

Kommissie voor Grondmechanische Kartering

Centrum voor Grondmechanische Kartering
van het Rijksuniversitair Centrum Antwerpen

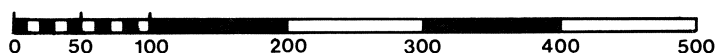
(Verantwoordelijke : E. De Beer)

Grondmechanische kaart 15.3.6 Antwerpen centrum

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

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

1:5000



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

De Grondmechanische Kaart 15.3.8 Antwerpen op schaal 1/5000 met verklarende nota, is te verkrijgen op het sekretariaat van de Commissie voor Grondmechanische Kartering, Hertogsstraat, 89, 1000 Brussel of Tramstraat, 44 9710 Zwijnaarde (Tel. 091/22.60.52 - ir J. Maertens), 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 Brussel (schaal 1/5000)
Kaart 22.1.6 Gent St.Pieters (schaal 1/5000)
Kaart 45.4.5 tot 8 Obourg (schaal 1/10.000)
Kaart 45.3.5 tot 8 Maisières (schaal 1/10.000)
Kaart 15.3.8 Antwerpen-Hoboken (schaal 1/5000)
Kaart 42.6.1. Liège (schaal 1/5000)

De publikatie van de volgende Grondmechanische Kaarten is voorzien :

Kaart 31.3.5 Brussel (schaal 1/5000)
Kaart 22.1.4 Gent (schaal 1/5000)
Kaart 46.8.5 Charleroi (schaal 1/5000)
Kaart 22.1.2. Gent-Wondelgem (schaal 1/5000)
Kaart 31.3.6 Brussel (schaal 1/5000)
Kaart 42.6.3. Liège (schaal 1/5000)

Kommissie voor Grondmechanische Kartering

Centrum voor Grondmechanische Kartering
van het Rijksuniversitair Centrum Antwerpen

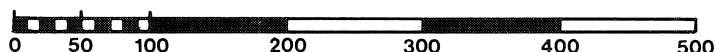
(Verantwoordelijke : E. De Beer)

Grondmechanische kaart 15.3.6 Antwerpen centrum

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

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

1:5000



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

1978

Verklarende tekst bij de Grondmechanische Kaart 15.3.6 Antwerpen-Centrum.

pag. 1 - 66

Texte explicatif de la Carte Géotechnique 15.3.6 Antwerpen-Centrum.
(Résumé)

pag. 67 - 69

Adressen :

- Leerstoel voor Grondmechanica en Funderingstechniek, Tramstraat, 44,
9710 Zwijnaarde.

DANKBETUIGING.

Talrijke personen en instellingen hebben door hun bereidwillige medewerking bijgedragen tot de verwezenlijking van de grondmechanische kaart 15.3.6 (Antwerpen-Centrum).

Wij danken hiervoor in het bijzonder :

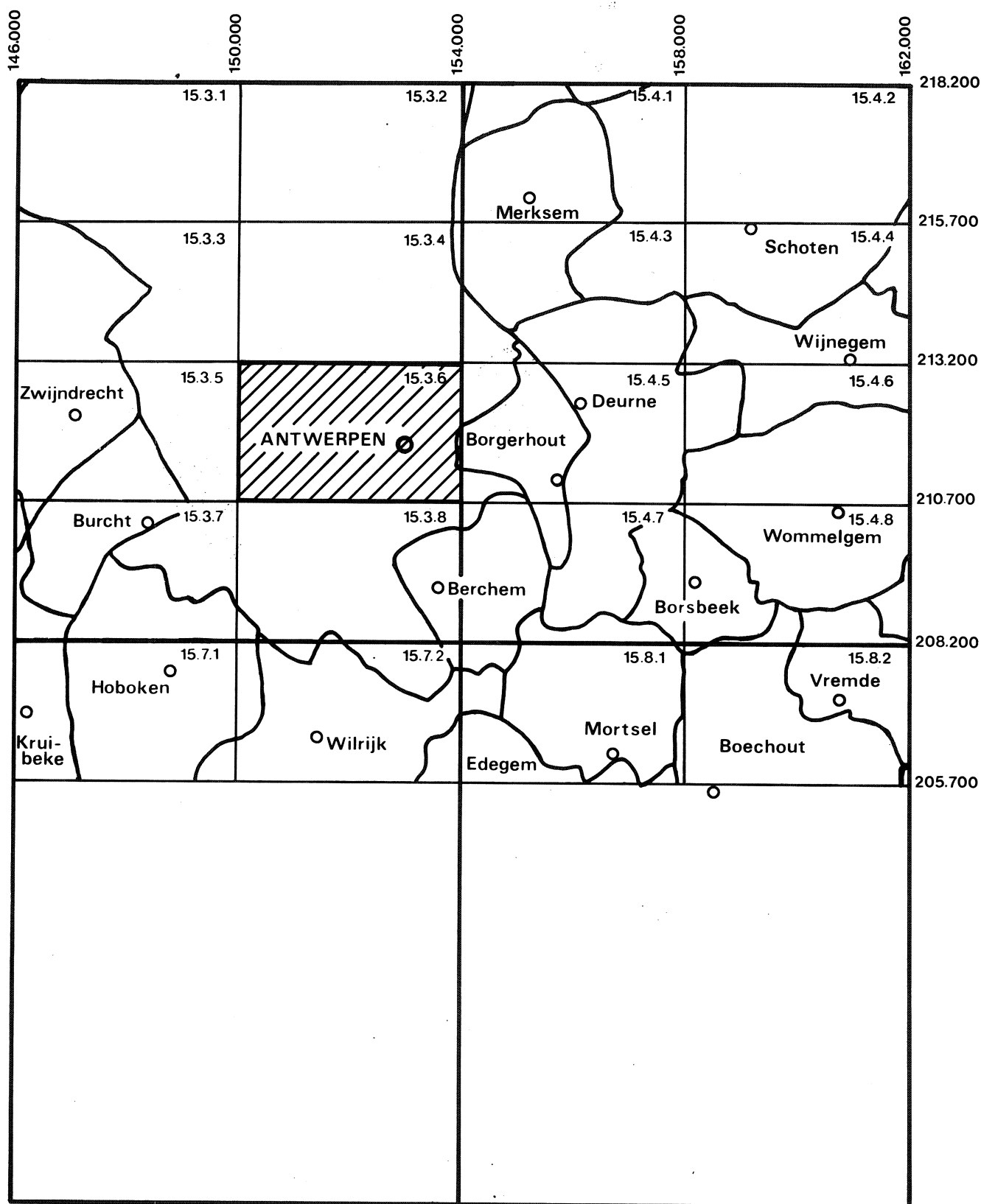
- De Burgemeester en het Schepencollege van de stad Antwerpen.
- De heer J. VAN GHYSEGHEM, Hoofdingenieur-Direkteur bij de Dienst voor Werken van de stad Antwerpen.
- De heer E. DE KESEL, Hoofdinspekteur bij de Dienst voor Werken van de stad Antwerpen.
- De heer J. CARPENTIER, Ingenieur bij de Dienst voor Werken van de stad Antwerpen.
- De heer W. RYLANT, Hoofdingenieur-Direkteur van de IMALSO.
- De heer J. STOFFELS, Hoofdtekenaar bij de Intercommunale Vereniging voor de Autoweg E3.
- De heer A. DELMER, Inspekteur-Generaal bij de Belgische Geologische Dienst.
- De heer P. LAGA, Geoloog bij de Belgische Geologische Dienst.
- De heren J. GEYS en F. DHAEYER van het RUCA.

Daarnaast werden ons door een aantal personen en ondernemingen gegevens en ervaringen medegedeeld. Wij danken hiervoor ondermeer :

- De Antwerpse Zeediensten van het Ministerie van Openbare Werken.
- Het studiebureau N.V. ELECTROBEL.
- De GEMEENTEDIENST VAN BELGIE.

Verder danken wij heel bijzonder de heer R. VERSTRAETEN voor het tekenen van de platen en figuren, Mevrouw M.L. DE SCHRYVER 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.



0 5 km.

Fig.1: Ligging van de gekarteerde zone



Fig. 2 - Schuine luchtopname van het gekarteerde gebied (10.05.1971)
(Foto Aero-Survey - Sint-Niklaas)

WAARSCHUWING.

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

De voorgestelde dokumenten, kaarten en verklarende tekst verstrekken een algemeen beeld aangaande :

- De proeven welke binnen de beschouwde zone werden uitgevoerd.
- De aard en de dikte van de verschillende lagen (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 welke bij het opstellen ervan werden gemaakt. De kaarten geven enkel inlichtingen over de algemene geologische en grondmechanische gesteldheid van de ondergrond. Het zijn dus enkel richtinggevende dokumenten en de auteurs ervan 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 functie van welomschreven projecten.

Wegens het ontbreken van een voldoende aantal gegevens in de Schelde werd de kartering van de verschillende eenheden onderbroken ter hoogte van de Scheldekaaimuur (rechteroever) en de kruin van de Scheldedijk (linkeroever).

INHOUD.

