Rijksinstituut voor
Grondmechanica

Nationaal Opzoekingscentrum der
Burgerlijke Bouwkunde

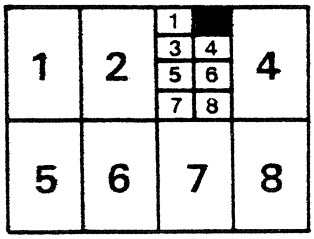
Kommissie voor Grondmechanische Kartering

Centrum voor Grondmechanische Kartering
van de Rijksuniversiteit Gent

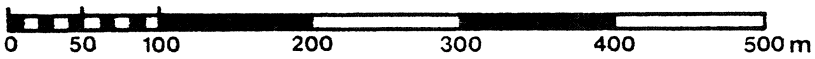
(Verantwoordelijke : E. De Beer)

Grondmechanische kaart 15.3.2 Antwerpen Luchtbal

door : Ph. Van Burm en J. Maertens
onder de leiding van E. De Beer en W. De Breuck



1:5000



Uitgegeven onder de auspiciën van het Rijksinstituut voor Grondmechanica
met subsidies van het Ministerie van Openbare Werken

1982

De Grondmechanische Kaart 15.3.2 Antwerpen Luchtbal op schaal 1/5000 met verklarende nota, is te verkrijgen op het sekretariaat van de Commissie voor Grondmechanische Kartering, de Meeûssquare, 28 - 1040 Brussel of Tramstraat, 44 - 9710 Zwijnaarde (tel. 091/22.60.52 - ir J. Maertens) of mits storting van de verkoopprijs op postrekening nr. 000-0091190-10 op naam van het Rijksinstituut voor Grondmechanica, Laboratorium, Tramstraat, 44, 9710 Zwijnaarde.

Reeds verschenen :

Kaart 42.2.7 Liège (schaal 1/5000)
Kaart 31.3.7 (schaal 1/5000)
Kaart 22.1.6 Gent-St.Pieters (schaal 1/5000)
Kaart 45.4.5 à 8 Mons - (sector Obourg)(schaal 1/10000)
Kaart 45.3.5 à 8 Mons - (sector Maisières)(schaal 1/10000)
Kaart 15.3.8 Antwerpen-Hoboken (schaal 1/5000)
Kaart 42.6.1 Liège (schaal 1/5000)
Kaart 31.3.5 Brussel (schaal 1/5000)
Kaart 15.3.6 Antwerpen-Centrum (schaal 1/5000)
Kaart 46.8.5 Charleroi (schaal 1/5000)
Kaart 31.3.6 Brussel (schaal 1/5000)
Kaart 22.1.4 Gent-Centrum (schaal 1/5000)
Kaart 31.3.8 Brussel (schaal 1/5000)
Kaart 42.6.3 Liège (schaal 1/5000)
Kaart 22.1.2 Gent-Wondelgem (schaal 1/5000)
Kaart 45.7.1 à 4 Mons (Sector Mons - Jemappes - Cuesmes)(schaal 1/10000)
Kaart 31.3.3 Brussel (schaal 1/5000)
Kaart 15.3.3 Zwijndrecht - Noord (schaal 1/5000)
Kaart 15.3.4 Antwerpen - Noordkasteel (schaal 1/5000)

De publikatie van de volgende Grondmechanische Kaarten is voorzien :

Kaart 15.3.1 Antwerpen Petroleumhaven (schaal 1/5000)
Kaart 31.3.4 Brussel (schaal 1/5000)
Kaart 46.7.6 Charleroi (schaal 1/5000)
Kaart 15.3.5-7 Antwerpen (schaal 1/5000)

Verklarende tekst bij de Grondmechanische Kaart 15.3.2
Antwerpen-Luchtbal

p. I-V, p. 1-92

Texte explicatif de la Carte Géotechnique 15.3.2.
Antwerpen-Luchtbal

p. 93-96

Adressen :

- Leerstoel voor Grondmechanica en Funderingstechniek,
  Tramstraat 44, 9710 ZWIJNAARDE
- Leerstoel voor Toegepaste Geologie,
  Krijgslaan 281, 9000 GENT

1982

DANKBETUIGING

Talrijke personen en instellingen hebben door hun bereidwillige medewerking bijgedragen tot de verwezenlijking van de grondmechanische atlas 15.3.1 en 15.3.2.

Wij danken hiervoor in het bijzonder :

- De Burgemeester en het Schepencollege van de Stad Antwerpen
- De heer Fl. VAN BERCKELAER, Hoofdingenieur- Afdelingshoofd bij de Technische Dienst van het Havenbedrijf
- De heer B. DE COSTER, Hoofdingenieur bij de Technische Dienst van het Havenbedrijf
- De heer M. DOSSCHE, Ingenieur-Afdelingshoofd bij de Technische Dienst van het Havenbedrijf
- De heer H. MEULEPAS, Ingenieur-Afdelingshoofd bij de Technische Dienst van het Havenbedrijf
- de heer W. THIBAUT, Ingenieur-Afdelingshoofd bij de Technische Dienst van het Havenbedrijf
- De heer G. SOENENS, Technisch Hoofdinspektuer bij de Technische Dienst van het Havenbedrijf
- De heer J. HOFMAN, Technisch Inspekteur bij de Technische Dienst van het Havenbedrijf
- De heer M. HAEGEMAN, Conducteur bij de Technische Dienst van het Havenbedrijf
- De heer J. VAN GHYSEGHEM, Hoofdingenieur-Direkteur bij de Dienst voor Werken
- De heer J. CARPENTIER, Ingenieur-Afdelingshoofd bij de Dienst voor Werken
- De heer E. DE KESEL, Hoofdinspekteur bij de Dienst voor Werken
- De heer W. VANDEWALLE, Technisch Inspekteur bij de Dienst voor Werken
- De heer W. RYLANT, Hoofdingenieur-Direkteur bij de IMALSO
- De heer P. DEBAERE, Hoofdingenieur-Direkteur bij de Intercommunale Vereniging voor de Autoweg E3
- De heer J. STOFFELS, Hoofdtekenaar bij de Intercommunale Vereniging voor de Autoweg E3
- De heer P. LAGA, Geoloog bij de Belgische Geologische Dienst

- De Belgische Geologische Dienst
- Het Bruggenbureau van het Ministerie van Openbare Werken
- De Dienst van Topografie en Fotogrammetrie van het Ministerie van Openbare Werken
- De Nationale Maatschappij der Belgische Spoorwegen

- ADINCO p.v.b.a.
- ANTONSEN n.v.
- BEHEERSMIJ. FREYLOO n.v.
- BP CHEMICALS-BELGIUM n.v.
- C.M.B. n.v.
- ESSO-BELGIUM n.v.
- FORDMOTOR Cy. n.v.
- GEOLAB p.v.b.a.
- GEOLOGICA p.v.b.a.
- GEOSONDA p.v.b.a.
- GENERAL MOTORS CONTINENTAL n.v.
- GENERAL TANK STORAGE n.v.
- HERFURTH & BOUTMY n.v.
- KATOEN-NATIE n.v.
- MERCANTILE MARINE ENGINEERING & GRAVING DOCKS Cy n.v.
- NORTHERN SHIPPING SERVICE n.v.
- OREX s.v.
- PANOCEAN-EUROTANK n.v.
- ANTWERPS HAVENBEDRIJF PAYS n.v.
- PENETRA p.v.b.a.
- PETROCHIM n.v.
- RHENUS ANTVERPIA n.v.
- RIJN-SCHELDE MONDIA n.v.
- S.I.B.P. n.v.
- SONDEX n.v.
- SOBELGRA n.v.
- STEVEDORING COMPANY GYLSEN
- Studiebureel CONSTRUCTOR n.v.
- Studiebureel T.K.B.
- Tijdelijke Vereniging Stormvloedkering Schelde (S.V.K.S.)
- THOMSEN'S HAVENBEDRIJF
- F. VAN BREE n.v.
- WESTERLUND CORPORATION n.v.
- WIJNNATIE n.v.

Verder danken wij heel bijzonder de heren A. VANDEWEGE en R. VERSTRAETEN voor het tekenen van de platen en figuren, Mevrouw G. VERMEIREN voor het typen van de verklarende tekst en de heren BAUWENS en JANSSENS van de Drukkerij van het Ministerie van Openbare Werken voor het uitvoeren van het volledig drukwerk.

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

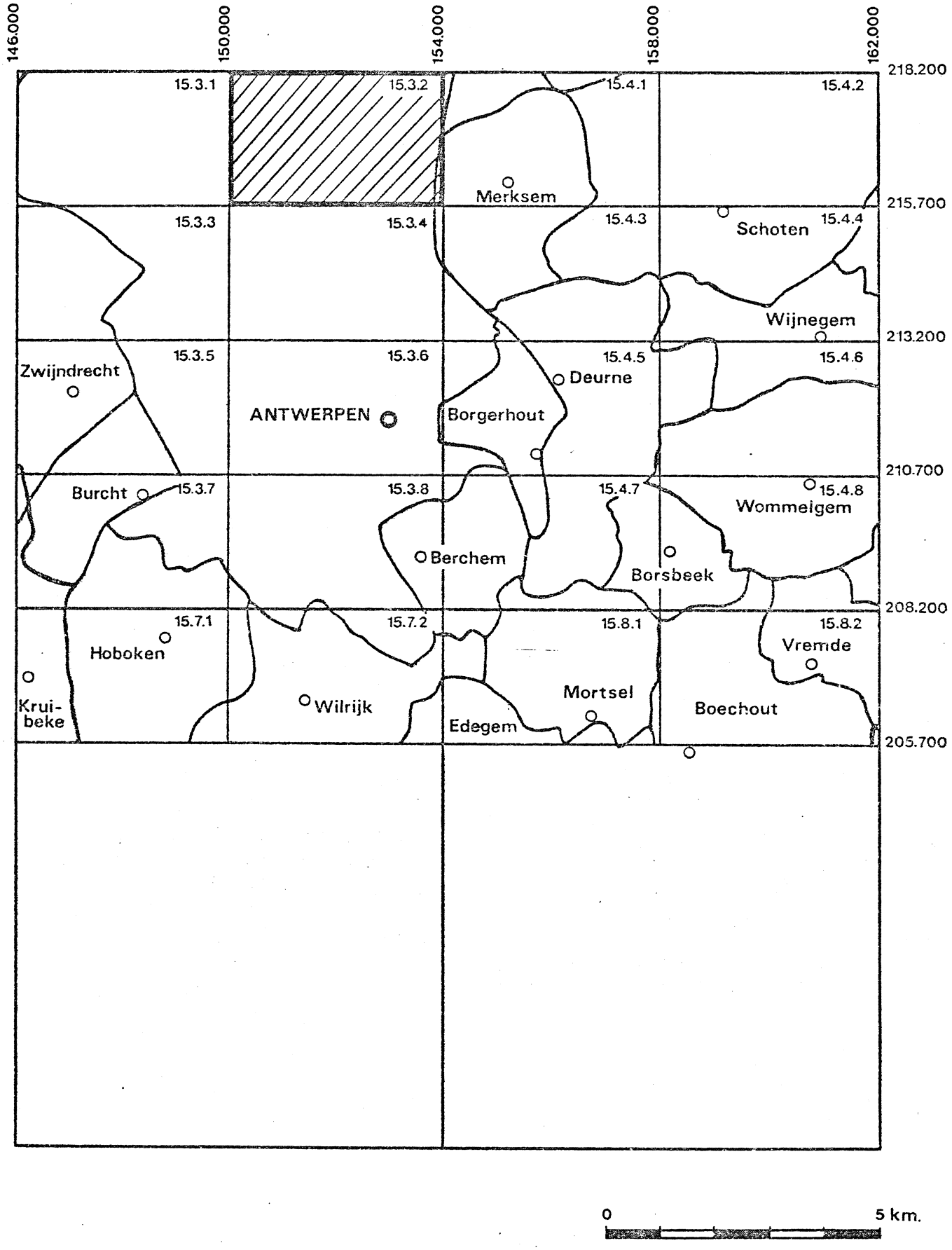


Fig.1: Ligging van de gekarteerde zone

WAARSCHUWING

De grondmechanische kaarten beantwoorden aan een behoefte naar een samenvattende weergave van die komponenten 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 dokumenten, kaarten en verklarende tekst verstrekken een algemeen beeld aangaande :

- 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 gegevens 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 ten tijde van de kartering beschikbare proeven. Het zijn dus enkel richtinggevende dokumenten en de auteurs kunnen niet verantwoordelijk gesteld worden voor mogelijke toepassingen ervan.

De grondmechanische kaarten kunnen de gebruiker in geen geval vrijstellen van het verrichten van aanvullende proeven in funktie van welomschreven projekten.

1. INLEIDING

De grondmechanische atlas 15.3.2 is samengesteld uit 11 platen op schaal 1/5000 :

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 (equidistantie : 2 m)
- Opgevulde vestinggrachten en waterlopen.

Plaat III : Dikte van het Alluvium
- Lijnen van gelijke dikte van het alluvium (equidistantie : 2 m)
- Uitbreiding van het veen.
- Litologische opbouw van het alluvium t.p.v. boringen.
- Opgevulde vestinggrachten en waterlopen.

Plaat IV : Dikte van het kwartair zandkomplex
- Lijnen van gelijke dikte van dit komplex (equidistantie : 2 m)
- Opgevulde vestinggrachten en waterlopen.

Plaat V : Dikte van het Scaldisiaan b (Merksemiaan) zandkomplex
- Lijnen van gelijke dikte van dit komplex (equidistantie : 2 m)
- Opgevulde vestinggrachten en waterlopen.

Plaat VI : Gezamenlijke dikte van het Scaldisiaan a zandkomplex en het Antwerpiaan zandkomplex
- Lijnen van gelijke gezamenlijke dikte van deze komplexen (equidistantie : 2 m)

Plaat VII : Top van het Rupeliaan kleikomplex
- Lijnen van gelijk peil van de top van dit kleikomplex (equidistantie : 2 m)

Plaat VIII : Hydrogeologische gegevens
- Oppervlaktewater.
- Stand van het grondwater.

Plaat IX : Zonering
- Zones waarbinnen analoge grondmechanische omstandigheden worden aangetroffen.

Plaat X : Basis van de kwartaire sekwentie
- Lijnen van gelijk peil van de basis van het Kwartair (equidistantie : 2 m).

Plaat XI : Basis van het Scaldisiaan b zandkomplex
- Lijnen van gelijk peil van de basis van dit zandkomplex (equidistantie : 1 m).

Op de kaarten zijn ook de boringen, sonderingen en ontsluitingen aangegeven die door de betrokken laag zijn gegaan. Op de platen VII, X en XI zijn de waarnemingspunten aangeduid die respektievelijk de top van het Rupeliaan kleikomplex, de basis van de kwartaire sekwentie en de basis van het Scaldisiaan b zandkomplex hebben bereikt.

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

2. GEOGRAFISCHE GEGEVENS

2.1. Geografische ligging van de gekarteerde zone

De gekarteerde zone stemt overeen met het kaartblad 15.3.2 (Antwerpen-Luchtbal) van het Ministerie van Openbare Werken (schaal 1/5000). De basiskaart werd echter grotendeels aangepast (toestand december '81) (zie paragraaf 5.3).

Het gebied strekt zich uit tussen de Lambert-koördinaten

x = 150.000 en 154.000
y = 215.700 en 218.100

De gekarteerde oppervlakte bedraagt 10 km² (2,5 km x 4 km).

Het beschouwde gebied behoort tot de Stad Antwerpen.

2.2. Topografie

De gekarteerde zone behoorde vroeger grotendeels tot de laaggelegen Scheldepolders (Austruweelpolder, Ekerenpolder, Steenborgerweertpolder). Het oorspronkelijk maaiveldpeil in deze polders lag in het kaartgebied tussen +0,5 en +2,5*. In de Noordwestelijke hoek van de kaart lag het oorspronkelijk maaiveldpeil hoger dan +2,5 (+3 tot +4). Daar kwam een zandopduiking voor die niet bedekt was met polderafzettingen. Op deze hoger gelegen zone was de dorpskom van Wilmarsdonk gevestigd. Ter hoogte van het Groot Hagelkruis (nabij Ekeren) bevond zich eveneens een iets hoger gelegen gebied dat niet bedekt was met poldersedimenten. Deze zone maakte deel uit van het hoger gelegen gebied waarop de dorpskom van Ekeren zich bevindt.

Thans varieert het maaiveldpeil van ca. +2,5 tot ca. +7,5.

Hoger gelegen zijn de autowegen, zones rond bepaalde bruggen en een spoorweg in de zuidoostelijke hoek van de kaart.

2.3. Verkeerswegen

De belangrijkste verkeerswegen die binnen het gebied voorkomen zijn de Kleine Ring rond Antwerpen (zuidoostelijke hoek van de kaart) en de autosnelweg A12 Antwerpen-Bergen-op-Zoom

---

* Alle peilen, behalve indien anders vermeld, zijn uitgedrukt t.o.v. het referentievlak TAW (Tweede Algemene Waterpassing) van het NGI (Nationaal Geografisch Instituut).

(noordoostelijke hoek van de kaart) deze laatste met een verkeerswisselaar aan de Noorderlaan. Belangrijk is tevens de Noorderlaan die de Stad Antwerpen verbindt met de Haven.

Het Tweede en Derde Havendok evenals het Albertdok dateren van het begin van de twintigste eeuw (vóór de Eerste Wereldoorlog). Het Leopolddok evenals de verbinding van deze met het Albertdok, en het Vierde Havendok dateren van de twintiger en dertiger jaren. Het Zesde Havendok werd aangelegd in de vijftiger jaren.

Het waterpeil in de dokken wordt gehandhaafd tussen de peilen +3,85 en +4,25 NKD*.

---

* Het NKD-referentievlak ligt 0,08 m onder het eerdergenoemde TAW-referentievlak.

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 N.V. FORAKY, vanaf een maaiveld gelegen op +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. 2 (pag. 9). Deze loopt van Kallo naar Beerzel 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* (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 vervlakt.

In het studiegebied zou de top van de sokkel zich bevinden tussen de peilen -575 en -675 .. De top helt in noordoostelijke tot noordelijke richting met een helling van circa 1,5 %. Over de dikte van de sokkel zijn geen gegevens beschikbaar.

3.2. De postpaleozoïsche deklagen (Secundair en Tertiair)

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

---

* Zowel het gesteentepakket als het gedeelte van de geologische tijd, tijdens hetwelk het pakket werd afgezet, dragen dezelfde naam.

Te Kallo is het Mesozoïcum onderaan opgebouwd uit mergelig krijt en bovenaan uit krijt en tufkrijt. De top van deze afzetting zou in het gekarteerde gebied voorkomen tussen de peilen -425 en -500 en hellen naar het noordoosten met circa 1 %.

Te Kallo is het Tertiair opgebouwd uit een aantal zandige en kleiïge lagen van ongelijke dikte. Deze lagen hellen veralgemeend monoklinaal in noordoostelijke richting. Hun respektievelijke dikte kan afgeleid worden van fig. 2.

Van onder naar boven treft men er de hierna besproken eenheden aan.*

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 kontinu doorloopt, is een komplex van zanden, kleien en ligniet. Dit Lagunair Landeniaan werd niet aangeboord te Beerzel.

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

Het Paniseliaan is onderaan begrensd door een kleilaag (Plm). Daarboven treft men een komplex aan 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.

---

* Om pragmatische redenen werden nog enkele thans verouderde termen gebruikt.

Tussen het Wemmeliaan en het Onder-Rupeliaan komt in het studiegebied een overgangskomplex voor (eo-oligoceen overgangskomplex). Het bestaat uit kleiïge (a_1, a_2, a_3) en zandige lagen (s_1, s_2, s_3). Het komplex werd slechts gedeeltelijk aangeboord te Beerzel.

Het Onder-Rupeliaan bestaat uit zanden, het Boven-Rupeliaan uit een kleikomplex (Boomse klei). De basis van de Boomse klei helt veralgemeend monoklinaal 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 publikaties. In deze publikaties werden aan de pliocene en miocene lagen, in funktie 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 tijden aan die lagen werden toegekend.

3.3. De Kwartaire dekmantel

De kwartaire dekmantel (2 miljoen jaren tot heden), die eveneens deel uitmaakt van het Cenozoïcum, behoort tot het Pleistoceen (glaciale en interglaciale periodes) en tot 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.

De kwartaire gronden worden verder behandeld in de grondmechanische atlassen van de Antwerpse agglomeratie.

Tabel 2 - Onderverdeling van het Mioceen en het Plioceen in het Antwerpse

LEGENDE van de GEOLOGISCHE KAART (1896)		ALGEMEEN STRATIGRAFISCH REGISTER van de GEOLOGISCHE KAART (1932)		STRATIGRAFISCHE INDELING J. DE HEINZELIN (1955) SYMPOSIUM NEOGEEN (1961)			LITHOSTRATIGRAFISCHE INDELING F. DE MEUTER - P. LAGA (1976)		GRONDMECHANISCHE ATLAS 15.3. + 15.4
PLIOCEEN	POEDERLIAAN	PLIOCEEN MIDDEN	SCALDISIAAN	ONDER PLEISTOCEEN	MERKSEMIAAN	ZANDEN VAN MERKSEM ZANDEN VAN KRUISSCHANS + AUSTRUWEEL	PLIOCEEN	•FORMATIE v. LILLO ZANDEN van ZANDVLIET ZANDEN van MERKSEM ZANDEN van KRUISSCHANS	MERKSEMIAAN
PLIOCEEN	SCALDISIAAN			PLIOCEEN	SCALDISIAAN	ZANDEN VAN KALLO ZANDEN VAN LUCHTBAL ZANDEN VAN KATTENDUK		ZANDEN van OORDEREN ZANDEN van LUCHTBAL •FORMATIE v. KATTENDUK	SCALDISIAAN b SCALDISIAAN a
PLIOCEEN	DIESTIAAN	PLIOCEEN ONDER	DIESTIAAN	BOVEN	DEURNIAAN	ZANDEN VAN DEURNE	MIOCEEN	•FORMATIE v. DIEST	DIESTIAAN
BOVEN MIOCEEN	BOLDERIAAN	BOVEN MIOCEEN	ANTWERPIAAN	MIOCEEN MIDDEN	ANTWERPIAAN	ZANDEN VAN ANTWERPEN ZANDEN VAN EDEGEM	MIOCEEN	•FORMATIE v. BERCHEM ZANDEN van ANTWERPEN ZANDEN van KIEL ZANDEN van EDEGEM	ANTWERPIAAN

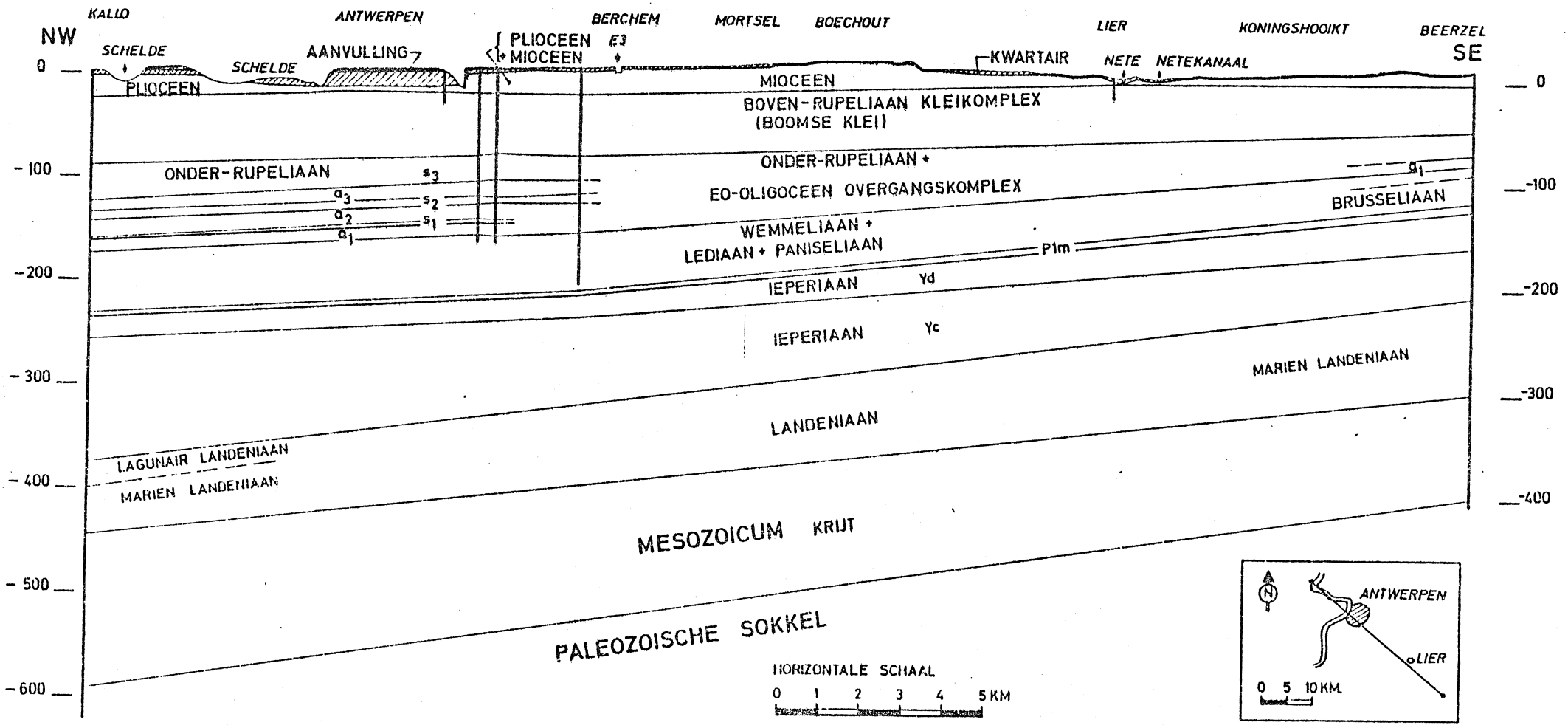


Fig. 2 - Schematisch NW-SE doorsnede Kallo-Beerzel.

