

**Werkgroep voor Grondmechanische Kartering**

**Centrum voor Grondmechanische Kartering  
van de Universiteit Gent**

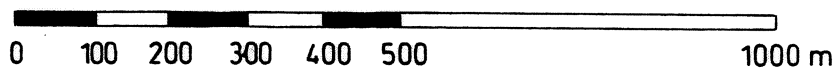
(Verantwoordelijke W. Van Impe)

**GRONDMECHANISCHE KAART  
15.2.1-4 KALLO**

door I. BOLLE  
onder leiding van E. De Beer, W. De Breuck en W. Van Impe.

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|   | 3 | 4 |   |   |
|   | 5 | 6 |   |   |
|   | 7 | 8 |   |   |
| 5 | 6 | 7 | 8 |   |

1 : 10.000



**Werkgroep voor Grondmechanische Kartering**

**Centrum voor Grondmechanische Kartering  
van de Universiteit Gent**

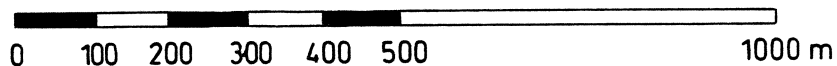
(Verantwoordelijke W. Van Impe)

# **GRONDMECHANISCHE KAART 15.2.1-4 KALLO**

door I. BOLLE  
onder leiding van E. De Beer, W. De Breuck en W. Van Impe.

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|   | 3 | 4 |   |   |
|   | 5 | 6 |   |   |
|   | 7 | 8 |   |   |
| 5 | 6 | 7 | 8 |   |

1 : 10.000





**VERKLARENDE TEKST BIJ DE GRONDMECHANISCHE KAART  
15.2.1-4 KALLO**

**TEXTE EXPLICATIF DE LA CARTE GEOTECHNIQUE  
15.2.1-4 KALLO (RESUME)**

Adressen:

**UNIVERSITEIT GENT**

- Vakgroep Civiele Techniek, Laboratorium voor Grondmechanica  
Grotesteenweg-Noord, 2 - 9052 Zwijnaarde
- Vakgroep Geologie en Bodemkunde, Laboratorium voor Toegepaste Geologie &  
Hydrogeologie, Krijgslaan 281 - 9000 Gent.

## INHOUD

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| - Dankbetuiging                                                      | IV  |
| - Ligging van de gekarteerde zone                                    | V   |
| - Waarschuwing                                                       | VI  |
| 1. Inleiding                                                         | 1   |
| 2. Geografische gegevens                                             | 3   |
| 2.1. Geografische ligging van de gekarteerde zone                    | 3   |
| 2.2. Topografie                                                      | 3   |
| 2.3. Verkeerswegen                                                   | 5   |
| 2.4. Algemene hydrografie                                            | 5   |
| 3. Algemene geologische opbouw                                       | 7   |
| 3.1. De paleozoïsche sokkel                                          | 7   |
| 3.2. De postpaleozoïsche deklagen                                    | 7   |
| 3.3. De kwartaire deklagen                                           | 9   |
| 4. Uitgevoerde studie                                                | 11  |
| 5. Dokumentatie (plaat I)                                            | 15  |
| 5.1. Boringen en sonderingen                                         | 15  |
| 5.2. Hoogtelijnen                                                    | 15  |
| 5.3. Basiskaart                                                      | 15  |
| 6. Gekarteerde eenheden                                              | 16  |
| 6.1. Aangevulde en vergraven gronden (plaat II)                      | 16  |
| 6.2. Alluvium (plaat III)                                            | 19  |
| 6.3. Kwartair zandcomplex (plaat IV, plaat X)                        | 31  |
| 6.4. Scaldisiaan b zandcomplex (plaat V, plaat XI)                   | 35  |
| 6.5. Scaldisiaan a zandcomplex en Antwerpiaan zandcomplex (plaat VI) | 45  |
| 6.6. Rupeliaan kleicomplex (plaat VII)                               | 62  |
| 7. Hydrogeologische gegevens (plaat VIII)                            | 76  |
| 7.1. Watervoerende lagen                                             | 76  |
| 7.2. Grondwaterkwaliteit                                             | 77  |
| 7.3. Voorstelling van hydrogeologische gegevens op de plaat VIII     | 78  |
| 8. Grondmechanische zonering (Plaat IX)                              | 79  |
| 8.1. Algemene voorstelling                                           | 79  |
| 8.2. Bespreking van de grondmechanische zones                        | 81  |
| 9. Geologische doorsneden                                            | 104 |

|                                                                                                           |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
|                                                                                                           | <b>III</b>     |
| <b>10. Toepassingsvoorbeeld</b>                                                                           | <b>107</b>     |
| 10.1. Ter inleiding                                                                                       | 107            |
| 10.2. Eerste mogelijkheid                                                                                 | 107            |
| 10.3. Tweede mogelijkheid                                                                                 | 116            |
| <br><b>Referenties</b>                                                                                    | <br><b>119</b> |
| <br><b>Bijlagen</b>                                                                                       |                |
| Bijlagen 1a en 1b: Fiches der lokale gegevens                                                             | 121            |
| Bijlage 2: Verklaring van de symbolen aangewend op de dokumentatiekaart                                   | 123            |
| Bijlage 3: Verklaring van de symbolen aangewend bij het aangeven van de<br>grondmechanische eigenschappen | 124            |
| Bijlage 4: Oude documenten geraadpleegd bij het opstellen van de plaat II                                 | 125            |
| <br><b>Résumé</b>                                                                                         | <br><b>126</b> |

## DANKBETUIGING

Verschillende personen en instellingen hebben door hun bereidwillige medewerking bijgedragen tot de verwezenlijking van de grondmechanische atlas 15.2.1-4 (fig. 1).

Wij danken hiervoor in het bijzonder:

- De Burgemeester en het Schepencollege van de stad Antwerpen,
- De Burgemeester en het Schepencollege van de gemeente Beveren,
- De Burgemeester en het Schepencollege van de gemeente Zwijndrecht,
- De heer H. D'HALUIN, Hoofdingenieur-afdelingshoofd bij de Technische Dienst van het Havenbedrijf van de stad Antwerpen,
- De heer P. LAGA, Geoloog bij de Belgische Geologische Dienst,
- De heer L. MEYVIS, Hoofdingenieur-directeur van de Antwerpse Zeehavendienst, Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen, Departement Leefmilieu en Infrastructuur,
- De Belgische Geologische Dienst,
- Het Nationaal Geografisch Instituut,
- De Nationale Maatschappij der Belgische Spoorwegen,

Verder danken we nog de heer R. VERSTRAETEN van de Afdeling Geotechniek van het Departement Leefmilieu en Infrastructuur voor het tekenen van de platen en figuren.

Tenslotte danken we nog al diegenen die door het overmaken van hun bemerkingen zullen bijdragen tot het verbeteren en het aanvullen van deze grondmechanische atlas.

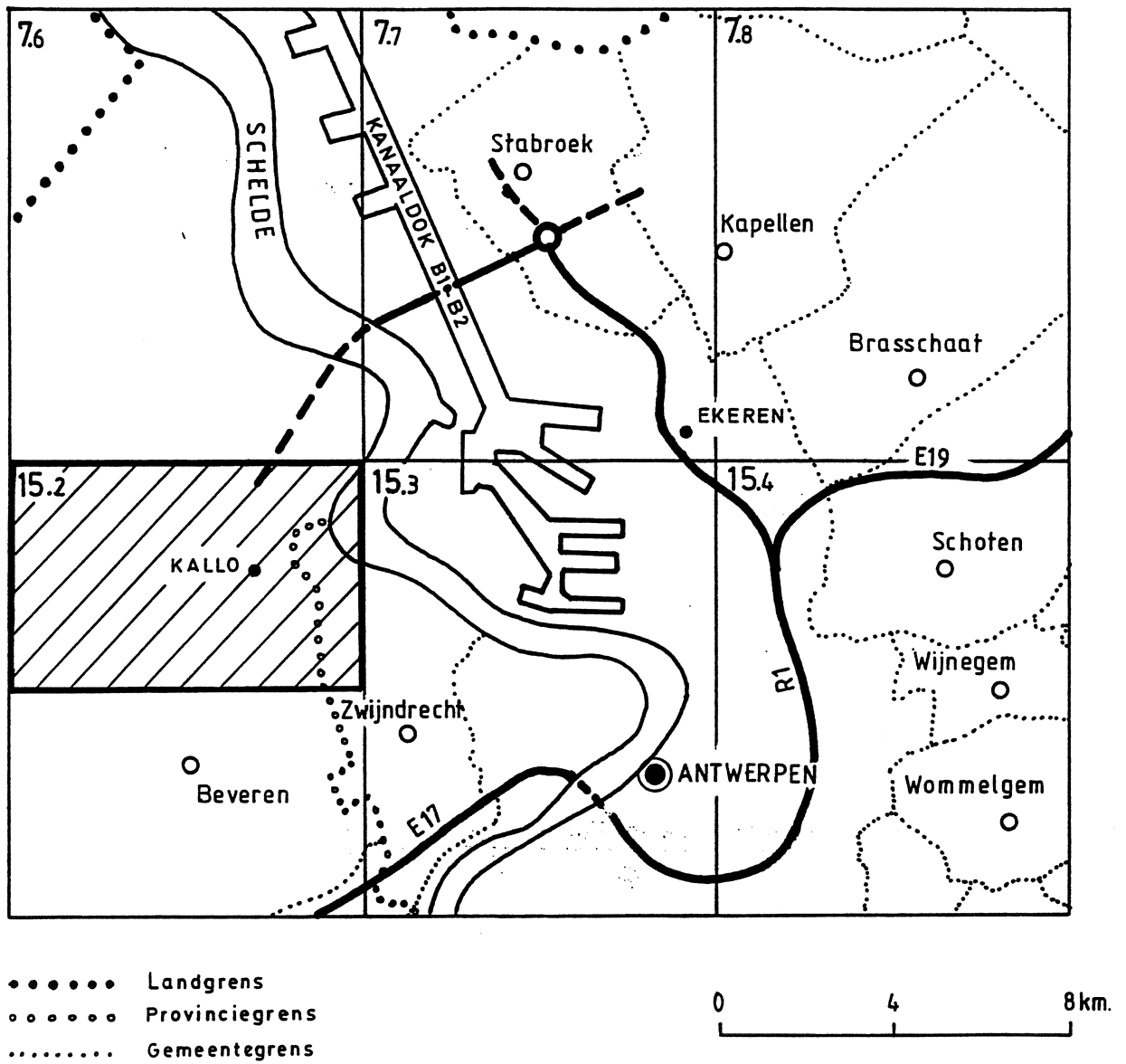


Fig. 1 Ligging van de gekarteerde zone

## WAARSCHUWING

De grondmechanische kaarten beantwoorden aan een behoefte naar een samenvattende weergave van die componenten van het geologisch milieu die een rol spelen bij het bodemgebruik en een invloed uitoefenen op het ontwerp, de bouw en het onderhoud van bouwwerken.

De voorgestelde documenten, kaarten en verklarende tekst verstrekken een algemeen beeld betreffende:

- De proeven die binnen de beschouwde zone werden uitgevoerd en aangewend zijn voor het opstellen van de grondmechanische atlas,
- De aard en de dikte van de grondlagen tot op een diepte van minimum 30 m,
- De ligging van het freatisch oppervlak,
- De zones waarbinnen dezelfde globale grondmechanische omstandigheden worden aangetroffen.

Aan de verstrekte informatie mag echter geen absolute nauwkeurigheid worden toegekend omwille van de interpolaties en extrapolaties die bij het opstellen ervan werden gemaakt.

De kaarten geven inlichtingen over de algemene geologische en grondmechanische gesteldheid van de ondergrond zoals ze afgeleid kan worden uit de tijdens de kartering beschikbare proefresultaten. Het zijn dus enkel richtinggevende documenten en de auteurs kunnen niet verantwoordelijk gesteld worden voor mogelijke toepassingen ervan.

**De gegevens afkomstig van grondmechanische kaarten kunnen de gebruiker in geen geval vrijstellen van het verrichten van aanvullende proeven in functie van welomschreven projecten.**

## **1. INLEIDING**

De grondmechanische kaart 15.2.1-4 is samengesteld uit 11 platen op schaal 1/10.000.

### **PLAAT I: Dokumentatie**

- Uitvoeringsplaats en type van de proeven waarvan de resultaten voor het opstellen van de grondmechanische kaart werden aangewend
- Topografische gegevens

### **PLAAT II: Dikte van de aangevulde en vergraven gronden**

- Lijnen van gelijke dikte van deze gronden (gelijkhoogteverschil: 2 m)
- Voormalige dijken en wielen

### **PLAAT III: Dikte van het alluvium**

- Lijnen van gelijke dikte van het alluvium (gelijkhoogteverschil: 2 m)
- Uitbreiding van het veen
- Lithologische opbouw van het alluvium ter plaatse van de boringen
- Voormalige dijken en wielen
- Opgevulde waterlopen en vijvers

### **PLAAT IV: Dikte van het kwartair zandcomplex**

- Lijnen van gelijke dikte van dit complex (gelijkhoogteverschil: 2 m)
- Voormalige wielen
- Opgevulde waterlopen en vijvers

### **PLAAT V: Dikte van het Scaldisiaan b zandcomplex**

- Lijnen van gelijke dikte van dit complex (gelijkhoogteverschil: 2 m)
- Voormalige wielen

### **PLAAT VI: Gezamenlijke dikte van het Scaldisiaan a zandcomplex en het Antwerpiaan zandcomplex**

- Lijnen van gelijke gezamenlijke dikte van deze complexen (gelijkhoogteverschil: 2 m)

### **PLAAT VII: Top van het Rupeliaan kleicomplex**

- Lijnen van gelijk peil van de top van dit kleicomplex (gelijkhoogteverschil: 2 m)

### **PLAAT VIII: Hydrogeologische gegevens**

- Oppervlaktewaterpeilen
- Stand van het grondwater

### **PLAAT IX: Zonering**

- Zones waarbinnen analoge grondmechanische omstandigheden worden aangetroffen
- Voormalige wielen

**PLAAT X: Basis van de kwartaire sequentie**

- Lijnen van gelijk peil van de basis van het Kwartair (gelijkhoogteverschil: 2 m)
- Voormalige wielen

**PLAAT XI: Basis van het Scaldisiaan b zandcomplex**

- Lijnen van gelijk peil van de basis van dit zandcomplex (gelijkhoogteverschil: 1 m)
- Voormalige wielen

Op de kaarten zijn ook de boringen en de sonderingen aangegeven die door de betrokken lagen zijn gegaan. Op de platen VII en X zijn de waarnemingspunten aangeduid die respectievelijk de top van het Rupeliaan kleicomplex en de basis van de kwartaire sequentie hebben bereikt.

Een verklarende tekst waarin geologische doorsneden zijn opgenomen maakt deel uit van de grondmechanische atlas.



## 2. GEOGRAFISCHE GEGEGEVENS

### 2.1. GEOGRAFISCHE LIGGING VAN DE GEKARTEERDE ZONE

De gekarteerde zone komt overeen met de bovenste helft van het kaartblad 15.2 BEVEREN van het Nationaal Geografisch Instituut (schaal 1/10.000, 2de uitgave, 1987).

Het gebied wordt begrensd door de Lambertcoördinaten:

X = 138.010 en 146.010

Y = 213.170 en 218.170

De gekarteerde oppervlakte bedraagt 40 km<sup>2</sup> (5 x 8 km). Het gekarteerde gebied behoort tot de gemeente Beveren (met deelgemeenten Verrebroek, Melsele, Kallo en Vrasene), de gemeente Zwijndrecht en tot de stad Antwerpen.

### 2.2. TOPOGRAFIE

De gekarteerde zone behoorde vroeger grotendeels tot de laaggelegen Scheldepolders van de linkeroever zoals de Oude Arenbergpolder (1688), de St.-Niklaaspolder (1653), de Kallopolder (1653), de Beverenpolder (1619), de Melselepolder (1674), de Ketenissepolder (1614), de Royalpolder (1674) en de Krankeloonpolder (1663). (Tussen haakjes is het jaartal aangegeven waarin de polder werd drooggelegd (GUNS, 1973 en BRAND, 1978)). De ligging van deze voormalige polders is aangegeven op fig. 2.

In het oostelijk gedeelte van het kaartblad, op de rechteroever, waren nog delen van de Nieuw Wijtvlietpolder en van de Austruweel- of Wilmarsdonkpolder gesitueerd die werden drooggelegd respectievelijk in 1774 en in 1650.

Het oorspronkelijk maaiveldpeil van deze voormalige polders lag tussen 0<sup>1</sup> en +3.

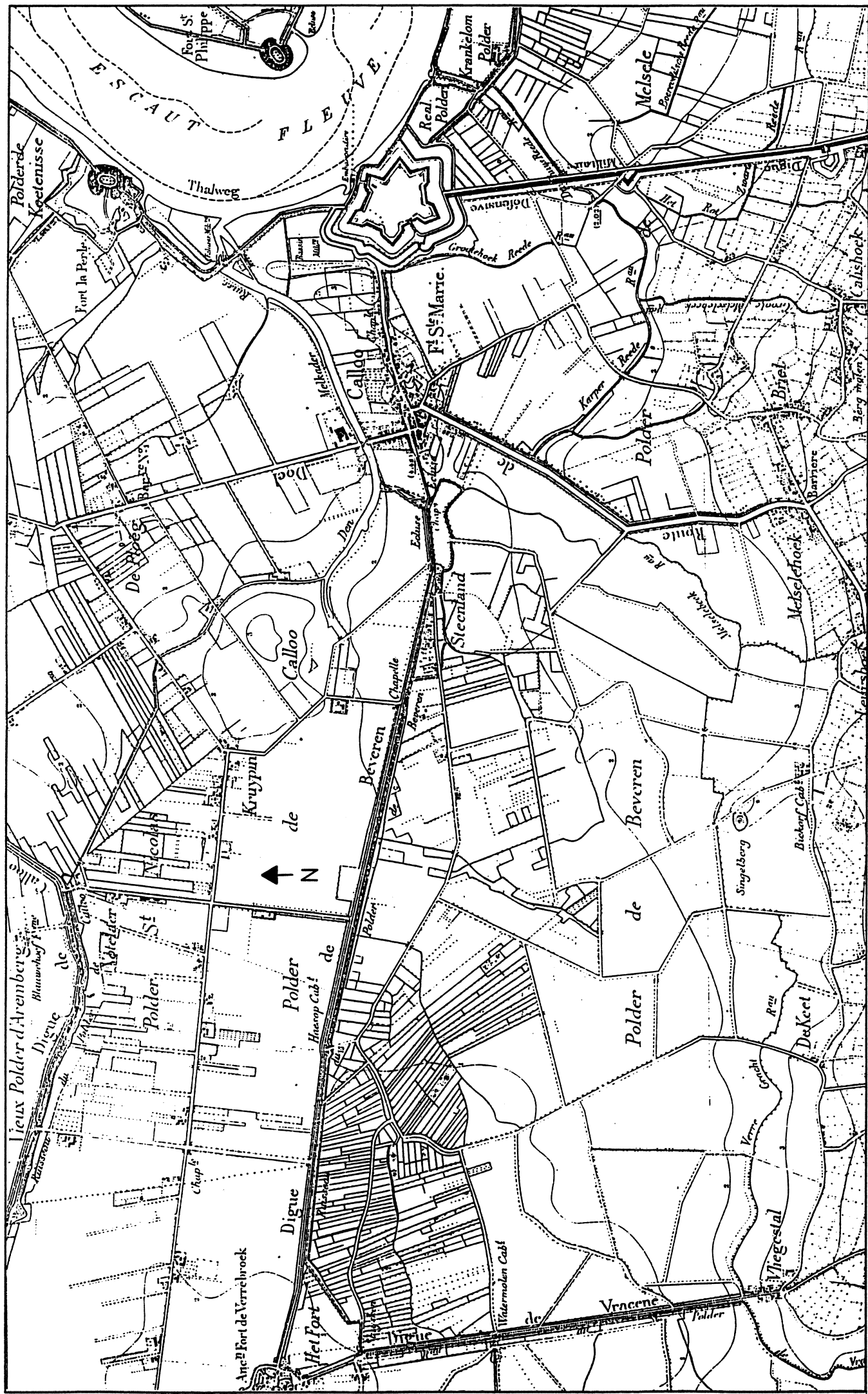
Ter plaatse van het dorp Kallo komt een zandige opduiking voor. Het peil varieert er van +3 tot +4.

Onderaan het kaartblad, waar geen polderafzettingen meer voorkomen is het maaiveldpeil gelegen tussen +3 en +6. Dit gebied behoort geografisch tot het Land van Waas. In het zuiden komt een kleine heuvel voor (de Singelberg) waar een burcht stond die voor het eerst vermeld wordt in 1158 (AUGUSTYN, s.d.).

Thans varieert het maaiveldpeil van de voormalige polders na opspuiting grotendeels tussen +2 en +8. Plaatselijk, zoals rond bepaalde verkeersinfrastructuur is het peil hoger (tot ca. +12).

---

<sup>1</sup> Alle hoogtepeilen in dit verslag zijn aangegeven in m ten opzichte van het referentievlak van de Tweede Algemene Waterpassing (TAW) van het Nationaal Geografisch Instituut.



**Fig. 2 Ligging van de voormalige polders, dijken, krek en geulen in de gekarteerde zone (Institut Cartographique Militaire, 1882)**

### **2.3. VERKEERSWEGEN**

In het kaartgebied 15.2.1-4 is de belangrijkste wegverkeersader de expresweg N49 Antwerpen-Zelzate. Verder is er de A2 die vanaf de expresweg via de Beverentunnel onder de Kallosluis naar de Liefkenshoektunnel loopt.

In het oosten van het kaartblad, op de rechteroever van de Schelde, loopt de Scheldelaan die het zuiden van de haven met het noorden ervan verbindt.

De Schelde, hier onderhevig aan de getijdewerking, komt voor in het oosten van het kaartblad. Verder komen verschillende havendokken voor (zie punt 2.4. hydrografie).

Als belangrijkste spoorweginfrastructuur zijn de goederenspoorwegen te vermelden die de industriezones rond de dokken met de spoorlijn Antwerpen-Kortrijk verbinden te Zwijndrecht.

### **2.4. ALGEMENE HYDROGRAFIE**

De gekarteerde zone behoort tot het Zeescheldebekken.

De Schelde is er onderhevig aan getijdebewegingen. Enkele tijwaarnemingen te Antwerpen (ter plaatse van Liefkenshoek en ter plaatse van Kallosluis) zijn weergegeven in tabel 1.

De hoogste waterstand geregistreerd te Antwerpen tussen 1901 en 1990 was + 7,85 (01.02.1953).

Het waterpeil in de dokken wordt gehandhaafd tussen de peilen + 3,96 en + 4,36 (waarden voor 1992).

Het bodempeil van het Waaslandkanaal, het Noordelijk insteeddok, het Zuidelijk insteeddok en het Vrasenedok bedraagt -14,50.

Tabel 1 - Getijdegegevens (periode 1981-1990) ter plaatse van Liefkenshoek en de Kallo-sluis

|                       | LIEFKENSHOEK | KALLO-SLUIS |
|-----------------------|--------------|-------------|
| Gemiddeld getij       |              |             |
| Hoogwater             | + 5,14       | + 5,19      |
| Laagwater             | + 0,10       | + 0,05      |
| Tijverschil in meter  | 5,04         | 5,14        |
| Gemiddeld springtij   |              |             |
| Hoogwater             | + 5,61       | + 5,68      |
| Laagwater             | - 0,12       | - 0,16      |
| Tijverschil in meter  | 5,73         | 5,84        |
| Gemiddeld doodtij     |              |             |
| Hoogwater             | + 4,55       | + 4,59      |
| Laagwater             | + 0,43       | + 0,39      |
| Tijverschil in meter  | 4,12         | 4,20        |
| Uiterste waterstanden |              |             |
| Hoogste hoogwater     | + 7,45       | + 7,50      |
| Laagste laagwater     | - 1,31       | - 1,35      |

In het kaartgebied kwamen in de loop van de geschiedenis een aantal kreken en geulen voor. De Melkader en de Karper Reede zijn daarvan nog de restanten. De vroegere ligging ervan is weergegeven op figuur 2.

### 3. ALGEMENE GEOLOGISCHE OPBOUW

De ondergrond van de gekarteerde zone kan geologisch van onder naar boven ingedeeld worden in een paleozoïsche sokkel, postpaleozoïsche deklagen en een kwartaire mantel.

De opbouw van de diepe ondergrond in het Antwerpse is gekend door een diepe boring verricht te Kallo. Deze werd in 1964-1965 uitgevoerd door de nv FORAKY vanaf + 2 en bereikte de paleozoïsche sokkel op een diepte van 592,25 m.

Ter verduidelijking van de algemene regionaal-geologische opbouw is een schematische NW-SE-doorsnede weergegeven in fig 3. Deze doorsnede loopt van Kallo naar Beerzel (Putte) waar eveneens een boring tot in de sokkel werd uitgevoerd.

#### 3.1. De Paleozoïsche sokkel (Primair)

De gesteenten die behoren tot de sokkel dateren van het Paleozoïcum<sup>2</sup> (Primair, 570 tot 230 miljoen jaren oud).

Het Paleozoïcum bestaat uit vaste gesteenten grotendeels door hoge druk en temperatuur ontstaan uit sedimentaire gesteenten. De gesteenten zijn gebroken en geplooid.

Vóór de afzetting van de deklagen werd het reliëf van de sokkel afgevlakt.

In het studiegebied bevindt de top van de sokkel zich tussen de peilen - 560 en - 665. De top helt in noordoostelijke tot noordelijke richting met ongeveer 1,5 %. Over de dikte van de sokkel zijn geen gegevens beschikbaar.

#### 3.2. De postpaleozoïsche deklagen (Mesozoïcum en Tertiair)

De deklagen behoren hier tot het Mesozoïcum (230 tot 65 miljoen jaren oud) en tot het grootste gedeelte van het Cenozoïcum, namelijk het Tertiair (65 tot ongeveer 2 miljoen jaren oud). Deze afzettingen werden niet in een gebergtevorming betrokken en hebben hun oorspronkelijke gelaagdheid nagenoeg bewaard.

Te Kallo is het Mesozoïcum onderaan opgebouwd uit mergelig krijt en bovenaan uit krijt en tufkrijt. De top van deze afzetting komt in het gekarteerde gebied voor tussen - 410 en - 475 en helt naar het noordoosten met ongeveer 1 %.

Te Kallo is het Tertiair opgebouwd uit een aantal zandige en kleiige lagen van ongelijke dikte. Deze lagen hellen veralgemeend monoclinaal in noordoostelijke richting. Hun respectievelijke dikte kan afgeleid worden van fig. 3.

Van onder naar boven treft men er de hierna besproken eenheden aan<sup>3</sup>:

Het Onder-Landeniaan omvat mergel met daarboven harde klei naar boven toe overgaand in silteuze zandsteen en fijn zand (marien Landeniaan). Het Boven-Landeniaan (lagunair Landeniaan), dat niet continu doorloopt, is een complex van zanden, kleien en ligniet. Dit lagunair Landeniaan werd niet aangeboord te Beerzel.

Het Ieperiaan is onderaan opgebouwd uit kleien en silteuze kleien, bovenaan uit zeer fijn glauconiethoudend zand met plaatselijk kleilenzen en zandsteenlaagjes.

Het Paniseliaan bestaat onderaan uit een kleilaag. Daarboven treft men een complex aan

---

<sup>2</sup> Zowel het gesteentepakket als het gedeelte van de geologische tijd, tijdens hetwelk het pakket werd afgezet dragen dezelfde naam.

<sup>3</sup> Om pragmatische redenen werden nog enkele nu verouderde termen gebruikt.

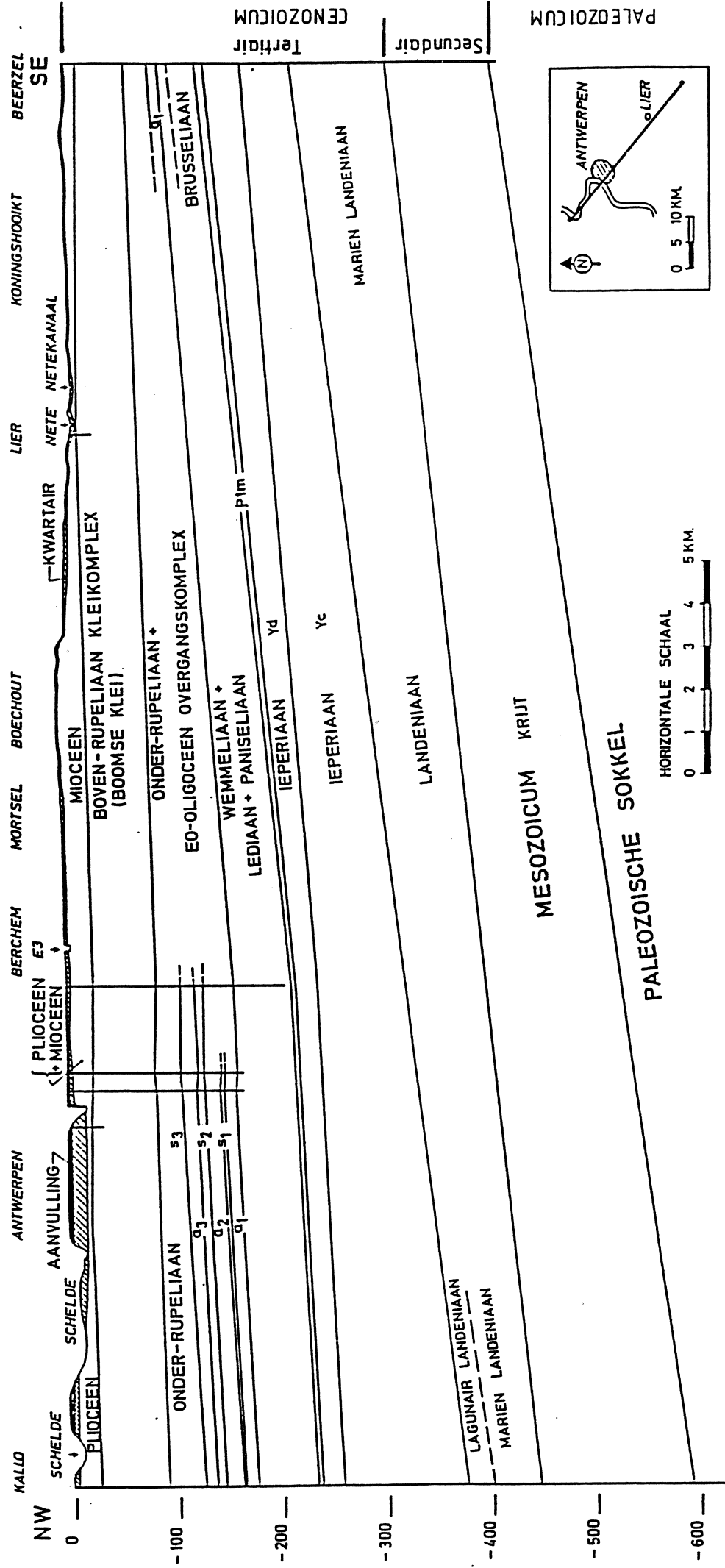


Fig. 3 Schematische NW-SE doorsnede Kallo-Beerzel

van zanden, kleihoudende zanden en zandhoudende kleien waarin talrijke zandsteenbanken voorkomen.

Het Brusseliaan, bestaande uit een fijn, soms verkiezeld, kalkrijk zand en zandsteen, werd niet aangeboord te Kallo. Vermoedelijk komt het ook niet voor in de gekarteerde zone. Te Beerzel werd het echter wel aangetroffen.

Het Lediaan omvat fijne kalkrijke zanden en kalkzandsteenbanken.

Het Wemmeliaan bestaat uit fijn zand dat kleihoudend kan zijn.

Tussen het Wemmeliaan en het Onder-Rupeliaan komt in het studiegebied een overgangscapex voor (eo-oligoceen overgangscapex). Het bestaat uit kleiige en zandige lagen. Het capex werd slechts gedeeltelijk aangeboord te Beerzel.

Het Onder-Rupeliaan bestaat uit zanden, het Boven-Rupeliaan uit een kleicapex (Boomse klei). De basis van de Boomse klei helt veralgemeend monoclinaal in noordoostelijke richting met ca. 0,4 %.

Op de Boomse klei rusten pliocene en miocene lagen. Deze lagen, evenals de Boomse klei, worden in de grondmechanische atlassen van de Antwerpse agglomeratie meer in detail besproken.

De pliocene en miocene lagen worden in het Antwerpse sinds de negentiende eeuw bestudeerd. Deze studies hebben aanleiding gegeven tot een groot aantal publicaties. In deze publicaties werden aan de pliocene en miocene lagen, in functie van de toenmalige kennis van de stratigrafische opbouw, verschillende namen toegekend. De gebruiker van de grondmechanische atlas vindt in tabel 2 een overzicht van de termen die in de loop van de jaren aan die lagen werden toegekend.

### 3.3. De kwartaire deklagen

De kwartaire deklagen (afgezet vanaf 2 miljoen jaar geleden tot heden) werden gevormd tijdens het Pleistoceen (glaciale en interglaciale periodes) en tijdens het Holoceen (periode na de laatste ijstijd).

In tegenstelling met de meeste gesteenten ouder dan het Kwartair kan hier niet gesproken worden van een veralgemeende helling in een bepaalde richting.

In het beschouwde gebied komen, behalve in het zuiden, holocene alluviale afzettingen voor.

De kwartaire gronden zijn zeer uiteenlopend van aard en worden verder behandeld in de grondmechanische atlas onder de benamingen:

- alluvium (bovenste, middenste en onderste eenheden)
- kwartair zandcapex.

| LEGENDE v.d.<br>GEOLOGISCHE<br>KAART<br>(1896) | ALGEMEEN<br>STRATIGRAFISCH<br>REGISTER v.d.<br>GEOLOGISCHE<br>KAART<br>(1932) |                     | STRATIGRAFISCHE INDELING<br>J.DE HEINZELIN (1955)<br>SYMPOSIUM NEOGEEN (1961) |                     | LITHOSTRATIGRA -<br>FISCHE INDELING<br>F.DE MEUTER -<br>P.LAGA (1976)                                                                                                                            | GRONDMECHANISCHE<br>ATLAS<br>15.2.1 - 4 |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                                | BOVEN<br>MIOCEEN                                                              | BOVEN<br>MIOCEEN    | MIDDELEN<br>MIOCEEN                                                           | BOVEN<br>MIOCEEN    |                                                                                                                                                                                                  |                                         |
| POEDER -<br>LIAAN                              | SCALDISIAAN                                                                   | MIDDELEN<br>MIOCEEN | MIDDELEN<br>MIOCEEN                                                           | MIDDELEN<br>MIOCEEN | <ul style="list-style-type: none"> <li>• FORMATIE v. LILLO<br/>ZANDEN van ZANDVLIET<br/>ZANDEN van MERKSEM<br/>ZANDEN van KRUSSCHANS</li> </ul>                                                  | SCALDISIAAN b<br>(MERKSEMIAAN)          |
|                                                |                                                                               |                     |                                                                               |                     |                                                                                                                                                                                                  |                                         |
| SCALDISIAAN                                    |                                                                               |                     |                                                                               |                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• FORMATIE van<br/>KATTENDIJK</li> </ul>                                                                                                                  | SCALDISIAAN a                           |
| DIESTIAAN                                      |                                                                               |                     |                                                                               |                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• FORMATIE van<br/>DIEST</li> <li>• FORMATIE van<br/>BERCHEM</li> <li>ZANDEN van ANTWERPEN</li> <li>ZANDEN van KIEL</li> <li>ZANDEN van EDEGEM</li> </ul> | ANTWERPIAAN                             |
| BOLDERIAAN                                     |                                                                               |                     |                                                                               |                     |                                                                                                                                                                                                  |                                         |

Tabel 2 Onderverdeling van het Mioceen en het Pliocene in het Antwerpse



#### 4. UITGEVOERDE STUDIE

Het opstellen van de grondmechanische kaart 15.2.1-4 geschiedde in drie fasen:

- Fase 1: verzamelen en verwerken van de beschikbare gegevens
- Fase 2: uitvoeren van aanvullende terreinproeven
- Fase 3: opstellen van de definitieve grondmechanische kaart en de verklarende nota.

De verzamelde resultaten van boringen, sonderingen en laboratoriumproeven werden manueel verwerkt op steekkaarten en op een dokumentatiekaart aangeduid. Voorbeelden van steekkaarten zijn weergegeven in bijlage 1.

Daar te Antwerpen meerdere referentieniveaus worden aangewend voor het vastleggen van de hoogtepeilen dienden vooreerst alle in de verschillende rapporten vermelde peilen te worden omgezet in peilen ten opzichte van het referentievlak TAW van het NGI. Het verband tussen de verschillende aangewende referentieniveaus is aangegeven in figuur 4.

Er werd gepoogd alle diepsonderingen geologisch te interpreteren. Indien een duidelijke lithologische grens aanwezig was tussen de verschillende eenheden bood dit geen moeilijkheden. In sommige gevallen bleek een stratigrafische interpretatie moeilijk.

Er werden eveneens een aantal historische kaarten geraadpleegd om de voormalige terreinconfiguratie, voormalige grachten en waterlopen te situeren en om de vroegere topografie te achterhalen.

Bij het opstellen van de definitieve grondmechanische atlas werd gepoogd zoveel mogelijk rekening te houden met de definitie van een grondmechanische kaart zoals voorgesteld door de I.A.E.G.<sup>4</sup>: "Een grondmechanische kaart is een kaart die een weergave is van alle componenten van het geologisch milieu, die een rol spelen bij het bodemgebruik en die een invloed uitoefenen op het ontwerp, de bouw en het onderhoud van de bouwwerken en van mijnen".

Deze kaarten dienen ons in te lichten over de gesteenten, de hydrogeologische kenmerken, bepaalde geomorfologische eigenschappen en de huidige geodynamische processen.

De classificatie van gesteenten op grondmechanische kaarten is gesteund op het principe dat hun huidige fysische of grondmechanische eigenschappen afhankelijk zijn van de genese van het gesteente, eventueel gevolgd door een diagenetische, metamorfe en tectonische evolutie evenals van oppervlakkige verweringsverschijnselen.

---

<sup>4</sup> International Association of Engineering Geology.

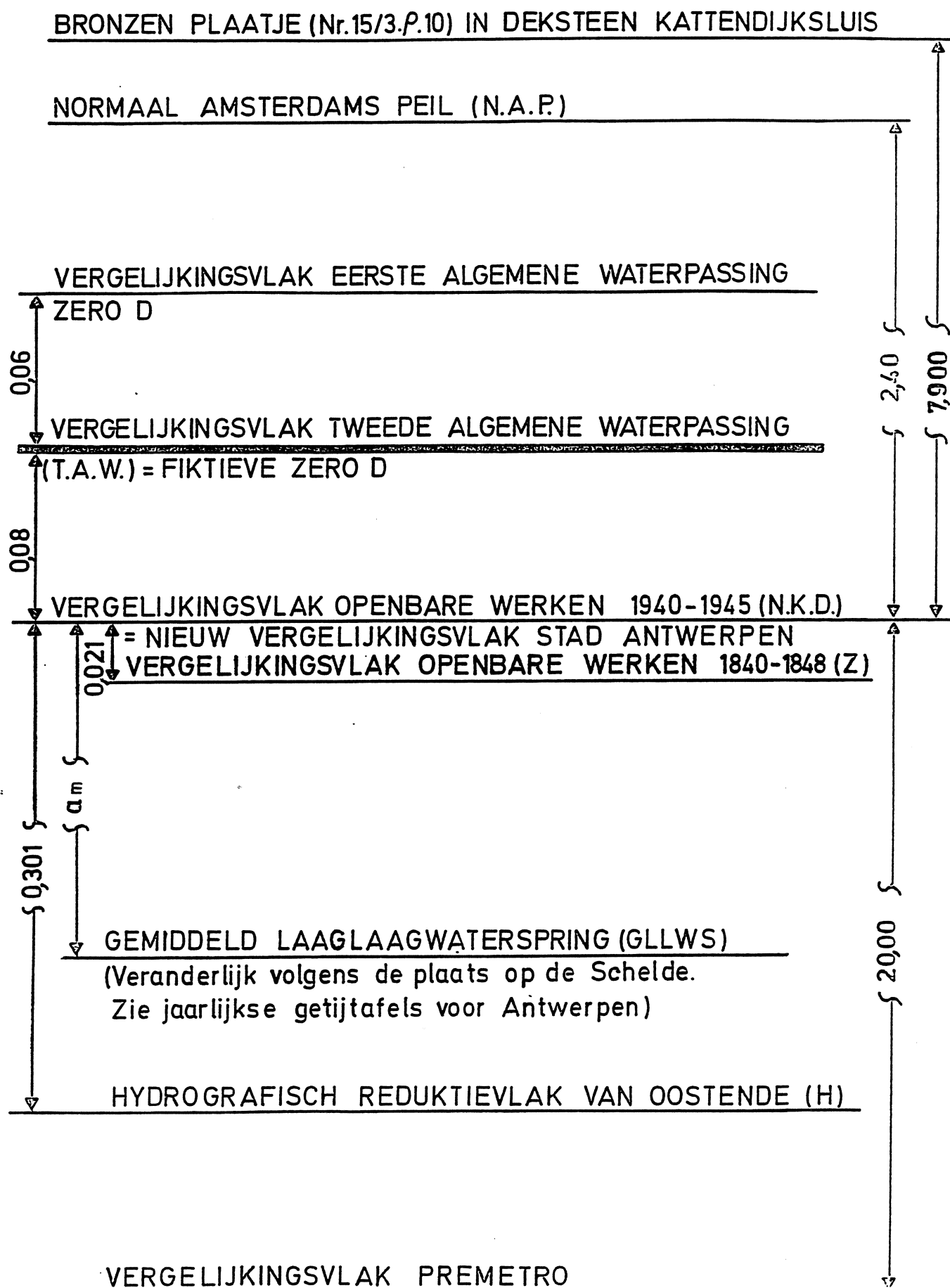


Fig. 4 Ligging van enkele vergelijkingsvlakken in gebruik te Antwerpen (verschillen uitgedrukt in m)

Steunend op de lithologie en de genese van het gesteente worden overeenkomstig de graad van homogeniteit van de fundamentele grondmechanische eigenschappen en alnaargelang de omstandigheden, de volgende eenheden gedefinieerd:

- grondmechanisch type
- lithologisch type
- lithologisch complex
- lithologische sequentie.

Het grondmechanisch type bezit een maximale graad van homogeniteit van de fundamentele grondmechanische eigenschappen. Zowel het lithologisch karakter als de fysische toestand dienen uniform te zijn. De fysische eigenschappen binnen het grondmechanische type kunnen aldus op grond van een statistische verwerking éénduidig worden vastgelegd.

Een lithologisch type is een eenheid met een homogene samenstelling, textuur en structuur maar niet hoofdzakelijk met uniforme fysische eigenschappen. Alhoewel de fysische eigenschappen dan niet meer door welbepaalde waarden kunnen worden vastgelegd, zal het nog mogelijk zijn de grenzen vast te leggen waarbinnen deze eigenschappen kunnen variëren.

Een lithologisch complex bestaat uit een aantal genetisch verwante lithologische types, die onder specifieke paleogeografische en tectonische omstandigheden zijn afgezet. De ruimtelijke ordening van deze types binnen het complex is specifiek en distinctief voor het complex. De lithologische samenstelling en de fysische eigenschappen hoeven niet uniform te zijn. Dit heeft voor gevolg dat het niet mogelijk is de fysische en mechanische eigenschappen voor het gehele complex vast te leggen. Het is hoogstens mogelijk naast de gegevens betreffende een aantal lithologische types binnenin het complex, het algemeen gedrag van het complex weer te geven.

De lithologische sequentie is samengesteld uit een aantal lithologische complexen die in gelijkaardige paleogeografische en tectonische omstandigheden werden afgezet. Doordat deze complexen binnen de sequentie bepaalde verwante lithologische karakteristieken hebben, vormen ze een geheel dat van de aangrenzende sequenties kan worden onderscheiden. De grondmechanische eigenschappen van de sequentie kunnen dan ook slechts door een aantal zeer algemene gegevens worden vastgelegd.

Binnen de beschouwde zone werden de lagen in een aantal lithologische complexen onderverdeeld en als dusdanig gekarteerd.