- Dankbetuiging	pag. I
- Ligging van de gekarteerde zone	pag. II
- Schuine luchtopname van het gekarteerde gebied	pag. III
- Waarschuwing	pag. IV
- Inhoud	pag. V
1. Inleiding	pag. 1
2. Geografische gegevens	3
2.1. Geografische ligging v.d. gekarteerde zone	3
2.2. Topografie	3
2.3. Verkeerswegen	4
2.4. Algemene hydrografie	5
3. Algemene geologische opbouw	7
3.1. De Paleozoïsche sokkel (Primair)	7
3.2. De Postpaleozoïsche deklagen (Secundair Tertiair)	8
3.3. De Kwartaire dekmantel	11
4. Uitgevoerde studie	12
5. Dokumentatie (Plaat I)	17
5.1. Punktuele gegevens	17
5.2. Hoogtelijnen	18
6. Gekarteerde eenheden	19
6.1. Aangevulde en vergraven gronden (Plaat II)	19
6.2. Alluvium (Plaat III)	21
6.3. Kwartair zandkomplex (Plaat IV)	22
6.4. Scaldisiaan zandkomplex	30
6.5. Antwerpiaan zandkomplex (Plaat VI)	34
6.6. Het Rupeliaan kleikomplex (Platen VII VIII)	41
7. Hydrogeologische gegevens (Plaat IX)	49
7.1. De watervoerende lager	49
7.2. De waterkwaliteit	50
7.3. Voorstelling van hydrogeologische gegevens op plaat	51

8.	Grondmechanische zones (Plaat X)	52
8.1.	Algemene voorstelling	52
8.2.	Bespreking van de grondmechanische zones	52
9.	Geologische doorsneden	57

Referenties

Bijlage 1 :	Fiche der lokale gegevens	64
Bijlage 2 :	Verklaring van de symbolen aangewend op de dokumentatiekaart	65
Bijlage 3 :	Verklaring van de symbolen aangewend bij de bespreking van de grondmechanische eigenschappen	66
Resumé		67

1. INLEIDING.

De grondmechanische atlas 15.3.6 (Antwerpen-Centrum) is samengesteld uit 11 platen op schaal 1/5000.

Plaat I : Dokumentatie

- Uitvoeringsplaatsen van de belangrijkste proeven waarvan de resultaten voor het opstellen van de grondmechanische kaart werden aangewend.
- Topografie.

Plaat II : Dikte van de aangevulde en vergraven gronden.

- Lijnen van gelijke dikte van deze gronden (equidistantie : 2 m).

Plaat III : Dikte van het alluvium.

- Lijnen van gelijke dikte van het alluvium (equidistantie : 2 m).
- Litologische opbouw van het alluvium t.p.v. boringen.

Plaat IV : Dikte van het kwartair zandcomplex.

- Lijnen van gelijke dikte van dit complex (equidistantie : 2 m).

Plaat V : Dikte van het Scaldisiaan zandcomplex.

- Lijnen van gelijke dikte van dit complex (equidistantie : 2 m).

Plaat VI : Dikte van het Antwerpiaan zandcomplex.

- Lijnen van gelijke dikte van dit complex (equidistantie : 2 m).

Plaat VII : Top van het Rupeliaan kleikcomplex.

- Hoogtelijnen van de top van dit complex (equidistantie : 2 m).

Plaat VIII : Vermoedelijke basis van het Rupeliaan kleikcomplex.

- Hoogtelijnen van de vermoedelijke basis van dit complex (equidistantie : 5 m).

Plaat IX : Hydrogeologische gegevens.

- Oppervlaktewater.
- Punktuele gegevens i.v.m. de grondwaterstand.
- Uitvoeringsplaats van de pompproef.

Plaat X : Grondmechanische zoneringskaart.

- Zones waarbinnen dezelfde globale grondmechanische omstandigheden worden aangetroffen.

Plaat XI : Basis van de kwartaire sekwentie.

- Hoogtelijnen van de basis van deze sekwentie (equidistantie : 2 m).

Op de meeste platen is tevens de ligging van de aangevulde grachten en waterlopen aangegeven.

Een verklarende tekst waarin twee geologische doorsneden door het kaartblad 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 15.3.6 (Antwerpen-Centrum) van het Ministerie van Openbare Werken (schaal 1 : 5000)*. Het gebied strekt zich uit tussen de Lambert-koördinaten

X = 150.000 en 154.000

Y = 210.700 en 213.200

en beslaat een oppervlakte van 10 km^2 (4 km x 2,5 km).

De beschouwde zone behoort volledig tot het grondgebied van de stad Antwerpen. Het gedeelte van de linkeroever dat op de kaart voorkomt maakte deel uit van de Polder van Borgerweert.

2.2. Topografie.

Op de rechteroever strekt zich een rug uit langsheen de lijn W.Ogierplein - Oude Beurs- Wolstraat - Kipdorp - Sint-Jacobsmarkt - Gemeentestraat. Deze ligt grotendeels boven het peil + 8,5**. Aan het W.Ogierplein bereikt het maaiveld het peil + 10. Een tweede hogergelegen gebied is begrensd door de Hoogstraat, de Kronenburgstraat en de Graanmarkt. Zeer plaatselijk is het peil + 9 er overschreden.

Rond deze hogergelegen zones bevindt het terrein zich tussen + 6 en + 8. Enkel in de noordoostelijke en zuidoostelijke hoek van het kaartblad worden peilen tussen + 4 en + 6 aangetroffen.

* De basiskaart werd grotendeels aangepast aan de toestand ten tijde van de kartering (1978).

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

Op de linkeroever daalt het maaiveld in westelijke richting. De laan langsheen de Schelde ligt er tussen + 7 en + 9. De westrand van het beschouwde gebied op de linkeroever is gelegen tussen + 5 en + 6.

2.3. Verkeerswegen.

De gekarteerde zone is nagenoeg volledig verstedelijkt. Het wordt doorkruist door een dicht stratennet.

Drie tunnels onder de Schelde komen op het kaartblad voor : de E-3-Scheldetunnel (Kennedytunnel), de Voetgangerstunnel en de Waasland-tunnel.

Het nog in aanbouw zijnde Premetro-net bestaat uit twee assen met vertakkingen. Een eerste as, die reeds gedeeltelijk in gebruik is, loopt van de Groenplaats naar de De Keyzerlei met aftakkingen Centraal Station - Pelikaanstraat - Belgiëlei en Koningin Astridplein - Van Wezenbekestraat - Schijnpoort. Een tweede as, Turnhoutsebaan - Herentalsebaan - Carnotstraat - Gemeentestraat - Frankrijklei, met aftakking Kerkstraat - Pothoekstraat - Schijnpoort, is grotendeels op het kaartblad 15.4.5 (Borgerhout) gelegen. De werken op de tweede as startten in 1977. Een ondergrondse Scheldeoeververbinding is gepland.

In het oostelijk gedeelte van het kaartblad is het Centraal Station en de spoorweg gesitueerd.

De Schelde doorkruist het beschouwde gebied. Op het kaartblad ligt een gedeelte van de oude dokken (Bonaparte- en Willemdok).

2.4. Algemene hydrografie.

De gekarteerde zone behoort tot het Zeescheldebekken.

De Schelde is er onderhevig aan getijbeweging. Enkele tijwaarnemingen te Antwerpen (loodsgebouw) werden overgenomen uit het "Overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het tijdperk 1961-1970 (I. COEN & J. THEUNS, 1972-1973). Voor de definitie van de gebruikte termen wordt naar deze publikatie verwezen.

		Springtij	Doodtij
gemiddeld hoogwater	+ 5,15*	+ 5,52	+ 4,67
gemiddeld laagwater	+ 0,25	+ 0,08	+ 0,53
gemiddeld tijverschil (in m)	4,90	5,44	4,14

Fig. 3 geeft de gemiddelde tijkrommen weer voor de periode 1961-1970.

Voor de periode 1961-1970 werden als laagste laagwaterstand - 1,18 en als hoogste hoogwaterstand + 7,03 genoteerd.

De hoogste waterstand geregistreerd te Antwerpen tussen 1901 en 1970 was + 7,85 (1.2.1953).

De bodem van de Schelde ligt in de diepste gedeelten op circa - 13.

* De peilen, die in dit hoofdstuk betrekking hebben op de waterstand van de Schelde zijn in meters aangegeven t.o.v. het referentievlak NKD. Dit referentievlak ligt 0,08 m onder het referentievlak TAW.