4. UITGEVOERDE STUDIE

Het opstellen van de grondmechanische kaart 15.3.2 geschiedde in drie fasen :

- Fase 1 : Verzamelen en verwerken van de beschikbare gegevens
- Fase 2 : Uitvoeren van aanvullende proeven
- Fase 3 : Opstellen van de definitieve grondmechanische kaart en verklarende nota.

De verzamelde resultaten van boringen, sonderingen, ontsluitingen en laboratoriumproeven werden verwerkt op steekkaarten en op een dokumentatiekaart gebracht. Voorbeelden van steekkaarten zijn weergegeven in bijlagen 1a en 1b.

Daar te Antwerpen meerdere referentieniveaus worden aangewend voor het vastleggen van de hoogtepeilen dienden vooreerste alle in de verschillende rapporten vermelde peilen te worden omgezet in peilen t.o.v. het referentievlak TAW van het NGI. Het verband tussen de verschillende aangewende referentieniveaus is aangegeven in fig. 3.

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

Eveneens werden een aantal historische kaarten geraadpleegd ten einde voormalige vestinggrachten en waterlopen te situeren.

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.* : "Een grondmechanische kaart is een kaart die een weergave is van alle komponenten 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 bouwwerken en van mijnen". Deze kaarten dienen ons in te lichten over de gesteenten, de hydrogeologische kenmerken, bepaalde geomorfologische eigenschappen en de huidige goedynamische processen.

---

* International Association of Engineering Geology

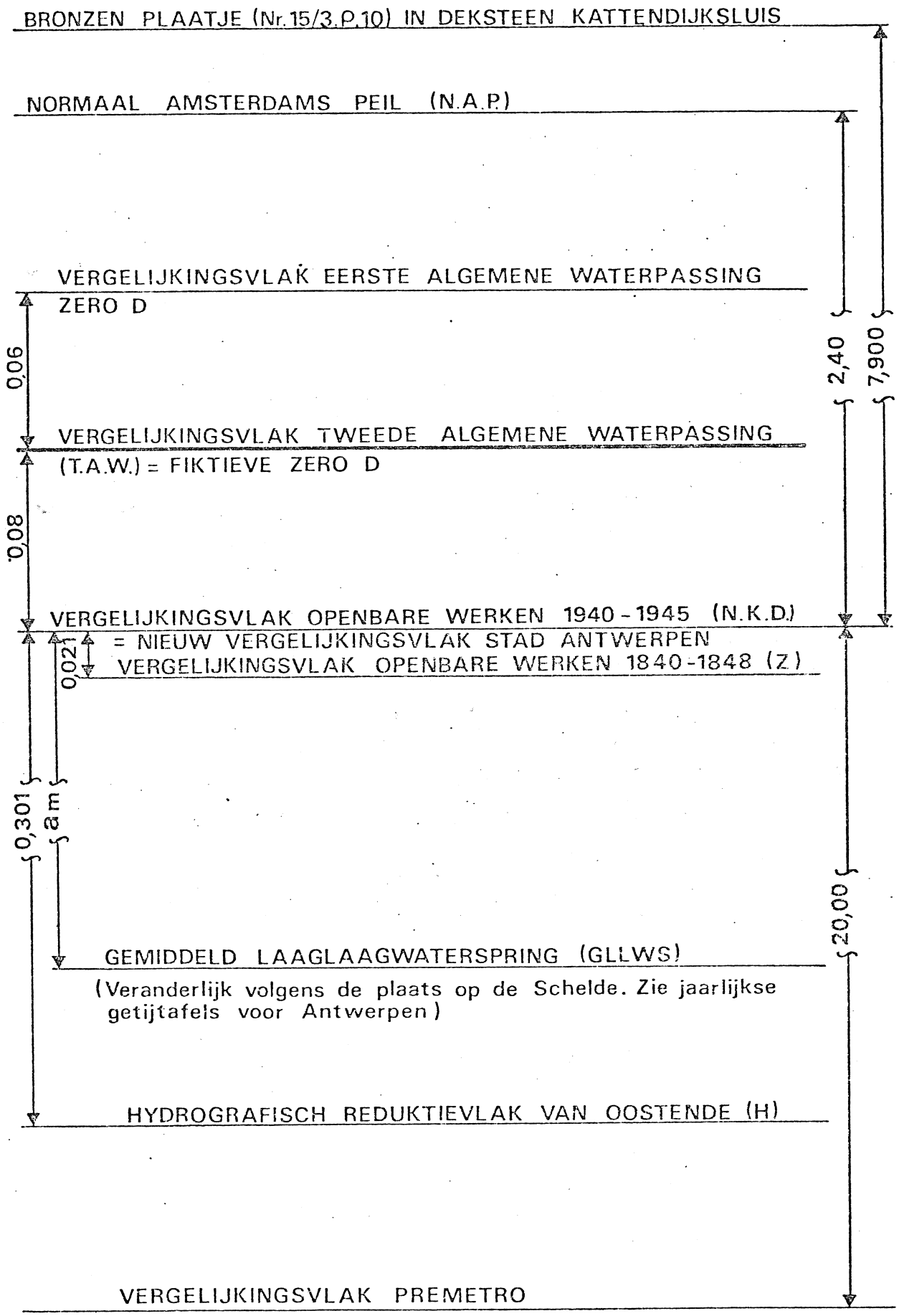


Fig. 3 : Ligging van enkele vergelijkingsvlakken in gebruik te Antwerpen (verschillen uitgedrukt in m.)

De klassifikatie 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 tektonische evolutie evenals van oppervlakkige verweringsverschijnselen.

Steunend op de litologie 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
- litologisch type
- litologisch komplex
- litologische sekwentie.

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

Het litologisch type is een eenheid met een homogene samenstelling, textuur en struktuur maar niet noodzakelijk 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 litologisch komplex bestaat uit een aantal genetisch verwante litologische types, die onder specifieke paleogeografische en tektonische omstandigheden zijn afgezet. De ruimtelijke ordening van deze types binnen het komplex is specifiek en distinktief voor het komplex. De litologische 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 komplex vast te leggen. Het is hoogstens mogelijk naast de gegevens betreffende een aantal litologische types binnenin het komplex, het algemeen gedrag van het komplex weer te geven.

De litologische sekwentie is samengesteld uit een aantal litologische komplexen die in gelijkaardige paleogeografische en tektonische omstandigheden werden afgezet. Doordat deze komplexen binnen de sekwentie bepaalde verwante litologische karakteristieken hebben vormen ze een geheel dat van de aangrenzende sekwenties kan worden onderscheiden. De grondmechanische eigenschappen van de sekwentie kunnen dan ook slechts door een aantal zeer algemene gegevens worden vastgelegd.

Binnen de beschouwde zone werden de lagen in een aantal litologische komplexen onderverdeeld en als dusdanig gekarteerd. Bij de bespreking van deze gekarteerde komplexen zal evenwel soms een onderscheid worden gemaakt tussen de litologische types, die binnen het komplex voorkomen. Alhoewel soms heel wat gegevens beschikbaar waren betreffende de grondmechanische eigenschappen van bepaalde litologische types, was het evenwel niet mogelijk de begrenzingsvlakken ervan met een voldoende nauwkeurigheid vast te leggen.

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 hypotetisch 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)

De plaat I (dokumentatie) geeft de ligging en het type aan van de boringen en sonderingen waarvan de gegevens aangewend werden bij het opstellen van de grondmechanische atlas 15.3.2. Tevens geeft de kaart de topografie aan.

5.1. Boringen, sonderingen en ontsluitingen

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

Het nummer dat vermeld is naast de symbolen laat toe de overeenkomstige steekkaart te raadplegen.

De steekkaarten kunnen geraadpleegd worden bij het Rijksinstituut voor Grondmechanica, Tramstraat 44, 9710 ZWIJNAARDE.

In het totaal werden 370 gegevens aangewend.

Het opzoeken van gegevens werd stopgezet op 31 december 1981.

De aangewende gegevens zijn hoofdzakelijk afkomstig van :

- Het Rijksinstituut voor Grondmechanica
- De Belgische Geologische Dienst
- De private ondernemingen die een vestiging hebben in het gekarteerde gebied.

5.2. Hoogtelijnen

De hoogtelijnen op de plaat I werden grotendeels getekend aan de hand van plannen afkomstig van de technische diensten van de Stad Antwerpen (Dienst voor Werken en Technische Dienst voor het Havenbedrijf). Er werd eveneens rekening gehouden met de resultaten van enkele plaatselijke waterpassingen uitgevoerd door het Centrum voor Grondmechanische kartering van de R.U.G.

De bodempeilen van de dokken zijn eveneens aangegeven.

5.3. Basiskaart

Voor het opstellen van de grondmechanische kaart 15.3.2 werd aanvankelijk gesteund op de fotogrammetrische kaart 15.3.2 van het Ministerie van Openbare Werken (uitgave 1965). Toen bleek dat de topografie binnen de gekarteerde zone sinds het opstellen van deze fotogrammetrische kaart belangrijke wijzingen had ondergaan, werd beslist om de fotogrammetrische kaart 15.3.2 zo goed als mogelijk aan te passen aan de toestand bestaande op 31 december 1981. Daarvoor werd voornamelijk gesteund op plannen afkomstig van de technische diensten van de Stad Antwerpen (Dienst voor Werken en Technische Dienst voor het Havenbedrijf) en van de Intercommunale Vereniging voor de Autoweg E3. Verder werd ook gesteund op de beschikbare plannen van een aantal binnen het beschouwde gebied gelegen bedrijven. De aldus aangepaste fotogrammetrische kaart 15.3.2 fungeert als basiskaart voor alle platen van de Grondmechanische Atlas 15.3.2.

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 kaartgebied werden met het oog op het winnen van industrie- en woonterreinen grote hoeveelheden grond aangebracht op de oorspronkelijk laaggelegen polders. De ophogingen gebeurden vooral gedurende de twintigste eeuw.

Opgevulde vestinggrachten komen voor rond het oudere havengedeelte (Albertdok, Tweede en Derde Havendok). Deze grachten waren in feite een uitbreiding van de negentiende eeuwse versterkingen (Brialmontgordel). Door de oorsponkelijke polders liepen tevens talrijke poldergrachten. In de noordoostelijke hoek van de kaart lag de omleiding van de Schijns. Alle grachten verdwenen gedurende de havenuitbreiding.

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 15.3.2 bestaan deze gronden hoofdzakelijk uit zandig materiaal. Er komen echter talrijke slib- en kleihoudende lenzen in voor. De aanwezigheid van deze slib- en kleihoudende gronden is er de oorzaak van dat een onderscheid tussen de aangevulde gronden en het onderliggend alluvium soms moeilijk te maken is aan de hand van sondeerdiagrammen.

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

6.1.3. Uitbreiding

De kartering van de aangevulde en vergraven gronden is gesteund op puntwaarnemingen en op oude kaarten. Gezien de oorsprong van deze gronden is het echter niet uitgesloten dat de werkelijke dikte plaatselijk sterk afwijkt van de op de plaat vermelde waarde.

De oude kaarten zijn aangewend voor het situeren van de belangrijkste voormalige grachten. De lijst van geraadpleegde kaarten is opgenomen in de referentielijst. Gezien de moeilijkheid ze nauwkeurig te situeren werden kleinere poldergrachten niet op de plaat weergegeven. Ze kunnen echter wel een invloed hebben op de dikte van de aangevulde en vergraven gronden en van het onderliggend alluvium. De geraadpleegde oude kaarten zijn jonger dan de tweede helft van de achttiende eeuw. Het is dus niet uitgesloten dat in het gekarteerde gebied nog andere voormalige belangrijke grachten of waterlopen worden aangetroffen.

De dikte van de aangevulde gronden bedraagt in het kaartgebied 15.3.2 meestal 2 tot 6 m. Ter plaatse van de voormalige grachten en van sommige autowegen (verkeerswisselaar Noorderlaan) en spoorwegen evenals nabij de kaaimuren loopt de dikte meestal op tot meer dan 6 m.

Waar mogelijk werd de plaatselijke dikte van de aangevulde gronden in de oude grachten aangegeven. De aangeduide dikte is dan enkel geldig voor het punt of de punten waarop de dikte betrekking heeft. Men dient er rekening mee te houden dat afwijkingen mogelijk zijn.

6.1.4. Grondmechanische eigenschappen

De grondmechanische eigenschappen van de aangevulde en vergraven gronden zijn gekenmerkt door hun wisselend karakter. Op de plaatsen waar de aanvulling degelijk gebeurde met zuiver zand kunnen vrij goede eigenschappen worden aangetroffen. Deze gronden vertonen dan konusweerstanden die soms over aanzienlijke dikten groter zijn dan 10 MN/m^2. In de meeste gevallen echter zijn deze aanvullingen niet homogeen en worden meer weerstandbiedende lagen afgewisseld met minder weerstandbiedende slib- of kleihoudende lagen. Een detailkartering van analoge zones binnen de aangevulde en vergraven gronden is aan de hand van de beschikbare informatie niet realiseerbaar.

6.2. Alluvium (plaat III)

6.2.1. Oorsprong

In het alluvium op het kaartblad 15.3.2 werden drie eenheden samengebracht : een bovenste eenheid, een middenste eenheid en een onderste eenheid. Al deze gronden zijn van kontinentale oorsprong en van kwartaire ouderdom (vermoedelijk grotendeels of volledig van holocene ouderdom).

6.2.2. Litologie

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; in het kaartgebied is dit vooral het geval ten noorden van de Noorderlaan. De bovenste eenheid bestaat er volgens de bodemkaart 28W - Antwerpen (F. SNACKEN, 1964) plaatselijk uit zeer zandige gronden die afkomstig zijn van dijkdoorbraken ("Overslaggronden").

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

De onderste eenheid is vooral samengesteld uit klei of leem die veenhoudend of zandhoudend kunnen zijn. Zeer plaatselijk bestaat deze eenheid uit veenhoudend zand.

6.2.3. Uitbreiding

Eén of meerdere eenheden kunnen ontbreken. Ter plaatse van de aangevulde vestinggrachten en waterlopen is het alluvium geheel of gedeeltelijk verdwenen. De litologische opbouw van het alluvium is aangegeven ter plaatse van de boringen.

De dikte van het alluvium, dit is van de drie bovengenoemde eenheden samen, is aangegeven op plaat III. De dikte is begrepen tussen 0 en 4 m.

De bovenste eenheid (klei, leem, plaatselijk veenhoudend of zandhoudend, plaatselijk zand) komt over het grootste deel van het kaartgebied voor. De dikte ervan bedraagt meestal 1 tot 1,5 m.

De middenste eenheid (veen, plaatselijk sterk veenhoudende klei) komt niet overal voor. De maximale uitbreiding ervan is aangegeven op de plaat. De uitbreiding van het veen is mede aan de hand van de gegevens vermeld op de bodemkaart 28W - Antwerpen (F. SNACKEN, 1964) getekend. De dikte van de middenste eenheid is in het kaartgebied zelden groter dan 1 m.

De onderste eenheid (klei, leem, plaatselijk veenhoudend of zandhoudend, soms veenhoudend zand) komt slechts zeer plaatselijk voor. De dikte ervan is nagenoeg steeds minder dan 1 m.

6.2.4. Grondmechanische eigenschappen

6.2.4.1. Grondmechanische eigenschappen van de bovenste eenheid van het alluvium (klei, leem, plaatselijk veenhoudend of zandhoudend, plaatselijk zand)

Van deze eenheid waren resultaten van laboratoriumproeven op 120 monsters, ontnomen uit 78 boringen, beschikbaar. De boringen werden uitgevoerd in de Austruweelpolder, Ekerenpolder en Merksempolder (kaartbladen 15.3.1 tot 15.3.4 en 15.4.1 en 15.4.3) (tabel 3).

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

*	γ	γ_d	w	n	w_L	i_p
**	(95)	(93)	(106)	(94)	(73)	(72)
	kN/m³	kN/m³	%	%	%	
Min.	11,87	5,49	19,6	36,2	25,1	5,6
Max.	19,82	16,57	132,0	78,9	201,0	88,0
Gem.	16,03	10,65	57,6	58,9	72,8	37,6

*	A	C	k_v
**	(19)	(25)	(26)
			m/s
Min.	42	7,1	$1{,}63 \times 10^{-10}$
Max.	420	32,2	$8{,}50 \times 10^{-7}$
Gem.	129	14,4	

- Korrelverdeling : fig. 4
- Klassifikatie volgens Casagrande : fig. 5
- Humusgehalte : van 0,20 % tot 20,90 % (gem. 3,80 %, 50 monsters)
- Kalkgehalte : van 1,70 % tot 32,30 % (gem. 11,93 %, 48 monsters)
- 13 celproeven : c_{cel} : van 0 kN/m² tot 12,26 kN/m²
  φ_{cel} : van 20° tot 40,9°
  c'_{cel} : van 0 kN/m² tot 45,11 kN/m²
  φ'_{cel} : van 8° tot 25,1°
- 2 Triaxiaalproeven, gekonsolideerd, niet gedraineerd met opmeting van de poriënwaterdrukken (CU) :
  c' : 17 kN/m²
  φ' : van 24,2° tot 27°

---

* De symbolen worden verklaard in bijlage 3

** Aantal monsters

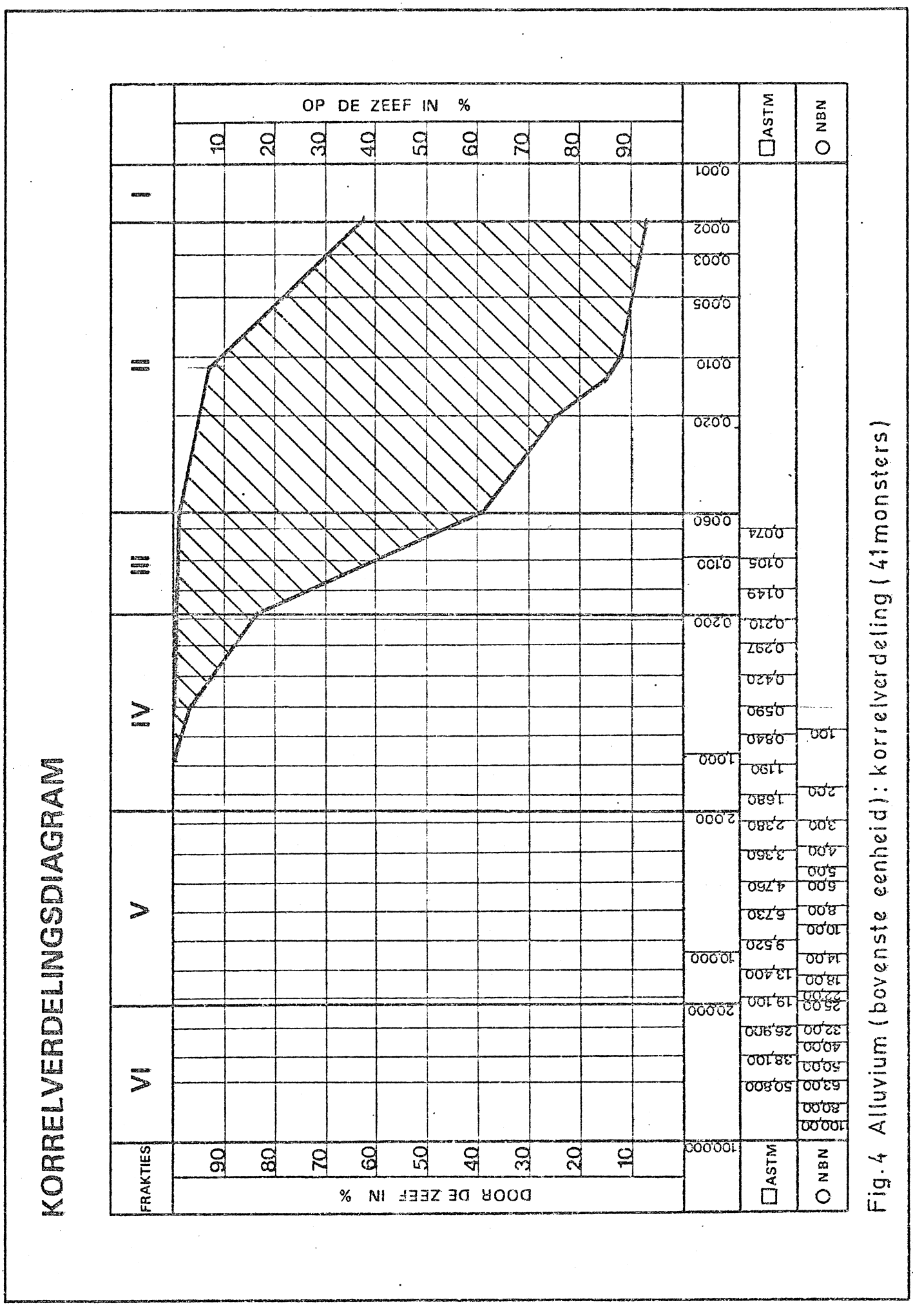


Fig. 4 Alluvium (bovenste eenheid): korrelverdeling (41 monsters)

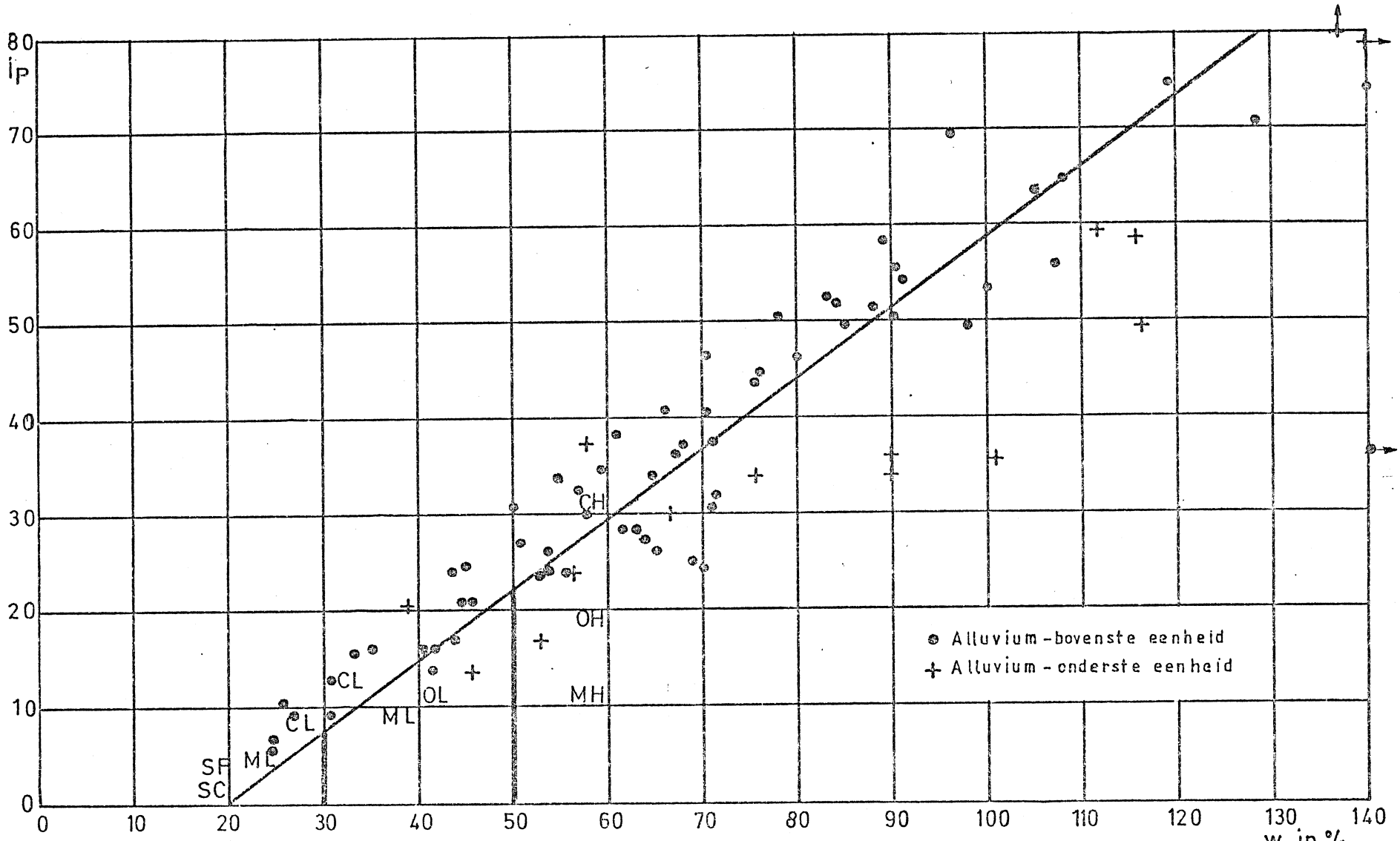


Fig.5 Alluvium (bovenste en onderste eenheid): Klassifikatie volgens A.Casagrande (84 monsters)

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

Resultaten van laboratoriumproeven op 177 monsters ontnomen uit 92 boringen waren beschikbaar. De meeste boringen werden uitgevoerd op de kaartbladen 15.3.1 tot 15.3.7 (tabel 4).