Bij de bespreking van deze gekarteerde eenheden zal evenwel soms een onderscheid worden gemaakt tussen de lithologische types die binnen het complex voorkomen. Alhoewel soms heel wat gegevens beschikbaar zijn betreffende de grondmechanische eigenschappen van bepaalde lithologische types, is het evenwel niet mogelijk de begrenzingsvlakken ervan met een voldoende nauwkeurigheid vast te leggen en te karteren.

De kartering van de verschillende eenheden bestaat erin deze ruimtelijk te begrenzen. Uit de boven- en ondergrens van een eenheid kan haar dikte bepaald worden. Haar maximale laterale uitbreiding komt overeen met het samenvallen van onder- en bovengrens.

De dikte van de gekarteerde lagen wordt voorgesteld door isopachen of lijnen van gelijke dikte. Indien de top van een eenheid wordt aangegeven gebeurt dat door middel van isohypsen of lijnen van gelijk peil. Daar zowel de isopachen als de isohypsen verkregen worden door interpolatie, behouden de voorgestelde gegevens een hypothetisch karakter. Vooral in de zone waar het aantal boringen of sonderingen klein is kunnen afwijkingen voorkomen. De gebruiker van de grondmechanische atlas wordt verondersteld rekening te houden met deze feiten.

## **5. DOKUMENTATIE (plaat I)**

### **5.1. Boringen en sonderingen**

De plaat I (dokumentatie) geeft de ligging en het type aan van boringen, sonderingen en andere terreinproeven waarvan de gegevens aangewend werden voor het opstellen van de grondmechanische atlas 15.2.1-4. De kaart geeft ook de huidige topografie aan.

Het type van de waarneming is aangegeven door een symbool. De betekenis van dit symbool staat vermeld in bijlage 2 evenals in de legende van plaat I.

Het nummer dat naast de symbolen is vermeld laat toe de overeenkomstige steekkaart te raadplegen. Deze steekkaarten kunnen geraadpleegd worden bij het Bestuur Geotechniek, Tramstraat 52 te 9052 Zwijnaarde op voorwaarde dat de opdrachtgever van de proeven (indien dit geen openbaar bestuur is) hiertoe zijn toestemming heeft gegeven.

In het totaal werden 904 gegevens (599 sonderingen en 305 boringen) in kaart gebracht. Het opzoeken van gegevens werd stopgezet op 1 augustus 1993. De aangewende gegevens zijn hoofdzakelijk afkomstig van:

- Het Bestuur Geotechniek van het Departement Leefmilieu en Infrastructuur,
- De Belgische Geologische Dienst,
- De private ondernemingen die een vestiging hebben in de gekarteerde zone.

### **5.2. Hoogtelijnen**

De meeste hoogtelijnen op plaat I werden getekend aan de hand van peilen van recent uitgevoerde terreinproeven en van de peilen aangegeven op de basiskaart van het Nationaal Geografisch Instituut, 2de uitgave, 1987.

De hoogtelijnen ter plaatse van de goederenspoorlijn in het zuidoosten van het kaartblad werden getekend aan de hand van NMBS-plannen.

De bodempeilen van de dokken en van de Schelde zijn eveneens op de plaat I aangegeven.

### **5.3. Basiskaart**

Als basiskaart werd de bovenste helft van de kaart 15/2 BEVEREN van het Nationaal Geografisch Instituut (2de uitgave, 1987, schaal 1/10.000) aangewend.

## 6. GEKARTEERDE EENHEDEN

### 6.1. Aangevulde en vergraven gronden (plaat II)

#### 6.1.1. Oorsprong

De aangevulde en vergraven gronden zijn van antropogene oorsprong en betrekkelijk recent. In het beschouwde gebied werden met het oog op het winnen van industrieterreinen grote hoeveelheden grond aangebracht op de oorspronkelijk laaggelegen polders. De meeste van deze ophogingen gebeurden vanaf de jaren zestig en zijn nu nog aan de gang.

Aangevulde gronden komen in het kaartgebied eveneens voor in twee kleine voormalige wielen in het noordwesten van het kaartblad. Wielen zijn kolkgraten ontstaan door dijkdoorbraken (zowel natuurlijke als militaire). De wielen zijn op natuurlijke wijze gedeeltelijk of volledig dichtgeslibd. Het bovenste deel van de wielen is naderhand ten behoeve van de havenuitbreiding door menselijke tussenkomst opgevuld.

In het gekarteerde gebied kwamen een groot aantal dijken voor (MIJS, 1973).

De oudste nog bewaarde dijk is wellicht de Beverse dijk die vanaf Kallo naar het gehucht Melseledijk loopt. Deze dijk vormde de scheiding tussen de Beverenpolder en de Melselepolder. Hij bestond reeds vóór 1570 (MIJS, 1973).

Restanten van de Beverendijk of Cruysdijk komen nog voor centraal in het kaartblad. Deze dijk liep van het fort van Verrebroek over het fort van Kallo naar het fort St.-Marie. Hij diende als bescherming voor de Beverenpolder tot 1653 toen de Kallo- en St.-Niklaaspolders ten noorden van de dijk werden drooggelegd.

In het uiterste noordwesten van het kaartblad is nog een restant van de Kallodijk aanwezig. Deze vormde de scheiding tussen de Kallose polder (drooggelegd in 1653) en de Oud Arenbergpolder die overstroomd bleef tot in 1688.

Andere dijken die op het kaartblad voorkwamen zijn de St.-Annadijk uit 1614 die de Kallopolder van de Ketenissepolder scheidde (noordoosten van het kaartblad); de Vrasenedijk in het zuidwesten van het kaartblad die de polder van Vrasene scheidde van de Beveren polder en de Melseledijk die de Melselepolder scheidde van de Royal- en Krankeloonpolder. De Militaire dijk (in het zuidoosten van het kaartblad) werd aangelegd in 1869 als onderdeel van de beschermingsgordel rond Antwerpen. Deze dijk loopt van het fort St.-Marie naar het fort van Zwijndrecht.

Op het stuk rechteroever van het kaartblad kwam een deel van de dijk tussen de Nieuw Wijtvlietpolder en de Wilmarsdonkpolder voor (HAVERMANS, 1956).

De meeste van deze dijken zijn nu verdwenen onder de opspuitingen of werden afgegraven. Momenteel blijven alleen nog restanten over van de Kallodijk, de Beverendijk, de

Vrasenedijk, de Beversedijk en de Militaire dijk.

Op de Beveren-, de St.-Anna- en de Militaire dijk bevonden zich een aantal forten en schansen (BRAND, 1981).

Van west naar oost vindt men op de Beverendijk (met jaar van aanleg): het fort van Verrebroek (enkele jaren na 1585), de schans Haesop (idem), de schans Steenland (idem), het fort van Kallo (1585) en het fort St.-Marie (1584). Dit laatste fort werd in 1865 volledig heraangelegd in het kader van de verdedigingsgordel rond Antwerpen.

Aan de monding van de Melkader bevond zich het fort De Perel (1585). Ten noorden van dit fort, op het einde van de St.-Annadijk, werd later een nieuw fort gebouwd (1870).

Op de Militaire dijk bevonden zich de schansen "Put van Fien" (1869) en "Halve Maan" (1869).

Op de rechteroever bevond zich het fort St.-Filip (1585). Dit fort maakte samen met het fort St.-Marie deel uit van de vlootbrug van de hertog van Parma bij het beleg van Antwerpen.

Met uitzondering van het fort St.-Marie, het fort van Kallo en het fort van Verrebroek is de exacte ligging van deze versterkingen nog moeilijk te achterhalen. Hun vermoedelijke ligging, aangegeven op plaat II, is gesteund op historische kaarten die niet altijd even nauwkeurig de werkelijkheid weergeven.

### 6.1.2. Samenstelling

In het geval van aanvullingen kan de samenstelling van de grond in het algemeen sterk wisselen en bestaan uit zanden, afbraakresten van gebouwen of vestingmuren, huishoudelijk afval enz. In het kaartgebied bestaan deze gronden hoofdzakelijk uit fijn zandig materiaal, dikwijls met talrijke slib- en kleihoudende lenzen. Het onderscheid tussen de aangevulde gronden en het onderliggend alluvium is hierdoor moeilijk of niet te maken.

Dijken kunnen ook als aangevulde gronden worden beschouwd. Afhankelijk van de periode en de plaats werden de dijklichamen met klei en/of met zand opgebouwd. Meestal bestonden de dijklichamen nabij zandige opduikingen en nabij het niet-alluviale landschap uit zand terwijl deze in de polder meestal uit klei werden opgebouwd.

In de wielen komen zowel slappe gronden als zand voor. De slappe sedimenten treft men meestal aan onderaan in het wiel. Deze slappe gronden zijn, gezien hun eigenschappen, samen met het alluvium gekarteerd (paragraaf 6.2).

De vergraven gronden zijn samengesteld uit geremanieerd onderliggend materiaal. Het onderscheid tussen aangevulde en vergraven gronden is niet altijd duidelijk.

### 6.1.3. Uitbreiding

De kartering van de aangevulde en vergraven gronden is gesteund op boor- en sondeerresultaten en op oude kaarten. Gezien de grillige uitbreiding van deze gronden is het echter niet uitgesloten dat de werkelijke dikte plaatselijk afwijkt van de op de plaat vermelde waarde.

Voor het situeren van de belangrijkste voormalige polderdijken en wielen werden oude topografische kaarten aangewend. Deze kaarten geven ook informatie over het oorspronkelijk polderpeil. De lijst van de aangewende kaarten is opgenomen in bijlage 4. De geraadpleegde kaarten dateren van na 1750; het is dus niet uitgesloten dat in het kaartgebied nog andere voormalige belangrijke grachten of wielen worden aangetroffen.

De dikte van de aangevulde en vergraven gronden bedraagt in het centrale deel van het kaartblad 4 tot 6 m, in het noorden is de dikte gelegen tussen 6 en 8 m. In de voormalige Melselepolder is de dikte van de aanvulling plaatselijk begrepen tussen 4 en 10 m.

Nabij de kaaimuren kan de dikte van de aangevulde gronden groter zijn dan aangegeven op de kaart.

### 6.1.4. Grondmechanische eigenschappen

De grondmechanische eigenschappen van de aangevulde en vergraven gronden zijn gekenmerkt door hun sterk wisselend karakter.

Op de plaatsen waar de aanvulling met zuiver zand werd uitgevoerd, kunnen vrij goede eigenschappen worden aangetroffen. Deze gronden vertonen dan konusweerstand die soms over aanzienlijke dikten groter zijn dan  $10 \text{ MN/m}^2$ . In de meeste gevallen zijn deze aanvullingen evenwel niet homogeen en worden de vrij weerstandbiedende lagen afgewisseld met weinig weerstandbiedende slib- of kleihoudende lagen. Ter plaatse van oude polderdijken en wielen kunnen eveneens afwijkende grondmechanische eigenschappen van de aangevulde gronden bestaan. Een detailkartering van analoge zones binnen de aangevulde en vergraven gronden is aan de hand van de beschikbare gegevens niet realiseerbaar.



## 6.2. Alluvium (plaat III)

### 6.2.1. Oorsprong

In het alluvium op het kaartblad 15.2.1-4 werden vier eenheden samen gekarteerd: een bovenste eenheid, een middenste eenheid, een onderste eenheid en tenslotte de slappe gronden die voorkomen in bepaalde wielen. Al deze gronden zijn van continentale oorsprong en van kwartaire ouderdom (grotendeels of volledig Holoceen).

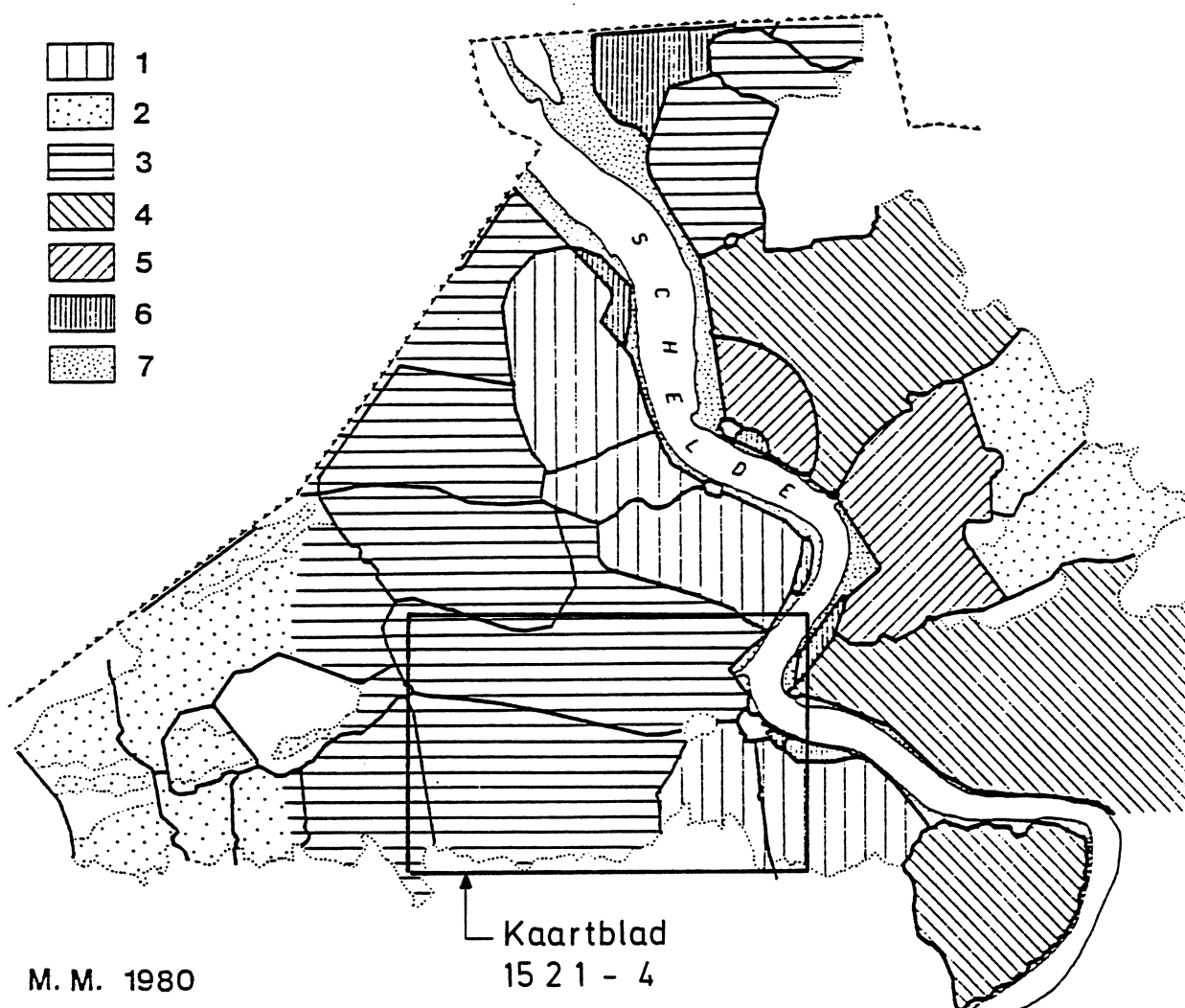
Het alluvium treft men hoofdzakelijk aan in de Scheldepolders. In MIJS, 1981 wordt een morfogenetische onderverdeling van de Scheldepolders voorgesteld (fig. 5). In het gekarteerde gebied kunnen morfogenetisch vier soorten polders worden onderscheiden:

- inbraakpolders (Austruweel- of Wilmarsdonkpolder op de rechteroever). De oppervlaktestructuur van deze polders wordt bepaald door een laag sedimenten afgezet op het estuariene landschap onder invloed van een stormvloed of van een militaire inundatie.
- buitenpolders (Nieuw Wijnvlietpolder). Dit zijn eerder kleine polders die als rijpe schorre zijn drooggelegd. Ze dragen rijke kleigronden en de eventueel aanwezige krekens zijn nagenoeg volledig verland en bij de incultuurname ook verder opgevuld.
- primaire polders (Melselempolder, Ketenissepolder). Deze polders zijn gekenmerkt door een rijp schorre-oppervlak dat zich uit in kleiige oppervlakesedimenten, nagenoeg volledig verzande krekens, en waar een veensubstraat voorkomt kunnen ook kreekruggen gevormd zijn.
- ververste polders (Vrasenepolder, Beverenpolder, Kallo- en St.-Niklaaspolder en Oud Arenbergpolder). Deze polders ontstonden door de Farnèse-overstroming in 1584 door het doorsteken van de voornaamste dijken bij het beleg van Antwerpen. Door deze overstroming ontstond een volwaardig estuarien landschap. Deze polders werden opgebouwd bovenop het oude polderland. Hier ontwikkelde zich een nieuw slikke- en schorrelandschap waarin de krekens verzandden. Deze polders omvatten een deel van de schorre en de slikke. De oppervlakesedimenten bestaan deels uit kleiige, deels uit zandige sedimenten. Naarmate de polder langer onder water stond werd hij hoger (gemiddelde ophoging 1 cm per jaar).

### 6.2.2. Lithologie

De bovenste eenheid bestaat vooral uit klei en leem, plaatselijk veenhoudend of zandhoudend of met zandige tussenlagen. Waar het alluvium dun is (minder dan ca. 1 m) wordt deze eenheid zandiger.

De middenste eenheid bestaat uit veen en plaatselijk uit sterk veenhoudende klei.



- 1 = Primaire polder
- 2 = Transgressiepolder
- 3 = Ververste polder
- 4 = Inbraakpolder
- 5 = Doorbraakpolder
- 6 = Buitenpolder
- 7 = Uiterwaarden

Fig. 5 Morfogenetische onderverdeling van de Scheldepolders (MYS, 1981)

De onderste eenheid is vooral samengesteld uit klei of leem die veenhoudend of zandhoudend kan zijn. Plaatselijk komen tussenlagen van veen of veenhoudend zand voor.

De slappe gronden die voorkomen in bepaalde wielen bestaan vermoedelijk uit een afwisseling van lagen klei, leem en slib die veenhoudend of sterk veenhoudend kunnen zijn.

### 6.2.3. Uitbreiding

Zoals aangegeven op plaat III komt het alluvium voor in het grootste gedeelte van het gekarteerde gebied met uitzondering van het zuidelijk gedeelte. Ter plaatse van de aangevulde waterlopen is het alluvium geheel of gedeeltelijk verdwenen.

De lithologische opbouw van het alluvium is aangegeven ter plaatse van de boringen; één of meerdere van de hogervermelde eenheden kunnen ontbreken.

De gezamenlijke dikte van de bovengenoemde eenheden is voorgesteld op plaat III. Deze dikte varieert van 0 tot 12 m.

De bovenste eenheid (klei en leem, plaatselijk veen- of zandhoudend) komt in het grootste gedeelte van het kaartgebied voor.

De middenste eenheid (veen, plaatselijk sterk veenhoudende klei) komt eveneens over het grootste gedeelte van het kaartblad voor.

De onderste eenheid (klei en leem, plaatselijk veen- of zandhoudend, plaatselijk tussenlagen veen of veenhoudend zand) komt slechts in kleine zones voor verspreid over het gekarteerde gebied.

De slappe gronden in de wielen hebben een sterk wisselende dikte.

## 6.2.4. Grondmechanische eigenschappen

### 6.2.4.1. Grondmechanische eigenschappen van de bovenste eenheid van het alluvium (klei en leem, plaatselijk veen- of zandhoudend)

Van deze eenheid waren de resultaten beschikbaar van laboratoriumproeven uitgevoerd op 61 monsters afkomstig van boringen uitgevoerd in de Kalloppolder, de Beverenpolder en de Melselepolder (tabel 3).

Tabel 3 - Grondmechanische eigenschappen van de bovenste eenheid van het alluvium (klei en leem, plaatselijk veen- of zandhoudend)

| <sup>(5)</sup><br><sup>(6)</sup> | $\gamma_n$<br>(48)<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma_d$<br>(48)<br>kN/m <sup>3</sup> | w<br>(48)<br>% | n<br>(48)<br>% | w <sub>L</sub><br>(49)<br>% | i <sub>p</sub><br>(49) |
|----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------------|------------------------|
| Min.                             | 12,06                                   | 5,12                                    | 21,14          | 43,52          | 23,05                       | 2,10                   |
| Max.                             | 18,92                                   | 15,33                                   | 137,12         | 80,23          | 133,93                      | 76,91                  |
| Gemid.                           | 15,73                                   | 10,25                                   | 60,62          | 59,92          | 69,26                       | 38,62                  |

| <sup>(5)</sup><br><sup>(6)</sup> | A<br>(16) | C<br>(31) | k <sub>v</sub><br>(22)<br>m/s |
|----------------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|
| Min.                             | 48        | 9         | 2,48.10 <sup>-10</sup>        |
| Max.                             | 480       | 34        | 6,23.10 <sup>-7</sup>         |
| Gemid.                           | 137       | 14,5      | -                             |

- Korrelverdeling: fig. 6
- Classificatie volgens Casagrande: fig. 7
- Humusgehalte: van 0,2 tot 28,6 % (gem. 6,7 %, 38 monsters)
- Kalkgehalte: van 2,4 tot 31,45 % (gem. 13,5 %, 29 monsters)
- 25 celproeven (kaartblad 15.3.1):
  - c'<sub>cel</sub>: van 0 tot 12,26 kN/m<sup>2</sup>
  - φ'<sub>cel</sub>: van 20 tot 43,5°
  - c<sub>cel</sub>: van 0 tot 45,11 kN/m<sup>2</sup>
  - φ<sub>cel</sub>: van 5 tot 25,1°
- 2 triaxiaalproeven, geconsolideerd, niet-gedraineerd met opmeting van de poriënwaterdrukken (CU) (kaartblad 15.3.1):
  - c: 17 kN/m<sup>2</sup>
  - φ: van 24,2 tot 27°

<sup>5</sup> De symbolen worden verklaard in bijlage 3.

<sup>6</sup> Aantal monsters.

# KORRELVERDELINGSDIAGRAM

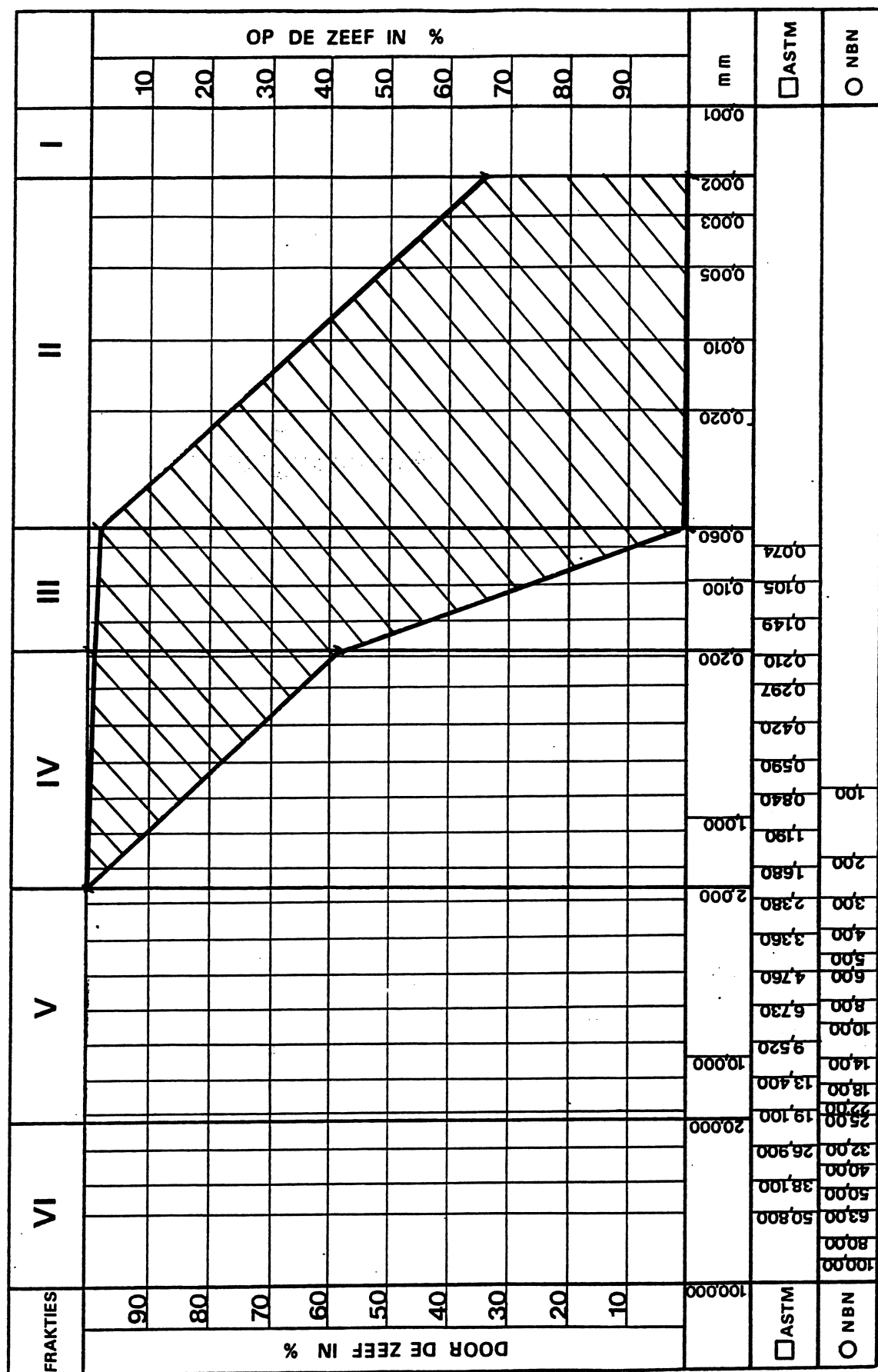


Fig. 6 Alluvium (bovenste eenheid): korrelverdeling (56 monsters)

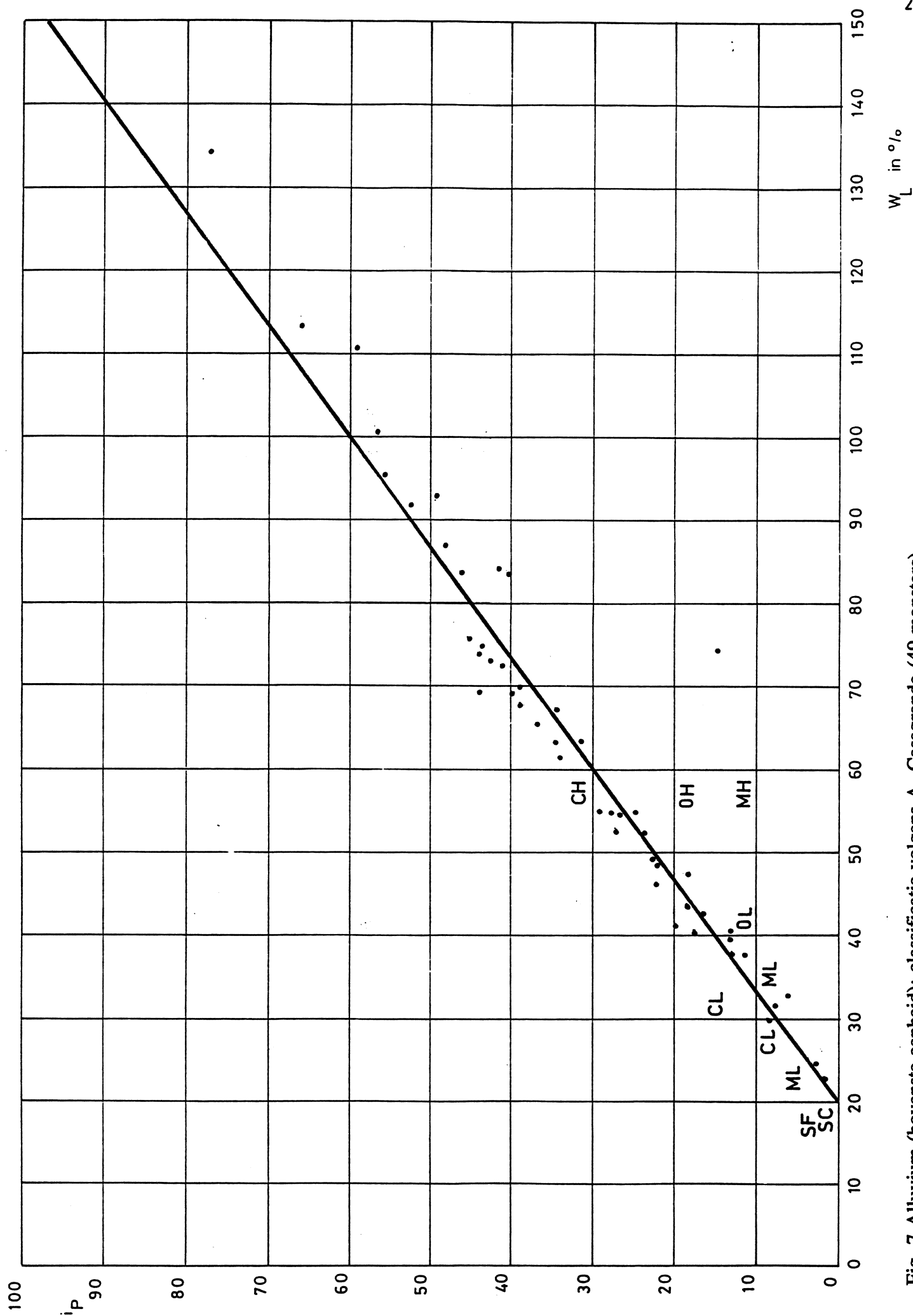


Fig. 7 Alluvium (bovenste eenheid): classificatie volgens A. Casagrande (49 monsters)

#### 6.2.4.2. Grondmechanische eigenschappen van de middenste eenheid van het alluvium (veen, sterk veenhoudende klei)

Resultaten van laboratoriumproeven op 18 monsters waren beschikbaar. De monsters zijn afkomstig van boringen uitgevoerd in de voormalige Kalloppolder, Beverenpolder en Melselepolder.

Tabel 4 - Grondmechanische eigenschappen van de middenste eenheid van het alluvium (veen, sterk veenhoudende klei)

| ( <sup>7</sup> )<br>( <sup>8</sup> ) | $\gamma_n$<br>(11)<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma_d$<br>(11)<br>kN/m <sup>3</sup> | w<br>(11)<br>% | n<br>(11)<br>% | w <sub>L</sub><br>(5)<br>% | i <sub>p</sub><br>(5) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------------|----------------------------|-----------------------|
| Min.                                 | 8,23                                    | 1,98                                    | 86,12          | 63,25          | 62,02                      | 32,11                 |
| Max.                                 | 12,86                                   | 6,52                                    | 456,23         | 79,21          | 86,59                      | 55,84                 |
| Gemid.                               | 10,56                                   | 2,96                                    | 312,45         | 70,93          | 74,26                      | 42,26                 |

| ( <sup>7</sup> )<br>( <sup>8</sup> ) | A<br>(8) | C<br>(9) | k <sub>v</sub><br>(11)<br>m/s |
|--------------------------------------|----------|----------|-------------------------------|
| Min.                                 | 18       | 5        | 2,1.10 <sup>-10</sup>         |
| Max.                                 | 96       | 18       | 2,03.10 <sup>-6</sup>         |
| Gemid.                               | 62,1     | 8,2      | -                             |

- Korrelverdeling: fig. 8
- Classificatie volgens Casagrande: fig. 9
- Humusgehalte: van 19,5 tot 92,5 % (gem. 63,2 %, 15 monsters)
- Kalkgehalte: van 0,1 tot 14,8 % (gem. 5,9 %, 13 monsters)
- 19 celproeven (kaartblad 15.3.1):
  - c'<sub>cel</sub>: van 0 tot 17,16 kN/m<sup>2</sup>
  - φ'<sub>cel</sub>: van 18 tot 45°
  - c<sub>cel</sub>: van 0,98 tot 29,42 kN/m<sup>2</sup>
  - φ<sub>cel</sub>: van 7 tot 38,4°

<sup>7</sup> De symbolen worden verklaard in bijlage 3.

<sup>8</sup> Aantal monsters.

# KORRELVERDELINGSDIAGRAM

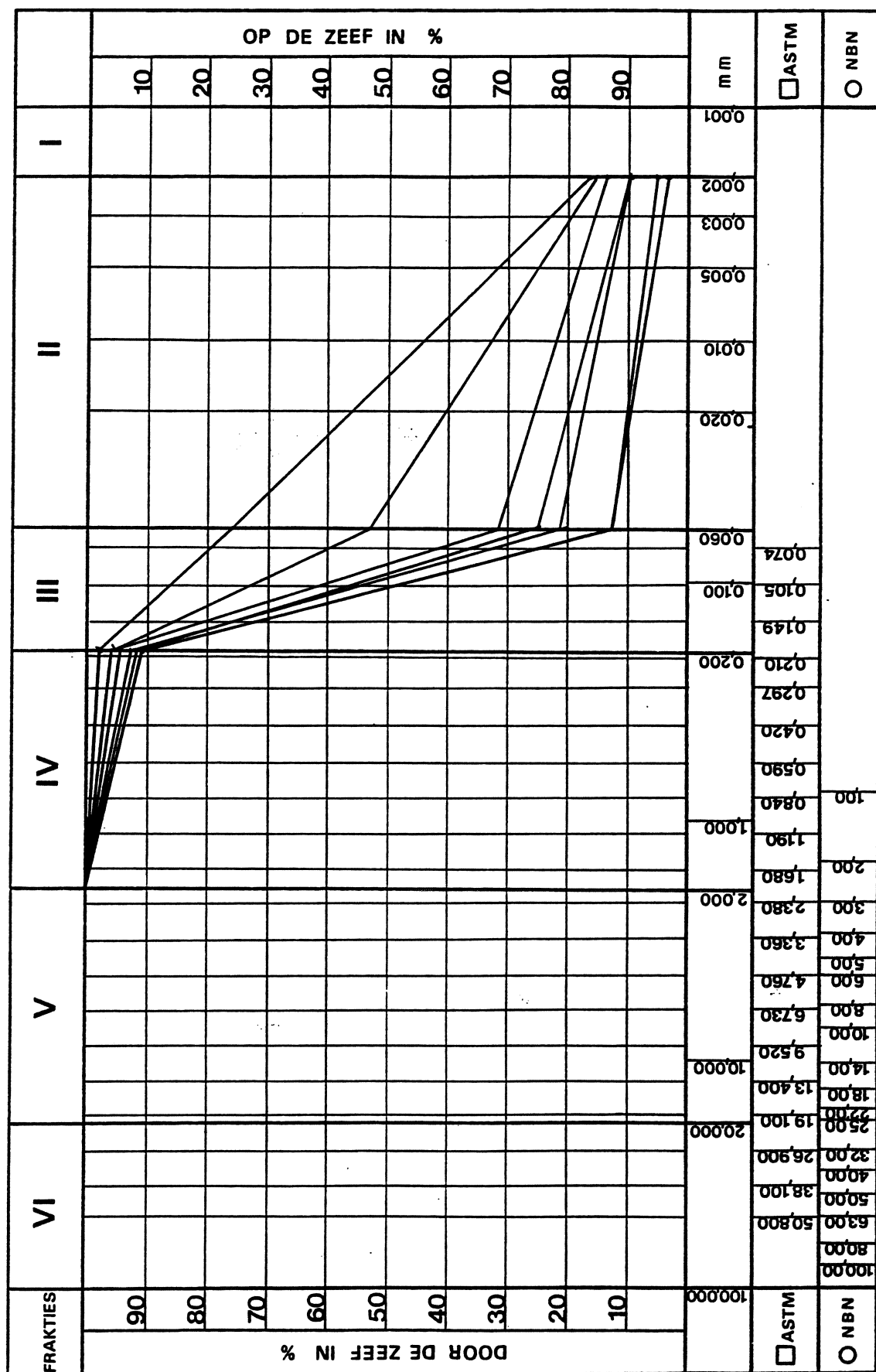


Fig. 8 Alluvium (middenste eenheid): korrelverdeling (7 monsters)



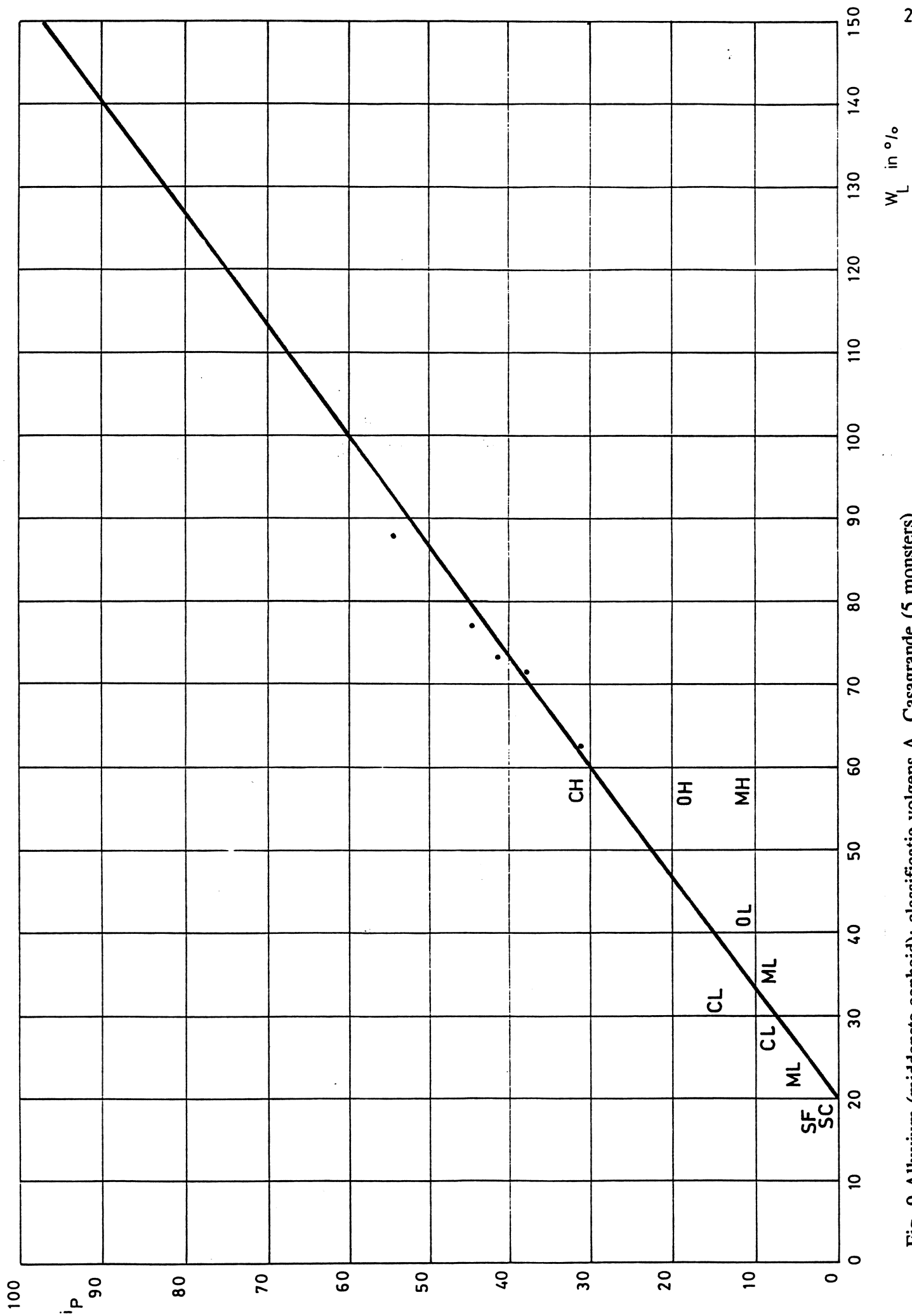


Fig. 9 Alluvium (middenste eenheid): classificatie volgens A. Casagrande (5 monsters)

### 6.2.4.3. Grondmechanische eigenschappen van de onderste eenheid van het alluvium (klei, leem, plaatselijk veenhoudend of zandhoudend)

Zestien analyses op monsters uit de onderste eenheid werden verwerkt. De monsters werden ontnomen uit 9 boringen uitgevoerd in de vroegere Kalloppolder.

Tabel 5 - Grondmechanische eigenschappen van de onderste eenheid van het alluvium (klei en leem, plaatselijk veen- of zandhoudend)

| <sup>(9)</sup><br>( <sup>10</sup> ) | $\gamma_n$<br>(7)<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma_d$<br>(7)<br>kN/m <sup>3</sup> | w<br>(7)<br>% | n<br>(7)<br>% | w <sub>L</sub><br>(9)<br>% | i <sub>p</sub><br>(9) |
|-------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------------------|
| Min.                                | 11,25                                  | 3,56                                   | 29,23         | 49,45         | 70,98                      | 36,59                 |
| Max.                                | 18,06                                  | 16,58                                  | 247,09        | 87,29         | 147,56                     | 80,62                 |
| Gemid.                              | 14,69                                  | 9,13                                   | 137,26        | 67,52         | 95,26                      | 51,45                 |

| <sup>(9)</sup><br>( <sup>10</sup> ) | A<br>(4) | C<br>(5) | k <sub>v</sub><br>(8)<br>m/s |
|-------------------------------------|----------|----------|------------------------------|
| Min.                                | 48       | 12       | 4,2.10 <sup>-10</sup>        |
| Max.                                | 395      | 62       | 3,8.10 <sup>-9</sup>         |
| Gemid.                              | 285,14   | 51       | -                            |

- Korrelverdeling: fig. 10
- Classificatie volgens Casagrande: fig. 11
- Humusgehalte: van 3,5 tot 21,2 % (gem. 16,26 %, 7 monsters)
- Kalkgehalte: van 2,9 tot 15,6 % (gem. 8,52 %, 8 monsters)
- 5 celproeven (kaartblad 15.3.1):
  - c'<sub>cel</sub>: van 0 tot 6,87 kN/m<sup>2</sup>
  - φ'<sub>cel</sub>: van 24 tot 36°
  - c<sub>cel</sub>: van 5,88 tot 17,16 kN/m<sup>2</sup>
  - φ<sub>cel</sub>: van 7 tot 21°

### 6.2.4.4. Grondmechanische eigenschappen van de slappe gronden in de wielen

Gezien het zeer heterogeen karakter van deze gronden wordt geen overzichtstabel gegeven. Algemeen kan gesteld worden dat deze gronden slechte grondmechanische eigenschappen bezitten.

<sup>9</sup> De symbolen worden verklaard in bijlage 3.

<sup>10</sup> Aantal monsters.