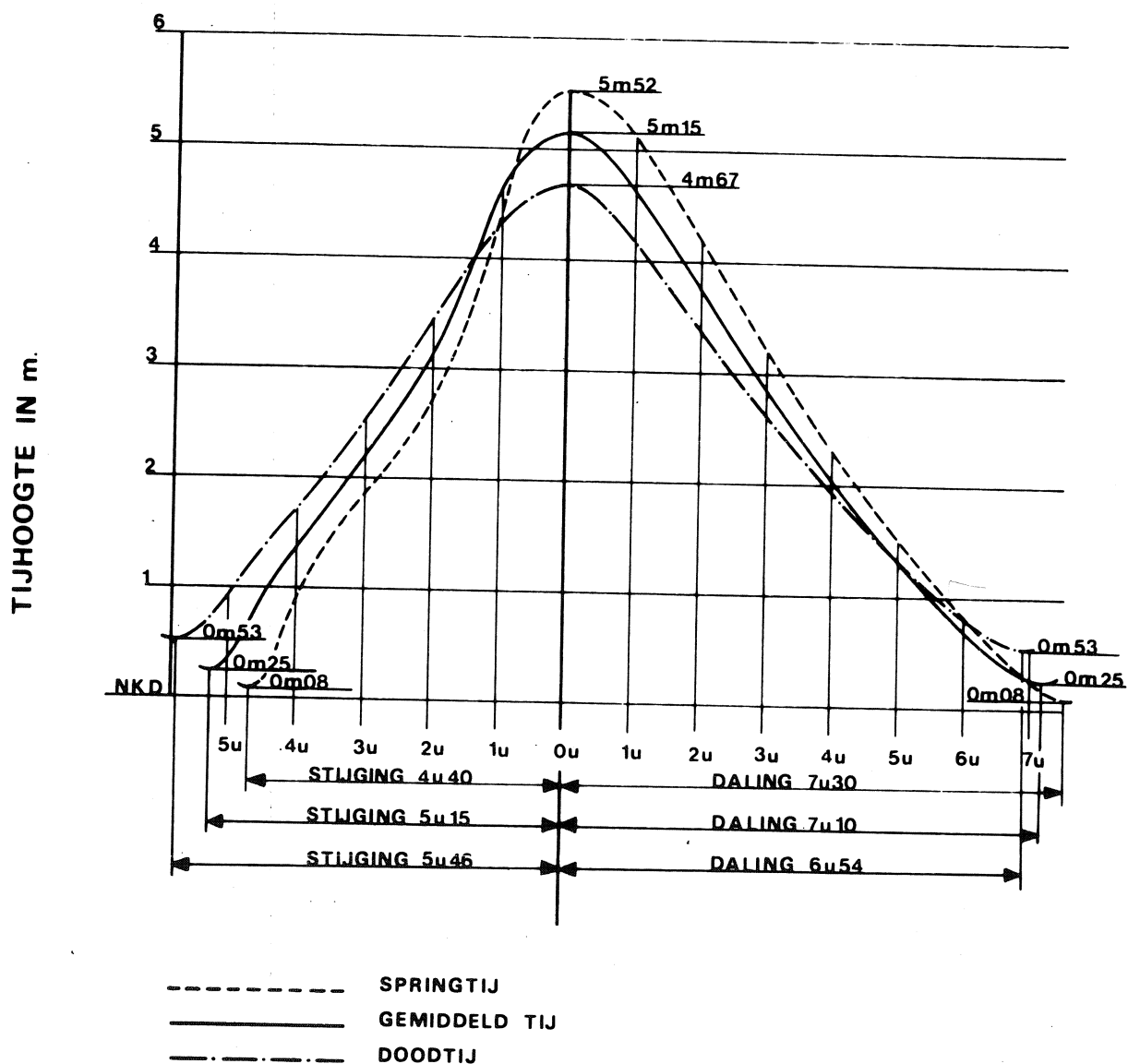


Fig.3 : Gemiddelde tijkrommen (1961 - 1970) van de Schelde te Antwerpen (Loodsgebouw)
(Uit : I.Coen en J.Theuns, 1972 - 1973)

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 boring verricht te Kallo. Deze werd in 1964-1965 uitgevoerd door de N.V. FORAKY, vanaf een maaiveld gelegen op + 2, en bereikte de 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. 4. 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, 230 tot 570 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.

Voor 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 - 500 en - 550. De top helt in noord-oostelijke richting met een helling van circa 1,5 %. Over de dikte van de sokkel zijn geen gegevens beschikbaar.

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

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.

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 - 400 en - 450 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 diktes kunnen afgeleid worden van fig. 4.

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

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

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

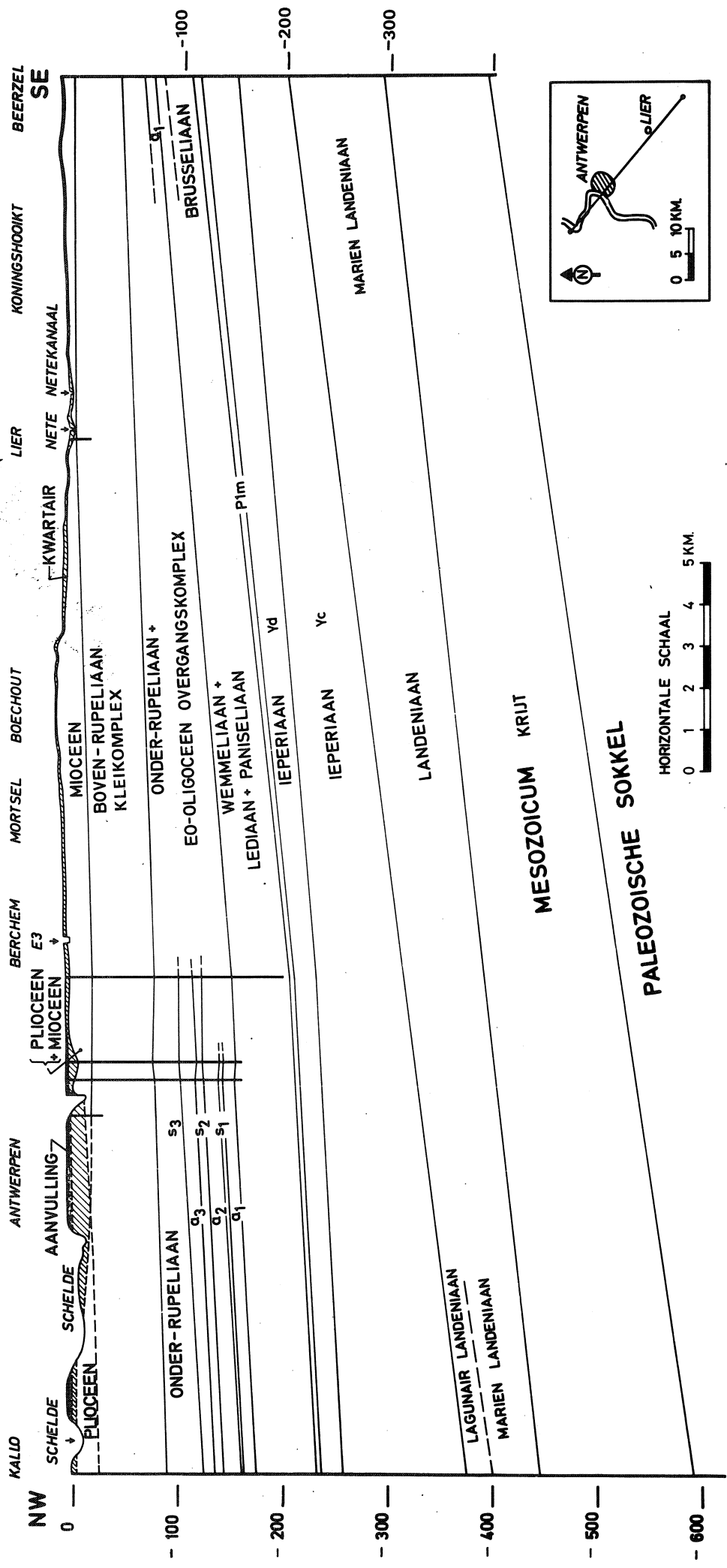


Fig. 4 - Schematisch NW-SE doorsnede Kallo-Beerzel

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

Het Paniseliaan is onderaan begrensd door een schilferige kleilaag (Plm). Daarboven treft men een kompleks aan van zanden, kleihoudende zanden en zandhoudende kleien. Talrijke zandsteenbanken komen erin voor.

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

Het Lediaan omvat fijne kalkrijke zanden en kalkzandsteenbanken.

Het Wemmeliaan bestaat uit fijn zand dat kleihoudend kan zijn.

Tussen het Wemmeliaan en het Onder-Rupeliaan komt in het studiegebied een overgangskomplex voor (Eo-Oligoceen overgangskomplex). Het bestaat uit kleiïge (a_1 , a_2 , a_3) en zandige lagen (s_1 , s_2 , s_3). De a_1 en s_1 komen respektievelijk overeen met de Bartoon klei en het Bartoon zand. In hoeverre dit kompleks te korreleren is met het Tongeriaan is nog niet volledig bestudeerd. Het kompleks werd slechts gedeeltelijk aangeboord te Beerzel.

Het Onder-Rupeliaan bestaat uit zanden, het Boven-Rupeliaan uit een kleikomplex. De top van het Onder-Rupeliaan werd gekarteerd.

Op het Rupeliaan kleikomplex rusten pliocene en miocene lagen. Deze lagen evenals de Rupeliaan klei, worden in de Grondmechanische atlassen van de Antwerpse agglomeratie besproken.

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 gesteenten ouder dan het Kwartair kan hier niet besproken worden van een veralgemeende helling in een bepaalde richting.

De kwartaire gronden worden verder behandeld in de grondmechanische atlassen.

4. UITGEVOERDE STUDIE.

Het opstellen van de grondmechanische kaart 15.3.6 (Antwerpen-Centrum) geschiedde in drie fasen :

- Fase 1 : Verzameling en verwerking van de bestaande gegevens.
- Fase 2 : Uitvoering van aanvullende proeven.
- Fase 3 : Opstellen van de definitieve grondmechanische kaart en verklarende nota.

De verzamelde punktuele gegevens uit boringen, sonderingen en ontsluitingen werden verwerkt op steekkaarten en op een dokumentatiekaart gebracht. Een voorbeeld van een steekkaart is weergegeven in bijlage 1.

