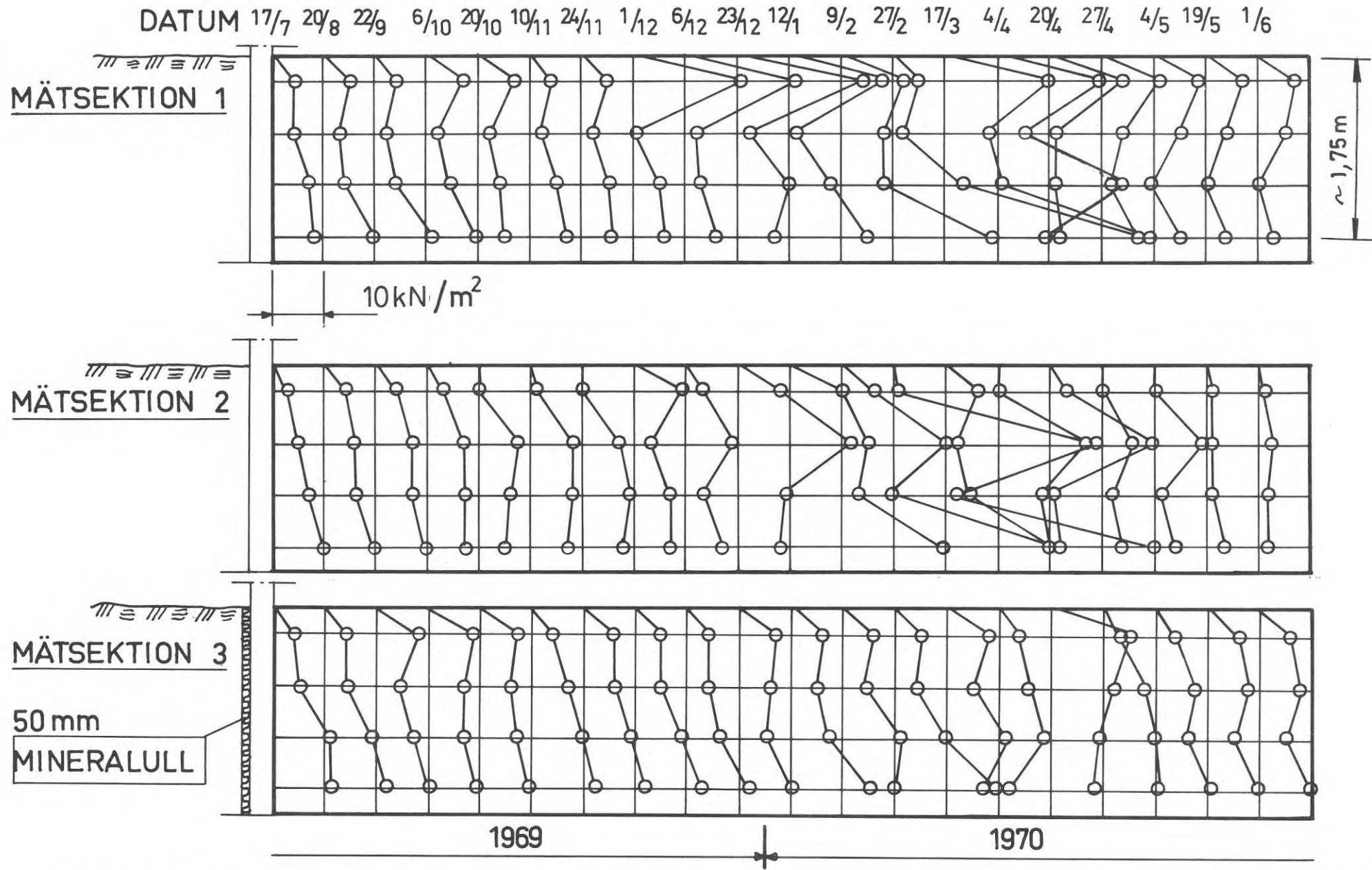


FIG. 38. Uppmätt jordtrycksfördelning i lös återfyllning av silt under tiden 17.7.1969 - 1.6.1970. 1 ruta motsvarar 10 kN/m<sup>2</sup>.

2. En kraftig ökning av jordtrycket inträffade i mätsektion 1 och 2 när återfyllningen började frysa. I vissa mätpunkter uppmättes jordtryck på 40 - 50 kN/m<sup>2</sup>.
3. Mineralullsisoleringen tycks ha begränsat tjältrycket i mätsektion 3.
4. När mätningarna avslutades den 1/6-70 uppmättes ett resulterande jordtryck som var lägre än motsvarande jordtryck den 17/7-69. Fördelningen var emellertid mer rektangulär.
5. Sättningen i markytan närmast mätväggen blev under mätperioden ca 0,2 m, dvs. ca 10 % av fyllningshöjden.

Resultaten tyder således på att det jordtryck som uppstår i samband med återfyllningen skulle vara dimensionerande under förutsättning att ingen tjälning närmast källarväggen uppstår. Det kan därför vara av intresse att jämföra dessa resultat med mätningar som utförts i Täby av Statens geotekniska institut (F<sub>0</sub>288).

#### 4.9.2 Försöksplatsen i Täby

FIG. 39 visar i princip hur 6 jordtrycksdosor placerats på utsidan av en 0,25 m källarvägg av lättbetong. Utrymmet på insidan är uppvärmt. Efter monteringen har väggen beklätts med 50 mm mineralull. Schaktgravens bredd var ca 1 m. Återfyllningen skedde för hand den 26/9 1968 och materialet bestod av en grå, skiktad moig morän, FIG. 40, med följande egenskaper:

vattenhalt	11 %
vattengenomsläpplighet	$1,9 \cdot 10^{-8}$ m/sek
skrymdensitet,	
ostört prov	2,2 t/m <sup>3</sup>
inre friktionsvinkel	
vid direkt skjuvförsök	41,5°
(konsoliderat dränerat prov).	

Resultaten från jordtrycksmätningarna under tiden 26/9-68 till 8/6-70 redovisas i FIG. 39. Av diagrammen framgår att det största jordtrycket uppmättes direkt efter avslutad återfyllning. Därefter skedde en omfördelning av jordtrycket under några veckor. Sedan den 25/10-68 har inga större förändringar inträffat.

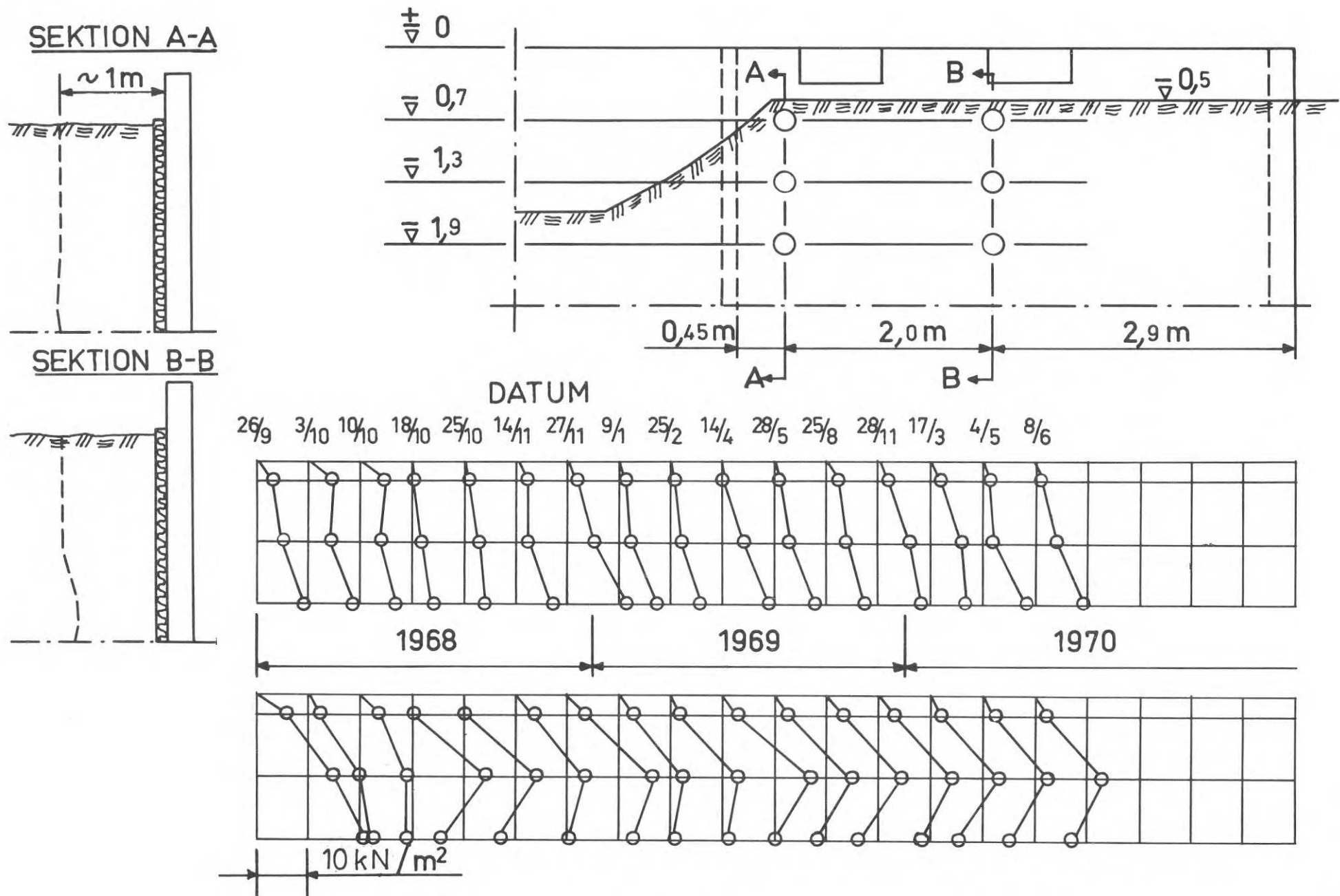


FIG. 39. Långtidsmätningar i Täby. 1 ruta motsvarar 10 kN/m<sup>2</sup>.

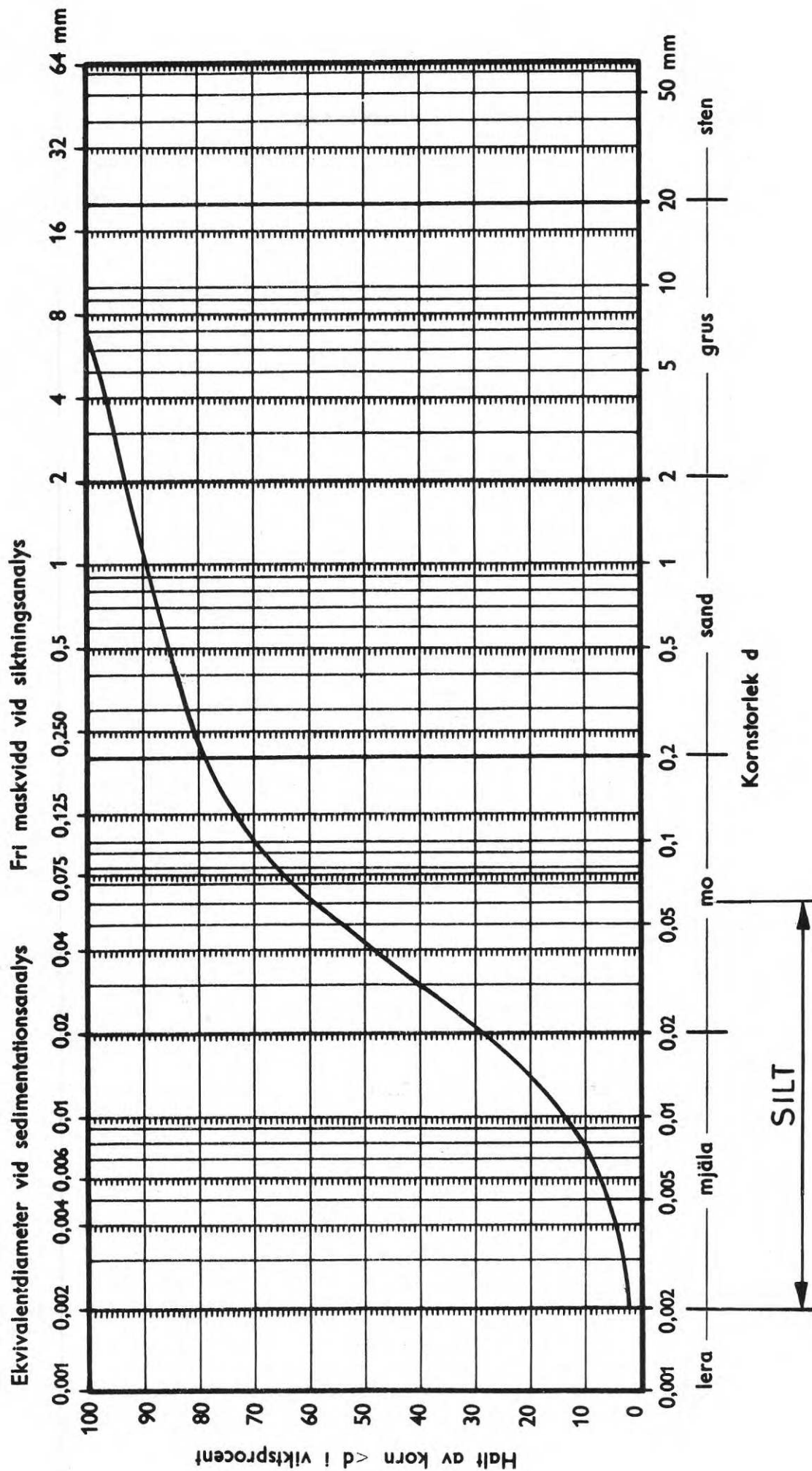


FIG. 40. Kornfördelning hos återfyllningsmaterialet i Täby.

Vid en bedömning av de resultat som presenterats i denna rapport är det viktigt att komma ihåg de grundläggande förutsättningar som gällt vid försöken. Nämligen att mätväggens höjd varit begränsad till 2,5 m och längden till 6 m. Vidare att den jordtrycksbelastade konstruktionen varit något eftergivlig. Dessa förutsättningar leder till att resultaten närmast kan användas för dimensionering av jordtrycksbelastade källarväggar där fyllningshöjden ej överstiger 2,5 m och återfyllningsmaterialet har en kornfördelning som huvudsakligen ligger inom området finmo - grus.

De mest väsentliga resultaten ifrån denna undersökning kan sammanfattas i följande punkter.

1. Omedelbart efter lös återfyllning erhöles ett triangulärt fördelat jordtryck med jordtryckskoefficienten  $K = 0,35$  för sand och  $K = 0,30$  för silt.
2. Vid kraftig vatteninfiltration i sand ökade jordtrycket med ca 50 %.
3. Långtidsmätningarna visade att fördelningen av jordtrycket i det siltiga materialet övergick ifrån en triangulär form till en mera rektangulär form efter några månader. Totala jordtrycket förblev emellertid konstant eller minskade.
4. Mycket stora horisontella tjältryck uppmättes i det siltiga materialet under vintern (provhuset var ej uppvärmt).
5. En utvändig mineralullsisolering invercade på jordtryckets fördelning och storlek endast i det fall när tjältryck uppstod. På grund av mineralullens kompressibilitet och värmeisolerande förmåga begränsades tjältrycket markant.
6. När återfyllningen packades i lager erhöles oväntat låga jordtryck, i vissa fall t.o.m. lägre än vid lös återfyllning. Fördelningen av jordtrycket i sand blev i stort sett rektangulär, medan fördel-



ningen i det siltiga materialet blev hyperbolisk.

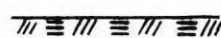

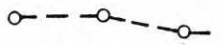




7. Det vertikala jordtrycket närmast mätväggen överensstämde ej med beräknat överlagringstryck. Uppmätt vertikaltryck varierade mellan 0,5 till 1,5 ggr beräknat överlagringstryck.
8. Yttre laster i närheten av mätväggen orsakade mycket stora tillskottsjordtryck i lös återfyllning. Vid packad återfyllning erhöles däremot betydligt mindre tillskottsjordtryck. Beräknad jordtrycksökning enl. elasticitetsteorin stämmer relativt väl med uppmätta värden.

- Broms, B & Ingelsson, I, 1967, Resultat från mätning av jordtryck mot brolandfäste. (Statens geotekniska institut.) Särtr. o. Prel. Rapp. 22. Stockholm.
- Florin, V, A, 1959, Basic soil mechanics. Moskva.
- Hansen, J, B, 1953, Earth pressure calculation. (Danish Technical Press.) Köpenhamn.
- Hansen, J, B & Hessner, J, 1959, Geotekniske beregninger. (Teknisk Forlag.) Köpenhamn.
- Kézdi, Á, 1962, Erddrucktheorien. (Springer Verlag.) Berlin.
- Lundgren, H & Hansen, J, B, 1958, Geoteknik. (Teknisk Forlag.) Köpenhamn.
- Newmark, N, M, 1942, Influence charts for computation of stresses in elastic foundations. (University of Illinois.) Vol. 40, no. 12 in Bulletins series no. 338.
- Rehman, S-E & Broms, B, 1968, Jordtryck mot grundmurar av Leca-block. (Väg- och Vattenbyggaren 14:1-2.) Stockholm.
- Scott, R, F, 1963, Principles of soil mechanics. (Addison - Wesley Publ. Co.) Mass.
- Sowers, G, F, *et al.*, 1957, The residual lateral pressures produced by compacting soils. Proceedings 4. International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 2, p. 243-247. London.
- Terzaghi, K, 1944, Theoretical soil mechanics. (J. Wiley a. Sons Ltd.) New York.

## BILAGA 1

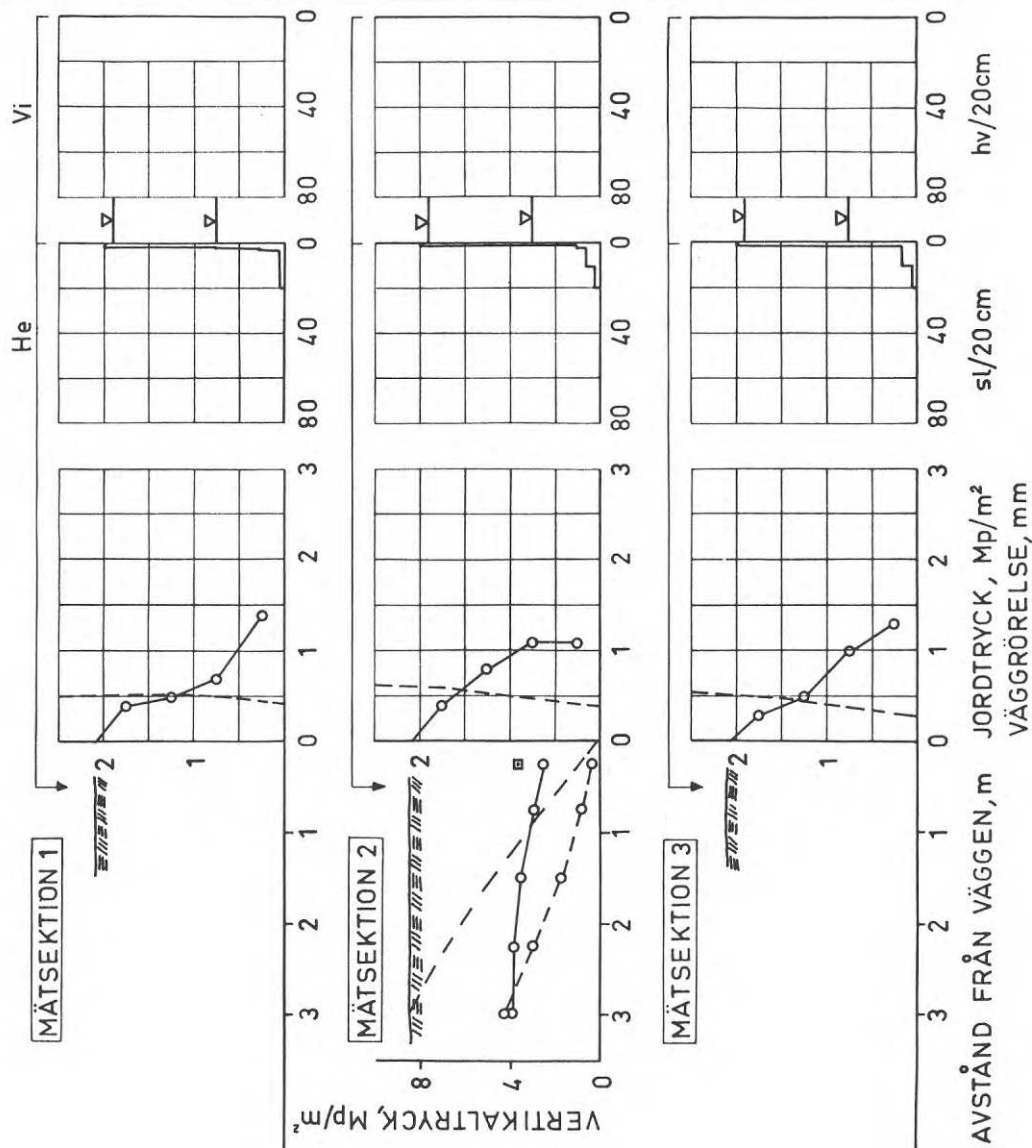
## RESULTAT AV MÄTNINGAR MED LÖST ÅTERFYLLT MATERIAL

## Teckenförklaring:

	= fyllningshöjd (vanl. ca 2 m)
	= schaktgrav före återfyllning
	= vertikaltryck före återfyllning
	= jordtryck efter återfyllning
	= beräknat överlagringstryck efter återfyllning
	= väggrörelse vid återfyllning
	= provtagningsnivå

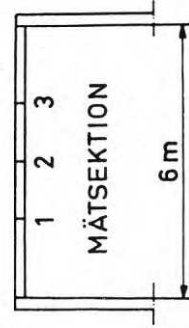
- MÄTNING Nr 8  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PÅCKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
3,7	1,71
3,3	1,76
4,4	1,67
3,5	1,71
3,3	1,70
3,4	1,67



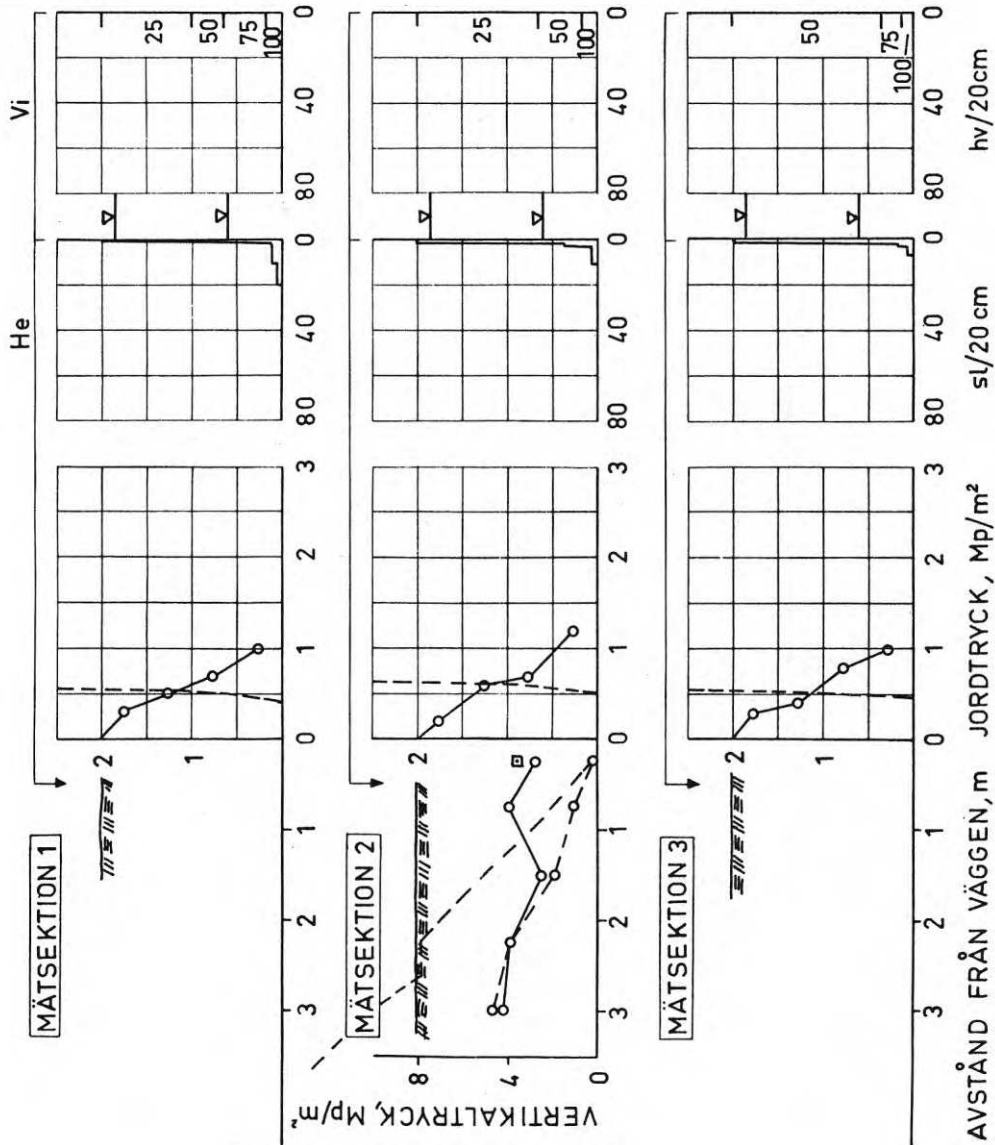
POROSITET =39 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET =20 % —//—  
 PÅCKNINGS-  
 GRAD =77 % —//—

- MÄTNING Nr 77  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja



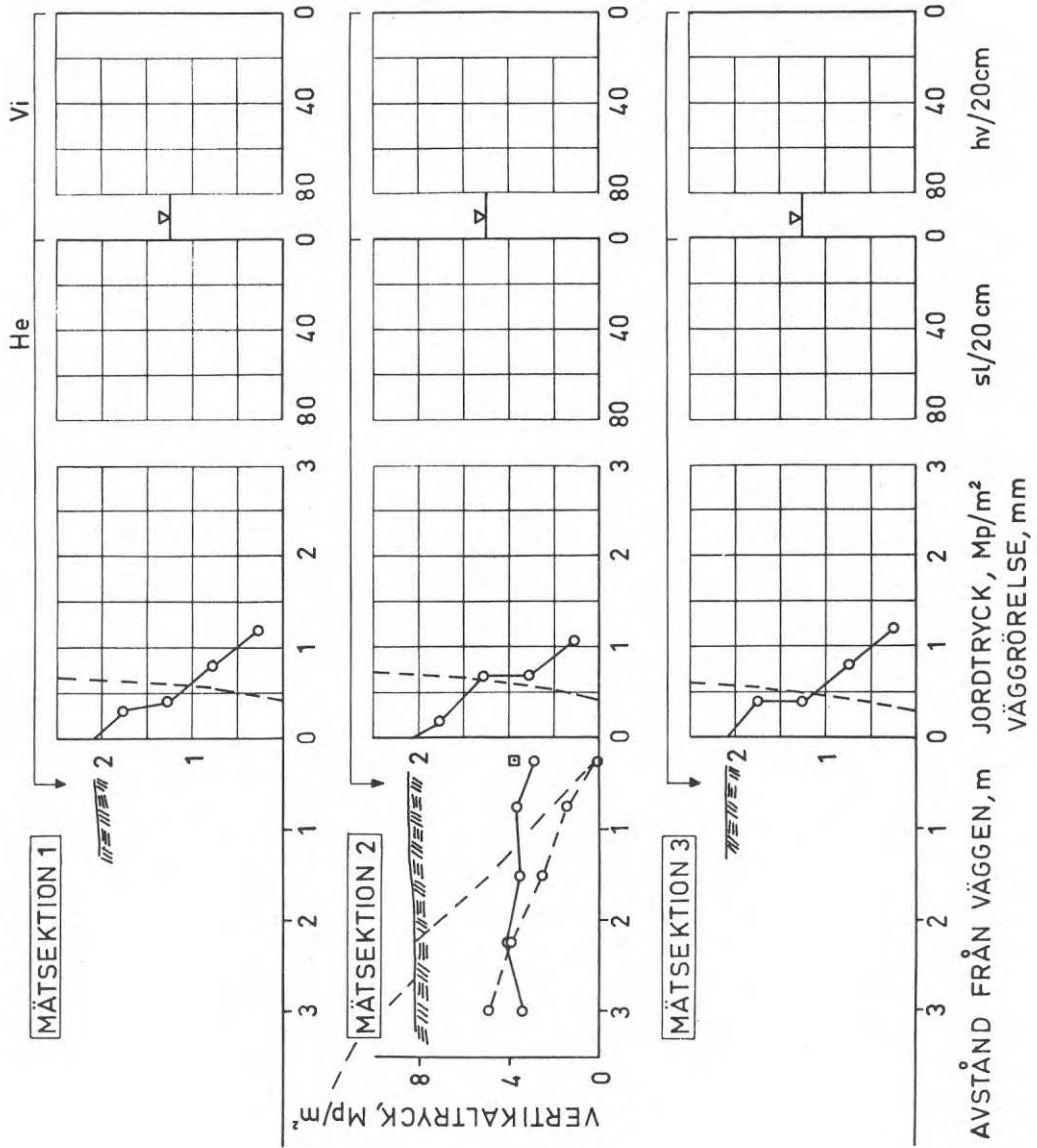
POROSITET = 35 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 38 %  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 81 %

W %	γ
0,9	1,78
1,7	1,67
1,8	1,74
1,7	1,81
2,1	1,73
1,8	1,82



- MÄTNING Nr 108  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	Y
~1,5	~1,75
~1,5	~1,75
~1,5	~1,75



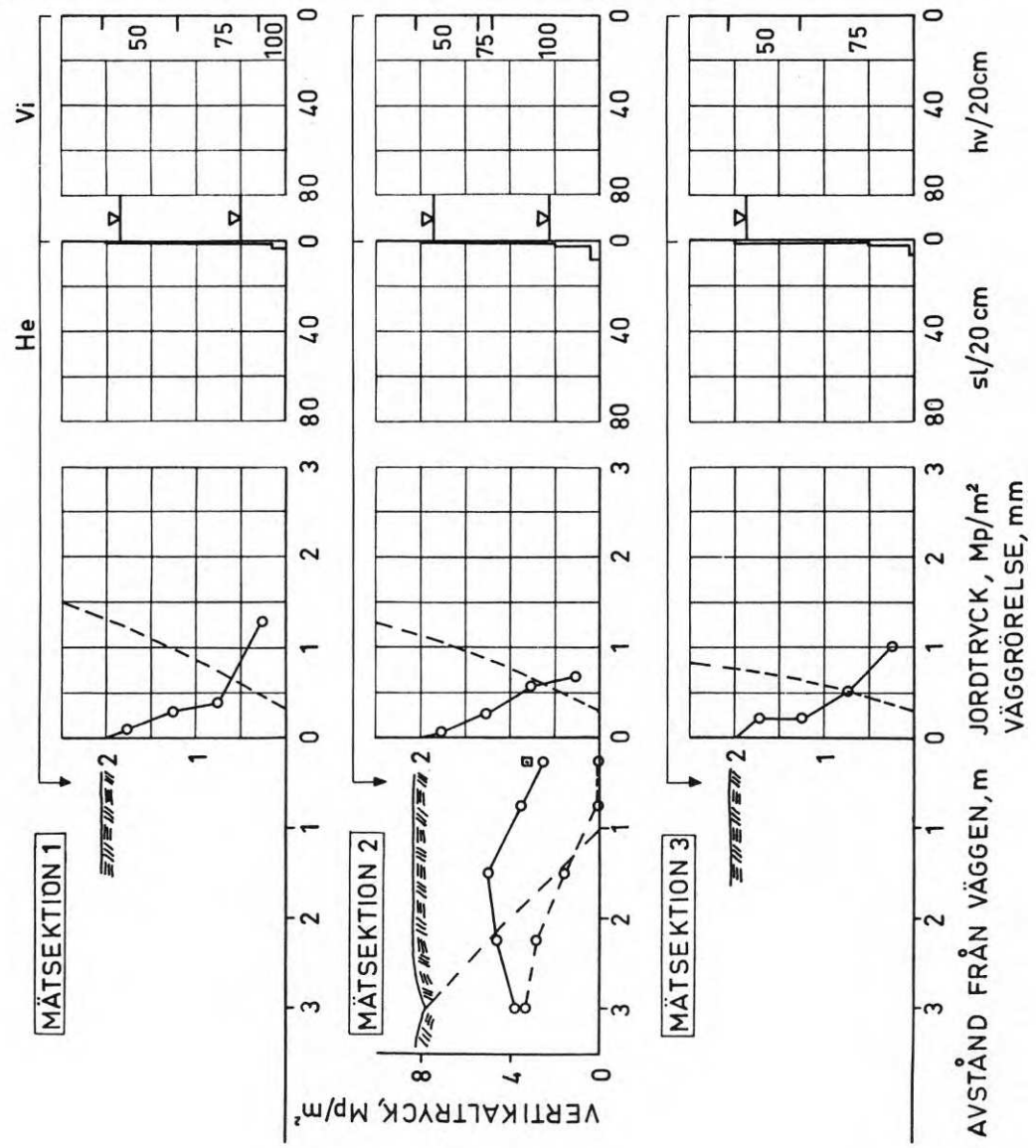
POROSITET ~36 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET ~36 % —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD ~ 81 % —//—

- MÄTNING Nr 183  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja



POROSITET = 50 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 21 % —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 71 % —//—