# KORRELVERDELINGSDIAGRAM

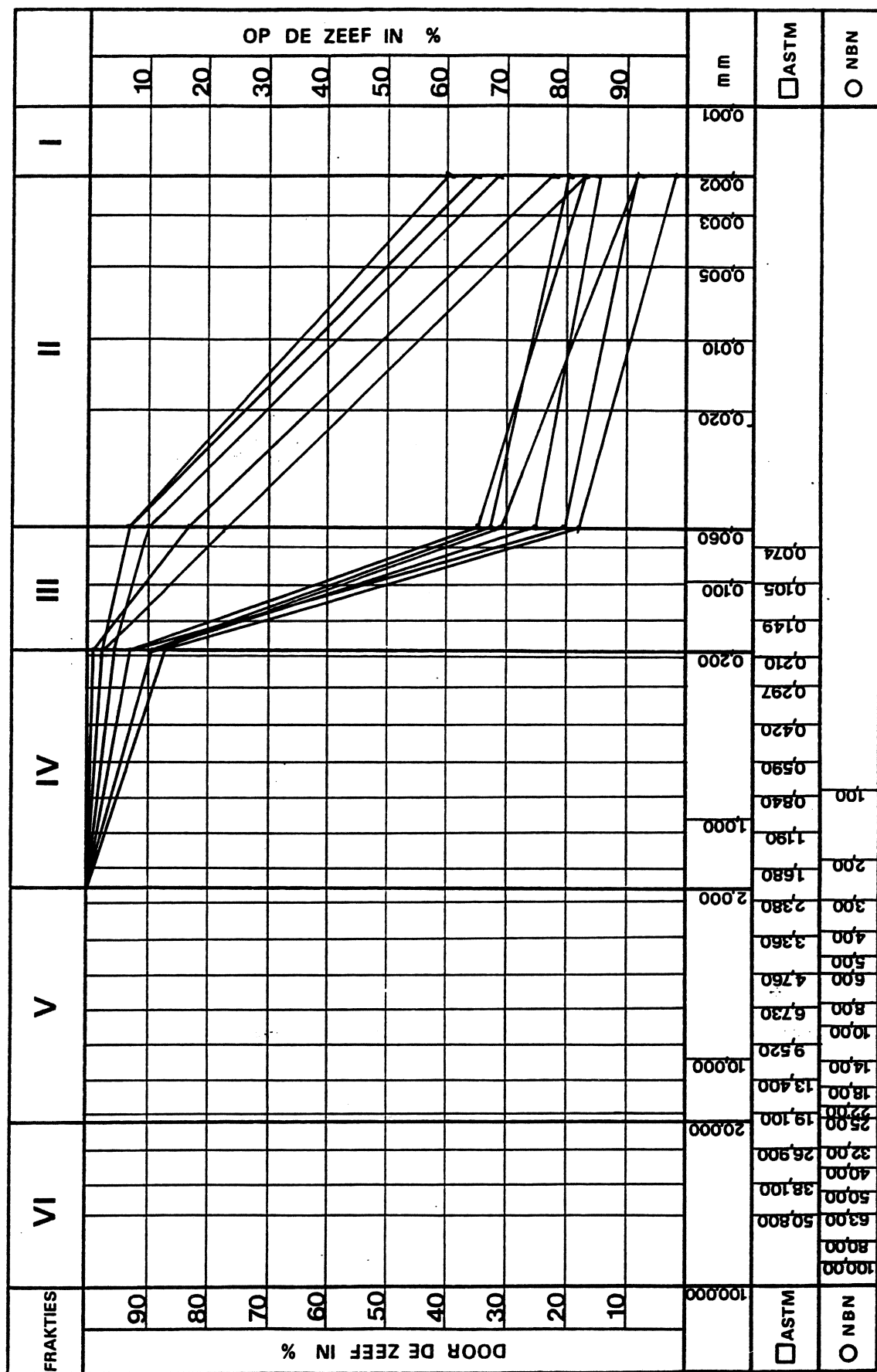


Fig. 10 Alluvium (onderste eenheid): korrelverdeling (11 monsters)

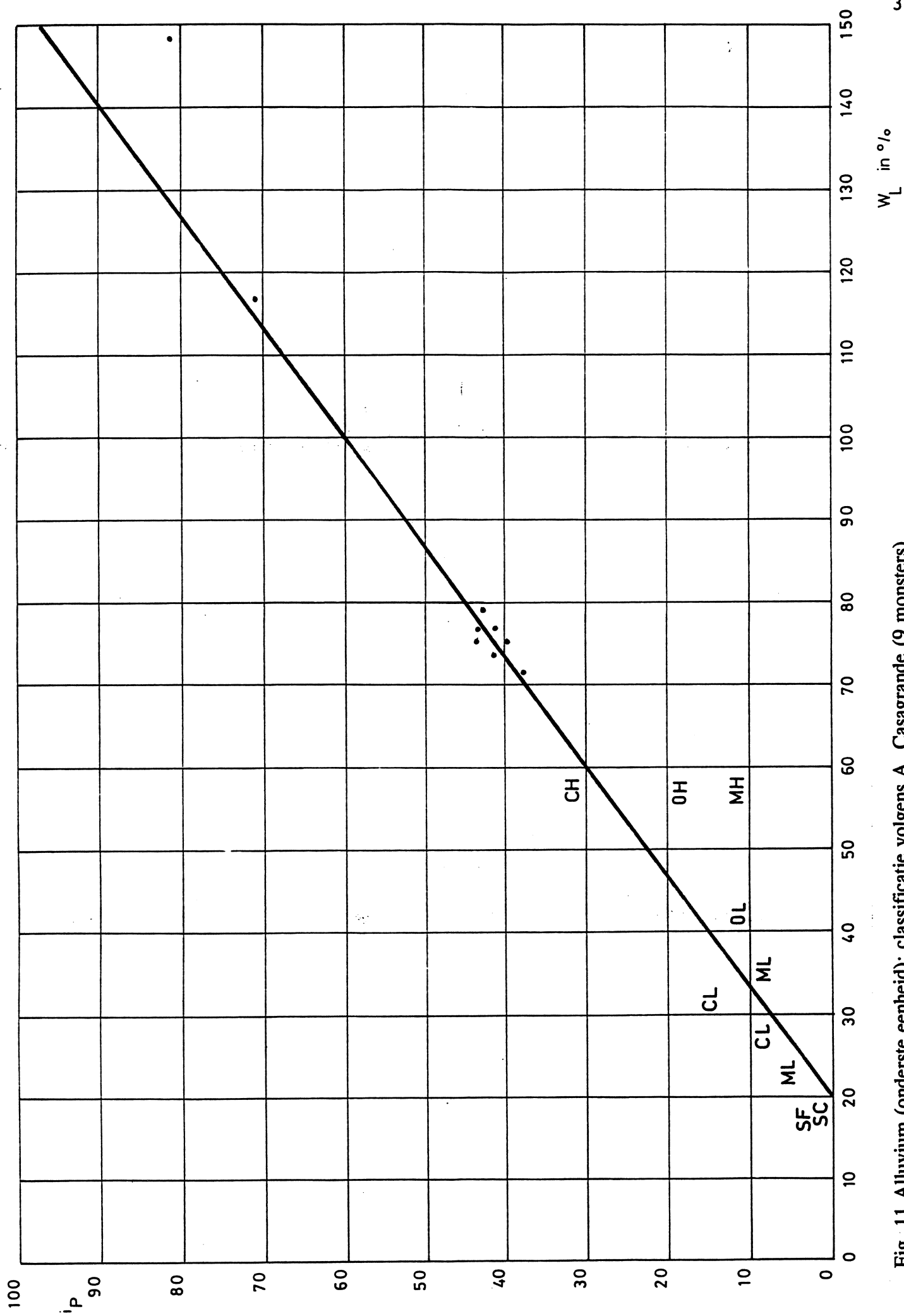


Fig. 11 Alluvium (onderste eenheid): classificatie volgens A. Casagrande (9 monsters)

### **6.3. Kwartair zandcomplex (plaat IV - plaat X)**

#### **6.3.1. Oorsprong**

Het kwartair zandcomplex is van continentale oorsprong en dateert grotendeels uit het Pleistoceen. Het zandcomplex bestaat in het grootste gedeelte van het gekarteerde gebied uit zandige gronden die vermoedelijk aangevoerd werden door sneeuw (niveo-eolisch) en wind (eolisch), evenals uit plaatselijk herwerkte zanden afkomstig van het tertiair substraat.

#### **6.3.2. Lithologie**

Gezien de continentale oorsprong van het kwartair zandcomplex zijn deze afzettingen vrij heterogeen. Er zijn tevens te weinig gedetailleerde gegevens beschikbaar om het zandcomplex in een aantal duidelijk van elkaar te onderscheiden en karteerbare eenheden te kunnen onderverdelen.

Het kwartair zandcomplex is in het kaartgebied grotendeels opgebouwd uit fijn zand en uit klei- of leemhoudend fijn zand. Aan de basis komt soms een grintlaagje voor. Binnen het zandcomplex worden lemige, kleiige en venige tussenlaagjes aangetroffen waarin ook schelpen of schelpgruis voorkomen.

#### **6.3.3. Uitbreiding**

De dikte van het kwartair zandcomplex is aangegeven op plaat IV. De basis van het complex kan afgeleid worden uit de plaat X (isohypsen). Het zandcomplex komt vrijwel overal voor. Gezien het grillig verloop ervan dient men er rekening mee te houden dat plaatselijke afwijkingen van de aangegeven uitbreiding mogelijk zijn. De dikte varieert van 0 tot 14 m.

#### **6.3.4. Grondmechanische eigenschappen**

##### **6.3.4.1. Grondmechanische eigenschappen van het kwartair zandcomplex (fijn zand en leemhoudend fijn zand)**

51 monsters werden aan een laboratoriumonderzoek onderworpen. De resultaten zijn opgenomen in tabel 6.

Tabel 6 - Grondmechanische eigenschappen van het kwartair zandcomplex (fijn zand en leemhoudend fijn zand)

| ( <sup>11</sup> )<br>( <sup>12</sup> ) | $\gamma_n$<br>(41)<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma_d$<br>(41)<br>kN/m <sup>3</sup> | w<br>(41)<br>% | n<br>(41)<br>% | w <sub>L</sub><br>(16)<br>% | i <sub>p</sub><br>(16) |
|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------------|------------------------|
| Min.                                   | 15,02                                   | 10,59                                   | 16,29          | 41,28          | 19,91                       | 0,23                   |
| Max.                                   | 21,43                                   | 21,56                                   | 49,28          | 61,23          | 28,02                       | 9,10                   |
| Gemid.                                 | 19,26                                   | 17,21                                   | 29,12          | 49,10          | 25,12                       | 3,62                   |

| ( <sup>11</sup> )<br>( <sup>12</sup> ) | A<br>(11) | C<br>(12) | k <sub>v</sub><br>(10)<br>m/s |
|----------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|
| Min.                                   | 495       | 72        | 2,43.10 <sup>-10</sup>        |
| Max.                                   | 2451      | 116,9     | 5,82.10 <sup>-6</sup>         |
| Gemid.                                 | 1859,5    | 100,25    | -                             |

- Korrelverdeling: fig. 12
- Classificatie volgens Casagrande: fig. 13
- Humusgehalte: van 0,8 tot 3,9 % (gem. 1,23 %, 32 monsters)
- Kalkgehalte: van 0,2 tot 32,9 % (gem. 10,29 %, 19 monsters)
- 4 celproeven (kaartblad 15.3):
  - $c'_{cel}$ : 0 kN/m<sup>2</sup>
  - $\varphi'_{cel}$ : van 37 tot 41,3°
  - $c_{cel}$ : van 0 tot 2,94 kN/m<sup>2</sup>
  - $\varphi_{cel}$ : van 34 tot 37,3°
- 1 triaxiaalproef, geconsolideerd, niet-gedraineerd met opmeting van de poriënwaterdrukken (CU) (kaartblad 15.3):
  - c: 0 kN/m<sup>2</sup>
  - $\varphi$ : 40,33°
- 2 triaxiaalproeven, geconsolideerd, gedraineerd (CD) (kaartblad 15.3):
  - c = 0 kN/m<sup>2</sup> en  $\varphi$  = 32°
  - c = 11,77 kN/m<sup>2</sup> en  $\varphi$  = 33,5°
- De konusweerstand in het kwartair zandcomplex kunnen sterk wisselen. Meestal zijn ze kleiner dan 5 MN/m<sup>2</sup>.

<sup>11</sup> De symbolen worden verklaard in bijlage 3.

<sup>12</sup> Aantal monsters.

# KORRELVERDELINGSDIAGRAM

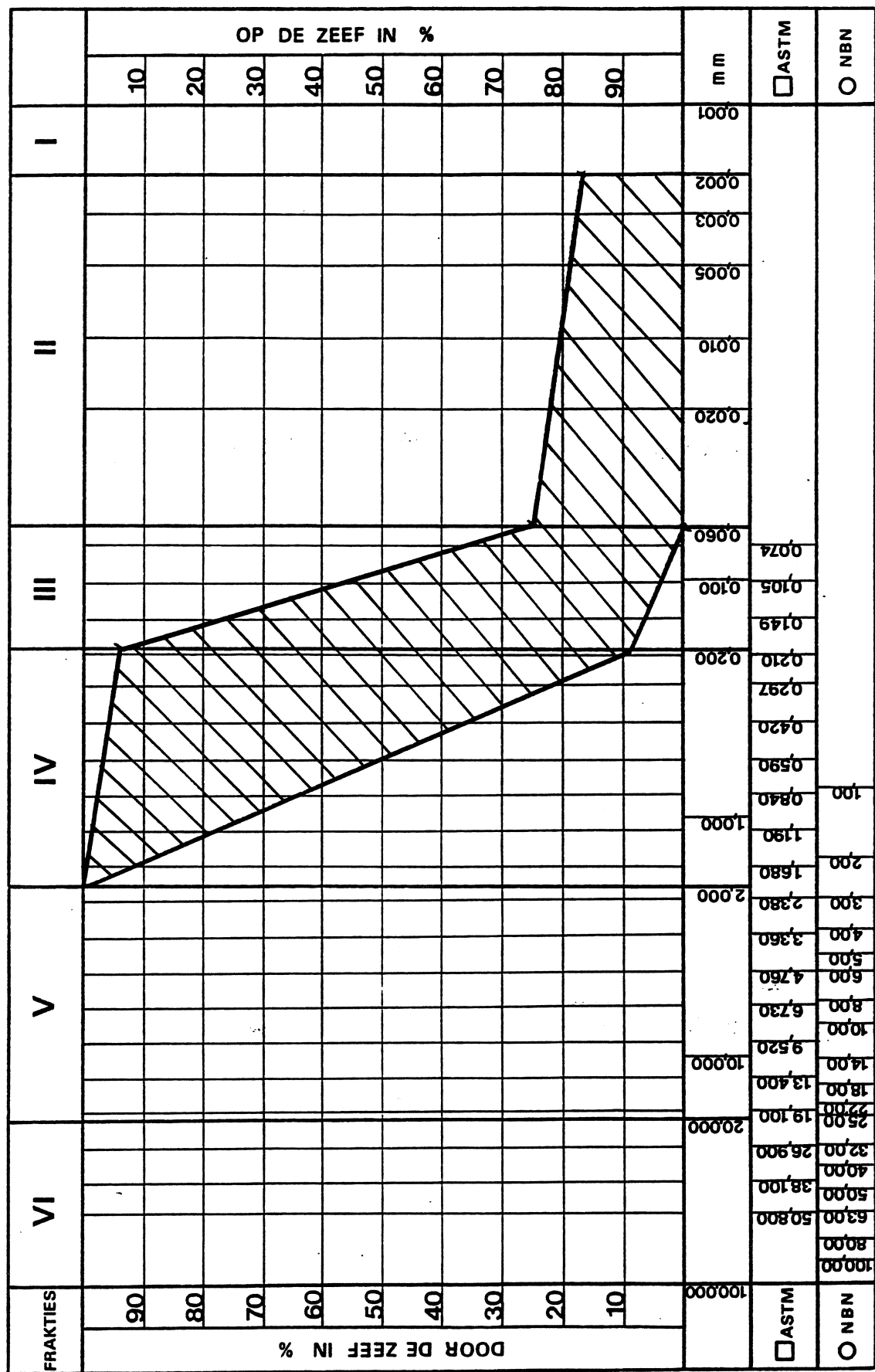


Fig. 12 Kwartair zandcomplex (fijn zand en leemhoudend fijn zand): korrelverdeling (38 monsters)

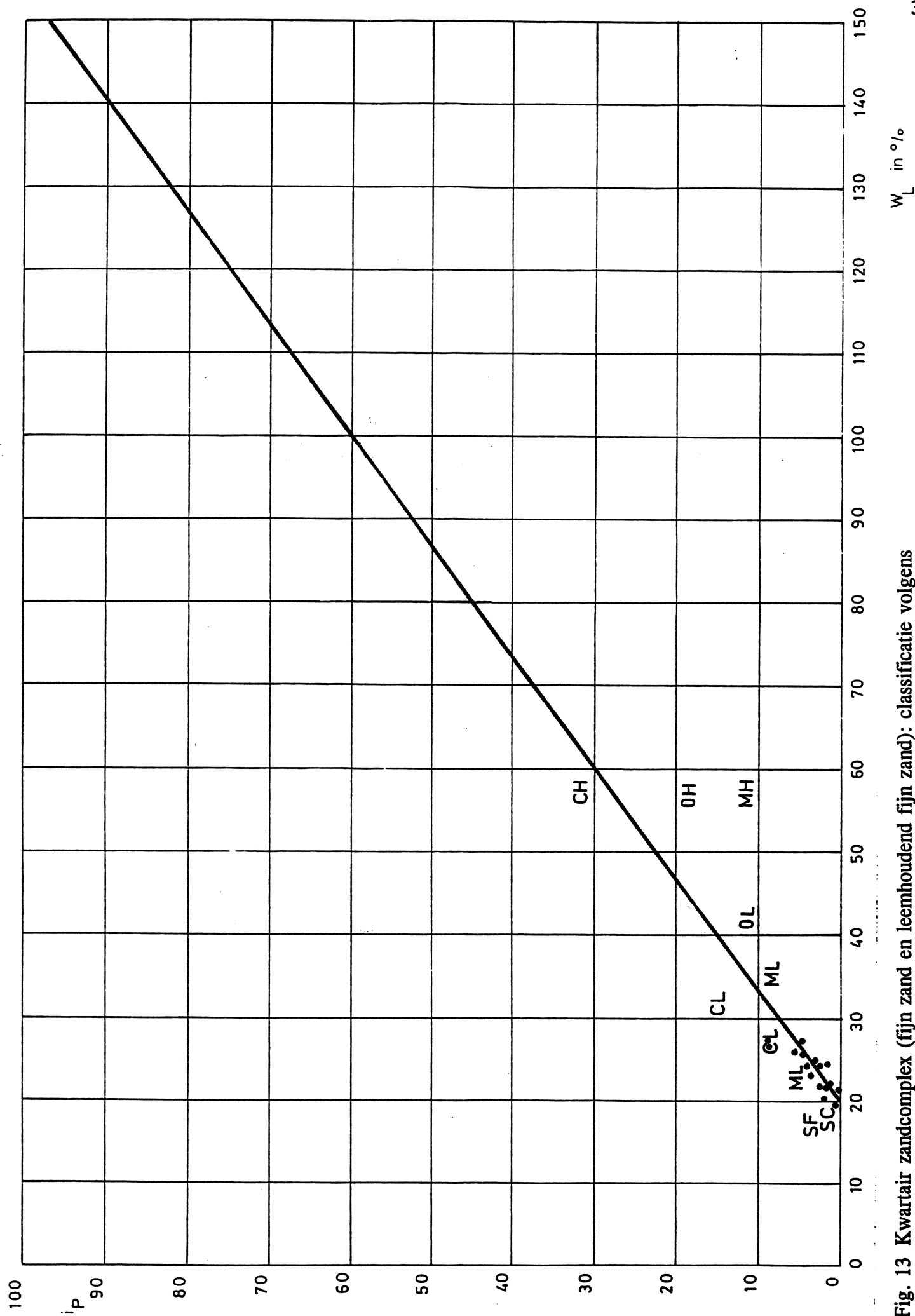


Fig. 13 Kwartair zandcomplex (fijn zand en leemhoudend fijn zand): classificatie volgens A. Casagrande (16 monsters)



## 6.4. Scaldisiaan b zandcomplex (plaat V - plaat XI)

### 6.4.1. Oorsprong

Het Scaldisiaan b zandcomplex werd vermoedelijk afgezet in een mariene, ondiepe en kustnabije omgeving. Het dateert van het Pliocene.

In en rond het kaartgebied zijn de gronden, die in deze grondmechanische atlas Scaldisiaan b zandcomplex zijn genoemd, in de geologische literatuur nu eens aangeduid met de naam Scaldisiaan dan weer met de naam Merksemiaan.

### 6.4.2. Lithologie

Lithologisch zijn in het Scaldisiaan b zandcomplex twee eenheden te onderscheiden:

Een bovenste eenheid<sup>13</sup> bestaat uit grijs tot groen, soms bruinachtig, fijn zand dat kleihoudend kan zijn. Vermoedelijk is deze eenheid plaatselijk verkit. Het gewichtsperscentage deeltjes kleiner dan 63  $\mu\text{m}$  van monsters uit deze laag ontnomen langsheen de E17- en A12-autowegen (kaartbladen 15.3.2, 15.3.4, 15.4.3 en vooral 15.4.1) bedraagt gemiddeld 11 % (gaande van 1 tot 23 % voor 54 monsters).

In deze eenheid komen kleilagen voor. Het glauconietgehalte wisselt van 5 tot 10 %. Schelpen en schelpengruis komen verspreid of geconcentreerd in laagjes voor. De overgang naar de onderste eenheid geschiedt zeer dikwijls geleidelijk.

Een onderste eenheid<sup>14</sup> bestaat uit grijs tot groen, soms bruinachtig, kleihoudend fijn zand dat plaatselijk kan overgaan tot zandhoudende klei. De opbouw van deze eenheid is nogal heterogeen: er kunnen zowel horizontaal als verticaal snelle wisselingen in lithologie voorkomen. Het gewichtsperscentage deeltjes kleiner dan 63  $\mu\text{m}$  van monsters uit deze laag ontnomen op de kaartbladen 15.3.1, 15.3.2, 15.3.3, 15.3.4 en 15.4.1 bedraagt gemiddeld 15 % (gaande van 4 tot 34 % voor 47 monsters). In deze eenheid kunnen kleilaagjes (met een dikte van enkele centimeters) voorkomen. Het glauconietgehalte varieert tussen 5 en 10 %. Kleine schelpen en fijn schelpgruis komen verspreid of in laagjes voor.

In boorprofielen is het onderscheid tussen de bovenste en de onderste eenheid van het Scaldisiaan b zandcomplex zelden duidelijk. Met behulp van sonderingen is dit onderscheid meestal wel te maken.

Figuur 14 geeft de lithologie van het Scaldisiaan b zandcomplex weer zoals waargenomen in een ontsluiting.

---

<sup>13</sup> Zanden van Merksem (zie tabel 2).

<sup>14</sup> Zanden van Kruisschans (zie tabel 2).

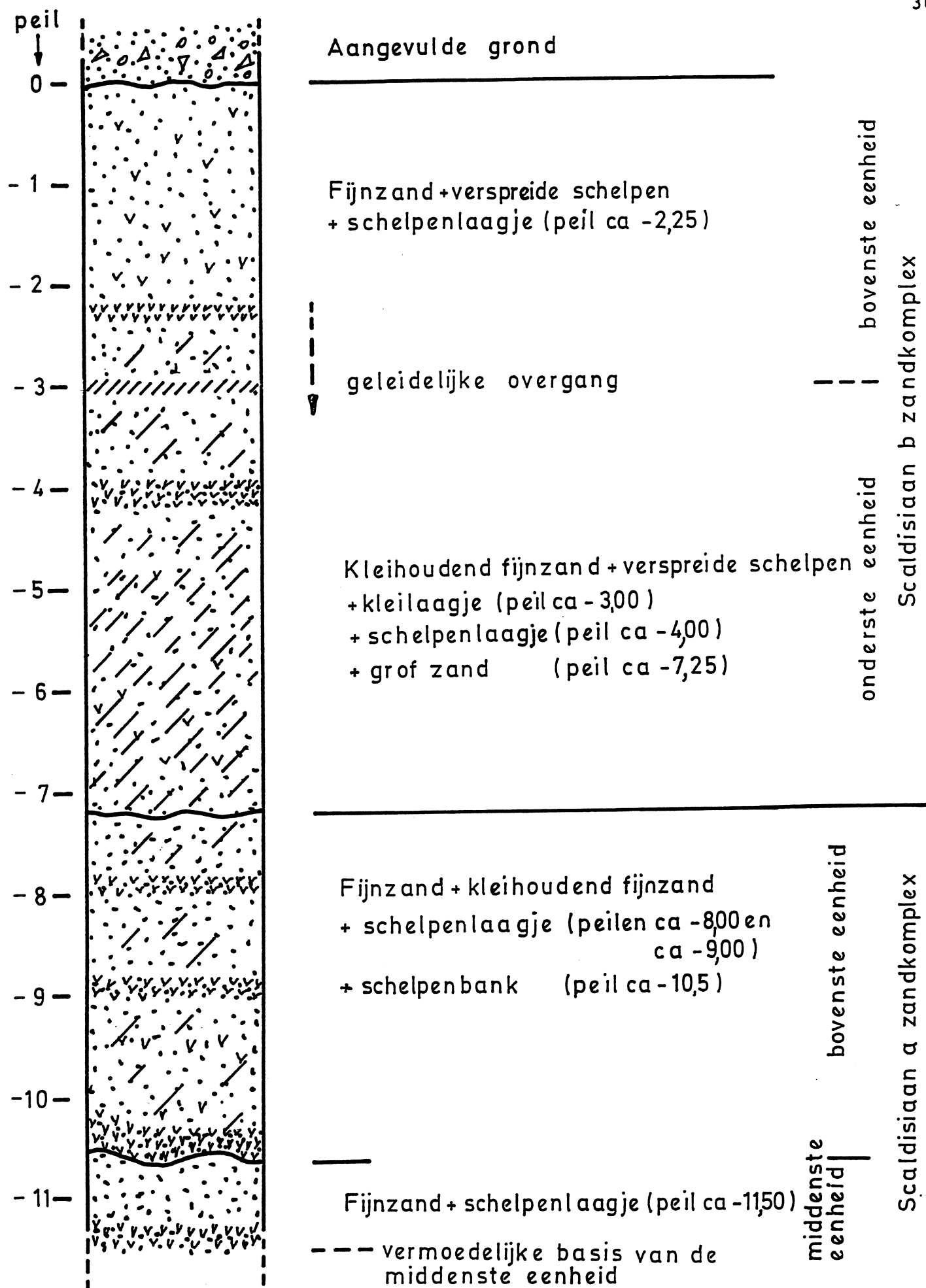


Fig. 14 Ontsluiting waargenomen tijdens de bouw van een kaaimuur ter plaatse van het bedrijf STOCATRA (kaartblad 15.3.1) (DE HEINZELIN, 1962)

### 6.4.3. Uitbreiding

Het Scaldisiaan b wordt in het kaartgebied alleen aangetroffen op de rechteroever van de Schelde.

De twee eenheden werden samen gekarteerd. De dikte is aangegeven op plaat V (isopachen). De basis van het Scaldisiaan b zandcomplex is aangegeven op plaat XI (isohypsen).

De dikte van de twee eenheden samen in het kaartgebied varieert van 0 tot 6 m.

### 6.4.4. Grondmechanische eigenschappen

#### 6.4.4.1. Grondmechanische eigenschappen van de bovenste eenheid van het Scaldisiaan b zandcomplex

34 monsters uit de bovenste eenheid afkomstig van boringen uitgevoerd op kaartblad 7.7.5-8 werden aan een laboratoriumonderzoek onderworpen (tabel 7).

Tabel 7 - Grondmechanische eigenschappen van de bovenste eenheid van het Scaldisiaan b zandcomplex

| <sup>(15)</sup><br><sup>(16)</sup> | $\gamma_n$<br>(19)<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma_d$<br>(19)<br>kN/m <sup>3</sup> | w<br>(19)<br>% | n<br>(19)<br>% | w <sub>L</sub><br>(2)<br>% | i <sub>p</sub><br>(2) |
|------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------------|----------------------------|-----------------------|
| Min.                               | 18,32                                   | 14,09                                   | 20,3           | 38,3           | 18,5                       | 0,7                   |
| Max.                               | 19,48                                   | 16,03                                   | 31,9           | 45,8           | 27,4                       | 9,2                   |
| Gemid.                             | 18,92                                   | 15,04                                   | 25,85          | 42,13          | 23,87                      | 5,5                   |

| <sup>(17)</sup><br><sup>(18)</sup> | A<br>(3) | C<br>(3) | k <sub>v</sub><br>(2)<br>m/s |
|------------------------------------|----------|----------|------------------------------|
| Min.                               | 460      | 69       | 3,1.10 <sup>-10</sup>        |
| Max.                               | 945      | 133      | 3,5.10 <sup>-8</sup>         |
| Gemid.                             | 773,3    | 90,7     | -                            |

<sup>15</sup> De symbolen worden verklaard in bijlage 3.

<sup>16</sup> Aantal monsters.

- Korrelverdeling: fig. 15
- Classificatie volgens Casagrande: fig. 16
- Humusgehalte: van 0,2 tot 3,2 % (gem. 0,61 %, 19 monsters)
- Kalkgehalte: van 2,8 tot 37,5 % (gem. 18,91 %, 18 monsters)
- 1 celproef (kaartbladen 15.3 en 15.4):
  - $c'_{cel}$ : 0 kN/m<sup>2</sup>
  - $\varphi'_{cel}$ : 37°
  - $c_{cel}$ : 0 kN/m<sup>2</sup>
  - $\varphi_{cel}$ : 34,5°
- 1 triaxiaalproef, geconsolideerd, niet-gedraineerd, met opmeting van de poriënwaterdrukken (CU) (kaartbladen 15.3 en 15.4):
  - $c$ : 56,9 kN/m<sup>2</sup>
  - $\varphi$ : 34°
- De konusweerstand van de bovenste eenheid van het Scaldisiaan b zandcomplex variëren in het kaartgebied van ca. 10 MN/m<sup>2</sup> tot meer dan 30 MN/m<sup>2</sup>. Voorbeelden van sondeerdiagrammen zijn opgenomen in hoofdstuk 8 (zonering).

[illegible]

39

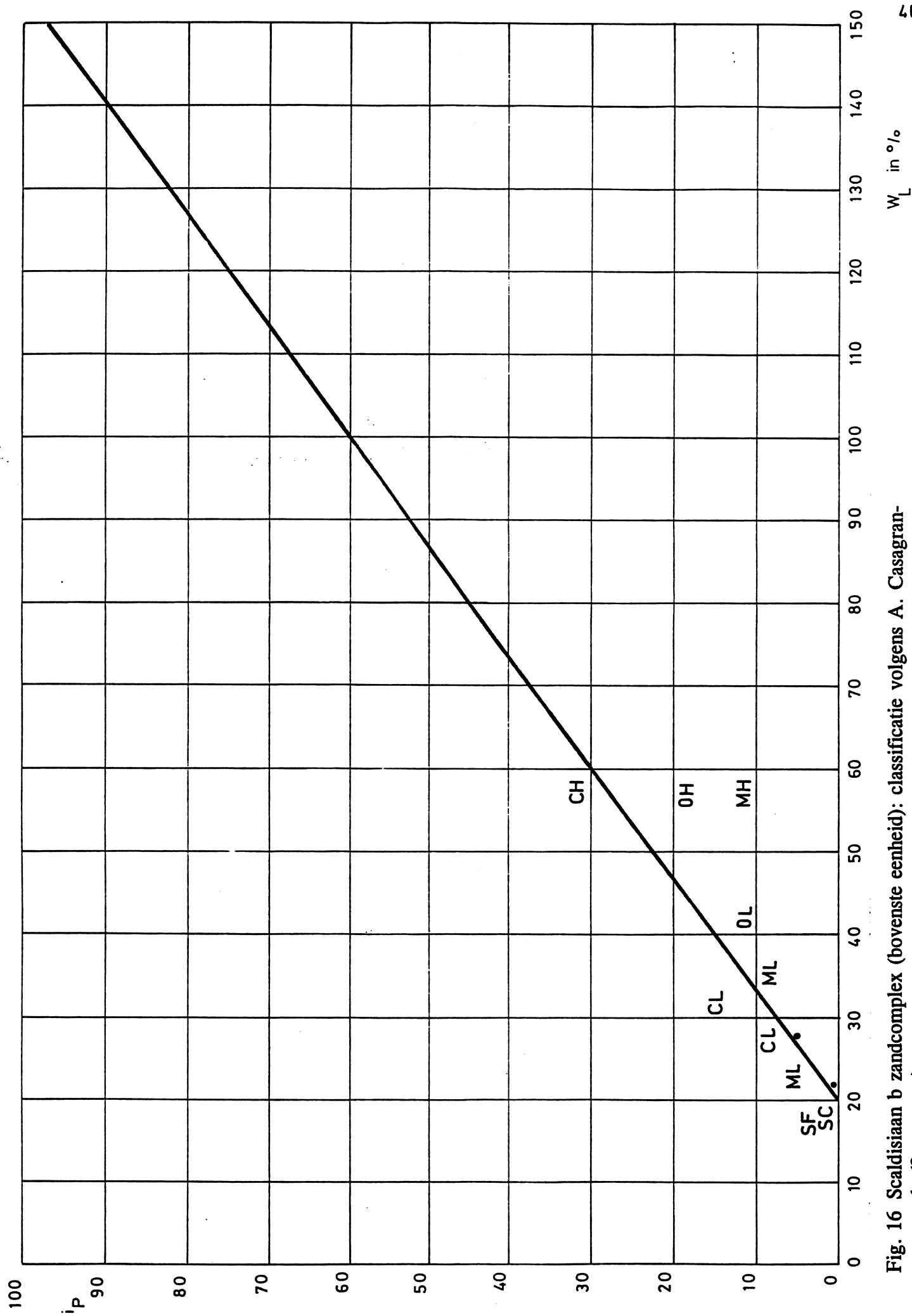


Fig. 16 Scaldiaan b zandcomplex (bovenste eenheid): classificatie volgens A. Casagrande (2 monsters)

#### 6.4.4.2. Grondmechanische eigenschappen van de onderste eenheid van het Scaldisiaan b zandcomplex

Negen analyses uitgevoerd op monsters uit de onderste eenheid van het Scaldisiaan b zandcomplex werden verwerkt (tabel 8). De monsters zijn afkomstig van boringen uitgevoerd op het kaartblad 7.7.5-8.

Tabel 8 - Grondmechanische eigenschappen van de onderste eenheid van het Scaldisiaan b zandcomplex

| ( <sup>17</sup> )<br>( <sup>18</sup> ) | $\gamma_n$<br>(4)<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma_d$<br>(4)<br>kN/m <sup>3</sup> | w<br>(4)<br>% | n<br>(4)<br>% | w <sub>L</sub><br>(8)<br>% | i <sub>p</sub><br>(8) |
|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------------------|
| Min.                                   | 17,30                                  | 13,32                                  | 27,70         | 43,3          | 20,3                       | 7,7                   |
| Max.                                   | 18,81                                  | 14,74                                  | 30,10         | 48,8          | 48,2                       | 26,0                  |
| Gemid.                                 | 18,39                                  | 14,26                                  | 29,05         | 45,18         | 33,11                      | 16,88                 |

| ( <sup>19</sup> )<br>( <sup>20</sup> ) | A<br>(3) | C<br>(3) | k <sub>v</sub><br>(3)<br>m/s |
|----------------------------------------|----------|----------|------------------------------|
| Min.                                   | 162      | 30       | 4,0.10 <sup>-9</sup>         |
| Max.                                   | 272      | 43       | 2,3.10 <sup>-6</sup>         |
| Gemid.                                 | 221,7    | 34,7     | -                            |

- Korrelverdeling: fig. 17
- Classificatie volgens Casagrande: fig. 18
- Humusgehalte: van 0,3 tot 4,4 % (gem. 1,55 %, 8 monsters)
- Kalkgehalte: van 23,9 tot 40,3 % (gem. 28,86 %, 8 monsters)
- 5 triaxiaalproeven, geconsolideerd, niet-gedraineerd, met opmeting van de poriënwaterdrukken (CU) (kaartbladen 15.3 en 15.4):
  - c: van 0 tot 2 kN/m<sup>2</sup>
  - $\varphi$ : van 32 tot 37°
- 6 triaxiaalproeven, geconsolideerd, gedraineerd (CD) (kaartbladen 15.3 en 15.4):
  - c: van 3 tot 30 kN/m<sup>2</sup>
  - $\varphi$ : van 30 tot 48°
- De konusweerstand in de onderste eenheid van het Scaldisiaan b zandcomplex in het kaartgebied liggen meestal tussen 6 en 10 MN/m<sup>2</sup>.

<sup>17</sup> De symbolen worden verklaard in bijlage 3.

<sup>18</sup> Aantal monsters.

# KORRELVERDELINGSDIAGRAM

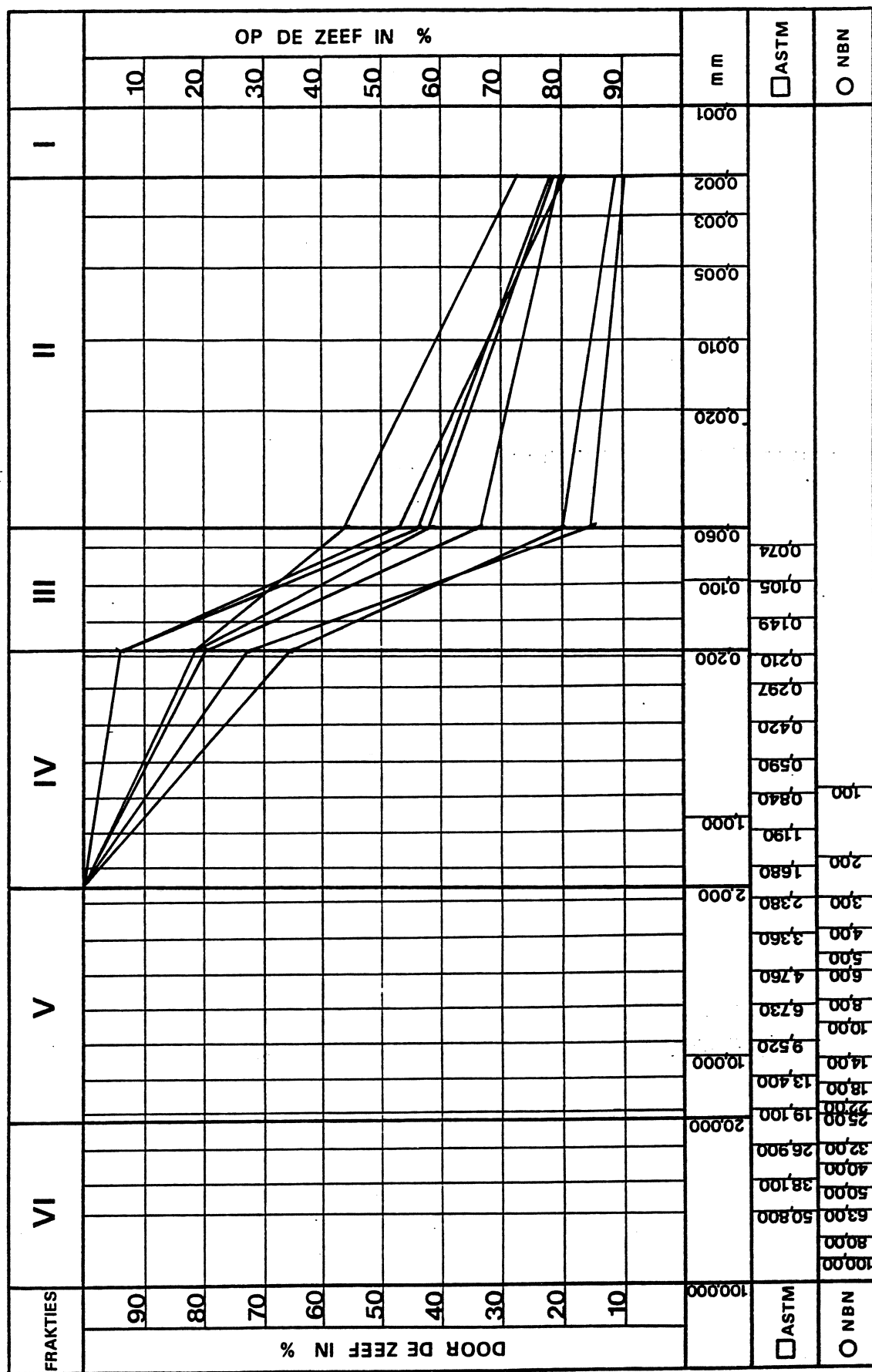


Fig. 17 Scaldisiaan b zandcomplex (onderste eenheid): korrelverdeling (7 monsters)



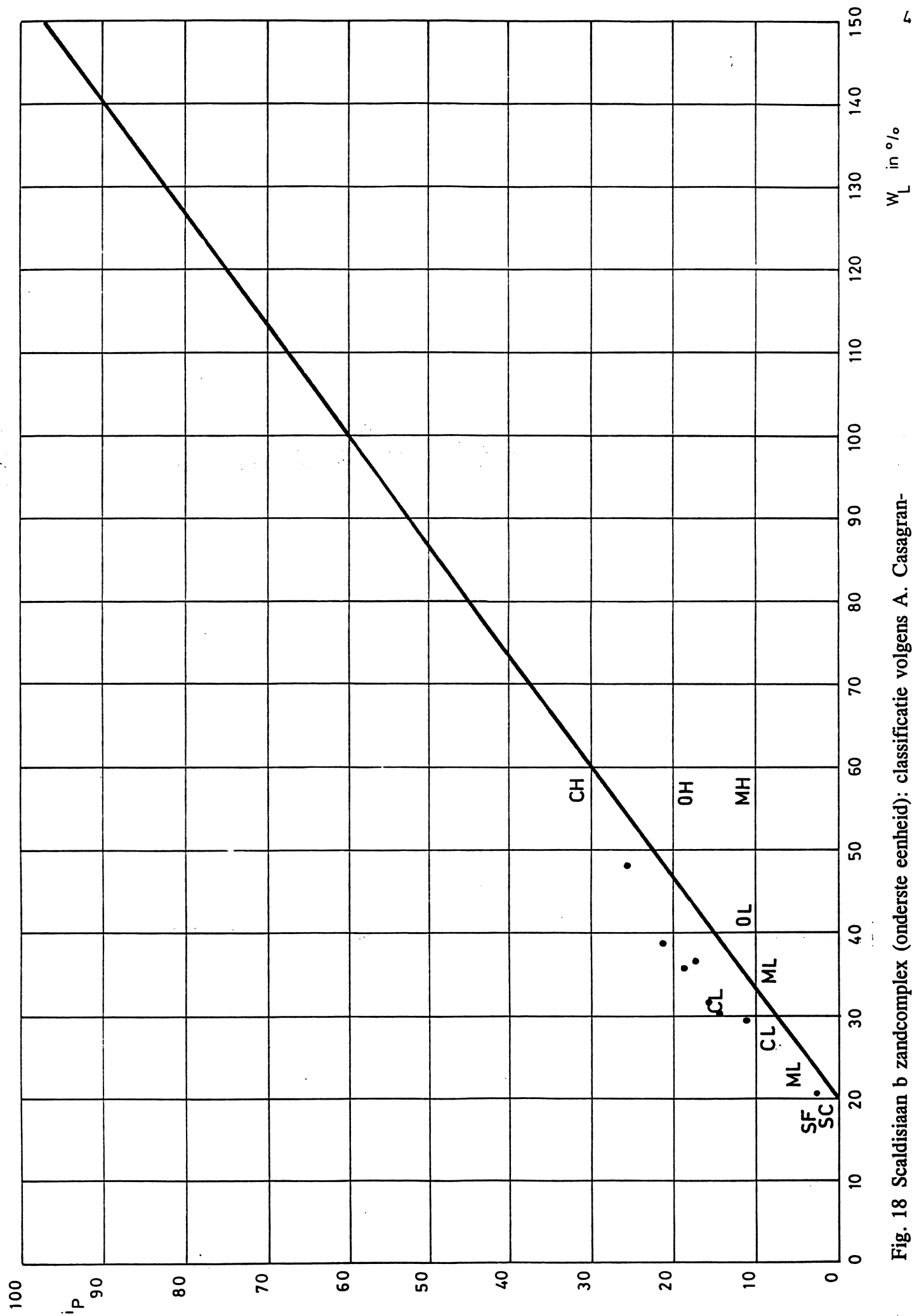


Fig. 18 Scaldisiaan b zandcomplex (onderste eenheid): classificatie volgens A. Casagrande (8 monsters)

In éézelfde sondering is de konusweerstand in de onderste eenheid van het Scaldisiaan b zandcomplex lager dan in de bovenste eenheid van het Scaldisiaan b zandcomplex. De overgang tussen beide eenheden verloopt soms geleidelijk. Voorbeelden van sondeerdiagrammen zijn opgenomen in hoofdstuk 8 (zonering).

## **6.5. Scaldisiaan a zandcomplex en Antwerpiaan zandcomplex (plaat VI)**

### **6.5.1. Oorsprong**

#### **6.5.1.1. Oorsprong van het Scaldisiaan a zandcomplex**

In het Scaldisiaan a zandcomplex werden gronden van verschillende oorsprong samengebracht. Veralgemeend mag echter gesteld worden dat het mariene afzettingen betreft afgezet tijdens het Pliocene.

#### **6.5.1.2. Oorsprong van het Antwerpiaan zandcomplex**

Het Antwerpiaan zandcomplex is van mariene oorsprong en werd afgezet in het Mioceen.