Daar te Antwerpen meerdere referentieniveaus worden aangewend voor het vastleggen van de hoogtepeilen dienden vooreerst alle in de verschillende rapporten medegedeelde peilen te worden omgezet in peilen t.o.v. het referentievlak TAW van het NGI. Het verband tussen de verschillende aangewende referentieniveaus is aangegeven op de fig. 5.

Enkele boringen, sonderingen en ontsluitingen konden in sommige gevallen van nut zijn voor de kartering doch werden omwille van hun onvolledig karakter noch op steekkaart noch op de dokumentatiekaart gebracht.

Proeven waarvan de ligging twijfelachtig leek werden niet weerhouden.

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

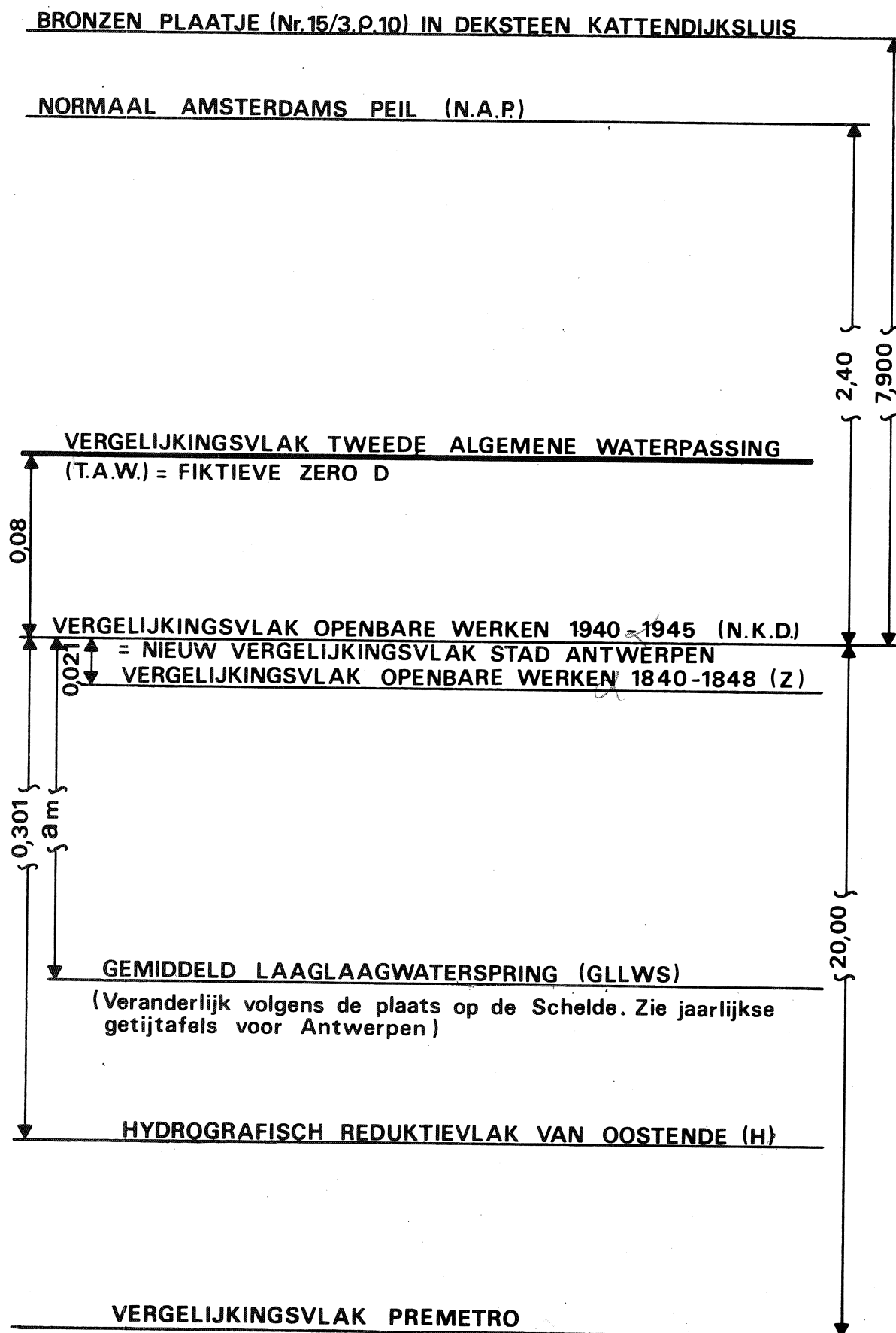


Fig.5 : Ligging van enkele vergelijkingsvlakken in gebruik te Antwerpen (verschillen uitgedrukt in m.)

Eveneens werden een aantal historische kaarten geraadpleegd ten einde opgevulde waterlopen, grachten en andere thans niet meer bestaande uitgravingen 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 geologische kaart die een weergave is van alle componenten van het geologisch milieu, die een rol spelen bij het bodemgebruik en die een invloed uitoefenen op het ontwerp, de bouw en het onderhoud van bouwwerken en van mijnen". Deze kaarten dienen ons in te lichten over de gesteenten, de hydrogeologische kenmerken, bepaalde geomorfologische eigenschappen en de aktuele geodynamische processen.

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 kompleks
- 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.

* International Association of Engineering Geology.

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

De litologische sekwentie is samengesteld uit een aantal litologische complexen welke in gelijkaardige paleogeografische en tektonische omstandigheden werden afgezet. Doordat deze complexen 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 complexen onderverdeeld en als dusdanig gekarteerd. Bij de bespreking van deze gekarteerde complexen zal evenwel soms een onderscheid worden gemaakt tussen de litologische types, welke binnen het complex 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 de punktuele gegevens enerzijds en het topografisch oppervlak anderzijds de enige preciese elementen zijn, terwijl zowel de isopachen als de isohypsen verkregen worden door interpolatie, behouden de voorgestelde gegevens een zeker hypotetisch karakter. Vooral in de zones waar het aantal boringen en/of sonderingen klein is kunnen afwijkingen voorkomen.

5. DOKUMENTATIE (PLAAT I).

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

5.1. Punktuele gegevens.

Het type van het punktueel gegeven 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 verschillende symbolen laat toe de overeenkomstige steekkaart te raadplegen. De nummering is kronologisch zodanig dat het grootste nummer overeenstemt met het meest recente gegeven. Deze wijze van nummering werd enkel ter informatie aangewend en heeft geen absoluut karakter.

De steekkaarten kunnen geraadpleegd worden in :

- Het Rijksinstituut voor Grondmechanica
Tramstraat 44 - 9710 ZWIJNAARDE.
- Het Geologisch Instituut van de R.U.G.
Leerstoel voor Toegepaste Geologie
Krijgslaan 271 - 9000 GENT.

In het totaal zijn 305 gegevens op kaart gebracht.

Het opzoeken van bestaande gegevens werd stopgezet op 30 april 1978. In de mate van het mogelijke werden evenwel ook nog rekening gehouden met gegevens welke na deze datum beschikbaar zijn geworden.

De aangewende gegevens zijn grotendeels afkomstig van de hierondervermelde instellingen :

- Het Rijksinstituut voor Grondmechanica.
- De Belgische Geologische Dienst.

Daarnaast werden ons door een aantal personen en ondernemingen gegevens en ervaringen medegedeeld waarmede bij het opstellen van de verschillende dokumenten werd rekening gehouden.

5.2. Hoogtelijnen.

De hoogtelijnen op plaat I zijn grotendeels getekend aan de hand van rioleringsplannen van de Stad Antwerpen en van resultaten van lokale waterpassingen uitgevoerd door het Centrum voor Grondmechanische Kartering van het R.U.C.A.

Alle gegevens i.v.m. hoogteliggingen werden gerefereerd t.o.v. het vergelijkingsvlak TAW.

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 algemeen treft men ze aan in voormalige depressies, valleien, kanalen, rivierbochten en vestingswallen, in verlaten groeven en als afbraakresten van gebouwen of vestingsmuren.

6.1.2. Samenstelling.

In het geval van aanvullingen kan de samenstelling sterk wisselen en bestaan uit zanden, stenen, huishoudelijk afval.....enz.

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

6.1.3. Uitbreiding.

De kartering van deze gronden is gesteund op punktuele gegevens en op oude stadskarten. Gezien de grillige uitbreiding van deze gronden is het echter niet uitgesloten dat de werkelijke dikte plaatselijk afwijkt van de op de plaat vermelde waarde.

Door de studie van een tiental geselecteerde topografisch nauwkeurige plattegronden (daterend van 1832 tot 1963) was het mogelijk de ligging van de meeste thans opgevulde grachten en waterlopen aan te duiden. Voor het karteren van de grachten en waterlopen die reeds opgevuld of overwelfd waren in het begin van de 19de eeuw werd beroep gedaan op geschreven bronnen (L. TORFS & A. CASTERMAN, 1871 ; L. VOET et al., 1978) en op plannen van de ruïnen en moerriolen afkomstig van de Dienst voor Werken van de Stad Antwerpen. Ze zijn op de plaat aangegeven met stippellijnen. De Burcht was volledig omgeven door een stenen muur. Deze muur, waarvan nog overblijfselen zichtbaar zijn in de Vleeshuisstraat en de Zakstraat werd een zestal meters onder het huidig straatniveau aangezet (G. HASSE, 1912).

De belangrijkste aanvullingszones, benevens de reeds vermelde gedempte grachten en waterlopen zijn :

- De voormalige Polder van Borgerweert (Linkeroever)
- De spoorwegberm
- De Scheldekaaimuur.