W %	Y
12,5	1,51
14,9	1,56
9,8	1,49
13,9	1,49
12,6	1,56





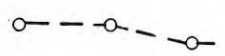








## BILAGA 2

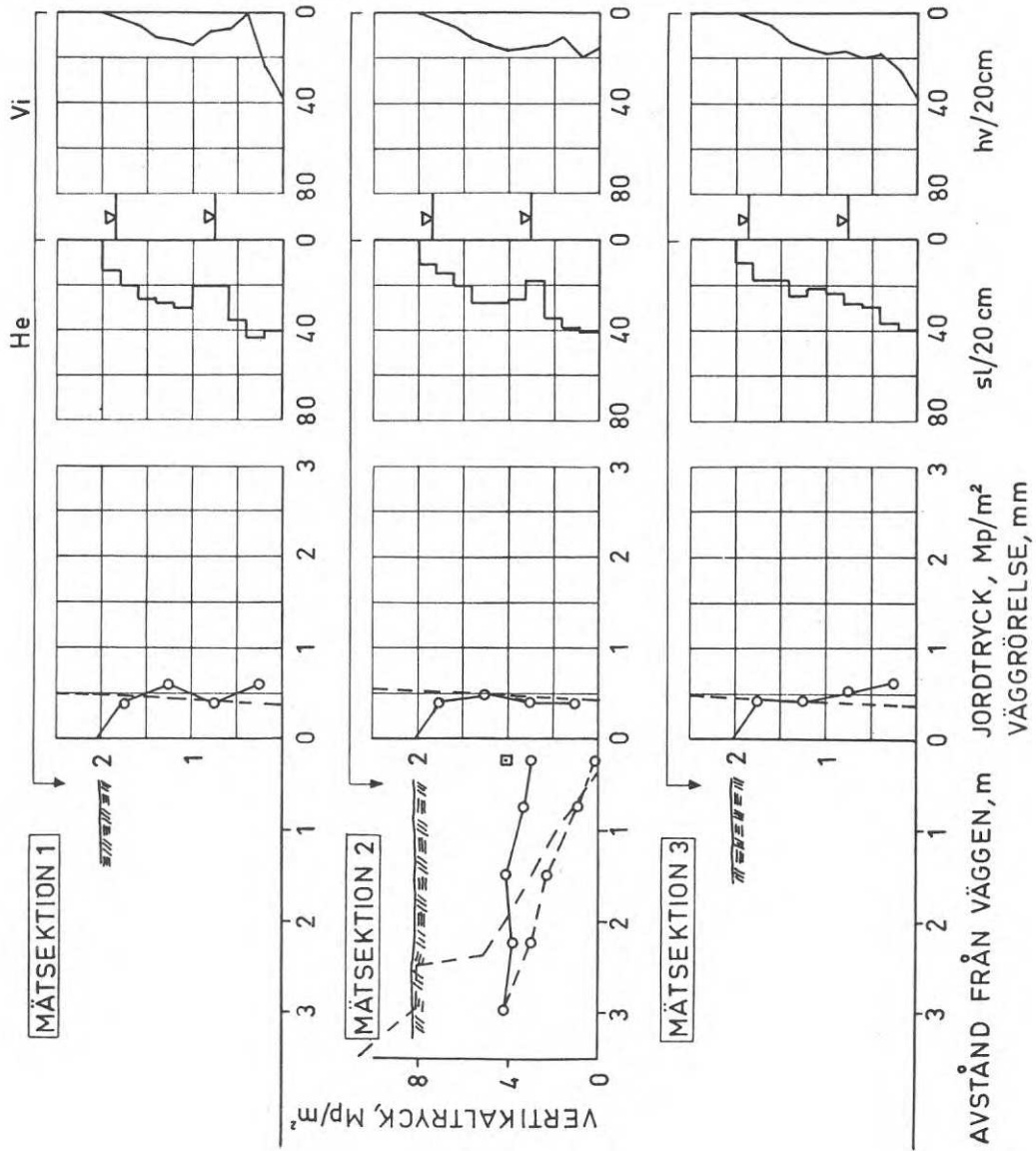
## RESULTAT AV MÄTNINGAR MED PACKAD ÅTERFYLLNING

Teckenförklaring:

	= fyllningshöjd (vanl. ca 2 m)
	= schaktgrav före återfyllning
	= vertikaltryck före återfyllning
	= jordtryck efter återfyllning
	= beräknat överlagringstryck efter återfyllning
	= väggrörelse vid återfyllning
	= provtagningsnivå

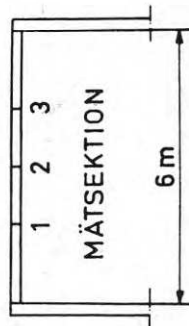
- MÄTNING Nr 45  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSPREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
1,9	2,05
2,2	1,92
2,5	1,92
2,6	1,91
2,1	1,92
2,5	2,03



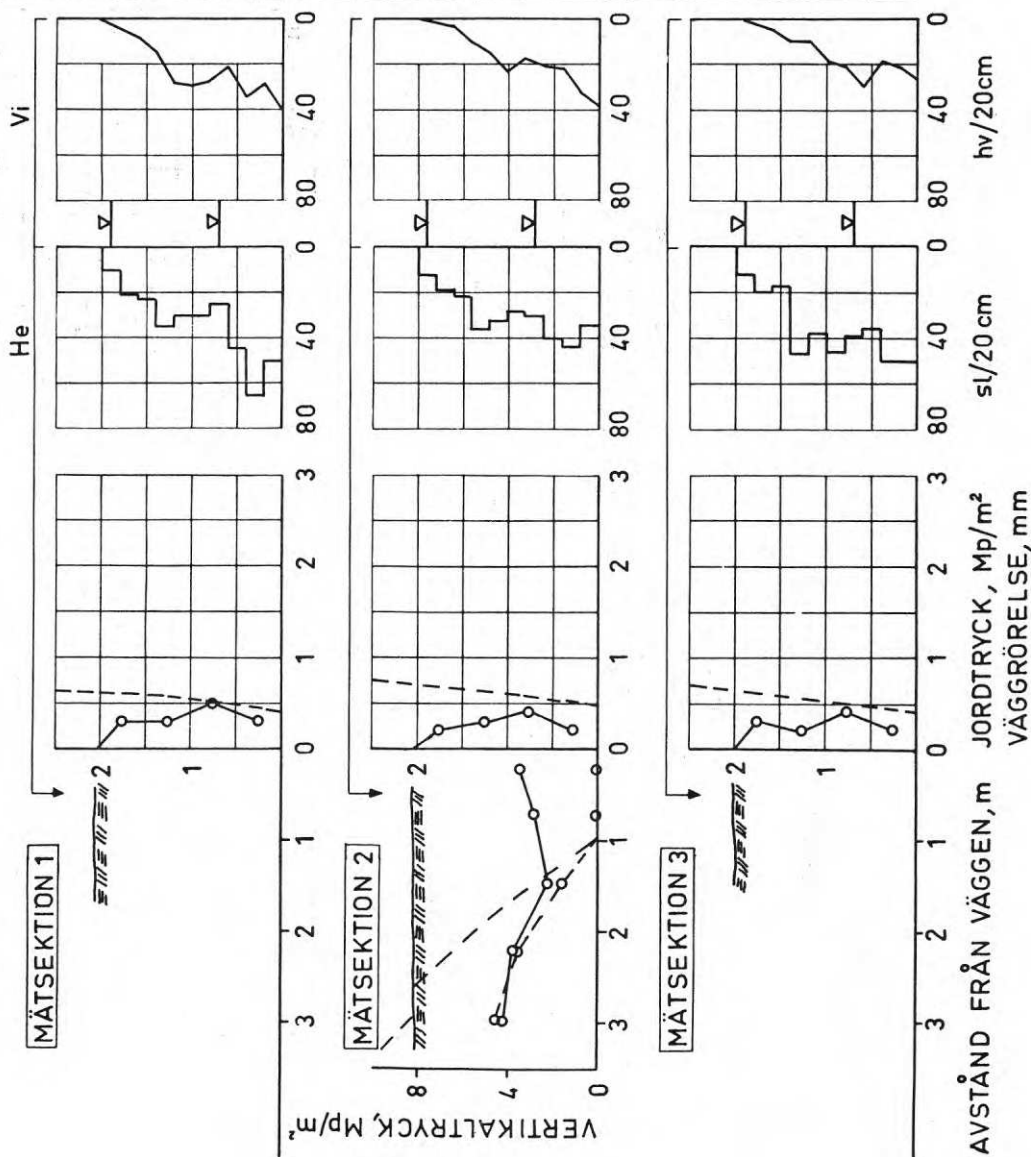
POROSITET = 28 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 69 %  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 90 %

MÄTNING Nr 65  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja



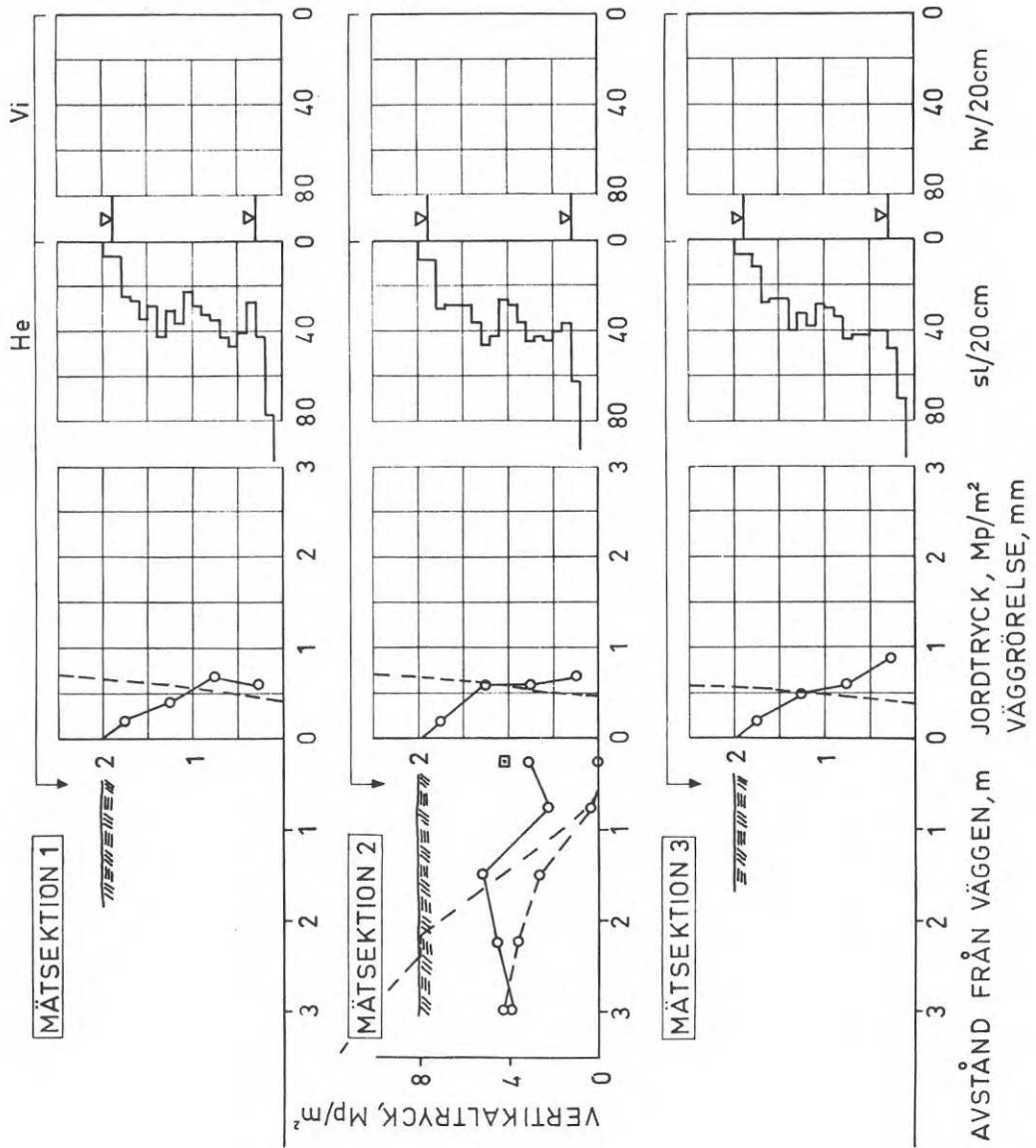
POROSITET = 26 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 78 % —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 93 % —//—

W %	γ
2,1	1,99
1,9	2,01
1,8	2,02
2,1	2,01
1,0	1,99
1,4	2,01



MÄTNING Nr 167  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
5,1	2,12
5,3	2,14
3,8	1,98
5,3	2,18
5,8	2,16
5,5	2,19



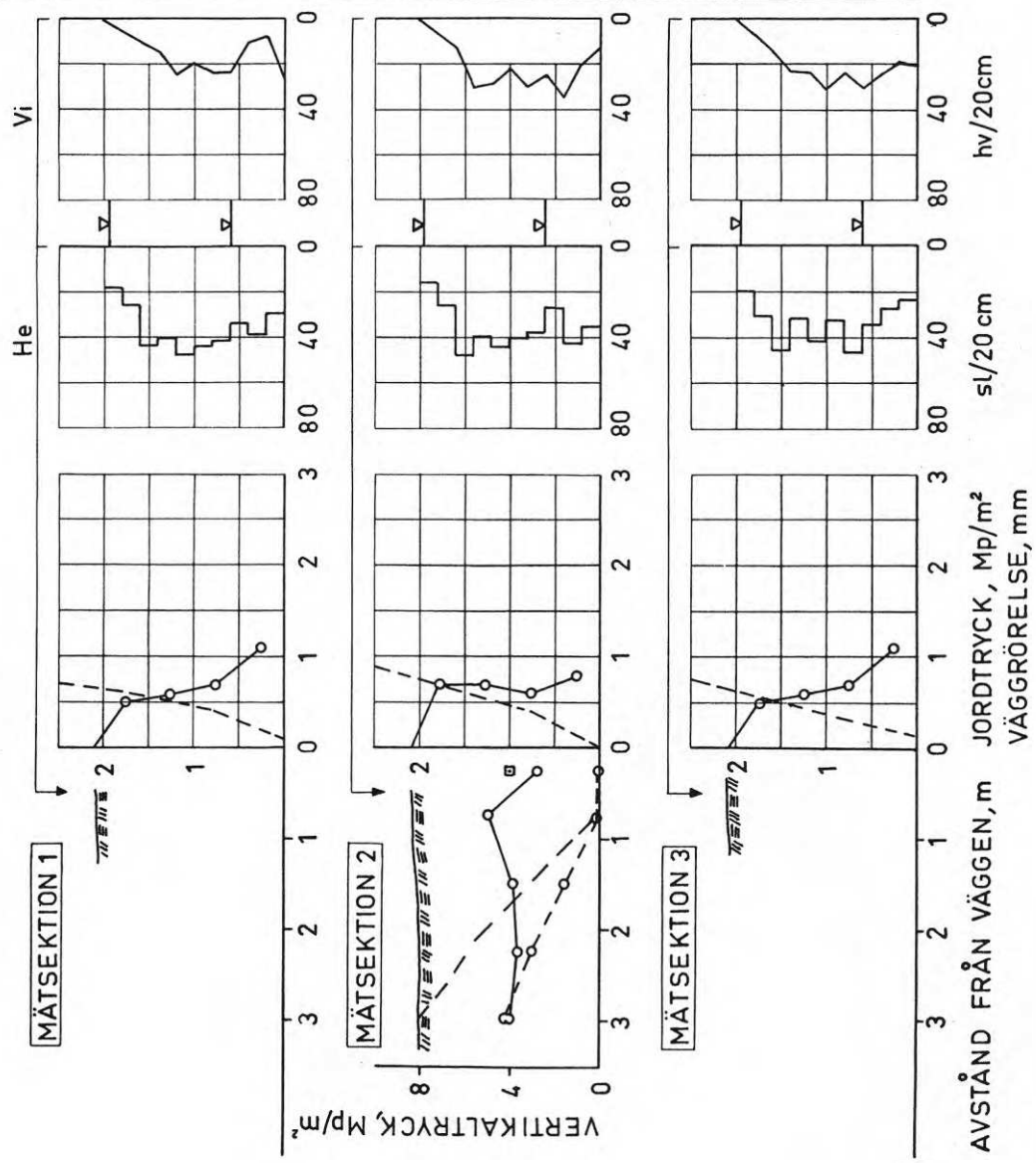
POROSITET = 24 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 87 %  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 95 %

MÄTNING Nr 20  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSDREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja



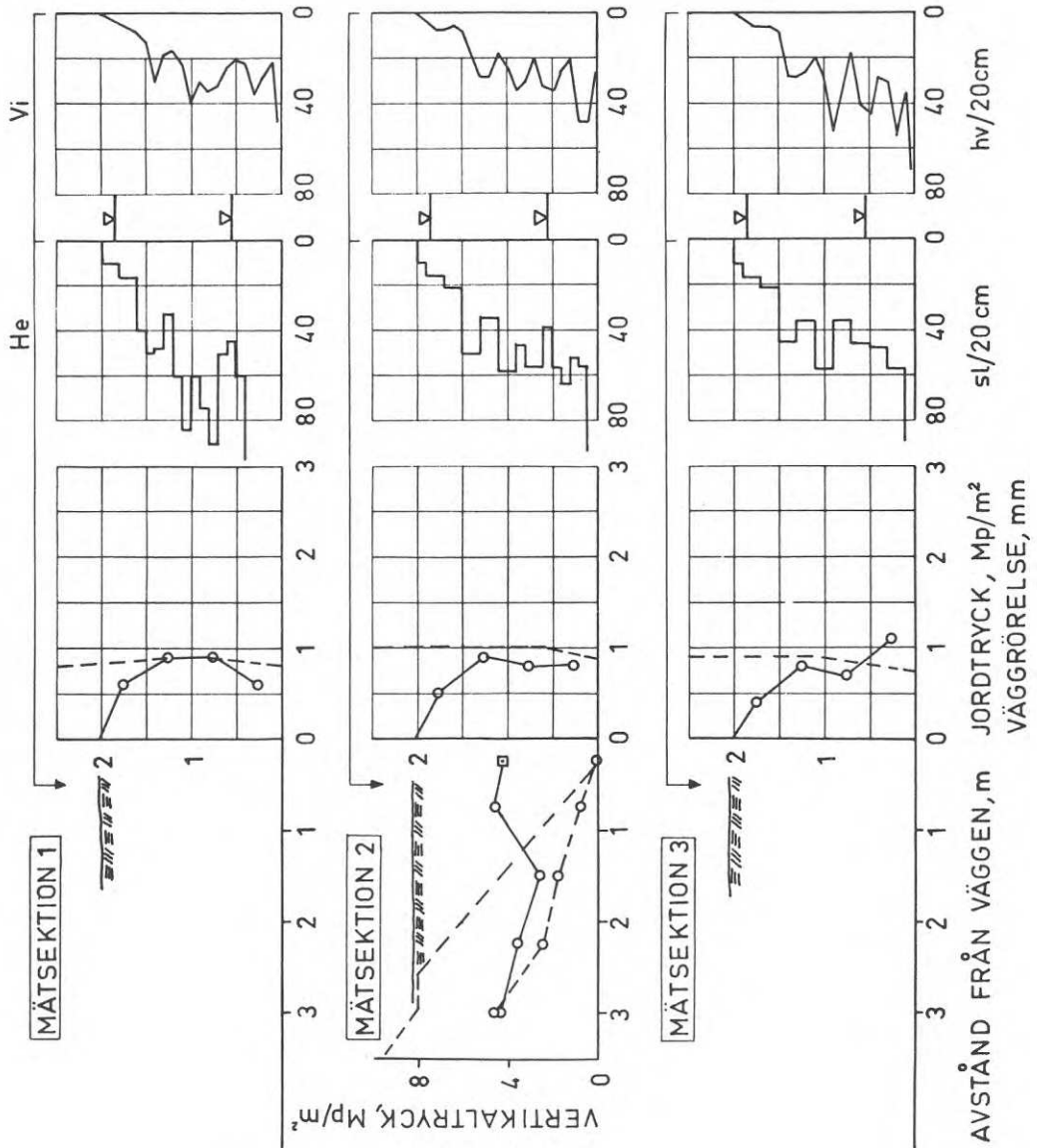
POROSITET = 31 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 58 % ---//---  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 87 % ---//---

W %	γ
2,6	1,94
2,6	1,84
2,6	1,94
3,1	1,72
2,2	2,02
3,1	1,86



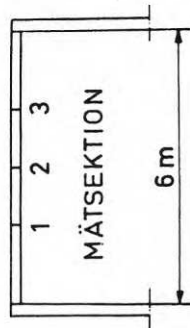
MÄTNING Nr 92  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSPREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
1,1	2,10
1,5	2,06
1,8	2,11
1,4	2,08
1,4	1,92
1,8	2,02



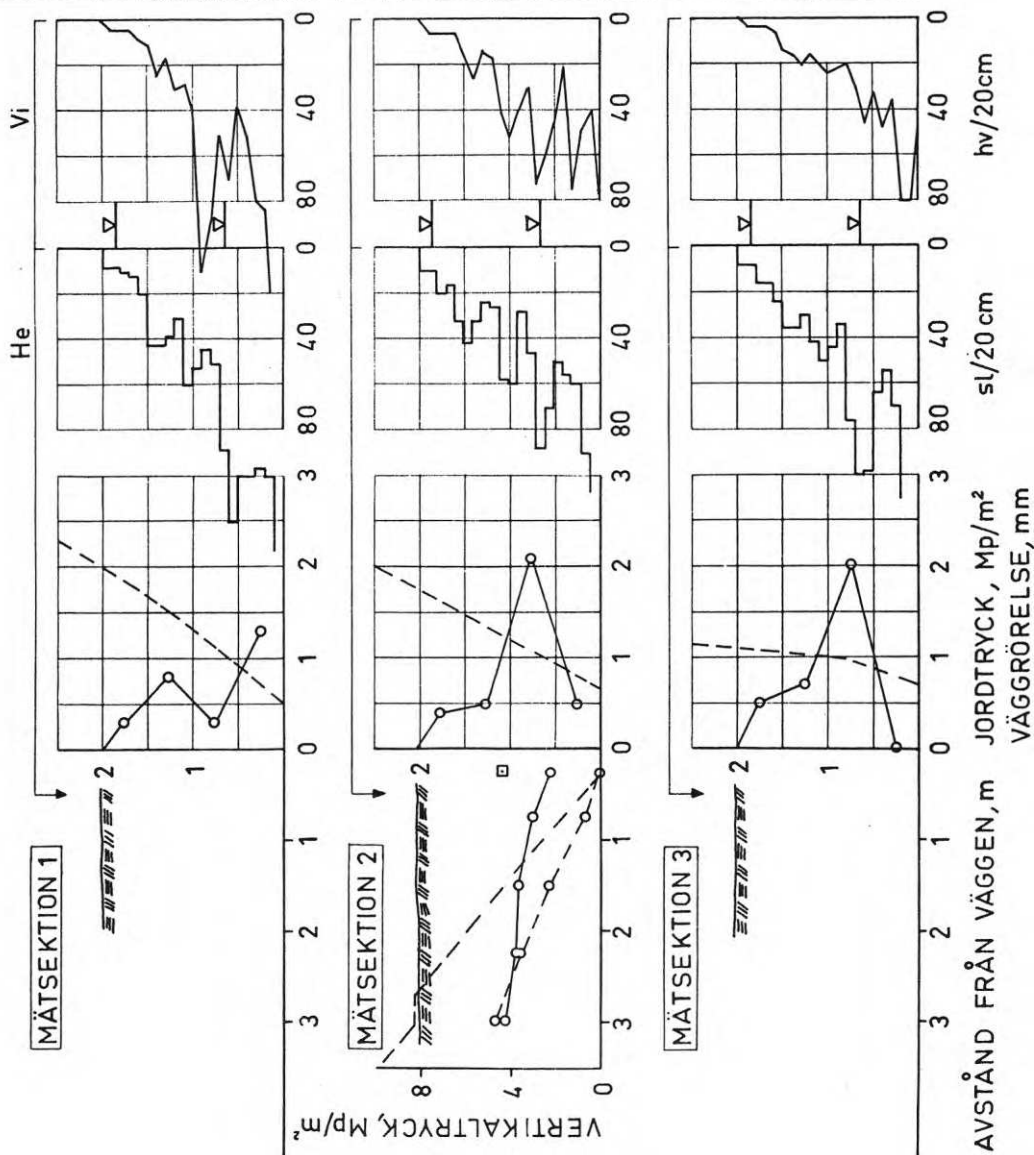
POROSITET = 24 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 85 %  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 95 %

MÄTNING Nr 133  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja



POROSITET = 24 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 88 %  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 96 %

W %	γ
2,5	2,03
6,9	2,22
6,0	2,13
7,2	2,26
3,8	2,14
4,8	2,18

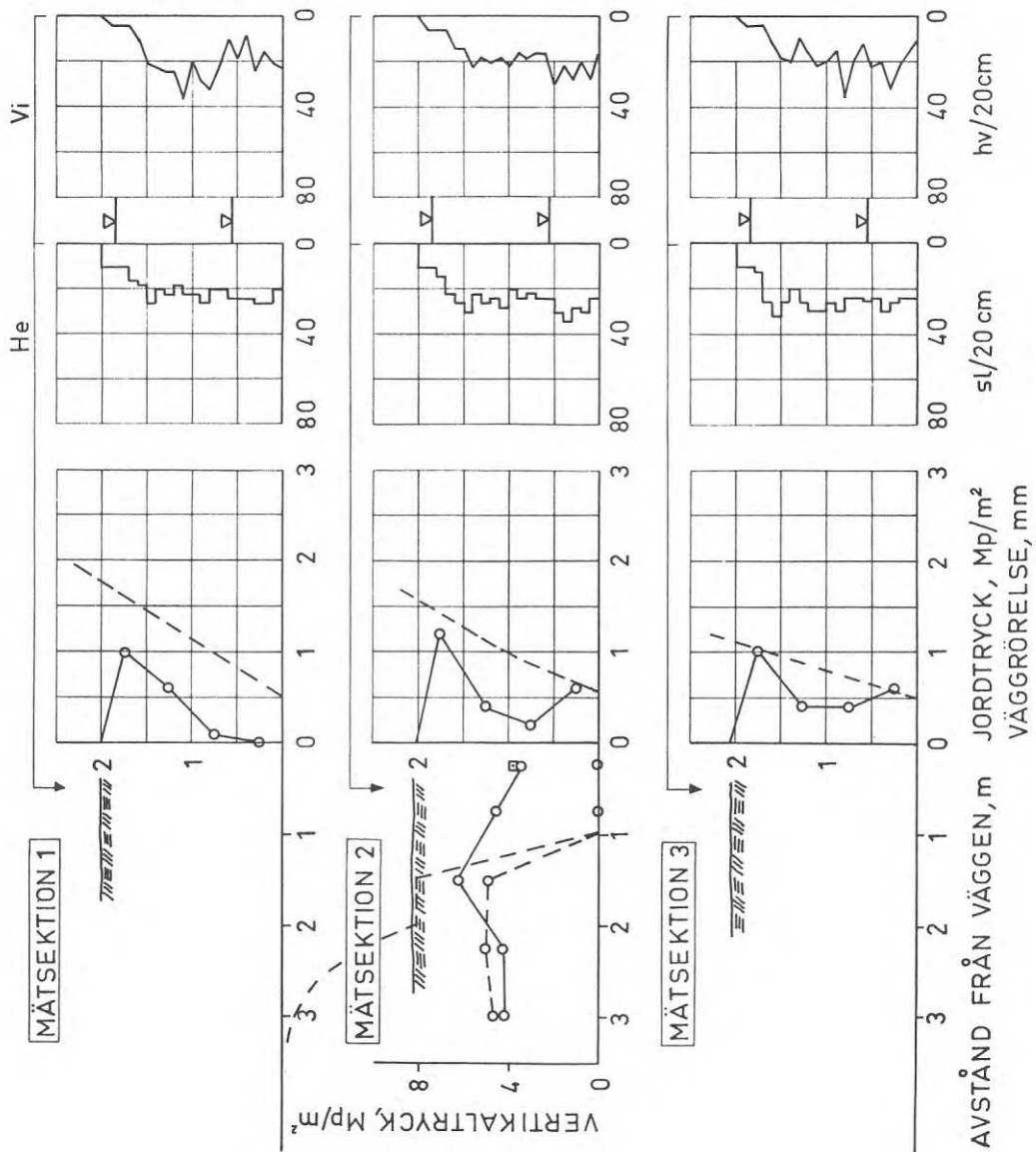


- MÄTNING Nr 206  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSPREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VÄTTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖREELSE  
 nej  ja



POROSITET = 39 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 70 % —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 87 % —//—

W %	γ
12,4	1,83
12,7	1,85
15,0	1,88
14,0	1,90
13,1	1,88
14,3	1,86


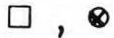
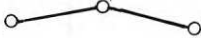






## BILAGA 3

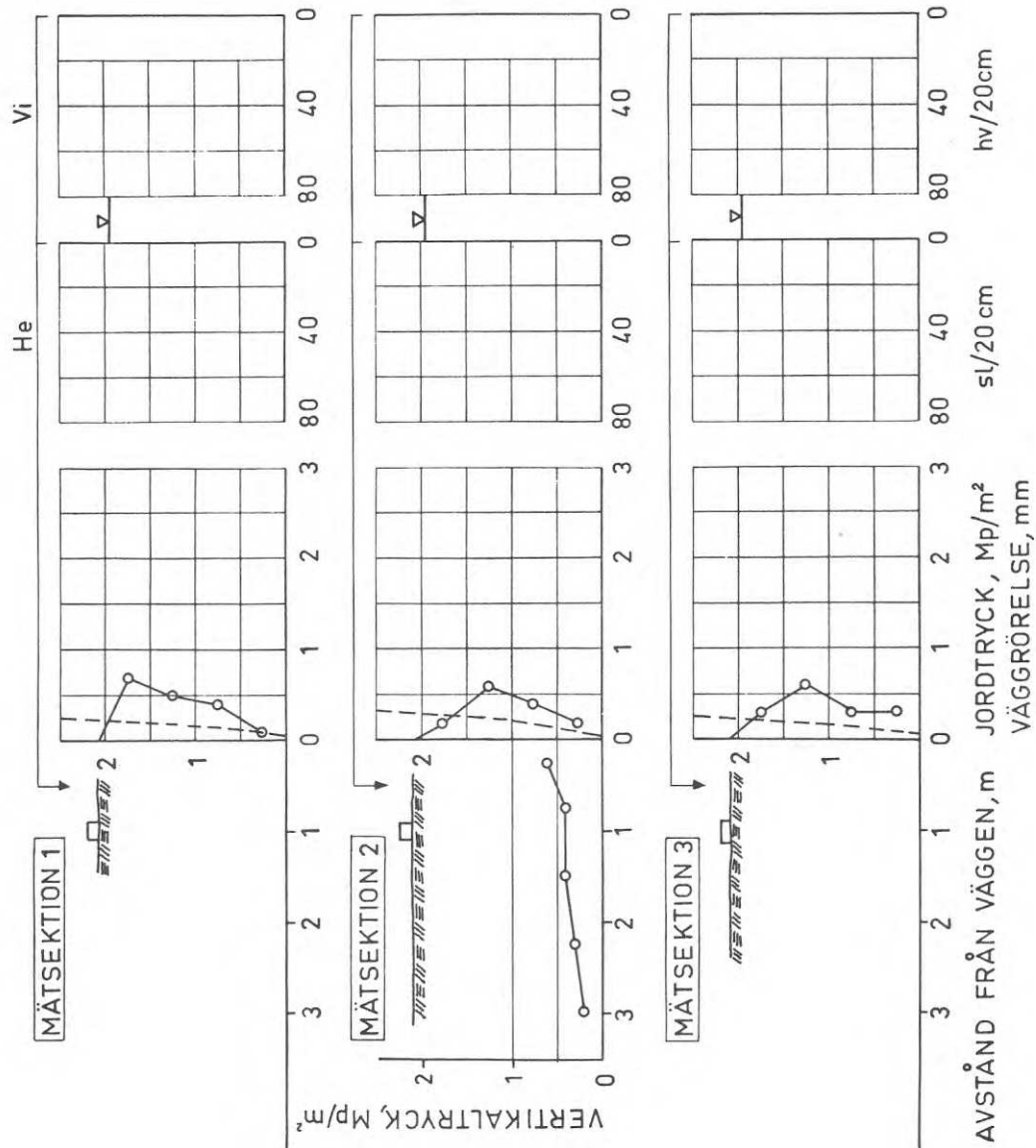
## RESULTAT AV MÄTNINGAR MED YTTRE LAST PÅ FYLLNINGEN

Teckenförklaring:

	= fyllningshöjd (vanl. ca 2 m)
	= yttre lastens läge
	= jordtrycksökning p g a yttre last
	= väggrörelse p g a yttre last
	= provtagningsnivå

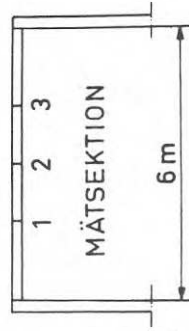
MÄTNING Nr 5  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
3,9	1,61
3,6	1,73
3,2	1,71



CASE

⊗ ⊗ ← 2,6 Mp



POROSITET = 38 % (MEDELV.)