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

*	γ	γ_d	w	C	k_v	k_h
**	(146)	(145)	(167)	(45)	(64)	(7)
	kN/m³	kN/m³	%		m/s	m/s
Min.	8,63	1,67	81,7	4,0	$2,44 \times 10^{-10}$	$2,59 \times 10^{-9}$
Max.	13,04	6,37	490,0	10,6	$2,06 \times 10^{-6}$	$2,9 \times 10^{-4}$
Gem.	10,20	2,78	283,7	6,2		

- Humusgehalte : van 20,4 % tot 93,6 % (gem. 68,4 %, 48 monsters).
- Kalkgehalte : van 0,0 % tot 13,1 % (gem. 5,3 %, 43 monsters)
- 19 celproeven : c_{cel} : van 0,00 kN/m² tot 17,16 kN/m²
  φ_{cel} : van 18° tot 45°
  c'_{cel} : van 0,98 kN/m² tot 29,42 kN/m²
  φ'_{cel} : van 7° tot 38,4°

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

18 analysen op monsters uit de onderste eenheid werden verwerkt. De monsters werden ontnomen uit 13 boringen uitgevoerd op de kaartbladen 15.3.1, 15.3.3 en 15.3.4 (tabel 5).

---

* De symbolen worden verklaard in bijlage 3

** Aantal monsters

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

*	γ	γ_d	w	n	w_L	i_p
**	(14)	(14)	(14)	(14)	(15)	(15)
	kN/m³	kN/m³	%	%	%	
Min.	10,72	2,71	24,4	42,3	39,5	14,0
Max.	18,67	15,00	296,6	84,5	432	229
Gem.	13,87	7,28	120,1	71,0	111,6	52,7

*	A	C	k_v	k_h
**	(5)	(8)	(9)	(5)
			m/s	m/s
Min.	48	5,0	$0{,}50 \times 10^{-10}$	$1{,}50 \times 10^{-9}$
Max.	150	29,7	$3{,}69 \times 10^{-9}$	$8{,}94 \times 10^{-9}$
Gem.	107	12,0		

- Korrelverdeling : fig. 6
- Klassifikatie volgens Casagrande : fig. 5
- Humusgehalte : van 0,3 % tot 38,8 % (gem. 9,1 %, 16 monsters)
- Kalkgehalte : van 2,8 % tot 27,1 % (gem. 17,2 %, 12 monsters)
- 5 Celproeven : c_{cel} : van 0 kN/m² tot 6,87 kN/m²
  φ_{cel} : van 24,0° tot 36,0°
  c'_{cel} : van 5,88 kN/m² tot 17,16 kN/m²
  φ'_{cel} : van 7,0° tot 21,0°

---

* De symbolen worden verklaard in bijlage 3

** Aantal monsters

KORRELVERDELINGSDIAGRAM

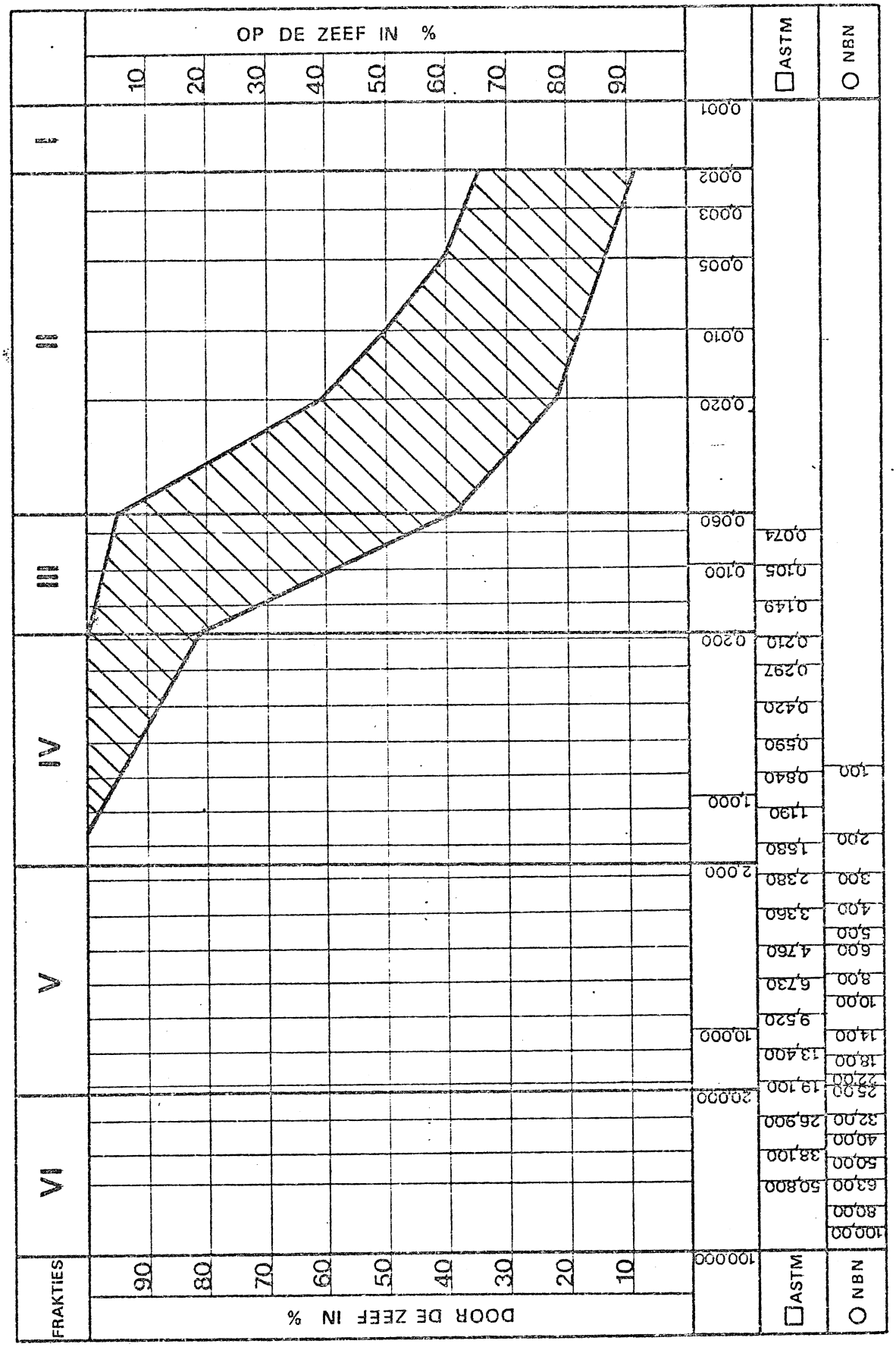


Fig.6 Alluvium (onderste eenheid): korrelverdeling (17 monsters)

6.3. Kwartair zandkomplex (plaat IV+plaat X)

6.3.1. Oorsprong

Het kwartair zandkomplex is van kontinentale oorsprong en behoort grotendeels of volledig tot het Pleistoceen. Het zandkomplex bestaat in het beschouwde gebied hoofdzakelijk uit zandige gronden die aangevoerd werden door sneeuw en wind (niveo-eolische en eolische oorsprong) evenals uit plaatselijk herwerkte zanden afkomstig van het tertiair substraat.

6.3.2. Litologie

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

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

6.3.3. Uitbreiding

De dikte van het kwartair zandkomplex is aangegeven op plaat IV (isopachen), de basis ervan op plaat X (isohypsen). Het zandkomplex komt niet 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 is nagenoeg steeds kleiner dan 2 m. De basis van het kwartair zandkomplex ligt tussen ca. -3 (in het zuiden van het kaartgebied) en ca. +2 (in het noorden van het kaartgebied).

6.3.4. Grondmechanische eigenschappen

12 monsters uit 11 boringen werden aan een laboratoriumonderzoek onderworpen en waren beschikbaar voor deze studie. Deze boringen werden verricht langsheen de traces van de E3- en van de A12-autowegen (kaartbladen 15.3.2, 15.3.4, 15.4.1 en 15.4.3). De gegevens zijn in tabel 6 weergegeven.

Tabel 6 - Grondmechanische eigenschappen van het kwartair zandkomplex

*	γ	γ_d	w	n	w_L	i_p
**	(12)	(12)	(11)	(12)	(6)	(5)
	kN/m³	kN/m³	%	%	%	
Min.	17,35	12,83	19,3	35,5	17,6	1,3
Max.	20,01	16,76	35,3	50,6	33,4	15,5
Gem.	18,56	14,94	24,8	42,3	24,4	6,2

- Korrelverdeling :
  Frakties II + I : van 8,00 % tot 23,00 % (gem. 13,32 %, 9 monsters)
  Fraktie III : van 45,00 % tot 80,80 % (gem. 65,99 %, 9 monsters)
  Fraktie IV : van 7,70 % tot 37,00 % (gem. 20,69 %, 9 monsters)
- Klassifikatie volgens Casagrande : fig. 7
- Humusgehalte : van 0,00 % tot 1,40 % (gem. 0,45 %, 6 monsters)
- Kalkgehalte : van 1,70 % tot 17,60 % (gem. 5,97 %, 6 monsters)
- De konusweerstanden in het kwartair zandkomplex kunnen sterk wisselen. In het kaartgebied is de konusweerstand q_c nagenoeg steeds kleiner dan 5 MN/m². Sondeerdiagrammen zijn opgenomen in hoofdstuk 8 (Zonering).

* De symbolen worden verklaard in bijlage 3

** Aantal monsters

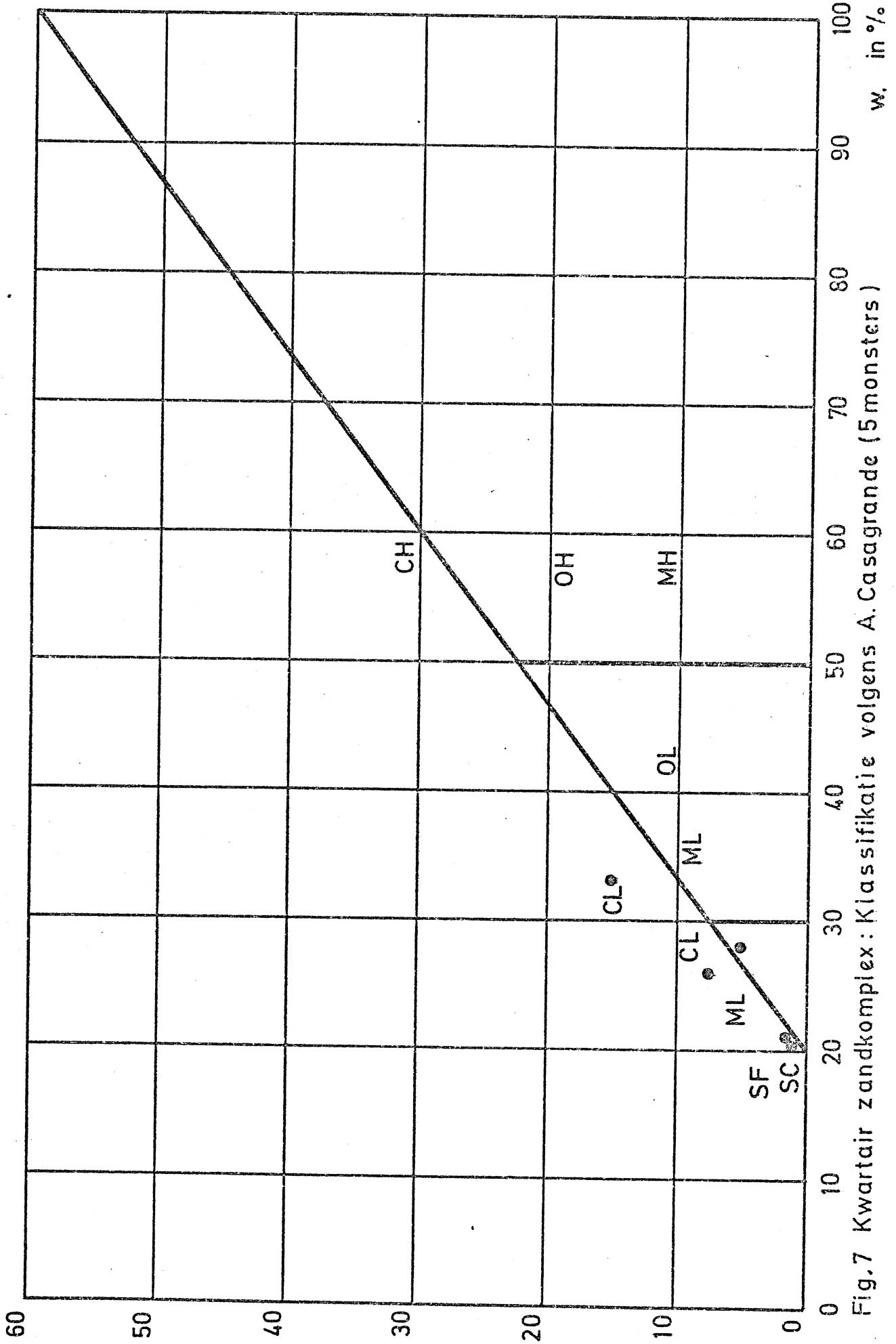


Fig.7 Kwartair zandkomplex: Klassifikatie volgens A. Casagrande (5 monsters)

6.4. Scaldisiaan b zandkomplex (plaat V-plaat XI)

6.4.1. Oorsprong

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

In en rond het kaartgebied zijn de gronden, die in deze grondmechanische atlas Scaldisiaan b zandkomplex zijn genoemd, in de geologische literatuur op de ene plaats aangeduidt met de naam Scaldisiaan, op de andere plaats met de naam Merksemiaan.

6.4.2. Litologie

Litologisch zijn in het kaartgebied twee eenheden te onderscheiden :

Een bovenste eenheid* bestaat uit grijs tot groen, soms bruinachtig, fijn zand dat kleihoudend kan zijn. Vermoedelijk is deze eenheid plaatselijk verkit. Het gewichtspercentage deeltjes kleiner dan 63 µm van monsters uit deze laag ontnomen langsheen de E3- en A12-autowegen (kaartbladen 15.3.2, 15.3.4, 15.4.3 en vooral 15.4.1) bedraagt gemiddeld 11% (van 1% tot 23%, 54 monsters). Kleilagen komen in deze eenheid 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** 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 vertikaal snelle wisselingen in litologie voorkomen. Het gewichtspercentage deeltjes kleiner dan 63 µm 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% (van 4% tot 34%, 47 monsters). In deze eenheid kunnen kleilaagjes (enkele centimeters dikte) voorkomen. Het glauconietgehalte varieert tussen 5 en 10%. Kleine schelpen en fijn schelpgruis komen verspreid of in laagjes voor.

---

* Zanden van Merksem (zie tabel 2)

** Zanden van Kruisschans (zie tabel 2)

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

Ter illustratie van de litologie en het voorkomen van het Scaldisiaan b zandkomplex is fig. 11 (pag. 39) gegeven.

6.4.3. Uitbreiding

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

De dikte van de twee eenheden samen varieert van ca. 4 tot ca. 11 m.

De bovenste eenheid komt over geheel het kaartgebied voor. De maximale waargenomen dikte ervan in het gekarteerde gebied is ca. 9 m.

De onderste eenheid kan plaatselijk zeer dun zijn of zelfs ontbreken. De dikte is in het kaartgebied meestal ca. 2 m.

Ten Noorden van de Noorderlaan, o.a. ter hoogte van de verkeerswisselaar, komen in de topzone van de bovenste eenheid (rond het peil -3), één of meerdere kleilagen of lenzen voor. De maximale waargenomen dikte van deze lagen of lenzen is ca. 1 m.

6.4.4. Grondmechanische eigenschappen

6.4.4.1. Grondmechanische eigenschappen van de bovenste eenheid van het Scaldisiaan b zandkomplex

91 monsters uit de bovenste eenheid, afkomstig van 68 boringen werden verwerkt. De meeste monsters zijn ontnomen langsheen de traces van de E3- en A12-autowegen (kaartbladen 15.3.2, 15.3.4, 15.4.3 en vooral 15.4.1). Bij de bespreking van de grondmechanische eigenschappen van de bovenste eenheid wordt een onderscheid gemaakt tussen de zandgronden enerzijds (tabel 7) en de klei, die voorkomt in lagen of lenzen ten noorden van de Noorderlaan, anderzijds (tabel 8).

Tabel 7 - Grondmechanische eigenschappen van de bovenste eenheid van het Scaldisiaan b zandkomplex : Zand

*	γ	γ_d	w	n	A	C
**	(97)	(97)	(99)	(97)	(4)	(7)
	kN/m³	kN/m³	%	%		
Min.	16,77	13,25	14,4	33,0	273	30,1
Max.	20,59	17,46	33,0	49,0	815	93,0
Gem.	19,07	15,58	22,6	40,0	582	59,6

- Korrelverdeling : Frakties I + II : van 1,3 % tot 22,5 % (gem. 10,5 %, 53 monsters)
  Fraktie III : van 36,3 % tot 85,5 % (gem. 68,1 %, 53 monsters)
  Fraktie IV : van 5,0 % tot 61,3 % (gem. 21,0 %, 53 monsters)
  Fraktie >IV : van 0,1 % tot 2,1 % (gem. 0,5 %, 28 monsters)
- Humusgehalte : van 0,2 % tot 1,9 % (gem. 0,7 %, 11 monsters)
- Kalkgehalte : van 0,9 % tot 55,1 % (gem. 20,7 %, 11 monsters)
- 1 celproef : c_{cel} : 0 kN/m²
  φ_{cel} : 37°
  c'_{cel} : 0 kN/m²
  φ'_{cel} : 34,5°
- 1 triaxiaalproef, gekonsolideerd, niet gedraineerd, met opmeting van de poriënwaterdrukken (CU) :
  c' : 56,9 kN/m²
  φ' : 34°
- 1 triaxiaalproef, niet gekonsolideerd, niet gedraineerd (UU)
  c' : 3,92 kN/m²
  φ' : 34,5°
- De konusweerstanden in zandgronden van de bovenste eenheid van het Scaldisiaan b zandkomplex variëren in het kaartgebied van ca. 7 MN/m² tot meer dan 10 MN/m². Sondeerdiagrammen zijn opgenomen in hoofdstuk 8 (zonering).

---

* De symbolen worden verklaard in bijlage 3

** Aantal monsters

Tabel 8 - Grondmechanische eigenschappen van de bovenste eenheid van het Scaldisiaan b zandkomplex : Klei die voorkomt in lagen of lenzen ten noorden van de Noorderlaan

*	γ	γ_d	w	n	w_L	i_p
**	(8)	(8)	(8)	(8)	(6)	(6)
	kN/m³	kN/m³	%	%	%	
Min.	17,80	12,85	27,8	44,6	49,5	23,3
Max.	18,39	14,39	38,8	50,6	61,5	33,2
Gem.	18,01	13,44	34,7	48,5	55,5	28,2

- Klassifikatie volgens Casagrande : fig. 8
- Humusgehalte (2 monsters) : 0,8 % en 1,5 %
- Kalkgehalte (2 monsters) : 21,0 % en 22,4 %

6.4.4.2. Grondmechanische eigenschappen van de onderste eenheid van het Scaldisiaan b zandkomplex

81 analysen op monsters uit de onderste eenheid van het Scaldisiaan b zandkomplex, afkomstig uit 55 boringen, werden verwerkt (tabel 9). De monsters werden ontnomen op de kaartbladen 15.3.1, 15.3.2, 15.3.3, 15.3.4, 15.4.3 en 15.4.1.

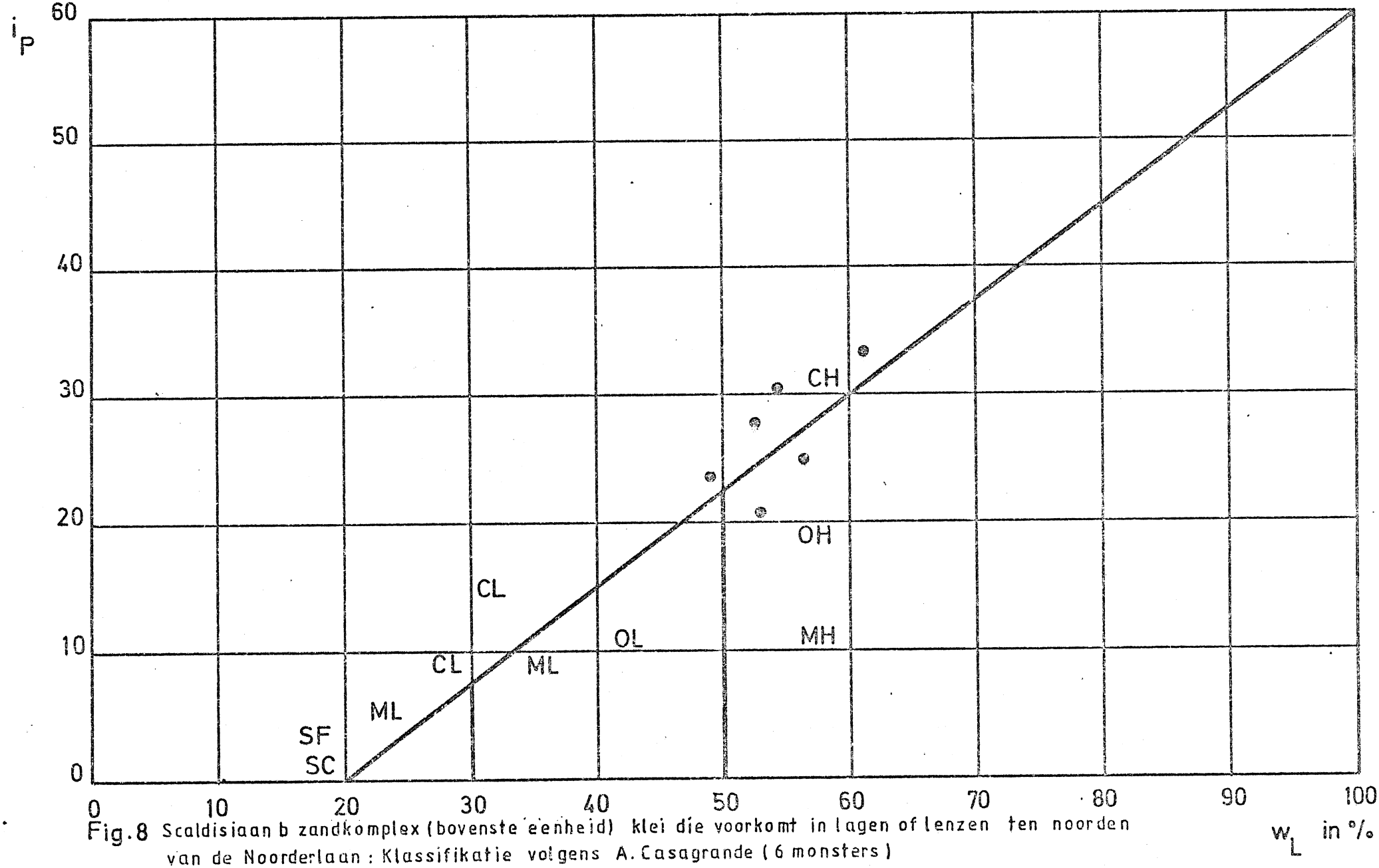


Fig.8 Scaldisiaan b zandkomplex (bovenste eenheid) klei die voorkomt in lagen of lenzen ten noorden van de Noorderlaan : Klassifikatie volgens A. Casagrande (6 monsters)

Tabel 9 - Grondmechanische eigenschappen van de onderste eenheid van het Scaldisiaan b zandkomplex

*	d_{50}	γ	γ_d	w	n	w_L	i_p	k_v
**	(30)	(61)	(60)	(63)	(60)	(28)	(27)	(2)
	µm	kN/m³	kN/m³	%	%	%		m/s
Min.	92	17,73	13,83	13,0	33,3	19,8	0,6	$4,6 \times 10^{-6}$
Max.	277	20,50	17,36	28,9	46,9	40,6	21,7	$7,9 \times 10^{-6}$
Gem.	152	19,17	15,76	21,8	39,4	25,9	7,2	

- Korrelverdeling : fig. 9
- Klassifikatie volgens Casagrande : fig. 10
- Humusgehalte : van 0,1 % tot 1,4 % (gem. 0,7 %, 16 monsters)
- Kalkgehalte : van 1,4 % tot 40,6 % (gem. 27,5 %, 16 monsters)
- 5 triaxiaalproeven,gekonsolideerd,niet gedraineerd, met opmeting van de poriënwaterdrukken (CU):
  c' : van 0 kN/m² tot 2 kN/m²
  φ' : van 32° tot 37°
- 6 triaxiaalprieven, gekonsolideerd, gedraineerd (CD):
  c' : van 3 kN/m² tot 30 kN/m²
  φ' : van 30° tot 48°
- De konusweerstanden in de onderste eenheid van het Scaldisiaan b zandkomplex in het kaartgebied liggen meestal tussen 4 en 10 MN/m². In eenzelfde sondering is de konusweerstand in de onderste eenheid van het Scaldisiaan b zandkomplex lager dan in de bovenste eenheid van het Scaldisiaan b zandkomplex. De overgang tussen beide eenheden verloopt soms geleidelijk. Sondeerdiagrammen zijn opgenomen in hoofdstuk 8 (zonering).