6.1.4. Grondmechanische eigenschappen.

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

Op de rechteroever werden de aangevulde gronden hoofdzakelijk op een ongeordende wijze ter plaatse gebracht. Deze gronden hebben dan ook meestal slechte eigenschappen en vertonen in het algemeen lage konusweerstand ($< 2 \text{ MN/m}^2$), met in bepaalde gevallen hoge pieken te wijten aan steeninsluitels of aan een mechanisch verdichte bovenlaag.

Binnen bepaalde zones, bv. ter plaatse van oude vestingen of voorheen bestaande bouwwerken kunnen in de aangevulde gronden nog restanten van oud metselwerk, gedeelten van muren en funderingen of kelders worden aangetroffen. De ligging van deze zones kon niet worden vastgelegd.

Op de linkeroever daarentegen werden bepaalde terreinen op een geordende wijze aangevuld met het oog op het bouwrijp maken ervan. Op de plaatsen waar deze aanvullingen met zuiver zand werden uitgevoerd, kunnen vrij goede eigenschappen worden aangetroffen. Deze gronden vertonen alsdan konuswaarden welke soms over aanzienlijke dikten groter zijn dan 10 MN/m^2 . In vele gevallen zijn deze aanvullingen niet homogeen en worden deze vrij weerstandbiedende lagen onderbroken of afgewisseld met weinig weerstandbiedende slib of kleihoudende lagen. Wanneer de aanvullingen op ongeordende wijze werden aangebracht, vertonen ze meestal slechte eigenschappen.

6.2. Alluvium (plaat III).

6.2.1. Oorsprong.

Het alluvium werd afgezet door de Schelde tijdens het Holoceen. Het veen werd samen met het alluvium gekarteerd.

6.2.2. Litologie.

Het alluvium is hoofdzakelijk opgebouwd uit klei en leem. Plaatselijk, vooral waar de dikte 4 m overtreft, worden zandige en venige tussenlagen aangetroffen. Ook veen komt voor. Op de plaat III wordt naast de symbolen die boringen voorstellen het aangeboord litologisch profiel voorgesteld.

6.2.3. Uitbreiding.

Het alluvium komt voor in het gehele gekarteerde gebied op de linkeroever en in het noorden van het kaartblad op de rechteroever. Waar er opgevulde grachten voorkomen kan het geheel vervangen zijn door aangevulde gronden.

Op de rechteroever bedraagt de dikte 0 tot 3 m, op de linkeroever circa 1 tot circa 12 m.

De dikte van het veen overtreft zelden 2 m. Het uitdelven van veen heeft zich niet voorgedaan in de Polder van Borgerweert.

6.2.4. Grondmechanische eigenschappen.

In verband met de hieronder opgenomen gegevens dient te worden opgemerkt dat de gegevens waarop bij het opstellen van de grondmechanische atlas werd gesteund, niet verkregen zijn door het uitvoeren van proeven op monsters die volgens een statistische wet werden ontnomen. De gegevens zijn eerder afkomstig van proeven die uitgevoerd zijn in functie van welomschreven projecten. Elke statistische verwerking van deze gegevens heeft dus een louter informatief karakter.

De resultaten van de laboratoriumproeven hebben betrekking op monsters die ontnomen zijn uit het alluvium ter plaatse van de E3-Scheldetunnel op de linkeroever.

- Klassifikatie volgens Casagrande : Fig. 6 (5 monsters).
- Watergehalte van de klei : van 29,2 tot 81,0 % (gem. 70,5 %, 17 monsters)
- Watergehalte van het veen : van 41,6 tot 350,0 % (gem. 234,5 %, 23 monsters).
- De konusweerstand variëren meestal van 0 tot 2 MN/m² in de overwegend kleiige en venige zones van het alluvium. In de zandige zones daarentegen kan de konusweerstand oplopen tot meer dan 6 MN/m². Gezien de heterogene opbouw van het alluvium is het meestal onmogelijk de resultaten van diepsonderingen, voor wat betreft het alluvium, litologisch te interpreteren. Om deze reden werd op de plaat III de litologische samenstelling van het alluvium enkel aangegeven t.p.v. de boringen.

6.3. Kwartair zandcomplex (plaat IV).

6.3.1. Oorsprong.

Het kwartair zandcomplex is van kontinentale oorsprong en behoort tot de kwartaire mantel.

Op de rechteroever is het kwartair zandcomplex grotendeels ontstaan door een plaatselijke herwerking van de tertiaire zanden die in de nabijheid dagzomen.

Op de linkeroever vult het kwartaire zandcomplex grotendeels een pleistocene vallei op.

6.3.2. Litologie.

De litologische samenstelling van het kwartair zandkomplex is, gezien de continentale oorsprong ervan, nogal heterogeen.

Op de rechteroever bestaat het hoofdzakelijk uit zand en klei- of leemhoudend zand. Meestal is het complex rijk aan schelpen terwijl aan de basis ervan een grintlaagje kan voorkomen.

Op de linkeroever bestaat het vooral uit zand en grof zand. Uit sondeerdiagrammen kan afgeleid worden dat er plaatselijk vermoedelijk lemige of kleiige tussenlagen in voorkomen.

6.3.3. Uitbreiding.

Het kwartair zandkomplex komt over gans de gekarteerde zone voor. Ter plaatse van oude grachten kan het geheel of gedeeltelijk vervangen zijn door aangevulde gronden.

Op de rechteroever is de dikte van het kwartair zandkomplex meestal geringer dan 4 m. In het zuidelijk deel van het gekarteerde gebied op de rechteroever loopt de dikte op tot circa 8 m.

Op de linkeroever wordt een dikte van 10 tot 12 m bereikt in de nabijheid van het Frederik Van Eedenplein.

6.3.4. Grondmechanische eigenschappen.

Zie bemerkingen paragraaf 6.2.4.

6.3.4.1. Kwartair zandcomplex op de rechteroever.

De resultaten van de laboratoriumproeven, opgenomen in onderstaande tabel, zijn grotendeels afkomstig van monsters ontnomen langsheen de metrotracés (kaartbladen 15.3.6 en 15.4.5).

*

	d_{50} (31)	γ_n ** (8)	γ_d (8)	w (8)	n (8)	w_L (27)
	mm	kN/m ³	kN/m ³	%	%	%
Min.	0,058	17,412	12,890	5,8	35,7	18,2
Max.	0,215	20,296	16,716	24,8	50,4	42,5
Gem.	0,137	18,079	15,342	17,7	41,0	27,9

	i_p (27)	A (2)	C (2)	k (12)
				m/s
Min.	0,1	341	32	zie onderstaande algemene bemerkingen
Max.	23,0	445	36	
Gem.	9,7			

- Korrelverdeling : Fig. 7
- Klassifikatie volgens Casagrande : Fig. 8
- Humusgehalte : van 0,0 tot 0,7 % (gem. 0,2 %, 31 monsters)
- Kalkgehalte : van 1,0 tot 57,0 % (gem. 20,9 %, 31 monsters)
- 1 celproef (boring 126 : 2,5 m diepte).

$$c_{cel} = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$c'_{cel} = 2 \text{ kN/m}^2$$

$$\varphi_{cel} = 40^\circ$$

$$\varphi'_{cel} = 35^\circ 30'$$

* De symbolen worden verklaard in bijlage 3.

** Aantal onderzochte monsters.

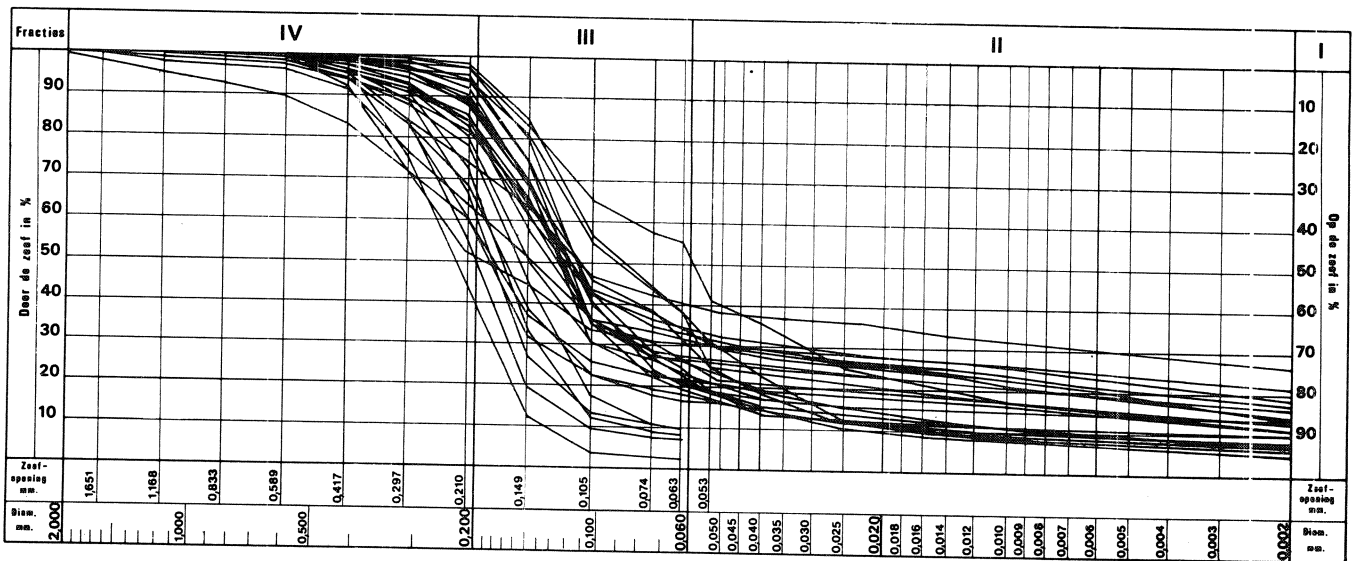


Fig. 7: Kwartair zandkomplex (rechteroever): Korrelverdeling (31 monsters)