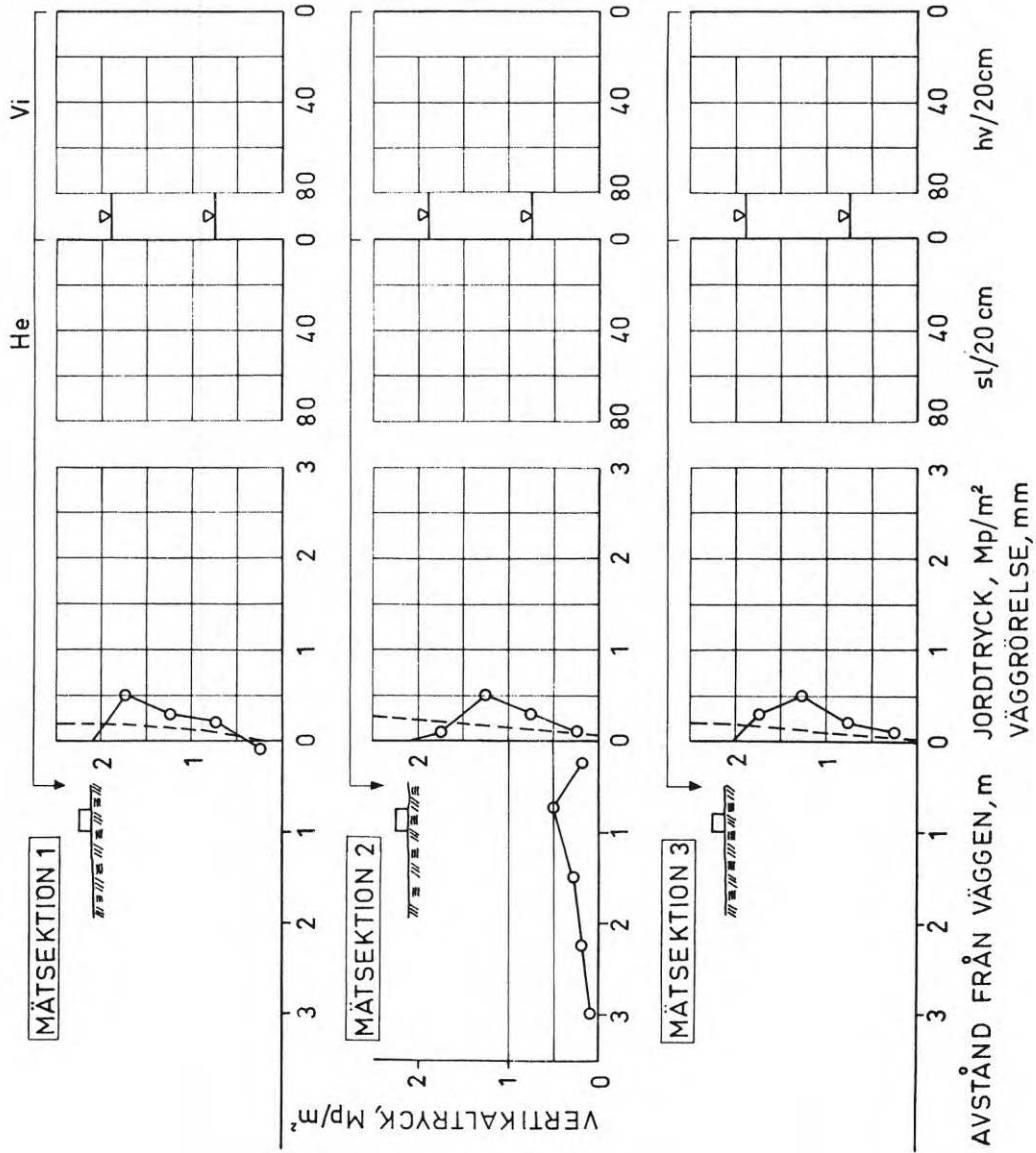
RELATIV LAG-

RINGSTÄTHET = 22 % —//—

PACKNINGS-  
GRAD = 77 % —//—

MÄTNING Nr 10  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PÅCKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	Y
3,7	1,71
3,3	1,76
4,4	1,67
3,5	1,71
3,3	1,70
3,4	1,67



CASE

⊗ ⊗ ← 2.6 Mp



POROSITET = 39 % (MEDELV.)

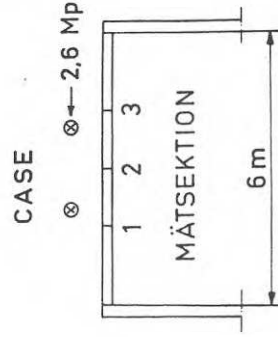
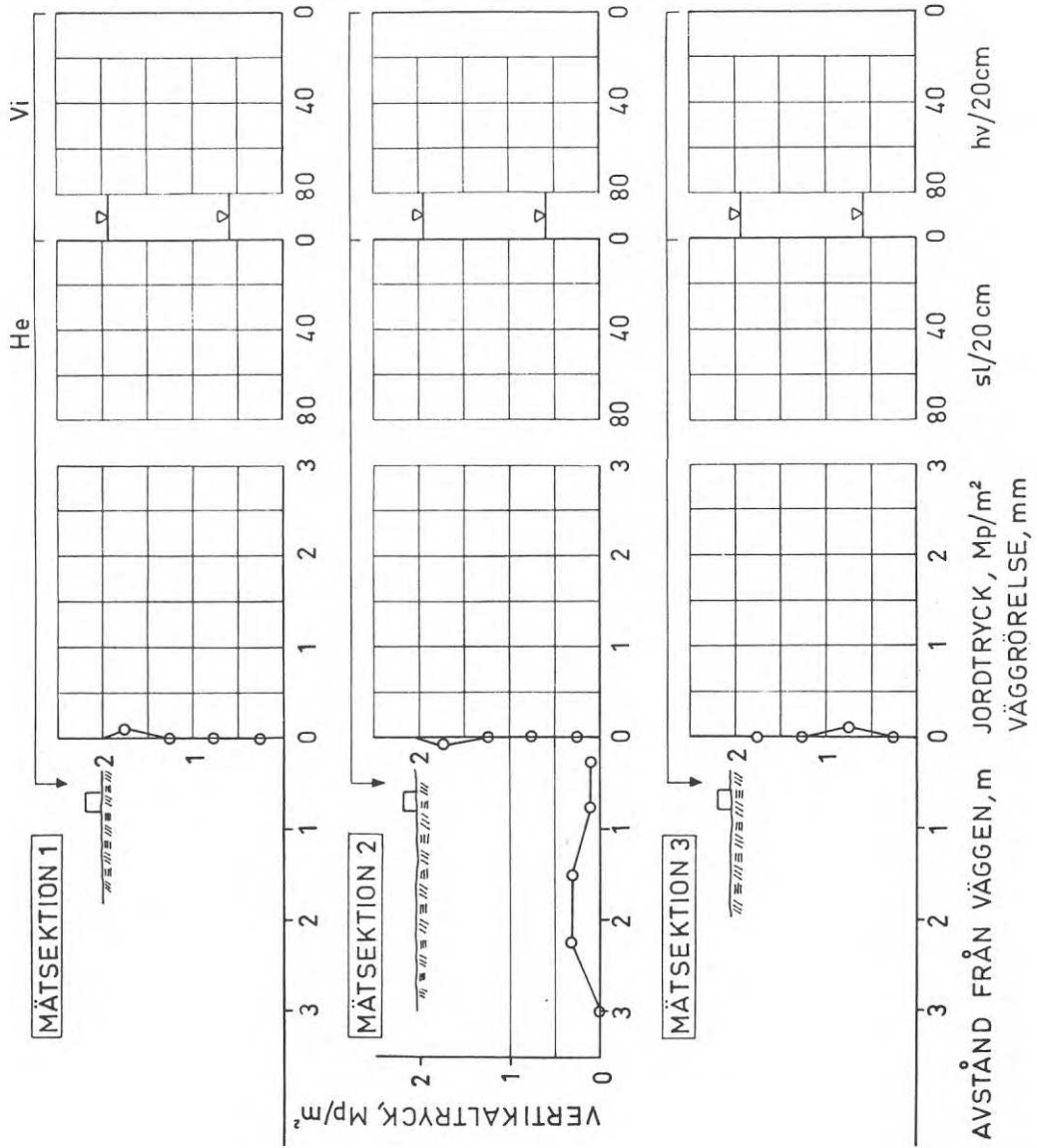
RELATIV LAG-

RINGSTÄTHET = 20 % —//—

PÅCKNINGS-  
 GRAD = 77 % —//—

- MÄTNING Nr 22  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

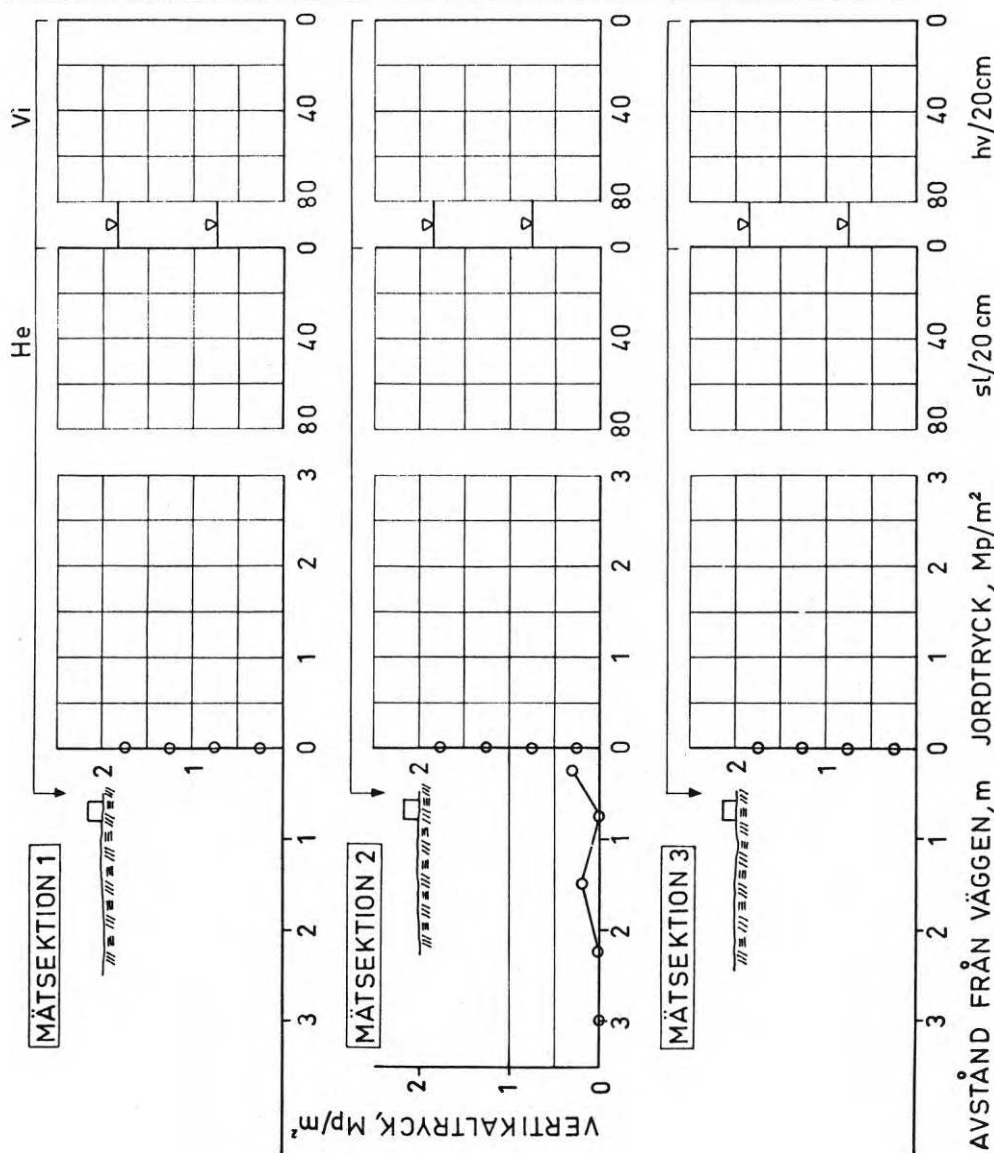
W %	γ
2.6	1.94
2.6	1.84
2.6	1.94
3.1	1.72
2.2	2.02
3.1	1.86



POROSITET = 31 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 58 % —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 87 % —//—

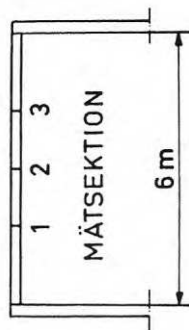
- MÄTNING Nr 48  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSDREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
1.9	2.05
2.2	1.92
2.5	1.92
2.6	1.91
2.1	1.92
2.5	2.03



CASE

⊗ ⊗ ← 2.6 Mp



POROSITET = 28 % (MEDELV.)

RELATIV LAG-

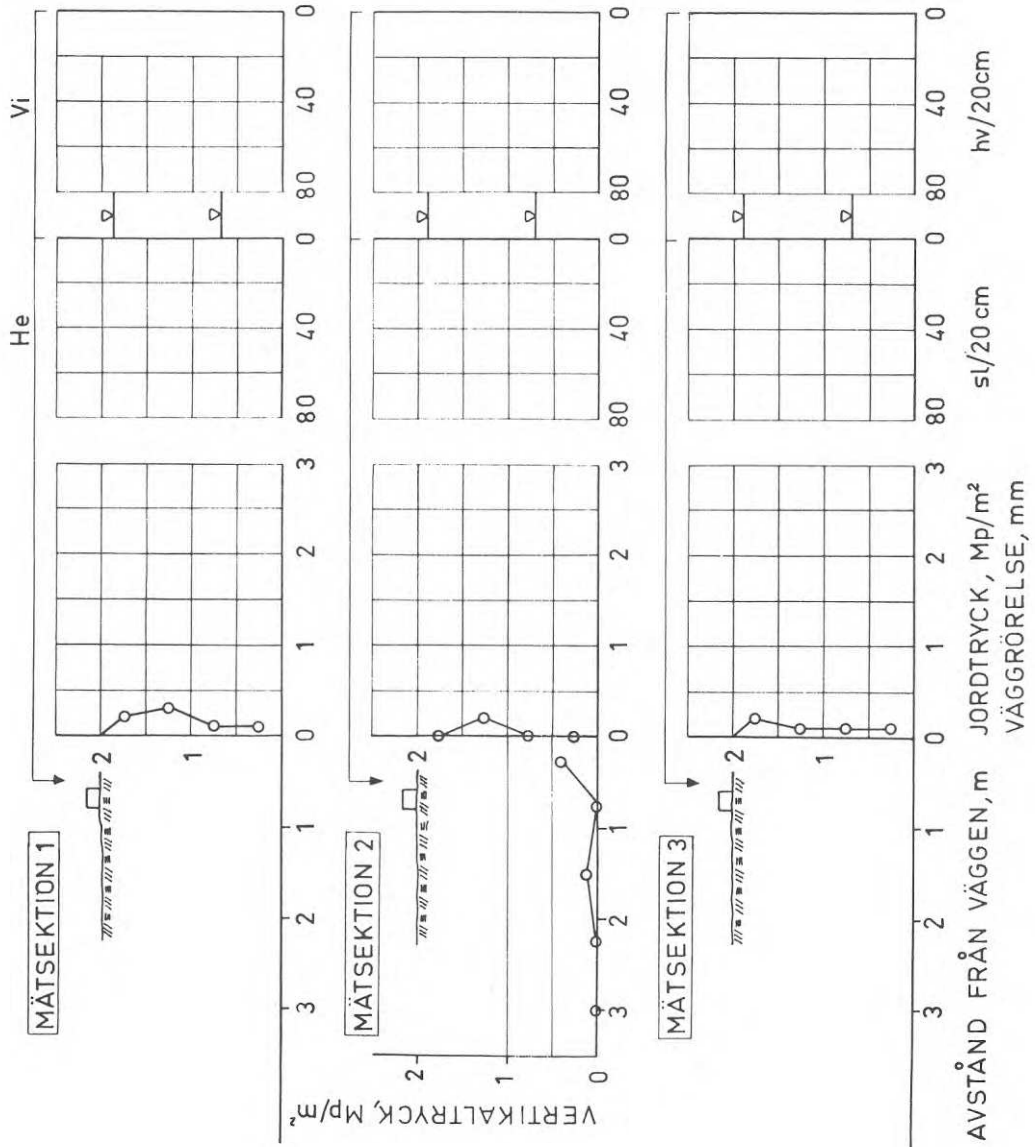
RINGSTÄTHET = 69 % —//—

PACKNINGS-

GRAD = 90 % —//—

- MÄTNING Nr 67  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖREELSE  
 nej  ja

W %	γ
2.1	1.99
1.9	2.01
1.8	2.02
2.1	2.01
1.0	1.99
1.4	2.01



CASE



POROSITET = 26 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 78 %  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 93 %

- MÄTNING Nr 79  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

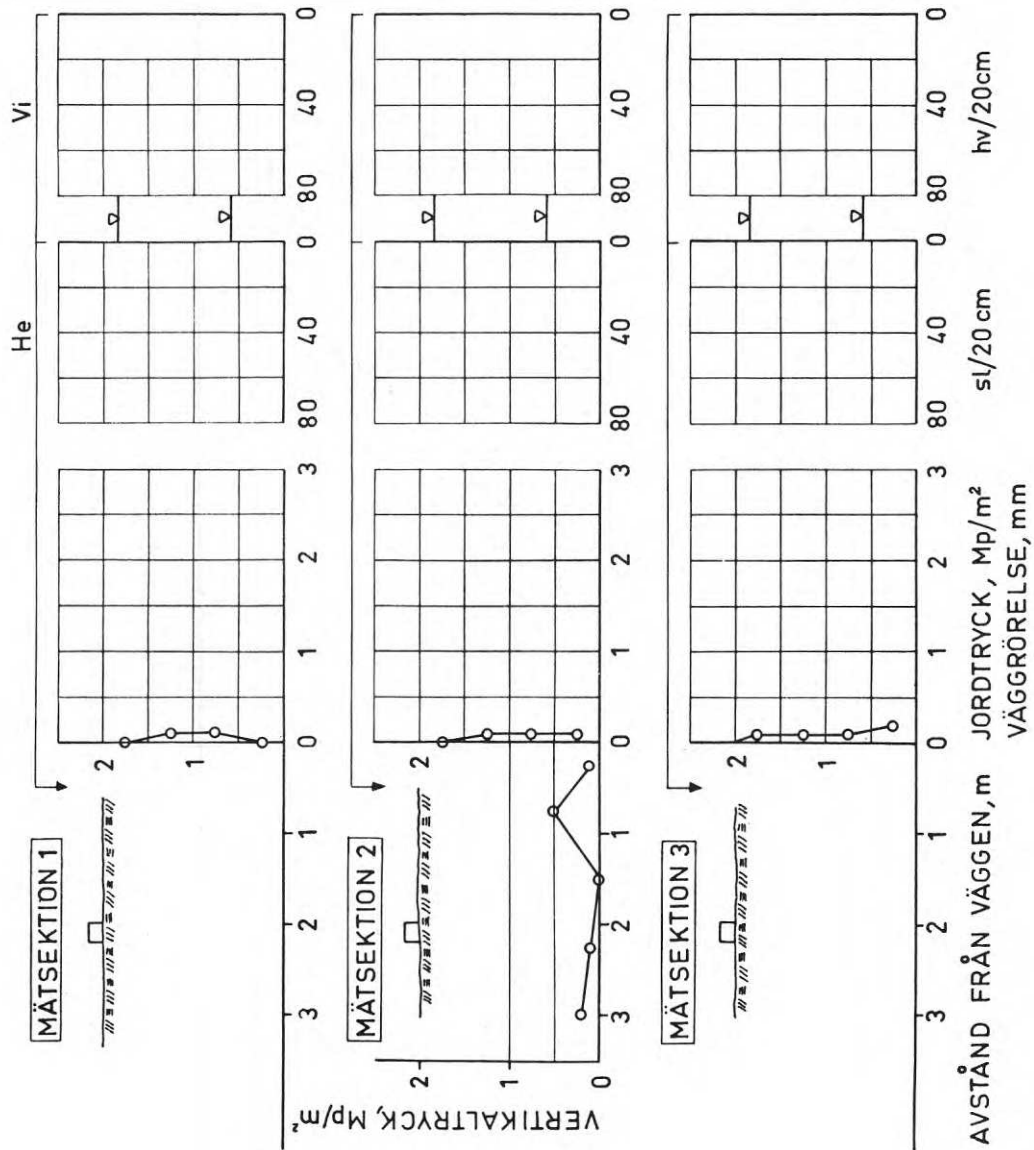
CASE

⊗ ← 2.6 Mp



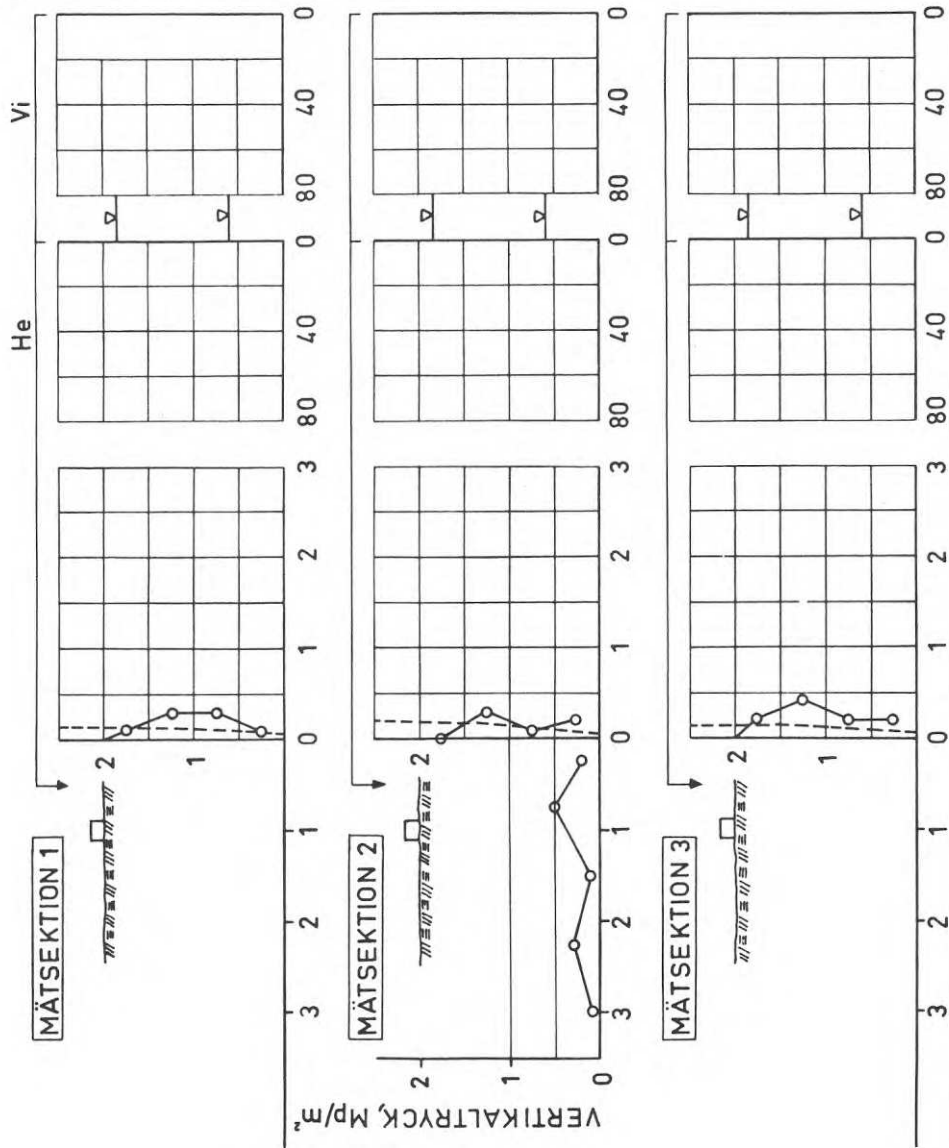
POROSITET = 35 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 38 % —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 81 % —//—

W %	γ
0.9	1.78
1.7	1.67
1.8	1.74
1.7	1.81
2.1	1.73
1.8	1.82



- MÄTNING Nr 80  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
0.9	1.78
1.7	1.67
1.8	1.74
1.7	1.81
2.1	1.73
1.8	1.82



CASE

⊗ ← 2.6 Mp



POROSITET = 35 % (MEDELV.)

RELATIV LAG-

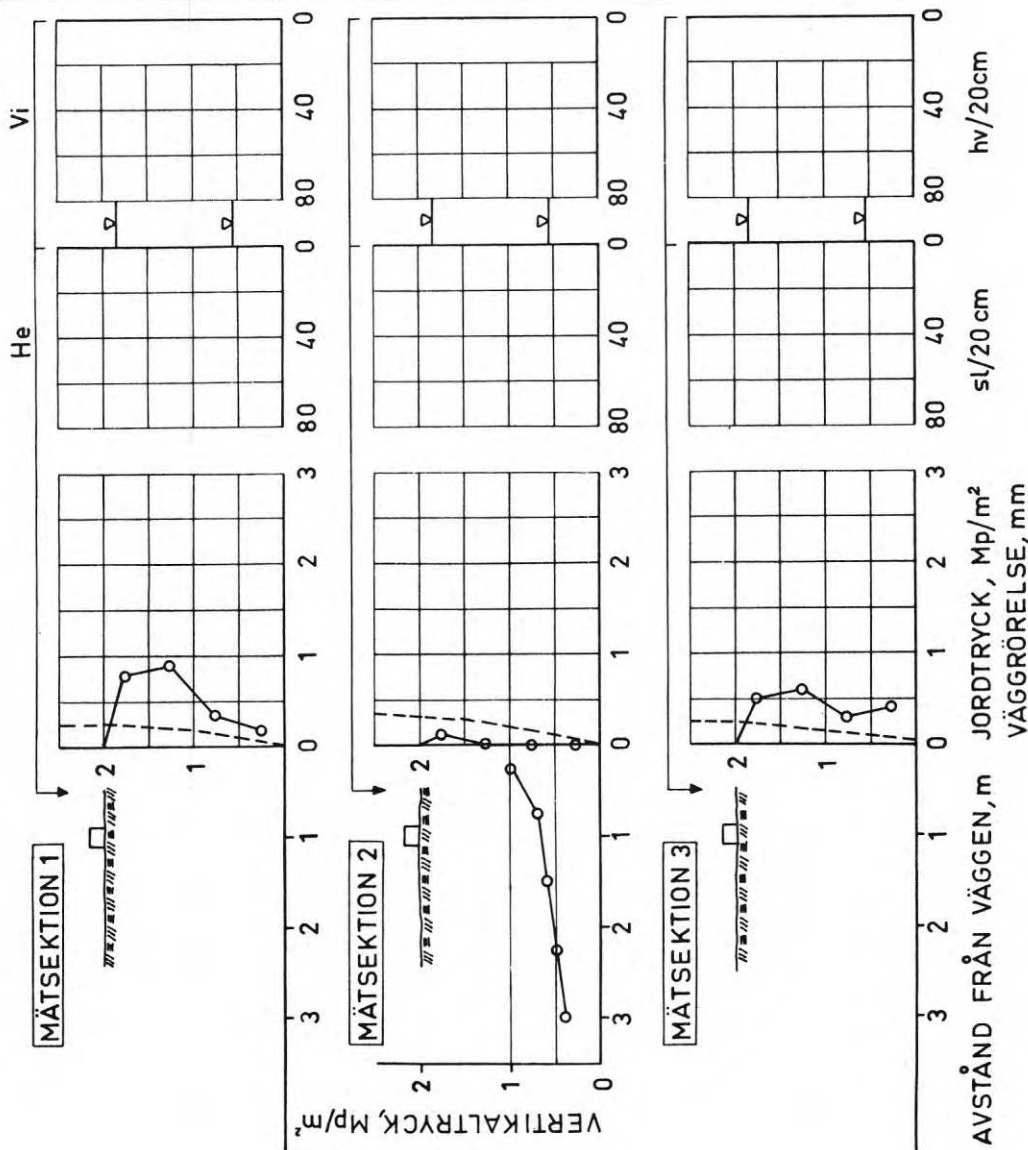
RINGSTÄTHET = 38 % —//—

PACKNINGS-GRAD = 81 % —//—



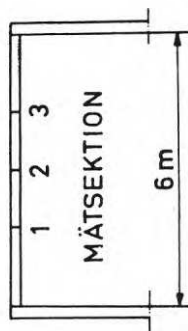
- MÄTNING Nr 93  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PÅCKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
1.1	2.10
1.5	2.06
1.8	2.11
1.4	2.08
1.3	1.92
1.8	2.02



MICHIGAN

⊗ ⊗ ← 7.5 Mp



POROSITET = 24 % (MEDELV.)

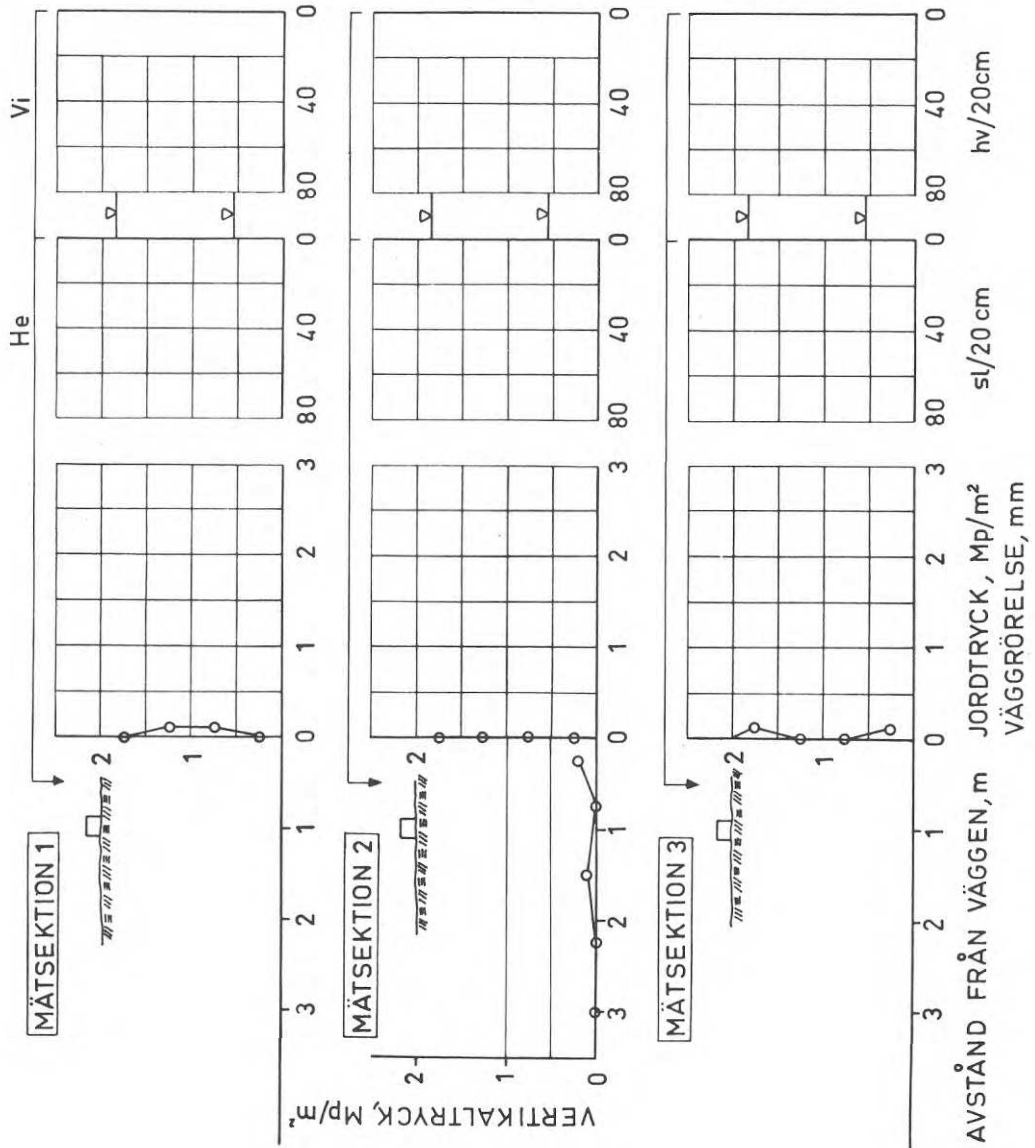
RELATIV LAG-

RINGSTÄTHET = 85 % —//—

PACKNINGS-  
GRAD = 95 % —//—

- MÄTNING Nr 99  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	y
1.1	2.10
1.5	2.06
1.8	2.11
1.4	2.08
1.3	1.92
1.8	2.02



CASE

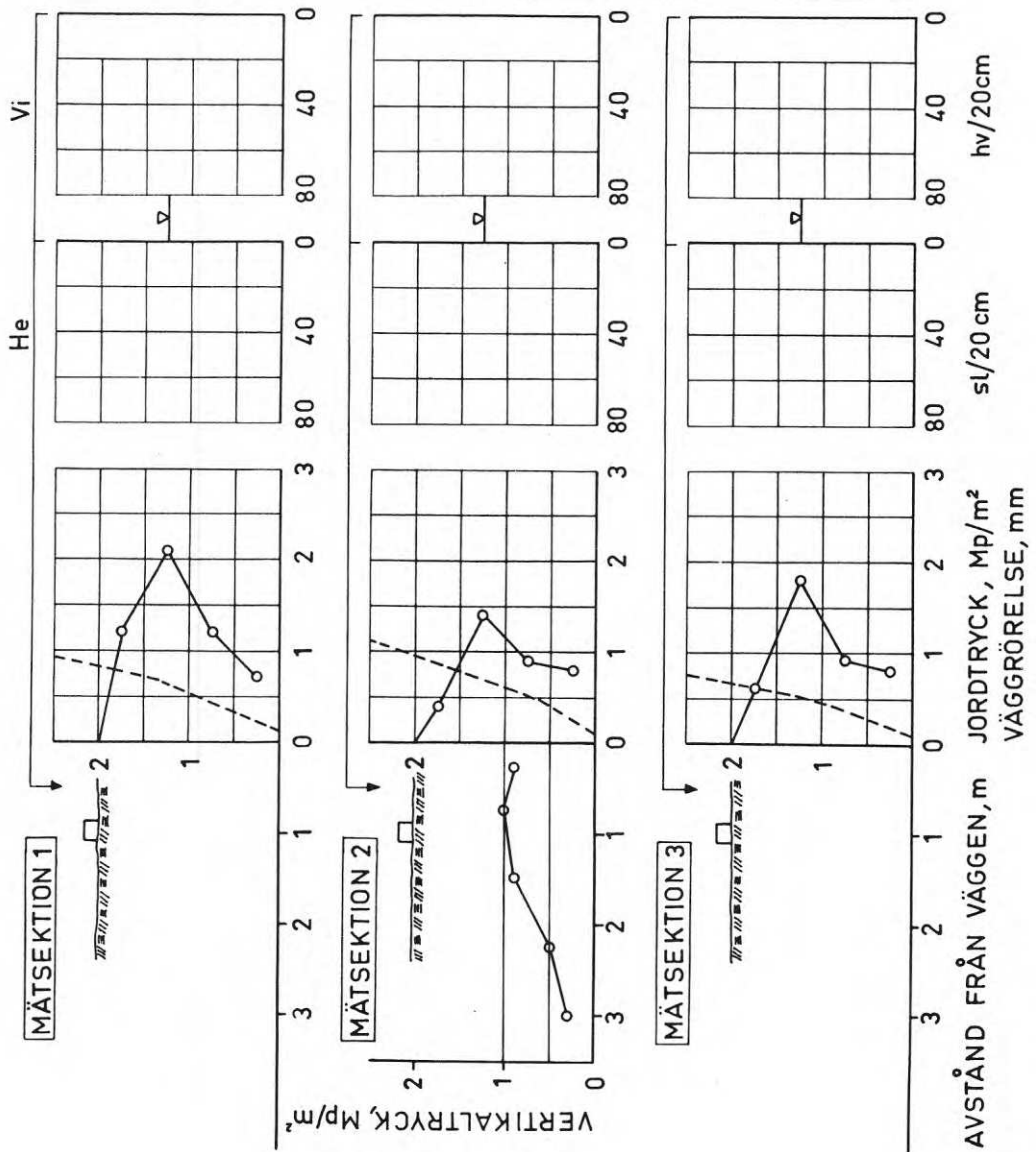
⊗ ⊗ ← 2.6 Mp



POROSITET = 24 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 85 % —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 95 % —//—