### **6.5.2. Lithologie**

#### **6.5.2.1. Lithologie van het Scaldisiaan a zandcomplex**

Lithologisch zijn in het Scaldisiaan a zandcomplex drie eenheden te onderscheiden:

Een bovenste eenheid<sup>19</sup> bestaat uit grijsgroen tot grijsbruin glauconiethoudend en kleihoudend fijn zand met veel schelpen, verspreid of in lagen, naar onder toe overgaand in een grote hoeveelheid hoofdzakelijk gebroken schelpen vermengd met glauconiethoudend, kleihoudend fijn zand en kleibrokken. Er kunnen tevens grintelementen en beenderresten in voorkomen. Deze basislaag wordt "schelpenbank" genoemd. Het glauconietgehalte in de bovenste eenheid ligt tussen 5 en 10 %. Plaatselijk kan deze eenheid verkit zijn.

De middenste eenheid<sup>20</sup> bezit een wisselende lithologische opbouw. Ze bestaat meestal uit bleek, weinig glauconiethoudend, fijn zand tot zand dat rijk is aan schelpen en schelpengruis. Plaatselijk komen aan de basis grintelementen en resten van beenderen voor.

---

<sup>19</sup> Zanden van Oorderen (zie tabel 2)

<sup>20</sup> Zanden van Luchtbal (zie tabel 2)

De onderste eenheid<sup>21</sup> is opgebouwd uit donkergrijs tot groengrijs fijn zand dat zeer plaatselijk weinig kleihoudend of kleihoudend is. Het is niet uitgesloten dat deze eenheid in het kaartgebied plaatselijk verkit is. Het gewichtspercentage deeltjes kleiner dan 63  $\mu\text{m}$  zoals afgeleid uit granulometrische analyses op monsters afkomstig van de kaartbladen 15.3.1 tot 15.3.6, 15.4.1 en 15.4.3 bedraagt gemiddeld 8 % (gaande van 1,0 tot 20,3 % voor 102 monsters). Het glauconietgehalte ligt tussen 15 en 35 % (gemiddeld ca. 25 %). Schelpen komen verspreid of geconcentreerd in laagjes voor. Het gehalte aan schelpen ligt echter beduidend lager dan in bovenvermelde eenheden. Aan de basis komt een grintlaagje voor dat is opgebouwd uit gerolde silexen en kwartskeien, septariafragmenten, fosfaathoudende nodulen en beenderfragmenten. Fijne grintelementen (bestaande uit silex en kwarts) kunnen verspreid in het zand voorkomen onderaan de eenheid over een dikte van ca. 3 m.

Figuur 14 geeft de lithologie van een gedeelte van het Scaldisiaan a zandcomplex weer.

---

<sup>21</sup> Zanden van Kattendijk (zie tabel 2)

### 6.5.2.2. Lithologie van het Antwerpiaan zandcomplex

Over de lithologie van het Antwerpiaan zandcomplex in het kaartgebied 15.2.1-4 zijn weinig gegevens beschikbaar. Onderstaande gegevens zijn afkomstig van de kaartbladen 15.3.6, 15.3.8 en 15.4.5 (6 tot 12 km ten zuidoosten van het gekarteerde gebied).

Het Antwerpiaan zandcomplex kan er onderverdeeld worden in twee eenheden :

Een bovenste eenheid<sup>22</sup> is opgebouwd uit een donkergroen fijn zand dat plaatselijk kleihoudend is of dunne kleilensjes bevat. Het gewichtspercentage deeltjes kleiner dan 63  $\mu\text{m}$  bedraagt gemiddeld 8 % (gaande van 2 tot 32 % voor 110 monsters). Het glauconietgehalte varieert tussen 40 en 70 %. Het zand is plaatselijk rijk aan grote schelpen die in lagen kunnen voorkomen. Broze kleine zandsteenconcreties worden zeer lokaal waargenomen.

De onderste eenheid<sup>23</sup> bestaat uit donkergroen fijn zand dat fijner en meer kleihoudend is dan het zand van de bovenste eenheid. Het gewichtspercentage deeltjes kleiner dan 63  $\mu\text{m}$  bedraagt gemiddeld 20 % (gaande van 10 tot 31 % voor 45 monsters). Het wordt fijner en meer kleihoudend naar onder toe. Net boven de Boomse klei kan het zand overgaan tot zandhoudende klei. Het glauconietgehalte ligt tussen 20 en 40 %. Schelpen, meestal verspreid in het zand, komen voor. Aan de basis komt meestal fijn grint voor waarvan de laagdikte een tiental millimeters bedraagt.

---

<sup>22</sup> Zanden van Antwerpen en Zanden van Kiel.

<sup>23</sup> Zanden van Edegem

### 6.5.3. Uitbreiding

Daar er in het kaartblad weinig gegevens zijn over het grensvlak tussen het Scaldisiaan a zandcomplex en het Antwerpiaan zandcomplex werd de gezamenlijke dikte van deze pakketten aangegeven (plaat VI). De gezamenlijke dikte varieert tussen ca. 0 m (in het oosten van het kaartgebied) en ca. 20 m (centraal in het kaartgebied, in het noordoosten en in het noordwesten van het kaartgebied).

In paragrafen 6.5.3.1. en 6.5.3.2. wordt de vermoedelijke uitbreiding van de twee zandcomplexen besproken.

#### 6.5.3.1. Uitbreiding van het Scaldisiaan a zandcomplex

De bovenste eenheid komt in het grootste gedeelte van het gekarteerde gebied voor. De maximale dikte ervan is waarschijnlijk zelden groter dan 4 m. De dikte van de eigenlijke schelpenbank onderaan is zelden meer dan 1 m.

De middenste eenheid heeft in het Antwerpse havengebied een zeer onregelmatig voorkomen. De maximale dikte waargenomen in het havengebied is ca. 2 m.

De onderste eenheid komt over gans het kaartgebied voor. De dikte varieert vermoedelijk van ca. 0 m tot ca. 12 m.

#### 6.5.3.2. Uitbreiding van het Antwerpiaan zandcomplex

Daar er te weinig gegevens voorhanden zijn worden de twee eenheden van het Antwerpiaan zandcomplex niet afzonderlijk besproken.

De vermoedelijke dikte van het Antwerpiaan zandcomplex varieert van 0 tot ca. 5 m. De vermoedelijke begrenzing van het Antwerpiaan zandcomplex is aangegeven op de plaat VI.

### 6.5.4. Grondmechanische eigenschappen

#### 6.5.4.1. Grondmechanische eigenschappen van het Scaldisiaan a zandcomplex

11 monsters uit de bovenste eenheid van het Scaldisiaan a zandcomplex werden onderzocht (tabel 9).

Tabel 9 - Grondmechanische eigenschappen van de bovenste eenheid van het Scaldisiaan a zandcomplex

| ( <sup>24</sup> )<br>( <sup>25</sup> ) | $\gamma_n$<br>(4)<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma_d$<br>(4)<br>kN/m <sup>3</sup> | w<br>(3)<br>% | n<br>(3)<br>% | w <sub>L</sub><br>(3)<br>% | i <sub>p</sub><br>(3) |
|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------------------|
| Min.                                   | 17,21                                  | 13,12                                  | 20,6          | 39,2          | 20,6                       | 2,5                   |
| Max.                                   | 18,02                                  | 14,06                                  | 27,2          | 41,5          | 21,8                       | 3,1                   |
| Gemid.                                 | 17,36                                  | 13,95                                  | 22,6          | 40,56         | 20,9                       | 2,7                   |

| ( <sup>26</sup> )<br>( <sup>27</sup> ) | A<br>(3) | C<br>(4) | k <sub>v</sub><br>(3)<br>m/s |
|----------------------------------------|----------|----------|------------------------------|
| Min.                                   | 312      | 49       | 5,98.10 <sup>-7</sup>        |
| Max.                                   | 549      | 85       | 8,5.10 <sup>-7</sup>         |
| Gemid.                                 | 419      | 78       | -                            |

- Korrelverdeling: fig. 19
  - Classificatie volgens Casagrande: fig. 20
  - Humusgehalte: van 0,6 tot 1,9 % (gem. 0,95 %, 7 monsters)
  - Kalkgehalte: van 32,6 tot 61,5 % (gem. 49,34 %, 9 monsters)
- De konusweerstand in deze eenheid is groter dan 10 MN/m<sup>2</sup> en plaatselijk zelfs groter dan 30 MN/m<sup>2</sup>.

Resultaten van laboratoriumonderzoek op monsters uit de middenste eenheid van het Scaldisiaan a zandcomplex zijn niet beschikbaar.

12 monsters uit de onderste eenheid van het Scaldisiaan a zandcomplex werden onderzocht (tabel 10).

<sup>24</sup> De symbolen worden verklaard in bijlage 3.

<sup>25</sup> Aantal monsters.

# KORRELVERDELINGSDIAGRAM

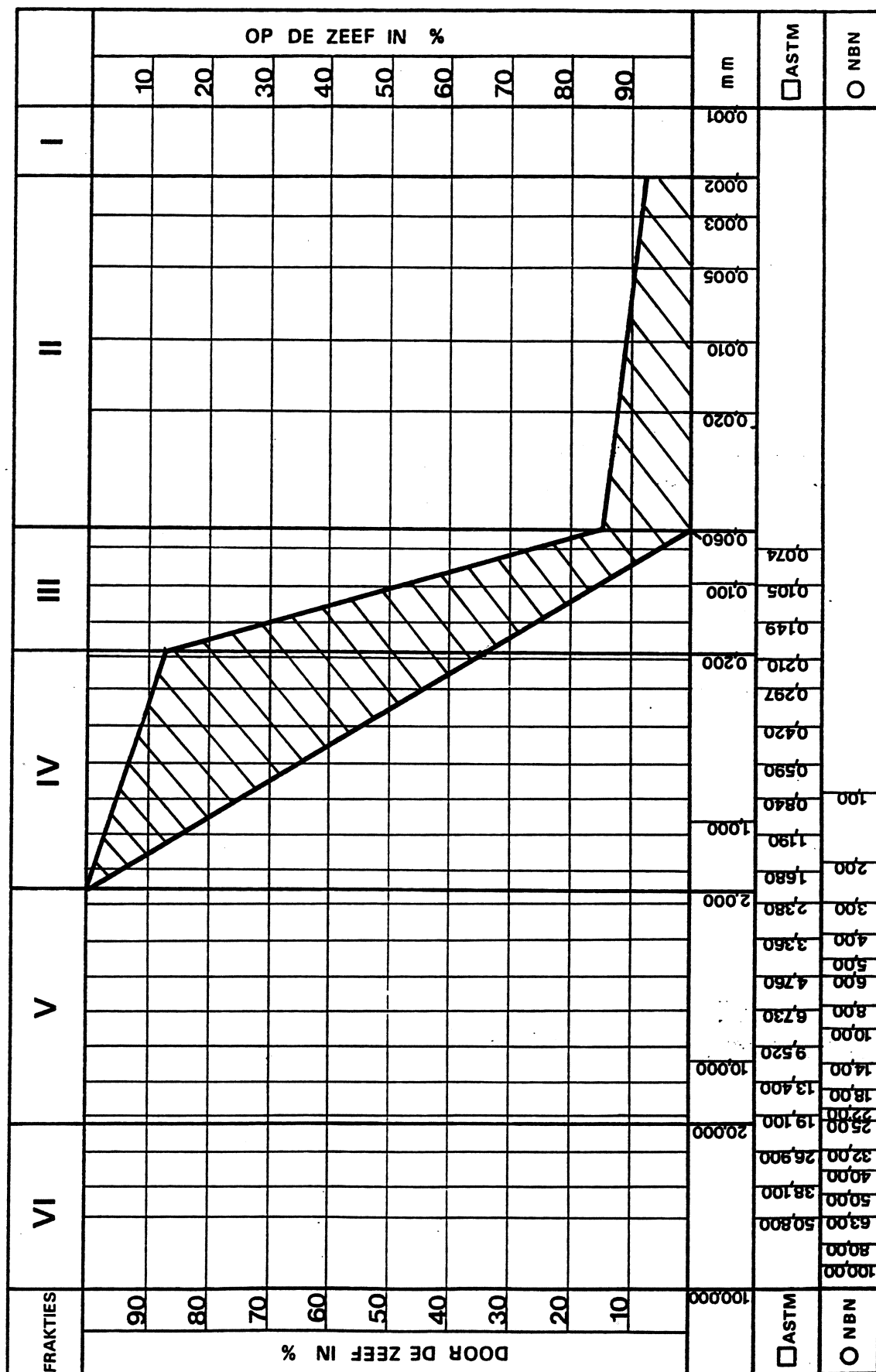
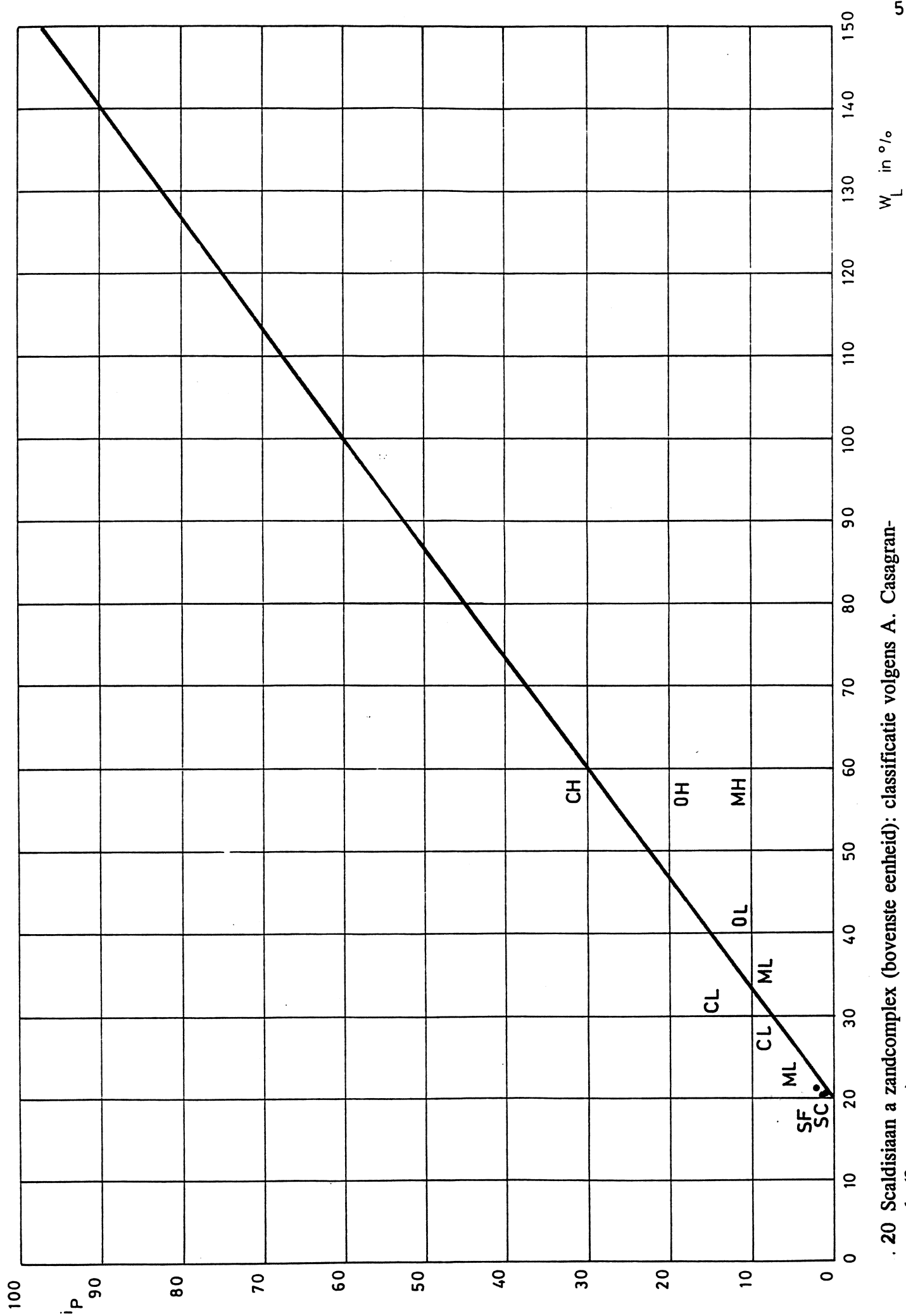


Fig. 19 Scaldisiaan a zandcomplex (bovenste eenheid): korrelverdeling (21 monsters)





. 20 Scaldisiaan a zandcomplex (bovenste eenheid): classificatie volgens A. Casagrande (3 monsters)

Tabel 10 - Grondmechanische eigenschappen van de onderste eenheid van het Scaldisiaan a zandcomplex

| <sup>(26)</sup><br><sup>(27)</sup> | $\gamma_n$<br>(3)<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma_d$<br>(3)<br>kN/m <sup>3</sup> | w<br>(3)<br>% | n<br>(3)<br>% | w <sub>L</sub><br>(4)<br>% | i <sub>p</sub><br>(4) |
|------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------------------|
| Min.                               | 18,96                                  | 16,88                                  | 20,5          | 37,3          | 21,1                       | 2,6                   |
| Max.                               | 19,32                                  | 17,56                                  | 22,6          | 39,23         | 24,0                       | 3,4                   |
| Gemid.                             | 19,02                                  | 17,41                                  | 20,65         | 38,12         | 22,5                       | 2,9                   |

| <sup>(28)</sup><br><sup>(29)</sup> | A<br>(3) | C<br>(3) | k <sub>v</sub><br>(2)<br>m/s |
|------------------------------------|----------|----------|------------------------------|
| Min.                               | 523      | 69       | 3,3.10 <sup>-7</sup>         |
| Max.                               | 1026     | 82       | 5,1.10 <sup>-7</sup>         |
| Gemid.                             | 945,2    | 75       | -                            |

- Korrelverdeling: fig. 21
- Classificatie volgens Casagrande: fig. 22
- Humusgehalte: van 0,1 tot 0,8 % (gem. 0,41 %, 6 monsters)
- Kalkgehalte: van 1,9 tot 19,2 % (gem. 6,25 %, 5 monsters)
- 3 celproeven (kaartbladen 15.3 en 15.4):
  - c'<sub>cel</sub>: van 0 tot 1 kN/m<sup>2</sup>
  - φ'<sub>cel</sub>: van 35 tot 39°
  - c<sub>cel</sub>: van 0 tot 1 kN/m<sup>2</sup>
  - φ<sub>cel</sub>: van 35 tot 39°
- 10 triaxiaalproeven, geconsolideerd, niet-gedraineerd met opmeting van de poriënwaterdrukken (CU) (kaartbladen 15.3 en 15.4):
  - c: van 0 tot 76,5 kN/m<sup>2</sup>
  - φ: van 38 tot 45,7°
- 12 triaxiaalproeven, geconsolideerd, gedraineerd (CD) (kaartbladen 15.3 en 15.4):
  - c: van 2 tot 21,6 kN/m<sup>2</sup>
  - φ: van 31 tot 44,5°

De konusweerstand in de onderste eenheid bedragen in het kaartgebied meer dan 10 MN/m<sup>2</sup>. Plaatselijk is de konusweerstand hoger dan 40 MN/m<sup>2</sup>.

<sup>26</sup> De symbolen worden verklaard in bijlage 3.

<sup>27</sup> Aantal monsters.

# KORRELVERDELINGSDIAGRAM

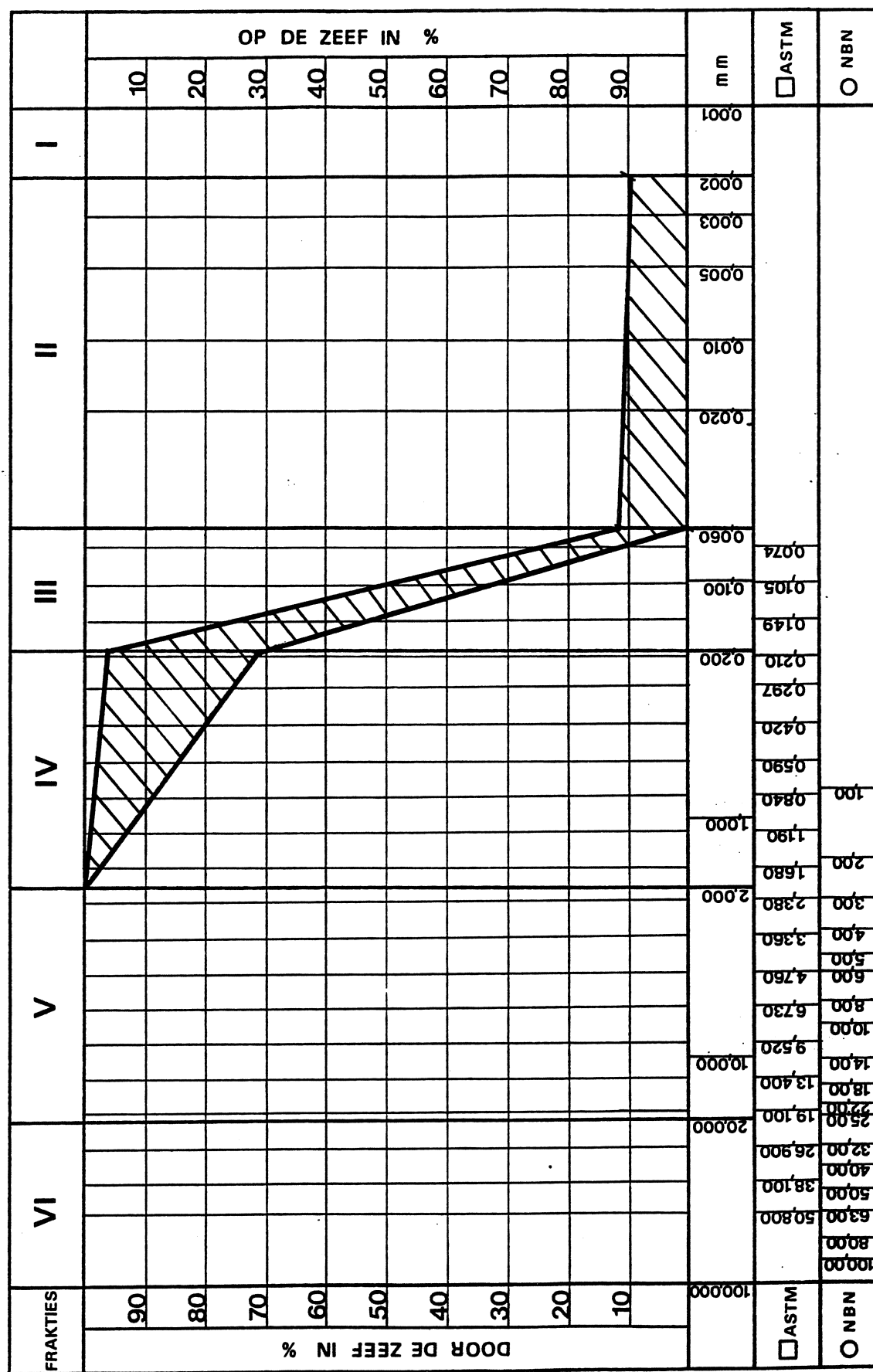


Fig. 21 Scaldisiaan a zandcomplex (onderste eenheid): korrelverdeling (10 monsters)

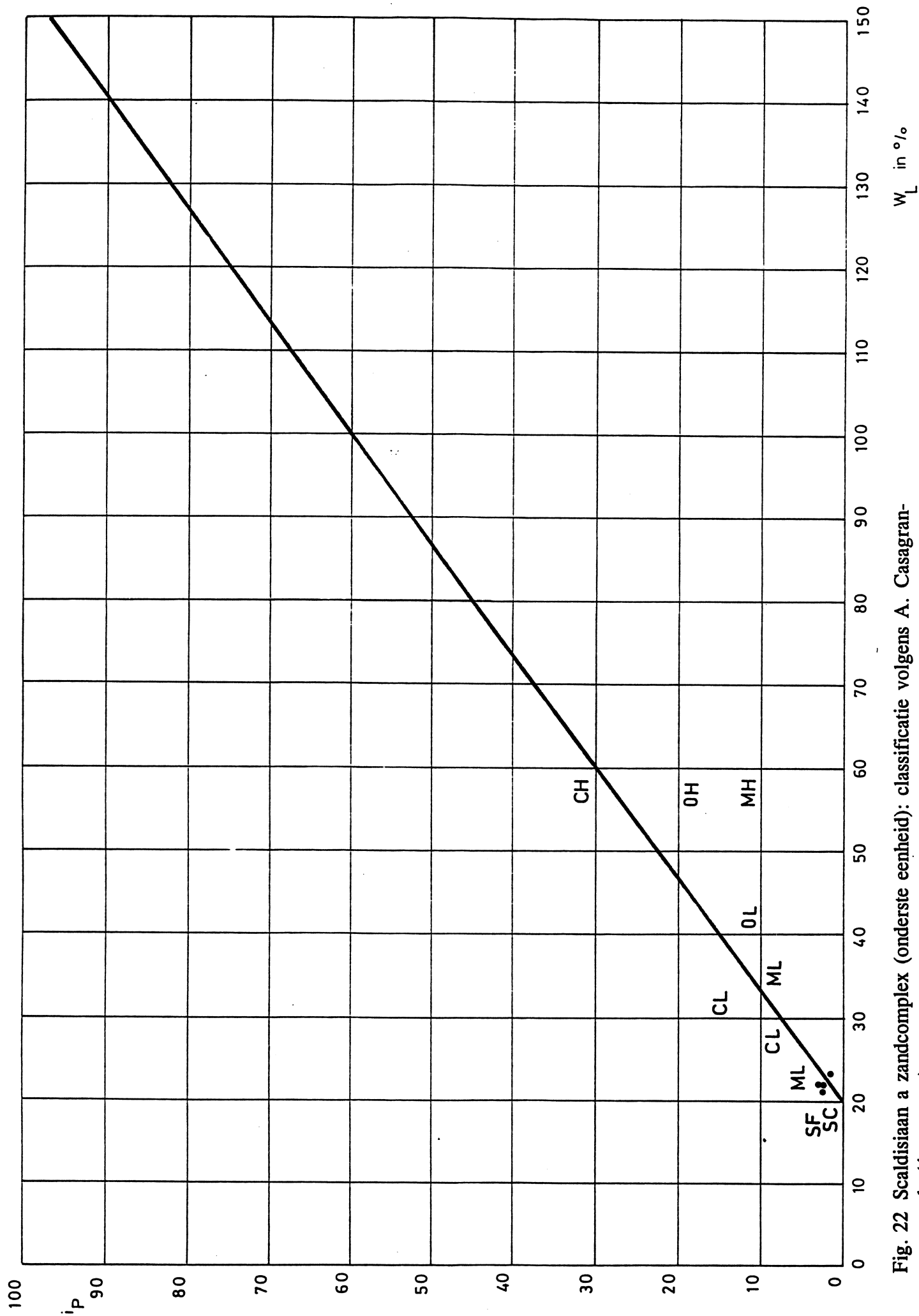


Fig. 22 Scaldisaan a zandcomplex (onderste eenheid): classificatie volgens A. Casagrande (4 monsters)

#### 6.5.4.2. Grondmechanische eigenschappen van het Antwerpiaan zandcomplex

111 monsters uit de bovenste eenheid van het Antwerpiaan zandcomplex, afkomstig uit 25 boringen (voornamelijk onderzoek van het pre-metrotracé), werden in het laboratorium onderzocht. De monsters zijn afkomstig van de kaartbladen 15.3.6, 15.3.8 en 15.4.5. De resultaten zijn opgenomen in tabel 11.

Tabel 11 - Grondmechanische eigenschappen van de bovenste eenheid van het Antwerpiaan zandcomplex

| <sup>(28)</sup><br><sup>(29)</sup> | $\gamma_n$<br>(70)<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma_d$<br>(70)<br>kN/m <sup>3</sup> | w<br>(70)<br>% | n<br>(70)<br>% | w <sub>L</sub><br>(64)<br>% | i <sub>p</sub><br>(62) |
|------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------------|------------------------|
| Min.                               | 15,60                                   | 13,62                                   | 13,3           | 25,3           | 16,4                        | 0,1                    |
| Max.                               | 19,65                                   | 17,10                                   | 33,3           | 49,1           | 28,9                        | 9,8                    |
| Gem.                               | 18,80                                   | 14,94                                   | 25,5           | 42,3           | 24,2                        | 2,1                    |

| <sup>(30)</sup><br><sup>(31)</sup> | A<br>(28) | C<br>(24) | k<br>(32)<br>m/s    |
|------------------------------------|-----------|-----------|---------------------|
| Min.                               | 209       | 22        | $5,9 \cdot 10^{-8}$ |
| Max.                               | 413       | 79        | $4,8 \cdot 10^{-4}$ |
| Gem.                               | 311       | 45        | -                   |

- Korrelverdeling: fig. 23
- Classificatie volgens Casagrande: fig. 24
- Humusgehalte: van 0,0 tot 1,2 % (gem. 0,4 %, 97 monsters)
- Kalkgehalte: van 1,0 tot 27,4 % (gem. 3,3 %, 97 monsters)
- 7 celproeven:
  - $c'_{cel}$ : van 0 tot 5 kN/m<sup>2</sup>
  - $\varphi'_{cel}$ : van 32,5 tot 36,5°
  - $c_{cel}$ : van 0 tot 5 kN/m<sup>2</sup>
  - $\varphi_{cel}$ : van 32,5 tot 36,5°
- 16 triaxiaalproeven, geconsolideerd, niet-gedraineerd, met opmeting van de poriënwaterdrukken (CU):
  - c: van 0 tot 20 kN/m<sup>2</sup>
  - $\varphi$ : van 29,5 tot 35°

<sup>28</sup> De symbolen worden verklaard in bijlage 3.

<sup>29</sup> Aantal monsters

# KORRELVERDELINGSDIAGRAM

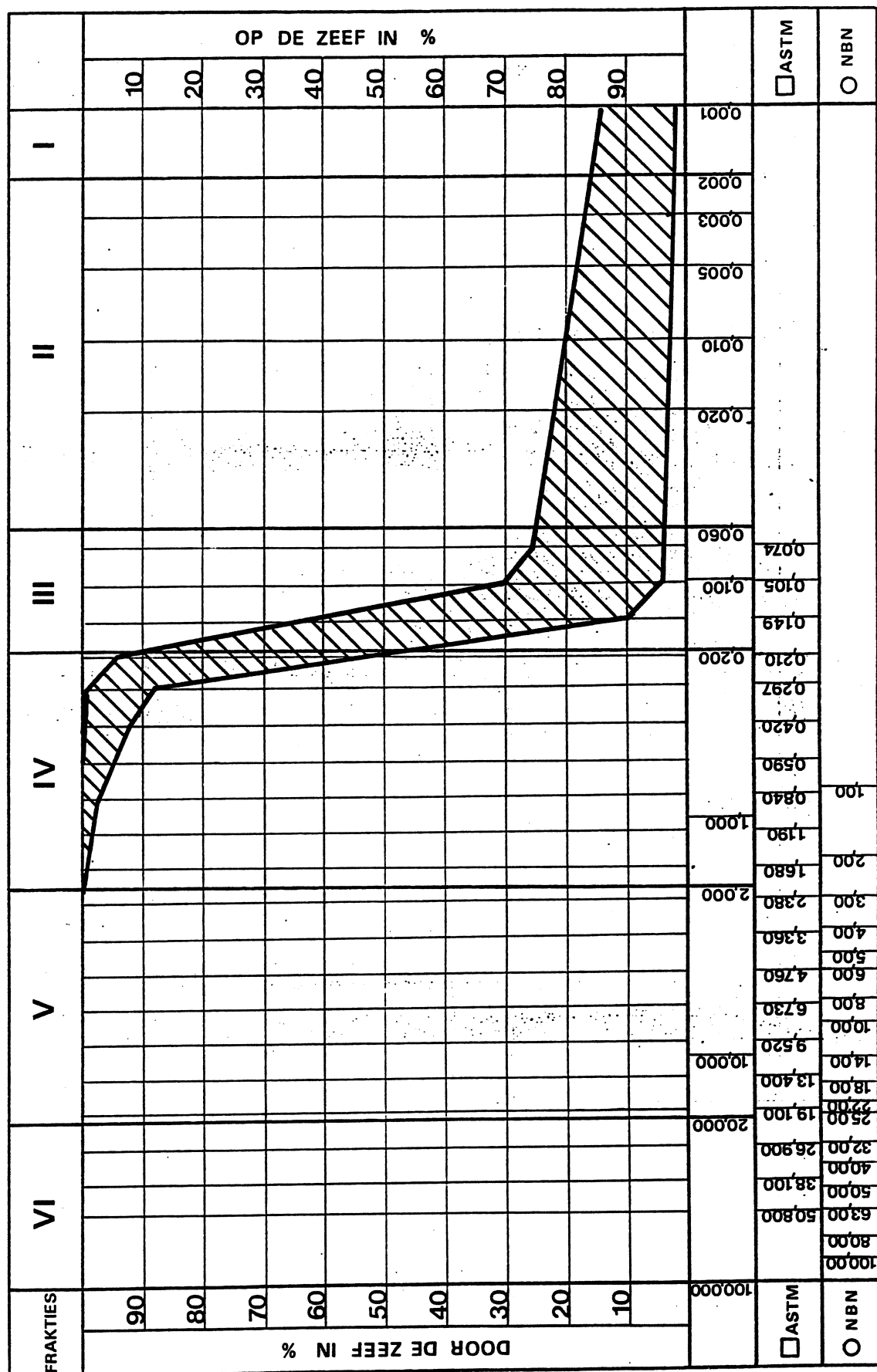


Fig. 23 Antwerpiaan zandcomplex (bovenste eenheid): korrelverdeling (111 monsters)

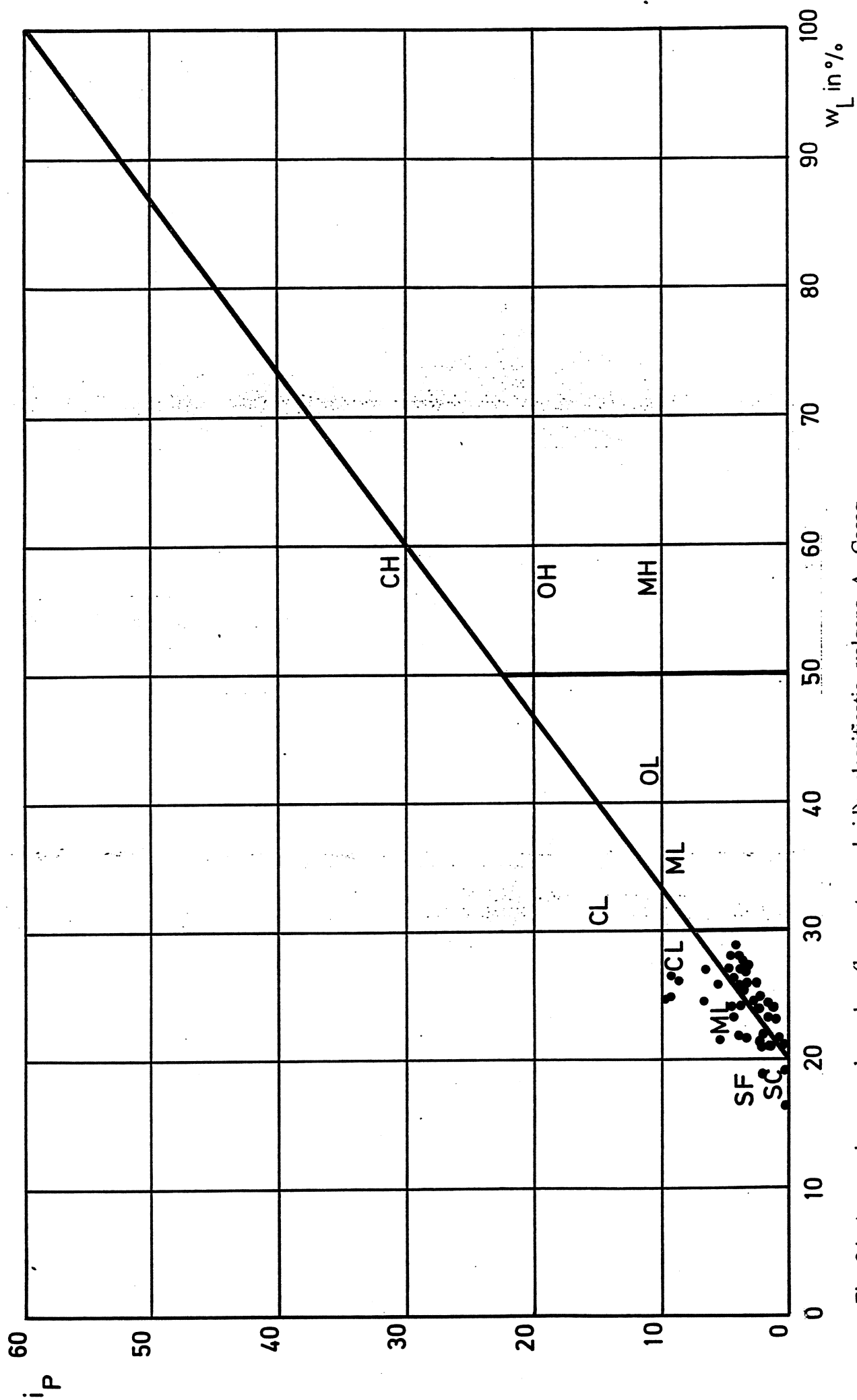


Fig. 24 Antwerpiaan zandcomplex (bovenste eenheid): classificatie volgens A. Casagrande (62 monsters)

46 monsters uit de onderste eenheid van het Antwerpiaan zandcomplex, afkomstig van 10 boringen (voornamelijk onderzoek van het pre-metrotracé), werden in het laboratorium onderzocht. De monsters zijn afkomstig van de kaartbladen 15.3.6, 15.3.8 en 15.4.5. De resultaten zijn opgenomen in tabel 12.

Tabel 12 - Grondmechanische eigenschappen van de onderste eenheid van het Antwerpiaan zandcomplex

| <sup>(30)</sup><br><sup>(31)</sup> | $\gamma_n$<br>(25)<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma_d$<br>(25)<br>kN/m <sup>3</sup> | w<br>(25)<br>% | n<br>(25)<br>% | w <sub>L</sub><br>(44)<br>% | i <sub>p</sub><br>(44) |
|------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------------|------------------------|
| Min.                               | 18,20                                   | 14,26                                   | 20,1           | 36,1           | 21,0                        | 0,0                    |
| Max.                               | 19,94                                   | 16,60                                   | 32,8           | 45,1           | 38,0                        | 18,6                   |
| Gem.                               | 19,20                                   | 15,43                                   | 24,3           | 40,6           | 25,0                        | 4,8                    |

| <sup>(32)</sup><br><sup>(33)</sup> | A<br>(21) | C<br>(21) | k<br>(35)<br>m/s     |
|------------------------------------|-----------|-----------|----------------------|
| Min.                               | 231       | 36        | 1,2.10 <sup>-8</sup> |
| Max.                               | 495       | 63        | 3,1.10 <sup>-6</sup> |
| Gem.                               | 331       | 53        | -                    |

- Korrelverdeling: fig. 25
- Classificatie volgens Casagrande: fig. 26
- Humusgehalte: van 0,3 tot 5,0 % (gem. 0,9 %, 28 monsters)
- Kalkgehalte: van 2,8 tot 17,7 % (gem. 6,9 %, 28 monsters)
- 13 celproeven:
  - $c_{cel}$ : van 0 tot 20 kN/m<sup>2</sup>
  - $\varphi_{cel}$ : van 30,5 tot 39,5°
  - $c'_{cel}$ : van 0 tot 40 kN/m<sup>2</sup>
  - $\varphi'_{cel}$ : van 21,5 tot 38°
- 6 triaxiaalproeven, geconsolideerd, niet-gedraineerd met opmeting van de poriënwaterdrukken (CU):
  - c: van 0 tot 50 kN/m<sup>2</sup>
  - $\varphi$ : van 29,5 tot 33,5°

De waarden van de doorlatendheidscoëfficiënt van het Antwerpiaan zandcomplex zoals afgeleid uit de pompproeven worden besproken in het hoofdstuk "Hydrogeologische gegevens". Deze pompproeven werden uitgevoerd op de hoek van de Frankrijklei en de Teniersplaats (kaartblad 15.3.6) evenals langsheen het tracé van de E17-Kleine Ring.

<sup>30</sup> De symbolen worden verklaard in bijlage 3.

<sup>31</sup> Aantal monsters



# KORRELVERDELINGSDIAGRAM

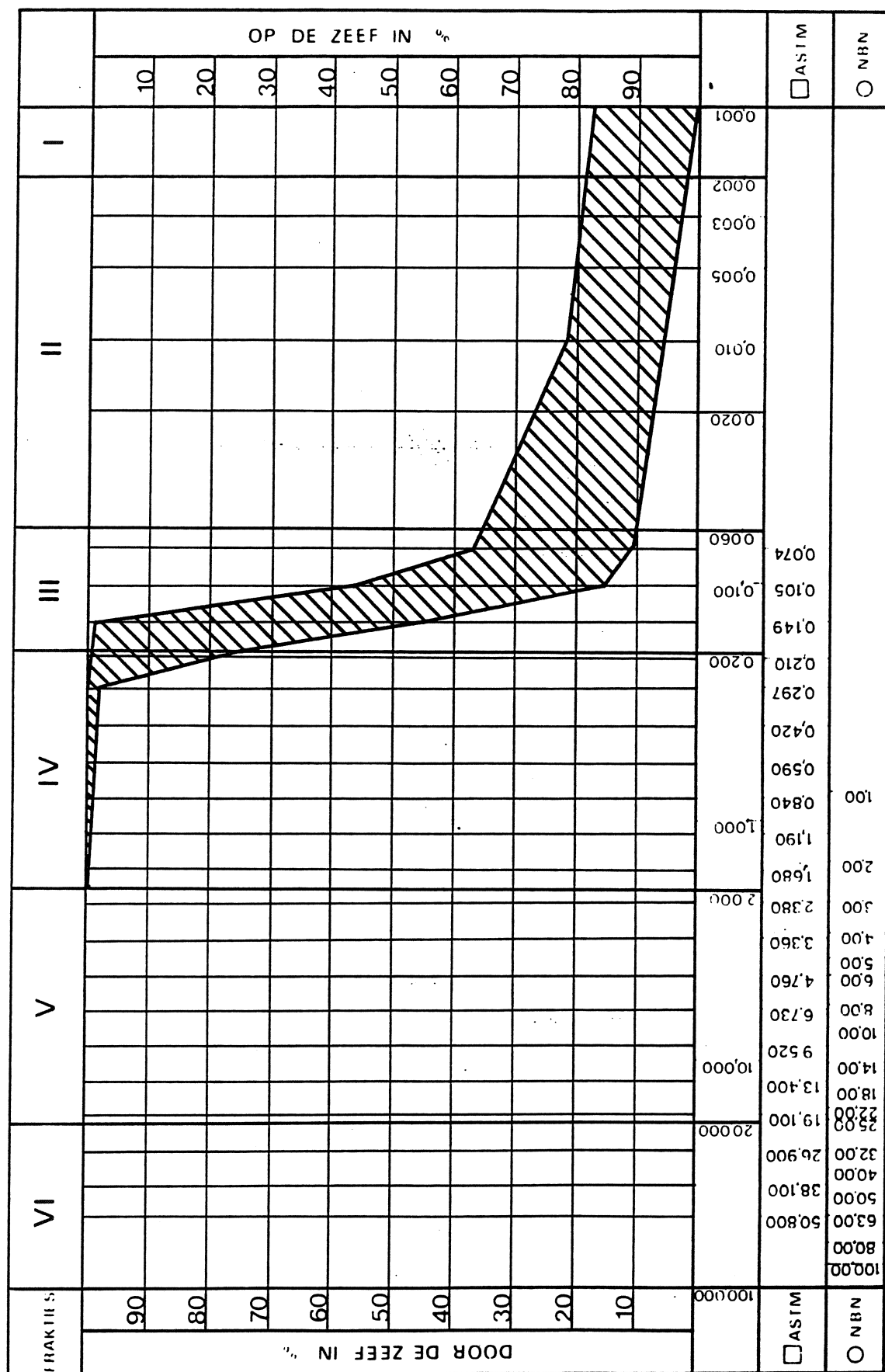


Fig. 25 Antwerpiaan zandcomplex (onderste eenheid): korrelverdeling (46 monsters)

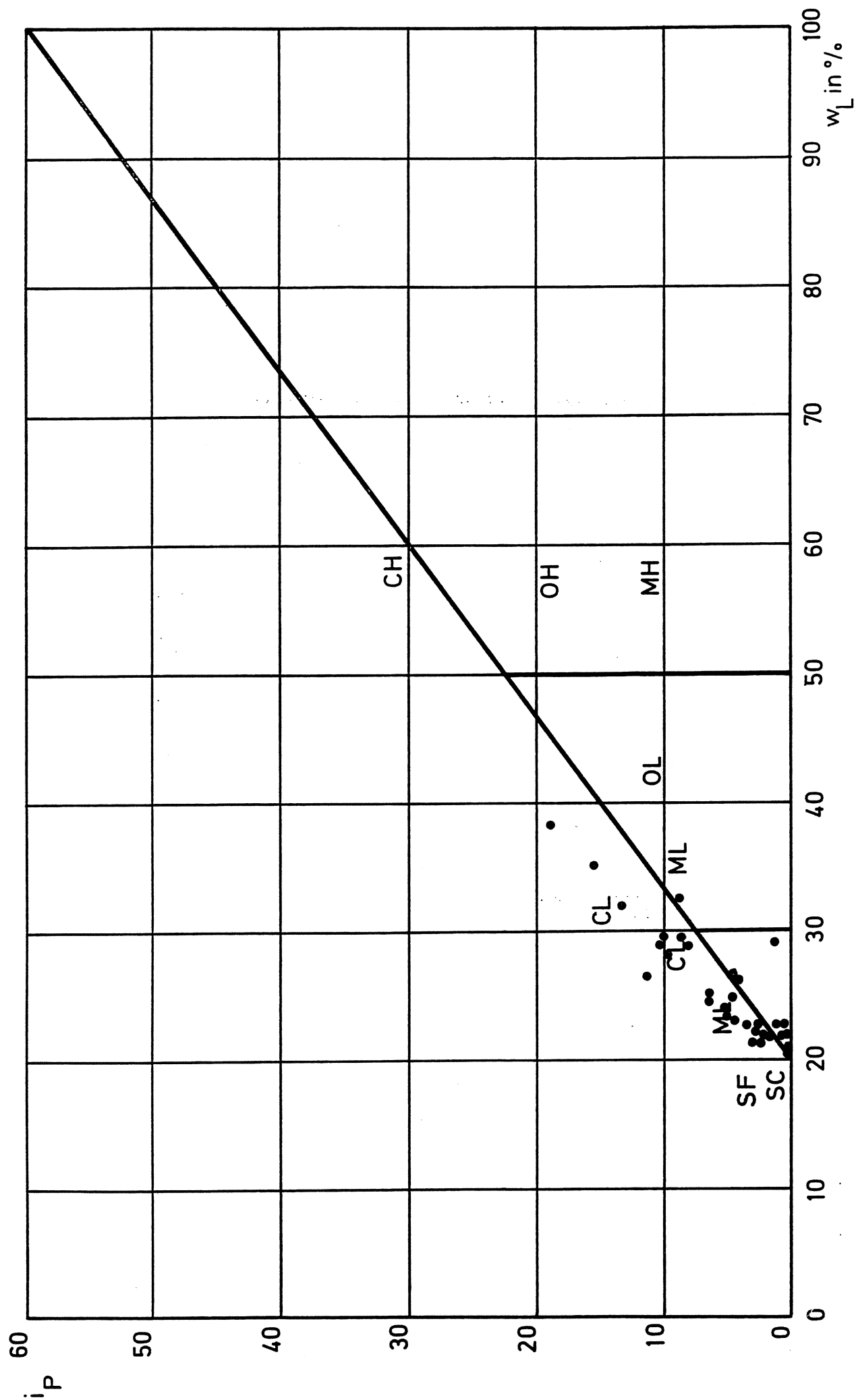


Fig. 26 Antwerpiaan zandcomplex (onderste eenheid): classificatie volgens A. Casagrande (44 monsters)

- De konusweerstand van het Antwerpiaan zandcomplex zijn in het kaartgebied groter dan  $10 \text{ MN/m}^2$ . De waarden kunnen soms groter zijn dan  $30 \text{ MN/m}^2$ .