---

* De symbolen worden verklaard in bijlage 3

** Aantal monsters

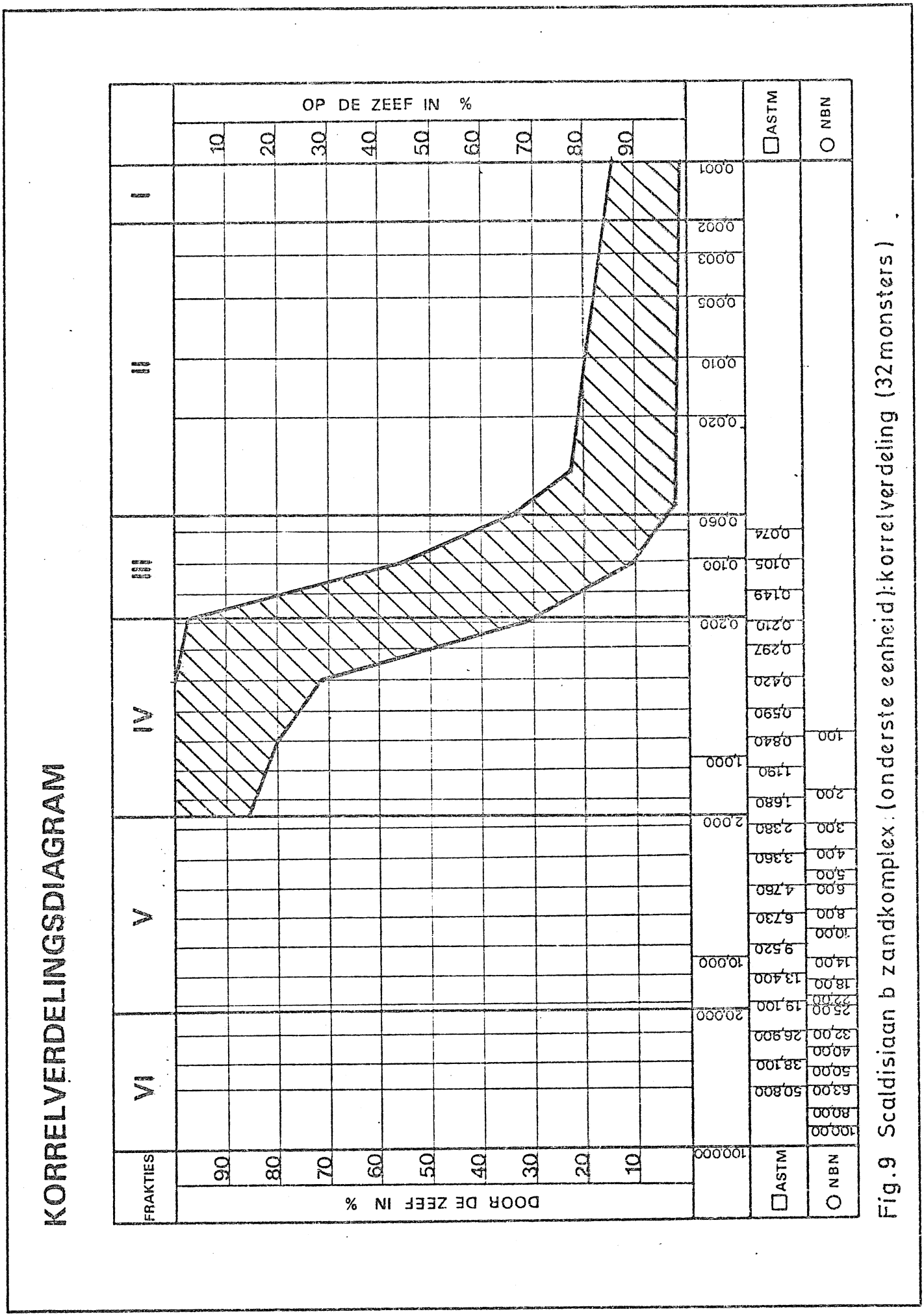


Fig.9 Scaldisiaan b zandkomplex (onderste eenheid): korrelverdeling (32 monsters).

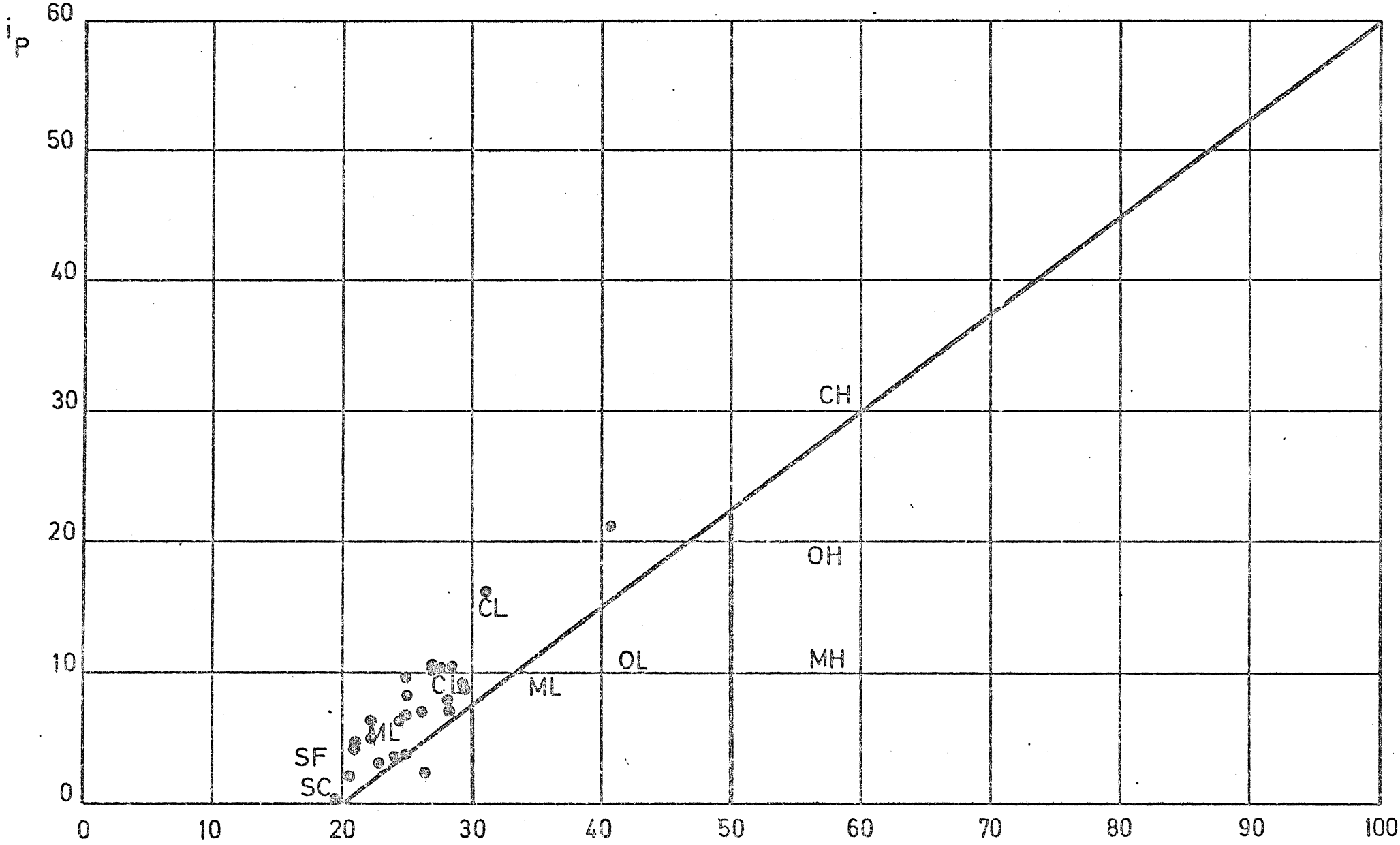


Fig.10 Scaldisiaan b zandkomplex (onderste eenheid): Klassifikatie volgens A. Casagrande (27 monsters)

6.5. Scaldisiaan a zandkomplex en Antwerpiaan zandkomplex (plaat VI)

6.5.1. Oorsprong

6.5.1.1. Oorsprong van het Scaldisiaan a zandkomplex

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

6.5.1.2. Oorsprong van het Antwerpiaan zandkomplex

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

6.5.2. Litologie

6.5.2.1. Litologie van het Scaldisiaan a zandkomplex

Litologisch zijn in het Scaldisiaan a zandkomplex drie eenheden te onderscheiden :

Een bovenste eenheid* bestaat uit grijsgroen tot grijsbruin glauconiethoudend 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.

Een middenste eenheid** bezit een wisselende litologische 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.

Een onderste eenheid*** 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

---

* Zanden van Oorderen (zie tabel 2)

** Zanden van Luchtbal (zie tabel 2)

*** Zanden van Kattendijk (zie tabel 2)

deeltjes kleiner dan 63 µm zoals afgeleid uit granulometrische analysen op monsters afkomstig van de kaartbladen 15.3.1 tot 15.3.6, 15.4.1 en 15.4.3 bedraagt gemiddeld 8 % (van 1,0 % tot 20,3 %, 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 silex en kwarts, septariafragmenten, fosfaathoudende nodulen en beenderfragmenten. Fijne grintelementen (silex en kwarts) kunnen verspreid in het zand voorkomen onderaan de eenheid over een dikte van ca. 3 m.De litologie en het voorkomen van een gedeelte van het Scaldisiaan a zandkomplex is weergegeven in fig. 11.

6.5.2.2. Litologie van het Antwerpiaan zandkomplex

Over de litologie van het Antwerpiaan zandkomplex in het kaartgebied 15.3.2 zijn weinig gegevens beschikbaar. Onderstaande gegevens zijn dan ook afkomstig van de kaartbladen 15.3.6, 15.3.8 en 15.4.5 (4 tot 8 km ten zuiden van het gekarteerde gebied).

Het Antwerpiaan zandkomplex kan er onderverdeeld worden in twee eenheden :

Een bovenste eenheid* is opgebouwd uit een donkergroen fijn zand dat plaatselijk kleihoudend is of dunne kleilensjes bevat. Het gewichtspercentage deeltjes kleiner dan 63 µm bedraagt gemiddeld 8 % (van 2 % tot 32 %, 110 monsters). Het glauconietgehalte varieert tussen 40 % en 70 %. Het zand is plaatselijk rijk aan grote schelpen die in lagen kunnen voorkomen. Broze kleine zandsteenkonkreties worden zeer lokaal waargenomen.

De onderste eenheid** bestaat uit donkergroen fijn zand dat fijner en meer kleihoudend is dan het zand van de bovenste eenheid. Het gewichtspercentage deeltjes kleiner dan 63 µm bedraagt gemiddeld 20 % (van 10 % tot 31 %, 45 monsters). Het wordt fijner en meer kleihoudend naar onder toe. Juist boven de Boomse klei kan het overgaan tot zandhoudende klei. Het glauconietgehalte ligt tussen 20 en 40 %. Schelpen, meestal verspreid in

---

* Zanden van Antwerpen en Zanden van Kiel

** Zanden van Edegem

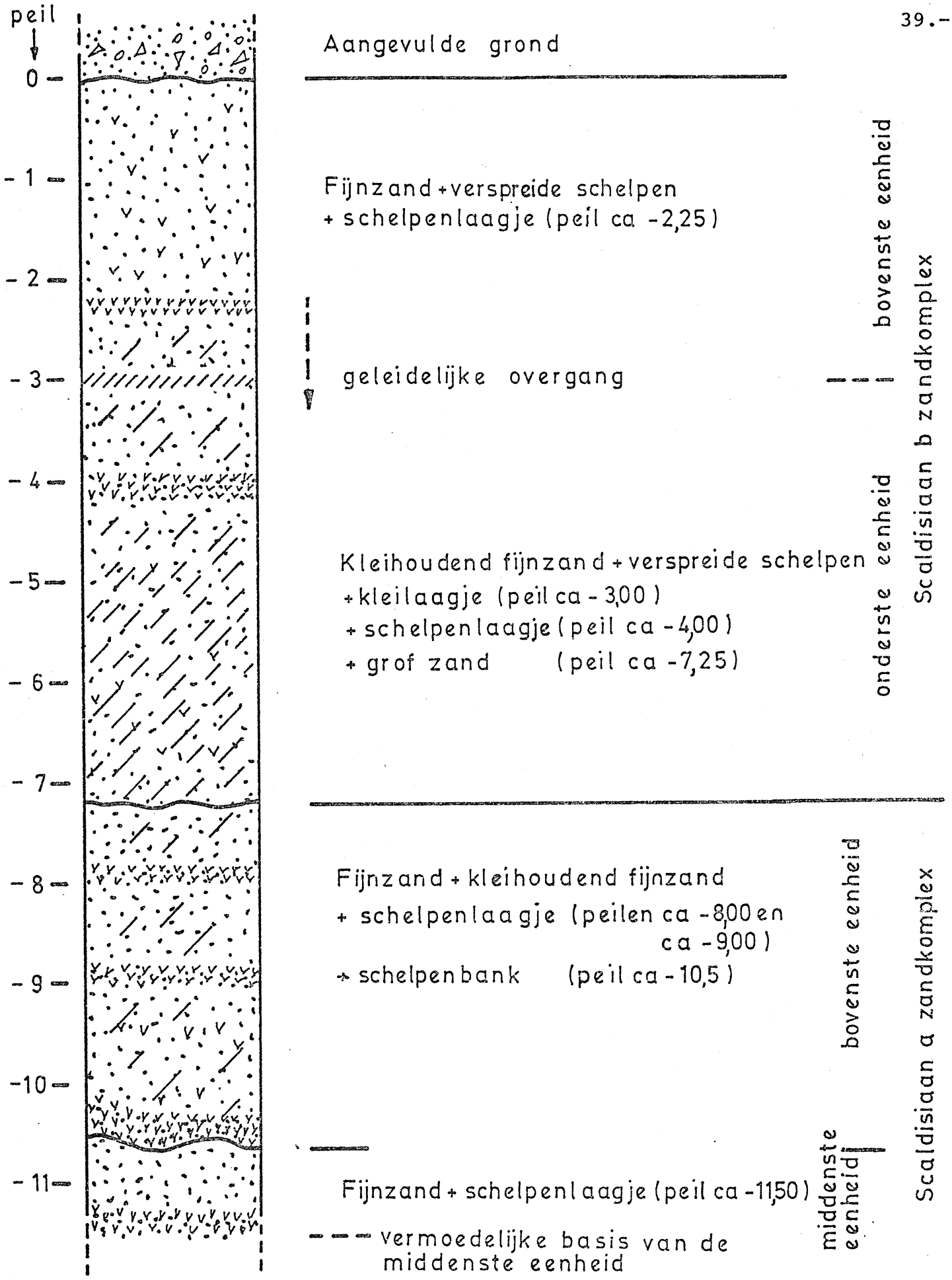


Fig. 11 Ontsluiting waargenomen tijdens de bouw van een kaaimuur ter hoogte van Stocatra (kaart 15.3.1)
(naar J. DE HEINZELIN . 1962)

het zand, komen voor. Aan de basis komt meestal fijn grint voor waarvan de laagdikte een tiental millimeters bedraagt.

6.5.3. Uitbreiding

Daar er in het kaartgebied weinig gegevens zijn over het grensvlak tussen het Scaldisiaan a zandkomplex en het Antwerpiaan zandkomplex werd de gezamenlijke dikte van deze paketten aangegeven (plaat VI). De gezamenlijke dikte varieert tussen ca. 14 m (in het zuiden van het kaartgebied) en ca. 26 m (in het noorden van het kaartgebied). Onder 6.5.3.1. en 6.5.3.2 wordt de vermoedelijke uitbreiding van de twee zandkomplexen besproken.

6.5.3.1. Uitbreiding van het Scaldisiaan a zandkomplex

De bovenste eenheid komt in geheel 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. 7 m tot ca. 12 m.

6.5.3.2. Uitbreiding van het Antwerpiaan zandkomplex

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

De vermoedelijke dikte van het Antwerpiaan zandkomplex varieert van 0 m (zuidwestelijke hoek van het kaartgebied) tot ca. 15 m (noorden van het kaartgebied).

6.5.4. Grondmechanische eigenschappen

6.5.4.1. Grondmechanische eigenschappen van het Scaldisiaan a zandkomplex

29 monsters uit de bovenste eenheid van het Scaldisiaan a zandkomplex, afkomstig van 21 boringen, werden onderzocht. De

meeste monsters zijn ontnomen langsheen het trace van de E3-autoweg op het kaartblad 15.4.1 (tabel 10).

Tabel 10 - Grondmechanische eigenschappen van de bovenste eenheid van het Scaldisiaan a zandkomplex

*	γ	γ_d	w	n	w_L	i_p
**	(27)	(27)	(27)	(27)	(7)	(4)
	kN/m³	kN/m³	%	%	%	
Min.	16,65	14,22	16,0	32,7	20,6	1,9
Max.	20,59	17,55	25,8	45,3	29,0	9,9
Gem.	19,70	16,48	19,4	36,3	23,7	6,4

- Korrelverdeling :
  - Frakties I + II : van 7,4 % tot 27,0 % (gem. 14,3 %, 13 monsters)
  - Fraktie III : van 36,0 % tot 64,2 % (gem. 52,1 %, 13 monsters)
  - Fraktie IV : van 23,8 % tot 43,5 % (gem. 33,1 %, 13 monsters)
  - Fraktie >IV : van 0,2 % tot 14,3 % (gem. 3,9 %, 11 monsters)
- Klassifikatie volgens Casagrande : fig. 12
- De konusweerstand in deze eenheid is groter dan 10 MN/m² plaatselijk zelfs groter dan 20 MN/m².

Resultaten van laboratoriumonderzoek op monsters uit de middenste eenheid van het Scaldisiaan a zandkomplex zijn niet beschikbaar. De konusweerstand is groter dan 10 MN/m².

189 monsters uit 65 boringen uit de onderste eenheid van het Scaldisiaan a zandkomplex werden onderzocht. De monsters zijn ontnomen in de kaartgebieden 15.3.1 tot 15.3.6 en 15.4.1 en 15.4.3 (tabel 11).

---

* De symbolen worden verklaard in bijlage 3

** Aantal monsters

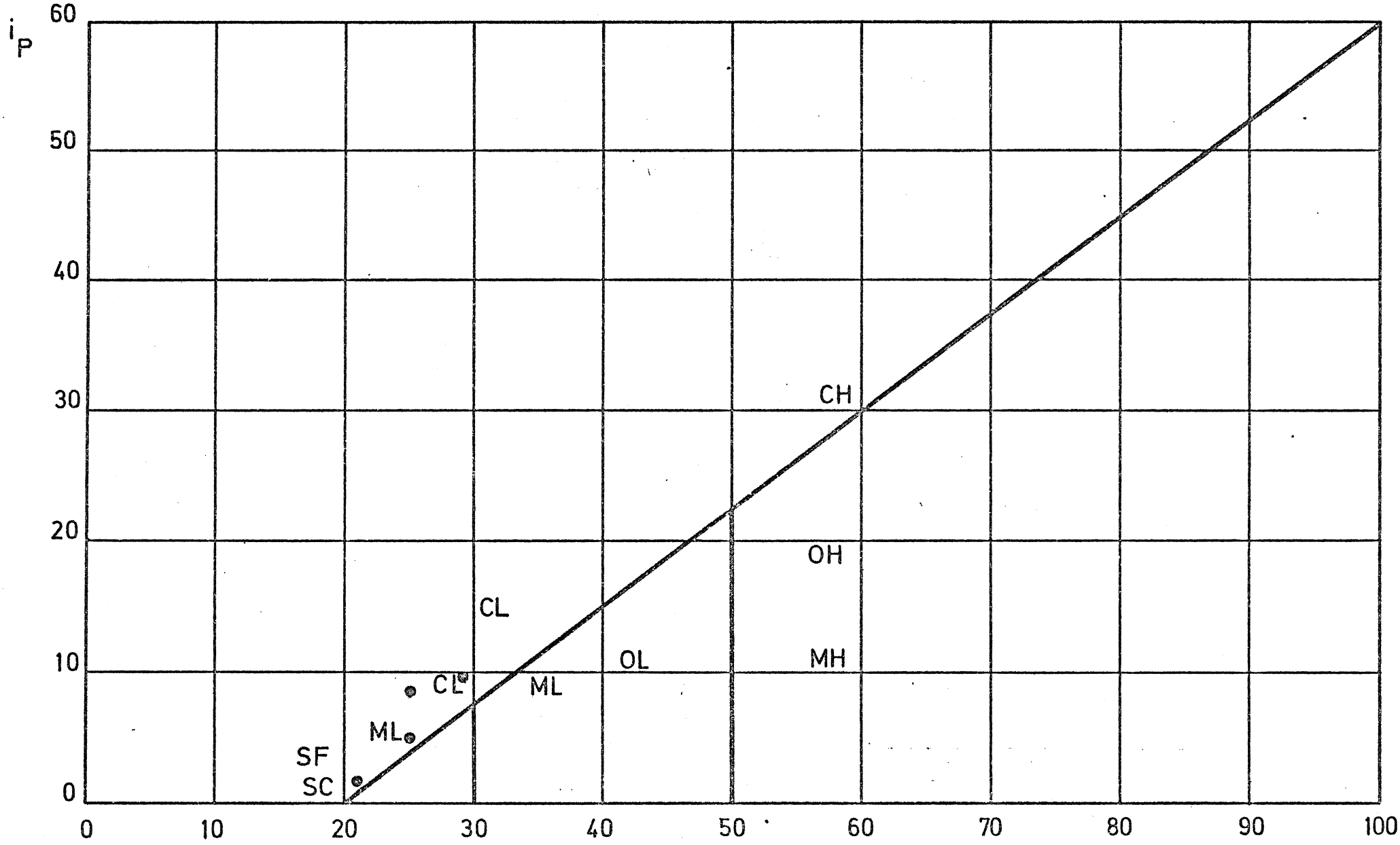


Fig.12 Scaldisiaan a zandkomplex (bovenste eenheid): Klassifikatie volgens A.Casagrande (4 monsters)

Tabel 11 - Grondmechanische eigenschappen van de onderste eenheid van het Scaldisiaan a zandkomplex

*	d_{50}	γ	γ_d	w	n	w_L	i_p
**	(64)	(121)	(122)	(122)	(122)	(37)	(37)
	µm	kN/m³	kN/m³	%	%	%	
Min.	120	15,78	13,83	10,8	31,1	17,4	0,0
Max.	170	20,89	17,95	31,1	46,8	29,5	12,3
Gem.	136	19,26	15,67	22,9	39,7	21,3	2,0

*	A	C	k_v	k_h
**	(2)	(8)	(10)	(2)
			m/s	m/s
Min.	500	32	$8,8 \times 10^{-8}$	$9,8 \times 10^{-8}$
Max.	550	77,5	$1,6 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^{-6}$
Gem.		56,7		

- Korrelverdeling : fig. 13
- Klassifikatie volgens Casagrande : fig. 14
- Humusgehalte : van 0,0 % tot 1,5 % (gem. 0,4 %, 41 monsters)
- Kalkgehalte : van 0,7 % tot 34,0 % (gem. 11,3 %, 41 monsters)
- 3 celproeven : c_{cel} : van 0 kN/m² tot 1 kN/m²
  φ_{cel} : van 35° tot 39°
  c'_{cel} : van 0 kN/m² tot 1 kN/m²
  φ'_{cel} : van 35° tot 39°
- 10 triaxiaalproeven, gekonsolideerd, niet gedraineerd met opmeting van de poriënwaterdrukken (CU) :
  c' : van 0 kN/m² tot 76,5 kN/m²
  φ' : van 38° tot 45,7°
- 12 triaxiaalproeven, gekonsolideerd, gedraineerd (CD) :
  c' : van 2 kN/m² tot 21,6 kN/m²
  φ' : van 31° tot 44,5°

---

* De symbolen worden verklaard in bijlage 3

** Aantal monsters

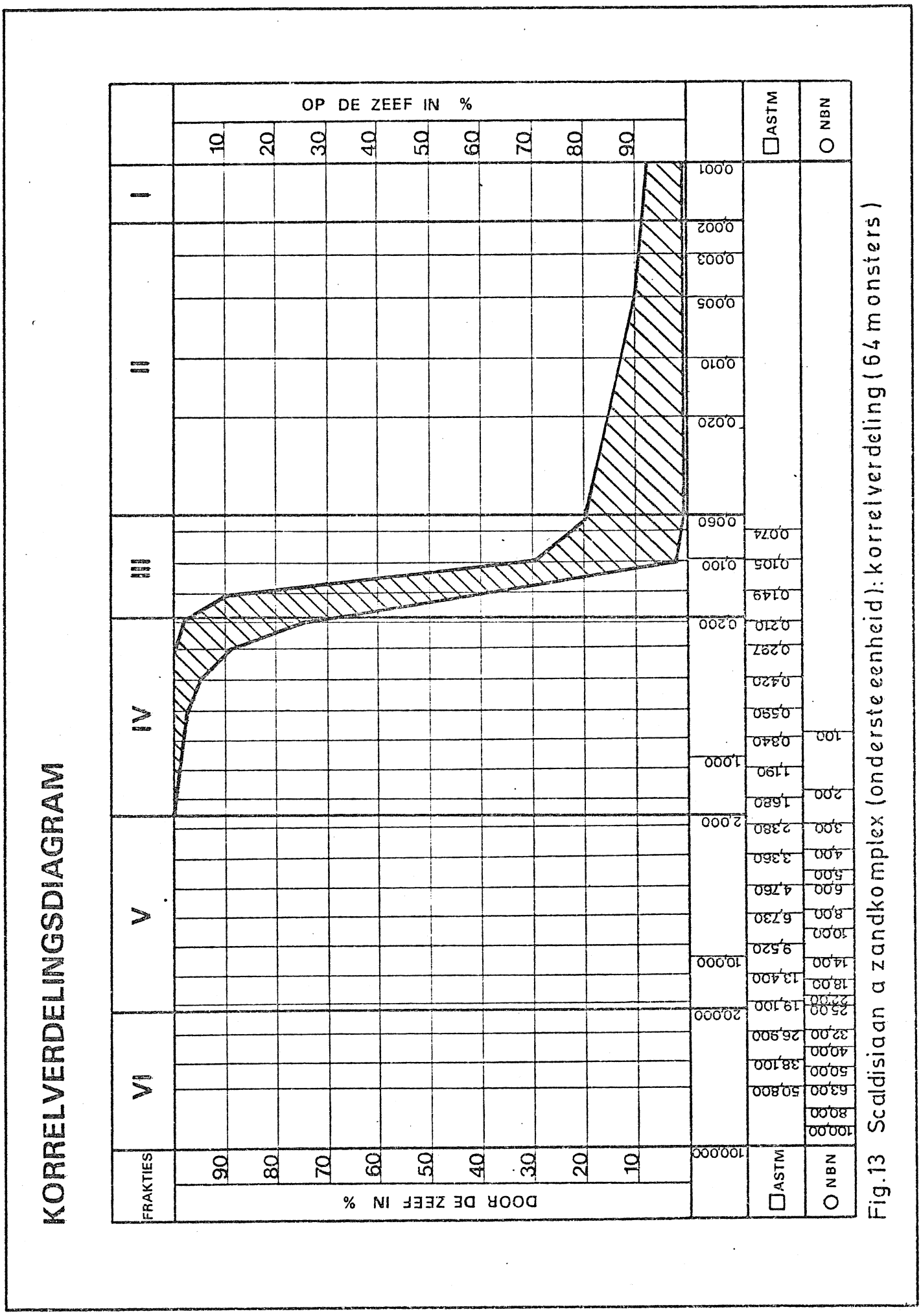


Fig.13 Scaldisiaan a zandkomplex (onderste eenheid): korrelverdeling (64 monsters)