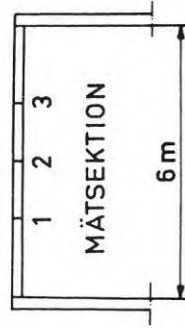
- MÄTNING Nr 118  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	Y
~1.5	~1.75
~1.5	~1.75
~15	~1.75



MICHIGAN

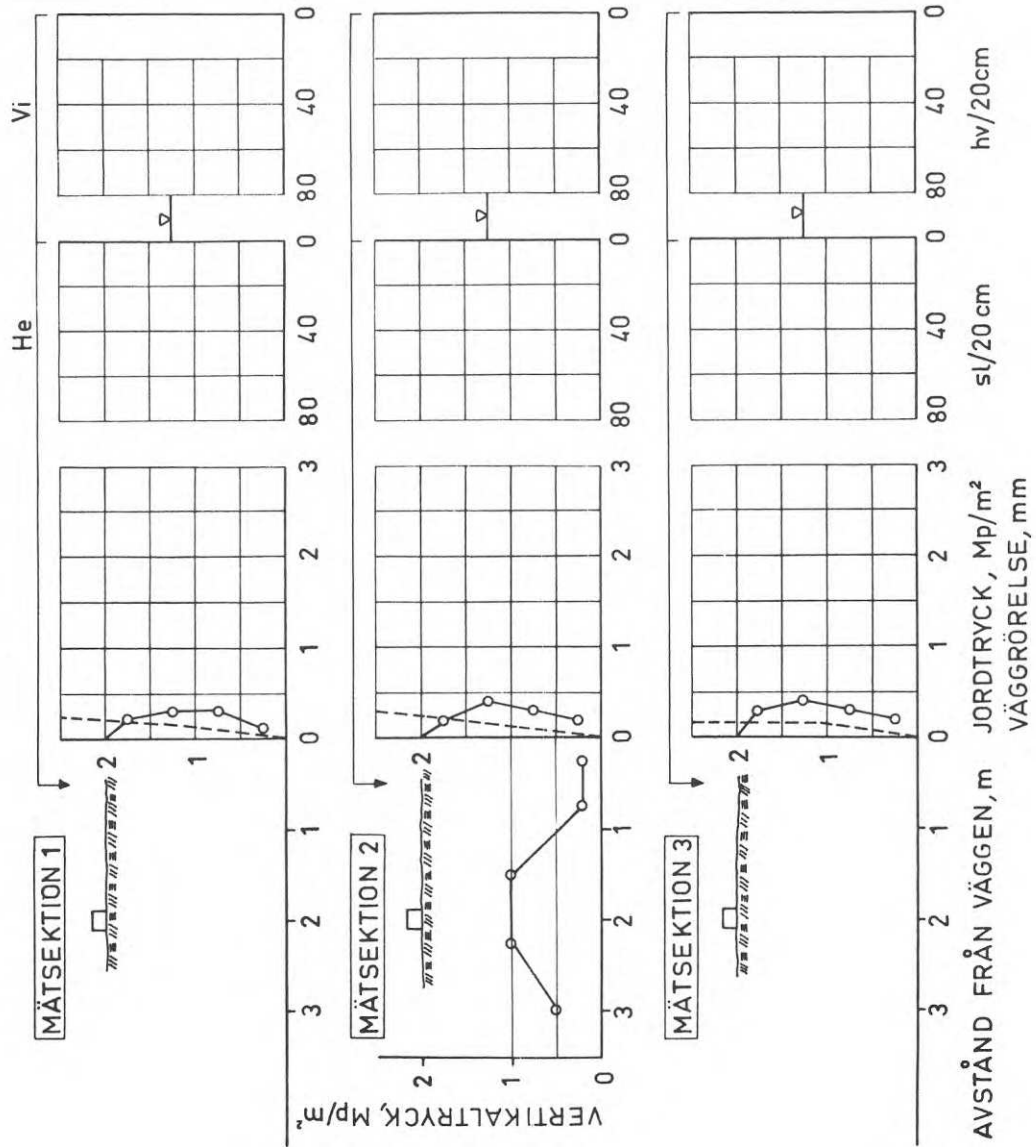
⊗ ⊗ ← 7.5 Mp



POROSITET = ~36% (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = ~36% —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = ~81% —//—

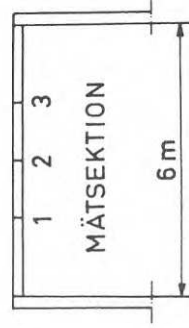
- MÄTNING Nr 119  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
~15	~1.75
~1.5	~1.75
~1.5	~1.75



MICHIGAN

⊗ ← 7.5 Mp



POROSITET = ~36% (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = ~36% —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = ~81% —//—

- MÄTNING Nr 135  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

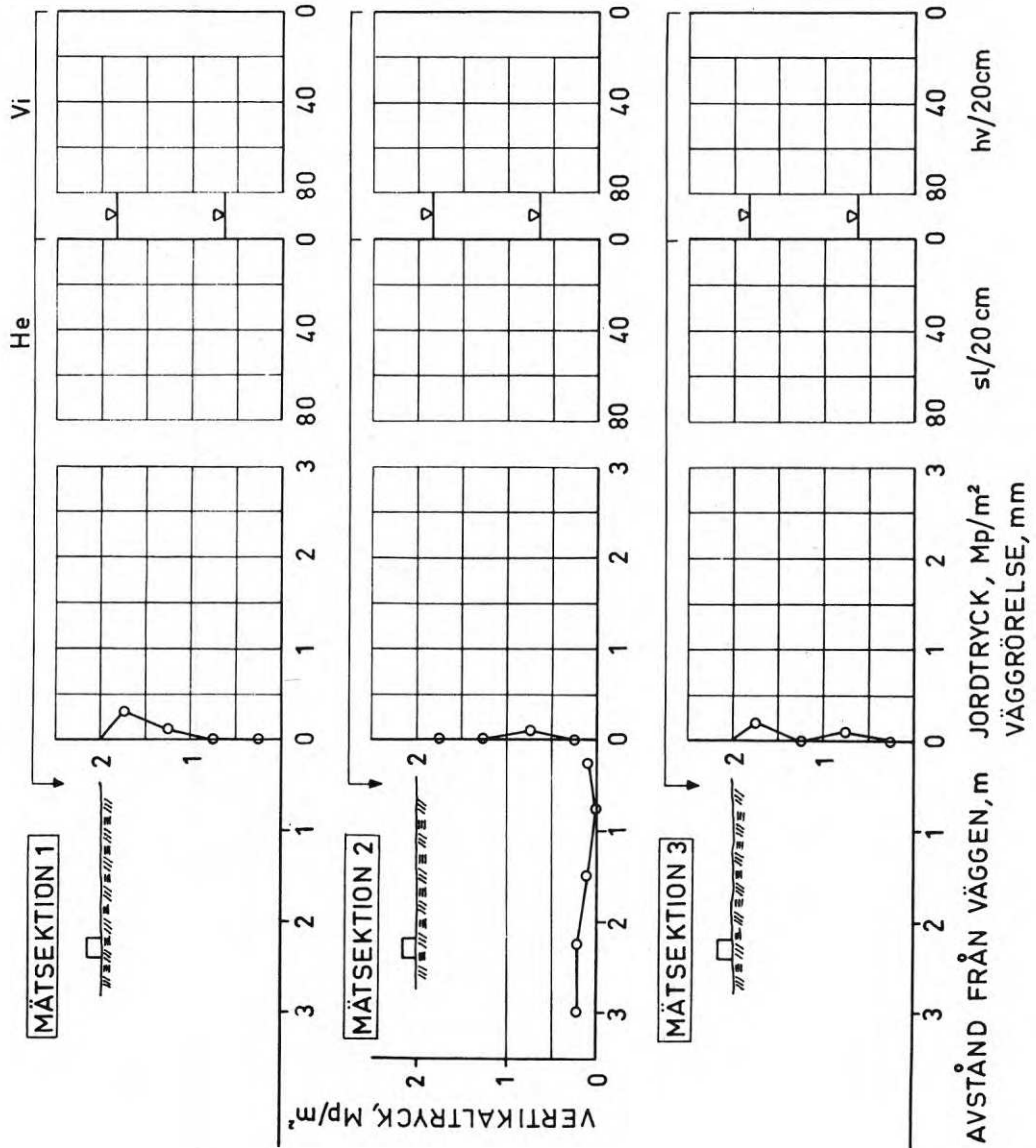
CASE

⊗ ⊙ ← 2.6 Mp



POROSITET = 24% (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 88% —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 96% —//—

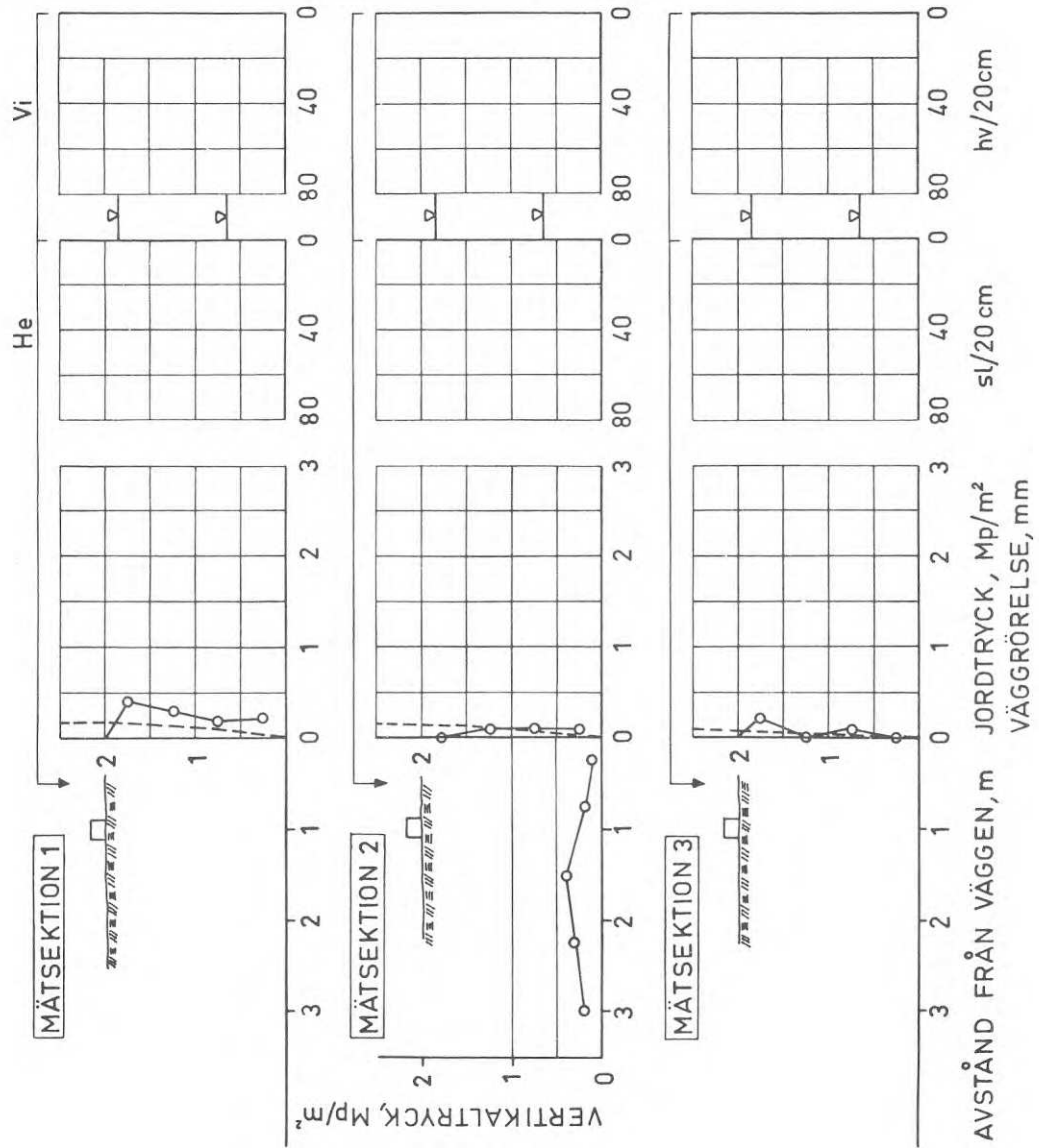
W %	γ
2.5	2.03
6.9	2.22
6.0	2.13
7.2	2.26
3.8	2.14
4.8	2.18



BIL. 3 : 13

- MÄTNING Nr 136  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	Y
2.5	2.03
6.9	2.22
6.0	2.13
7.2	2.26
3.8	2.14
4.8	2.18



CASE

⊗ ⊗ ← 2.6 Mp



POROSITET = 24 % (MEDELV.)

RELATIV LAG-

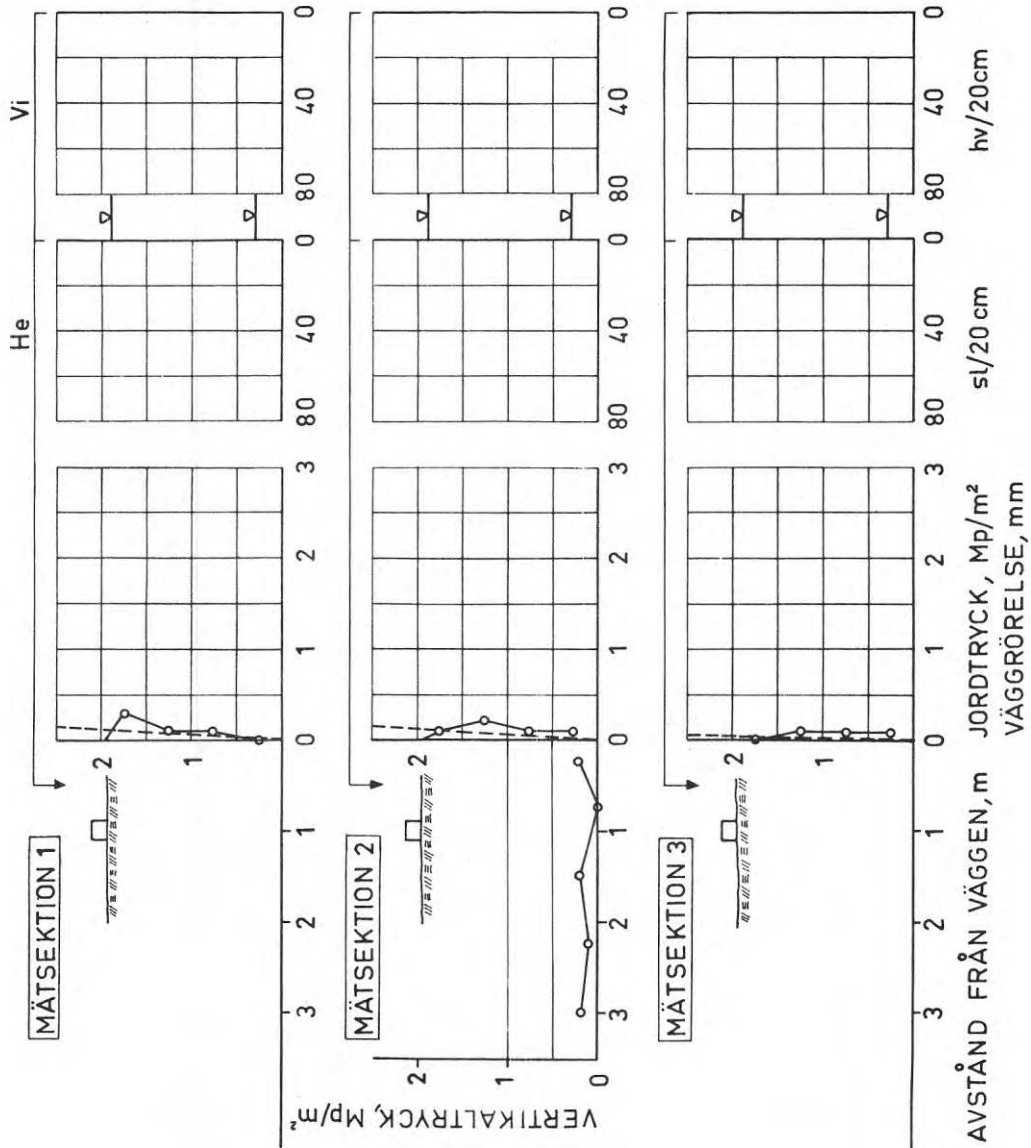
RINGSTÄTHET = 88 % —//—

PACKNINGS-

GRAD = 96 % —//—

- MÄTNING Nr 168  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PÅCKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
5.1	2.12
5.3	2.14
3.8	1.98
5.3	2.18
5.8	2.16
5.5	2.19



FERGUSON  
 ⊗ ⊗ ← 2,3 Mp



POROSITET = 24 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 87 % —//—  
 PÅCKNINGS-  
 GRAD = 95 % —//—

- MÄTNING Nr 170  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

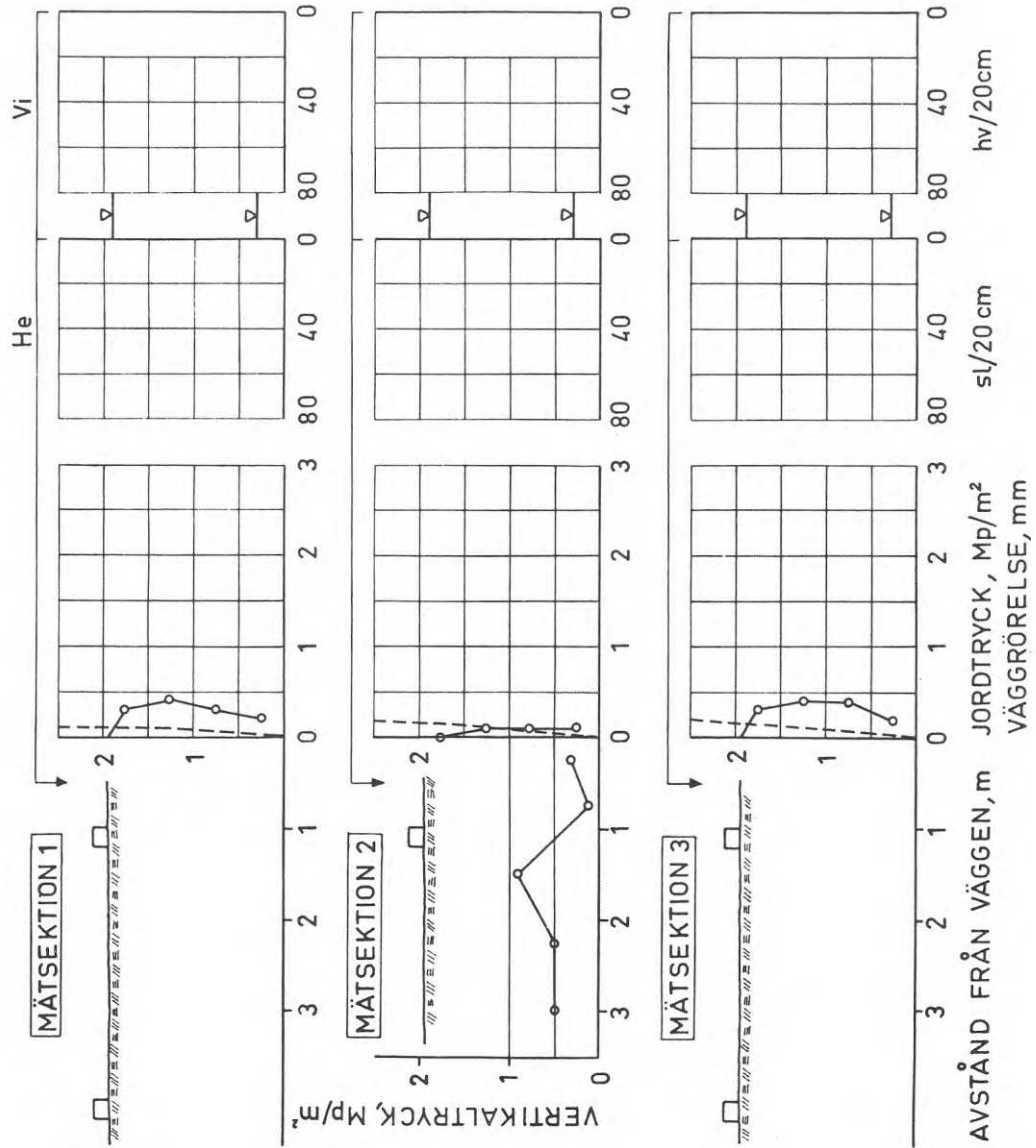
HUFF

- ← 5.6 Mp  
 ← 5.0 Mp



POROSITET = 24 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 87 %  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 95 %

W %	Y
5.1	2.12
5.3	2.14
3.8	1.98
5.3	2.18
5.8	2.16
5.5	2.19





- MÄTNING Nr 185  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

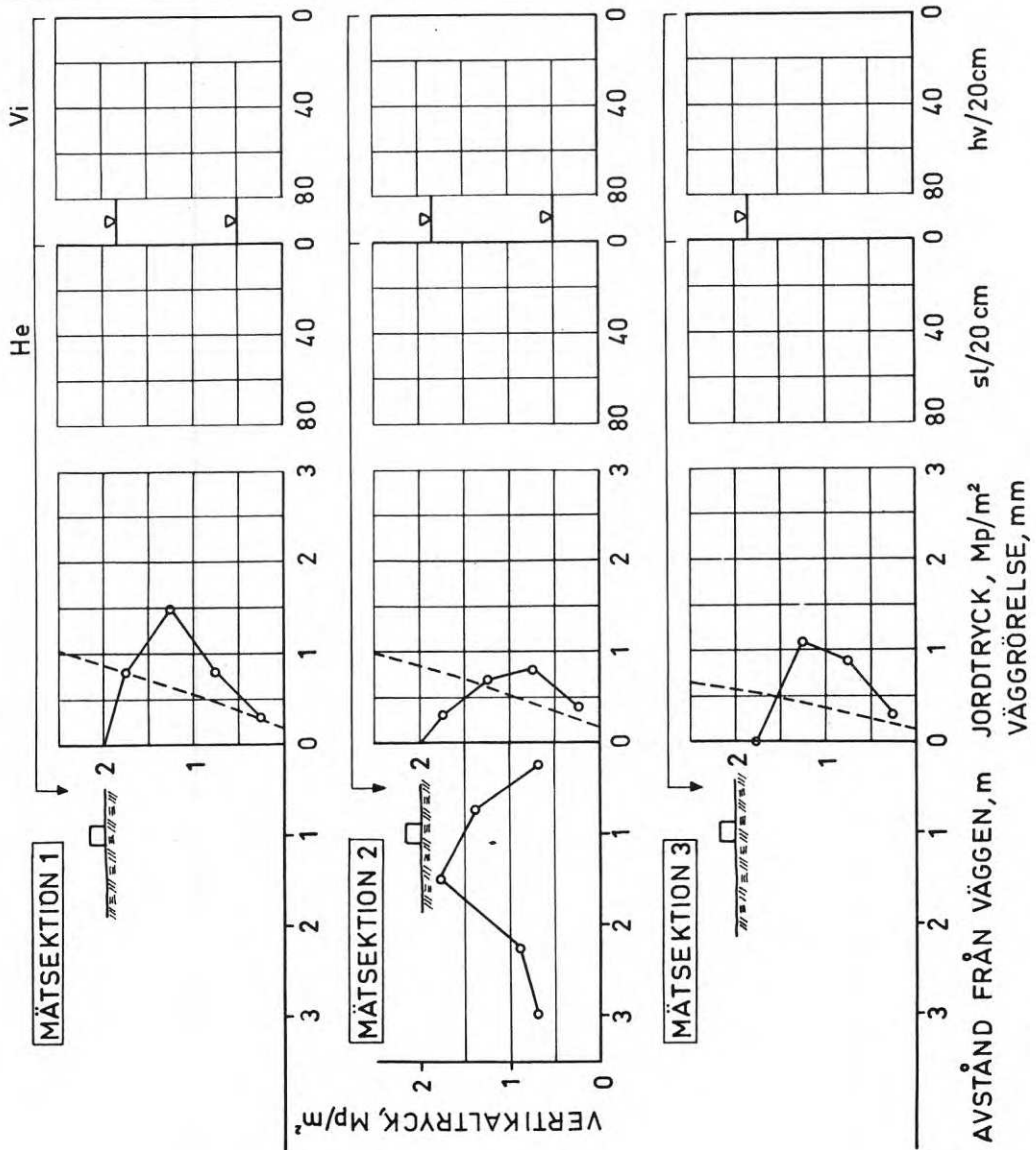
MICHIGAN

⊗ ⊗ ← 7.5 Mp



POROSITET = 50 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 21 % —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 71 % —//—

W %	γ
12.5	1.51
14.9	1.56
9.8	1.49
13.9	1.49
12.6	1.56



- MÄTNING Nr 186  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

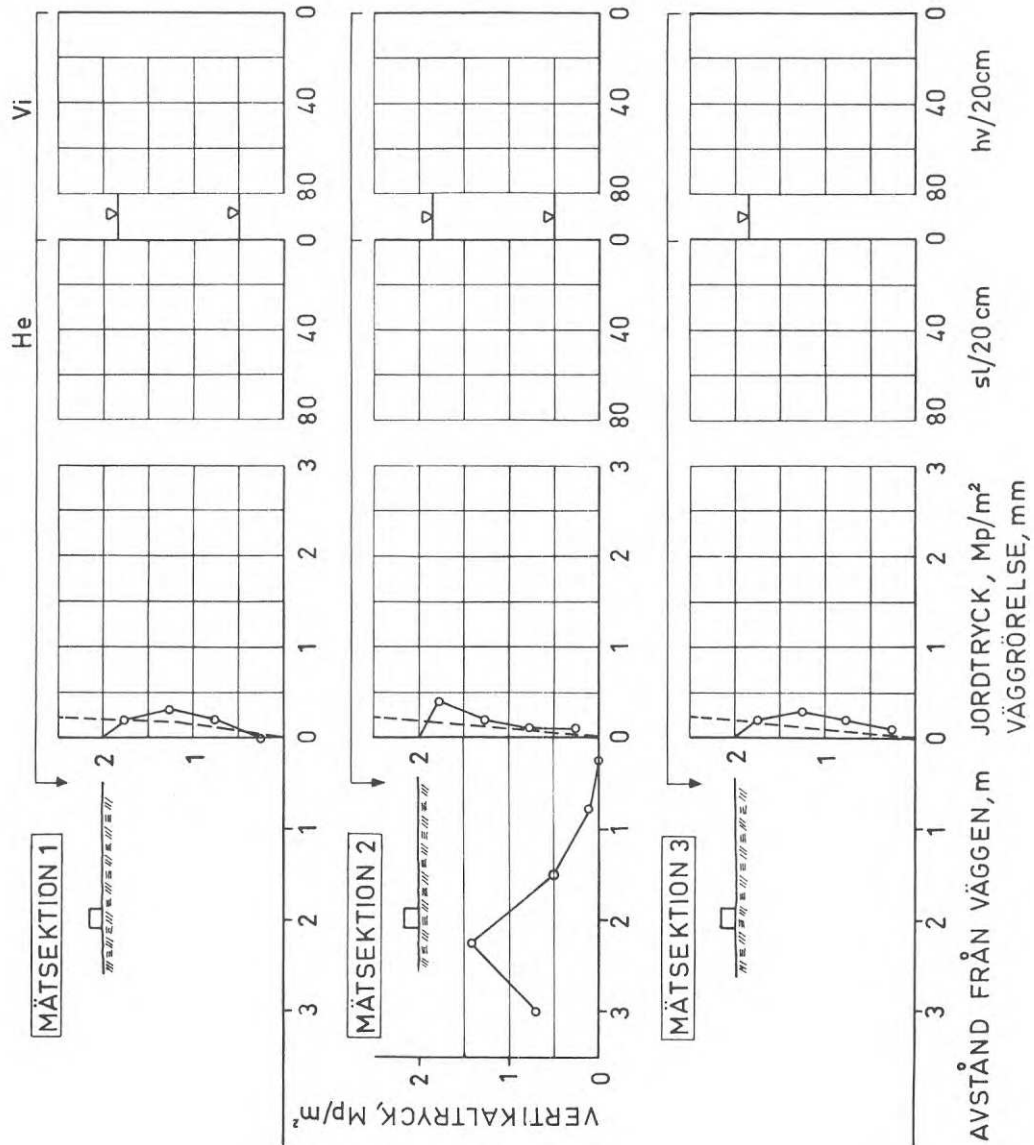
MICHIGAN

⊗ ⊙ ← 7,5 Mp



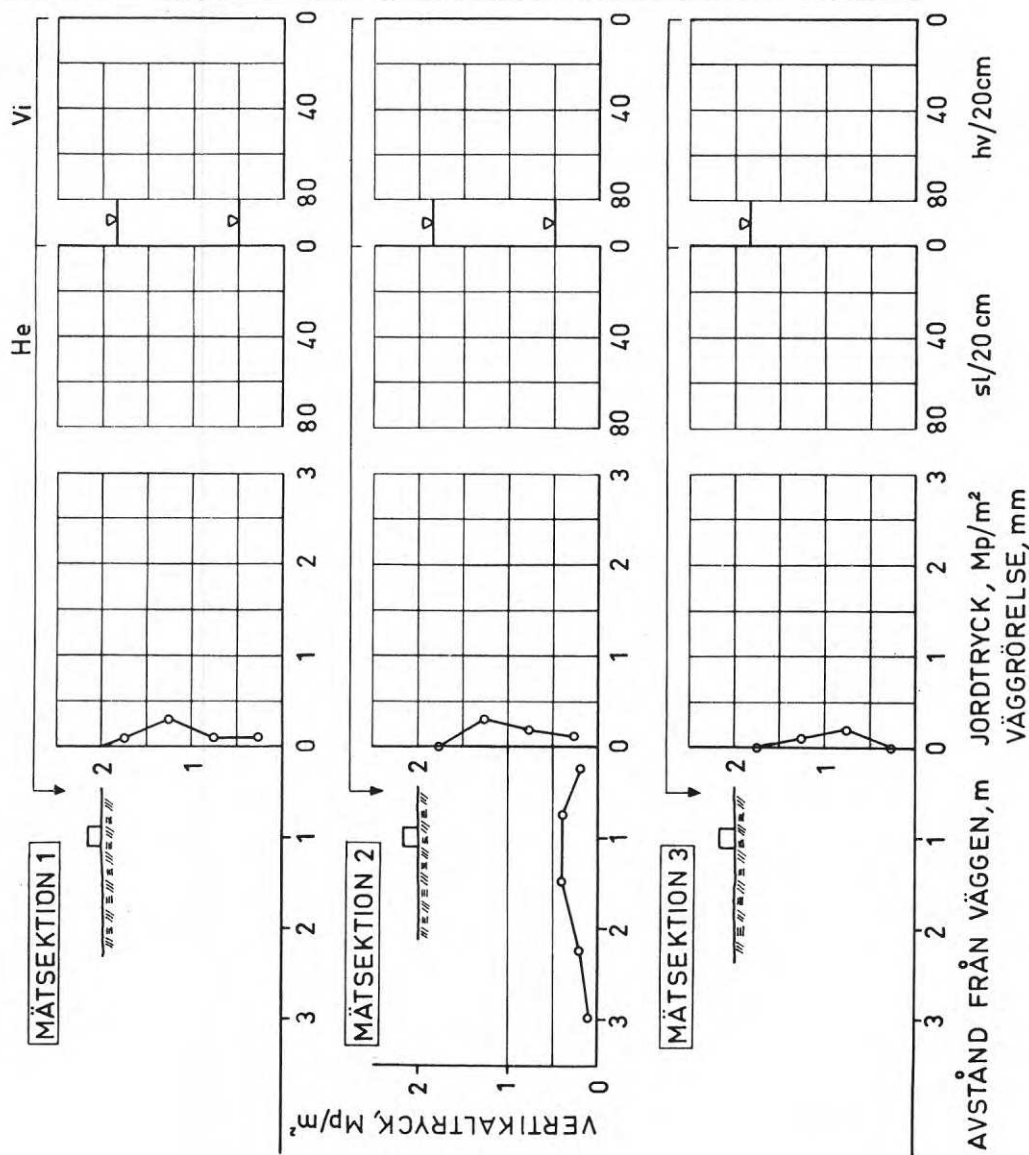
POROSITET = 50 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 21 % —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 71 % —//—

W %	γ
12.5	1.51
14.9	1.56
9.8	1.49
13.9	1.49
12.6	1.56



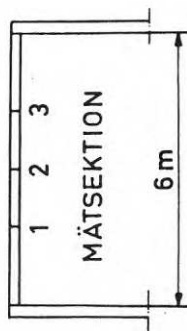
- MÄTNING Nr 188  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINNMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	Y
12.5	1.51
14.9	1.56
9.8	1.49
13.9	1.49
12.6	1.56