## 6.6. Rupeliaan kleicomplex (plaat VII)

### 6.6.1. Oorsprong

Het Rupeliaan kleicomplex bestaat uit mariene klei, afgezet tijdens het Tertiair (Oligoceen-Rupeliaan).

Volgens ir. GULINCK van de Belgische Geologische Dienst bedroeg ter plaatse van de E17-Scheldetunnel, de maximum dikte van de neogene zandafzettingen boven de gedeeltelijk geërodeerde Boomse klei, 40 m. Deze zanden zouden zich steeds onder water hebben bevonden.

Uit de proeven, uitgevoerd ten behoeve van de studie van een geplande stormvloedkering in de Zeeschelde te Antwerpen (Oosterweel) is gebleken dat de Boomse klei er met 0,5 à 0,9 MN/m<sup>2</sup> voorbelast is geweest. Verschillende criteria wijzen op een voorbelasting van ca. 0,8 MN/m<sup>2</sup> (SCHITTEKAT et al., 1983). Wanneer wordt aangenomen dat deze voorbelasting werd teweeggebracht door zand dat zich steeds onder water heeft bevonden, dient deze voorbelasting in overeenstemming te worden gebracht met een bedekking van ca. 80 m. Dit neogeen zandpakket is door erosie grotendeels verdwenen.

### 6.6.2. Lithologie

Uit de resultaten van de diepe boringen, die uitgevoerd werden voor de aanleg van de E17-Scheldetunnel en voor de studie van een geplande stormvloedkering in de Zeeschelde te Antwerpen (Oosterweel), kan men vaststellen dat het kleicomplex in het Antwerpse opgebouwd is uit twee lithologische types. Er bestaat een geleidelijke overgang tussen beide.

Het bovenste lithologisch type is opgebouwd uit een vaste, gescheurde en gelaagde klei waarvan het natuurlijk watergehalte ongeveer gelijk is aan de plasticiteitsgrens. Het gewichtsgehalte aan deeltjes kleiner dan 2 µm varieert gemiddeld tussen 50 en 57 %.

Het onderste lithologisch type kan beschreven worden als een silthoudende klei tot kleihoudende silt, waarin plaatselijk kleilagen voorkomen. Lokaal kunnen er ook zandige lenzen in aangetroffen worden. Het gewichtsgehalte aan deeltjes kleiner dan 2 µm bedraagt voor de silthoudende klei tot kleihoudende silt ca. 18 %.

In het bestek van de studie van bovengenoemde stormvloedkering werden de gegevens, die ten behoeve van allerhande infrastructuurwerken in de omgeving van Antwerpen waren verkregen, opnieuw onderzocht samen met de waarnemingen, uitgevoerd in een aantal kleigroeven, waar het onderste gedeelte van het Rupeliaan kleicomplex dagzoomt. De aldus verkregen gegevens werden op een overzichtelijke wijze samengebracht op de figuur 27.

Op basis van de opgemeten mechanische grondkarakteristieken werd het bovenste lithologisch type onderverdeeld in drie eenheden, respectievelijk BK1, BK2 en BK3 genaamd. Overeenkomstig de indeling ingevoerd door VANDENBERGHE, 1974 bestaat de eenheid BK3 over de bovenste 8 m uit zwarte klei en verder uit grijze klei.

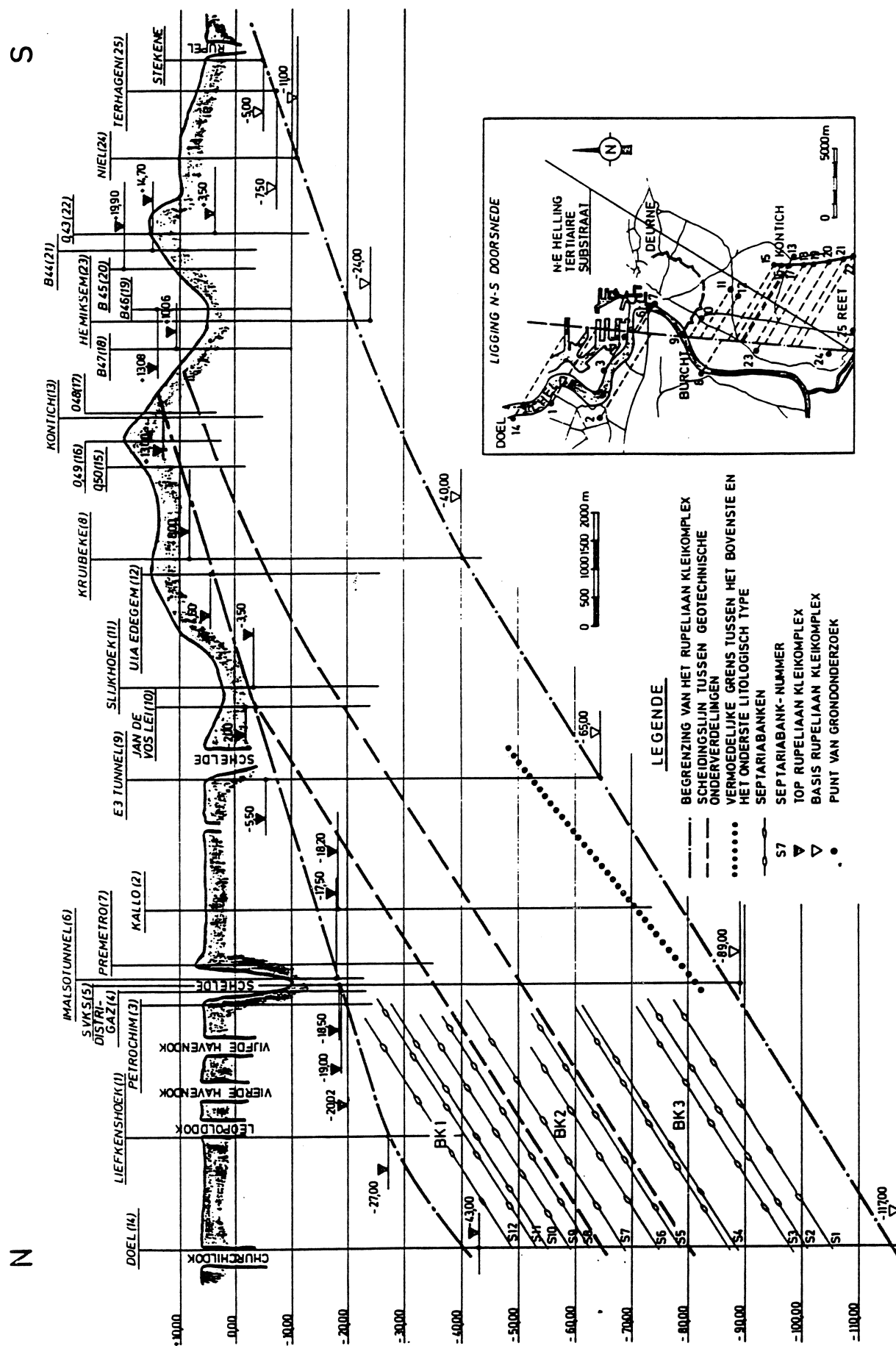


Fig. 27 Schematische Noord-Zuid doorsnede door het Rupeliaan kleikcomplex in het Antwerpse (naar deelrapport 7 T.V. S.V.K.S.)

Uit figuur 27 blijkt dat het Rupeliaan kleicomplex in zijn geheel wordt aangetroffen ten noorden van Liefkenshoek, en dat naar het zuiden toe, de bovenste lagen zijn weggeërodeerd. Daardoor komt de eenheid BK1 niet meer voor vanaf de E17-Scheldetunnel en de eenheid BK2 niet meer vanaf Hemiksem.

Aan de top van het Rupeliaan kleicomplex wordt meestal een laag bruine verweerde klei aangetroffen waarvan de dikte kan variëren van enkele centimeters tot ca. 4 m.

In het Rupeliaan kleicomplex komen septarialagen voor. Deze septaria zijn broodvormige concreties die plaatselijk een diameter van 2 m en een dikte van 0,30 m kunnen bereiken. Deze concreties zijn vooral opgebouwd uit calciet, kaoliniet, illiet en kwarts. Het calciumcarbonaatgehalte schommelt tussen 65 en 87 % (VAN TASSEL, 1966).

Tevens werd in de Boomse klei pyriet aangetroffen. Dit mineraal komt voor onder de vorm van grijze naaldvormige langwerpige of nodulaire concreties waarvan de diameter uitzonderlijk meer dan 0,10 m kan zijn.

### **6.6.3. Uitbreiding**

De top van het kleicomplex komt in het gekarteerde gebied voor tussen de peilen -6 en -26. In het overgrote deel van het kaartgebied is de klei bedekt door het Scaldisiaan a zandcomplex. In twee zones in het noorden is de klei waarschijnlijk bedekt door het Antwerpiaan zandcomplex.

De top of de vermoedelijke top van het Rupeliaan kleicomplex is aangegeven op plaat VII (isohypsen).

De basis van het Rupeliaan kleicomplex werd in het gekarteerde gebied niet aangeboord.

### **6.6.4. Grondmechanische eigenschappen**

#### **6.6.4.1. Bovenste lithologische type (Boomse klei)**

In verband met de eigenschappen van het Rupeliaan kleicomplex werden nabij de gekarteerde zone belangrijke inlichtingen verkregen bij de studie van een geplande stormvloedkering in de Zeeschelde te Antwerpen (Oosterweel). Daarbij werden 85 diepsonderingen, 27 boringen met pressiometerproeven type Ménard, 3 boringen met zelfborende pressiometerproeven, een seismisch onderzoek, 24 boringen met ontnaam van geroerde en ongeroerde monsters en een uitgebreid laboratoriumonderzoek uitgevoerd. De boringen en sonderingen werden hoofdzakelijk doorgevoerd tot het peil -50,00 en in enkele gevallen tot het peil -70,00.

In wat volgt zal een synthese worden gegeven van de resultaten die bij dit onderzoek werden verkregen (T.V.S.V.K.S., 1980). Op een aantal plaatsen zal evenwel ook worden verwezen naar de resultaten van de studies die bij de aanleg van de E17-Scheldetunnel en bij de aanleg van ondergrondse reservoirs werden doorgevoerd (DE BEER, 1964; DE BEER, 1967; DE BEER, 1971 en DE BEER et al., 1966).

Ter hoogte van de bestudeerde inplantingsplaats van bovengenoemde stormvloedkering wordt de eenheid BK1 aangetroffen tussen -10 en -35, de eenheid BK2 tussen -35 en -50 en de eenheid BK3 tussen -50 en -84. Deze onderverdeling is uitsluitend gebaseerd op de mechanische grondkarakteristieken die in de verschillende eenheden werden verkregen. In de eenheid BK1 zijn de grondkarakteristieken algemeen hoger dan in de eenheid BK2.

Binnen de beide eenheden zijn de grondkarakteristieken ongeveer constant. De overgang van de eenheid BK1 naar de eenheid BK2 verloopt geleidelijk en heeft plaats tussen -32 en -37. In de eenheid BK3 wijzen de resultaten van de terreinproeven (konusweerstand, limietdruk enz.) op een lineaire toename van de grondkarakteristieken met de diepte.

#### 6.6.4.1.1. Laboratoriumonderzoek

##### 6.6.4.1.1.1. Onderkenningsproeven

Uit de beschikbare resultaten van de onderkenningsproeven werden de onderstaande gemiddelde waarden afgeleid (tabel 13).

Tabel 13 - Gemiddelde waarde uit de resultaten van de onderkenningsproeven op de Boomse klei

|                                             | BK1   | BK2   | BK3   |
|---------------------------------------------|-------|-------|-------|
| fractie kleiner dan 2 $\mu\text{m}$ (in %)  | 50    | 57    | 54    |
| fractie kleiner dan 20 $\mu\text{m}$ (in %) | 80    | 80    | 80    |
| $\gamma_n$ (in $\text{kN/m}^3$ )            | 19,42 | 19,17 | 19,31 |
| $\gamma_d$ (in $\text{kN/m}^3$ )            | 15,31 | 14,62 | 14,74 |
| w (in %)                                    | 26,93 | 29,40 | 29,50 |
| $w_p$ (in %)                                | 26    | 29    | 25    |
| $w_L$ (in %)                                | 66    | 73    | 60    |
| $i_p$                                       | 40    | 44    | 35    |

##### 6.6.4.1.1.2. Triaxiaalproeven

De resultaten van de niet-geconsolideerde, niet-gedraineerde proeven (UU) zijn weergegeven in fig. 28 en de resultaten van de geconsolideerde, niet-gedraineerde proeven (CU) in fig. 29 voor de BK1-laag, in fig. 30 voor de BK2-laag en in fig. 31 voor de BK3-laag.

Uit deze figuren blijkt dat de verkregen resultaten een aanzienlijke spreiding vertonen. Door statistische verwerking van de resultaten en zonder rekening te houden met de diepte der uitgevoerde triaxiaalproeven werden de onderstaande karakteristieke waarden afgeleid (tabel 14).

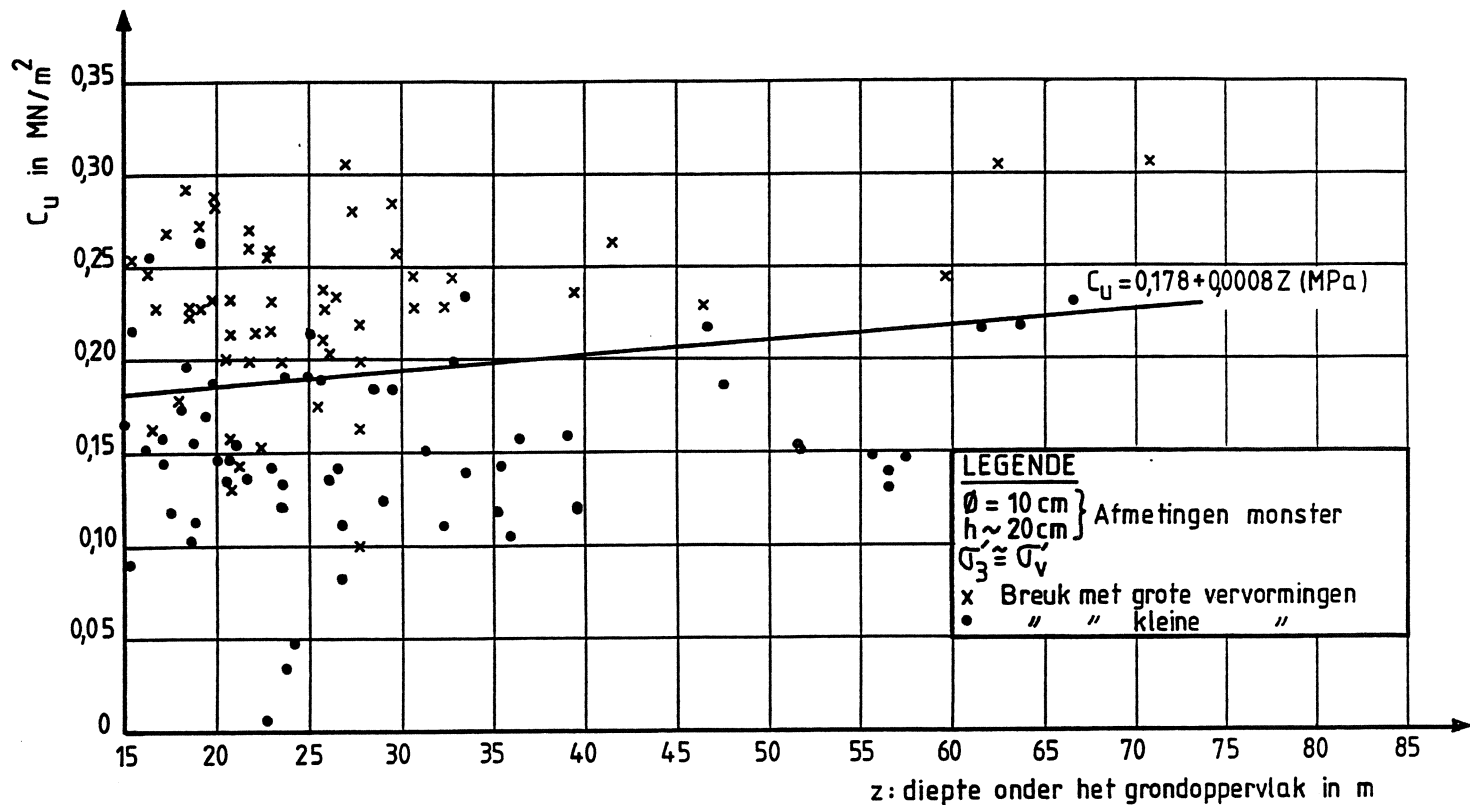


Fig.28  $c_u$  waarden uit UU triaxiaalproeven (Oosterweel) - (T.V. S.V.K.S. deelrapport 9)

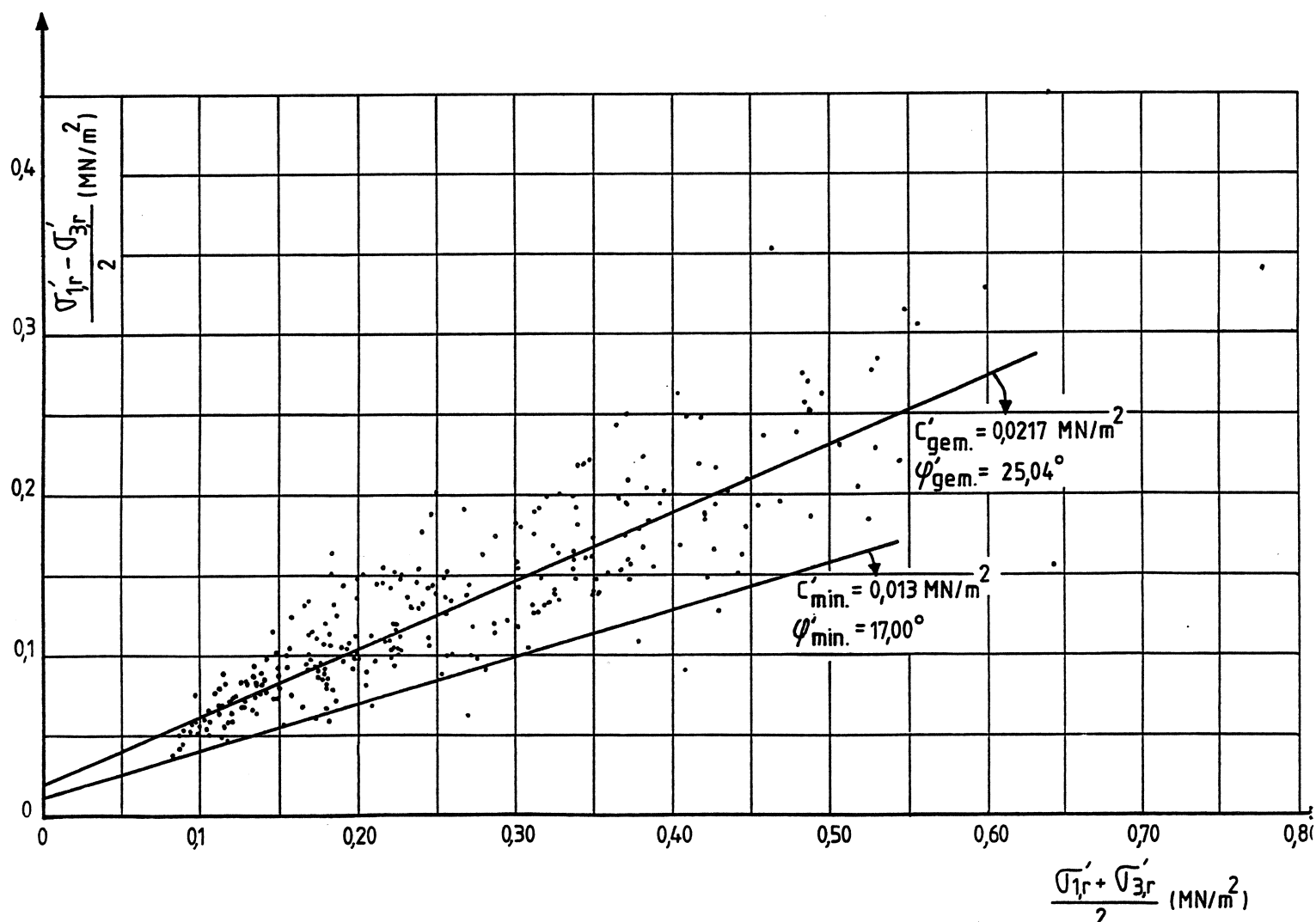


Fig. 29 CU triaxiaalproeven voor de B.K.1 laag (Oosterweel) - (T.V. S.V.K.S. deelrapport 9)



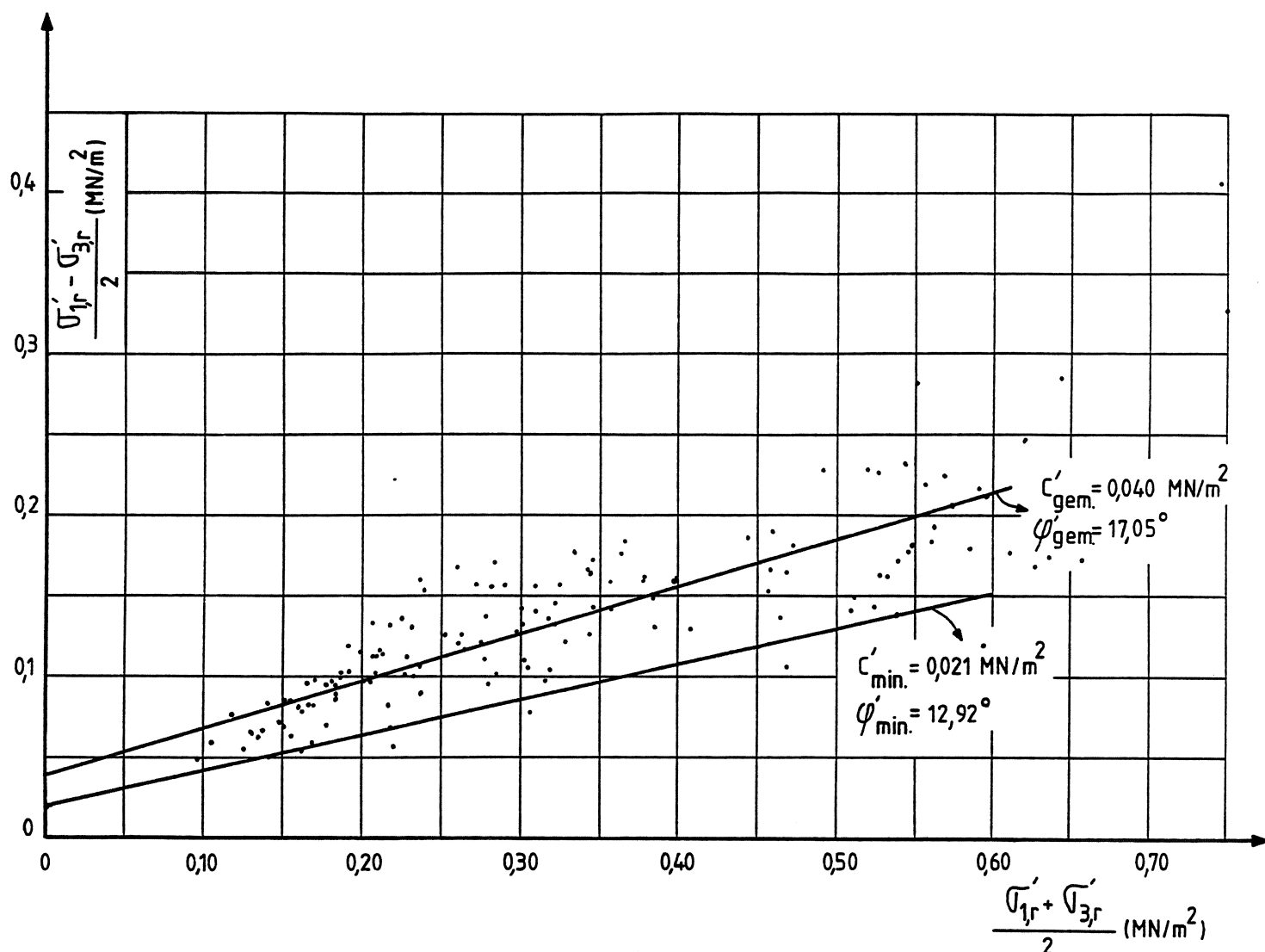


Fig. 30 CU triaxiaalproeven voor de B.K.2 laag (Oosterweel) - (T.V. S.V.K.S. deelrapport 9)

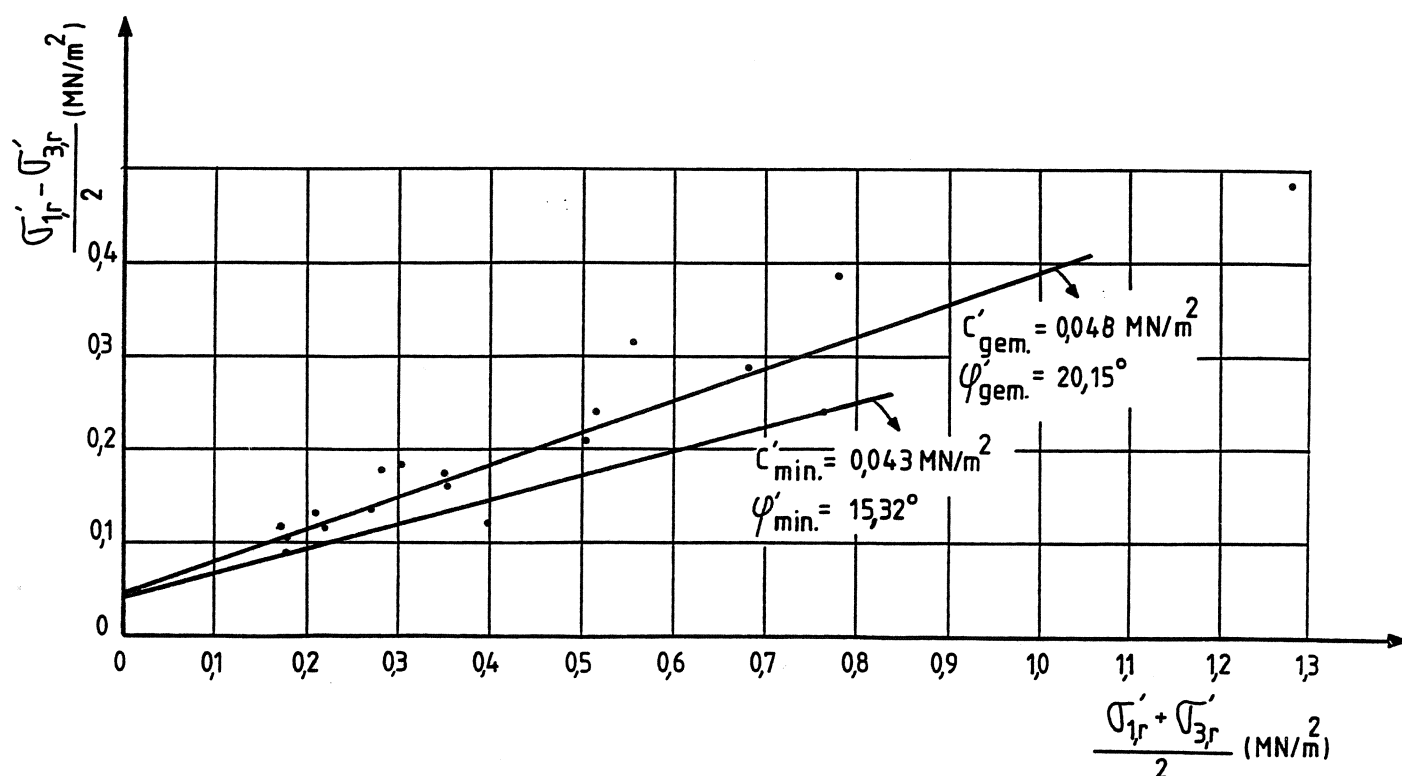


Fig. 31 CU triaxiaalproeven voor de B.K.3 laag (Oosterweel) - (T.V. S.V.K.S. deelrapport 9)

Deze waarden zijn in goede overeenstemming met de hogervermelde wet  $c_u = 75 + 3,5 h$  vermits men op 80 m diepte normaal diende te verkrijgen:

$$c_u = 75 + 3,5 \times 80 = 335 \text{ kN/m}^2$$

Tenslotte kan nog worden opgemerkt dat bij de studie van de E17-Scheldetunnel kon worden vastgesteld dat er een behoorlijke overeenkomst bestond tussen het gekozen verband voor de variatie van  $c_u$  met de diepte ( $c_u = 75 + 3,5 h$ ) en de verkregen schuifweerstandskarakteristieken ( $c = 15 \text{ kN/m}^2$  en  $\varphi = 22^\circ$ ). De te Oosterweel verkregen resultaten vormen geen tegenbewijs dat de waarden van  $c_u$ ,  $c$  en  $\varphi$  gevonden voor de E17-Scheldetunnel, niet ook als aan de veilige kant gelegen waarden kunnen worden aangehouden voor de BK1-laag. Indien ervan wordt uitgegaan dat hetzelfde verband ook dient te bestaan tussen de  $c_u$ ,  $c$  en  $\varphi$  waarden voor de BK2-laag, dan kan de vooropgestelde wet  $c_u = 75 + 1,75 h$  in overeenstemming worden gebracht met de schuifweerstandskarakteristieken  $c = 30 \text{ kN/m}^2$  en  $\varphi = 13^\circ$ .

#### 6.6.4.1.1.3. Bepaling van de residuele schuifweerstandskarakteristieken

In het bestek van de studie van de geplande stormvloedkering werden geen speciale laboratoriumproeven uitgevoerd ter bepaling van de residuele schuifweerstandskarakteristieken van de Boomse klei.

Bij de aanleg van de E17-Scheldetunnel werden deze residuele schuifweerstandskarakteristieken bepaald door het uitvoeren van schuiftorsieproeven. De aldus verkregen resultaten zijn samengebracht in tabel 15.

Tabel 15 - Residuele schuifweerstandskarakteristieken van de Boomse klei

| Aard der monsters | Vervormingssnelheid   | c<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | $\varphi$ |
|-------------------|-----------------------|---------------------------|-----------|
| niet doorgesneden | 0,395 mm/h piekwaarde | 15,0                      | 24°20'    |
|                   | residuele waarde      | 0                         | 24°20'    |
| niet doorgesneden | 2,1 mm/h piekwaarde   | 15,0                      | 19°20'    |
|                   | residuele waarde      | 0                         | 19°20'    |
| doorgesneden      | 0,395 mm/h piekwaarde | -                         | -         |
|                   | residuele waarde      | 0                         | 19°20'    |
| doorgesneden      | 2,1 mm/h piekwaarde   | 0                         | 22°10'    |
|                   | residuele waarde      | 0                         | 15°10'    |

#### 6.6.4.1.1.4. Samendrukkingsproeven

Voor de bepaling van de samendrukkingsconstante  $C$  werd vooral gesteund op de resultaten van zogenaamde cyclische samendrukkingsproeven. Daarbij werden de kleimonsters eerst belast tot minstens  $0,6 \text{ MN/m}^2$ , daarna ontlast en opnieuw herbelast. De gemiddelde waarde van de samendrukkingsconstante  $C$  (bij herbelasting), die aldus werd verkregen, bedroeg onafhankelijk van de diepte 75.

Bij de aanleg van de E17-Scheldetunnel werd door de firma CHRISTIANI en NIELSEN voor de berekening van de hydrodynamische bewegingen gesteund op de volgende waarden van de samendrukkingsconstante C en de ontlastingsconstante A:

$$C = 50 + 2z \text{ voor } p_t < \sigma_k < \sigma_{k,g,M}$$

$$A = 75 + 5z \text{ voor } \sigma_{k,g,m} < \sigma_k < p_t$$

$$A_0 = 30 + 1,75z \text{ voor } \sigma_k < \sigma_{k,g,m}$$

met  $z$  = diepte in m onder het oppervlak (top) van de Boomse klei

$\sigma_k$  = verticale korrelspanning die in de grond heerst na het aanbrengen van de belasting of van de ontlasting

$p_t$  = terreinspanning

$\sigma_{k,g,M}$  = maximale geologische korrelspanning (voorbelasting)

$\sigma_{k,g,m}$  = minimale geologische korrelspanning, na de maximale geologische korrelspanning.

Uit de samendrukkingsproeven bij stijgende belasting leidt men voor de doorlatendheidscoëfficiënt waarden af van  $10^{-10}$  tot  $10^{-12}$  m/s. Uit de metingen verricht in piëzometers die bij de aanleg van de E17-Scheldetunnel werden geplaatst nabij in de Boomse klei gegraven taluds, werden voor de doorlatendheidscoëfficiënt waarden van ca.  $10^{-9}$  m/s afgeleid. Ook uit de waarnemingen van de snelheid waarmee zwellingen zijn opgetreden, kwam men tot ongeveer dezelfde waarden.

Bij ontlasting kan door het ontstaan en het openen van scheuren de doorlatendheid derhalve veel groter zijn dan bij belasting waarbij potentiële scheuren worden dichtgedrukt.

Verder werd bij de aanleg van de E17-Scheldetunnel de waarde van de elasticiteitsmodulus  $E$  afgeleid uit het spannings-vervormingsdiagram dat bij de uitvoering van de vrije prismaproeven werd opgemeten. De aldus verkregen waarden van  $E$ , uitgezet in functie van de diepte, zijn weergegeven in fig. 32. Daarbij werd een duidelijk onderscheid gemaakt tussen de monsters die volgens de horizontale en de verticale richting werden belast. Voor de monsters die volgens de verticale, respectievelijk de horizontale richting werden beproefd werden uiteindelijk de volgende wetten afgeleid:

$$E_v = 5 + 0,6 h \text{ (in MN/m}^2\text{)}$$

$$E_h = 20 + 0,6 h \text{ (in MN/m}^2\text{)}$$

met  $h$  = diepte onder het grondoppervlak in m.

De aldus verkregen waarden waren in goede overeenstemming met deze welke werden verkregen bij de beproeving van een monster ontnomen op 80 m diepte bij de aanleg van onderaardse reservoirs (fig. 33) en waarvoor bij de eerste belasting  $E_0 = 33,4 \text{ MN/m}^2$  werd verkregen en bij herbelasting  $E_s = 73,6 \text{ MN/m}^2$ .

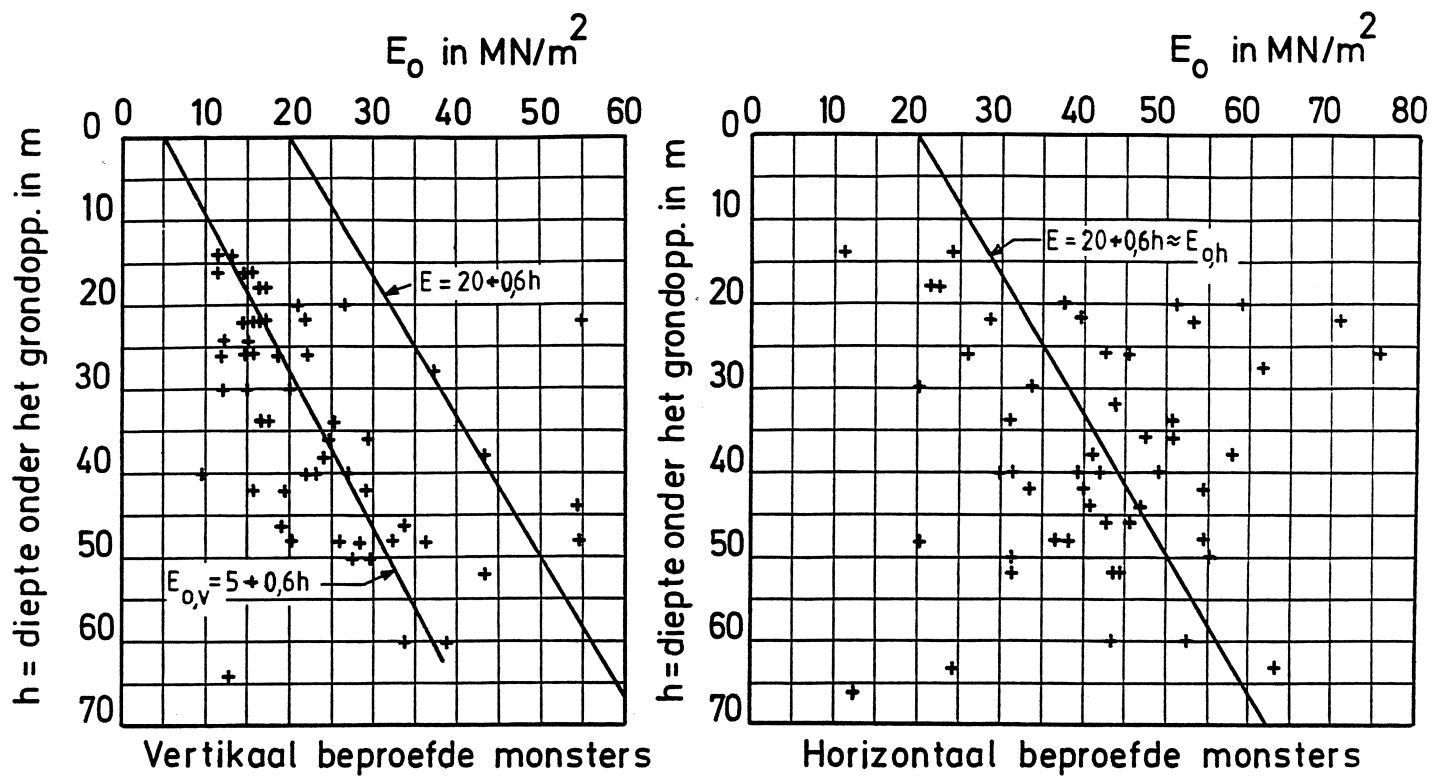


Fig. 32 Waarden van de elasticiteitsmodulus  $E$ , afgeleid uit vrije prismaproeven (De Beer, 1971)

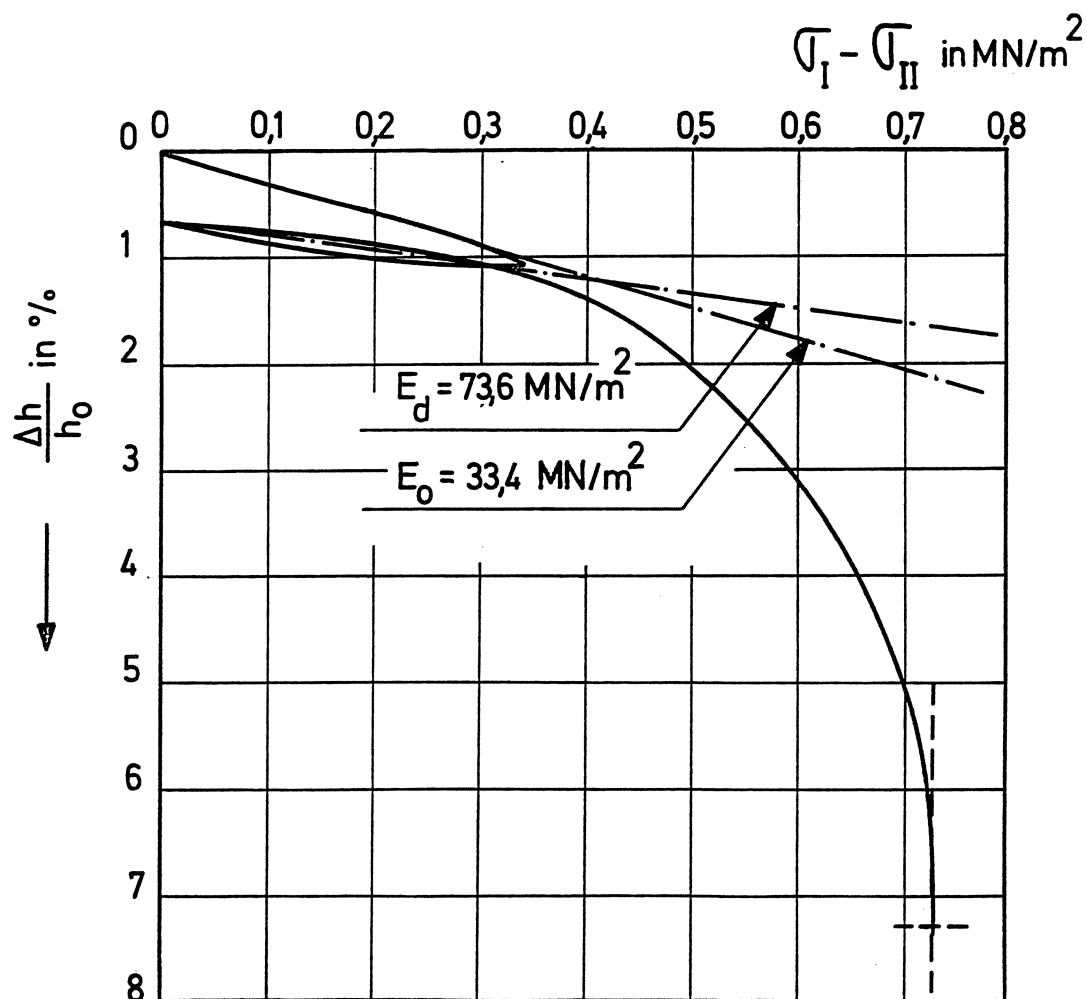


Fig. 33 Spanningsvervormingsdiagramma van een monster ontnomen op 80 m diepte bij de aanleg van onderaardse reservoirs in de Boomse klei (De Beer, 1971)

### 6.6.4.1.2. In situ proeven

#### 6.6.4.1.2.1. Diepsonderingen

Uit de resultaten van de te Oosterweel doorgevoerde elektrische continue diepsonderingen werden voor elke eenheid de volgende karakteristieke waarden afgeleid:

$q_{c,gem}$  = gemiddelde waarde van de konusweerstand

$q_{c,gem\ min}$  = gemiddelde minimale konusweerstand

$q_{c,min\ min}$  = absoluut minimale waarde van de konusweerstand

$f_{s,gem}$  = gemiddelde waarde van de plaatselijke zijdelingse wrijving

$f_{s,min}$  = minimale waarde van de plaatselijke zijdelingse wrijving

Daar binnen de eenheid BK3 een toename van de konusweerstand met de diepte wordt waargenomen, kunnen voor deze eenheid alleen de grenzen worden aangegeven waarbinnen deze karakteristieke waarden variëren. De waarden zijn opgenomen in tabel 16.