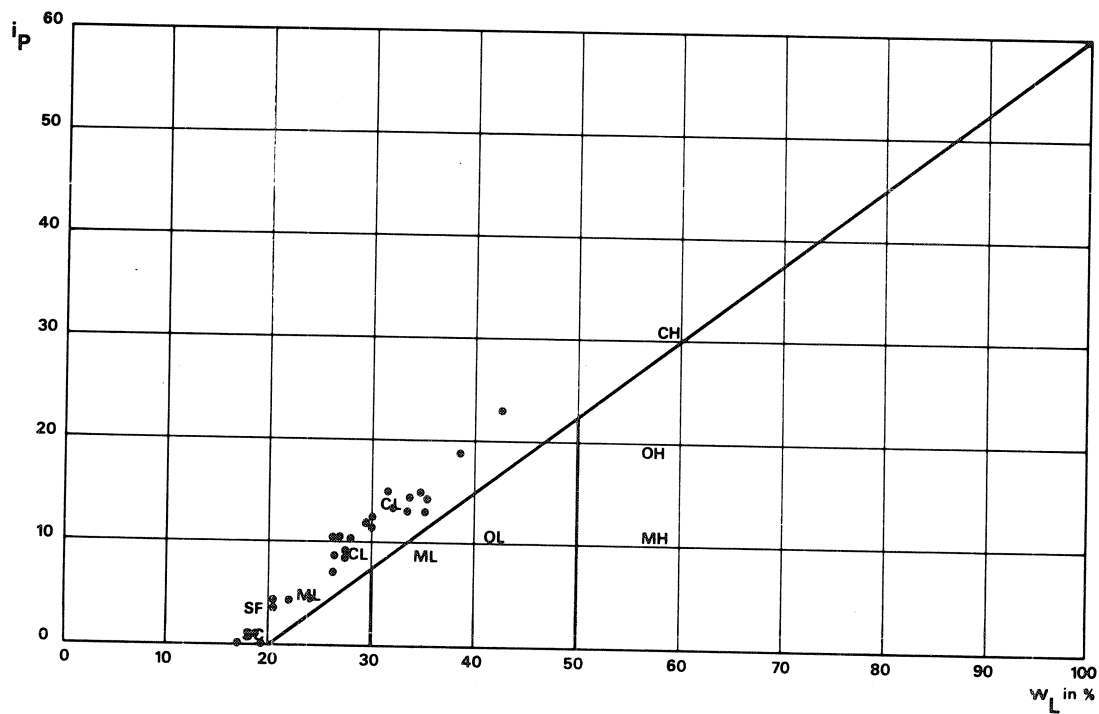


Fig. 8: Kwartair zandkomplex (rechteroever): Klassifikatie volgens A. Casagrande (27 monsters)

- De konusweerstand in het kwartair zandkomplex zijn zeer veranderlijk, dit zowel volgens de horizontale als volgens de verticale richting. Op de rechteroever wordt in het algemeen een opeenvolging aangetroffen van meer weerstandbiedende ($q_c > 20 \text{ MN/m}^2$) en minder weerstandbiedende zones ($q_c < 2 \text{ à } 4 \text{ MN/m}^2$).

6.3.4.2. Kwartair zandkomplex op de linkeroever.

Van het kwartair zandkomplex in het gekarteerde gebied op de linkeroever zijn enkel korrelverdelingen (fig. 9) van monsters, ontnomen ter plaatse van de E3-Scheldetunnel op de linkeroever, beschikbaar.

De konusweerstand opgemeten in het kwartair zandkomplex zijn meestal groter dan 10 MN/m^2 . Plaatselijk werden in het kwartair zandkomplex evenwel weinig weerstandbiedende lenzen aangetroffen, welke zeer onregelmatig verspreid zijn.

6.3.4.3. Algemene bemerkingen.

- Op de meeste monsters uit het kwartair zandkomplex op de rechteroever werd zowel de horizontale als de verticale doorlatendheid bepaald. Volgende waarden werden verkregen :

Horizontale doorlatendheid :

van $4,0 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ tot $2,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

Vertikale doorlatendheid :

van $5,0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ tot $1,9 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

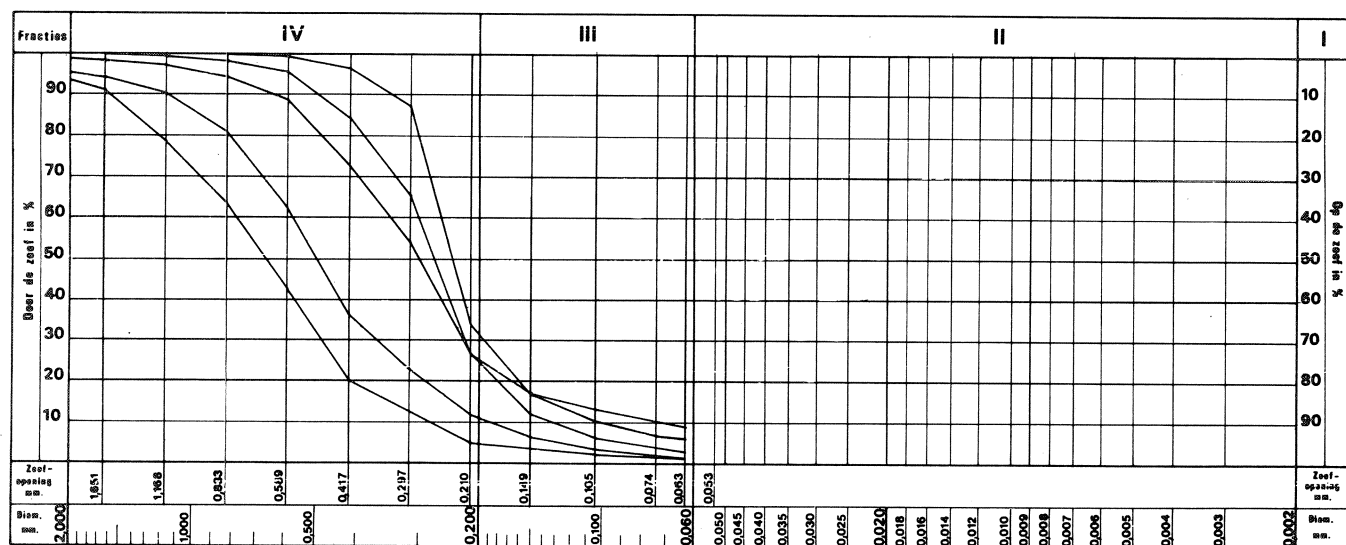


Fig. 9 : Kwartair zandkomplex (linkeroever) : Korrelverdeling (5 monsters)

- In bepaalde monsters uit het kwartair zandkomplex op de rechteroever bedraagt het gewichtspercentage van de frakties groter dan 2 mm meer dan 10 %.
- Het hoge kalkgehalte in de meeste monsters is te wijten aan de hoge schelpeninhoud.
- Uit de vergelijking van de tabel die de grondmechanische eigenschappen weergeeft van het kwartair zandkomplex langsheen het tracé van de E3-Kleine Ring op de kaart 15.3.8 (zie grondmechanische kaart 15.3.8 door E. DE BEER e.a., 1977) en bovenstaande tabel waarvan de meeste resultaten afkomstig zijn van monsters ontnomen langsheen het metrotracé blijkt dat het kwartair zandkomplex langsheen het laatstgenoemde tracé meer klei- en leemhoudend is en eveneens meer schelpen bevat. Dit houdt waarschijnlijk verband met de aanwezigheid van meer klei- en schelphoudende tertiaire lagen in het noordelijk gedeelte van de Antwerpse agglomeratie.

6.4. Scaldisiaan zandkomplex (plaat V).

6.4.1. Oorsprong.

Het Scaldisiaan zandkomplex werd afgezet in een marien milieu. Het is van tertiaire ouderdom (Pliocene).

6.4.2. Litologie.

Het Scaldisiaan zandkomplex wordt onderverdeeld in meerdere eenheden. In het gekarteerde gebied komt enkel het onderste gedeelte * voor.

Het onderste gedeelte van het Scaldisiaan zandkomplex bestaat uit een donkergrijs tot groengrijs goed gesorteerd fijn zand dat plaatselijk weinig kleihoudend is. Het gewichtspercentage deeltjes kleiner dan 63 μ m is meestal geringer dan 10 %. Het glauconietgehalte ligt tussen

* Dit gedeelte is ongeveer te korreleren met de in de litostratigrafische literatuur vermelde eenheid "Zand van Kattendijk".