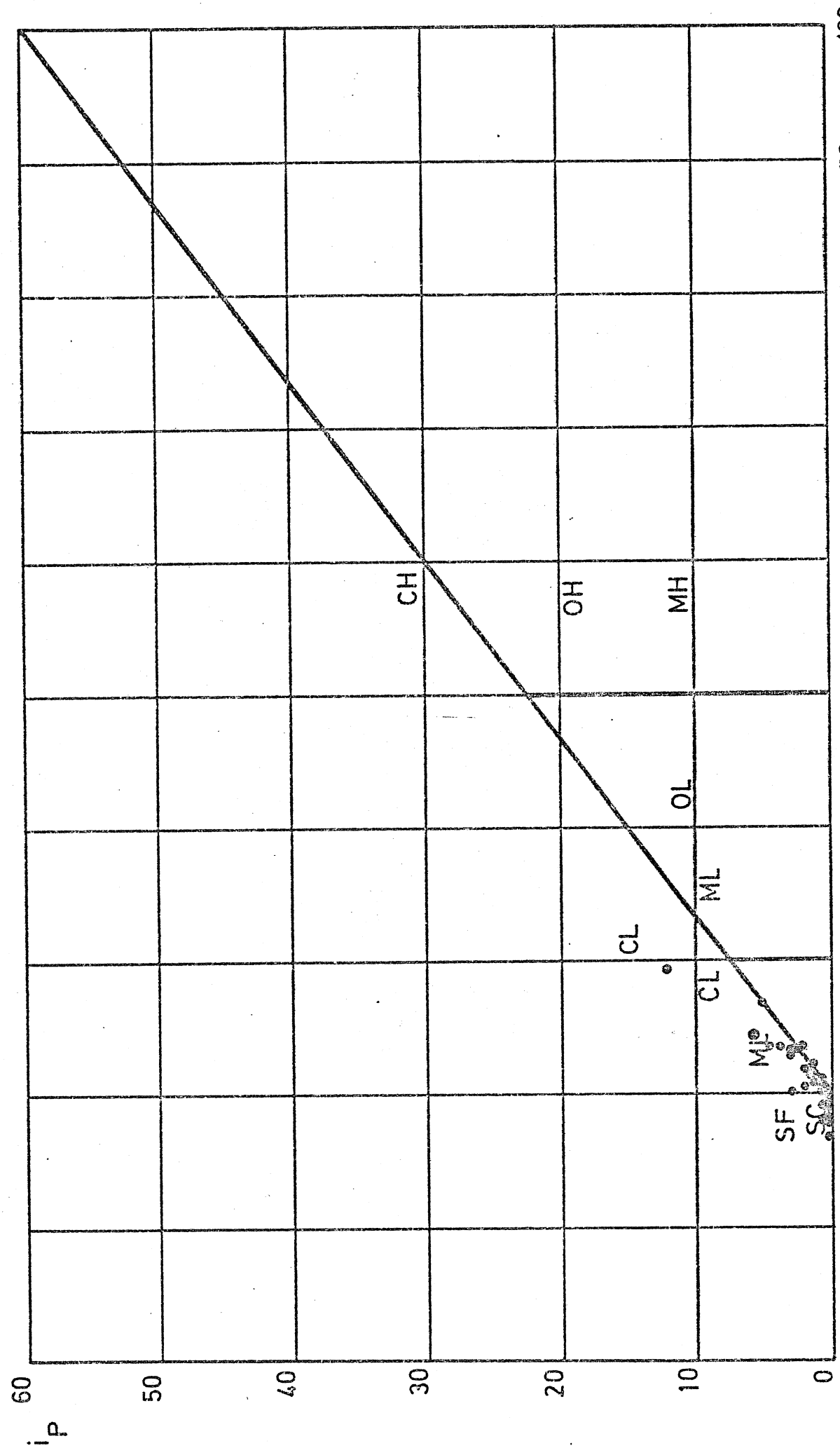


Fig.14: Scaldisiaan a zandkomplex (onderste eenheid): Klassifikatie volgens A. Casagrande (37 monsters)

Ten behoeve van de voorstudie van een stormvloedkering in de Schelde te Antwerpen (Oosterweel) werden in de boven de Boomse klei gelegen zanden drie pompproeven uitgevoerd (Linkeroever, Rechteroever en ter hoogte van het Noordkasteel). Ook bij Mercantile Marine Engineering & Graving Docks Co werd een pompproef in deze lagen verricht. De resultaten zijn opgenomen in het hoofdstuk Hydrogeologische gegevens.

De konusweerstanden in de onderste eenheid bedragen in het kaartgebied meer dan 10 MN/m². Plaatselijk is de konusweerstand hoger dan 30 MN/m².

6.5.4.2. Grondmechanische eigenschappen van het Antwerpiaan zandkomplex

111 monsters uit de bovenste eenheid van het Antwerpiaan zandkomplex, afkomstig uit 25 boringen (vooral pre-metro), werden in het laboratorium onderzocht. De monsters zijn ontnomen op de kaarten 15.3.6, 15.3.8 en 15.4.5. (4 tot 8 km van het gekarteerde gebied). De resultaten zijn opgenomen in tabel 12.

Tabel 12 - Grondmechanische eigenschappen van de bovenste eenheid van het Antwerpiaan zandkomplex

*	d_{50}	γ	γ_d	w	n	w_L	i_p
**	(110)	(70)	(70)	(70)	(70)	(64)	(62)
	µm	kN/m³	kN/m³	%	%	%	
Min.	130	15,60	13,62	13,3	25,3	16,4	0,1
Max.	210	19,65	17,10	33,3	49,1	28,9	8,8
Gem.	178	18,80	14,94	25,5	42,3	24,2	2,1

*	A	C	k
**	(28)	(24)	(32)
			m/s
Min.	209	22	$5,9 \times 10^{-8}$
Max.	413	79	$4,8 \times 10^{-4}$
Gem.	311	45	

* De symbolen worden verklaard in bijlage 3
** Aantal monsters

- Korrelverdeling : fig. 15
- Klassifikatie volgens Casagrande : fig. 16
- 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 kN/m² tot 5 kN/m²
  φ_{cel} : van 32,5° tot 36,5°
  c'_{cel} : van 0 kN/m² tot 5 kN/m²
  φ'_{cel} : van 32,5° tot 36,5°
- 16 triaxiaalproeven, gekonsolideerd, niet gedraineerd, met opmeting van de poriënwaterdrukken (CU) :
  c' : van 0 kN/m² tot 20 kN/m²
  φ' : van 29,5° tot 35°

46 monsters uit de onderste eenheid van het Antwerpiaan zandkomplex, afkomstig van 10 boringen (vooral pre-metro), werden in het laboratorium onderzocht. De monsters zijn ontnomen op de kaarten 15.3.6, 15.3.8 en 15.4.5 (4 tot 8 km van het gekarteerde gebied). De resultaten zijn opgenomen in tabel 13.

Tabel 13 - Grondmechanische eigenschappen van de onderste eenheid van het Antwerpiaan zandkomplex

*	d_{50}	γ	γ_d	w	n	w_L	i_p
**	(46)	(25)	(25)	(25)	(25)	(44)	(44)
	µm	kN/m³	kN/m³	%	%	%	
Min.	92	18,20	14,26	20,1	36,1	21,0	0,0
Max.	170	19,94	16,60	32,8	45,1	38,0	18,6
Gem.	127	19,20	15,43	24,3	40,6	25,0	4,8

* De symbolen worden verklaard in bijlage 3

** Aantal monsters

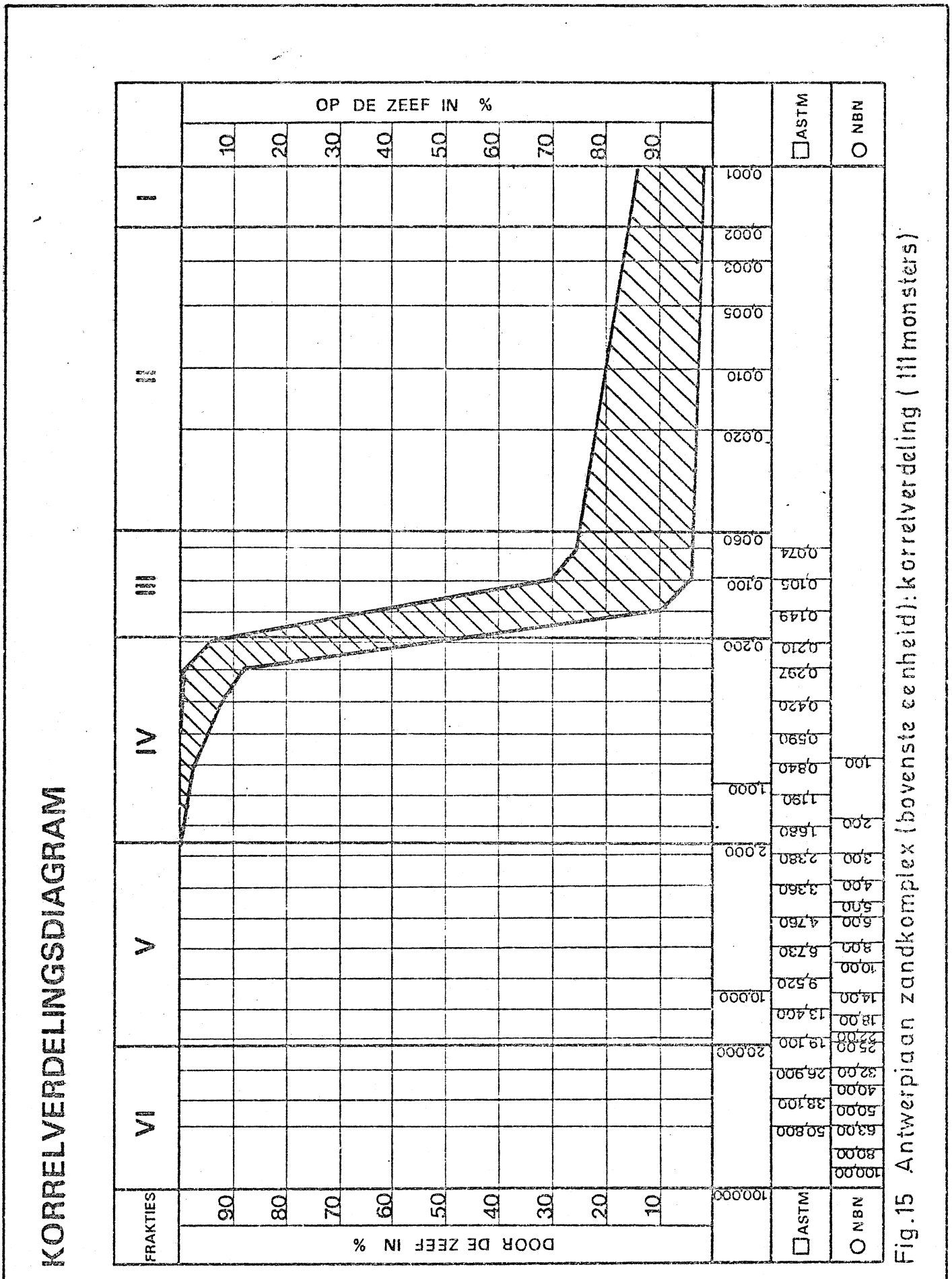


Fig.15 Antwerpiaan zandkomplex (bovenste eenheid): korrelverdeling (111 monsters)

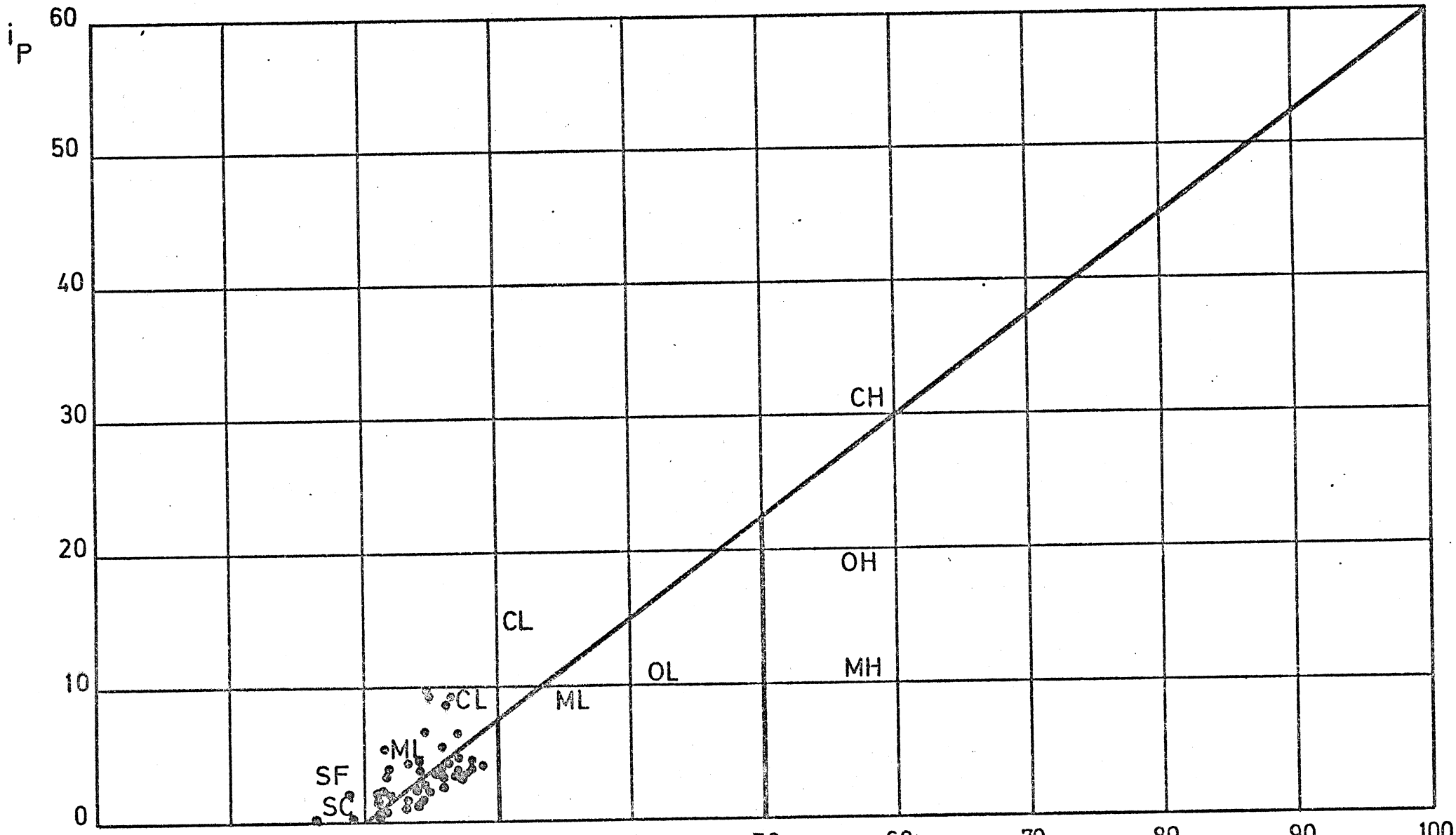


Fig.16 Antwerpiaan zandkomplex (bovenste eenheid): Klassifikatie volgens A. Casagrande (62 monsters).

Tabel 13 - vervolg

*	A	C	k
**	(21)	(21)	(35)
			m/s
Min.	231	36	$1,2 \times 10^{-8}$
Max.	495	63	$3,1 \times 10^{-6}$
Gem.	331	53	

- Korrelverdeling : fig. 17
- Klassifikatie volgens Casagrande : fig. 18
- 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 kN/m² tot 20 kN/m²
  φ_{cel} : van 30,5° tot 39,5°
  c'_{cel} : van 0kN/m² tot 40 kN/m²
  φ'_{cel} : van 21,5° tot 38°
- 6 triaxiaalproeven, gekonsolideerd, niet gedraineerd met opmeting van de poriënwaterdrukken (CU) :
  c' : van 0 kN/m² tot 50 kN/m²
  φ' : van 29,5° tot 33,5°

---

* De symbolen worden verklaard in bijlage 3

** Aantal monsters

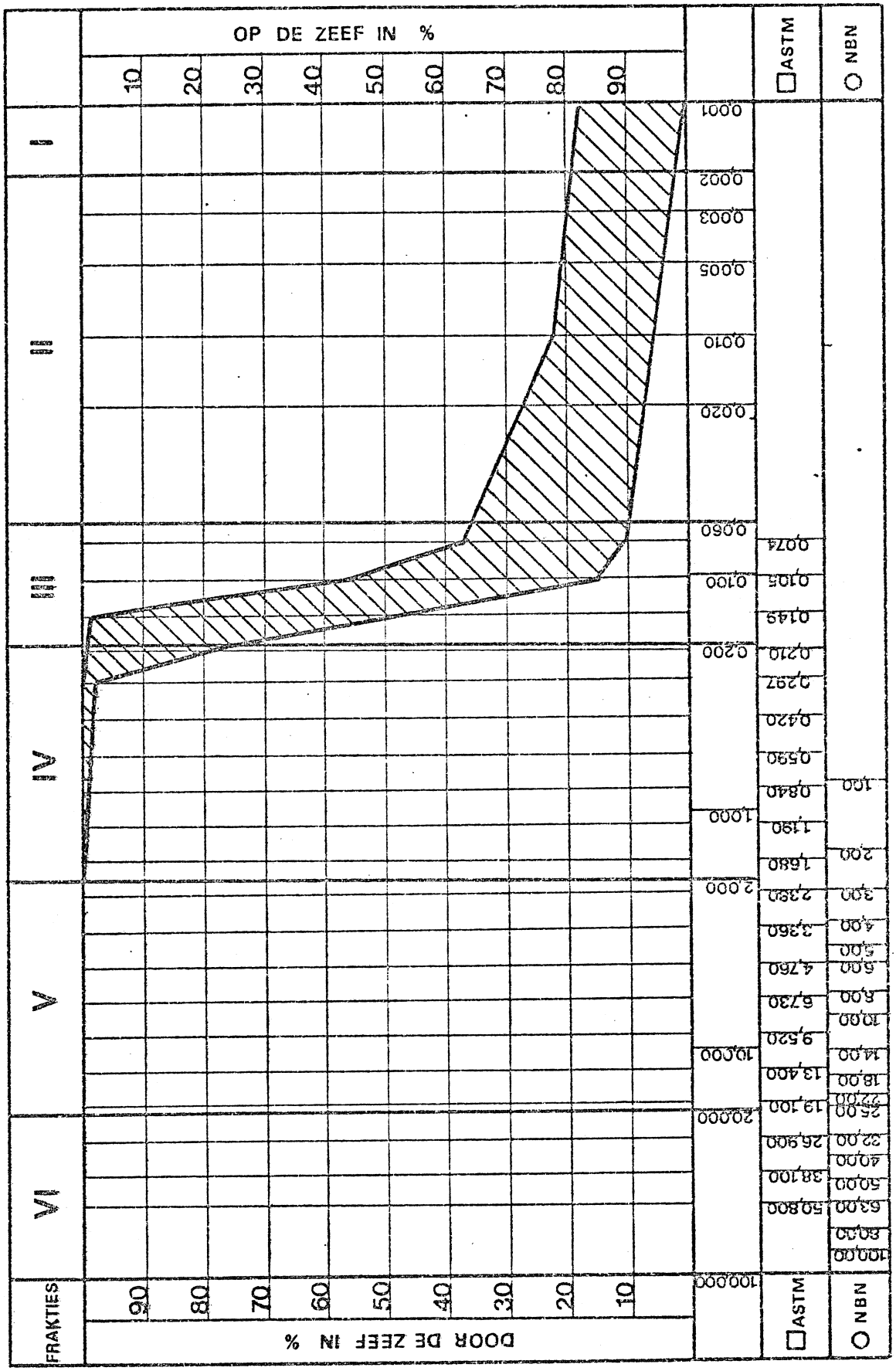


Fig.17 Antwerpiaan zandkomplex (onderste eenheid): korrelverdeling (46 monsters).

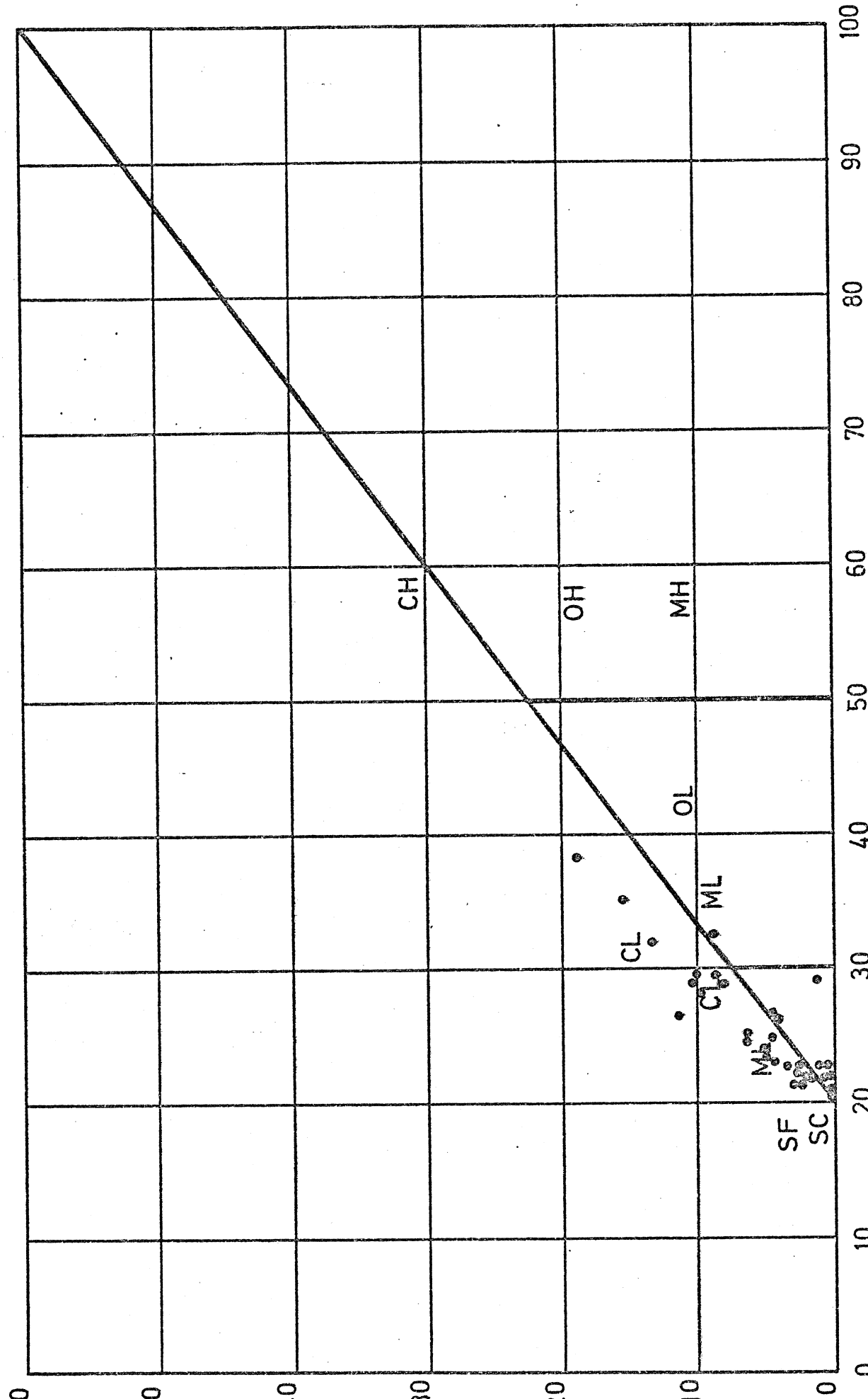


Fig.18 Antwerpiaan zandkomplex (onderste eenheid): Klassifikatie volgens A. Casagrande (44 monsters)

- Daar de zanden van het Antwerpiaan zandkomplex sterk glauconiethoudend zijn, komt het voor dat het gedeelte van de zeefkromme dat slaat op de deeltjes met afmetingen groter dan 63 µm, bepaald met droge zevingen, niet aansluit met het gedeelte van de zeefkromme slaande op de deeltjes met afmetingen kleiner dan of gelijk aan 63 µm, bepaald met de bezinkingsproef (areometerproef). Door de voorbehandeling, die het proefmonster ondergaat vóór het uitvoeren van de bezinkingsproef, kunnen de glauconietkorrels breken en uiteenvallen zodat het percentage aan deeltjes met kleine afmetingen toeneemt. Door mechanische bewerking van de glauconiethoudende zanden kunnen de glauconietkorrels alnaargelang de graad van bewerking min of meer worden gebroken en uiteenvallen. Daar het gehalte aan deeltjes met kleine afmetingen aldus sterk kan toenemen kunnen glauconiethoudende zanden, afkomstig van het Antwerpiaan zandkomplex na mechanische bewerking grondmechanische eigenschappen vertonen, die voor een zelfde pakkingsdichtheid afwijken van deze van het komplex.
- De waarde van de doorlatendheidskoëfficiënt van het Antwerpiaan zandkomplex, zoals afgeleid uit de pomproeven worden besproken in het hoofdstuk Hydrogeologische gegevens. Deze pompproeven werden uitgevoerd op de hoek van de Frankrijklei en de Tenierssplaats (kaartblad 15.3.6) evenals langsheen het tracé van de E3-Kleine Ring.
- De konusweerstanden van het Antwerpiaan zandkomplex zijn in het kaartgebied groter dan 10 MN/m^2.De waarden kunnen soms groter zijn dan 20 MN/m^2.