Tabel 16 - Karakteristieke waarden afgeleid uit de elektrische continue diepsonderingen in de Boomse klei

|                  | BK1  | BK2  | BK3         |
|------------------|------|------|-------------|
| $q_{c,gem}$      | 4,2  | 3,6  | 3,88 → 5,45 |
| $q_{c,gem\ min}$ | 3,2  | 2,6  | 2,8 → 4,6   |
| $q_{c,min\ min}$ | 2,7  | 2,3  | -           |
| $f_{s,gem}$      | 0,22 | 0,16 | 0,2         |
| $f_{s,min}$      | 0,15 | 0,11 | -           |

#### 6.6.4.1.2.2. Pressiometerproeven type Ménard

Uit de resultaten van de doorgevoerde pressiometerproeven type Ménard, werden voor elke eenheid de volgende karakteristieke waarden afgeleid:

$P_{1,gem}$  = gemiddelde waarde van de limietdruk

$P_{1-\sigma}$  = gemiddelde waarde van de limietdruk - 1 x de spreiding

$E_{M,gem}$  = gemiddelde waarde van de pressiometermodulus

$E_{M,min}$  = minimum waarde van de pressiometermodulus

De waarden zijn opgenomen in tabel 17.

Tabel 17 - Karakteristieke waarden afgeleid uit de pressiometerproeven type Ménard in de Boomse klei

|                                        | BK1  | BK2  | BK3  |
|----------------------------------------|------|------|------|
| $P_{1,gem}$ (in MN/m <sup>2</sup> )    | 1,97 | 1,82 | 1,83 |
| $P_{1-\sigma}$ (in MN/m <sup>2</sup> ) | 1,63 | 1,53 | -    |
| $E_{M,gem}$ (in MN/m <sup>2</sup> )    | 30   | 27,5 | -    |
| $E_{M,min}$ (in MN/m <sup>2</sup> )    | 6,8  | 8,4  | -    |

#### 6.6.4.1.2.3. Zelfborende pressiometerproeven

Uit de resultaten van de zelfborende pressiometerproeven, die op de linker Schelde-oever in drie boringen nabij de bestaande Scheldedijk werden uitgevoerd konden de volgende gegevens worden afgeleid:

- horizontale spanningen in de klei:

\* Op de linkeroever:  $\sigma'_h = 389 - 5,64z$  (in kN/m<sup>2</sup>)

\* In de Schelde: tussen -20 en -29 (NKD):  $\sigma'_h = 23,4z - 164,7$  (in kN/m<sup>2</sup>)  
 vanaf - 29 (NKD):  $\sigma'_h = 389 - 5,64z$  (in kN/m<sup>2</sup>)

met:  $z$  = het NKD-peil

$\sigma'_h$  = de horizontale korrelspanning in de klei

- glijdingsmodulus van de klei:

\* de uit de proeven afgeleide gemiddelde waarden van de glijdingsmodulus bleef constant met de diepte en bedroeg  $G = 37$  MN/m<sup>2</sup>. Wegens de anisotropie van de klei is deze waarde alleen geldig in de horizontale richting.

- doorlatendheid van de klei:

\* uit de doorgevoerde consolidatieproeven konden volgende waarden worden afgeleid voor de horizontale doorlatendheidscoëfficiënt van de klei:

- in de eenheid BK1:  $k_h = 3,2 \cdot 10^{-10}$  m/s

- in de eenheid BK2:  $k_h = 6,7 \cdot 10^{-11}$  m/s

### Opmerkingen

De hierboven vermelde grondmechanische eigenschappen hebben allemaal betrekking op het gedeelte van het Rupeliaan kleicomplex dat geen verwerking heeft ondergaan.

Betreffende de laag bruine verweerde klei, die meestal aan de top van het Rupeliaan kleicomplex wordt aangetroffen, zijn weinig gegevens beschikbaar.

Bij de studie van de geplande stormvloedkering werden tussen -18 en -20 de volgende gemiddelde karakteristieken vastgelegd:

|                                             | Tussen - 18 en -20 | eenheid BK1 |
|---------------------------------------------|--------------------|-------------|
| $q_{c, \text{gem}}$ (in MN/m <sup>2</sup> ) | 3,7                | 4,2         |
| $f_{s, \text{gem}}$ (in MN/m <sup>2</sup> ) | 0,22               | 0,2         |

Andere gegevens zijn niet beschikbaar.

Aangezien de dikte van deze verweerde laag van plaats tot plaats sterk verschillend is, mag worden aangenomen dat de grondmechanische karakteristieken ervan eveneens een grote spreiding zullen vertonen.

Wegens de grote diepte waarop de Boomse klei ter hoogte van de geplande stormvloedkering wordt aangetroffen, werden in het kader van de studie van deze stormvloedkering geen vinproeven uitgevoerd. Gegevens in verband met de sensitiviteit van de Boomse klei (dit is de verhouding van de piekvinschuifweerstand tot de residuele vinschuifweerstand) werden verkregen uit een studie uitgevoerd te Kontich (DE BEER et al., 1977) waarbij voor de sensitiviteit de waarde 2,1 werd gevonden.

#### 6.6.4.2. Onderste lithologisch type van het Rupeliaan kleicomplex

Van het onderste lithologisch type (silthoudende klei en kleihoudende silt) zijn enkele eigenschappen samengebracht in tabel 18. Deze resultaten zijn afkomstig uit de studie van de E17-Scheldetunnel.

Tabel 18 - Grondmechanische eigenschappen van het onderste lithologisch type van het Rupeliaan kleicomplex

| <sup>(32)</sup><br><sup>(33)</sup> | w <sub>L</sub><br>(26)<br>% | w <sub>p</sub><br>(20)<br>% | w<br>(17)<br>% | γ <sub>d</sub><br>(17)<br>kN/m <sup>2</sup> | γ <sub>n</sub><br>(16)<br>kN/m <sup>2</sup> |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Max.                               | 35,5                        | 17,8                        | 18,1           | 13,439                                      | 16,549                                      |
| Min.                               | 61,3                        | 25,0                        | 29,3           | 15,803                                      | 19,600                                      |
| Gem.                               | 46,5                        | 20,2                        | 25,8           | 14,685                                      | 18,482                                      |

---

<sup>32</sup> De symbolen worden verklaard in bijlage 3

<sup>33</sup> Aantal monsters



## 7. HYDROGEOLOGISCHE GEGEVENS (plaat VIII)

### 7.1. Watervoerende lagen

In het gekarteerde gebied komen verschillende watervoerende lagen voor.

In de aangevulde en vergraven gronden treft men een freatische waterlaag aan. Onder het kleiig alluvium komt een semi-artesische waterlaag voor die gelegen is in de kwartaire en/of tertiaire zanden. Waar het kleiig alluvium ontbreekt is de freatische watertafel gelegen in de kwartaire of tertiaire zanden. Een artesische waterlaag komt voor onder het Rupeliaan kleicomplex.

Bij de studie van een geplande stormvloedkering in de Zeeschelde te Antwerpen (kaartbladen 15.3.3 en 15.3.4) is vastgesteld dat het grondwaterpeil in de freatische waterlaag (in de aangevulde gronden) niet beïnvloed wordt door het Scheldetij. De semi-artesische waterlaag daarentegen, tussen het alluvium en het Rupeliaan kleicomplex, wordt er sterk beïnvloed door het Scheldetij. Deze beïnvloeding neemt af met de afstand tot de Schelde. De zone waarbinnen beïnvloeding optreedt is functie van de doorlatendheid van de watervoerende laag evenals van de getijdenamplitude.

De doorlatendheidscoëfficiënten van de gekarteerde eenheden zoals afgeleid uit het laboratoriumonderzoek op een ongeroerd monster, dat nagenoeg steeds klein is, is slechts representatief voor een beperkt gedeelte van de betrokken laag. Daar de doorlatendheid van een laag niet bepaald wordt door haar gemiddelde doorlatendheidseigenschappen maar wel door de doorlatendheid van haar meest doorlatende gedeelten heeft een statistische behandeling van de k-waarden, gesteund op de resultaten van een zeker aantal monsteronderzoeken, in het algemeen weinig praktische betekenis. In de tabellen werden dan ook slechts de minimale en maximale waarden aangegeven. Daarenboven is het meestal in de goed doorlatende gedeelten van een laag dat de ontnaam van ongeroerde monsters zelden slaagt.

Verder dient men er ook rekening mee te houden dat de doorlatendheid in het laboratorium bijna steeds volgens de verticale richting bepaald wordt. Daar de doorlatendheid van de grond volgens de verticale richting normalerwijze kleiner is dan volgens de horizontale richting zullen de in het laboratorium bepaalde waarden van de doorlatendheidscoëfficiënt dan ook meestal kleiner zijn dan de waarden van de doorlatendheidscoëfficiënt afgeleid uit de resultaten van de pompproeven.

Ten behoeve van de voorstudie van een stormvloedkering te Antwerpen (Oosterweel) werden in de zanden boven de Boomse klei drie pompproeven uitgevoerd.

Tevens werd een pompproef uitgevoerd bij Mercantile Marine Engineering and Graving Docks C° met het oog op de bouw van een droogdok. Ook werd een pompproef uitgevoerd nabij de stortplaats de Hooge Maey, naast de verkeerswisselaar van de Grote Ring met de A12.

De resultaten van al deze pompproeven zijn opgenomen in tabel 19.

Tabel 19 - Resultaten van pompproeven

| Pompproef        | Uitvoeringsplaats                                            | k (m/s)              |
|------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------|
| Stormvloedkering | linkeroever (kaart 15.3.3)                                   | $2,85 \cdot 10^{-4}$ |
|                  | rechteroever (kaart 15.3.4)                                  | $2,74 \cdot 10^{-4}$ |
|                  | Noordkasteel (kaart 15.3.4)                                  | $1,58 \cdot 10^{-4}$ |
| Mercantile       | nabij verbinding Hansa-dok en Vijfde havendok (kaart 15.3.3) | $4,5 \cdot 10^{-5}$  |
| De Hooge Maey    | nabij verkeerswisselaar Grote Ring en A12 (kaart 7.7.5-8)    | $6,3 \cdot 10^{-5}$  |

Deze waarden voor de doorlatendheidscoëfficiënt zijn echter globale waarden voor de zandcomplexen tussen de alluviale lagen en de Boomse klei (Kwartair zandcomplex, plaatselijk Scaldisiaan b zandcomplex, Scaldisiaan a zandcomplex). Het is evenwel aan te nemen dat ieder zandcomplex een verschillende k-waarde bezit.

Pompproeven in het Antwerpiaan zandcomplex werden uitgevoerd ten behoeve van de aanleg van de pré-metro en van E17-Kleine Ring.

De pompproef uitgevoerd voor de pré-metro werd verricht op de hoek van de Frankrijklei en de Teniersplaats (kaartblad 15.3.6). De waarden van de doorlatendheidscoëfficiënt van het Antwerpiaan zandcomplex variëren er tussen  $4,2 \cdot 10^{-5}$  m/s en  $8,7 \cdot 10^{-5}$  m/s.

De waarden van de doorlatendheidscoëfficiënt van het Antwerpiaan zandcomplex afgeleid uit de pompproeven die werden uitgevoerd ten behoeve van de bemalingsstudie voor de E17-Kleine Ring liggen tussen  $3 \cdot 10^{-5}$  m/s en  $7 \cdot 10^{-5}$  m/s.

## 7.2. Grondwaterkwaliteit

Ter plaatse van twee pompproeven uitgevoerd ten behoeve van de studie van een stormvloedkering op de Zeeschelde werden aan de watervoerende laag boven de Boomse klei grondwatermonsters ontnomen en oniderworpen aan een chemisch onderzoek. De resultaten zijn in tabel 20 weergegeven.

Tabel 20 - Grondwaterkwaliteit ter plaatse van de geplande stormvloedkering

| parameter/pompproef                  | pompproef Noordkasteel | pompproef rechteroever<br>(15.3.4) |
|--------------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| pH                                   | 7,2                    | 7,4                                |
| Cl <sup>-</sup> (mg/l)               | 1305                   | 3130                               |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l) | 39                     | 84                                 |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l) | 690                    | 810                                |
| Fe (mg/l)                            | 10                     | 11,5                               |
| Ca (mg/l)                            | 220,8                  | 216,0                              |
| Mg (mg/l)                            | 8,9                    | 111,8                              |
| geleidbaarheid (μS/cm)               | 3690                   | 7540                               |
| COD (mg/l)                           | 83                     | 88                                 |
| droogrest 105°C (mg/l)               | 2785                   | 6619                               |
| gloeirest 600°C (mg/l)               | 2591                   | 5328                               |

Uit deze analyse blijkt het grondwater ter plaatse van de pompproeven brak tot zeer brak te zijn. Een dergelijke grondwaterkwaliteit kan verwacht worden onder de voormalige polders.

### 7.3. Voorstelling van hydrogeologische gegevens op de plaat VIII

Gegevens in verband met de grondwaterstand waargenomen tijdens boringen en sonderingen zijn samen met de datum van waarneming naast het betrokken punt op de plaat vermeld.

Waar het aanvangspeil van de boring of sondering bekend is staat het aangegeven. In dergelijke gevallen is ook het waterpeil vermeld. Is het aanvangspeil niet bekend dan is enkel de diepte van het grondwater genoteerd.

## **8. GRONDMECHANISCHE ZONERING (plaat IX)**

### **8.1. Algemene voorstelling**

Op de plaat IX zijn de grondmechanische zones aangegeven. In een grondmechanische zone bestaan analoge globale grondmechanische eigenschappen.

Een grondmechanische zone is gekenmerkt door een welbepaalde opeenvolging van lagen. De dikte van enkele lagen speelt een rol bij de zonering. De voormalige wielen worden afzonderlijk aangegeven.

Het raadplegen van de reeds eerder besproken platen blijft echter onontbeerlijk om een meer gedetailleerde kennis van het terrein te verwerven.

In het gekarteerde gebied worden, naast de voormalige wielen, 11 zones onderscheiden. Ze zijn genummerd II, IVa, Va, Vb, VIa, VIb, VIIa, VIIb, VIIIa, VIIIb en IXa. Een overzicht van de kenmerkende lithologische opeenvolging en dikte is weergegeven in tabel 21.

Tabel 21 - Grondmechanische zonering op het kaartblad 15.2.1-4: kenmerkende lithologische opeenvolging en dikte

| ZONE<br>GEKAR-<br>TEERDE<br>EENHEDEN  | II         | IVa        | Va         | Vb        | VIa         | VIIb        | VIIIa       | VIIIb       | IXa         |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Aangevulde en<br>vergraven<br>gronden | (x)        | (x)        | (x) < 6 m  | x < 6m    | x > 6m      | x < 6m      | x > 6m      | x > 6m      | x < 6m      |
| Alluvium                              | (x) < 2 m  | -          | x          | x         | x           | x           | x           | x           | x           |
| Kwartair zand-<br>complex             | (x)        | x < 6 m    | (x) < 6 m  | x > 6 m   | (x) < 6m    | x > 6m      | (x) < 6m    | x > 6m      | (x) < 6m    |
| Scaldisiaan b<br>zandcomplex          | -          | -          | -          | -         | -           | -           | -           | -           | x < 6m      |
| Scaldisiaan a<br>zancomplex           | x<br>> 6 m | x<br>> 6 m | x<br>> 6 m | x<br>> 6m | (x)<br>< 6m | x<br>< 6m   | x<br>> 6m   | x<br>> 6m   | x<br>> 6m   |
| Antwerpiaan<br>zancomplex             | (x)        | (x)        | (x)        | (x)       | (x)<br>< 6m | (x)<br>< 6m | (x)<br>< 6m | (x)<br>< 6m | (x)<br>< 6m |
| Rupeliaan<br>kleicomplex              | x          | x          | x          | x         | x           | x           | x           | x           | x           |

**Opmerkingen:**

- x duidt aan dat de gekarteerde eenheid voorkomt in de beschouwde zone.
- (x) duidt aan dat de gekarteerde eenheid kan ontbreken in de beschouwde zone.

## 8.2. Bespreking van de grondmechanische zones

### 8.2.1. Grondmechanische zone II

#### 8.2.1.1. Ligging

De zone II wordt enkel aangetroffen in de zuidoostelijke hoek van het kaartblad. Ze beslaat een kleine oppervlakte.

#### 8.2.1.2. Kenmerkende lithologische opeenvolging en dikte

- |                                   |   |             |
|-----------------------------------|---|-------------|
| - Aangevulde en vergraven gronden | } | dikte < 2 m |
| - Alluvium                        |   |             |
| - Kwartair zandcomplex            |   |             |
| - Scaldisiaan a zandcomplex       |   |             |
| - Rupeliaan kleicomplex           |   |             |
|                                   |   | dikte > 6 m |

De dikte van de gekarteerde eenheden en het peil van de top van het Rupeliaan kleicomplex binnen de beschouwde zone zijn weergegeven in tabel 22.

#### 8.2.1.3. Grondmechanische kenmerken

Door de geringe dikte van de kwartaire afzettingen worden in deze zone over het algemeen goede funderingswaarden aangetroffen.

Een voorbeeld van een sondering uitgevoerd in de zone II is weergegeven in figuur 34.

Tabel 22 - Dikte van de gekarteerde lagen (in m) en top van het Rupeliaan kleicomplex (in mTAW) in de grondmechanische zones op kaartblad 15.2.1-4

| ZONE<br>GEKAR-<br>TEERDE<br>EENHEDEN  | II      | IVa    | Va     | Vb      | VIa     | VIIb    | VIIIa  | VIIIb   | IXa    |         |         |
|---------------------------------------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|
| Aangevulde en<br>vergraven<br>gronden | 0-2     | 0-2    | 0-6    | 0-6     | 8-10    | 4-10    | 0-6    | 2-4     | 6-10   | 2-10    | 2-8     |
| Alluvium                              | 0-2     | -      | 0-12   | 0-8     | 4-8     | 4-8     | 0-12   | 6-12    | 0-8    | 2-8     | 2-8     |
| Kwartair zand-<br>complex             | 0-2     | 0-6    | 0-6    | 6-12    | 4-6     | 6-12    | 0-6    | 6-14    | 0-6    | 6-10    | 0-6     |
| Scaldisiaan b<br>zandcomplex          | -       | -      | -      | -       | -       | -       | -      | -       | -      | -       | 0-6     |
| Scaldisiaan a<br>zancomplex           | 12-14   | 6-14   | 6-20   | 6-18    | 0-6     | 0-6     | 2-6    | 2-6     | 6-20   | 6-10    | 10-14   |
| Antwerpiaan<br>zancomplex             | -12/-14 | -6/-14 | -6/-26 | -14/-22 | -14/-16 | -14/-20 | -6/-20 | -18/-22 | -8/-26 | -14/-24 | -18/-22 |
| Rupeliaan<br>kleicomplex              |         |        |        |         |         |         |        |         |        |         |         |

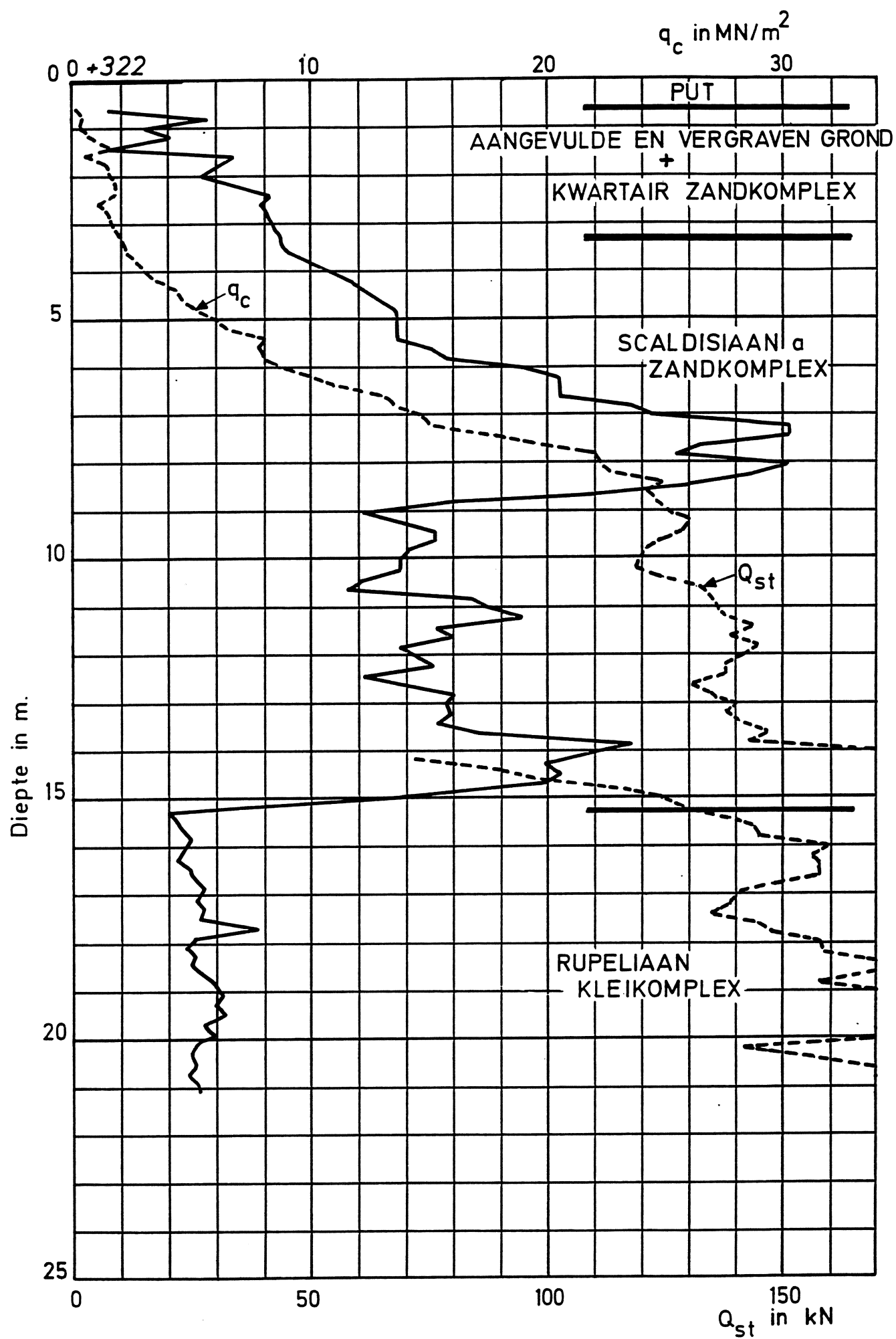


Fig. 34 Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd aan de rand van de zone II op kaartblad 15.3.3 (punt 599)



## 8.2.2. Grondmechanische zone IVa

### 8.2.2.1. Ligging

De zone IVa wordt aangetroffen in het zuiden van het kaartblad.

### 8.2.2.2. Kenmerkende lithologische opeenvolging en dikte

- |                                   |             |              |
|-----------------------------------|-------------|--------------|
| - Aangevulde en vergraven gronden | dikte < 6 m | } dikte > 2m |
| - Kwartair zandcomplex            | dikte < 6 m |              |
| - Scaldisiaan a zandcomplex       | dikte > 6 m |              |
| - Rupeliaan kleicomplex           |             |              |

De dikte van de gekarteerde eenheden en het peil van de top van het Rupeliaan kleicomplex binnen de beschouwde zone zijn weergegeven in tabel 22.

### 8.2.2.3. Grondmechanische kenmerken

Bij de uitvoering van diepsonderingen werden nogal verschillende konusweerstand opgetekend. Het is dan ook niet mogelijk de kenmerken van deze zone zonder meer te beschrijven. Niettemin zijn de funderingsvoorwaarden in de meeste gevallen toch vrij gunstig.

Een voorbeeld van een sondering uitgevoerd in de zone IVa is weergegeven in figuur 35.

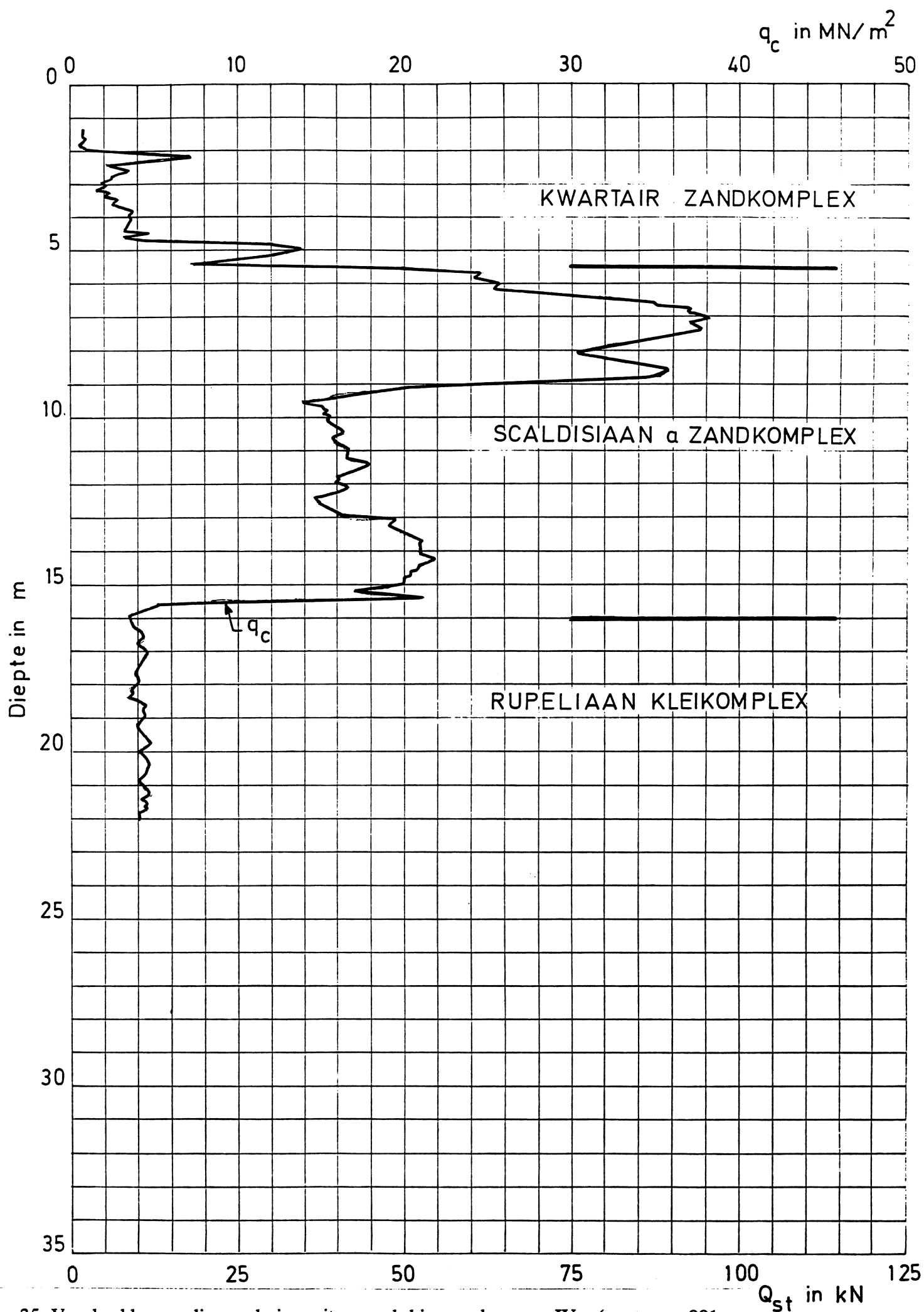


Fig. 35 Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd binnen de zone IVa (punt nr. 901, X=143.130, Y=213.715)

### 8.2.3. Grondmechanische zone Va

#### 8.2.3.1. Ligging

De zone Va komt voor in het grootste gedeelte van het kaartblad met uitzondering van het oostelijk deel. Op de rechteroever komt ook een strook voor die behoort tot zone Va.

#### 8.2.3.2. Kenmerkende lithologische opeenvolging en dikte

|                                   |             |             |
|-----------------------------------|-------------|-------------|
| - Aangevulde en vergraven gronden | dikte < 6 m |             |
| - Alluvium                        |             | dikte > 2 m |
| - Kwartair zandcomplex            | dikte < 6 m |             |
| - Scaldisiaan a zandcomplex       | dikte > 6 m |             |
| - Rupeliaan kleicomplex           |             |             |

De dikte van de gekarteerde eenheden en het peil van de top van het Rupeliaan kleicomplex binnen de beschouwde zone zijn weergegeven in tabel 22.

#### 8.2.3.3. Grondmechanische kenmerken

De funderingsvoorwaarden binnen deze zone worden in belangrijke mate beïnvloed door de aanwezigheid van de aangevulde en vergraven gronden en van het alluvium. Daar de dikte van het alluvium in de zone Va op het kaartblad 15.2.1-4 belangrijk is, zijn de funderingsvoorwaarden minder gunstig.

Voor wat lichte constructies betreft is de dikte van de aangevulde en vergraven gronden meestal te gering om gunstige funderingsvoorwaarden te kunnen aantreffen.

Belangrijke constructies dienen in het algemeen te worden gefundeerd op palen die in het Scaldisiaan a zandcomplex worden aangezet.

Een voorbeeld van een sondering uitgevoerd in de zone Va is weergegeven in figuur 36.

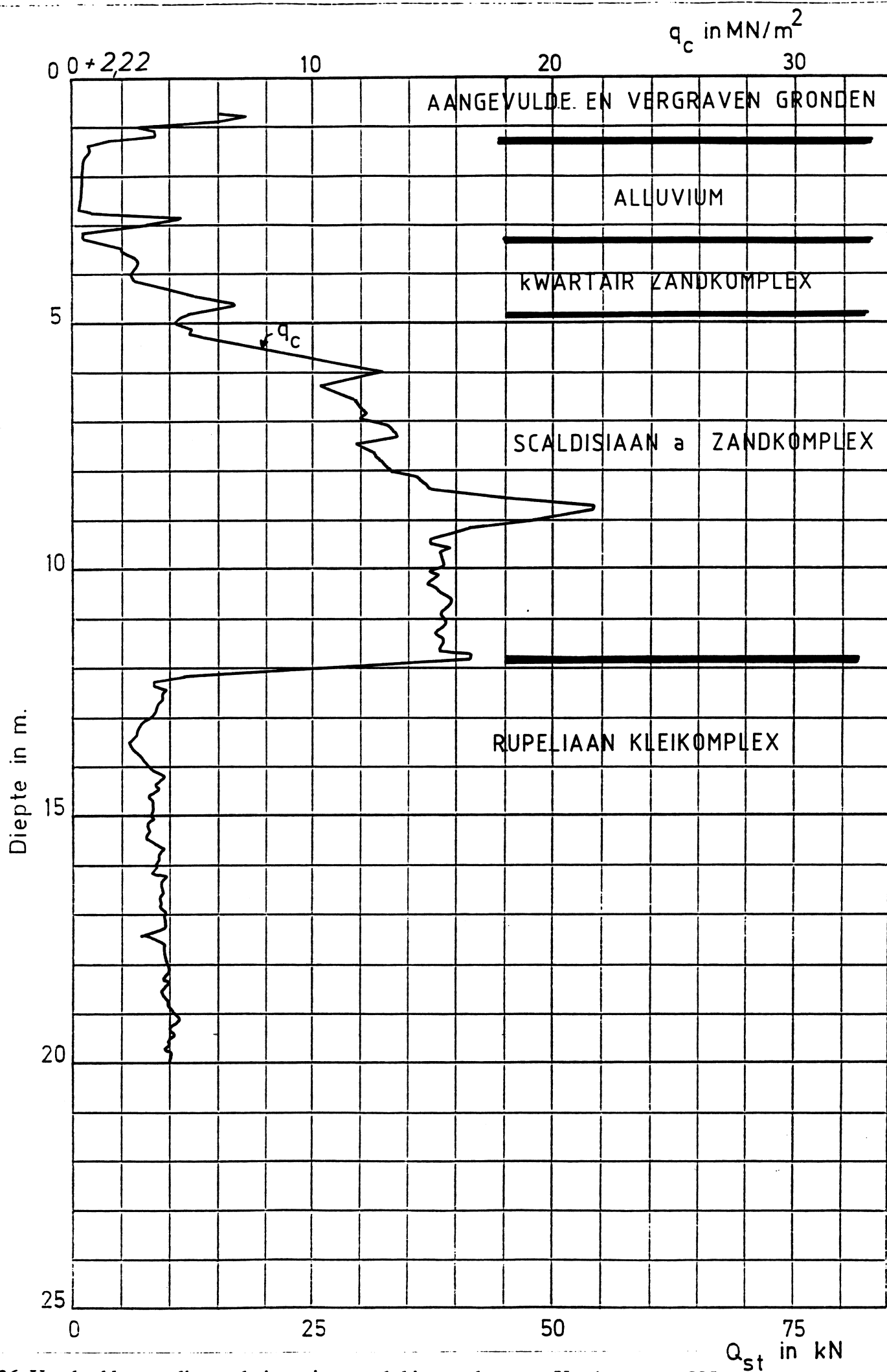


Fig. 36 Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd binnen de zone Va (punt nr. 895, X=139.820, Y=214.735)

## **8.2.4. Grondmechanische zone Vb**

### **8.2.4.1. Ligging**

De zone Vb komt voor in drie kleine gebieden in het noordwesten van het kaartblad, in twee zeer kleine stroken ten noorden van de Waaslandhaven en in een gebied in het oosten langsheen de Schelde.

### **8.2.4.2. Kenmerkende lithologische opeenvolging en dikte**

- |                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| - Aangevulde en vergraven gronden | dikte < 6 m |
| - Alluvium                        |             |
| - Kwartair zandcomplex            | dikte > 6 m |
| - Scaldisiaan a zandcomplex       | dikte > 6 m |
| - Rupeliaan kleicomplex           |             |

De dikte van de gekarteerde eenheden en het peil van de top van het Rupeliaan kleicomplex binnen de beschouwde zone zijn weergegeven in tabel 22.

### **8.2.4.3. Grondmechanische kenmerken**

De funderingsvoorwaarden binnen deze zone worden in belangrijke mate beïnvloed door de aanwezigheid van de aangevulde en vergraven gronden en van het alluvium. Daar de dikte van het alluvium in de zone Vb op het kaartblad 15.2.1-4 belangrijk is, zijn de funderingsvoorwaarden minder gunstig.

Voor wat lichte constructies betreft is de dikte van de aangevulde en vergraven gronden meestal te gering om gunstige funderingsvoorwaarden te kunnen aantreffen.

Belangrijke constructies dienen in het algemeen te worden gefundeerd op palen die ofwel in het kwartair zandcomplex ofwel in het Scaldisiaan a zandcomplex worden aangezet. Men dient er rekening mee te houden dat de in het kwartair zandcomplex opgemeten konusweerstand vrij snel van plaats tot plaats kunnen variëren.

Een voorbeeld van een sondering uitgevoerd in de zone Vb is weergegeven in figuur 37.

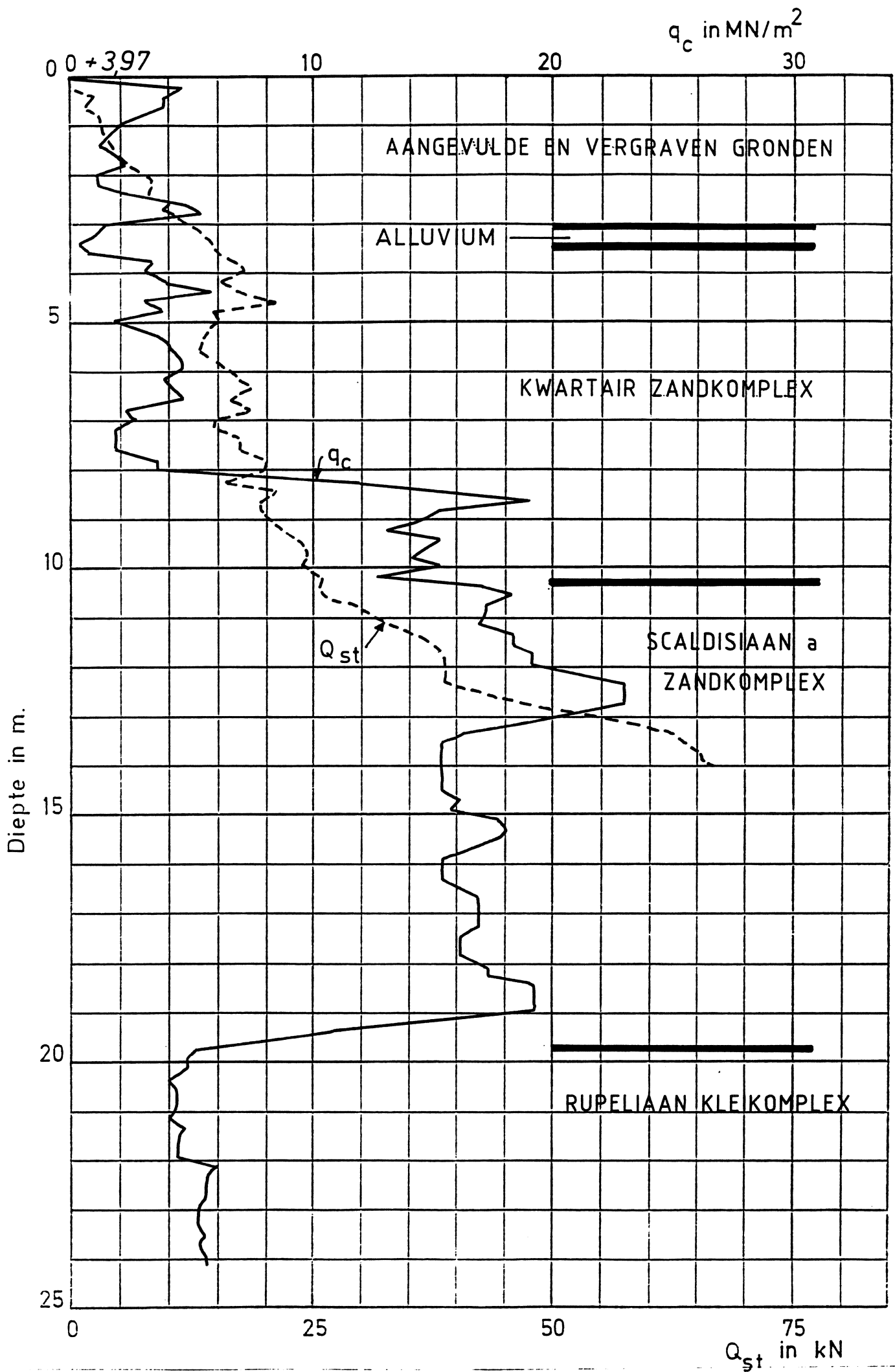


Fig. 37 Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd binnen de zone Vb (punt nr. 585, X=138.285, Y=215.930)

## **8.2.5. Grondmechanische zone VIa**

### **8.2.5.1. Ligging**

De zone VIa komt voor in een zeer smalle strook in het uiterste oosten van het kaartblad.

### **8.2.5.2. Kenmerkende lithologische opeenvolging en dikte**

- |                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| - Aangevulde en vergraven gronden | dikte > 6 m |
| - Alluvium                        |             |
| - Kwartair zandcomplex            | dikte < 6 m |
| - Scaldisiaan a zandcomplex       | dikte < 6 m |
| - Rupeliaan kleicomplex           |             |

De dikte van de gekarteerde eenheden en het peil van de top van het Rupeliaan kleicomplex binnen de beschouwde zone zijn weergegeven in tabel 22.

### **8.2.5.3. Grondmechanische kenmerken**

De funderingsvoorwaarden binnen deze zone worden in belangrijke mate beïnvloed door de aanwezigheid van de aangevulde en vergraven gronden en van het alluvium.

Binnen de zones waar de aangevulde gronden op een geordende wijze werden aangebracht met het oog op het bouwrijp maken van de terreinen, kunnen voor wat lichte constructies betreft, gunstige funderingsvoorwaarden worden aangetroffen. De homogeniteit van de aangevulde gronden dient evenwel te worden gecontroleerd.

Daar de dikte van het alluvium in de zone VIa op het kaartblad 15.2.1-4 belangrijk is, zijn de funderingsvoorwaarden minder gunstig.

Belangrijke constructies dienen in het algemeen te worden gefundeerd op palen die ofwel in het kwartair zandcomplex ofwel in het Scaldisiaan a zandcomplex ofwel in de Boomse klei worden aangezet.

Een voorbeeld van een sondering uitgevoerd in de zone VIa is weergegeven in figuur 38.