15 en 35 %. Door oxidatie van het glauconiet kan het zand een bruinachtige kleur hebben. Schelpen komen verspreid of geconcentreerd in lagen voor. Aan de basis van het zandcomplex ... komt een grintlaagje voor dat bestaat uit gerolde silex en kwarts, septariafragmenten en fosfaathoudende nodulen evenals uit fragmenten van beenderen.

6.4.3. Uitbreiding.

Het Scaldisiaan zandcomplex komt in het beschouwde gebied enkel voor op een gedeelte van de rechteroever. De dikte neemt toe in noorderlijke richting. De maximale dikte bedraagt in de beschouwde zone circa 7 m.

6.4.4. Grondmechanische eigenschappen.

Zie bemerkingen paragraaf 6.2.4.

※

	d_{50} (14) ※※	γ_n (5)	γ_d (5)	w (5)	n (5)	w_L (8)
	mm	kN/m ³	kN/m ³	%	%	%
Min.	0,125	15,784	14,214	10,8	37,0	20,4
Max.	0,165	20,012	16,382	26,9	45,3	29,5
Gem.	0,148	18,295	15,293	19,2	41,1	23,6

	i_p (8)	A (2)	C (2)	k (2)
				m/s
Min.	0,6	500	32	$4,06 \times 10^{-6}$
Max.	12,3	550	53	$1,60 \times 10^{-4}$
Gem.	4,7			

※ Deze symbolen worden verklaard in bijlage 3.

※※ Aantal onderzochte monsters.

- Korrelverdeling : Fig. 10
- Klassifikatie volgens Casagrande : Fig. 11
- Humusgehalte : van 0,0 tot 1,5 % (gem. 0,30 %, 15 monsters)
- Kalkgehalte : van 2,0 tot 33,3 % (gem. 12,1 %, 15 monsters)
- 3 celproeven : c_{cel} : 0 kN/m²

$$\varphi_{cel} : 35^{\circ} \text{ tot } 39^{\circ}$$

$$c'_{cel} : 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\varphi'_{cel} : 35^{\circ} \text{ tot } 39^{\circ}$$

- De konusweerstand van het Scaldisiaan zandkomplex zijn meestal groter dan 20 MN/m². Wanneer de dikte van het Scaldisiaan zandkomplex geringer is dan 2 m, kan de ligging van het Scaldisiaan zandkomplex slechts zelden uit de resultaten der diepsonderingen worden afgeleid.

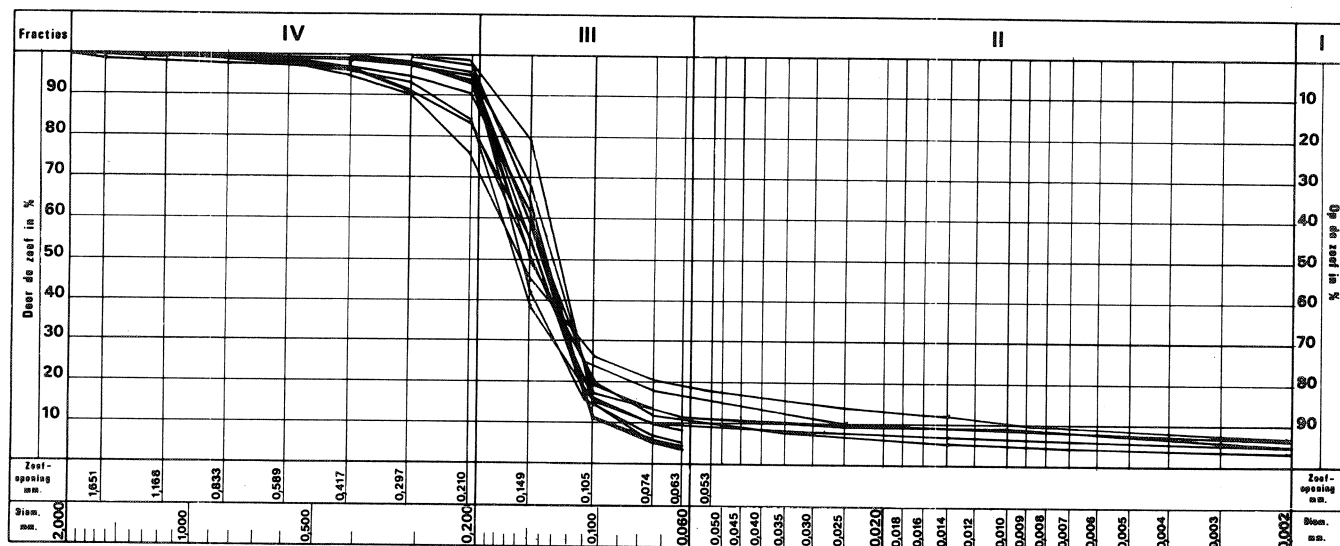


Fig. 10: Scaldisiaan zandkomplex: Onderste litologisch type: Korrelverdeling (15 monsters)

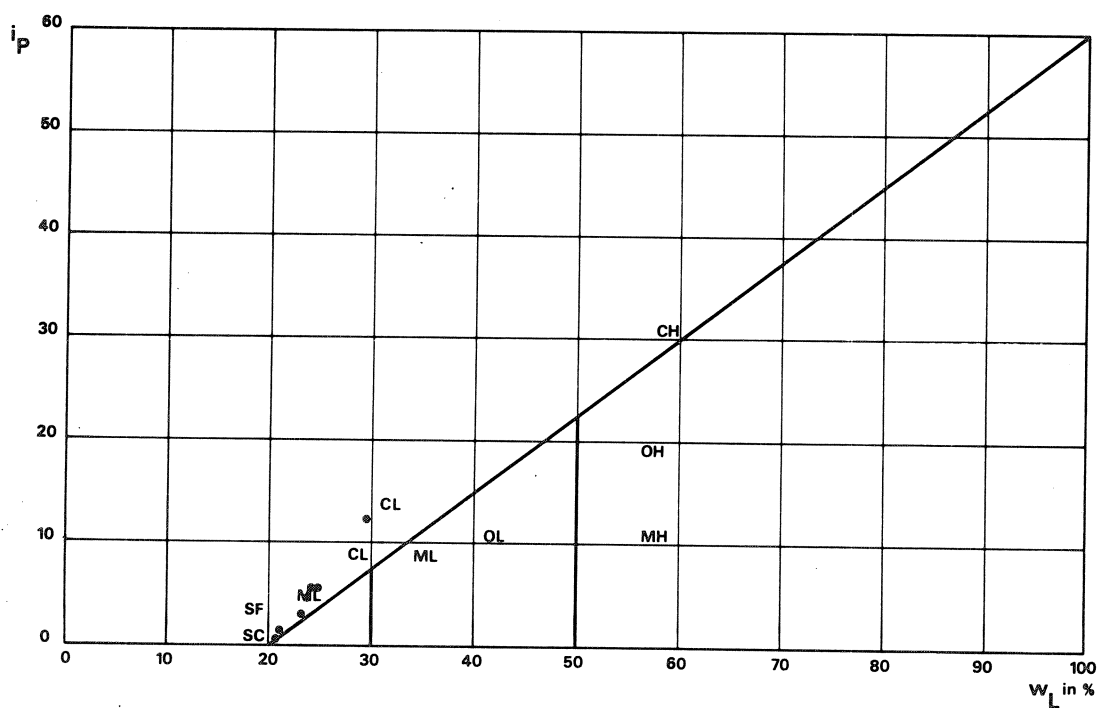


Fig.11: Scaldisiaan zandkomplex: Onderste litologisch type: Klassifikatie volgens A. Casagrande (7 monsters)

6.5. Antwerpiaan zandkomplex (Plaat VI).

6.5.1. Oorsprong.

Het Antwerpiaan zandkomplex werd afgezet in een marien milieu. Het is van tertiaire ouderdom (Mioceen).

6.5.2. Litologie.

Het Antwerpiaan zandkomplex kan onderverdeeld worden in twee litologische types*.

Het bovenste litologisch type van het Antwerpiaan zandkomplex is opgebouwd uit een donkergroen goed gesorteerd fijn zand dat plaatselijk kleihoudend is of dunne kleilensjes bevat. Het gewichtspercentage deeltjes kleiner dan 63 μ m 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. Deze lagen overschrijden zelden een dikte van 0,5 m. Broze kleine zandsteenkonkreties worden zeer lokaal waargenomen.

Het onderste litologisch type bestaat uit een donkergroen minder goed gesorteerd zand dat tevens fijner is en meer kleihoudend is. Het gewichtspercentage deeltjes kleiner dan 63 μ m bedraagt gemiddeld 20 % (van 10 % tot 31 %, 45 monsters). Het wordt fijner en meer kleihoudend naar onder toe. Juist boven het Rupeliaan kleikomplex kan het overgaan tot zandhoudende klei. Het glauconietgehalte ligt tussen 20 en 40 %. Schelpen, meestal verspreid in het zand, komen voor. Aan de basis van dat litologisch type komt een fijn grint voor waarvan de dikte een tiental mm bedraagt.

* Het bovenste litologisch type is ongeveer te korreleren met de in de litostratigrafische literatuur vermelde eenheden "Zand van Antwerpen" en "Zand van Kiel", het onderste litologisch type met het "Zand van Edegem".

6.5.3. Uitbreiding.

De uitbreiding van het Antwerpiaan zandcomplex is weergegeven op plaat VI.