FERGUSON

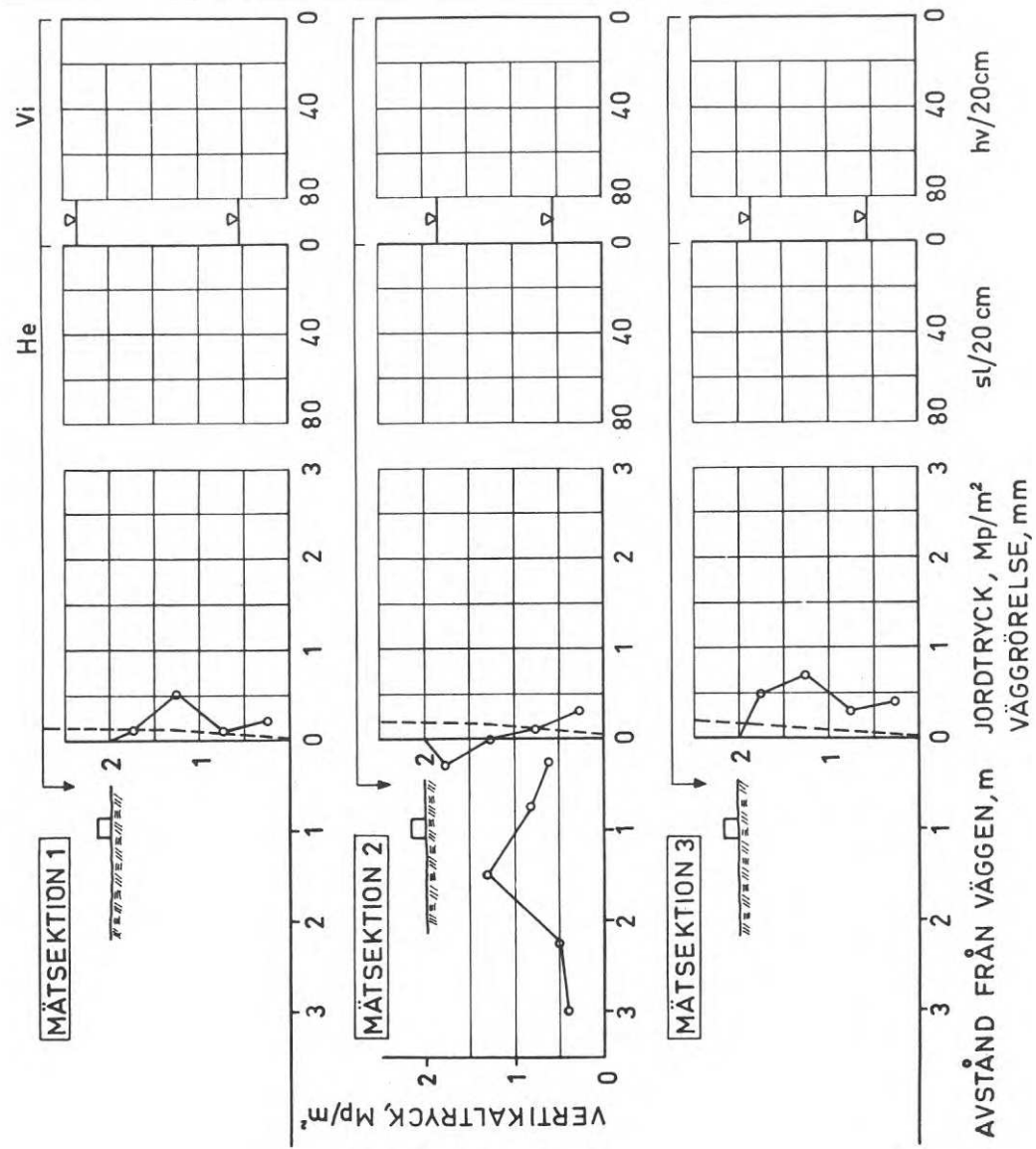
⊗ ⊗ ⊗ ← 2.3 Mp



POROSITET = 50 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 21 % —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 71 % —//—

- MÄTNING Nr 221  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
12.4	1.83
12.7	1.85
15.0	1.88
14.0	1.90
13.1	1.88
14.3	1.86



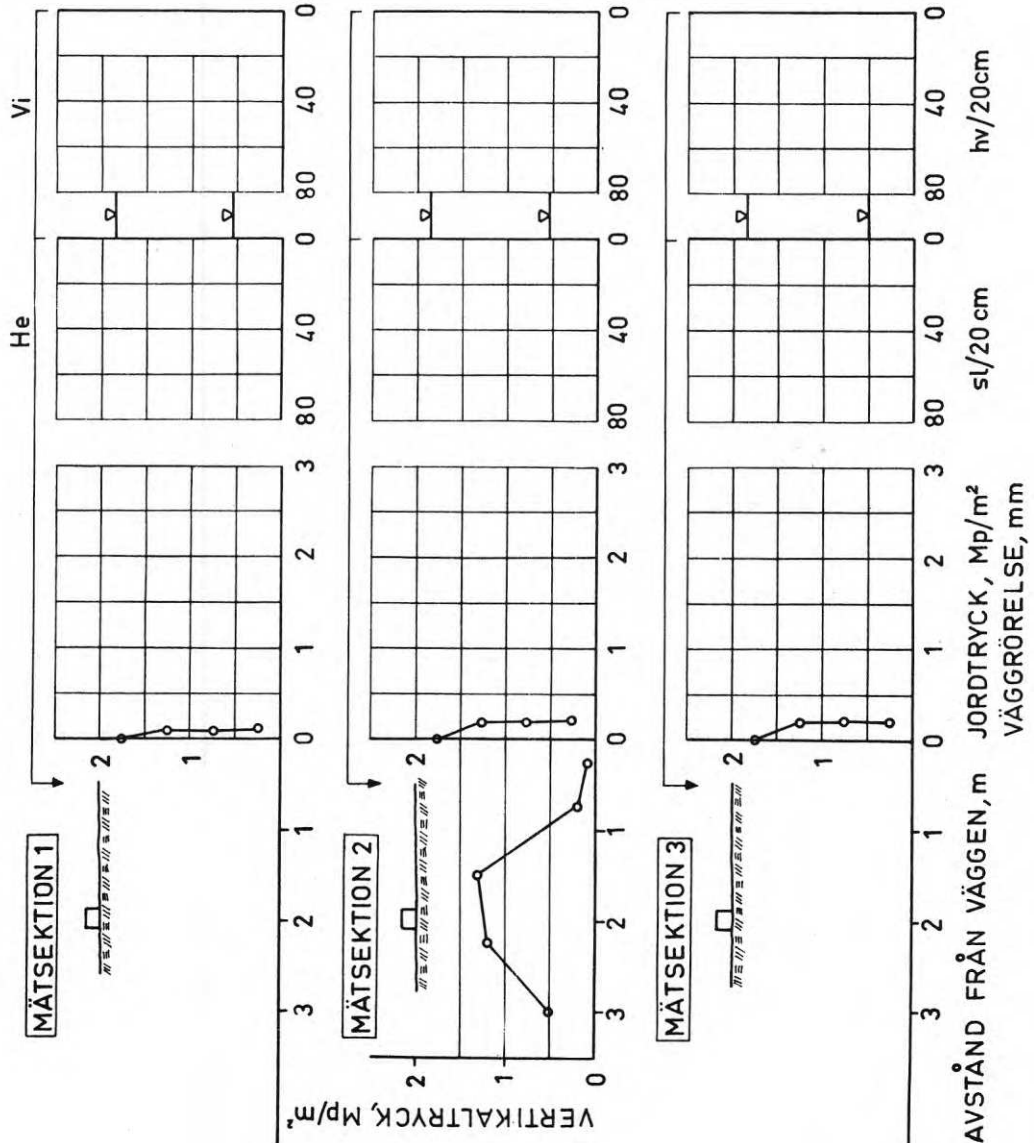
MICHIGAN  
 ⊗ ⊗ ← 7.5 Mp



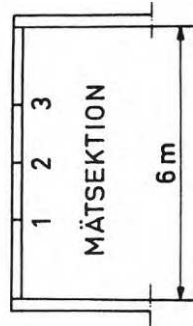
POROSITET = 39 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 70 % —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 87 % —//—

- MÄTNING Nr 222  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VÄTTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖREELSE  
 nej  ja

W %	y
12.4	1.83
12.7	1.85
15.0	1.88
14.0	1.90
13.1	1.88
14.3	1.86



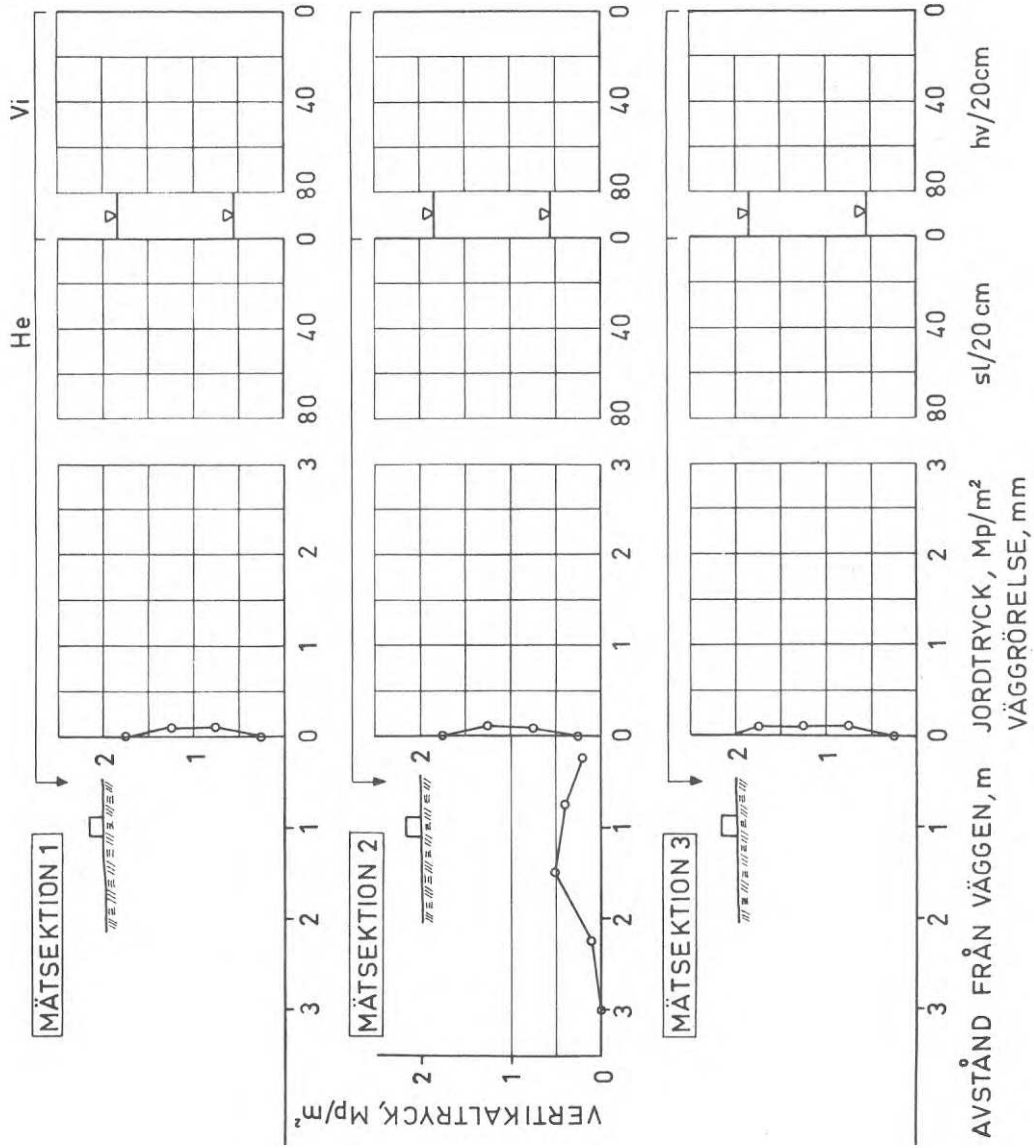
MICHIGAN  
 ⊗ ⊙ ← 7.5 Mp



POROSITET = 39 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 70 % —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 87 % —//—

- MÄTNING Nr 225  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
12.4	1.83
12.7	1.85
15.0	1.88
14.0	1.90
13.1	1.88
14.3	1.86



FERGUSON  
 ⊗ ⊗ ← 2.3 Mp



POROSITET = 39% (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 70% —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 87% —//—

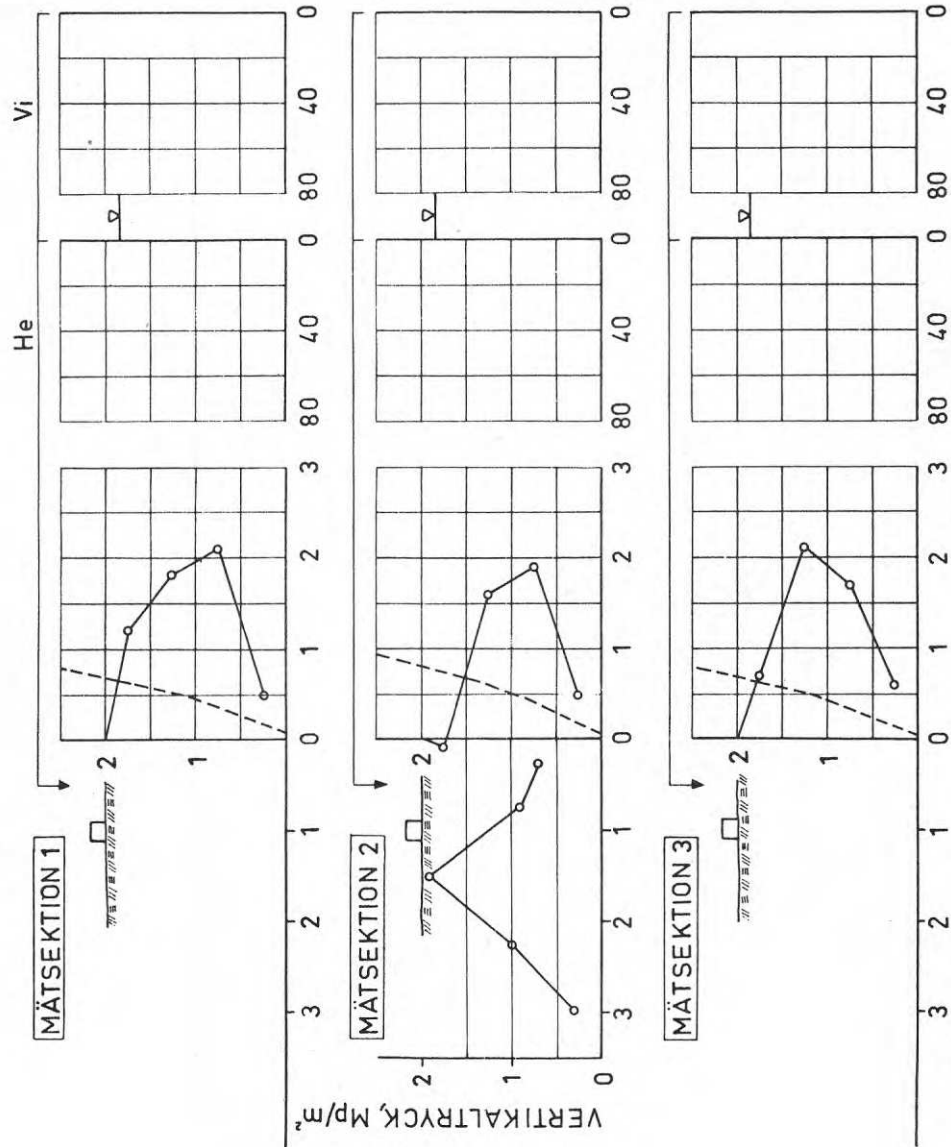
- MÄTNING Nr 236  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

MICHIGAN  
 ⊗ ⊗ 7,5 Mp



POROSITET = % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = % ---//---  
 PACKNINGS-  
 GRAD = % ---//---

W %	γ
13.2	1.62
13.5	1.58
13.2	1.57



AVSTÅND FRÅN VÄGGEN, m    JORDTRYCK, Mp/m²  
 sl/20 cm    hv/20 cm  
 VÄGGRÖRELSE, mm

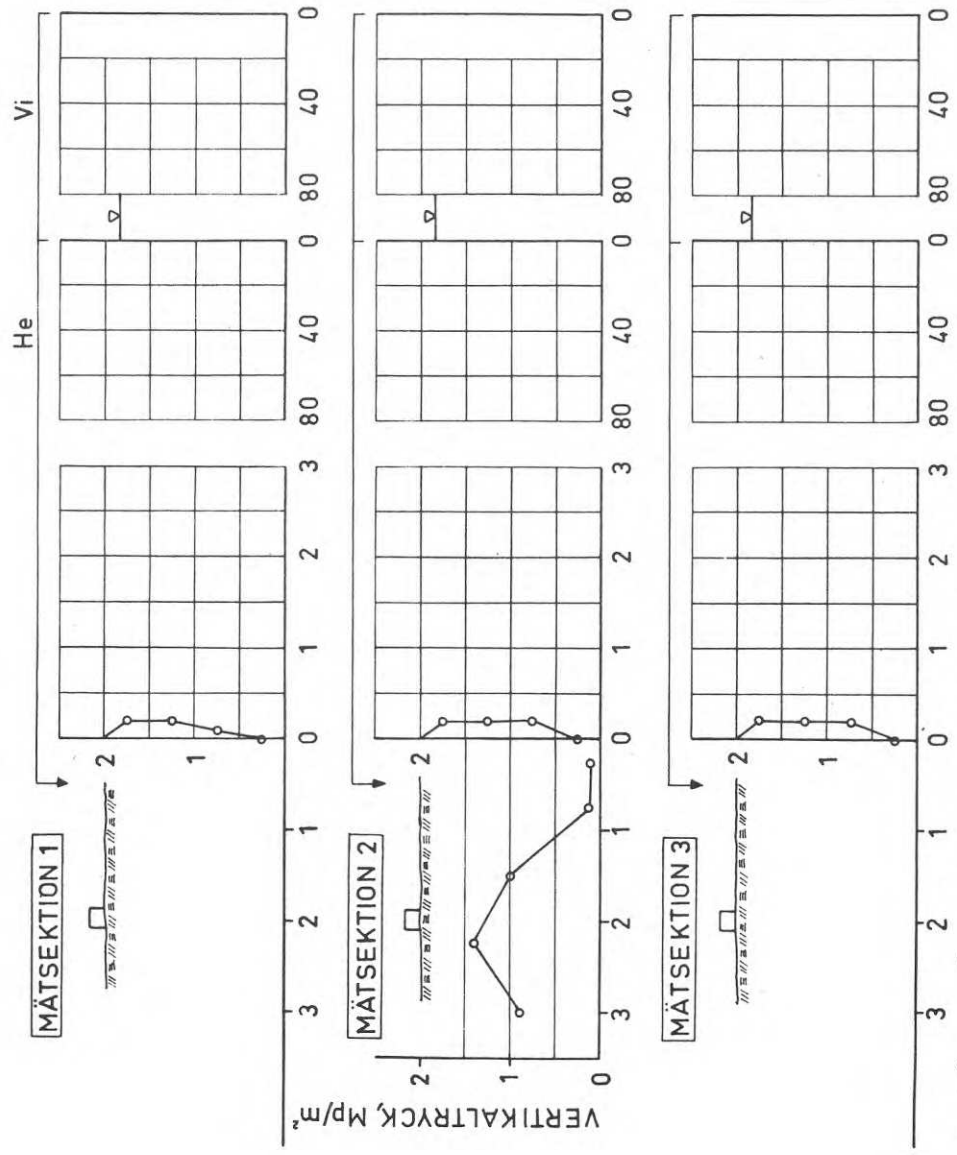
MÄTNING Nr 237  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

MICHIGAN  
 ⊗ ⊗ ← 7.5 Mp



POROSITET = % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = % —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = % —//—

W %	γ
13.2	1.62
13.5	1.58
13.2	1.57




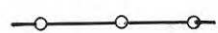


AVSTÅND FRÅN VÄGGEN, m  
 JORDTRYCK, Mp/m²  
 VÄGGRÖRELSE, mm



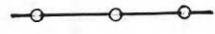
## BILAGA 4

## RESULTAT AV MÄTNINGAR VID STEGVIS ROTATION AV MÄTVÄGGEN

Teckenförklaring till bilagor av typ a:

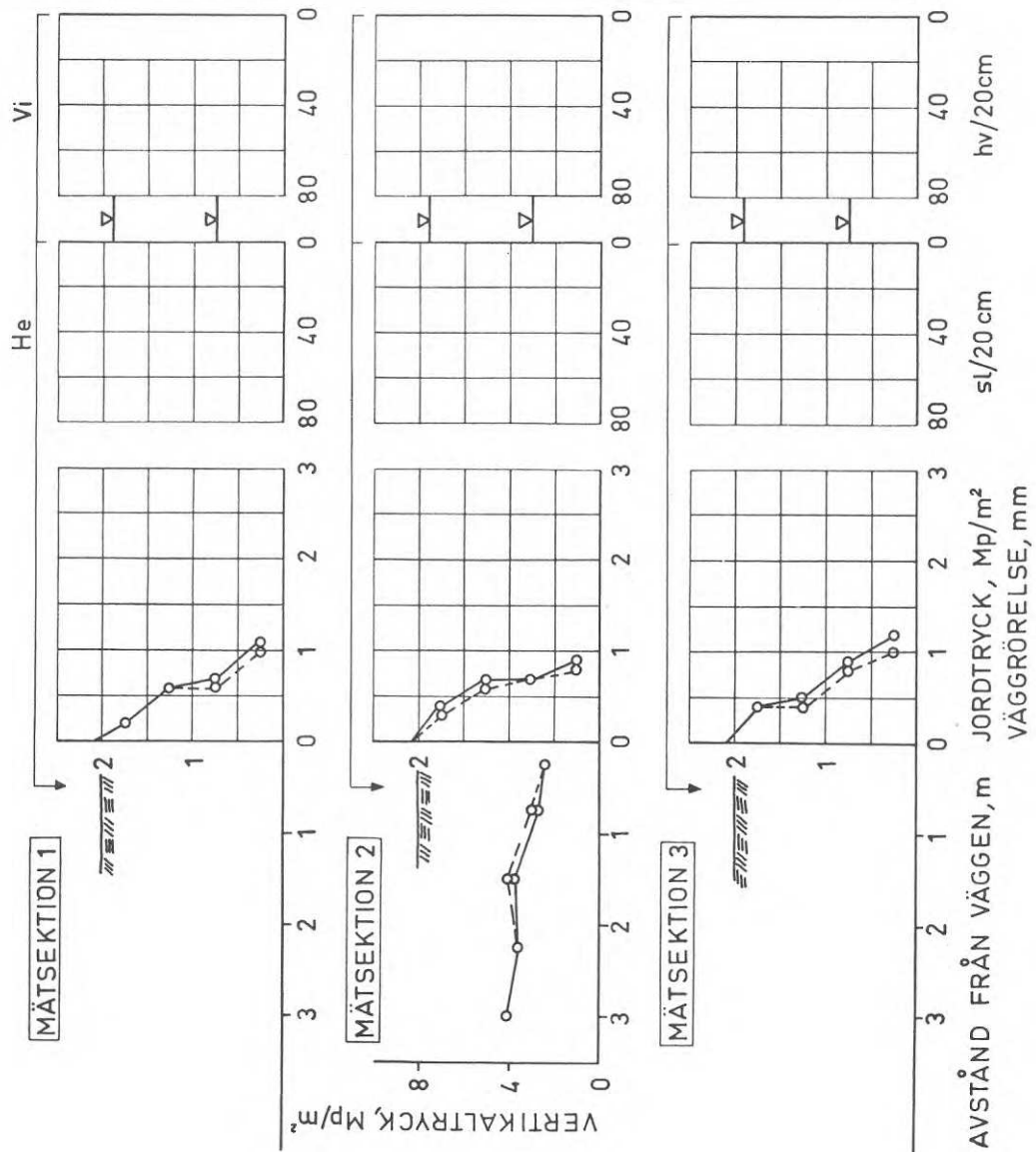
-  = fyllningshöjd (vanl. ca 2 m)
-  = uppmätt jordtryck innan rotationen påbörjades
-  = uppmätt jordtryck efter avslutad rotation
-  = provtagningsnivå

Teckenförklaring till bilagor av typ b:

-  = uppmätt jordtryck per längdmeter vägg (medelvärde av 3 mätsektioner). Varje värde motsvarar ett steg vid rotationen.

- MÄTNING Nr12 och 16  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

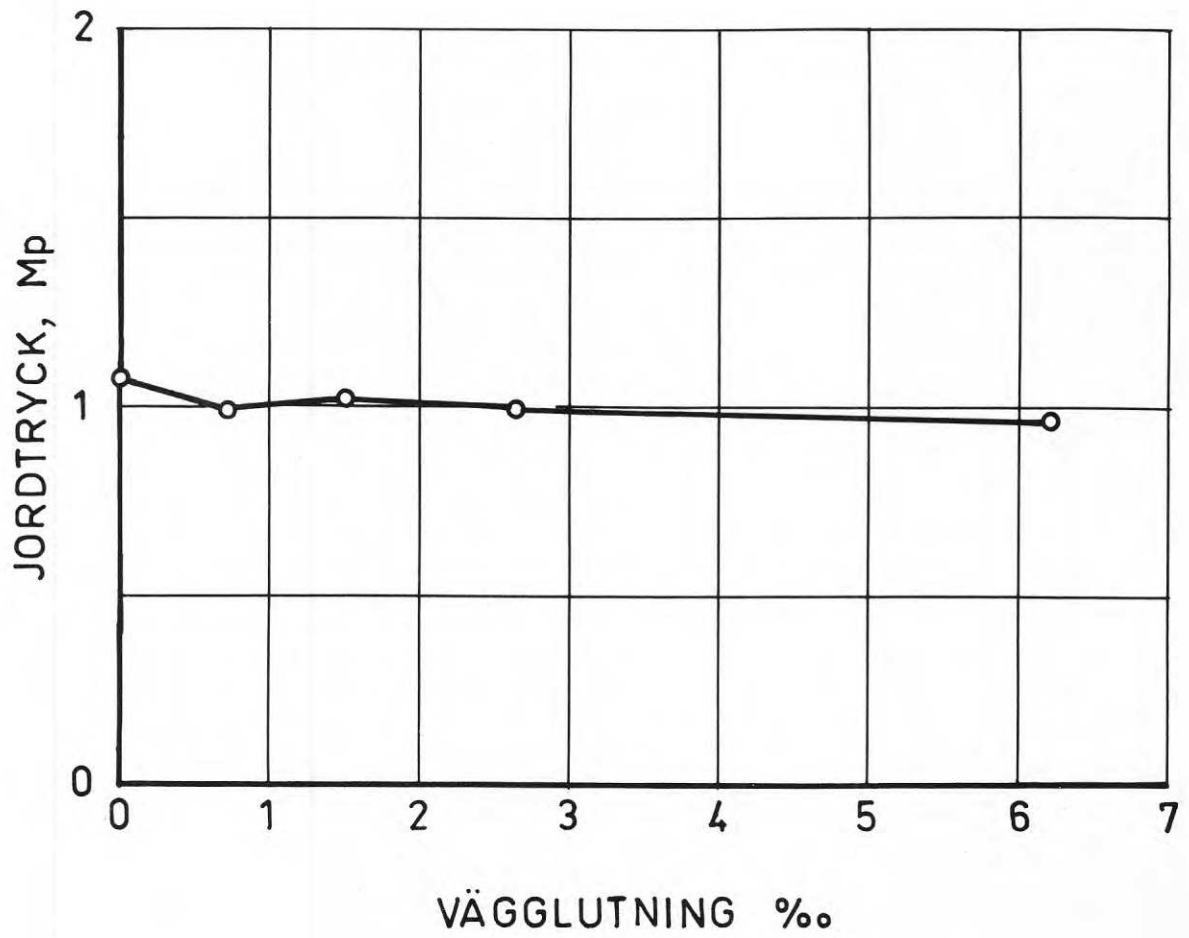
W %	γ
3,7	1,71
3,3	1,76
4,4	1,67
3,5	1,71
3,3	1,70
3,4	1,67



SYNLIGA SPRICKOR

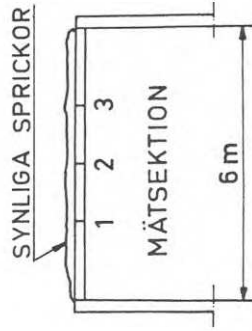
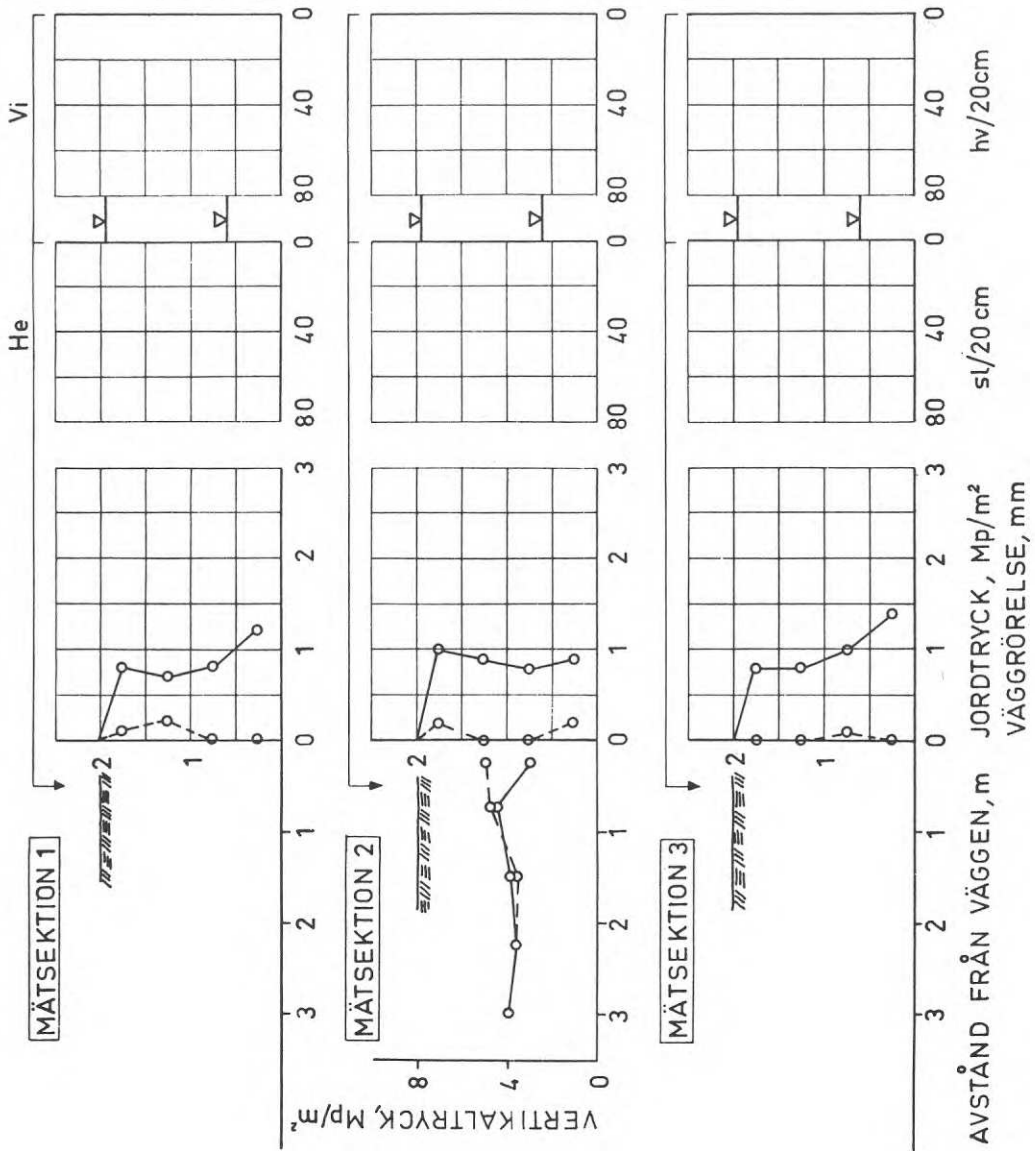


POROSITET = 39 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 20 %  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 77 %

MÄTNING Nr 12 - 16

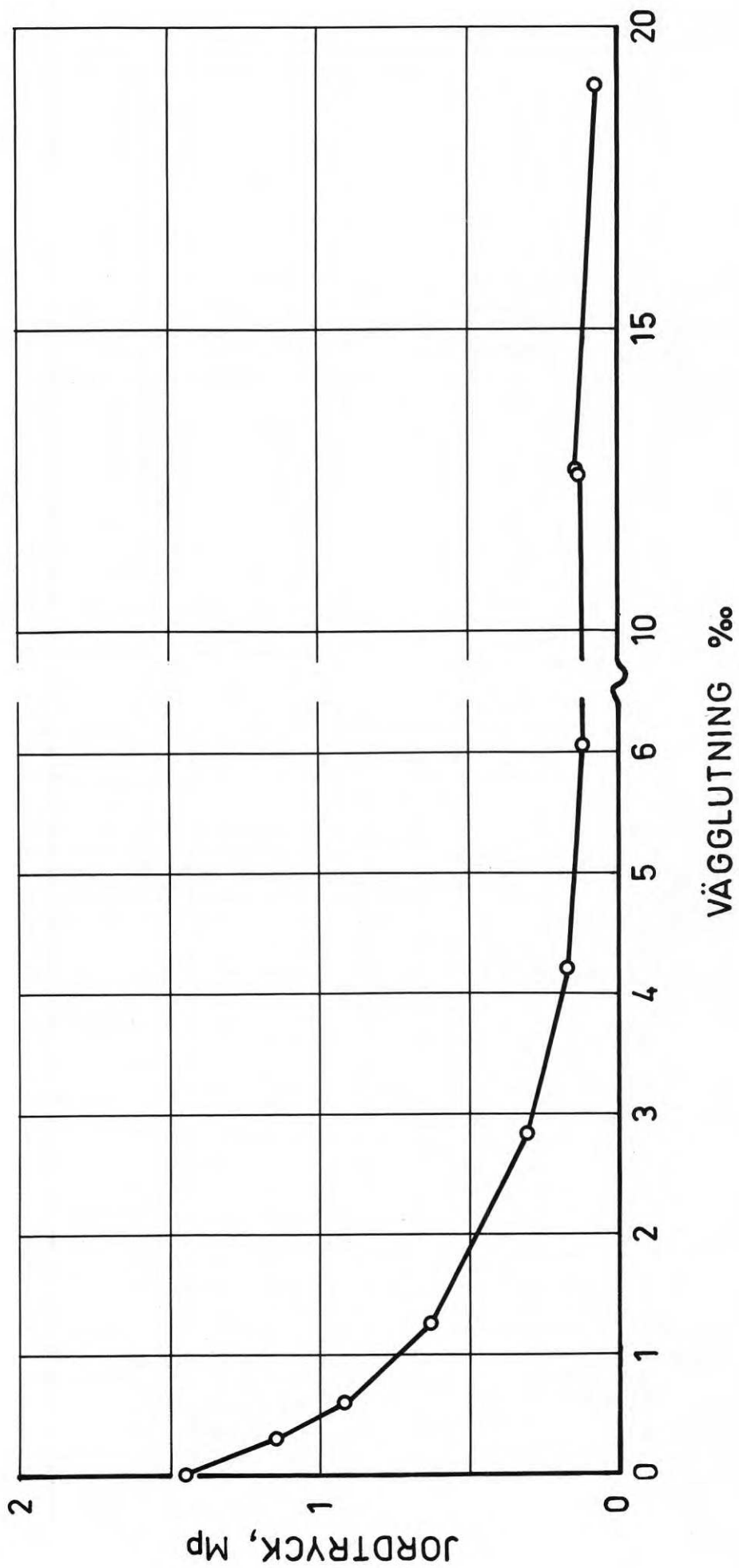
MÄTNING Nr 24, och 33  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	y
2,6	1,94
2,6	1,84
2,6	1,94
3,1	1,72
2,2	2,02
3,1	1,86