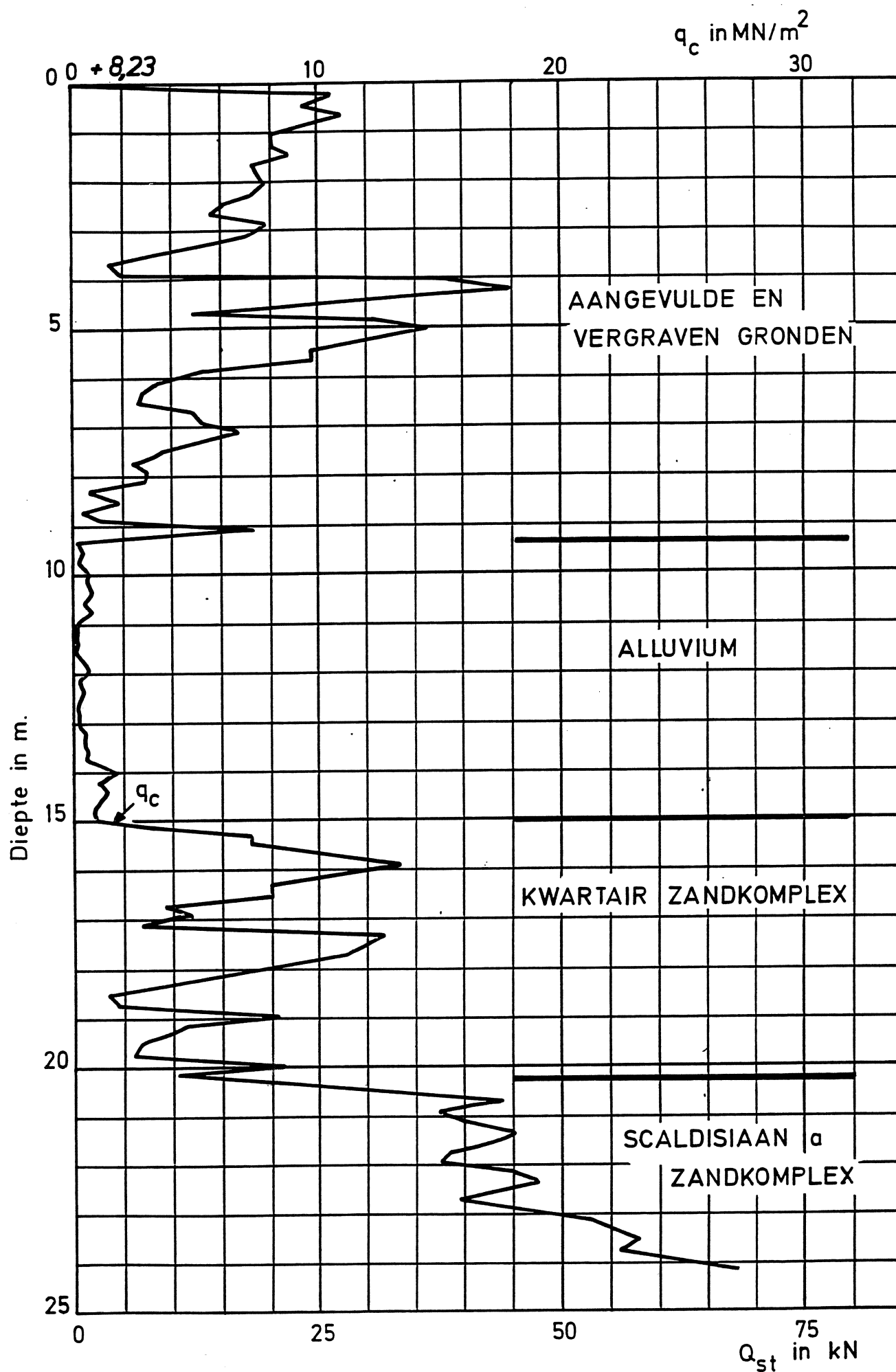


Fig. 38 Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd binnen de zone VIa op kaartblad 15.3.3. Ter plaatse van deze diepsondering is de dikte van het Scaldisiaan a zandcomplex begrepen tussen 4 en 6 m (punt nr. 559)



### **8.2.6. Grondmechanische zone VIb**

#### **8.2.6.1. Ligging**

De zone VIb komt enkel voor in het oosten van het kaartblad (voormalige Melselepolder).

#### **8.2.6.2. Kenmerkende lithologische opeenvolging en dikte**

- |                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| - Aangevulde en vergraven gronden | dikte > 6 m |
| - Alluvium                        |             |
| - Kwartair zandcomplex            | dikte > 6 m |
| - Scaldisiaan a zandcomplex       | dikte < 6 m |
| - Rupeliaan kleicomplex           |             |

De dikte van de gekarteerde eenheden en het peil van de top van het Rupeliaan kleicomplex binnen de beschouwde zone zijn weergegeven in tabel 22.

#### **8.2.6.3. Grondmechanische kenmerken**

De grondmechanische kenmerken binnen de zone VIb zijn globaal genomen dezelfde als voor de zone VIa. Wegens de grotere dikte van het kwartair zandcomplex dient men bij zware constructies de aanzet van de palen in dit kwartair zandcomplex te voorzien. Men dient er dan wel rekening mee te houden dat de in het kwartair zandcomplex opgemeten konusweerstand vrij snel van plaats tot plaats kunnen variëren.

Een voorbeeld van een sondering uitgevoerd in de zone VIb is weergegeven in figuur 39.

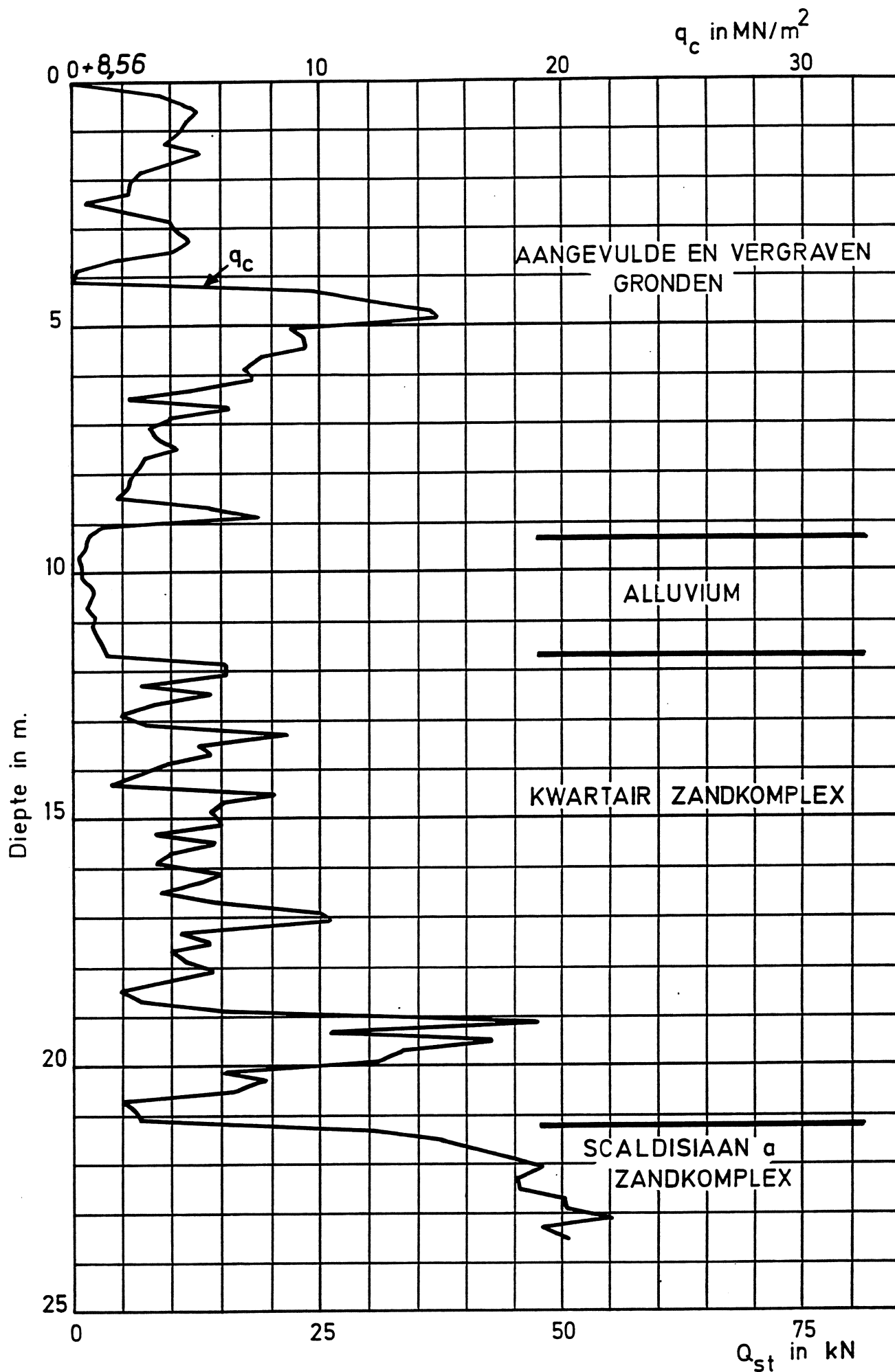


Fig. 39 Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd binnen de zone VIb op kaartblad 15.3.3. Ter plaatse van deze diepsondering is de dikte van het Scaldisiaan a zandcomplex begrepen tussen 4 en 6 m (punt nr. 561)

### 8.2.7. Grondmechanische zone VIIa

#### 8.2.7.1. Ligging

De zone VIIa komt voor in het westen (Vrasenepolder) en in het oosten (Fort St.-Marie) van het kaartblad.

#### 8.2.7.2. Kenmerkende lithologische opeenvolging en dikte

|                                   |             |              |
|-----------------------------------|-------------|--------------|
| - Aangevulde en vergraven gronden | dikte < 6 m | } dikte > 2m |
| - Alluvium                        |             |              |
| - Kwartair zandcomplex            | dikte < 6 m |              |
| - Scaldisiaan a zandcomplex       | dikte < 6 m |              |
| - Rupeliaan kleicomplex           |             |              |

De dikte van de gekarteerde eenheden en het peil van de top van het Rupeliaan kleicomplex binnen de beschouwde zone zijn weergegeven in tabel 22.

#### 8.2.7.3. Grondmechanische kenmerken

De grondmechanische kenmerken van de zone VIIa zijn in het oosten wegens de grote dikte van het alluvium (6 tot 12 m) ongunstig. In het westen zijn de funderingsvoorwaarden door de geringe dikte van de kwartaire afzettingen gunstiger. Belangrijke constructies kunnen aangezet worden in het Scaldisiaan a zandcomplex of in de Boomse klei.

Een voorbeeld van een sondering uitgevoerd in de zone VIIa is weergegeven in figuur 40.

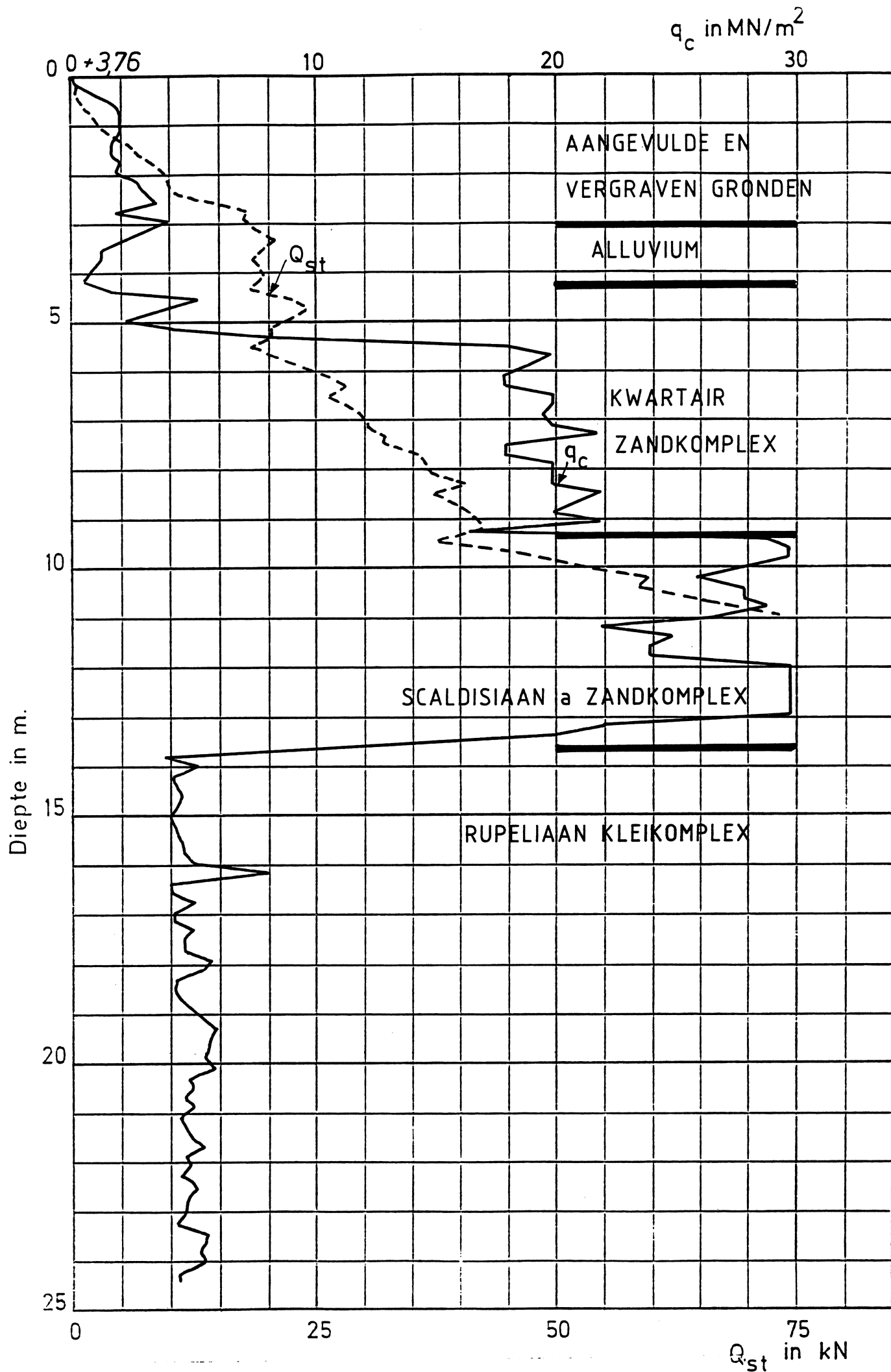


Fig. 40 Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd binnen de zone VIIa (punt nr. 587, X=138.370, Y=215.170)

### **8.2.8. Grondmechanische zone VIIb**

#### **8.2.8.1. Ligging**

De zone VIIb komt alleen voor ter hoogte van Fort St.-Marie in het oosten van het kaartblad.

#### **8.2.8.2. Kenmerkende lithologische opeenvolging en dikte**

- |                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| - Aangevulde en vergraven gronden | dikte < 6 m |
| - Alluvium                        |             |
| - Kwartair zandcomplex            | dikte > 6 m |
| - Scaldisiaan a zandcomplex       | dikte < 6 m |
| - Rupeliaan kleicomplex           |             |

De dikte van de gekarteerde eenheden en het peil van de top van het Rupeliaan kleicomplex binnen de beschouwde zone zijn weergegeven in tabel 22.

#### **8.2.8.3. Grondmechanische kenmerken**

De funderingsvoorwaarden binnen deze zone worden in belangrijke mate beïnvloed door de aanwezigheid van de aangevulde en vergraven gronden en van het alluvium. Wegens de grote dikte vooral van het alluvium (6 tot 12 m) zijn de funderingsvoorwaarden minder gunstig.

Belangrijke constructies dienen in het algemeen te worden gefundeerd op palen die ofwel in het kwartair zandcomplex ofwel in het Scaldisiaan a zandcomplex ofwel in de Boomse klei worden aangezet. Men dient er dan wel rekening mee te houden dat de in het kwartair zandcomplex opgemeten konusweerstand vrij snel van plaats tot plaats kunnen variëren.

Een voorbeeld van een sondering uitgevoerd in de zone VIIb is weergegeven in figuur 41.

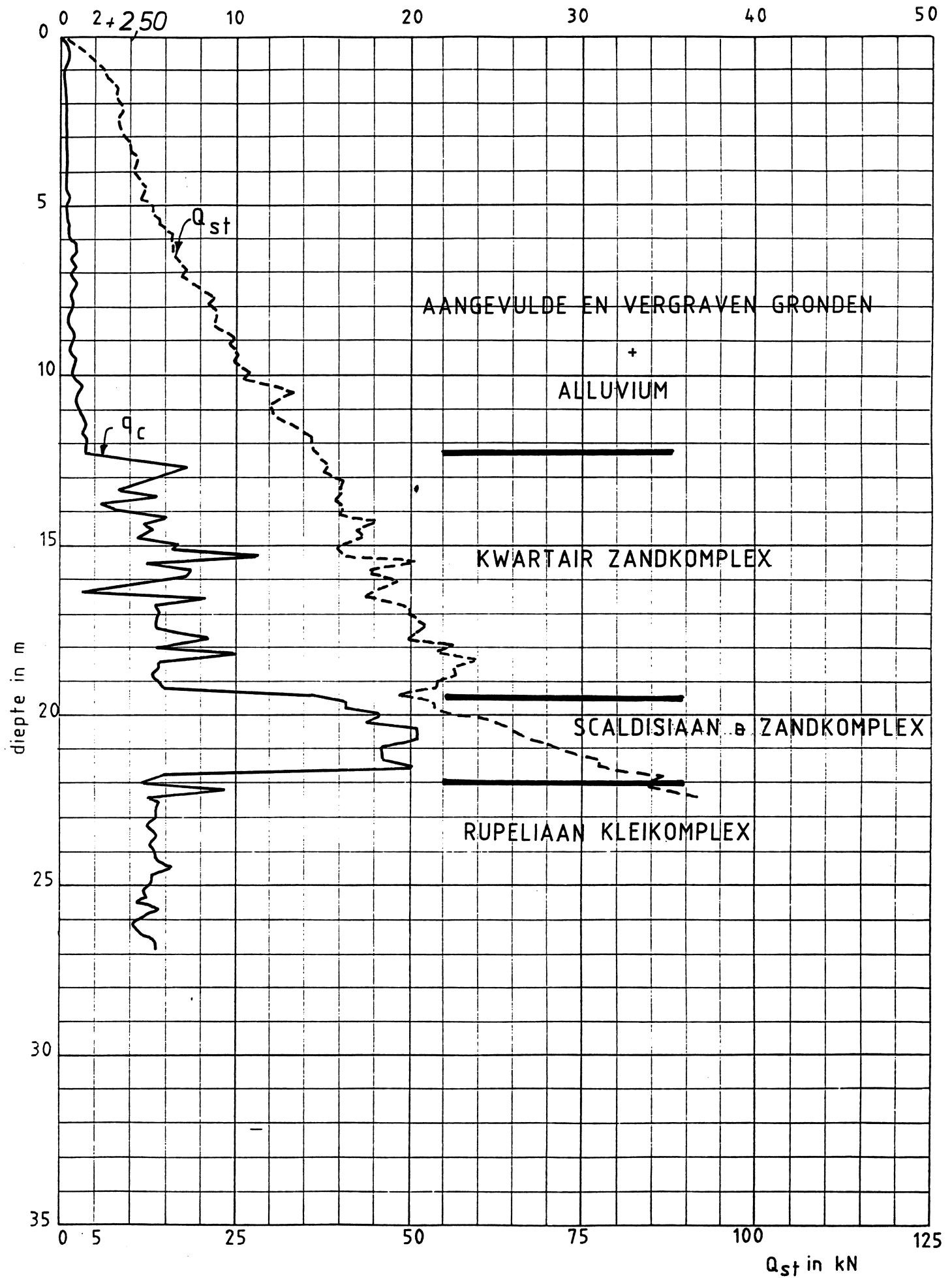


Fig. 41 Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd binnen de zone VIIb (punt nr. 792, X=144.885, Y=216.095)

### **8.2.9. Grondmechanische zone VIIIa**

#### **8.2.9.1. Ligging**

De zone VIIIa komt voor in het noorden (voormalige Kallopolder) en in het oosten (voormalige Melselepolder) van het kaartblad. Ook de opgehoogde spoorwegberm in het zuidoosten van het kaartblad behoort tot zone VIIIa.

#### **8.2.9.2. Kenmerkende lithologische opeenvolging en dikte**

- |                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| - Aangevulde en vergraven gronden | dikte > 6 m |
| - Alluvium                        |             |
| - Kwartair zandcomplex            | dikte < 6 m |
| - Scaldisiaan a zandcomplex       | dikte > 6 m |
| - Rupeliaan kleicomplex           |             |

De dikte van de gekarteerde eenheden en het peil van de top van het Rupeliaan kleicomplex binnen de beschouwde zone zijn weergegeven in tabel 22.

#### **8.2.9.3. Grondmechanische kenmerken**

De funderingsvoorwaarden binnen deze zone worden in belangrijke mate beïnvloed door de aanwezigheid van de aangevulde en vergraven gronden en van het alluvium.

Binnen de zones waar de aangevulde gronden op een geordende wijze werden aangebracht met het oog op het bouwrijp maken van de terreinen, kunnen voor wat lichte constructies betreft, gunstige funderingsvoorwaarden worden aangetroffen. De homogeniteit van de aangevulde gronden dient evenwel te worden gecontroleerd.

Belangrijke constructies dienen in het algemeen te worden gefundeerd op palen die ofwel in het kwartair zandcomplex ofwel bij voorkeur in het Scaldisiaan a zandcomplex worden aangezet.

Een voorbeeld van een sondering uitgevoerd in de zone VIIIa is weergegeven in figuur 42.

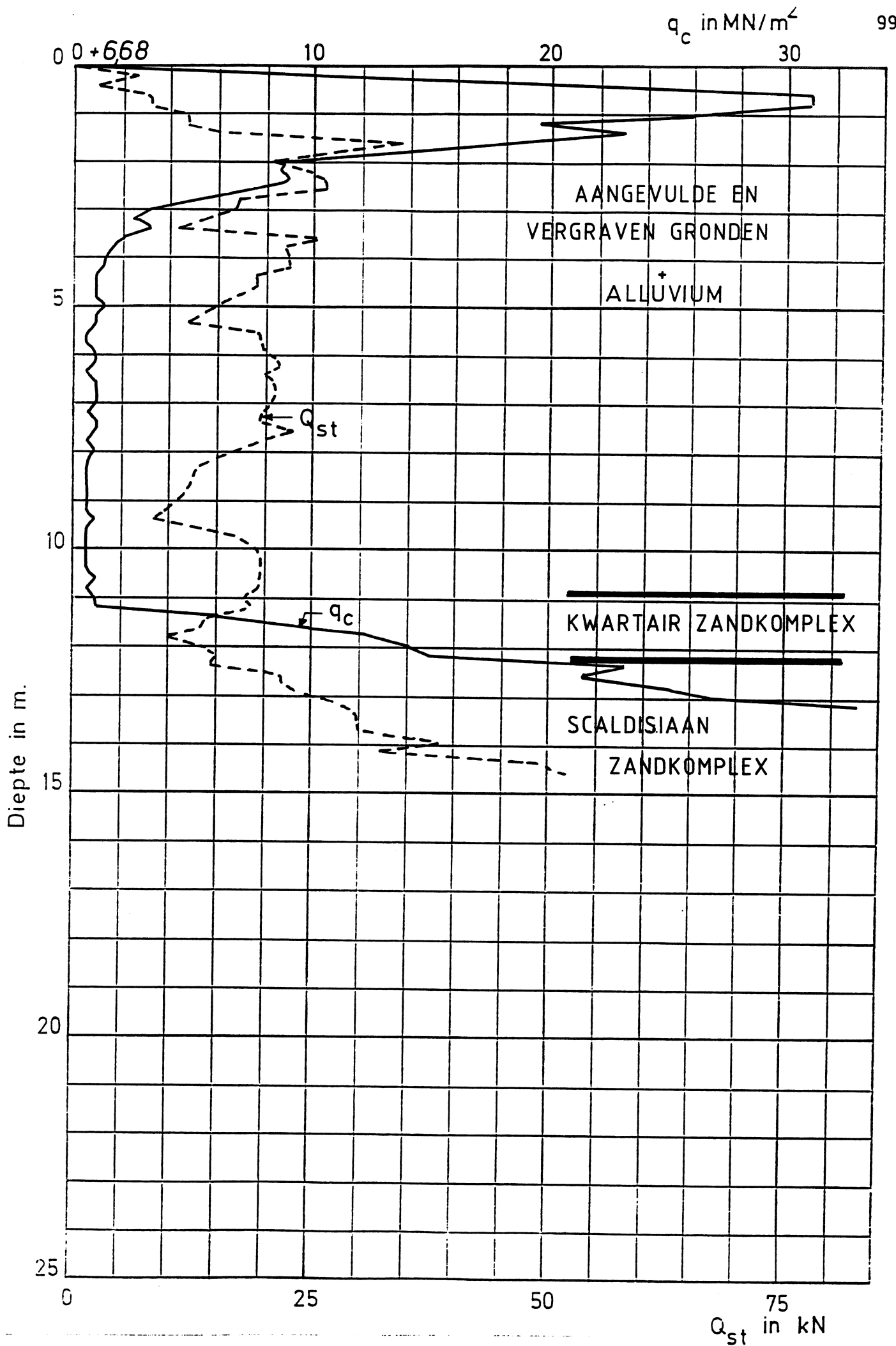


Fig. 42 Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd binnen de zone VIIIa (punt nr. 786, X=143.510, Y=217.750)



### 8.2.10. Grondmechanische zone VIIIb

#### 8.2.10.1. Ligging

De zone VIIIb komt voor ten zuiden van Fort St.-Marie in de voormalige Melselepolder en in drie kleine gebieden in het noorden van het kaartblad.

#### 8.2.10.2. Kenmerkende lithologische opeenvolging en dikte

- |                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| - Aangevulde en vergraven gronden | dikte > 6 m |
| - Alluvium                        |             |
| - Kwartair zandcomplex            | dikte > 6 m |
| - Scaldisiaan a zandcomplex       | dikte > 6 m |
| - Rupeliaan kleicomplex           |             |

De dikte van de gekarteerde eenheden en het peil van de top van het Rupeliaan kleicomplex binnen de beschouwde zone zijn weergegeven in tabel 22.

#### 8.2.10.3. Grondmechanische kenmerken

De funderingsvoorwaarden binnen deze zone worden in belangrijke mate beïnvloed door de aanwezigheid van de aangevulde en vergraven gronden en van het alluvium.

Binnen de zones waar de aangevulde gronden op een geordende wijze werden aangebracht met het oog op het bouwrijp maken van de terreinen, kunnen voor wat lichte constructies betreft, gunstige funderingsvoorwaarden worden aangetroffen. De homogeniteit van de aangevulde gronden dient evenwel te worden gecontroleerd.

Wegens de aanwezigheid van het alluvium zijn de funderingsvoorwaarden over het algemeen minder gunstig.

Belangrijke constructies dienen in het algemeen te worden gefundeerd op palen die ofwel in het kwartair zandcomplex ofwel bij voorkeur in het Scaldisiaan a zandcomplex worden aangezet. Men dient er dan wel rekening mee te houden dat de in het kwartair zandcomplex opgemeten konusweerstand vrij snel van plaats tot plaats kunnen variëren.

Een voorbeeld van een sondering uitgevoerd in de zone VIIIb is weergegeven in figuur 43.

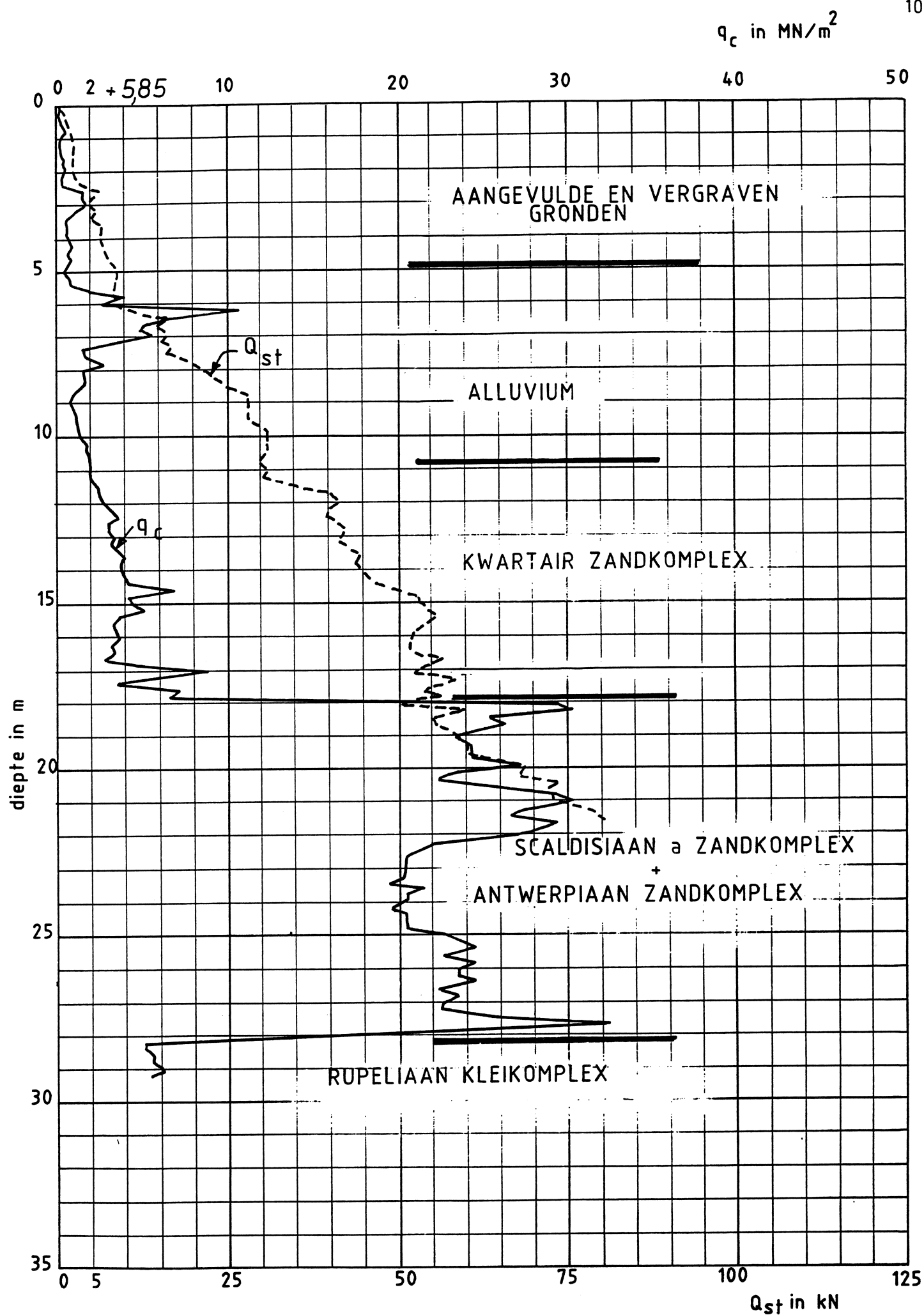


Fig. 43 Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd binnen de zone VIIIb (punt nr. 224, X=144.935, Y=217.480)

### 8.2.11. Grondmechanische zone IXa

#### 8.2.11.1. Ligging

De zone IXa komt alleen voor in een kleine strook op de rechteroever van de Schelde.

#### 8.2.11.2. Kenmerkende lithologische opeenvolging en dikte

|                                                        |             |               |
|--------------------------------------------------------|-------------|---------------|
| - Aangevulde en vergraven gronden                      | dikte < 6 m | } dikte > 2 m |
| - Alluvium                                             |             |               |
| - Kwartair zandcomplex                                 | dikte < 6 m |               |
| - Scaldisiaan b zandcomplex                            | dikte < 6 m |               |
| - Scaldisiaan a zandcomplex en Antwerpiaan zandcomplex | dikte > 6 m |               |
| - Rupeliaan kleicomplex                                |             |               |

De dikte van de gekarteerde eenheden en het peil van de top van het Rupeliaan kleicomplex binnen de beschouwde zone zijn weergegeven in tabel 22.

#### 8.2.11.3. Grondmechanische kenmerken

De funderingsvoorwaarden binnen deze zone worden in belangrijke mate beïnvloed door de aanwezigheid van de aangevulde en vergraven gronden en van het alluvium. Daar de dikte van deze lagen in het algemeen vrij belangrijk is zijn de funderingsvoorwaarden meestal minder gunstig.

Voor wat lichte constructies betreft, is de dikte van de aangevulde gronden meestal te gering om gunstige funderingsvoorwaarden te kunnen aantreffen.

Belangrijke constructies dienen in het algemeen te worden gefundeerd op palen die bij voorkeur in het Scaldisiaan a zandcomplex worden aangezet.

Een voorbeeld van een sondering uitgevoerd in de zone IXa is weergegeven in fig. 44.

### 8.2.12. Voormalige wielen

De voormalige wielen werden niet als een grondmechanische zone beschouwd. De samenstelling van de ondergrond is er immers dikwijls zeer heterogeen en sterk veranderlijk van plaats tot plaats.

Veralgemeend kan gesteld worden dat in de voormalige wielen slechte funderingsvoorwaarden bestaan. Binnen deze zones dient steeds een gedetailleerd grondonderzoek uitgevoerd te worden.

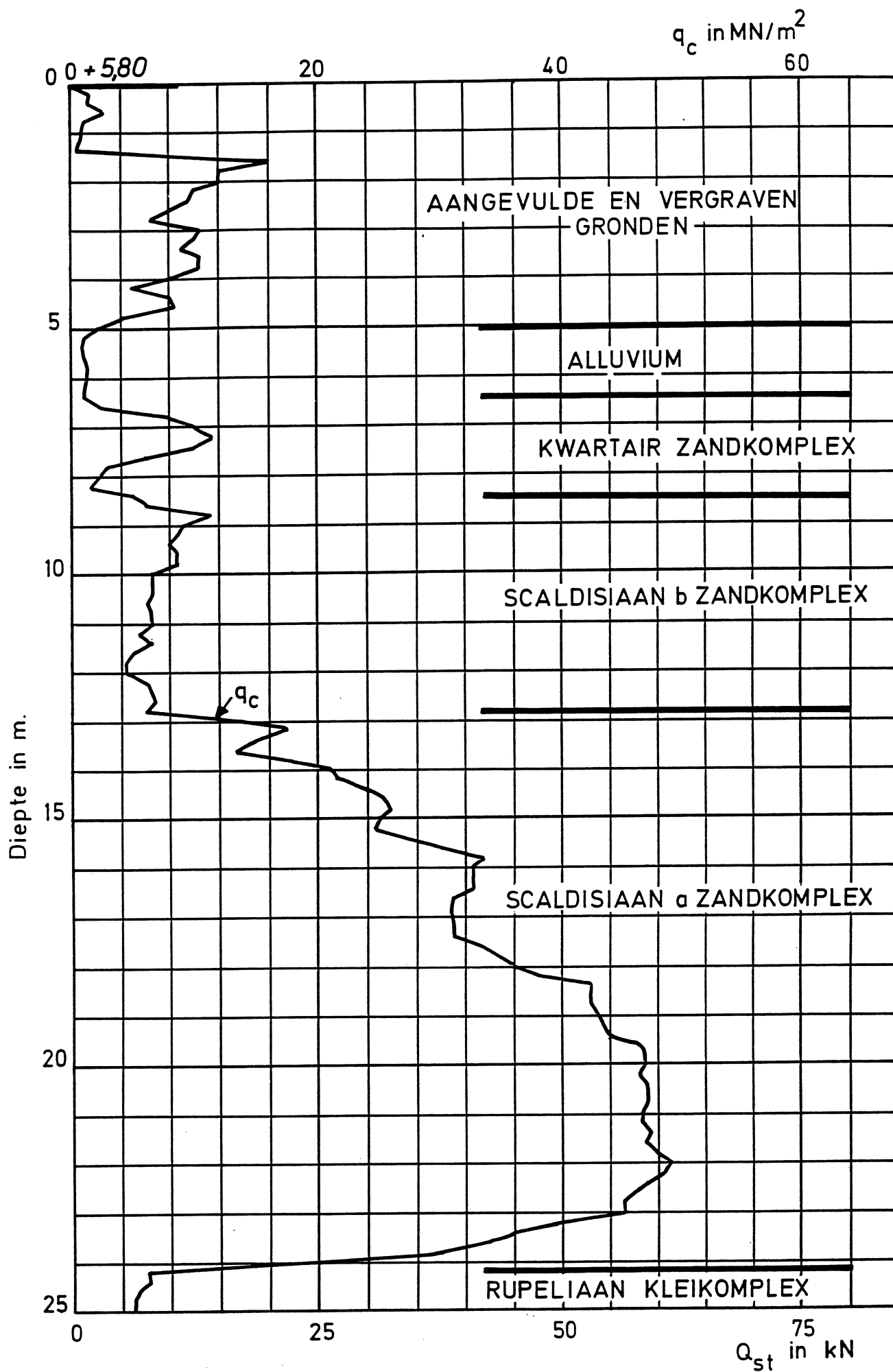


Fig. 44 Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd binnen de zone IXa (punt op kaartblad 15.3.1)

## 9. GEOLOGISCHE DOORSNEDEN

Ter illustratie van de algemene opbouw van het gekarteerde gebied zijn twee terrein-doorsneden (AA' en BB') getekend. De doorsneden AA' en BB' zijn respectievelijk noordwest-zuidoost en noord-zuid georiënteerd. De ligging van de doorsneden AA' en BB' is op alle platen van de grondmechanische atlas aangegeven.

Puntwaarnemingen zijn loodrecht op de doorsnedelijngeprojecteerd indien ze minder dan 100 m van deze lijn liggen. De gegevens zijn aangeduid met een pijltje en het overeenstemmend nummer op de documentatiekaart. Ter referentie zijn enkele plaatsnamen aangegeven. Op de doorsneden zijn ook de grondmechanische zones aangeduid.

## **10. TOEPASSINGSVOORBEELD**

### **10.1. TER INLEIDING**

In onderhavig hoofdstuk wordt aangetoond hoe men vanaf de verschillende kaarten opgenomen in de atlas een terreindoorsnede in een bepaald punt kan opstellen.

Het voorbeeld is gegeven voor een arbitrair gekozen punt M (fig. 45). Op de plaat I leest men de Lambert-coördinaten  $X = 141.630$  (gelezen in abscis) en  $Y = 216.250$  (gelezen in ordinaat) af. Aan de hand van die coördinaten kan het punt M op alle platen van de atlas worden aangebracht (fig. 45).

### **10.2. EERSTE MOGELIJKHEID**

#### **10.2.1.**

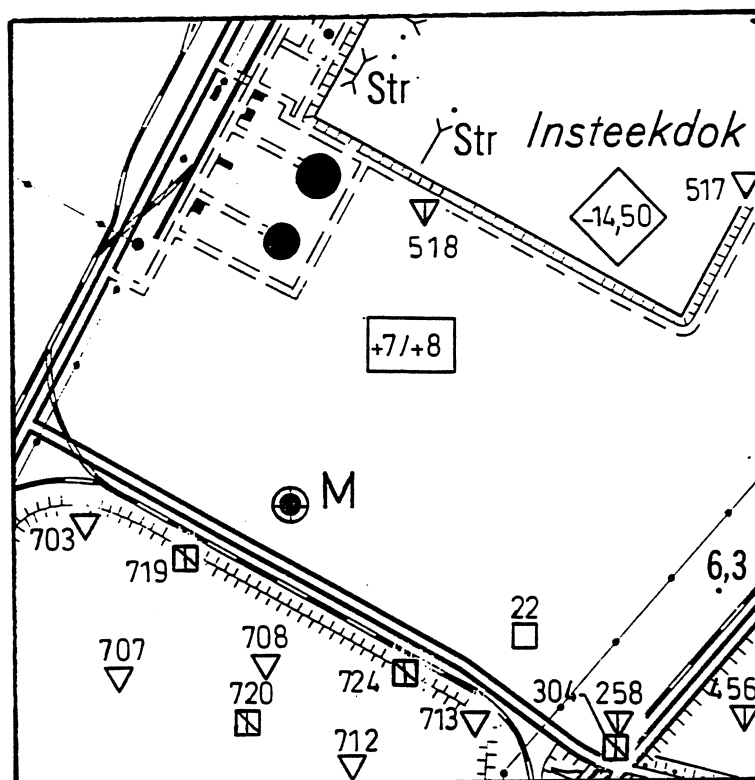
Op de plaat I leest men het maaiveldpeil af; M is gelegen in een zone met een hoogtepeil tussen +7 en +8.

#### **10.2.2.**

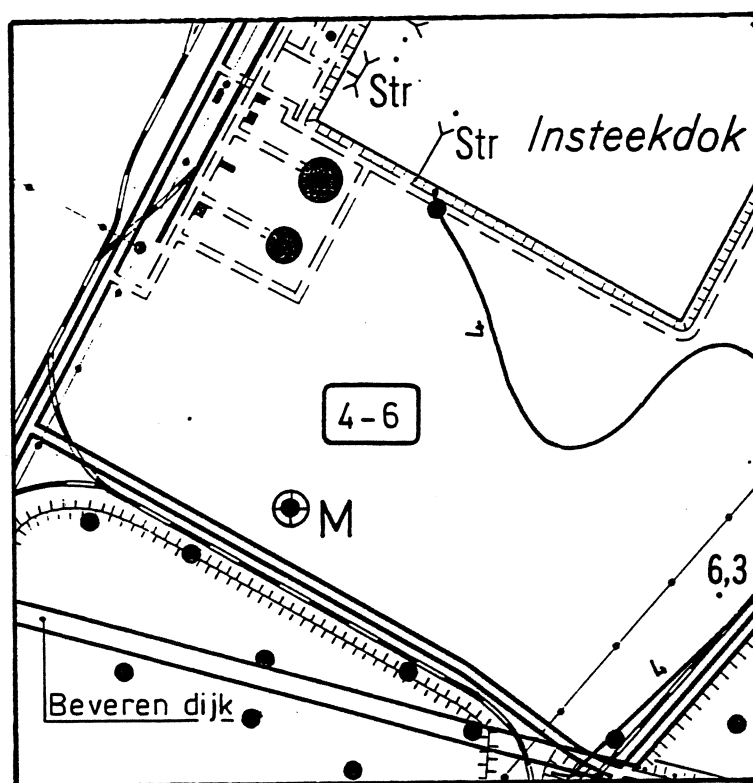
De plaat IX (zonering) leert dat het punt M in de zone Va is gelegen. Uit de legende haalt men de opeenvolging van lagen die voorkomen in deze zone:

- \* Aangevulde en vergraven gronden
- \* Alluvium
- \* Kwartair zandcomplex
- \* Scaldisiaan a zandcomplex en Antwerpiaan zandcomplex
- \* Rupeliaan kleicomplex

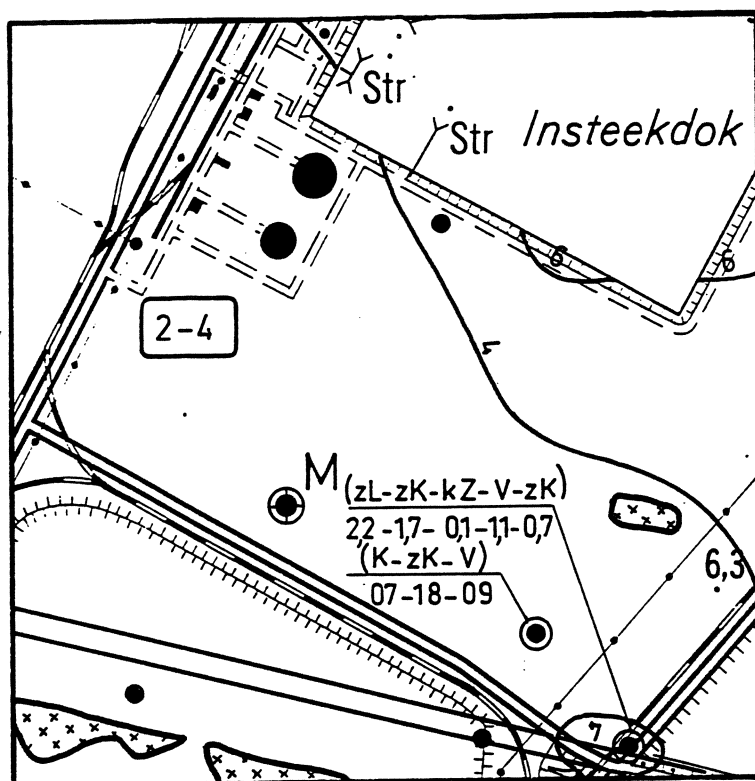
Deze lagen worden respectievelijk behandeld op de platen II, III, IV, VI en VII. De platen II, III, IV en VI geven dikte-intervallen (tussen isopachen), de plaat VII geeft peilintervallen (tussen isohypsen) weer. Het punt M kan zowel op de lijnen als ertussen liggen.