6.6. Rupeliaan kleikomplex (plaat VII)

6.6.1. Oorsprong

Het Rupeliaan kleikomplex bestaat uit mariene klei, afgezet tijdens het Tertiair (Oligoceen-Rupeliaan). Volgens ir. GULINCK van de Belgische Geologische Dienst heeft ter plaatse van de E3-Scheldetunnel, de maximum dikte van de neogene zandafzettingen boven de gedeeltelijk geërodeerde Boomse klei, 40 m bedragen. 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/m² is voorbelast geweest. Verschillende criteria wijzen op een voorbelasting van ca. 0,8 MN/m² (J. 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. Litologie

Uit de resultaten van de diepe boringen, die uitgevoerd werden voor de aanleg van de E3-Scheldetunnel en voor de studie van een geplande stormvloedkering in de Zeeschelde te Antwerpen (Oosterweel) kan men vaststellen dat het kleikomplex in het Antwerpse opgebouwd is uit twee litologische types. Er bestaat een geleidelijke overgang tussen beide litologische types.

Het bovenste litologisch 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 litologisch 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 infrastruktuurwerken in de omgeving van Antwerpen waren verkregen, opnieuw onderzocht tesamen met de waarnemingen, uitgevoerd in een aantal kleigroeven, waar het onderste gedeelte van het Rupeliaan kleikomplex dagzoomt. De aldus verkregen gegevens werden op een overzichtelijke wijze samengebracht op de figuur 19.

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

Uit figuur 19 blijkt dat het Rupeliaan kleikomplex 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 E3-Scheldetunnel en de eenheid BK2 niet meer vanaf Hemiksem.

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

In het Rupeliaan kleikomplex komen lagen septaria voor. Deze septaria zijn broodvormige konkreties, die plaatselijk een diameter van 2 m en een dikte van 0,30 m bereiken. Deze konkreties zijn vooral opgebouwd uit calciet, kaoliniet, illiet en kwarts. Het calcium-carboongehalte schommelt tussen 65 en 87 % (R. VAN TASSEL, 1966).

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

6.6.3. Uitbreiding

Het Rupeliaan kleikomplex komt in het gekarteerde gebied voor tussen de peilen -20 en -36. In het grootste gedeelte van het kaartgebied is de klei bedekt door het Antwerpiaan zandkomplex. In het zuidwestelijk deel is de klei waarschijnlijk bedekt door het Scaldisiaan a zandkomplex. Het Antwerpiaan zandkomplex komt er waarschijnlijk niet voor.

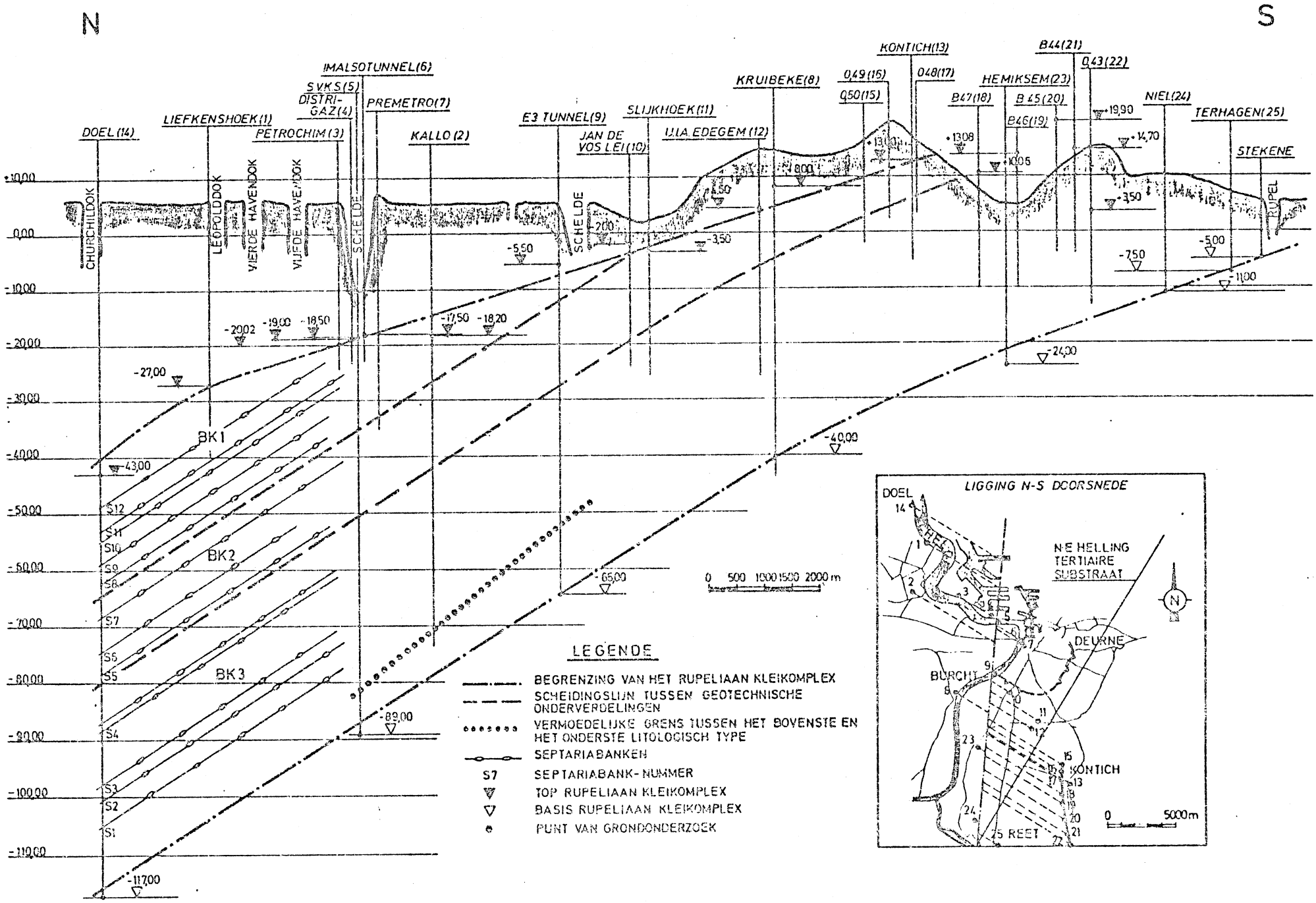


Fig. 19 Schematische Noord-Zuid doorsnede door het Rupeliaan kleikomplex in het Antwerpse (naar deelrapport 7 T.V. S.V.K.S)

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

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

6.6.4. Grondmechanische eigenschappen

6.6.4.1. Bovenste litologisch type (Boomse klei)

I.v.m. de eigenschappen van het Rupeliaan kleikomplex werden binnen 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 ontname 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.). Op een aantal plaatsen zal evenwel ook worden verwezen naar de resultaten van de studies die bij de aanleg van de E3-Scheldetunnel en bij de aanleg van ondergrondse reservoirs werden doorgevoerd (DE BEER, E., 1964; DE BEER, E.,1967; DE BEER, E., 1971; DE BEER, E. & BUTTIENS, E., 1966).

Ter hoogte van de bestudeerde inplantingsplaats van bovengenoemde stormvloedkering wordt de BK1 eenheid aangetroffen tussen -10 en -35, de BK2 eenheid tussen -35 en -50 en de BK3 eenheid tussen -50 en -81. Deze onderverdeling is uitsluitend gebaseerd op de mechanische grondkarakteristieken, die in de verschillende eenheden werden verkregen. In de BK1 eenheid zijn de grondkarakteristieken algemeen hoger dan in de BK2 eenheid. Binnen de beide eenheden zijn de grondkarakteristieken ongeveer konstant. De overgang van de BK1 eenheid naar de BK2 eenheid verloopt geleidelijk en heeft plaats tussen -32 en -37. In de BK3 eenheid wijzen de resultaten van de terreinproeven (konus-

weerstand, limietdruk ...) op een lineaire toename van de grondkarakteristieken met de diepte.

a) Laboratoriumonderzoek

- onderkenningsproeven

Uit de beschikbare resultaten van de onderkenningsproeven werden de onderstaande gemiddelde waarden afgeleid (Tabel 14).

Tabel 14 - Gemiddelde waarden uit de resultaten van de onderkenningsproeven op de Boomse klei

	BK1	BK2	BK3
fraktie kleiner dan 2 µm (in %)	50	57	54
fraktie kleiner dan 20 µm (in %)	80	80	80
γ_n (in kN/m³)	19,42	19,17	19,31
γ_d (in kN/m³)	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

- Triaxiaalproeven

De resultaten van de niet geconsolideerde niet gedraineerde proeven (UU) zijn weergegeven in fig. 20 en de resultaten van de geconsolideerde niet gedraineerde proeven (CU) in fig. 21 voor de BK1-laag, in fig. 22 voor de BK2-laag en in fig. 23 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 15).

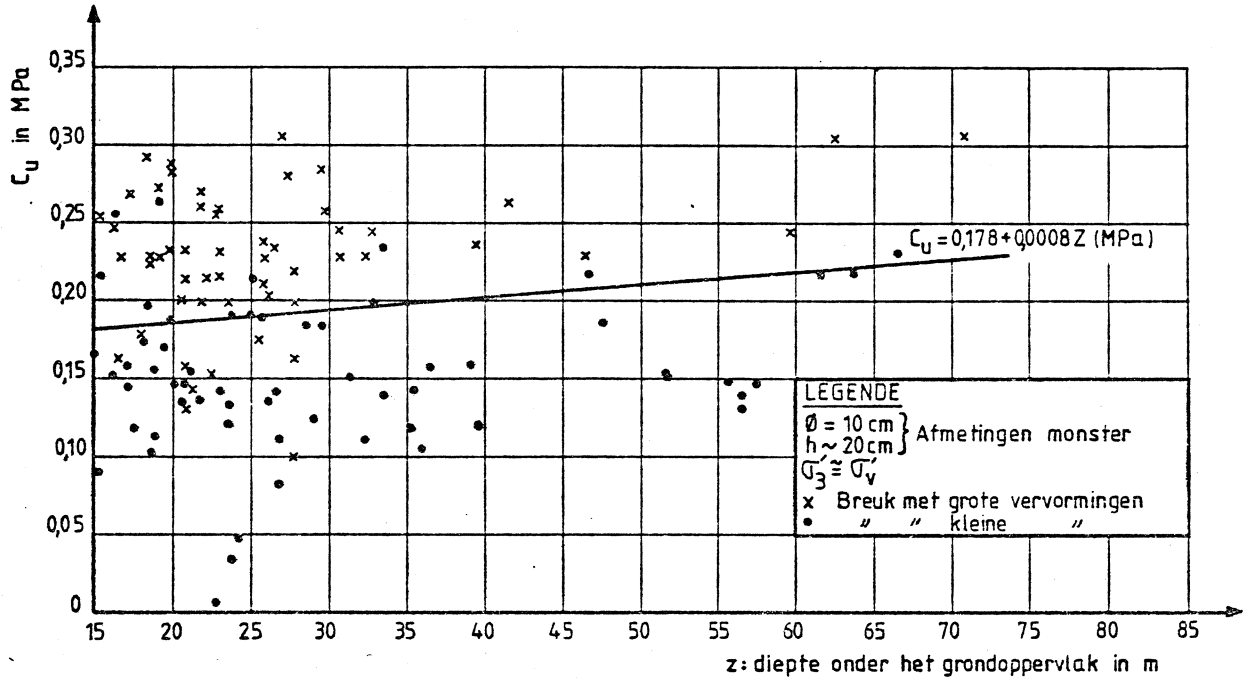


Fig. 20 c_U waarden uit UU triaxiaalproeven (Oosterweel) - (T.V. S.V.K.S. deelrapport 9)

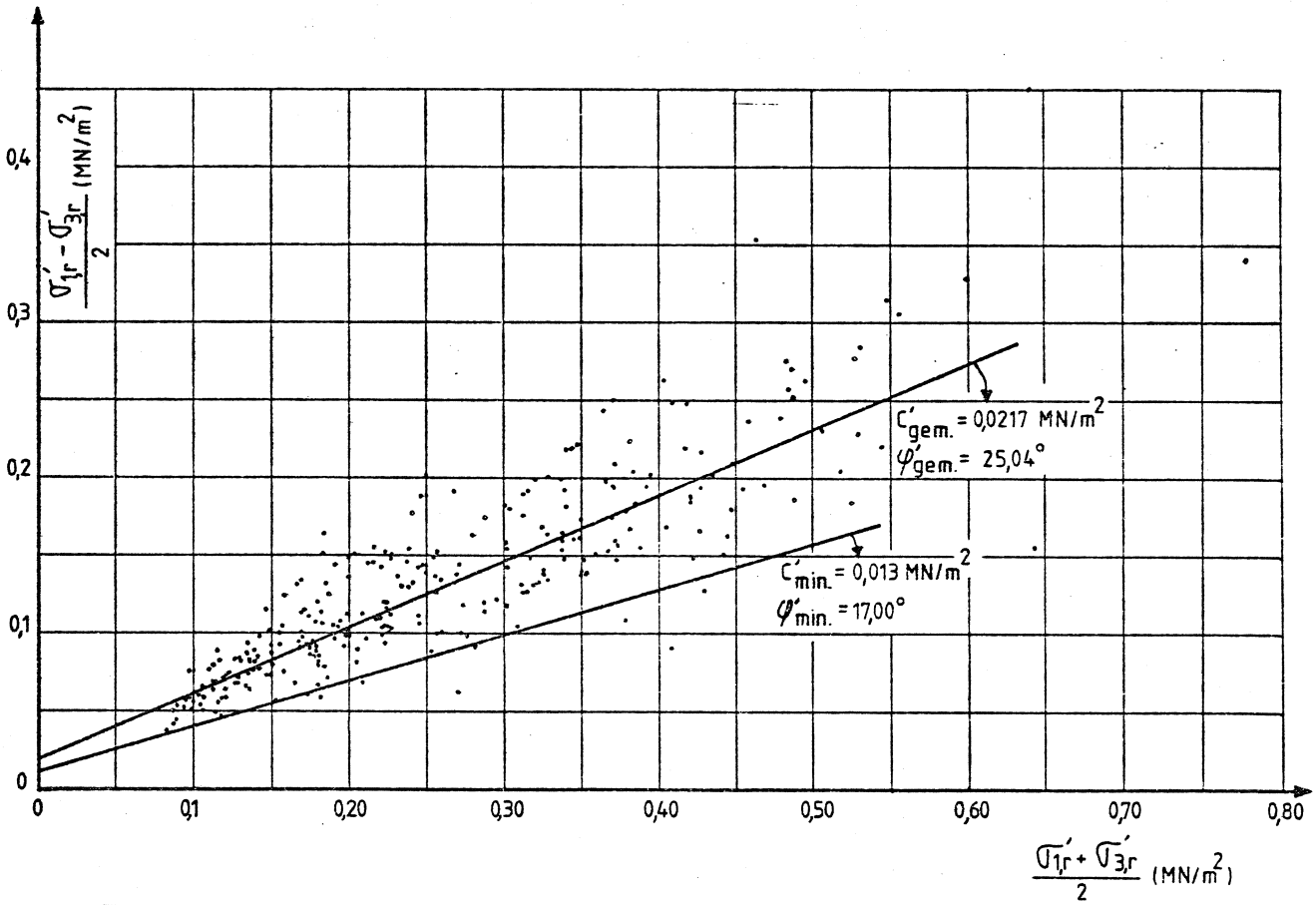


Fig. 21 CU triaxiaalproeven voor de B.K.1 laag (Oosterweel) - (T.V. S.V.K.S. deelrapport 9)

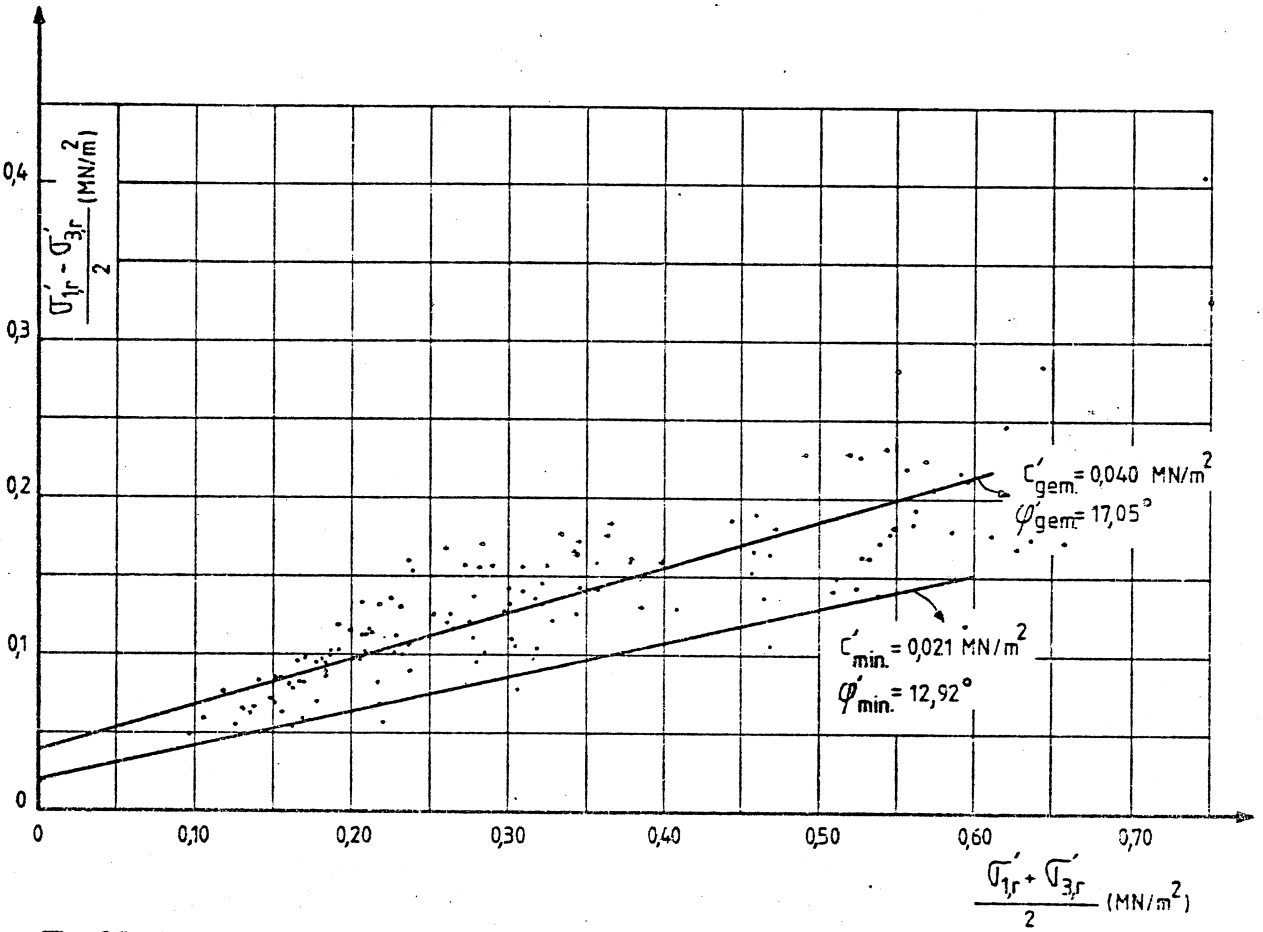


Fig. 22 CU triaxiaalproeven voor de B.K.2 laag (Oosterweel)-(T.V. S.V.K.S. deelrapport 9)

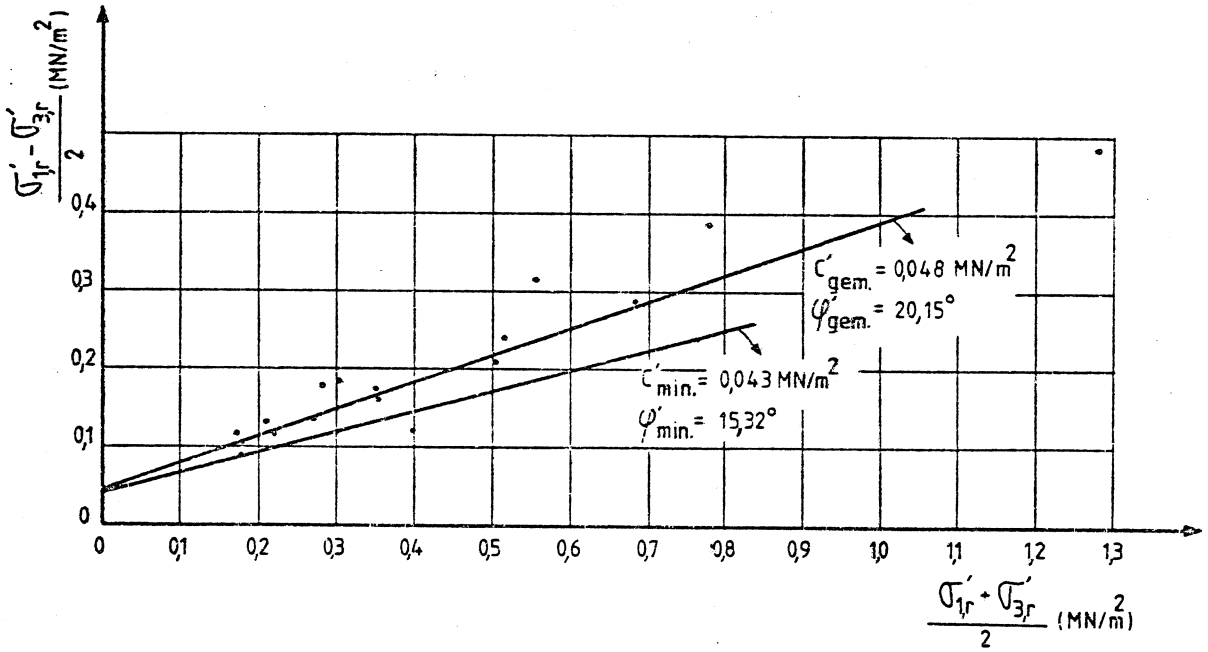


Fig. 23 CU triaxiaalproeven voor de B.K.3 laag (Oosterweel)-(T.V. S.V.K.S. deelrapport 9)

Tabel 15 - Karakteristieke waarden afgeleid uit triaxiaalproeven op de Boomse klei

	BK1	BK2	BK3
- Niet geconsolideerde, niet gedraineerde proeven (UU)			
c_u gem. in kN/m²	180	190	
c_u min. - (10 % der waarden lager dan $c_{u,min}$ in kN/m²)	100	130	
- Geconsolideerde, niet gedraineerde proeven (CU)			
c' (gem.) in kN/m²	22	40	48
φ' (gem.)	25°	17°	20°
c' (min.) in kN/m²	13	21	43
φ' (min.)	17°	13°	15°

In verband met de bij deze studie verkregen resultaten van de niet geconsolideerde niet gedraineerde triaxiaalproeven dient nog te worden verwezen naar de resultaten van vrije prismaproeven en niet geconsolideerde niet gedraineerde triaxiaalproeven die ten behoeve van de aanleg van de E3-Scheldetunnel werden uitgevoerd, en waaruit volgend verband werd afgeleid voor de variatie van de niet gedraineerde schuifweerstanden c_u met de diepte

$$c_u = 75 + 3{,}5\ h \text{ (in kN/m}^2\text{)} \qquad (1)$$

met h = de diepte onder het grondoppervlak in meter

Het verband (1) is om veiligheidsredenen ietwat aan de lage kant t.o.v. de gemiddelde waarden gekozen.

De wolk punten, die op de fig.20 is weergegeven, vormt geen tegenbewijs dat het verband (1) ook te Oosterweel niet geldig zou zijn. Voor de BK1-laag levert deze wet eerder aan de veilige kant gelegen waarden op. Ze dienen te worden vergeleken met $c_{u,min}$. Daar deze betrekking in de BK2-laag eerder overeenstemt met de gemiddelde waarden, lijkt het aangewezen om voor

deze laag alsdan de volgende wet aan te houden :

$$c_u = 75 + 1{,}75\ h \text{ (in kN/m}^2\text{)}$$

met h = diepte onder het grondoppervlak in meter.