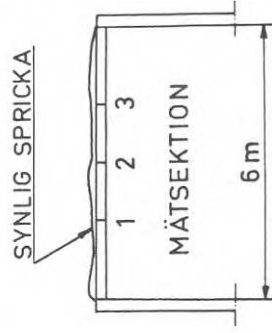
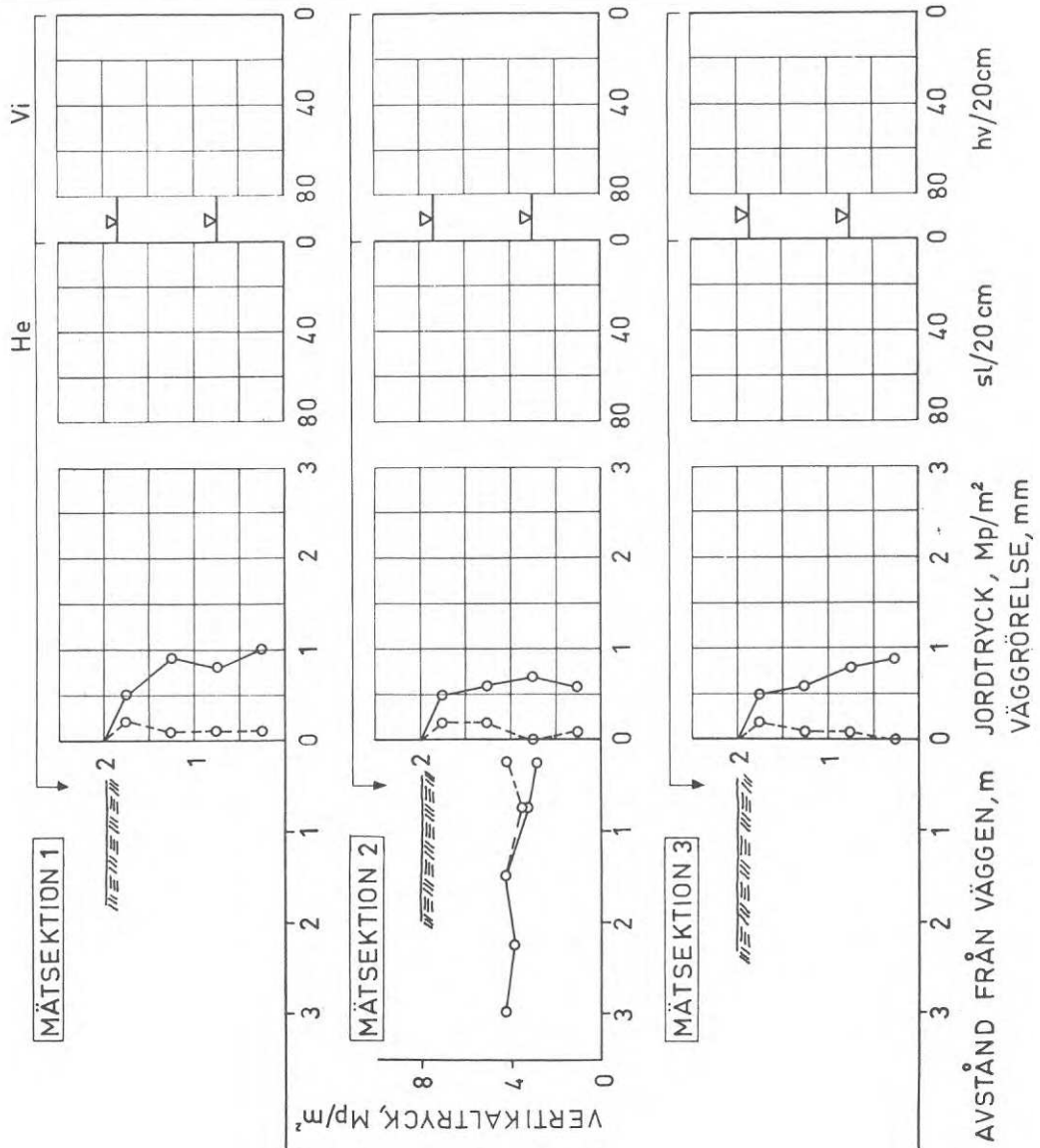
POROSITET =31 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET =58 % —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD =87 % —//—

MÄTNING Nr 24 - 33



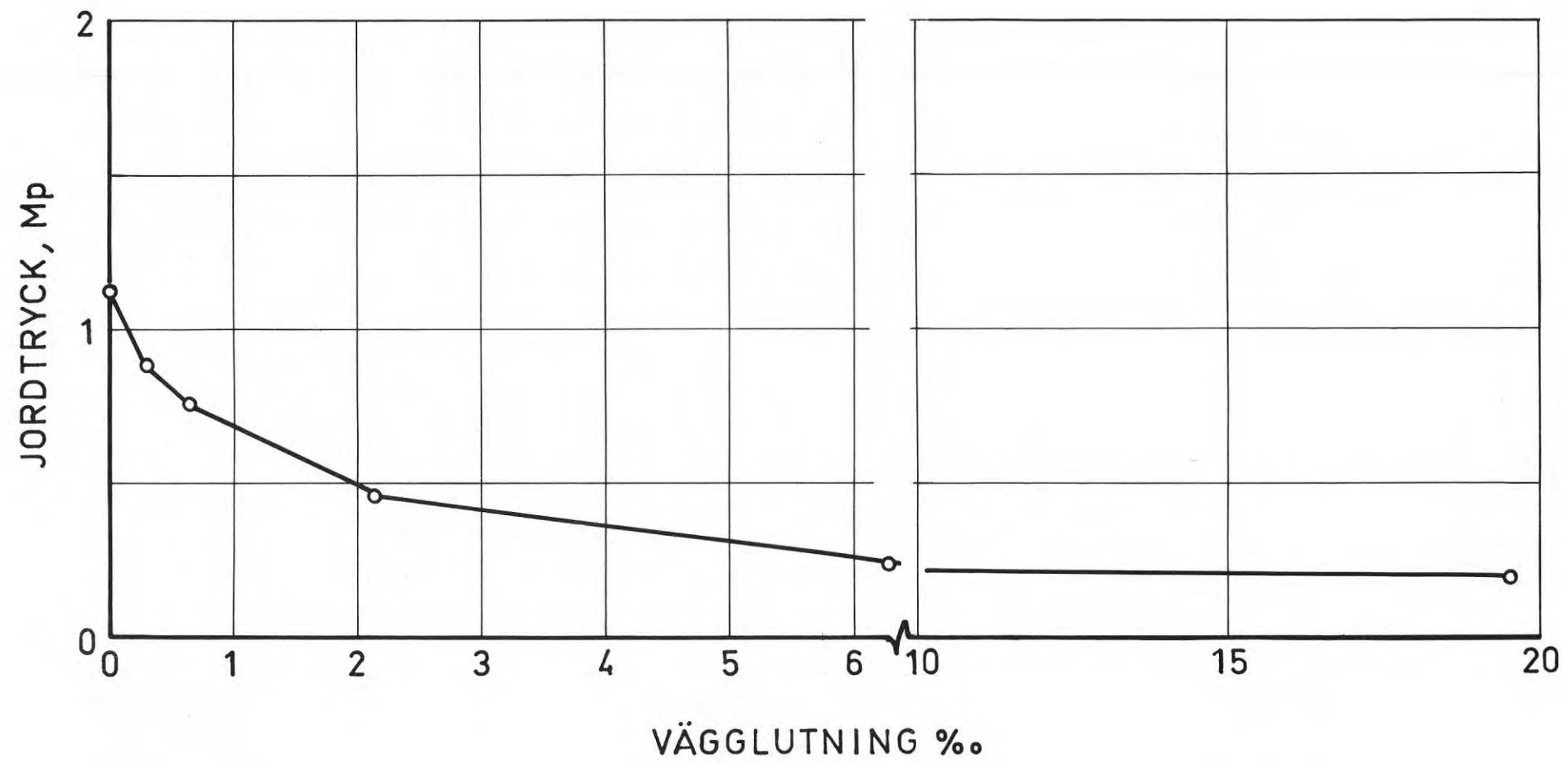
- MÄTNING Nr 49 och 54  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
1,9	2,05
2,2	1,92
2,5	1,92
2,6	1,91
2,1	1,92
2,5	2,03



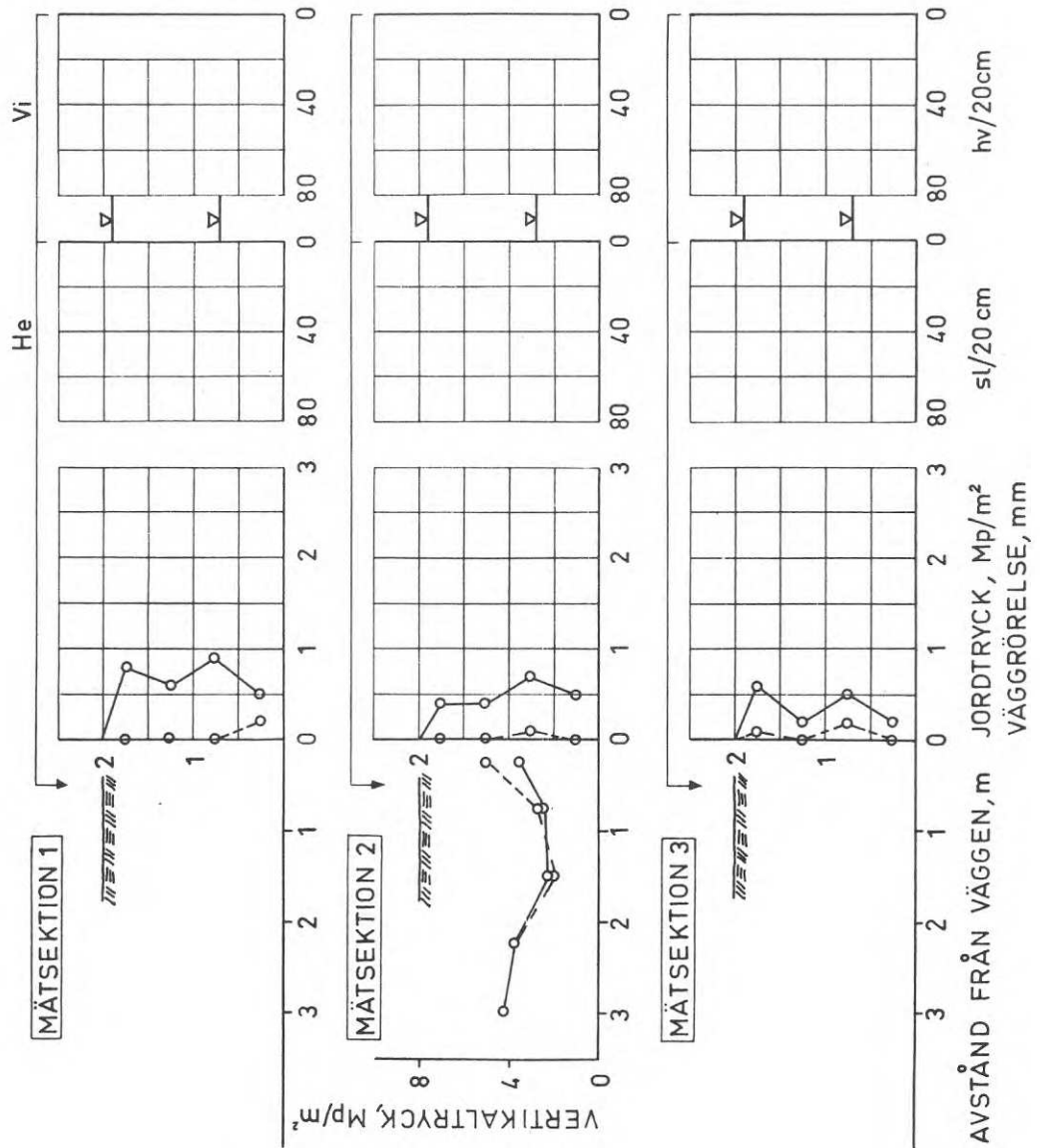
POROSITET = 28 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 69 %  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 90 %

MÄTNING Nr 49-54



- MÄTNING Nr 71 och 75  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINNO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
2,1	1,99
1,9	2,01
1,8	2,02
2,1	2,01
1,0	1,99
1,4	2,01

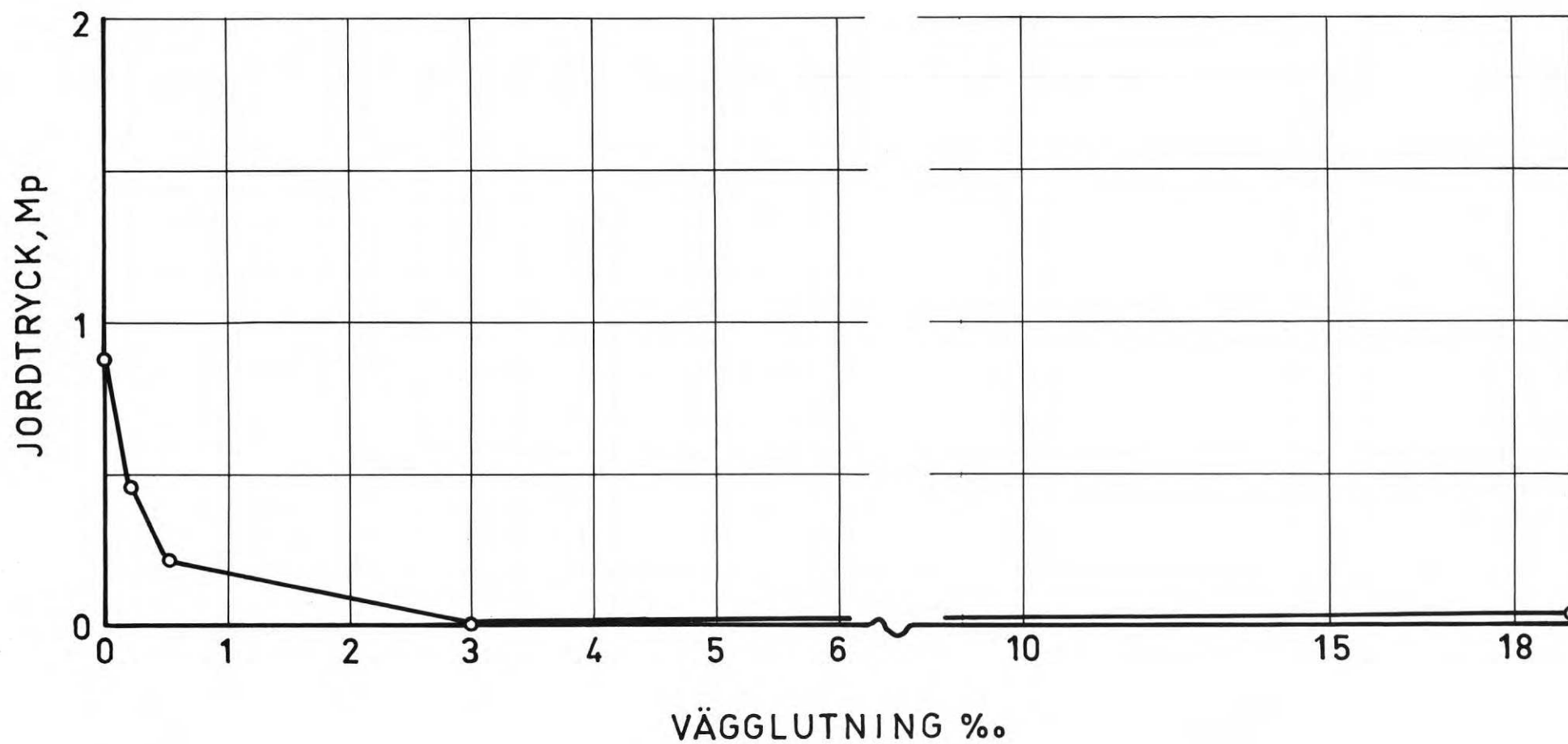


SYNLIG SPRICKA



POROSITET = 26 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 78 % —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 93 % —//—

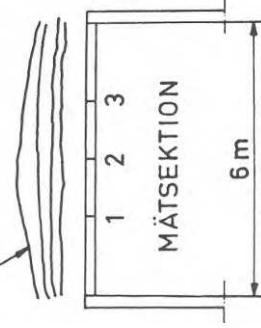


MÄTNING Nr 71-75

BIL. 4: 5a

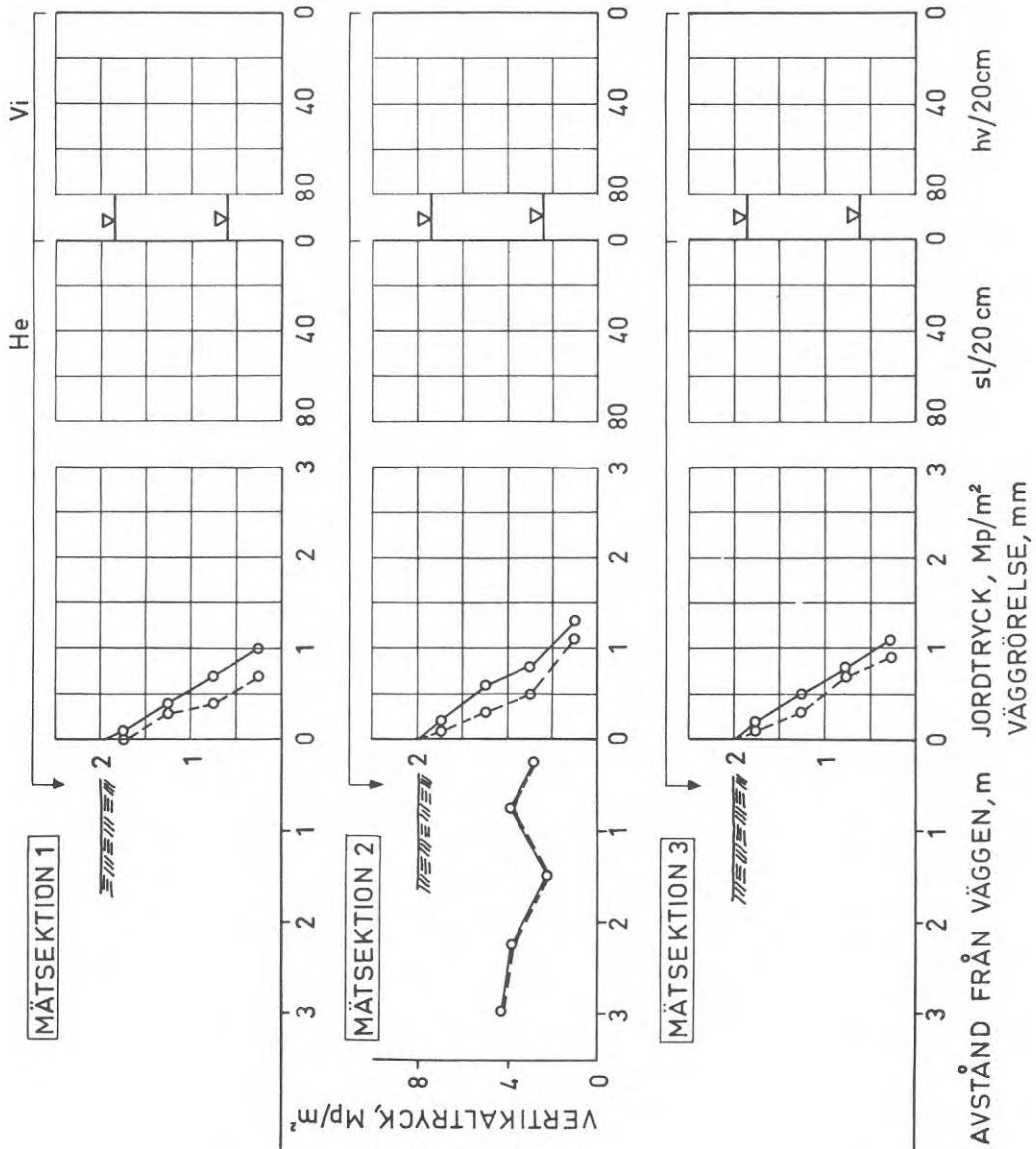
MÄTNING Nr 81 och 85  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

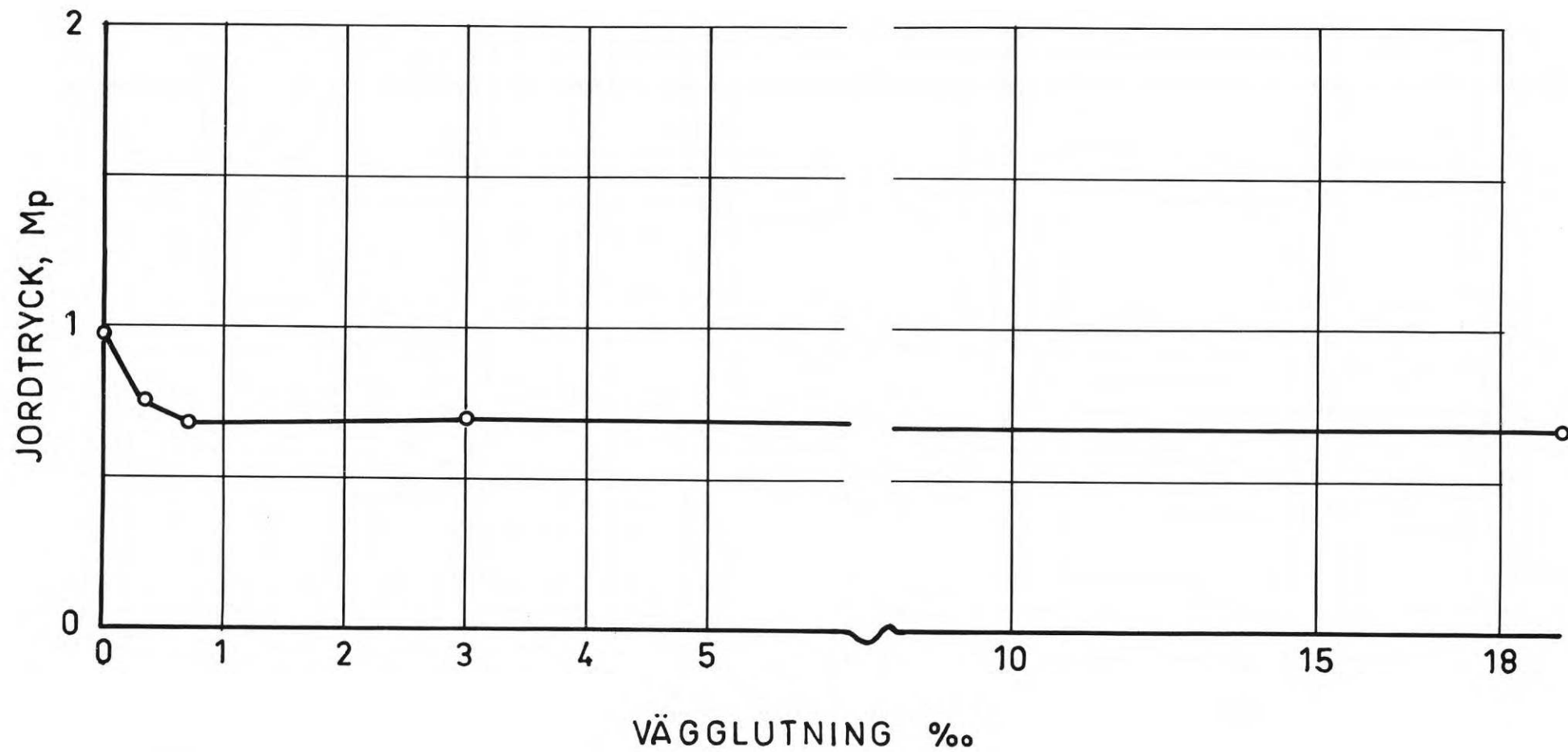
SYNLIGA SPRICKOR



POROSITET = 35 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 38 %  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 81 %

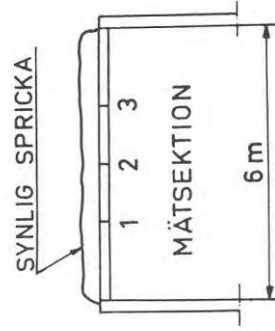
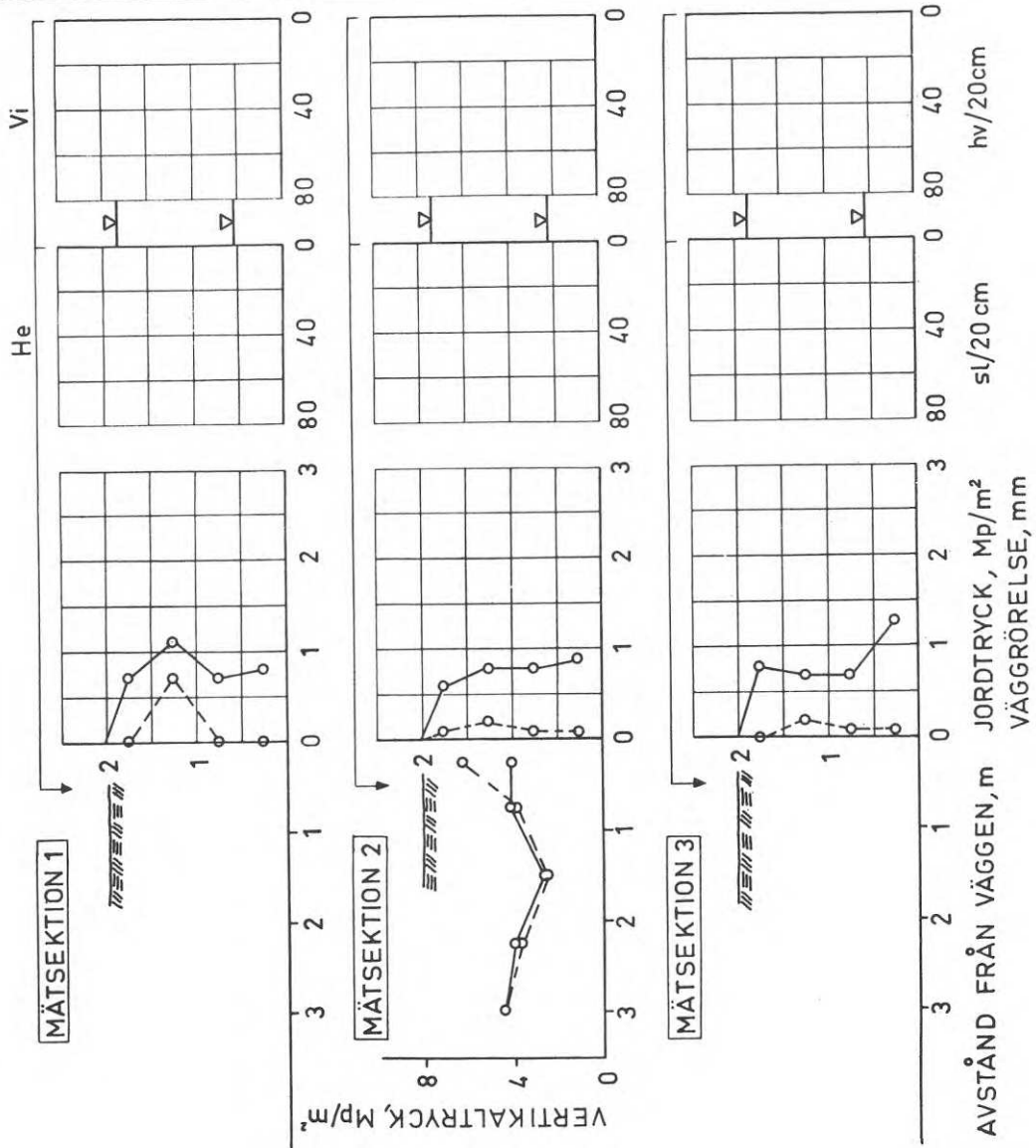
W %	γ
0,9	1,78
1,7	1,67
1,8	1,74
1,7	1,81
2,1	1,73
1,8	1,82



MÄTNING Nr 81 - 85

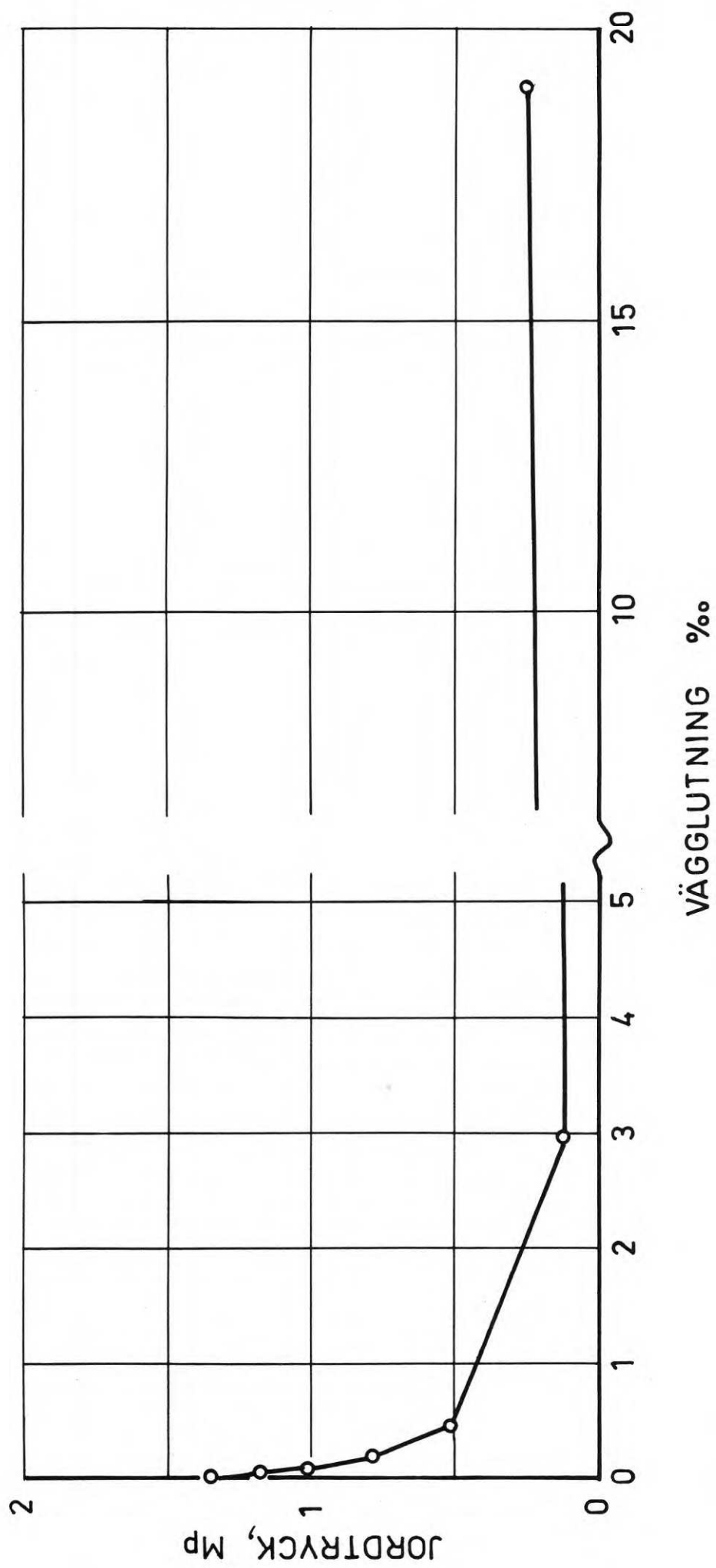
- MÄTNING Nr 100 och 106  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
1,1	2,10
1,5	2,06
1,8	2,11
1,4	2,08
1,3	1,92
1,8	2,02