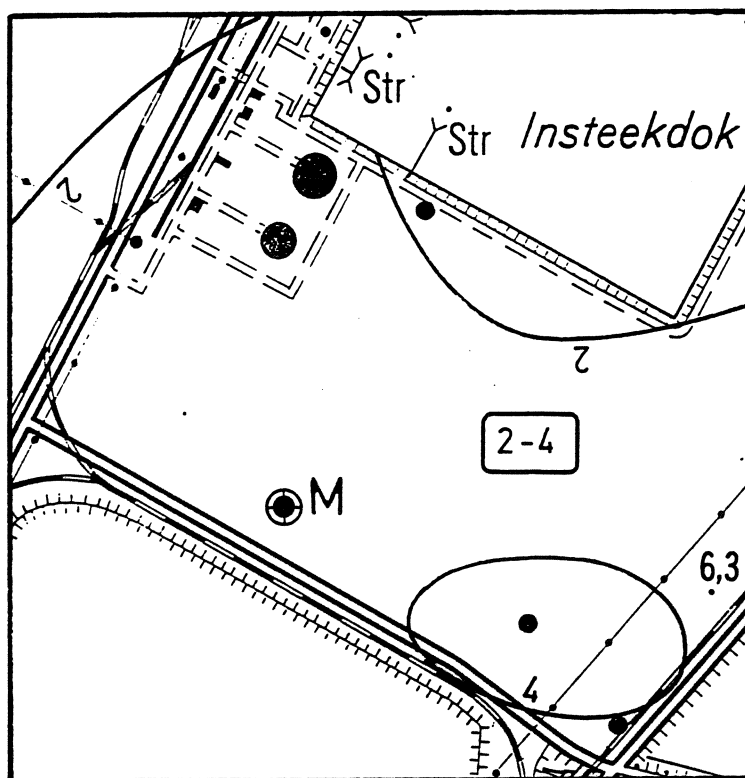
Plaat I : Dokumentatie



Plaat II : Dikte van de aangevulde en  
vergraven gronden

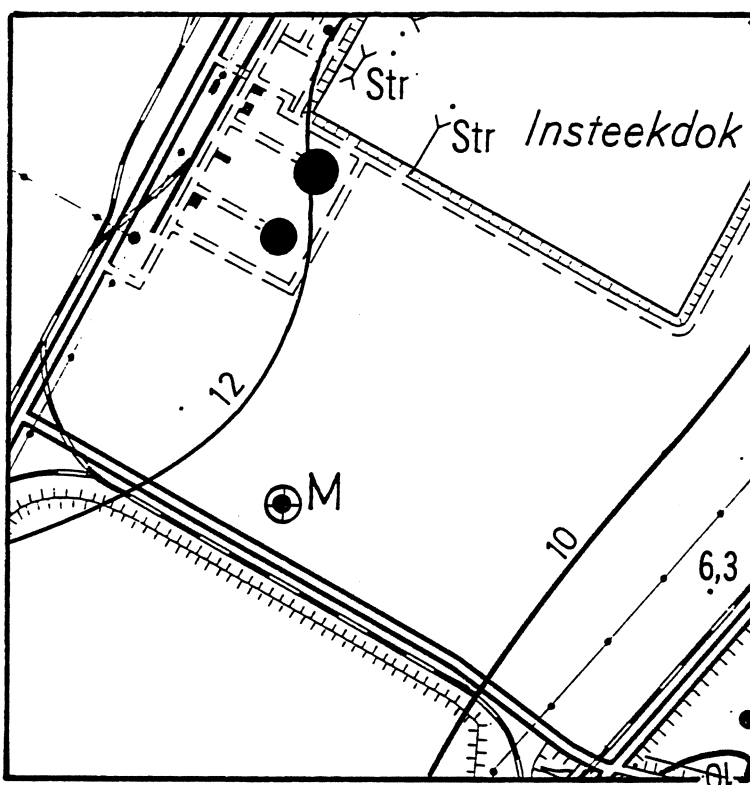


Plaat III : Dikte van het Alluvium

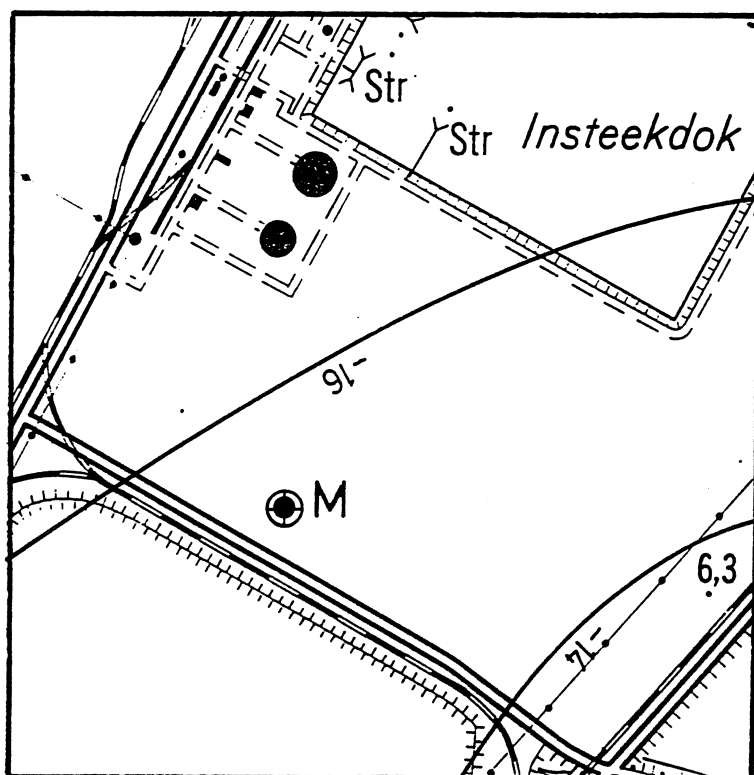


Plaat IV : Dikte van het Kwartair  
zandkomplex

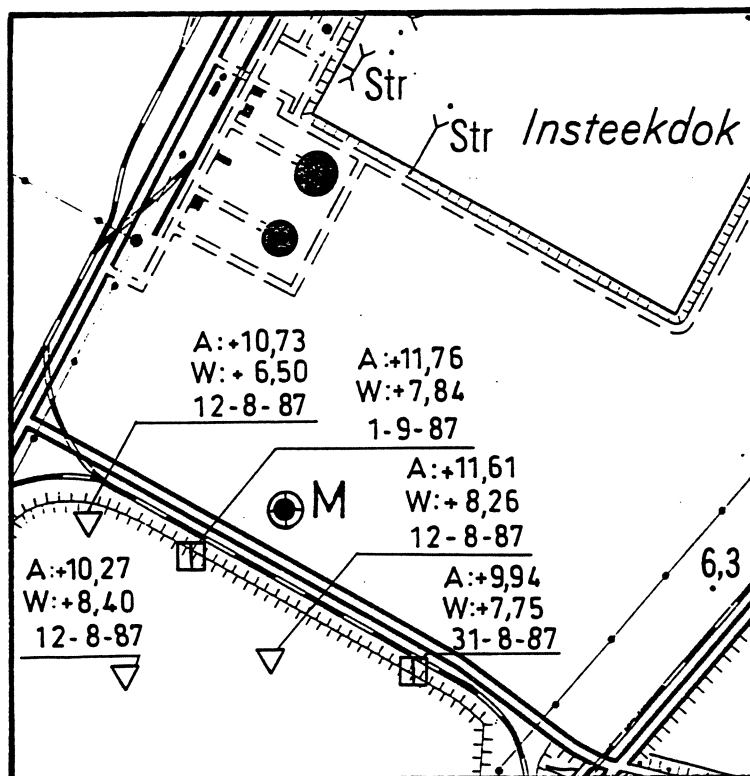




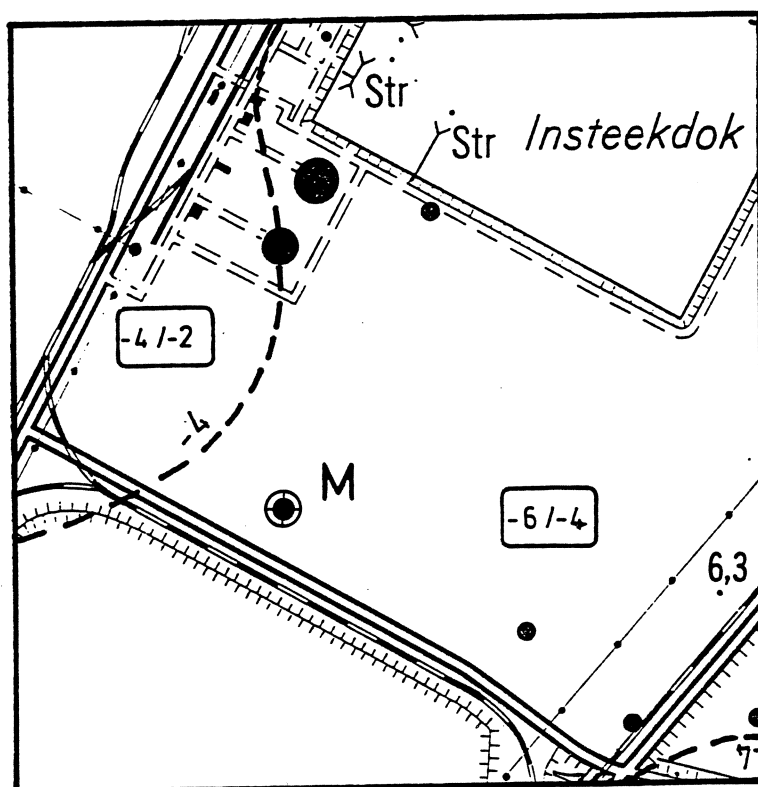
Plaat VI : Gezamenlijke dikte van het  
Scaldisiaan a zandcomplex en het  
Antwerpiaan zandcomplex



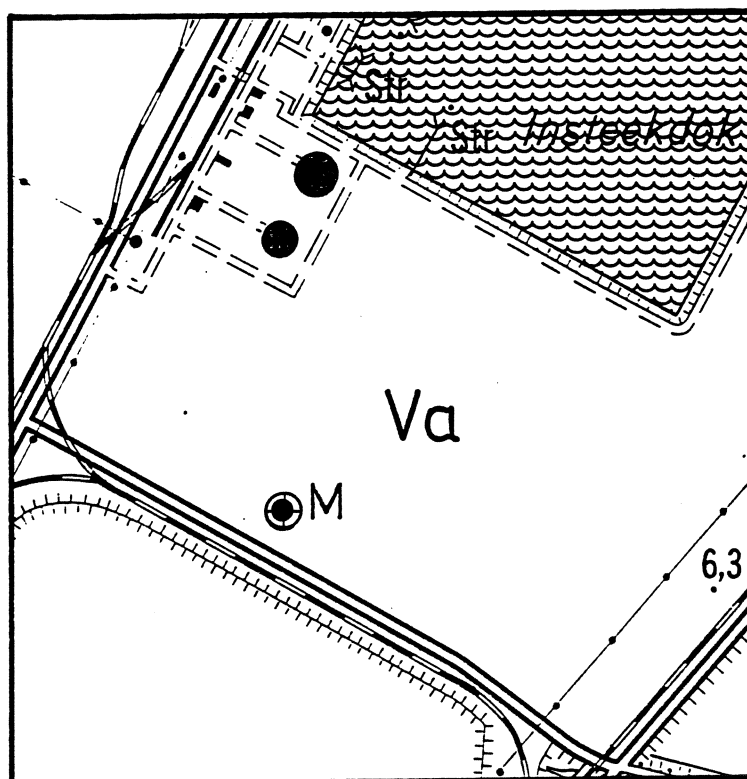
Plaat VII.: Top van het Rupeliaan  
kleikomplex



Plaat VIII : Hydrogeologische gegevens



Plaat X : Basis van de Kwartaire sekwentie



Plaat IX : Zoning

**10.2.3.**

Bij het raadplegen van de betrokken platen vindt men voor het punt M volgende dikten:

|                                                                   |                 |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------|
| * Aangevulde en vergraven gronden (plaat II)                      | van 4 tot 6 m   |
| * Alluvium (plaat III)                                            | van 2 tot 4 m   |
| * Kwartair zandcomplex (plaat IV)                                 | van 2 tot 4 m   |
| * Scaldisiaan a zandcomplex en Antwerpiaan zandcomplex (plaat VI) | van 10 tot 12 m |

De dikte-intervallen zijn niet allen verenigbaar; met behulp van de lijnen van gelijk peil (isohypsen) (platen I, VII en X) dienen de intervallen verfijnd te worden.

**10.2.4.**

Bij het raadplegen van de isohypsenkaarten vindt men voor het punt M volgende peilen:

|                                                 |                     |
|-------------------------------------------------|---------------------|
| * maaiveldpeil (plaat I)                        | tussen +7 en +8     |
| * basis Kwartair zandcomplex (plaat X)          | tussen - 4 en - 6   |
| * top van het Rupeliaan kleicomplex (plaat VII) | tussen - 14 en - 16 |

**10.2.5.**

Het vergelijken van de maaiveldpeilen +7 en +8 met de peilen van de basis van het Kwartair - 4 en - 6 leert ons dat de totale dikte van aangevulde en vergraven gronden plus alluvium plus kwartair zandcomplex gelegen moet zijn tussen 11 m [(+7)-(-4)] en 14 m [(+8)-(-6)].

De som van de minimale dikten van aangevulde en vergraven gronden, alluvium en kwartair zandcomplex,  $4\text{ m} + 2\text{ m} + 2\text{ m} = 8\text{ m}$ , is niet in overeenstemming met de uit de isohypsen afgeleide minimumwaarde van 11 m. Dit geldt wel voor de som van de maximale waarden ( $6\text{ m} + 4\text{ m} + 4\text{ m} = 14\text{ m}$  versus 14 m). In het eerste geval weerhoudt men de uit de isohypsen bepaalde waarden. Door aan de aangevulde gronden een minimumdikte van 5 m, aan het alluvium een minimumdikte van 3 m en aan het kwartair zandcomplex als maximale dikte 3 m toe te kennen, wordt wel voldaan aan de bovengenoemde vergelijkingen.

**10.2.6.**

Het vergelijken van de peilen van de basis van het Kwartair (plaat X) met de toppeilen van het Rupeliaan kleicomplex (plaat VII) geeft aan dat de dikte van het Scaldisiaan a en het Antwerpiaan zandcomplex moet gelegen zijn tussen 12 m [(-4)-(-16)] en 8 m [(-6)-(-14)].

De minimumwaarde van 8 m is niet in overeenstemming met het bepaalde dikte-interval (zie 10.2.3.). Door aan de basis van het kwartair zandcomplex een maximumwaarde van -4 toe te kennen wordt wel voldaan aan de minimumdikte.

Als aan de basis van het kwartair zandcomplex een maximumwaarde van -4 wordt toegekend dan wordt de totale maximumdikte van de aangevulde en vergraven gronden plus het alluvium plus het kwartair zandcomplex 12 m [(+8)-(-4)]. Dit is niet in overeenstemming met de som van de maximale dikten van hogergenoemde lagen ( $6\text{ m} + 4\text{ m} + 3\text{ m} = 13\text{ m}$ ). Door aan de aangevulde en vergraven gronden een maximumdikte van 5 m toe te kennen, wordt wel voldaan aan bovengenoemde vergelijking.

**10.2.7.**

Bovenvermelde berekeningen leveren dus volgend (verfijnd) eindresultaat op:

|                                                        |                 |
|--------------------------------------------------------|-----------------|
| * Aangevulde en vergraven gronden                      | 5 m             |
| * Alluvium                                             | van 3 tot 4 m   |
| * Kwartair zandcomplex                                 | van 2 tot 3 m   |
| * Scaldisiaan a zandcomplex en Antwerpiaan zandcomplex | van 10 tot 12 m |
| * Rupeliaan kleicomplex                                | van -14 tot -16 |

**10.2.8.**

Hydrogeologische gegevens staan op plaat VIII (fig. 45). De punten in de buurt van punt M laten toe een schatting te maken van de diepte of het peil van het grondwater.

### 10.3. TWEEDE MOGELIJKHEID

#### 10.3.1.

Een andere methode bestaat erin dat de gebruiker door lineaire interpolatie tussen isopachen of isohypsen de dikten of peilen in punt M gaat bepalen. Aan de aldus opgestelde doorsnede dient men echter ook een zekere graad van onnauwkeurigheid toe te kennen vergelijkbaar met de intervallen afgeleid in paragraaf 10.2.

#### 10.3.2.

Figuur 46 geeft enkele theoretische voorbeelden van interpolatie.

#### 10.3.3.

Zoals in het geval van deze theoretische voorbeelden wordt op iedere betrokken plaat de geïnterpoleerde waarde in het punt M bepaald (fig. 45). Men bekomt de waarden vermeld in tabel 23.

Tabel 23 - Afgelezen en geïnterpoleerde waarden

| Plaat | $C_1$                              | $C_2$ | AB   | AM   | $C_M$  |
|-------|------------------------------------|-------|------|------|--------|
| I     | geen interpolatie (zone +7/+8)     |       |      |      |        |
| II    | geen interpolatie (grote zone 4-6) |       |      |      |        |
| III   | 2                                  | 4     | 21,0 | 17,0 | 3,62   |
| IV    | 2                                  | 4     | 7,4  | 5,2  | 3,41   |
| VI    | 10                                 | 12    | 4,8  | 3,5  | 11,46  |
| VII   | -16                                | -14   | 5,5  | 1,3  | -15,53 |
| X     | -6                                 | -4    | 14,0 | 10,6 | -4,49  |

Er dient hier nogmaals op gewezen dat de schijnbare nauwkeurigheid van de waarden in feite afhangt van een aantal arbitraire regels; de waarden mogen dus niet als absoluut beschouwd worden.

**LEGENDE**

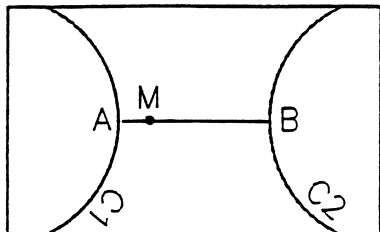
C1, C2 : dikten (isopachen) of peilen (isohypsen)

$C1 < C2$

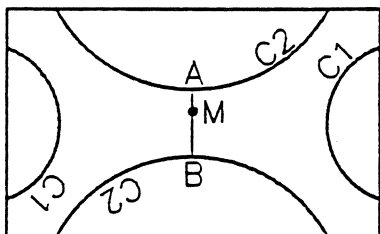
M : punt waar men een dikte of peil wil bepalen

AB : kortste lijn van C1 naar C2 door M

CM : geïnterpoleerde dikte of peil in M

**GEWOON GEVAL**

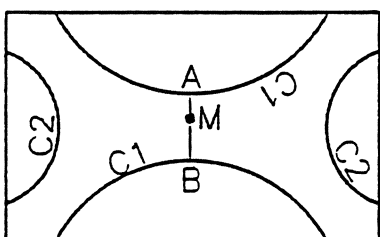
$$CM = C1 + (C2 - C1) \cdot \frac{AM}{AB}$$

**SPECIALE GEVALLEN**

$$CM = C2 - Y \cdot \frac{AM}{(AB/2)}$$

$$AM \leq (AB/2)$$

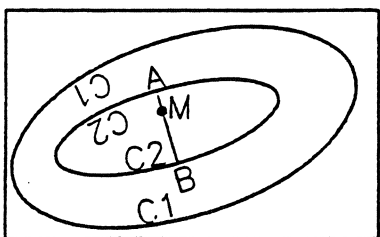
$Y < \text{EQUIDISTANTIE}$  (Y arbitrair gekozen)



$$CM = C1 + Y \cdot \frac{AM}{(AB/2)}$$

$$AM \leq (AB/2)$$

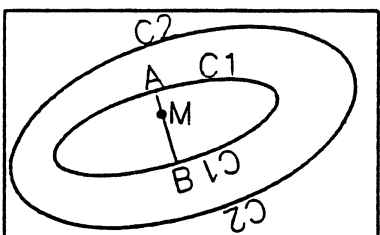
$Y < \text{EQUIDISTANTIE}$  (Y arbitrair gekozen)



$$CM = C2 + Y \cdot \frac{AM}{(AB/2)}$$

$$AM \leq (AB/2)$$

$Y < \text{EQUIDISTANTIE}$  (Y arbitrair gekozen)



$$CM = C1 - Y \cdot \frac{AM}{(AB/2)}$$

$$AM \leq (AB/2)$$

$Y < \text{EQUIDISTANTIE}$  (Y arbitrair gekozen)

Fig. 46 Voorbeelden van interpolatie



**10.3.4.**

Het verschil tussen het minimum maaiveldpeil (plaat I) en het peil van de basis van het Kwartair (plaat X) geeft de dikte van de aangevulde gronden plus het alluvium plus het kwartair zandcomplex:

$$(+7,00) - (-4,49) = 11,49 \text{ m}$$

Daar voor het alluvium en voor het kwartair zandcomplex respectievelijk diktes van 3,62 m en 3,41 m werden bepaald is de berekende dikte van de aangevulde en vergraven gronden  $11,49 - (3,62 + 3,41) = 4,46 \text{ m}$ .

Deze berekende dikte is in overeenstemming met de plaat II die een diktezone van 4 tot 6 m aangeeft. Mocht er geen overeenstemming zijn dan moeten er dikten van het alluvium en/of het kwartair zandcomplex worden aangepast wel te verstaan binnen de toegelaten marges.

**10.3.5.**

Het vergelijken van het peil van de basis van het Kwartair (plaat X) met dat van de top van het Rupeliaan kleicomplex (plaat VII) geeft de totale dikte van het Scaldisiaan a zandcomplex en het Antwerpiaan zandcomplex:

$$-4,49 - (-15,53) = 11,04 \text{ m}$$

wat goed in overeenstemming is met de in tabel 23 berekende 11,46 m.

**10.3.6.**

Aan de hand van de bovenvermelde berekeningen bekomt men uiteindelijk volgend (theoretisch) profiel in punt M:

|                                                        |               |
|--------------------------------------------------------|---------------|
| * maaiveldpeil                                         | van +7 tot +8 |
| * Aangevulde en vergraven gronden                      | 4,46 m        |
| * Alluvium                                             | 3,62 m        |
| * Kwartair zandcomplex                                 | 3,41 m        |
| * Scaldisiaan a zandcomplex en Antwerpiaan zandcomplex | 11,46 m       |
| * Rupeliaan kleicomplex                                | -15,53        |

## REFERENTIES

AUGUSTYN (s.d.) Bijdrage tot het ontstaan en de vroegste geschiedenis van de Wase polders van de oudste tijden tot circa 1400.

BRAND K.J.J. (1978) Over het ontstaan van het Oost Zeeuws-Vlaamse Polderland. Overdruk uit Zeeuws Tijdschrift, 6, 22 pp.

BRAND K.J.J. (1981) Over het ontstaan van de fortificaties in Oost Zeeuws-Vlaanderen en aangrenzend gebied, Overdruk uit Zeeuws Tijdschrift, 1.

DE BEER E., LOUSBERG E., WALLAYS M., CARPENTIER R., DE JAEGER J. & PAQUAY J. (1977) Bearing capacity of displacement piles in stiff fissured clays. I.W.O.N.L., Verslagen over navorsingen, nr. 39, maart 1977.

DE BEER E. (1967) Shear strength characteristics of the Boom Clay. Proceedings of the Geotechnical Conference Oslo, 1967, vol. 1, 83-88.

DE BEER E. (1971) Problèmes posés par la construction du tunnel sous l'Escaut à Anvers. Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics, no. 286, 21-51.

DE BEER E. & BUTTIENS E. (1966) Construction de réservoirs pour hydrocarbures liquifiés dans l'argile de Boom à Anvers. Etude des mouvements du sols provoqués par cette réalisation. Travaux no. 379 et no. 380.

DE BEER E. (1964) Studie van de vervormingen van de grond veroorzaakt door de aanleg van onderaardse reservoirs in de Boomse klei te Antwerpen. Verhandelingen van het 4e Int. Havencongres te Antwerpen.

de HEINZELIN J. (1962) Symposium sur la stratigraphie du Néogène nordique. Comptendu des excursions. Mém. Soc. belg. Géol. Sér. in 8°, 6, 184-246.

DE MEUTER F. & LAGA P. (1976) Lithostratigraphy and biostratigraphy based on benthonic foraminifera of the Neogene deposits of Northern Belgium. Belg. Ver. Geol. 85, 133-152.

GUNS P. (1973) Historische evolutie van het polderlandschap langs de linker Schelde-oever. Waterbouwkundig Laboratorium, Borgerhout, Ministerie van Openbare Werken, Bruggen en Wegen, Bestuur der Waterwegen, 135 pp.

HAVERMANS R. (1956) Bijdrage tot de landschapsgeschiedenis der Scheldepolders op de Antwerpse rechteroever. Technische Dienst van het Havenbedrijf, Stad Antwerpen, 155 p.

MIJS M. (1973) De landschapsgeschiedenis van de Scheldepolders ten noorden van Antwerpen, bijdrage tot de historische geografie van de Scheldepolders. Tijdschr. Belg. Veren. Aardr. Stud., 42, 39-124.

MIJS M. (1981) Geomorfologische landschapsdifferentiatie in de Scheldepolders ten noorden van Antwerpen. *De Aardrijkskunde*, 1/2, 303-314.

SCHITTEKAT J., HENRIET J.P. & VANDENBERGHE N. (1983) Geology and geotechnique of the Scheldt Surge Barrier - Characteristics of an overconsolidated clay. 8ste Internationaal Havencongres Antwerpen - 1983.

SNACKEN F. (1961) Bodemkaart van België. Verklarende tekst bij het kaartblad BEVEREN-WAAS 27E. Gent, Centrum voor Bodemkartering.

T.V.S.V.K.S., (Tijdelijke Vereniging - Stormvloedkering Scheldebekken) (1980) Deelrapport Geologie-Geotechniek. Sint-Niklaas: S.V.K.S. (onuitgegeven studierapporten).

VANDENBERGHE N. (1974) Een sedimentologische studie van de Boomse klei, 187 p. Leuven, Katholieke Universiteit (onuitgegeven doctoraatsverhandeling).

VAN TASSEL R. (1966). De Septaria in de Boomse klei. *Het Ingenieursblad*, 35, 550-552.

[illegible]

[illegible]

**BIJLAGE 2 - Verklaring van de symbolen aangewend op de documentatiekaart  
(plaat I)**

- ☐ gewone boring
  - ☐ boring met opmeting van de grondwaterstand
  - ☒ boring met monsteronderzoek in het laboratorium
  - ☐ boring uitgerust met piëzometer(s)
  - ☒ boring uitgerust met piëzometer(s), opmeting van de grondwaterstand en geofysische boorgatmeting
  - ☐ diepsondering met opname van de konusweerstand
  - ☐ diepsondering met opname van de konusweerstand en de laterale wrijvingsweerstand
- A      A'      ligging van de geologische doorsneden

### BIJLAGE 3 - Verklaring van de symbolen aangewend bij de bespreking van de grondmechanische eigenschappen

|            |                                        |
|------------|----------------------------------------|
| $\gamma_n$ | volumegewicht                          |
| $\gamma_d$ | drooggewicht                           |
| w          | watergehalte                           |
| n          | poriënvolume                           |
| $w_L$      | vloeigrens                             |
| $w_p$      | uitrolgrens                            |
| $i_p$      | plasticiteitsindex                     |
| A          | ontlastingsconstante                   |
| C          | samendrukkingsconstante                |
| $k_v$      | verticale doorlatendheidscoëfficiënt   |
| $k_h$      | horizontale doorlatendheidscoëfficiënt |

#### Celproeven

|                  |                                        |
|------------------|----------------------------------------|
| $c_{cel}$        | schijnbare cohesie                     |
| $\varphi_{cel}$  | schijnbare hoek van inwendige wrijving |
| $c'_{cel}$       | cohesie                                |
| $\varphi'_{cel}$ | hoek van inwendige wrijving            |

#### Triaxiaalproeven

|           |                             |
|-----------|-----------------------------|
| c         | cohesie                     |
| $\varphi$ | hoek van inwendige wrijving |

**BIJLAGE 4 - Oude documenten geraadpleegd bij het opstellen van de plaat II**

Bodemkaart van België, 1961, Kaartblad Beveren-Waas (F. Snacken, o.l.v. R. Tavernier), schaal 1/20.000, Comité voor het opnemen van de bodemkaart en de vegetatiekaart van België onder auspiciën van het I.W.O.N.L.

Institut Cartographique Militaire (capitaine De Cock), 1882, Carte Topographique de la Belgique, Beveren, Feuille XV, Planchette n° 2, 1/20.000.

Institut Cartographique Militaire, 1925, Carte Beveren-Waes 15/2, 1/20.000.

Militair Geografisch Instituut, 1970, Kaart Beveren 15/2, 1/10.000, 1ste uitgave.

Nationaal Geografisch Instituut, 1987, Kaart Beveren 15/2, 1/10.000, 2de uitgave.



## RESUME

L'atlas géotechnique 15.2.1-4 Kallo (1/10.000) est composé de 11 planches, à savoir:

- Planche I : Documentation générale.
- Planche II : Epaisseur des terrains remblayés et remaniés.
- Planche III : Epaisseur des alluvions.
- Planche IV : Epaisseur du complexe sableux quaternaire.
- Planche V : Epaisseur du Scaldisien b (complexe sableux).
- Planche VI : Epaisseur du Scaldisien a (complexe sableux) + Anversien (complexe sableux).
- Planche VII : Sommet du Rupelien (complexe argileux).
- Planche VIII : Données hydrogéologiques.
- Planche IX : Unités géotechniques.
- Planche X : Base du Quaternaire.
- Planche XI : Base du Scaldisien b (complexe sableux).

La succession des unités lithologiques est décrite de haut en bas. Les épaisseurs sont représentées par des courbes isopaques. Sur les cartes VII, X et XI des courbes isohypses ont été employées.

La succession des couches profondes, à savoir le Paléozoïque, composé de roches détritiques, le Mésozoïque composé de craies et enfin une partie du Cénozoïque constituée de sables et d'argiles du Landénien, de l'Yprésien, du Panisélien, du Lédien, du Wemmélien, du Bartonien et du Rupelien (p.p.) est représentée sous forme d'une coupe schématique (fig. 3).

Le numérotage des données ponctuelles, représentées sur la planche I (documentation), permet la consultation d'une fiche correspondante qui contient toutes les données relatives à ce point (coupe géologique, résultats d'essais de laboratoire etc.).

La notice explicative contient des renseignements quant à l'origine, la lithologie, la distribution et les caractéristiques géotechniques des unités cartographiées.

A partir d'anciennes cartes de la région d'Anvers, il a été possible de tracer les limites d'anciens fossés et cours d'eau aujourd'hui remblayés.

Sur la planche III figure l'épaisseur des alluvions. Les forages qui ont recoupés les alluvions sont indiqués sur la planche avec des profils lithologiques rencontrés. La limite d'extension de la tourbe est également indiquée.

La planche IV donne l'épaisseur des sables pléistocènes. Ils ont des caractéristiques géotechniques assez variables.

Le complexe sableux du Scaldisien b (planche V) est composé de sables argileux contenant beaucoup de coquilles. Ces sables sont compacts.

Le complexe sableux du Scaldisien a (planche VI) peut être divisé en trois unités. Les

unités supérieures sont composés de sables coquillers. L'unité inférieure est composée d'un sable glauconifère. Le Scaldisien a est très compact.

Le complexe sableux Anversien (planche VI) est composé de sables très glauconifères et très compacts.

A partir des essais disponibles il est difficile de tracer la limite entre le Scaldisien a et l'Anversien. Les deux unités ont des lors été cartographiés ensemble.

Le complexe argileux Rupelien (planche VII) est composé de deux types lithologiques. Le type lithologique supérieur se compose d'une argile raide, fissurée et surconsolidée (argile de Boom). Le type lithologique inférieur est décrit comme une argile silteuse à un silt argileux.

La planche VIII renseigne sur la profondeur du niveau de l'eau mesurée lors de l'exécution des essais ponctuels. Vu l'insuffisance de données sûres et précises il n'a pas été possible de tracer des courbes isohypses de la surface piézométrique.

La planche IX représente le zonage géotechnique. Elle présente une tentative de synthèse d'une partie des renseignements présentés par les cartes précédentes. Une zone géotechnique est caractérisée par une superposition d'unités à caractère lithologique et mécanique bien défini et ayant une certaine épaisseur. Dans la région cartographiée, 11 unités ont été distinguées. La succession lithologique des unités est donnée dans le tableau ci-dessous.

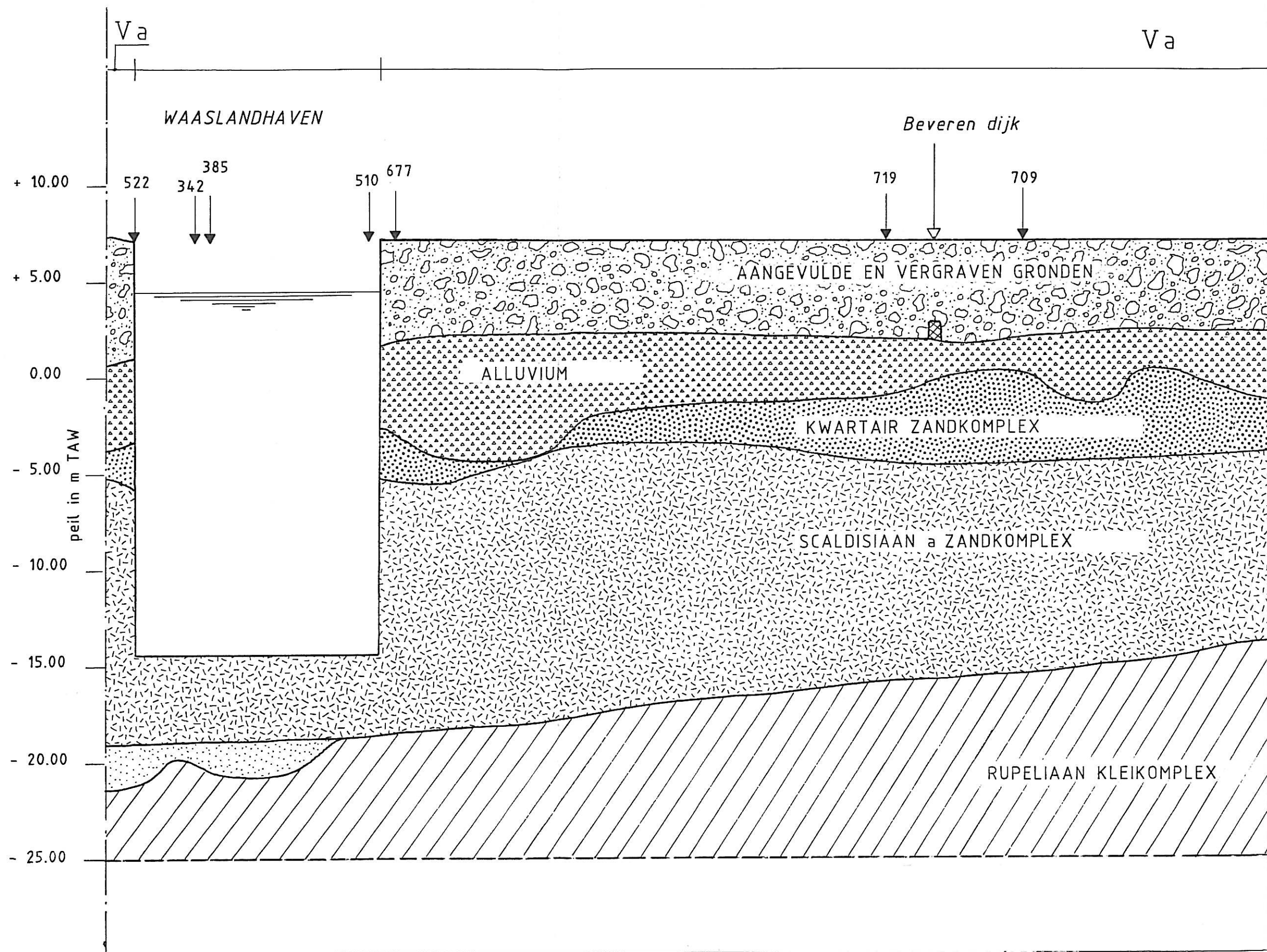
| ZONE<br>UNITE                            | II        | IVa     | Va        | Vb      | VIa      | VIb    | VIIa   | VIIb   | VIIIa    | VIIIb  | IXa      |
|------------------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|----------|
| Terrains remaniés et remblayés           | (x)       | (x)     | (x) < 6 m | x < 6m  | x > 6m   | x > 6m | x < 6m | x < 6m | x > 6m   | x > 6m | x < 6m   |
| Alluvions                                | (x) < 2 m | -       | x         | x       | x        | x      | x      | x      | x        | x      | x        |
| Complexe sableux quaternaire             | (x)       | x < 6 m | (x) < 6 m | x > 6 m | (x) < 6m | x > 6m | x < 6m | x > 6m | (x) < 6m | x > 6m | (x) < 6m |
| Complexe sableux scaldisien <sup>b</sup> | -         | -       | -         | -       | -        | -      | -      | -      | -        | -      | x < 6m   |
| Complexe sableux scaldisien <sup>a</sup> | x > 6 m   | x       | x         | x       | (x)      | (x)    | (x)    | x      | x        | x      | x        |
| Complexe argileux Anversien              | (x)       | (x)     | (x)       | (x)     | (x)      | (x)    | (x)    | (x)    | (x)      | (x)    | (x)      |
| Complexe argileux Rupelien               | x         | x       | x         | x       | x        | x      | x      | x      | x        | x      | x        |

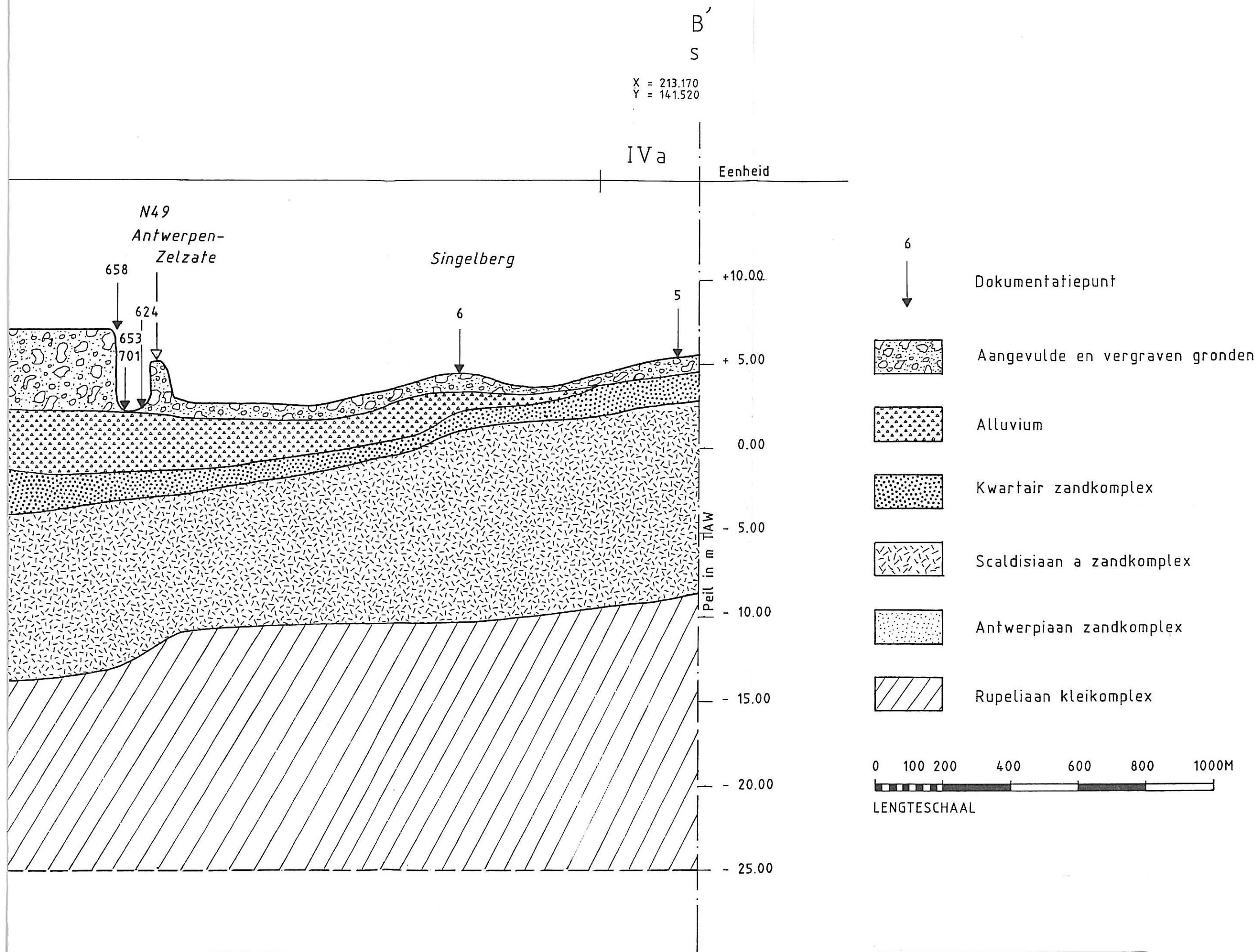
Remarques:

- x indique la présence de l'unité cartographiée.
- (x) indique que l'unité cartographiée peut être absente.

B  
N

X = 218.170  
Y = 141.520







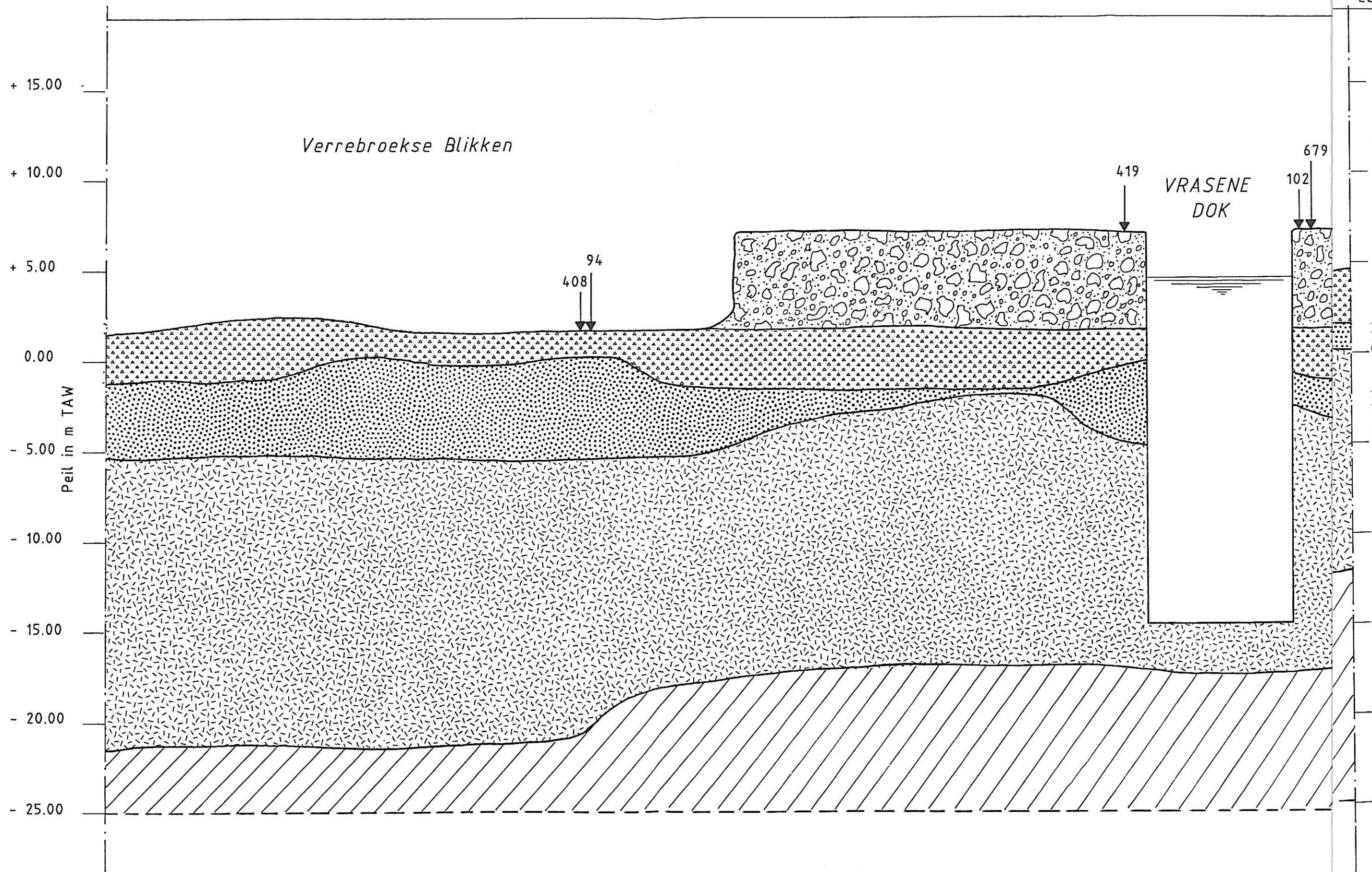
A  
NW

X = 218.170  
Y = 138.010

A'  
SE

213.170  
146.01

Ee



Va