Verder kan nog worden verwezen naar de proeven uitgevoerd op monsters, die bij de aanleg van onderaardse reservoirs werden ontnomen op 80 m diepte. Bij de uitvoering van vrije prismaproeven op twee monsters werd voor de niet gedraineerde schuifweerstand respektievelijk 365 kN/m² en 392,5 kN/m² verkregen, hetzij gemiddeld 378,8 kN/m². 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

$$c_u = 75 + 3{,}5 \times 80 = 355 \text{ kN/m}^2$$

Tenslotte kan nog worden opgemerkt dat bij de studie van de E3-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 ($c = 15$ kN/m² en $\varphi' : 22°$). De te Oosterweel verkregen resultaten vormen geen tegenbewijs dat de waarden van c_u, c' en φ' gevonden voor de E3-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 φ' waarden voor de BK2-laag, dan kan de vooropgestelde wet $c_u = 75 + 1{,}75\ h$ in overeenstemming worden gebracht met de schuifweerstandskarakteristieken

$$c' = 30 \text{ kN/m}^2 \text{ en } \varphi' = 13°$$

- 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 E3-Scheldetunnel werden deze residuele schuifweerstandskarakteristieken bepaald door het uitvoeren van schuiftorsieproeven. De aldus verkregen resultaten zijn samengebracht in de tabel 16.

Tabel 16 - Residuele schuifweerstandskarakteristieken van de Boomse klei

Aard der monsters	Vervormingssnelheid		c (kN/m²)	φ
niet doorgesneden	0,395 mm/uur	piekwaarde	15,0	24°20'
		residuele waarde	0	24°20'
niet doorgesneden	2,1 mm/uur	piekwaarde	15,0	19°20'
		residuele waarde	0	19°20'
doorgesneden	0,395 mm/uur	piekwaarde	-	-
		residuele waarde	0	19°20'
doorgesneden	2,1 mm/uur	piekwaarde	0	22°10'
		residuele waarde	0	15°10'

- 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 MN/m², daarna ontlast en opnieuw herbelast. De gemiddelde waarde van de samendrukkingsconstante (bij herbelasting), die aldus werd verkregen, bedroeg onafhankelijk van de diepte :

$$C = 75$$

Bij de aanleg van de E3-Scheldetunnel werd voor de berekening van de hydrodynamische bewegingen door de Firma CHRISTIANI en NIELSEN gesteund op de volgende waarden van de samendrukkingsconstante C en de ontlastingsconstante A :

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

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

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

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

σ_k = vertikale 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 doorlatendheidskoëfficiënt waarden af van 10^{-10} tot 10^{-12} m/s. Uit de metingen, verricht in piëzometers, die bij de aanleg van de E3-Scheldetunnel werden geplaatst nabij in de Boomse klei ontgraven taluds, werden voor de doorlatendheidskoëfficiënt 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 E3-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 funktie van de diepte zijn weergegeven in fig. 24. Daarbij werd een duidelijk onderscheid gemaakt tussen de monsters, die volgens de horizontale en de vertikale richting werden belast. Voor de monsters, die volgens de vertikale, respektievelijk de horizontale richting werden beproefd werden uiteindelijk de volgende wetten afgeleid :

$$E_v = 5 + 0{,}6\ h \quad \text{(in MPa)}$$
$$E_h = 20 + 0{,}6\ h \quad \text{(in MPa)}$$

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. 25) en waarvoor bij de eerste belasting E_0 = 33,4 MPa werd verkregen en bij herbelasting E_s = 73,6 MPa.

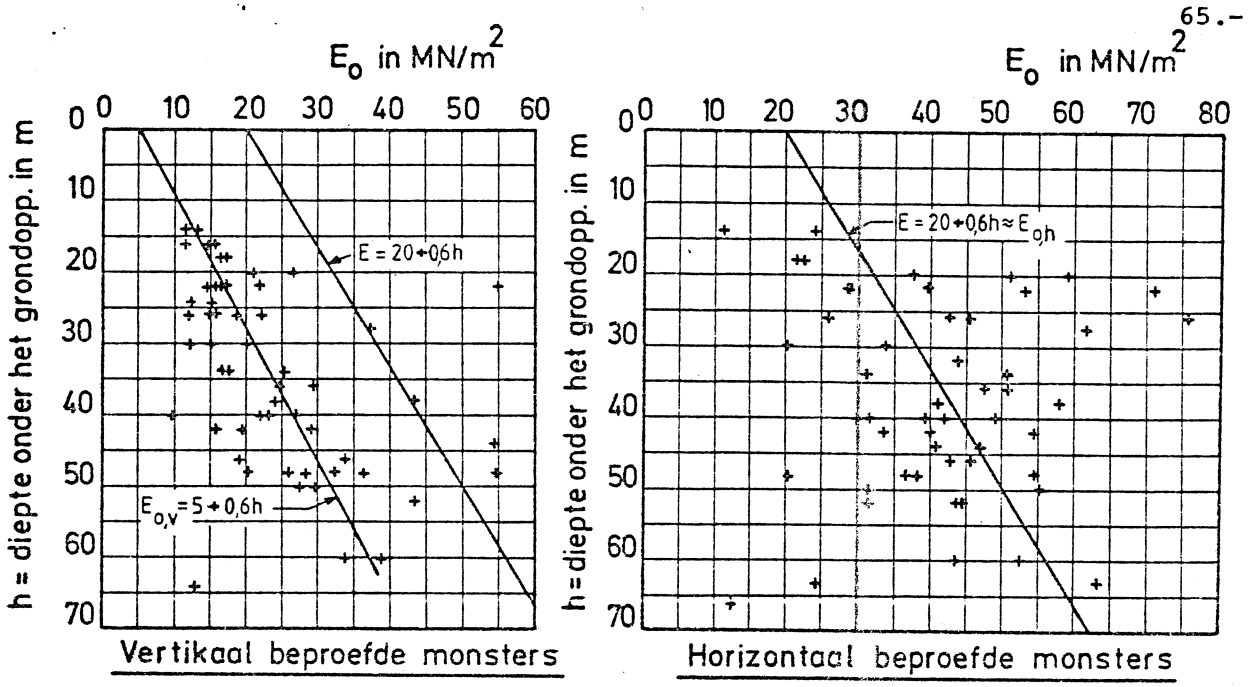


Fig. 24 Waarden van de elasticiteitsmodulus E, afgeleid uit vrije prismaproeven (De Beer, 1971)

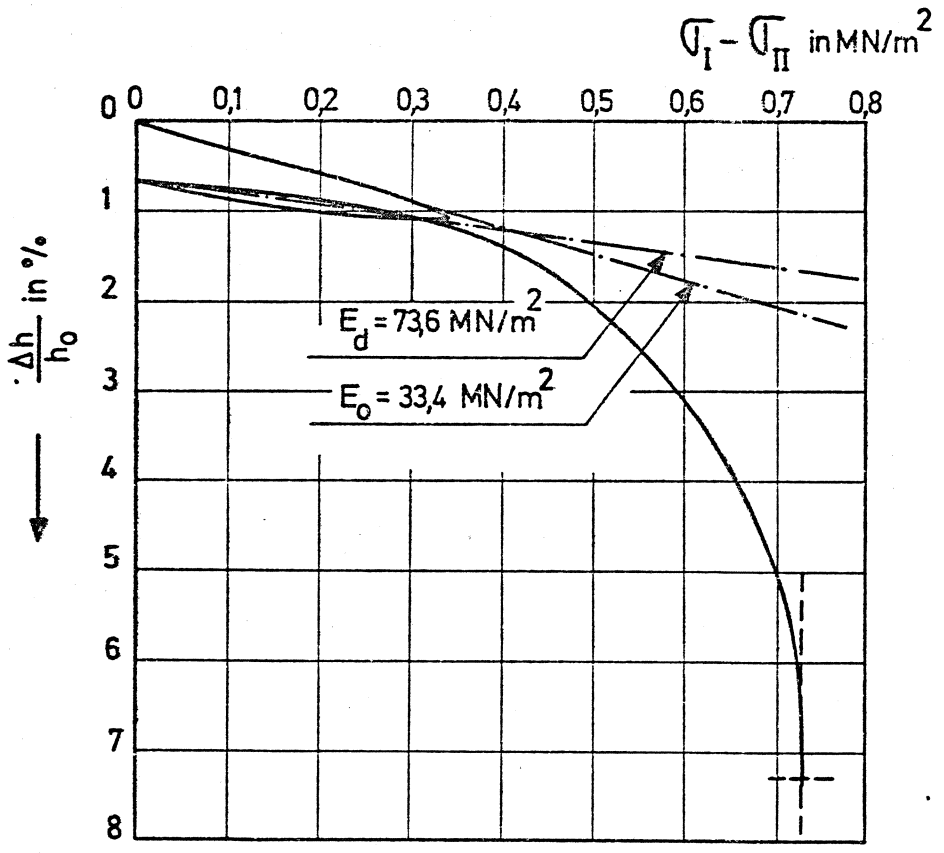


Fig. 25 Spanningsvervormingsdiagramma van een monster ontnomen op 80 m diepte bij de aanleg van onderaardse reservoirs in de Boomse klei (De Beer, 1971)

b) In situ proeven

- Diepsonderingen

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

q_c gem = gemiddelde waarde van de konusweerstand

$q_{c\ min}^{gem}$ = 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 BK3 eenheid 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 17.

Tabel 17 - Karakteristieke waarden afgeleid uit de elektrische kontinue diepsonderingen in de Boomse klei

	BK1	BK2	BK3
q_c gem (in MN/m²)	4,2	3,6	3,88 →5,45
$q_{c\ min}^{gem}$ (in MN/m²)	3,2	2,6	2,8 →4,6
$q_{c\ min}^{min}$ (in MN/m²)	2,7	2,3	
f_s gem (in MN/m²)	0,22	0,16	0,2
f_s min (in MN/m²)	0,15	0,11	

- 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-σ = 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 18.

Tabel 18 - Karakteristieke waarden afgeleid uit de pressiometer-proeven type Ménard in de Boomse klei

		BK1	BK2	BK3
$P_{1,\ gem}$	(in MN/m²)	1,97	1,82	1,83
$P_1 - \sigma$	(in MN/m²)	1,63	1,53	
$E_{M,gem}$	(in MN/m²)	30	27,5	
$E_{M,min}$	(in MN/m²)	6,8	8,4	

- Zelfborende pressiometerproeven

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

- horizontale spanningen in de klei

op de linkeroever :

$$\sigma'_h = 389 - 5{,}64z \text{ (in kN/m²)}$$

in de Schelde

tussen -20 en -29 (NKD)

$$\sigma'_h = 23{,}4z - 164{,}7 \text{ (in kN/m²)}$$

vanaf - 29 (NKD)

$$\sigma'_h = 389 - 5{,}64z \text{ (in kN/m²)}$$

met z = het NKD-peil

σ'_h = de horizontale korrelspanning in de klei

- glijdingsmodulus van de klei

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

- doorlatendheid van de klei

Uit de doorgevoerde konsolidatieproeven konden volgende waarden worden afgeleid voor de horizontale doorlatendheidskoëfficiënt van de klei :

in de BK1 eenheid $k_h = 3{,}2.10^{-10}$ m/s
in de BK2 eenheid $k_h = 6{,}7.10^{-11}$ m/s

Opmerkingen

De hierboven medegedeelde grondmechanische eigenschappen hebben allemaal betrekking op het gedeelte van het Rupeliaan kleikomplex dat geen verwering heeft ondergaan. Betreffende de laag bruine verweerde klei, die meestal aan de top van het Rupeliaan kleikomplex 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	BK1
q_c gem (in MN/m^2)	3,7	4,2
f_s gem (in MN/m^2)	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 i.v.m. de sensitiviteit van de Boomse klei (d.i. 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 sensiviteit de waarde 2,1 werd gevonden.

6.6.4.2. Onderste litologisch type van het Rupeliaan kleikomplex

Van het onderste litologisch type (silthoudende klei en kleihoudende silt) zijn enkele eigenschappen samengebracht in tabel 19. Deze resultaten zijn afkomstig uit de studie van de E3-Scheldetunnel.

Tabel 19 - Grondmechanische eigenschappen van het onderste litologisch type van het Rupeliaan kleikomplex

*	w_L	w_p	w	γ_d	γ
**	(26)	(20)	(17)	(17)	(16)
	%	%	%	kN/m³	kN/m³
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

* De symbolen worden verklaard in bijlage 3

** Aantal monsters

7. HYDROGEOLOGISCHE GEGEVENS (plaat VIII)

7.1. Watervoerende lagen

In het gekarteerde gebied komen verschillende types 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 kleikomplex.

De doorlatendheidskoëfficiënten van de gekarteerde eenheden zoals afgeleid uit het laboratoriumonderzoek werden opgenomen in de tabellen of in de tekst op de vorige pagina's. De k-waarde verkregen door een 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 ontname van ongeroerde monsters zelden slaagt.

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

Ten behoeve van de voorstudie van een stormvloedkering te Antwerpen (Oosterweel) werden in de zanden op de Boomse klei drie pompproeven uitgevoerd. Tevens werd een pompproef uitgevoerd bij Mercantile Marine Engineering and Graving Docks Co, met het oog op de bouw van een droogdok. De resultaten zijn opgenomen in tabel 20.

Tabel 20 - Resultaten van pompproeven

Pompproef	Uitvoeringsplaats	k(m/s)
Stormvloedkering	Linkeroever (kaart 15.3.3)	$2,85 \times 10^{-4}$
	Rechteroever (kaart 15.3.4)	$2,74 \times 10^{-4}$
	Noordkasteel (kaart 15.3.4)	$1,58 \times 10^{-4}$
Mercantile	Nabij verbinding Hansa-dok Vijfde Havendok (kaart 15.3.3)	$4,5 \times 10^{-5}$

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

Pompproeven in het Antwerpiaan zandkomplex werden uitgevoerd ten behoeve van de aanleg van de pre-metro en van de E3-Kleine Ring.

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

De waarden van de doorlatendheidskoëfficiënt van het Antwerpiaan zandkomplex afgeleid uit de pompproeven die werden uitgevoerd ten behoeve van de bemalingstudie voor de E3-Kleine Ring, liggen tussen 3×10^{-5} m/s en 7×10^{-5} m/s.

7.2. Waterkwaliteit

Ter plaatse van 2 pompproeven uitgevoerd ten behoeve van de studie van een stormvloedkering op de Zeeschelde werden aan de waterlaag boven de Boomse klei watermonsters ontnomen en onderworpen aan een scheikundig onderzoek. De resultaten zijn in tabel 21 weergegeven.

Tabel 21 - Grondwaterkwaliteit t.p.v. de geplande stormvloedkering

Pompproef	Noordkasteel	Rechteroever (15.3.4)
pH	7,2	7,4
Cl^- (mg/l)	1305	3130
SO_4^{2-} (mg/l)	39	84
CO_3^{2-} (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 waterkwaliteit kan verwacht worden onder de voormalige polders.

7.3. Voorstelling van hydrogeologische gegevens op de plaat IX

Gegevens i.v.m. 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 freatisch oppervlak genoteerd.

8. GRONDMECHANISCHE ZONERING (plaat IX)

8.1. Algemene voorstelling

Op de plaat IX zijn 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 grachten en waterlopen worden afzonderlijk aangegeven. Tevens werden lokale ophogingen, zoals ter plaatse van spoorwegen en autowegen niet in rekening gebracht bij het definiëren van grondmechanische zones.

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 werden, naast de voormalige grachten en waterlopen, 3 zones onderscheiden. Ze zijn genummerd IXa, XIa en XIVa. Een overzicht van de kenmerkende litologische opeenvolging en dikte is weergegeven in tabel 22.

Tabel 22 - Grondmechanische zonering op het kaartblad 15.3.1 : Kenmerkende litologische opeenvolging en dikte

Zone / Gekarteerde eenheden	IXa	XIa	XIVa
Aangevulde en vergraven gronden	x<6 m	x<6 m	x<6 m
Alluvium	x	x	-
Kwartair zandkomplex	(x)<6 m	(x)<6 m	x<6 m
Scaldisiaan b zandkomplex	x<6 m	x>6 m	x>6 m
Scaldisiaan a zandkomplex	x >6 m	x >6 m	x >6 m
Antwerpiaan zandkomplex	(x)	(x)	x
Rupeliaan kleikomplex	x	x	x

Opmerkingen : - In alle zones is de dikte (Aangevulde en vergraven gronden + alluvium + kwartair zandkomplex) meer dan 2 m.
- 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 IXa

8.2.1.1. Ligging

De zone IXa beslaat het zuidelijk deel van het kaartgebied 15.3.2.

8.2.1.2. Kenmerkende litologische opeenvolging en dikte

- Aangevulde en vergraven gronden	dikte <6 m	dikte >2 m
- Alluvium		
- Kwartair zandkomplex	dikte <6 m	
- Scaldisiaan b zandkomplex	dikte <6 m	
- Scaldisiaan a zandkomplex en Antwerpiaan zandkomplex	dikte >6 m	
- Rupeliaan kleikomplex		

De dikte van de gekarteerde eenheden en het peil van de top van het Rupeliaan kleikomplex binnen de beschouwde zone zijn weergegeven in tabel 23 (pag. 82).

8.2.1.3. Grondmechanische kenmerken

De funderingsvoorwaarden binnen deze zone worden in een 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 konstrukties betreft, is de dikte van de aangevulde gronden meestal te gering om gunstige funderingsvoorwaarden te kunnen aantreffen.

Belangrijke konstrukties dienen in het algemeen te worden gefundeerd op palen die bij voorkeur in het Scaldisiaan a zandkomplex kunnen worden aangezet.

Een voorbeeld van de sondering uitgevoerd in de zone IXa is weergegeven in fig. 26.

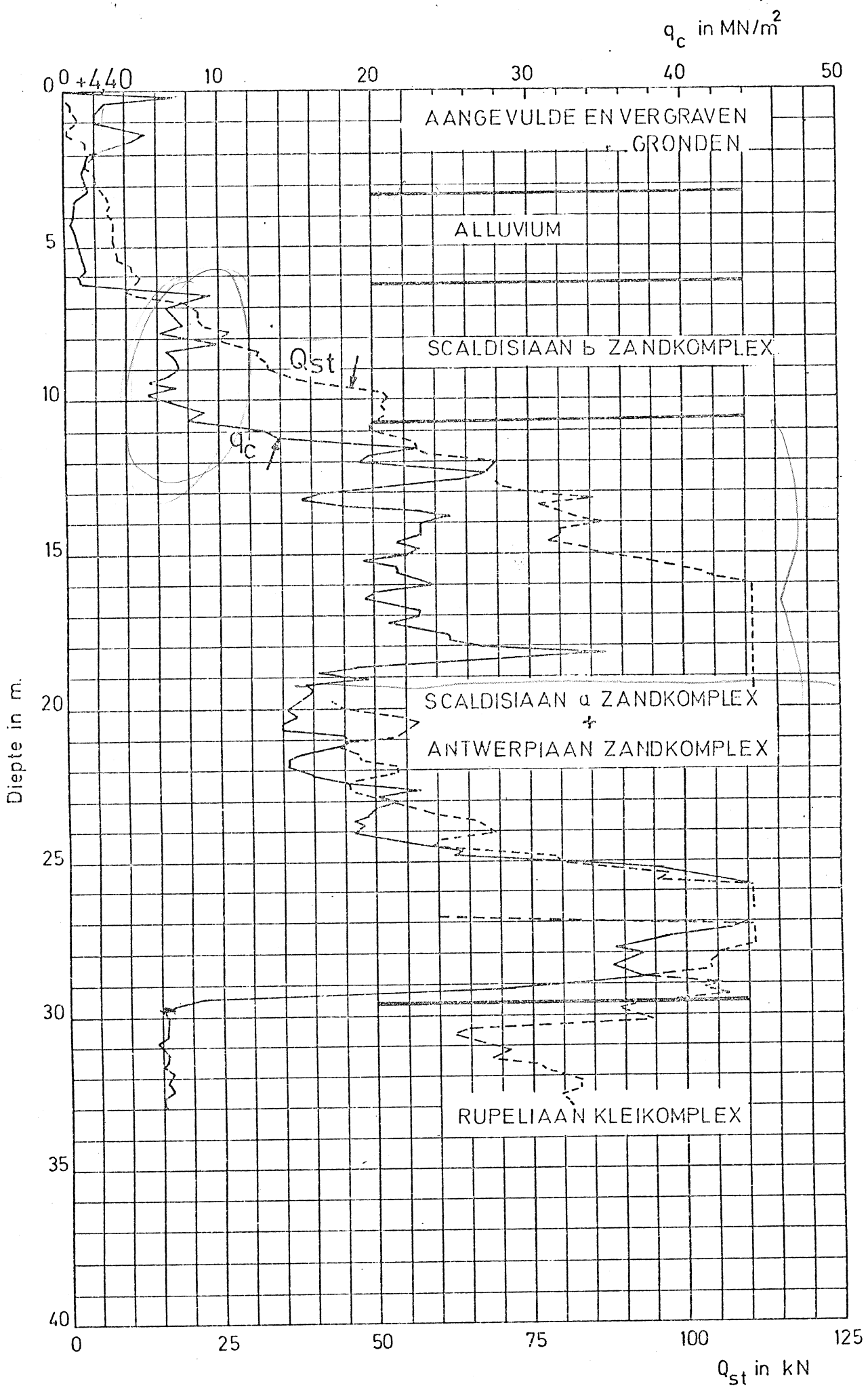


Fig. 26 - Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd binnen de zone IXa (punt nr. 341, X = 153.915, Y = 216.060)

8.2.2. Grondmechanische zone XIa

8.2.2.1. Ligging

De zone XIa beslaat het grootste gedeelte van het kaartblad 15.3.2.

8.2.2.2. Kenmerkende litologische opeenvolging en dikte

- Aangevulde en vergraven gronden — dikte <6 m
- Alluvium — dikte >2 m
- Kwartair zandkomplex — dikte <6 m
- Scaldisiaan b zandkomplex — dikte >6 m
- Scaldisiaan a zandkomplex en Antwerpiaan zandkomplex — dikte >6 m
- Rupeliaan kleikomplex

De dikte van de gekarteerde eenheden en het peil van de top van het Rupeliaan kleikomplex binnen de beschouwde zone zijn weergegeven in tabel 23 (pag. 82).

8.2.2.3. Grondmechanische kenmerken

De funderingsvoorwaarden binnen deze zone worden in een 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 minder gunstig.

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

Belangrijke konstrukties dienen in het algemeen te worden gefundeerd op palen die in het Scaldisiaan b of het Scaldisiaan a zandkomplex kunnen worden aangezet. Voor palen aangezet in het Scaldisiaan b zandkomplex dient terdege rekening te worden gehouden met het feit dat over de onderste 2 à 4 m van dit komplex meestal een terugloop van de konusweerstand wordt waargenomen (onderste eenheid van het Scaldisiaan b zandkomplex).

Ten noorden van de Noorderlaan kunnen tevens rond het peil -3 kleilagen, die tot ca. 1 m dik kunnen zijn, voorkomen.

Voorbeelden van sonderingen uitgevoerd in de zone XIa zijn weergegeven in fig. 27 en fig. 28.