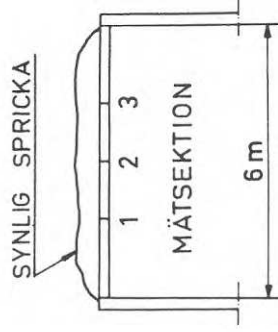
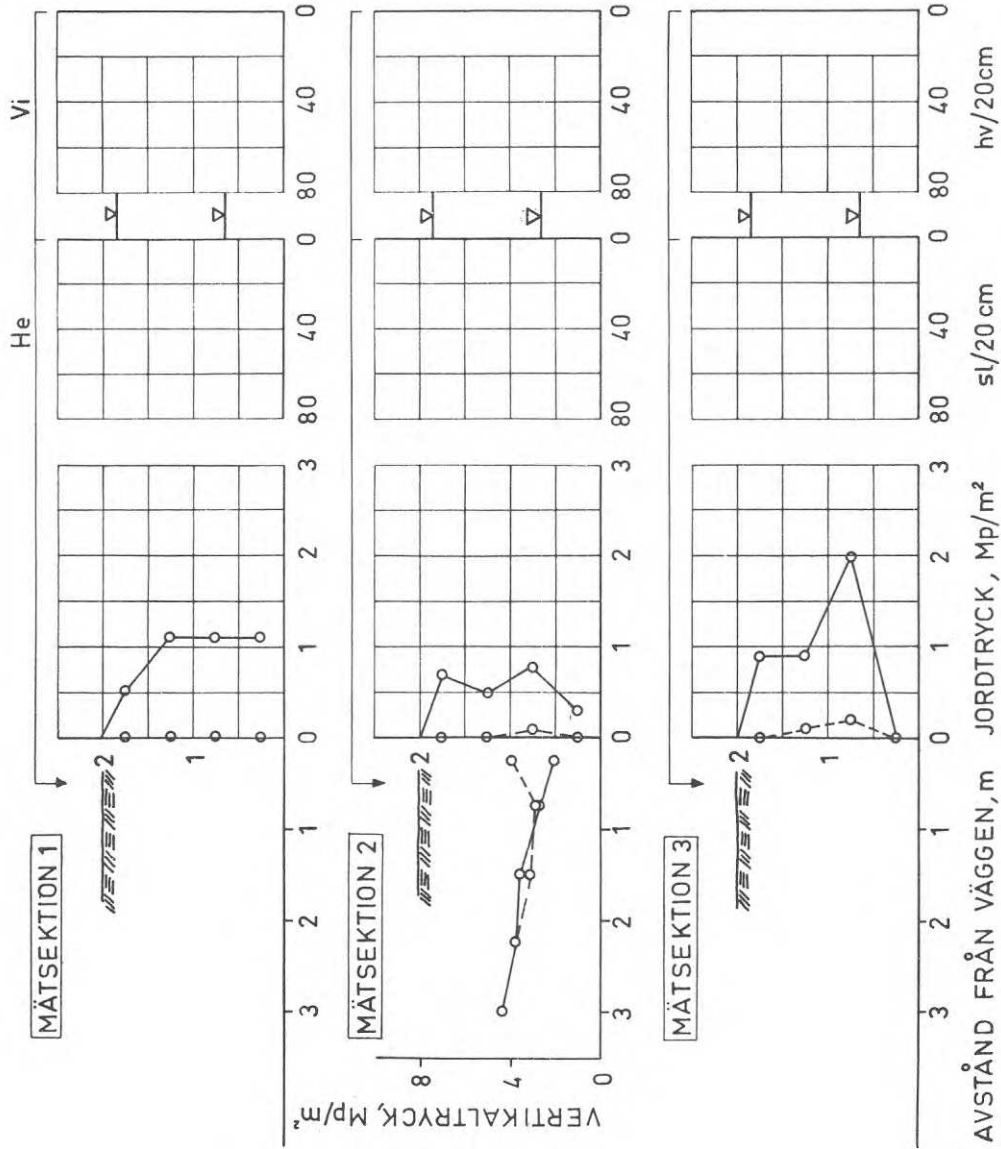
POROSITET = 24 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 85 %  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 95 %

MÄTNING Nr 100 - 106

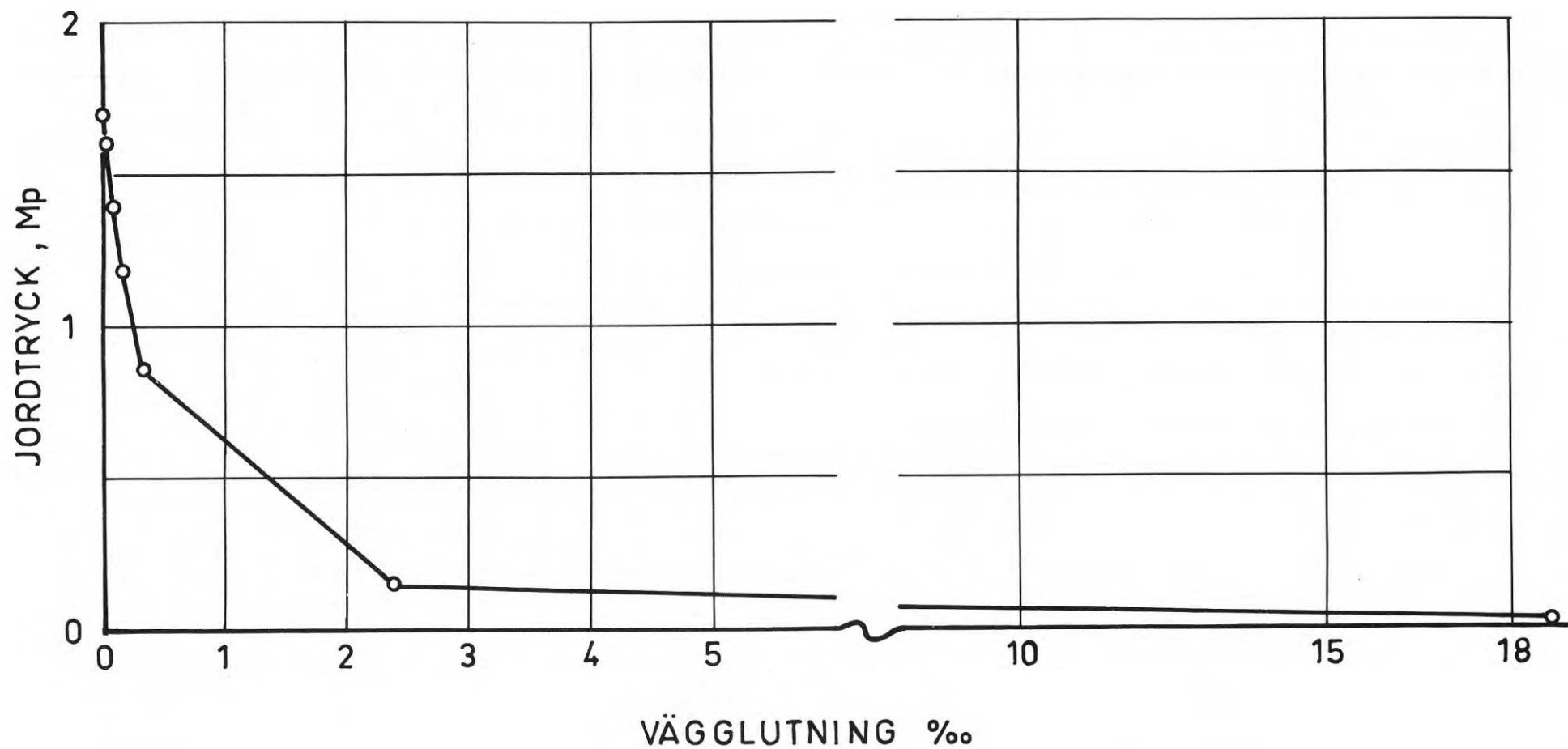


- MÄTNING Nr 137 och 143  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

w %	y
2,5	2,03
6,9	2,22
6,0	2,13
7,2	2,26
3,8	2,14
4,8	2,18

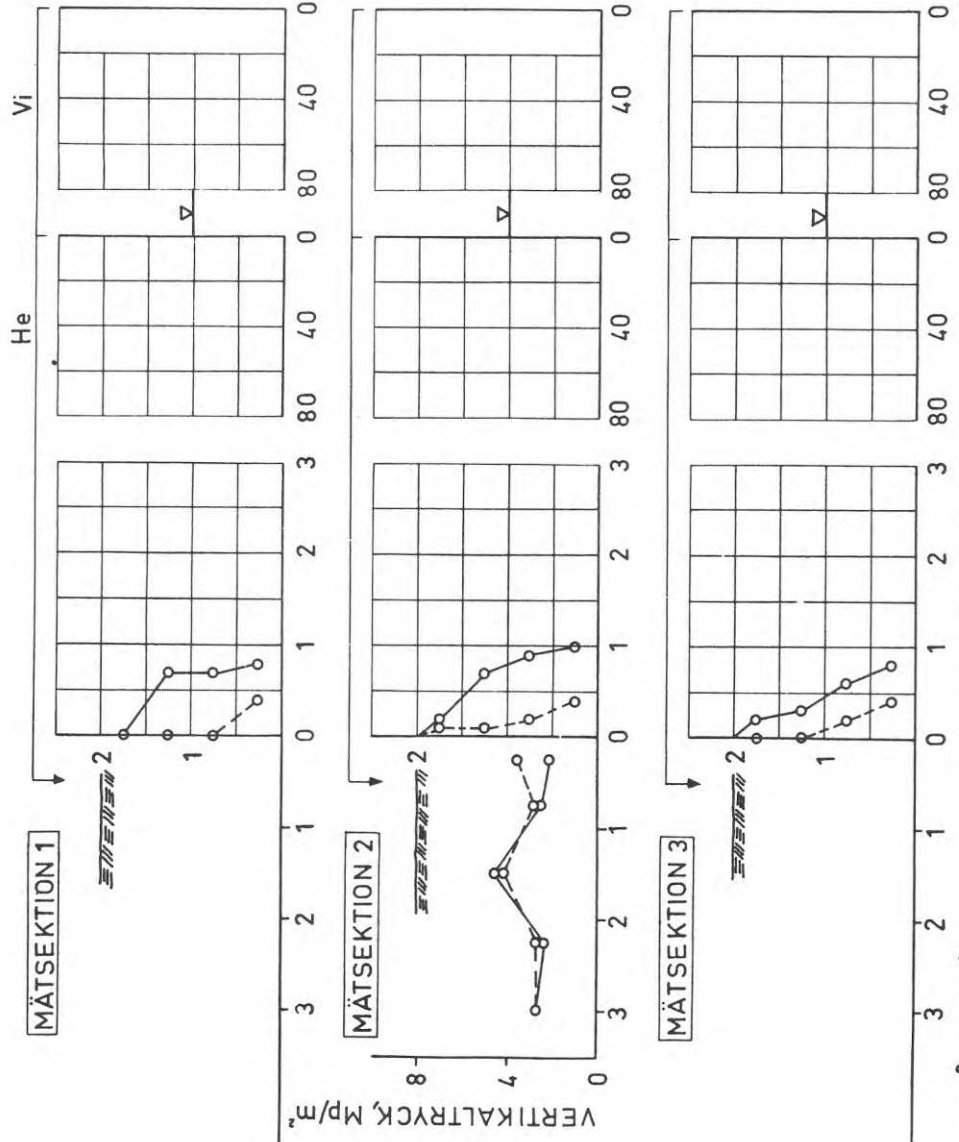


POROSITET = 24 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 88 %  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 96 %

MÄTNING Nr 137-143

- MÄTNING Nr 150 och 156  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

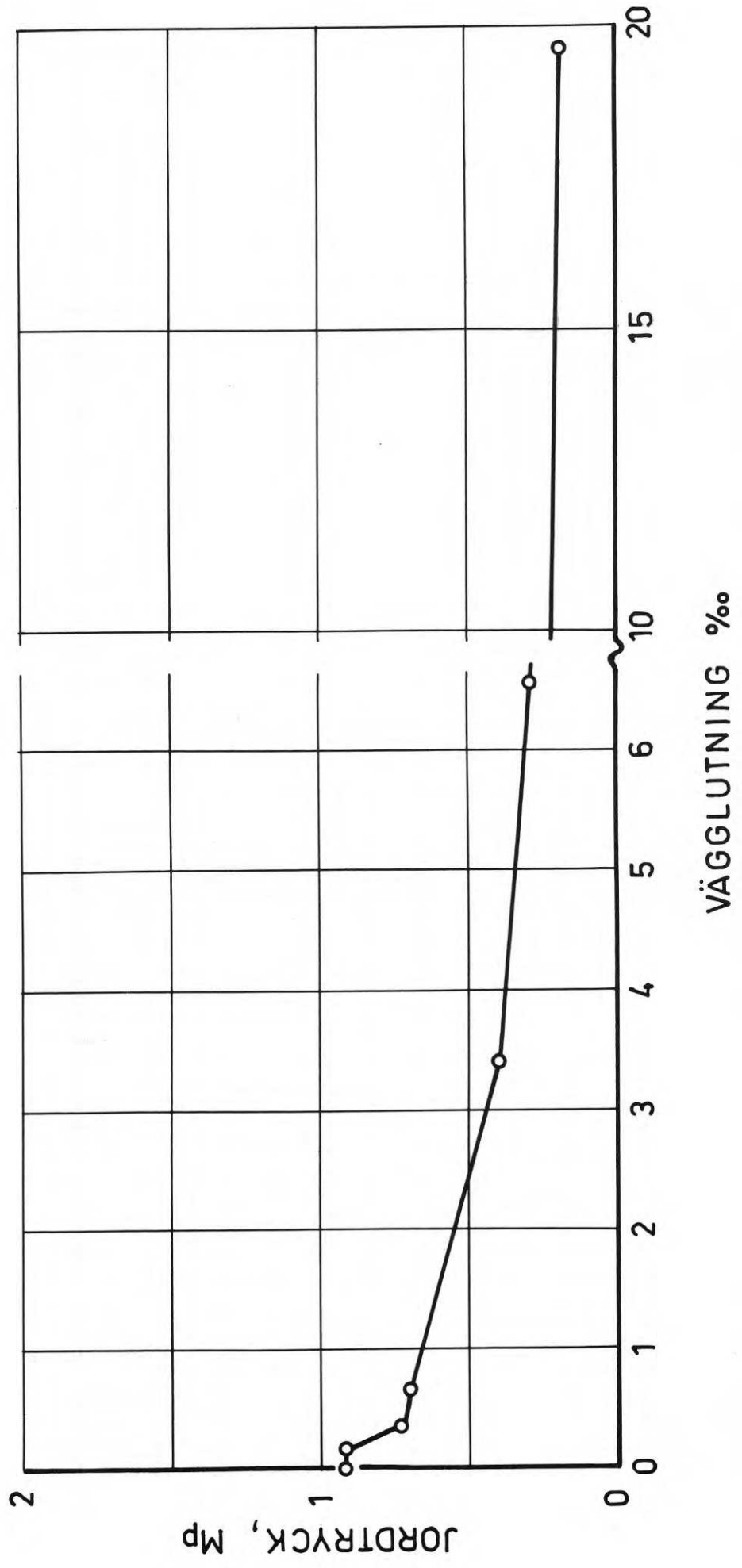
W %	y
5,7	
4,9	
6,1	



POROSITET = % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = % ---  
 PACKNINGS-  
 GRAD = % ---

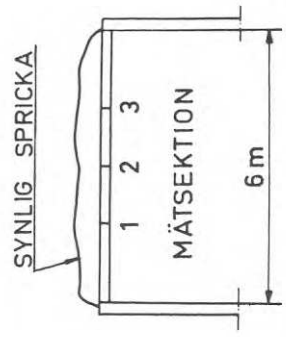
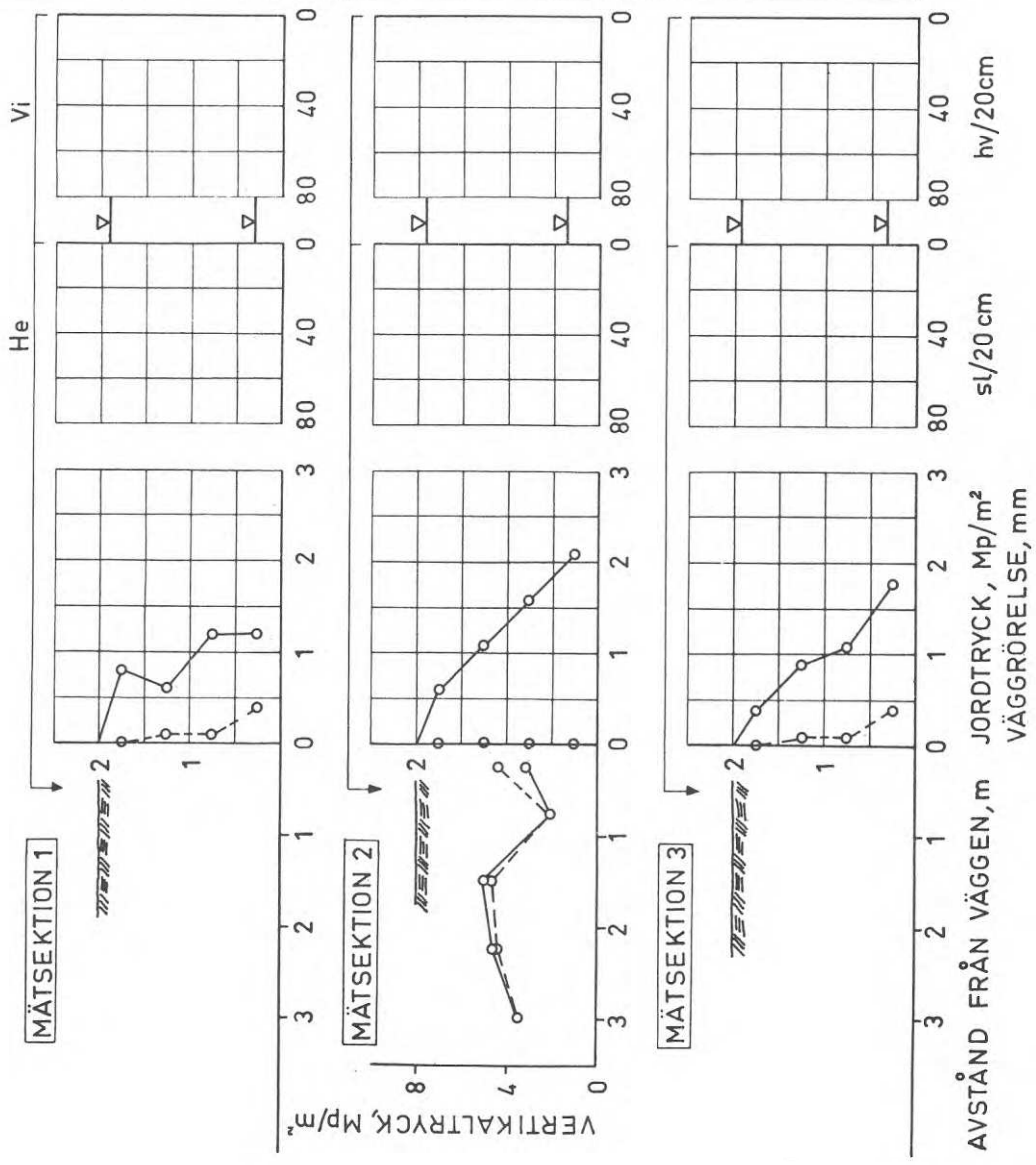


MÄTNING Nr 150 - 156



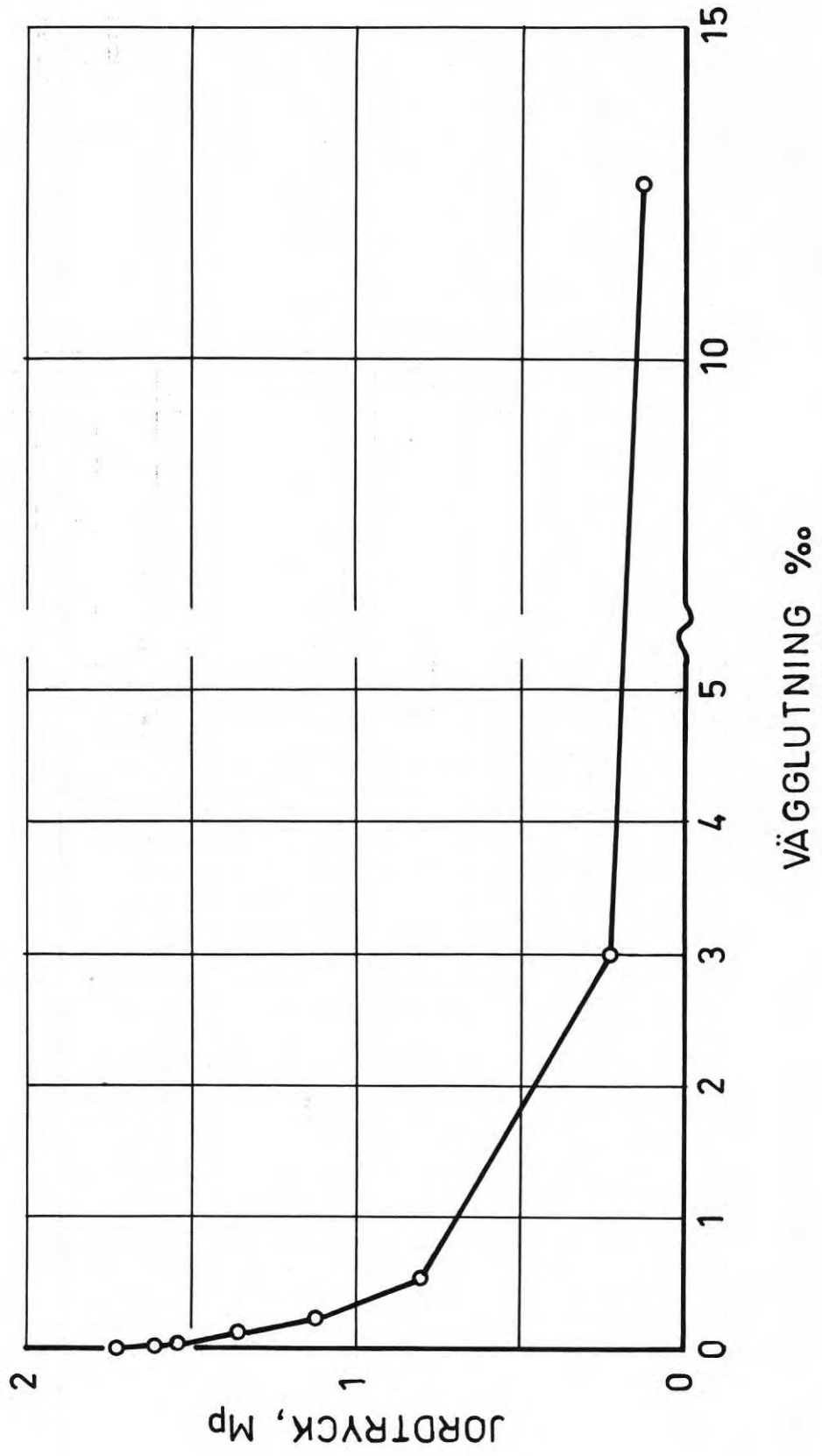
MÄTNING Nr 172 och 180  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	y
5,1	2,12
5,3	2,14
3,8	1,98
5,3	2,18
5,8	2,16
5,5	2,19



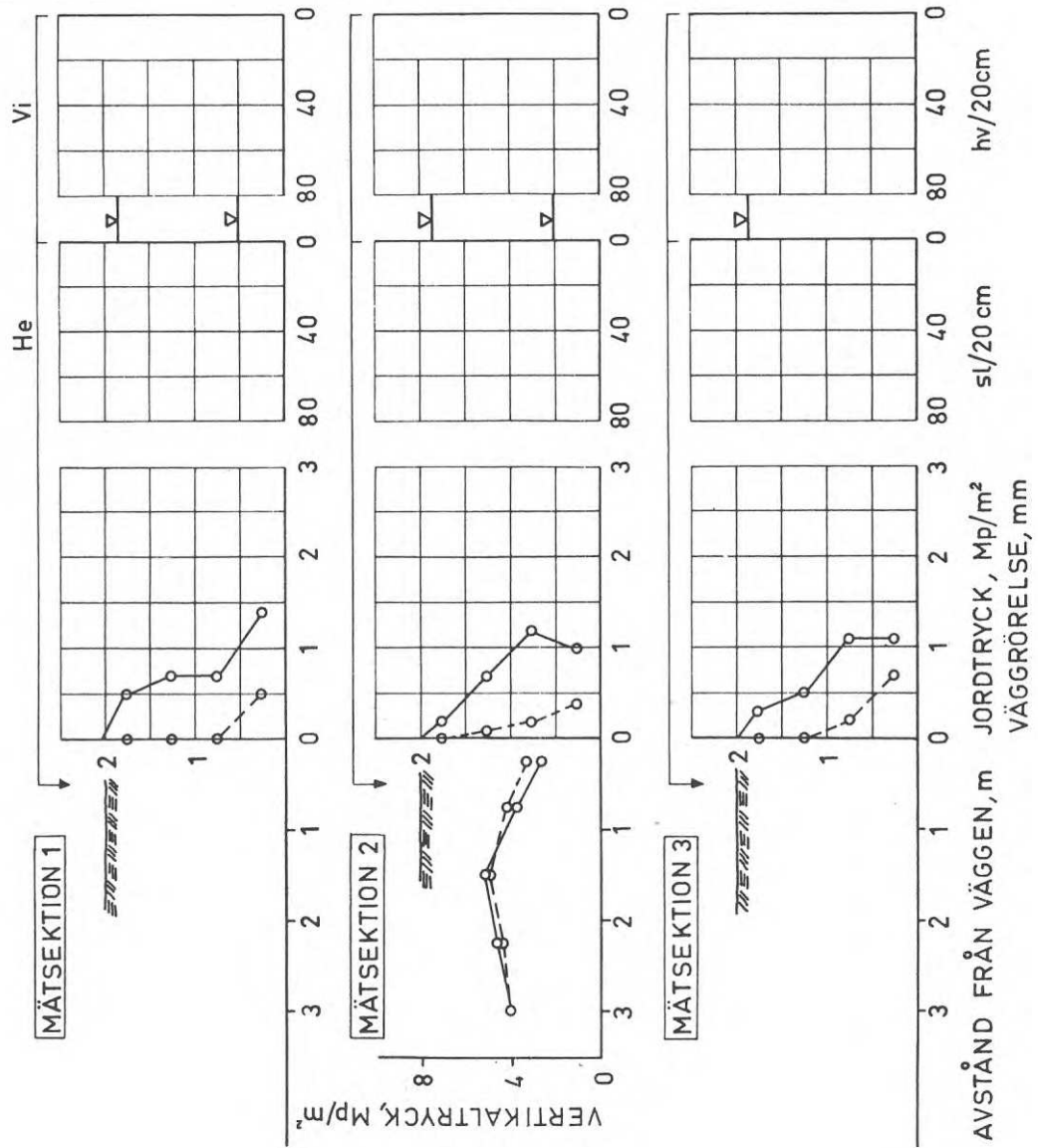
POROSITET = 24 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = 87 %  
 PACKNINGS-  
 GRAD = 95 %

MÄTNING Nr 172-180

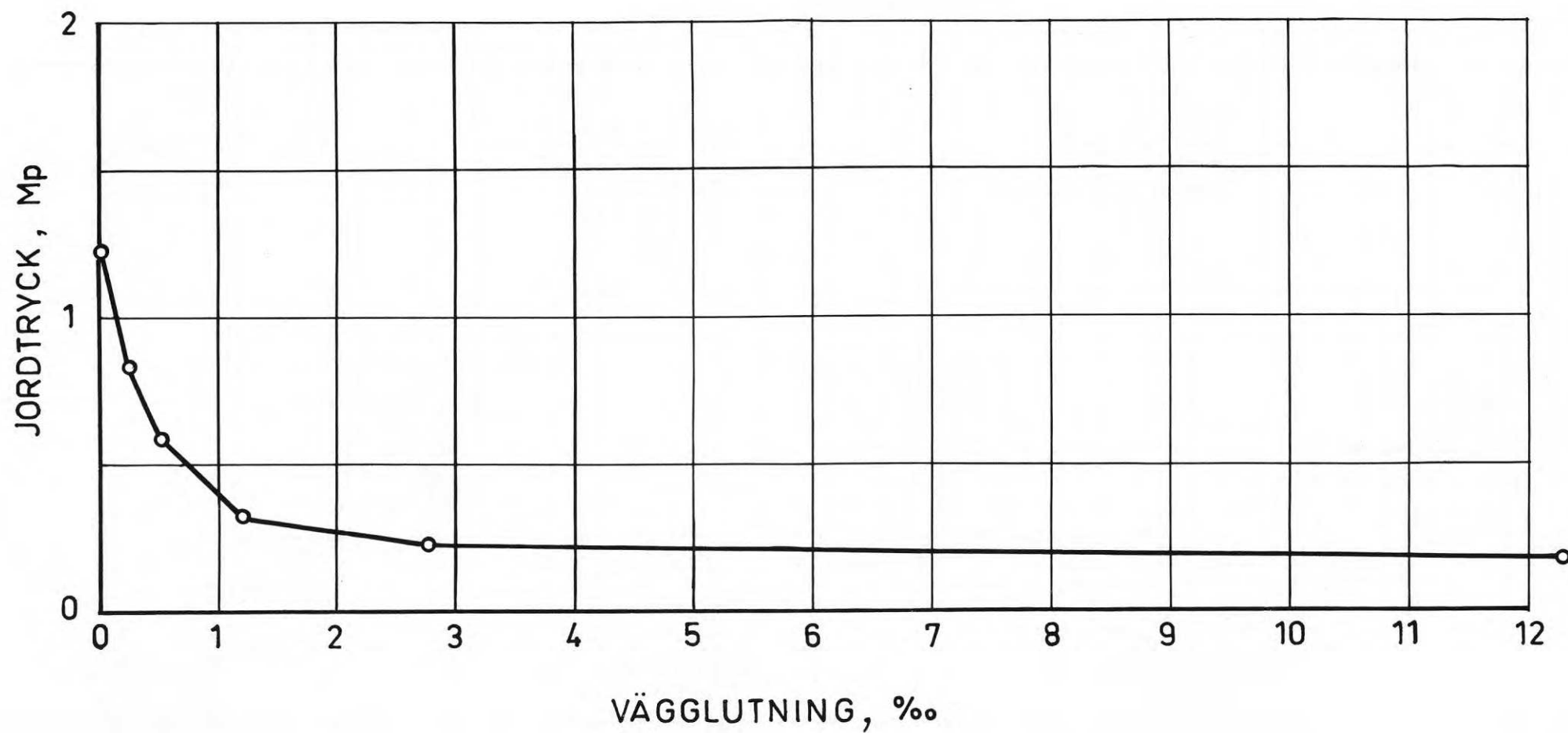


- MÄTNING Nr 190 och 195  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
12,5	1,51
14,9	1,56
9,8	1,49
13,9	1,49
12,6	1,56



POROSITET =50 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET =21 % ---//---  
 PACKNINGS-  
 GRAD =71 % ---//---

MÄTNING Nr 190-195

MÄTNING Nr 211 och 216

FRIKTIONSMATERIAL

MJÄLIG FINMO

PACKNINGSREDSKAP

nej  CM13  CM 20

MINERALULL nej  ja

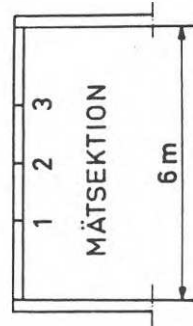
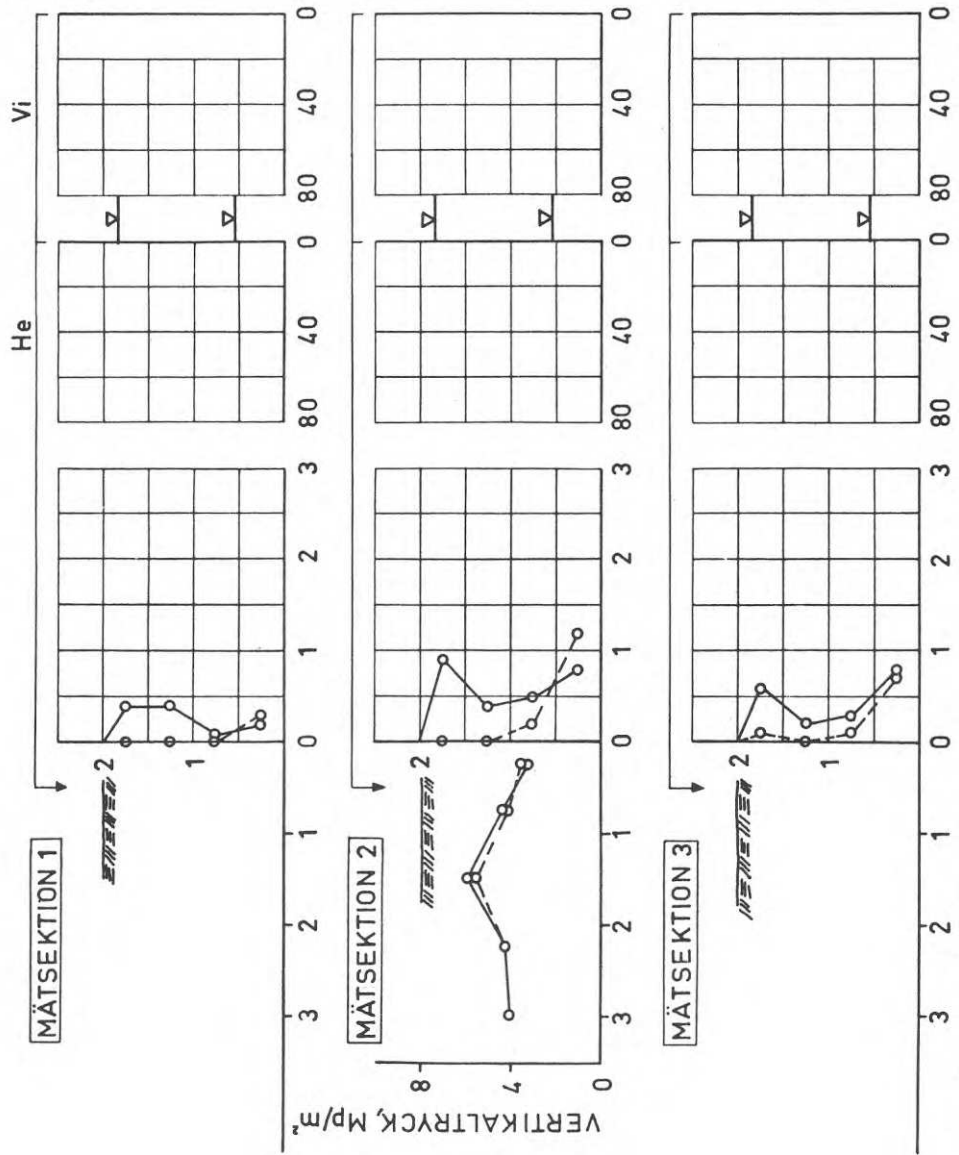
YTTRE LAST nej  ja

VATTNING nej  ja

PÅTVINGAD RÖRELSE

nej  ja

W %	γ
12,4	1,83
12,7	1,85
15,0	1,88
14,0	1,90
13,1	1,88
14,3	1,86

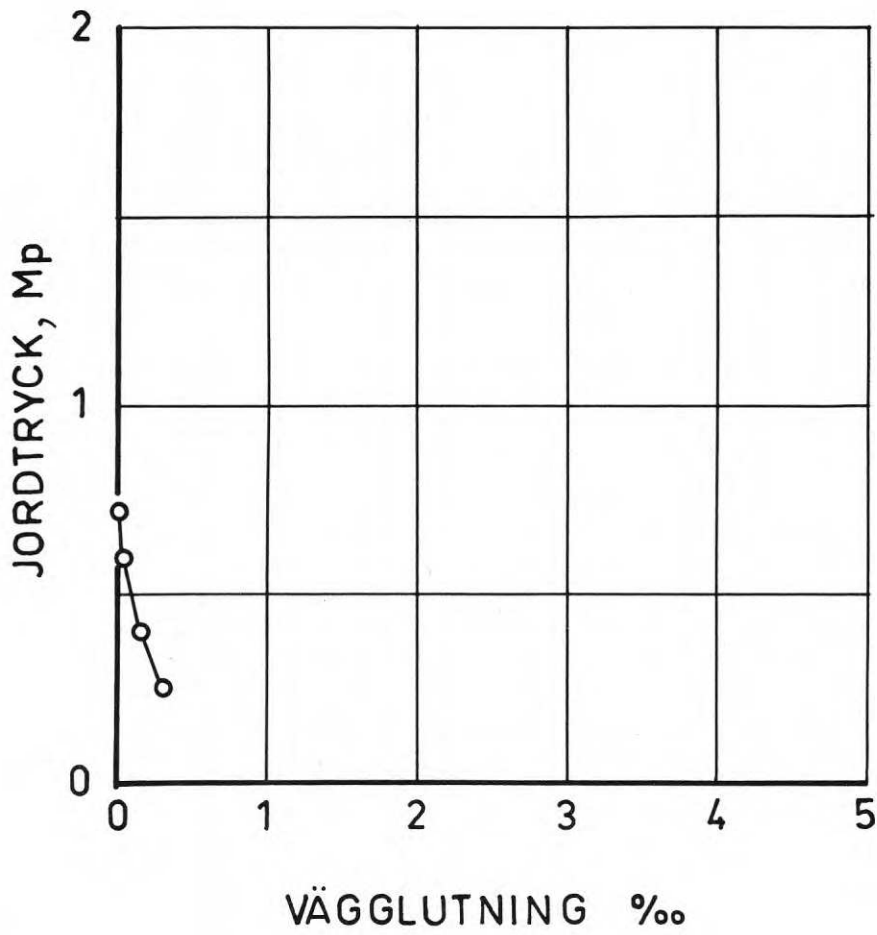


POROSITET = 39 % (MEDELV.)

RELATIV LAG- RINGSTÄTHET = 70 %

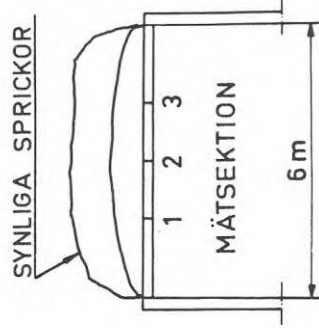
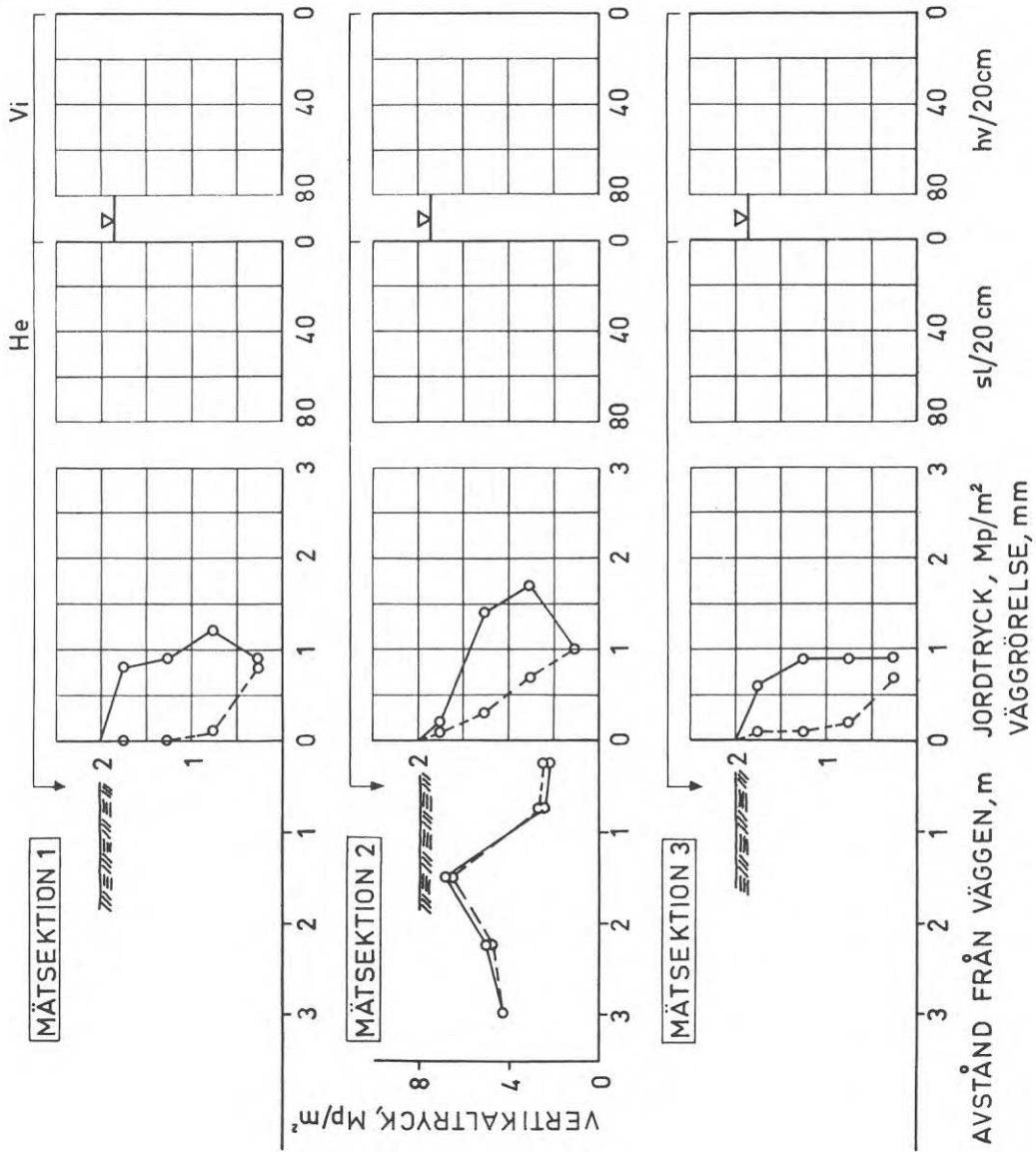
PACKNINGS- GRAD = 87 %

MÄTNING Nr 211 - 216



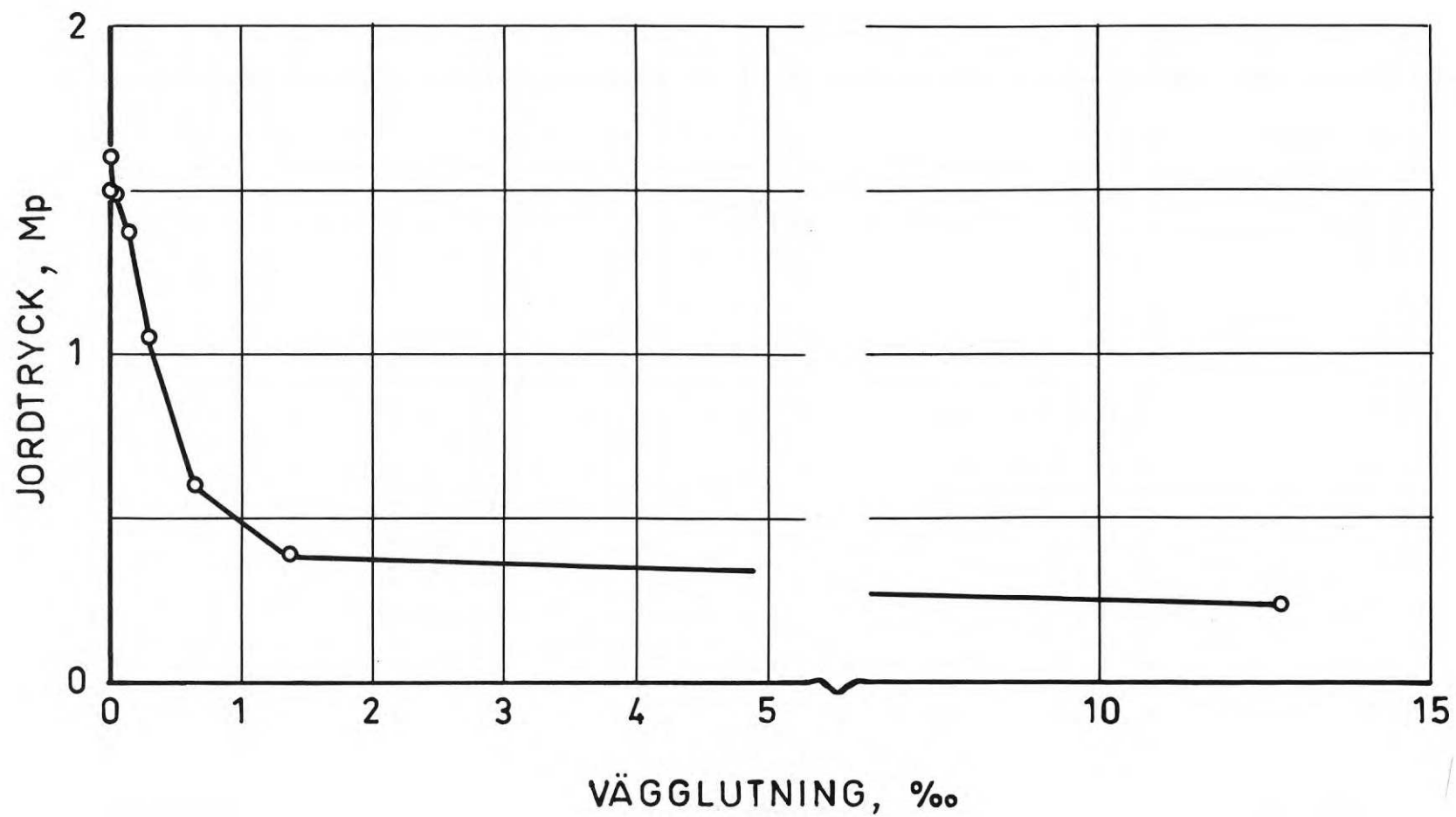
- MÄTNING Nr 239 och 253  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PÅCKNINGSREDSKAP  
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	13,2	1,62
y	13,5	1,58



POROSITET = % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET = % —//—  
 PÅCKNINGS-  
 GRAD = % —//—



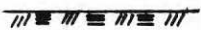






MÄTNING Nr 239 - 253



## BILAGA 5

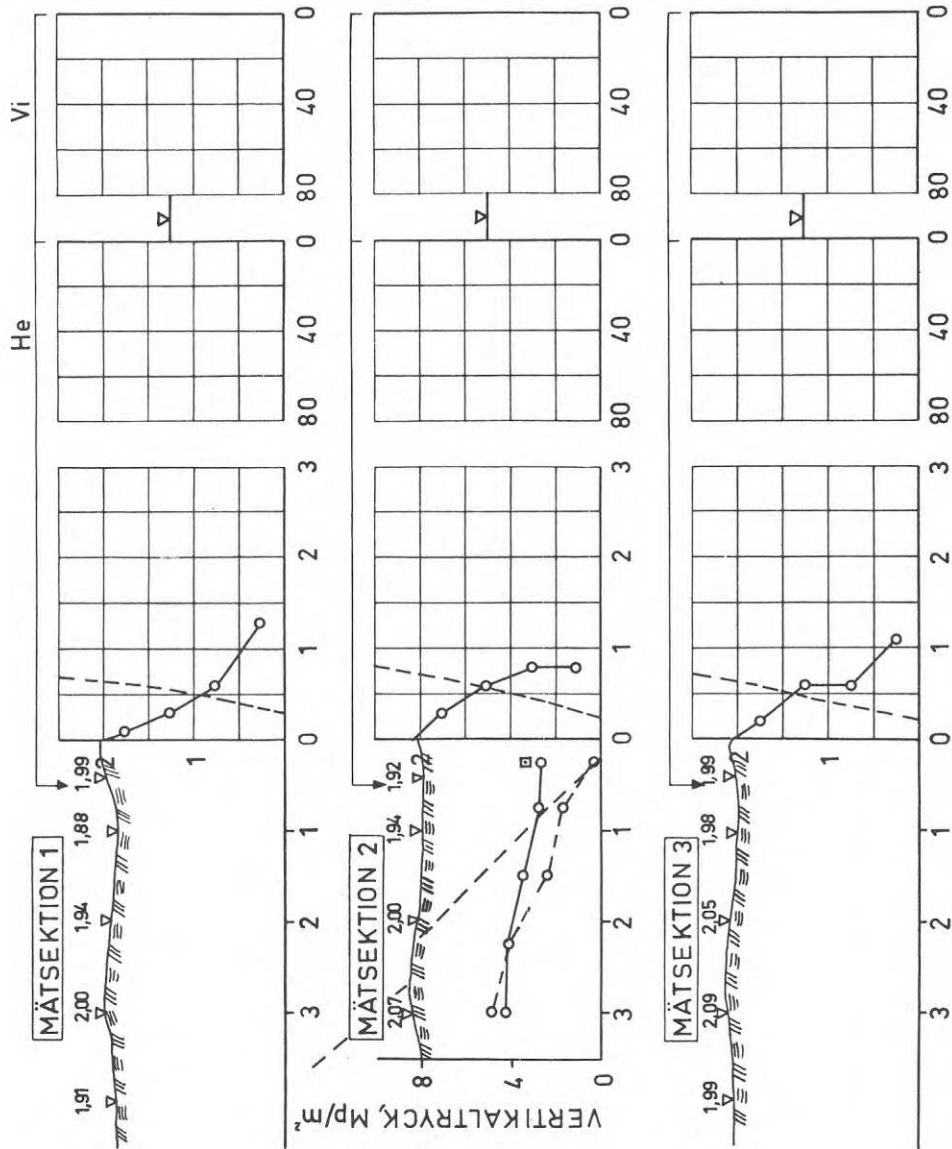
## RESULTAT AV MÄTNINGAR I SAMBAND MED REGNVATTENINFILTRATION I SAND

Teckenförklaring:

	= fyllningshöjd (vanl. ca 2 m)
	= schaktgrav före återfyllning
	= vertikaltryck före återfyllning
	= jordtryck efter återfyllning
	= beräknat överlagringstryck efter återfyllning
	= väggrörelse vid återfyllning
	= provtagningsnivå

- MÄTNING Nr 145  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSMATERIAL   
 PACKNINGSMATERIAL   
 nej  CM13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

W %	γ
~ 4	~ 1,75
~ 4	~ 1,75
~ 4	~ 1,75



POROSITET ~ 37 % (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET ~ 28 %  
 PACKNINGSGRAD ~ 79 %

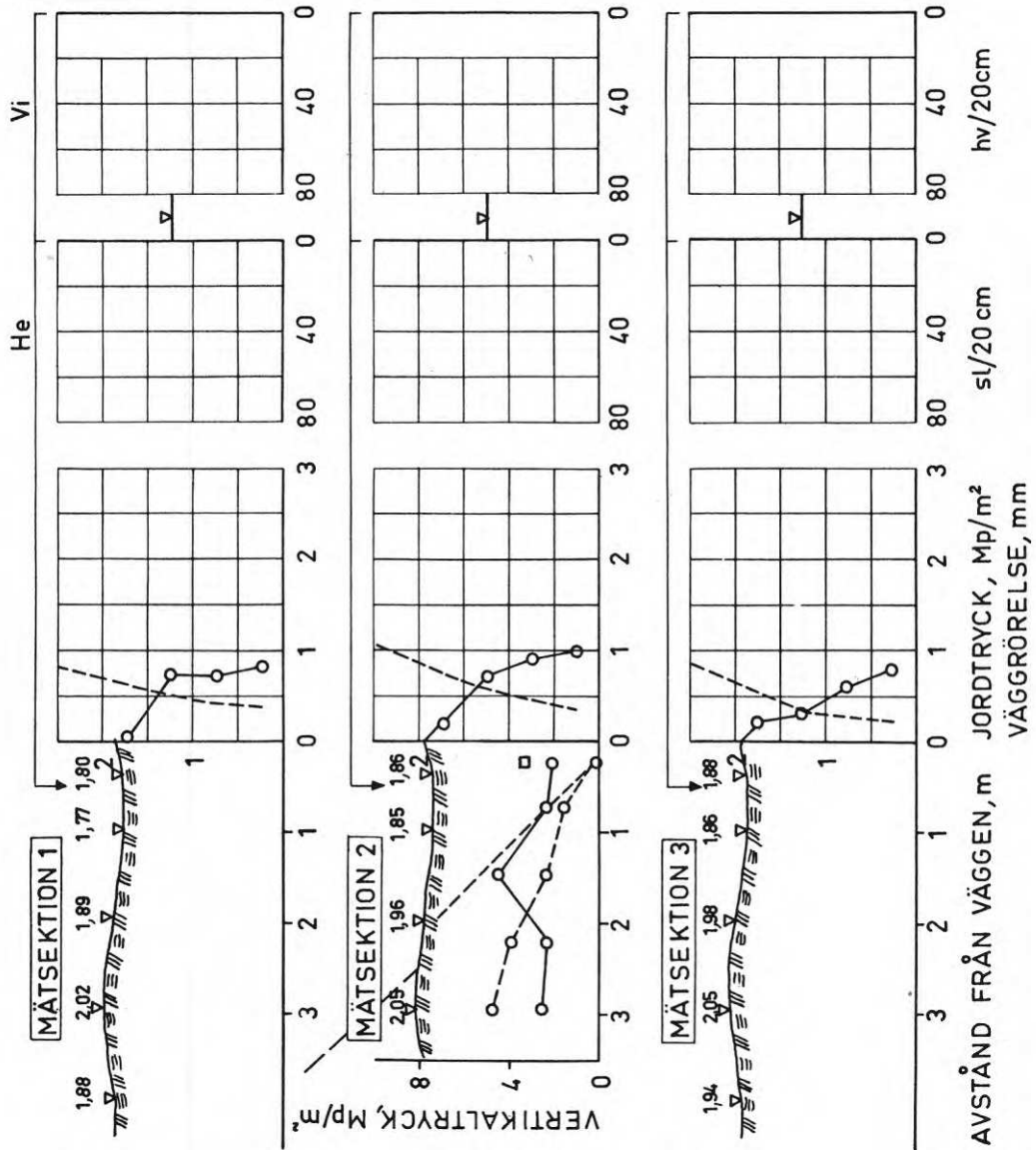
MÄTNING Nr 150  
 FRIKTIONSMATERIAL   
 MJÄLIG FINMO   
 PACKNINGSREDSKAP  
 nej  CM 13  CM 20   
 MINERALULL nej  ja   
 YTTRE LAST nej  ja   
 VATTNING nej  ja   
 PÅTVINGAD RÖRELSE  
 nej  ja

13 tim. EFTER AVSLUTAD  
 VATTNING



POROSITET ≈ 36% (MEDELV.)  
 RELATIV LAG-  
 RINGSTÄTHET ≈ 32% —//—  
 PACKNINGS-  
 GRAD ≈ 80% —//—

W %	γ
5,7	~1,8
4,9	~1,8
6,1	~1,8

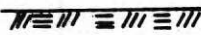

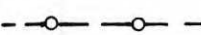








## BILAGA 6

## RESULTAT AV LÅNGTIDSMÄTNINGAR

## Teckenförklaring:

	= fyllningshöjd (vanl. ca 2 m)
	= schaktgrav före återfyllning
	= vertikaltryck före återfyllning
	= jordtryck efter återfyllning
	= beräknat överlagringstryck efter återfyllning
	= väggrörelse
	= provtagningsnivå

MÄTNING Nr 255 17/7-69

FRIKTIONSMATERIAL

MJÄLIG FINMO

PACKNINGSREDSKAP

nej  CM13  CM 20

MINERALULL nej  ja   $\frac{1}{3}$

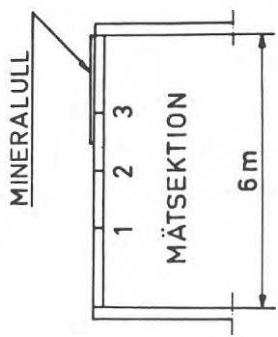
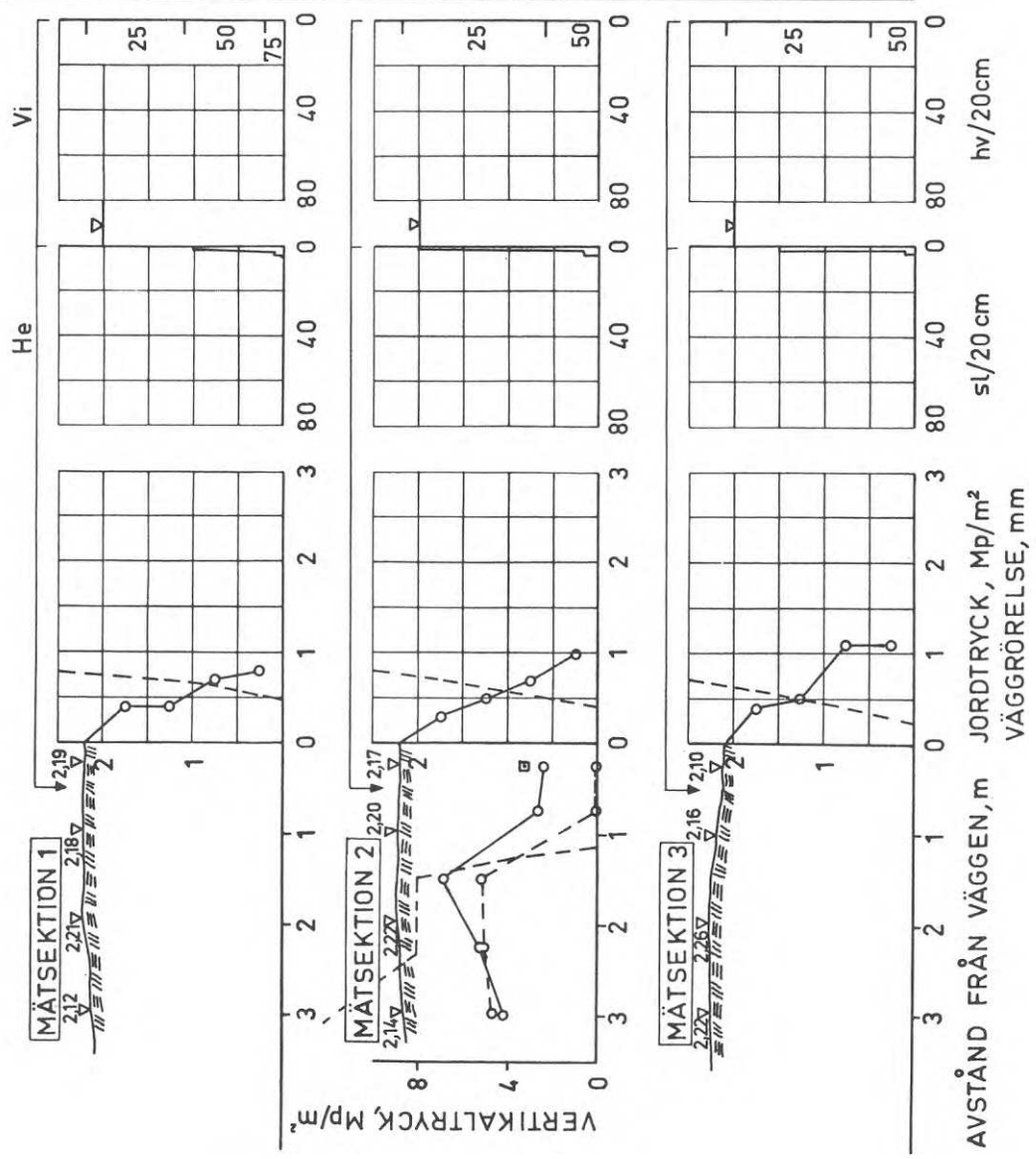
YTRE LAST nej  ja

VATTNING nej  ja

PÅTVINGAD RÖRELSE

nej  ja

W %	12,1	14,3	10,9
γ	1,52	1,43	1,51



POROSITET = 47 % (MEDELV.)

RELATIV LAG-

RINGSTÄTHET = 15 %

PACKNINGS-GRAD = 69 %



MÄTNING Nr 278 20/10-69

FRIKTIONSMATERIAL

MJÄLIG FINMO

PACKNINGSREDSKAP

nej  CM 13  CM 20

MINERALULL nej  ja   $\frac{1}{3}$

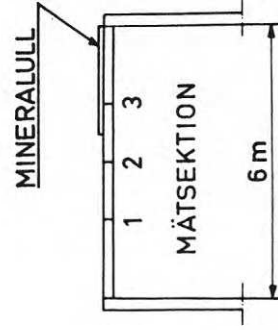
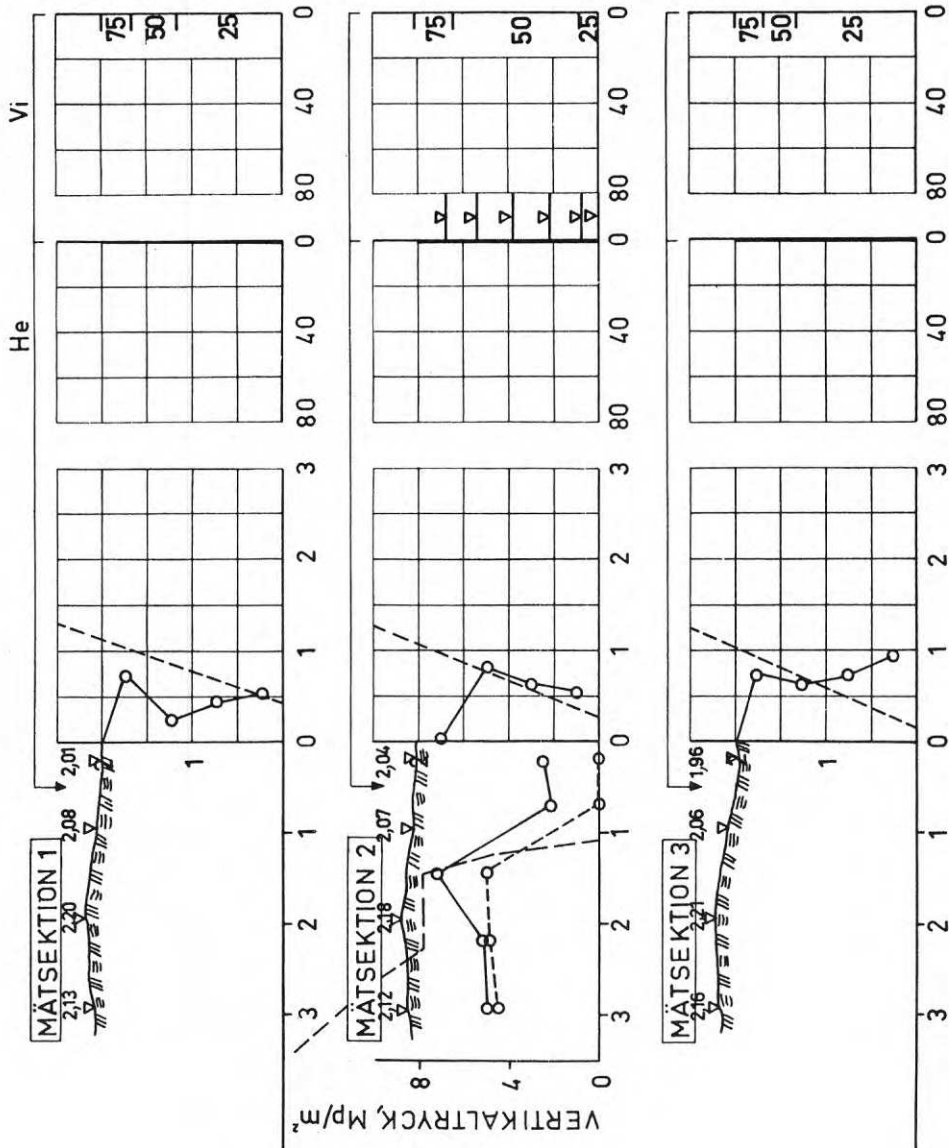
YTTRE LAST nej  ja

VATTNING nej  ja

PÅTVINGAD RÖRELSE

nej  ja

W %	X
18	
17	
18	
19	
23	
23	



POROSITET = % (MEDELV.)

RELATIV LAG-

RINGSTÄTHET = % —//—

PACKNINGS-

GRAD = % —//—

MÄTNING Nr 306 1/6-70

FRIKTIONSMATERIAL

MJÄLIG FINMO

PACKNINGSREDSKAP

nej  CM13  CM 20

MINERALULL nej  ja   $\frac{1}{3}$

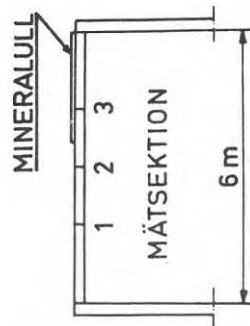
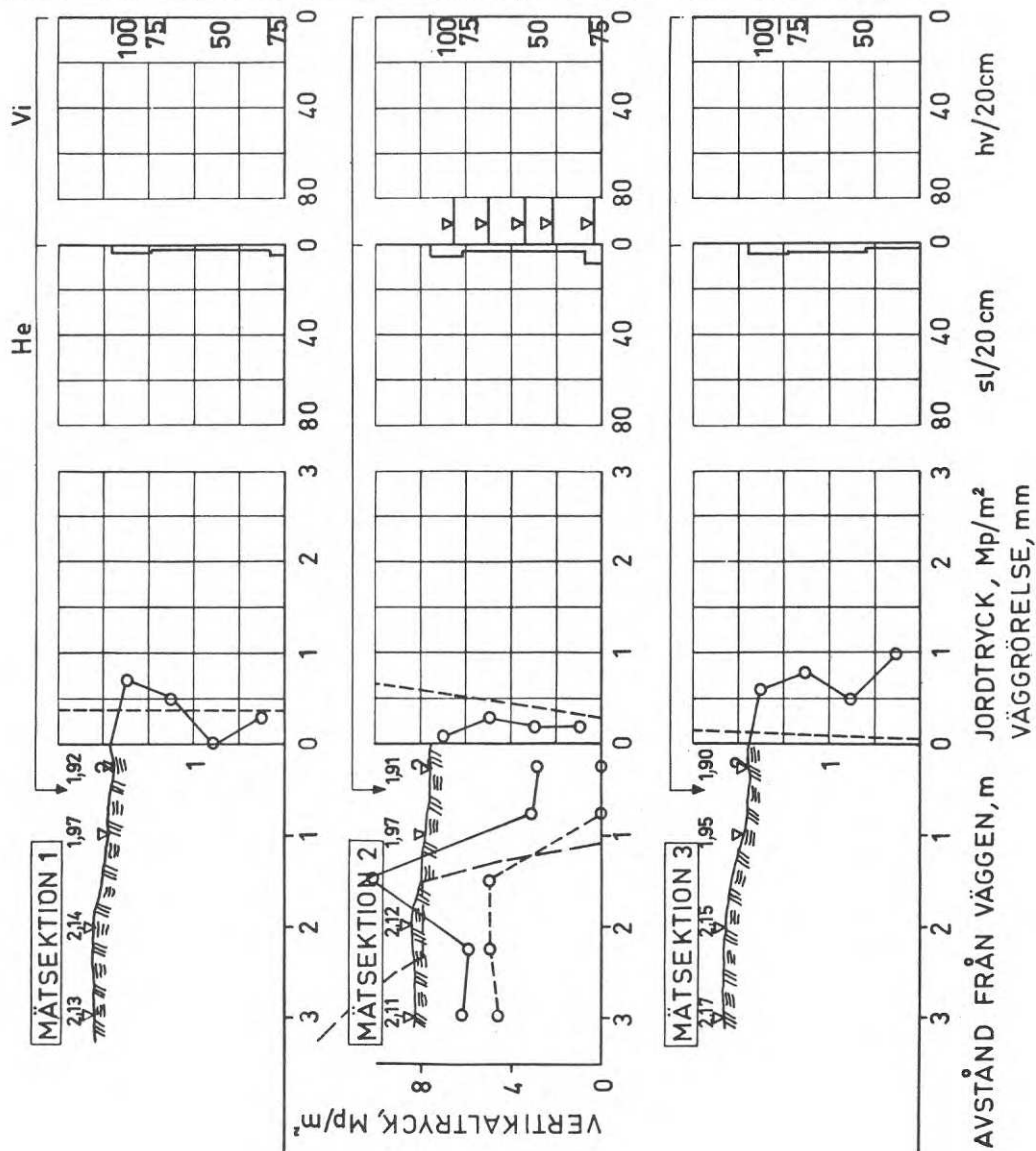
YTRE LAST nej  ja

VATTNING nej  ja

PÅTVINGAD RÖRELSE

nej  ja

W %	y
14	
16	
19	
21	
21	



POROSITET = % (MEDELV.)

RELATIV LAG-

RINGSTÄTHET = % ---

PACKNINGS-

GRAD = % ---

**R31:1972**

**Denna rapport avser anslag C 500 från Statens råd för byggnadsforskning till Statens geotekniska institut, Stockholm.**

**Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.**

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm**

**Grupp: konstruktion**

**Pris: 24 kronor**