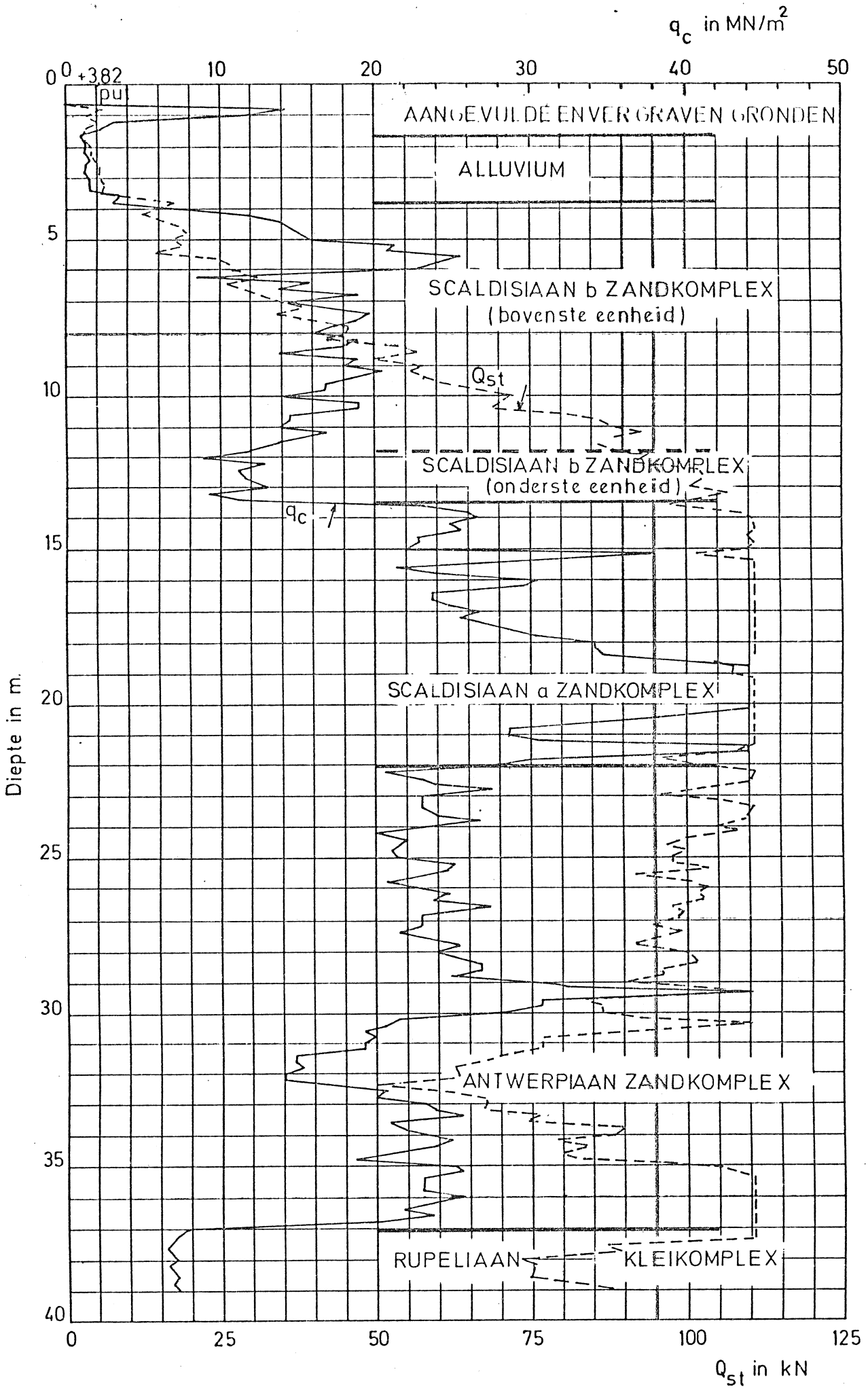


Fig. 27 - Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd binnen de zone XIa (punt nr. 334, X = 152.990, Y = 218.015)

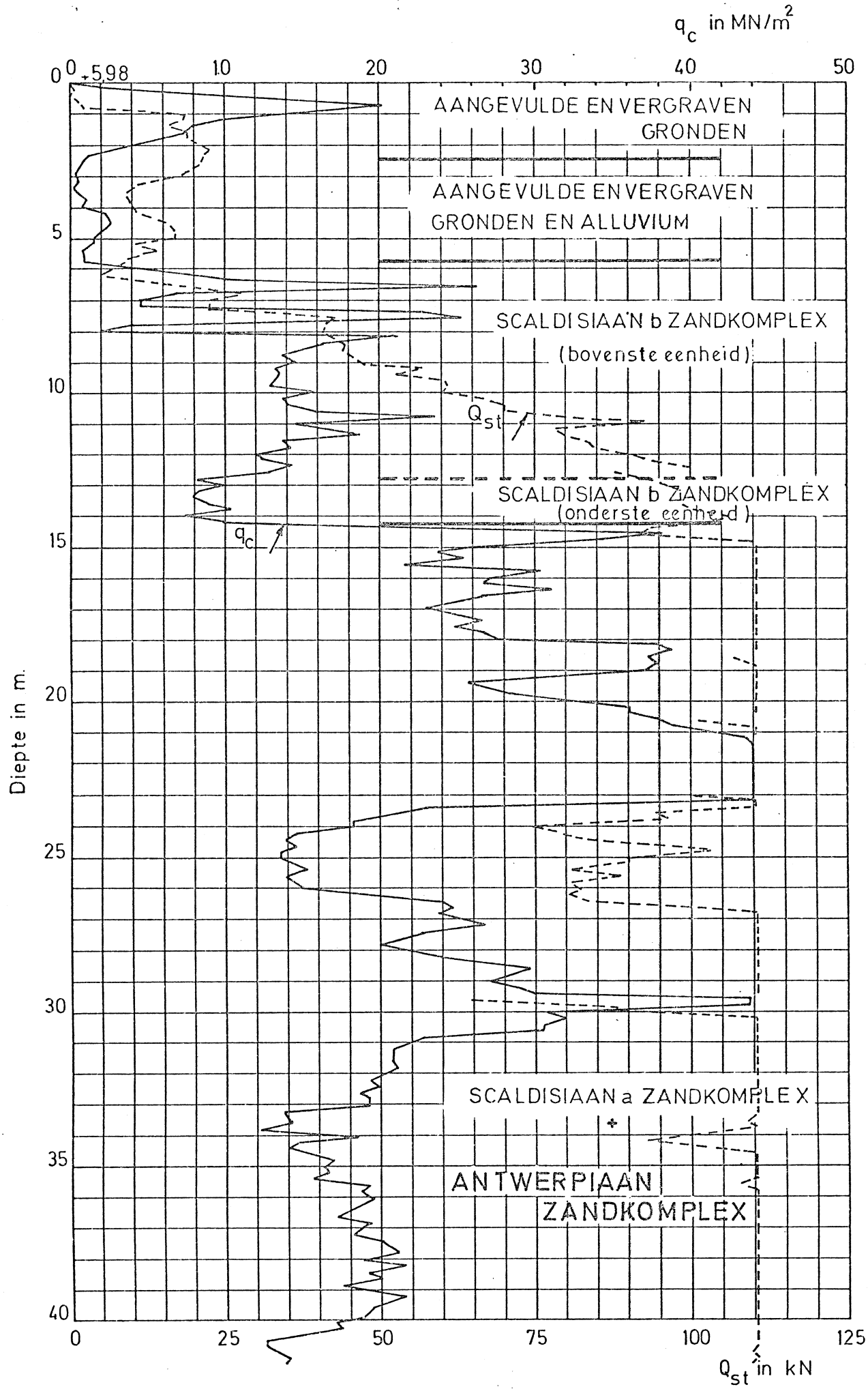


Fig. 28 - Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd binnen de zone XId (punt nr. 335, X = 151.915, Y = 218.185)

8.2.3. Grondmechanische zone XIVa

8.2.3.1. Ligging

De zone XIVa beslaat twee vlekken in het noorden van de gekarteerde zone.

8.2.3.2. Kenmerkende litologische opeenvolging en dikte

- Aangevulde en vergraven grond	dikte <6 m	dikte >2 m
- Kwartair zandkomplex	dikte <6 m	
- Scaldisiaan b zandkomplex	dikte >6 m	
- Scaldisiaan a zandkomplex en Antwerpiaan zandkomplex	dikte >6 m	
- Rupeliaan kleikomplex		

De dikte van de gekarteerde eenheden en het peil van de top van het Rupeliaan kleikomplex binnen de beschouwde zone zijn weergegeven in tabel 23 (pag. 82).

8.2.3.3. Grondmechanische kenmerken

De funderingsvoorwaarden binnen deze zone kunnen nog in belangrijke mate beïnvloed worden door de aanwezigheid van de aangevulde en vergraven gronden. Ook het kwartair zandkomplex heeft minder gunstige grondmechanische eigenschappen. Waar beide eenheden een geringe dikte hebben zijn de funderingsvoorwaarden gunstiger.

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

Belangrijke konstrukties dienen in het algemeen te worden gefundeerd op palen die in het Scaldisiaan b of het Scaldisiaan a zandkomplex kunnen worden aangezet. Voor palen aangezet in het Scaldisiaan b zandkomplex dient terdege rekening te worden gehouden met het feit dat over de onderste 2 à 4 m van dit komplex meestal een terugloop van de konusweerstand wordt waargenomen (onderste eenheid van het Scaldisiaan b zandkomplex).

Een voorbeeld van een sondering uitgevoerd in de zone XIVa is weergegeven in fig. 29.

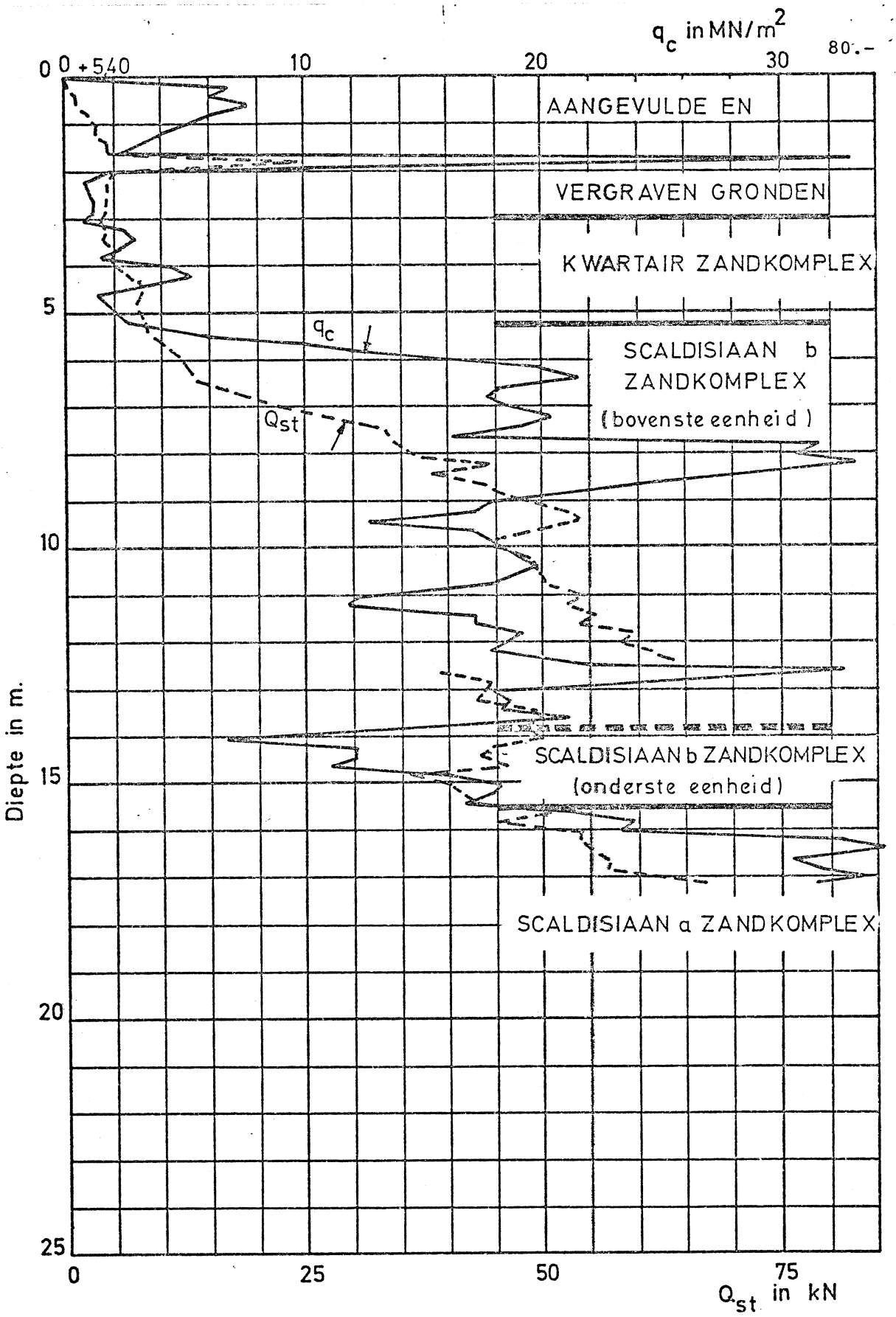


Fig. 29 - Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd binnen de zone XIVa (punt nr. 87, X = 150.080, Y = 217.880)

8.2.4. Voormalige grachten en waterlopen

De voormalige grachten en waterlopen 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 er slechte funderingsvoorwaarden ontmoet worden. Ter illustratie werd een sondeerdiagram afkomstig van een diepsondering uitgevoerd in een gedempte vestinggracht weergegeven (fig. 30). Daar dit diagram echter geenszins als typisch voor geheel de gracht beschouwd mag worden, zal binnen deze zones steeds een gedetailleerder grondonderzoek dienen uitgevoerd te worden.

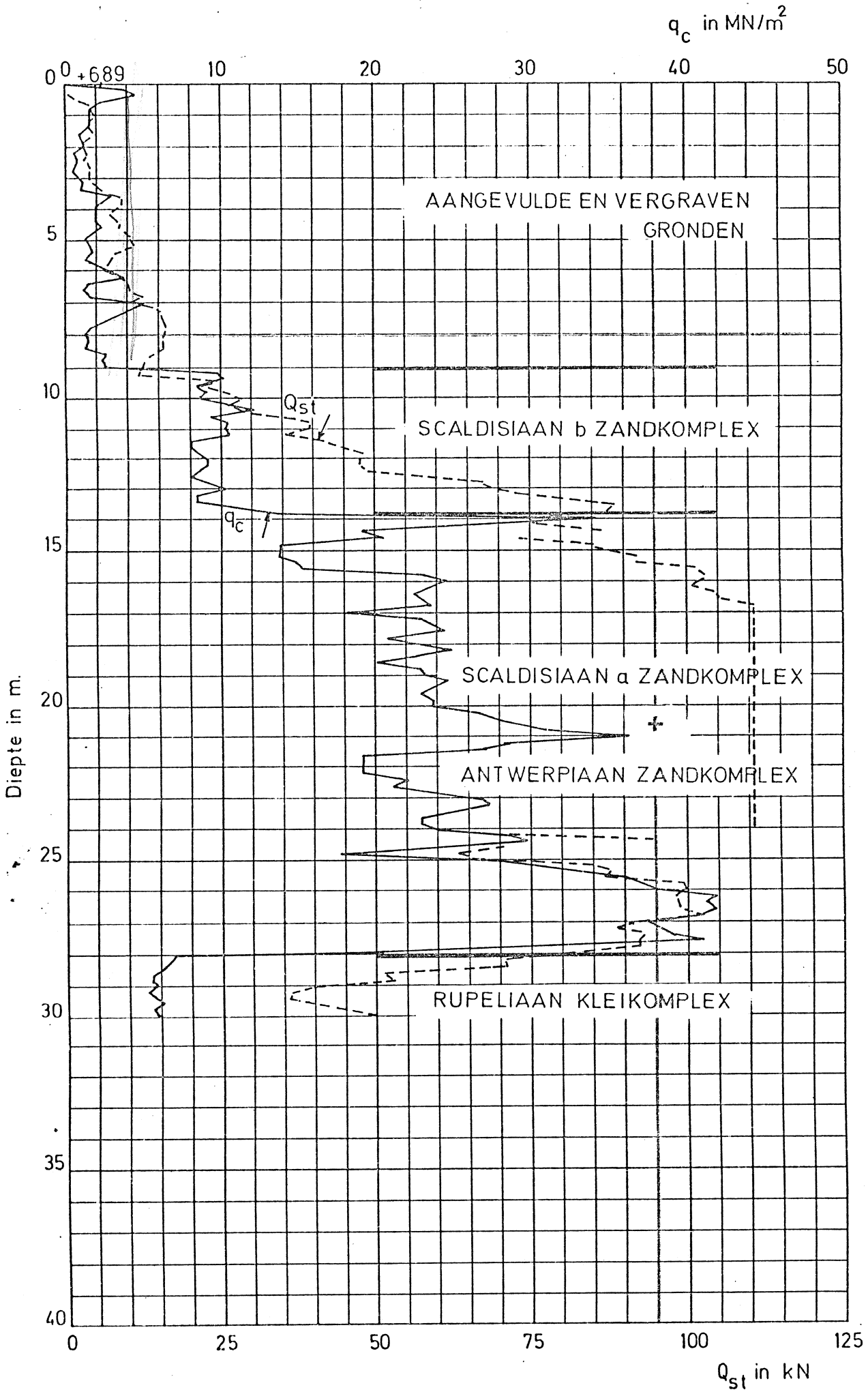


Fig. 30 - Voorbeeld van diepsondering uitgevoerd ter plaatse van een voormalige gracht (punt nr. 342, X = 153.060, Y = 215.865)

Tabel 23 - Dikte van de gekarteerde lagen en top van het Rupeliaan kleikomplex in de grondmechanische zones op kaartblad 15.3.2

Zone / Gekarteerde eenheden	IXa	XIa	XIVa
Aangevulde en vergraven gronden	2-6 m	0-6 m	0-6 m
Alluvium	0-4 m	0-4 m	-
Kwartair zandkomplex	0-2 m	0-4 m	0-2 m
Scaldisiaan b zandkomplex	4-6 m	6-12 m	8-12 m
Scaldisiaan a zandkomplex / Antwerpiaan zandkomplex	14-24 m	16-26 m	24-26 m
Rupeliaan kleikomplex	-20/-30	-22/-36	-32/-36

9. GEOLOGISCHE DOORSNEDEN

Ter illustratie van de algemene opbouw van het gekarteerde gebied zijn twee terreindoorsneden (AA' en BB') getekend (horizontale schaal 1/5 000, vertikale schaal 1/200). De doorsneden AA' en BB' zijn respektievelijk SW-NE en NW-SE georiënteerd. De liggging van de doorsneden is op alle platen van de grondmechanische atlas aangegeven.

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

REFERENTIES

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. Compte-rendu 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.

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.(In voorbereiding).

S.V.K.S., T.V., (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 Doktoraatsverhandeling).

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

Dokumenten geraadpleegd bij het opstellen van plaat II

VANDERWEE, J.B. (1865). Carte d'Anvers et de ses environs. 1865. Dressée sous la direction de Ph. Vander Maelen, Bruxelles : Etablissement Géographique fondé par Ph. Vander Maelen, schaal 1/10.000, 1 kbl.

GENIE MILITAIRE (1883). Anvers. S.l., schaal 1/5.000, 1 kbl.

INSTITUT CARTOGRAPHIQUE MILITAIRE (1932). Anvers(15.3).Brussel : Institut Cartographique Militaire, schaal 1/10.000, 1 kbl.

MILITAIR GEOGRAFISCH INSTITUUT (1948). Anvers (15.3). Brussel : Militair Geografisch Instituut, schaal 1/10.000, 1 kbl.

MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN (1965). Antwerpen-Luchtbal 15.3.2. Brussel : Ministerie van Openbare Werken, schaal 1/5.000, 1 kbl.

MILITAIR GEOGRAFISCH INSTITUUT VAN BELGIE (1971). Antwerpen (15.3). Brussel : Militair Geografisch Instituut, schaal 1/10.000, 1 kbl.

FICHE DER LOKALE GEGEVENS

N' | Symb : | Auteur v.d. fiche | Vervolg N'

Kaart | Punt | Code (1) | X | Y | Z | ΔZ | schaal | Ref. Herkomst | N' dossier | Auteur | Projekt

Datum boring | Datum verslag | Gemeente (postnummer)

Geologisch profiel - Schaal 1/100

Diepte | Profiel | Lithologische beschrijving | Water | Eenheid | Klassif. | Casagr.

Laboratoriumproeven

Korrelsamenstelling: C (2) | 2 µm | 60/74 µm | 0,2 mm | 2 mm | Un (0,..) | d_{50} µm

Onderkenning: γ_d Tf/m³ | γ Tf/m³ | W % | W_l % | i_p

Hu-Ka: Ca-Co_3 % | Hu %

Oedometer: σ kgf/cm² | A | C

Afschuiving: C (3) | C kgf/cm² | Φ' ° | C_u kgf·cm² | Φ_u °

Doorlatendheid: C (4) | k m.sec | σ kg.cm⁻²

Code (1) Zie speciale fiche

C (2) Code (2) Korrelsamenstelling
- V Volledig monster
- D Deelmonster

C (3) Code (3) Afschuiving
- UU Niet geconsol niet gedraind
- CD Geconsol - gedraind
- CU Geconsol - niet gedraind
- EC Celproef
- ED Direkte schuifproef
- EP Vrije prismaproef

C (4) Code (4) Doorlatendheid
- N Proef op een ongeroerd monster
- V In de oedometer onder een spanning p (in kg/cm²) en volg de vert. richt
- H In de oedometer onder een spanning p (in kg.cm⁻²) en volg de hor. richt
- P In de permeameter op een monster met porievolume n
- S In situ

FICHE DER LOKALE GEGEVENS

Nr			Symb					Auteur v/d fiche:		Vervolg Nr
Kaart	Punt	Code (1)	X	Y	Z	ΔZ	schaal	Ref.: Herkomst:	Nr dossier:	Auteur: Projekt:
								Datum sondering:	Datum verslag:	Gemeente (postnummer)
Diepsondering:								Apparaat	Indringingssnelheid	Onderneming:
								Konus type (code (2))	Diameter:	Buizen: Diameter:
Water op:				datum:				Grond aan de konus		

Diepte	Resultaten van de diepsondering	Interpretatie v.d. auteur v.h. P.V.	Geologische interpretatie

Opmerkingen

Code (1) zie speciale fiche
Code (2) zie speciale fiche

Bijlage 2

Verklaring van de symbolen aangewend op de dokumentatiekaart (Plaat I)



Ontsluiting (put)



Gewone boring



Boring met opmeting van de grondwaterstand



Boring met monsteronderzoek in het laboratorium



Boring met bepaling van grondmechanische eigenschappen in situ



Boring met monsteronderzoek in het laboratorium en met bepaling van grondmechanische eigenschappen in situ



Boring uitgerust met piëzometer(s)



Diepsondering met opname van de puntweerstand en de zijdelingse wrijvingsweerstand



Diepsondering met opname van de puntweerstand

A — A' Ligging van de geologische doorsnede (ingelast in de tekst)

Bijlage 3

Verklaring van de symbolen aangewend bij de bespreking van de grondmechanische eigenschappen

d_{50}	gemiddelde korreldiameter
γ	volumegewicht
γ_d	drooggewicht
w	watergehalte
n	poriënvolume
w_L	vloeigrens
i_P	plasticiteitsindex
A	ontlastingskonstante
C	samendrukkingskonstante
k_v	vertikale doorlatendheidskoëfficiënt
k_h	horizontale doorlatendheidskoëfficiënt

Celproeven

c'_{cel}	schijnbare cohesie
φ'_{cel}	schijnbare hoek van inwendige wrijving
c_{cel}	cohesie
φ_{cel}	hoek van inwendige wrijving

Triaxiaalproeven

c'	cohesie
φ'	hoek van inwendige wrijving

RESUME

L'atlas géotechnique 15.3.2 Antwerpen-Luchtbal (1/5.000) 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 de 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 Mesozoïque composé de craies et enfin une partie du Cénozoïque constituée de sables et d'argiles du Landénien, de l'Yprésien, du Paniselien, du Lédien, du Wemmelien, du Bartonien et du Rupelien (p.p.) est représentée sous forme d'une coupe schématique (fig. 2).

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'ancien fossés et cours d'eau aujourd'hui remblayés.

Sur la planche III figure l'épaisseur des alluvions. Les forages qui ont recoupé les alluvions sont indiqués sur la planche avec les 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 avec beaucoup de coquilles. Ces sables sont compact.

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 composé d'un sable glauconifère. Le Scaldisien a est très compact.

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

A partir des essais disponible il est difficile de tracé la limite entre le Scaldisien a et l'Anversien.

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'était pas possible de tracer des courbes isohypses de la surface piézométrique.

La planche X représente le zonage géotechnique. Elle forme une tentative de synthèse d'une partie des renseignements présentées 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 3 unités ont été distinguées. La succestion lithologique des unités est donnée dans le tableau ci-dessous.

Zone / Unité	IXa	XIa	XIVa
Terrains remaniés et remblayés	x<6 m	x<6 m	x<6 m
Alluvions	x	x	-
Complexe sableux quaternaire	(x)<6 m	(x)<6 m	x<6 m
Complexe sableux scaldisien b	x<6 m	x>6 m	x>6 m
Complex sableux scaldisien a	(x) >6 m	(x) >6 m	x >6 m
Complexe sableux Anversien	(x)	(x)	x
Complexe argileux rupelien	x	x	x

Remarques : - Dans les zones IXa en XIVa l'épaisseur des (terrains remaniés et remblayés + alluvions + complexe sableux quaternaire) est supérieure à 2 m
- x indique la présence de l'unité cartographiée
- (x) indique que l'unité cartographiée peut être absente

La Carte Géotechnique 15.3.2 Antwerpen Luchtbal à 1'échelle 1/5000 avec texte explicatif, peut être obtenue au Secrétariat de la Commission de Cartographie Géotechnique, Square de Meeûs, 1040 Bruxelles et Tramstraat, 44, 9710 Zwijnaarde (tél. 091/22.60.52 - ir J. Maertens) ou contre versement du prix de vente au compte-chèques postaux n° 000-0050267-21 au nom de l'Institut Géotechnique de l'Etat, Laboratoire, Tramstraat,44 - 9710 Zwijnaarde.

Déjà paru :

Carte 41.2.7 Liège (échelle 1/5000)
Carte 31.3.7 Bruxelles (échelle 1/5000)
Carte 22.1.6 Gent-St.Pieters (échelle 1/5000)
Carte 45.4.5 à 8 Mons (secteur Obourg)(échelle 1/10000)
Carte 45.3.5 à 8 Mons (secteur Maisières)(échelle 1/10000)
Carte 15.3.8 Antwerpen-Hoboken (échelle 1/5000)
Carte 42.6.1 Liège (échelle 1/5000)
Carte 31.3.5 Bruxelles (échelle 1/5000)
Carte 15.3.6 Antwerpen-Centrum (échelle 1/5000)
Carte 46.8.5 Charleroi (échelle 1/5000)
Carte 31.3.6 Bruxelles (échelle 1/5000)
Carte 22.1.4 Gent-Centrum (échelle 1/5000)
Carte 31.3.8 Bruxelles (échelle 1/5000)
Carte 42.6.3 Liège (échelle 1/5000)
Carte 22.1.2 Gent-Wondelgem (échelle 1/5000)
Carte 45.7.1 à 4 Mons (Secteur Mons - Jemappes - Cuesmes)(échelle 1/10000)
Carte 31.3.3 Bruxelles (échelle 1/5000)
Carte 15.3.3 Zwijndrecht-Noord (échelle 1/5000)
Carte 15.3.4 Antwerpen Noordkasteel (échelle 1/5000)

L'édition des Cartes Géotechniques suivantes est prévue :
Carte 15.3.1 Antwerpen Petroleumhaven (échelle 1/5000)
Carte 31.3.4 Bruxelles (échelle 1/10000)
Carte 46.7.6 Charleroi (échelle 1/5000)
Carte 15.3.5-7 Antwerpen (échelle 1/5000)