Het Antwerpiaan zandcomplex ontbreekt enkel in een strook in het westen van de gekarteerde zone op de linkeroever. De maximale dikte op de linkeroever bedraagt circa 8m, op de rechteroever circa 25m.

De dikte van het onderste litologisch type bedraagt 6 tot 10 m. Dit impliceert dat in het gebied waar de dikte van het Antwerpiaan zandcomplex minder dan 6 tot 10 m bedraagt het bovenste litologisch type niet voorkomt.

Daar het meestal onmogelijk was de grens tussen het bovenste en het onderste litologisch type te bepalen aan de hand van de geraadpleegde boorstaten werd afgezien van een afzonderlijke kartering van deze twee types.

In het Zuiden van de gekarteerde zone op de rechteroever, waar er geen Scaldisiaan voorkomt is het Antwerpiaan zandcomplex aangesneden door het Kwartair.

6.5.4. Grondmechanische eigenschappen.

De resultaten van de laboratoriumproeven opgenomen in onderstaande tabellen zijn grotendeels afkomstig van monsters ontnomen op de kaartbladen 15.3.8, 15.3.6 en 15.4.5.

6.5.4.1. Bovenste litologisch type van het Antwerpiaan zandcomplex.

* Zie bemerkingen paragraaf 6.2.4.

	d_{50} (110)**	γ_n (70)	γ_d (70)	w (70)	n (70)	w_L (64)
	mm	kN/m ³	kN/m ³	%	%	%
Min.	0,130	15,597	13,616	13,3	25,3	16,4
Max.	0,210	19,649	17,098	33,3	49,1	28,9
Gem.	0,178	18,795	14,940	25,5	42,3	24,2

* Deze symbolen worden verklaard in bijlage 3.

** Aantal onderzochte monsters.

	i_p (62)	A (28)	C (24)	k (32)
				m/s
Min.	0,1	209	22	5,9 tot $6,9 \times 10^{-8}$ $4,8 \times 10^{-4}$
Max.	8,8	413	79	
Gem.	2,1	311	45	

- Korrelverdeling : Fig. 12
- Klassifikatie volgens Casagrande : Fig. 13
- 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/m^2 tot 5 kN/m^2
 φ_{cel} : van $32^\circ 30'$ tot $36^\circ 30'$
 c'_{cel} : van 0 kN/m^2 tot 5 kN/m^2
 φ'_{cel} : van $32^\circ 30'$ tot $36^\circ 30'$
- 16 triaxiaalproeven, gekonsolideerd, niet gedraineerd, met opmeting van de poriënwaterdrukken (CU) :
 c' : van 0 kN/m^2 tot 20 kN/m^2
 φ' : van $29^\circ 30'$ tot 35°

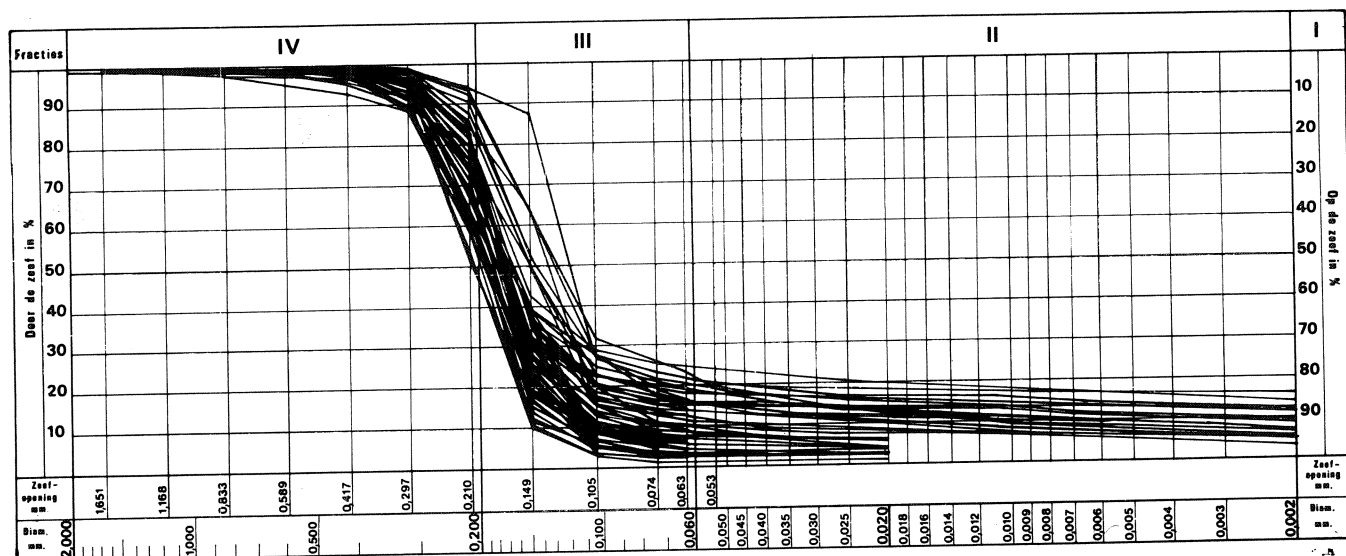


Fig.12: Antwerpiaan zandcomplex : Bovenste litologisch type : Korrelverdeling (111 monsters)

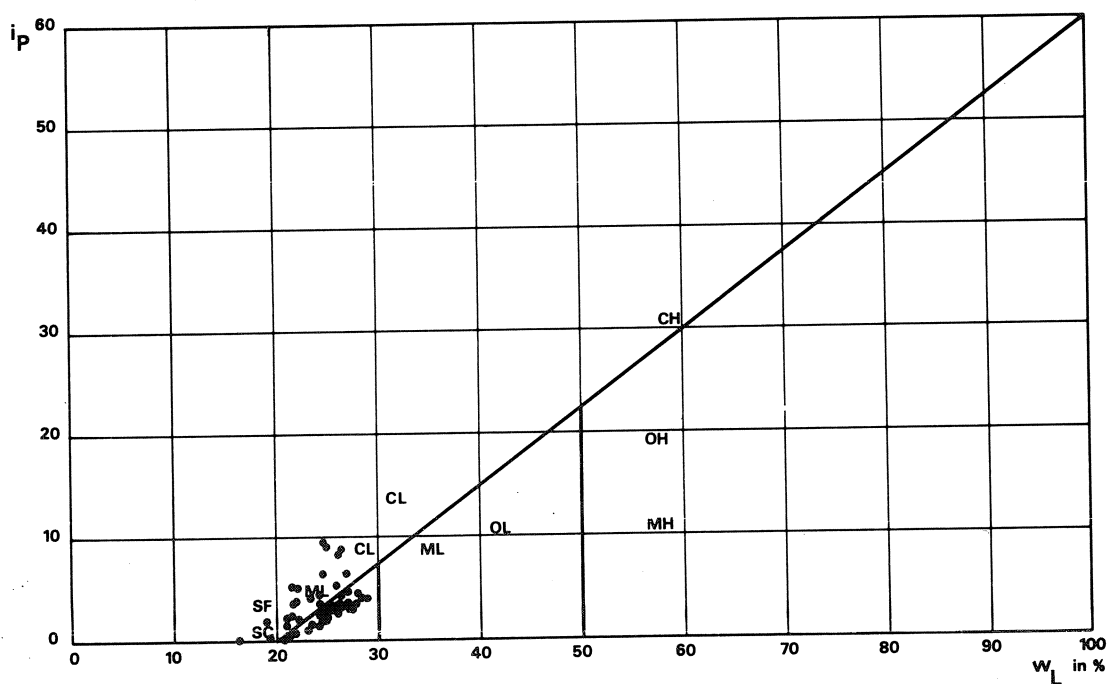


Fig.13 : Antwerpiaan zandcomplex : Bovenste litologisch type : Klassifikatie volgens A.Casagrande (62 monsters)

6.5.4.2. Onderste litologisch type van het Antwerpiaan zandcomplex.

Zie bemerkingen paragraaf 6.2.4.

★

	d_{50} (46)★★	γ_n (25)	γ_d (25)	w (25)	n (25)	w_L (44)
	mm	kN/m^3	kN/m^3	%	%	%
Min.	0,092	18,197	14,263	20,1	36,1	21,0
Max.	0,170	19,943	16,598	32,8	45,1	38,0
Gem.	0,127	19,198	15,431	24,3	40,6	25,0

	i_p (44)	A (21)	C (21)	k (35)
				m/s
Min.	0,0	231	36	$1,2 \text{ tot } 1,3 \times 10^{-8}$
Max.	18,6	495	63	$3,0 \text{ tot } 3,1 \times 10^{-6}$
Gem.	4,8	331	53	

- Korrelverdeling : Fig. 14
- Klassifikatie volgens Casagrande : Fig. 15
- 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/m^2 tot 20 kN/m^2
 ψ_{cel} : van $30^\circ 30'$ tot $39^\circ 30'$
 c'_{cel} : van 0 kN/m^2 tot 40 kN/m^2
 ψ'_{cel} : van $21^\circ 30'$ tot 38°
- 6 triaxiaalproeven, gekonsolideerd, niet gedraineerd met opmeting van de poriënwaterdrukken (CU)
 c' : van 0 kN/m^2 tot 50 kN/m^2
 ψ' : van $29^\circ 30'$ tot $33^\circ 30'$

★ Deze symbolen worden verklaard in bijlage 3.

★★ Aantal onderzochte monsters.

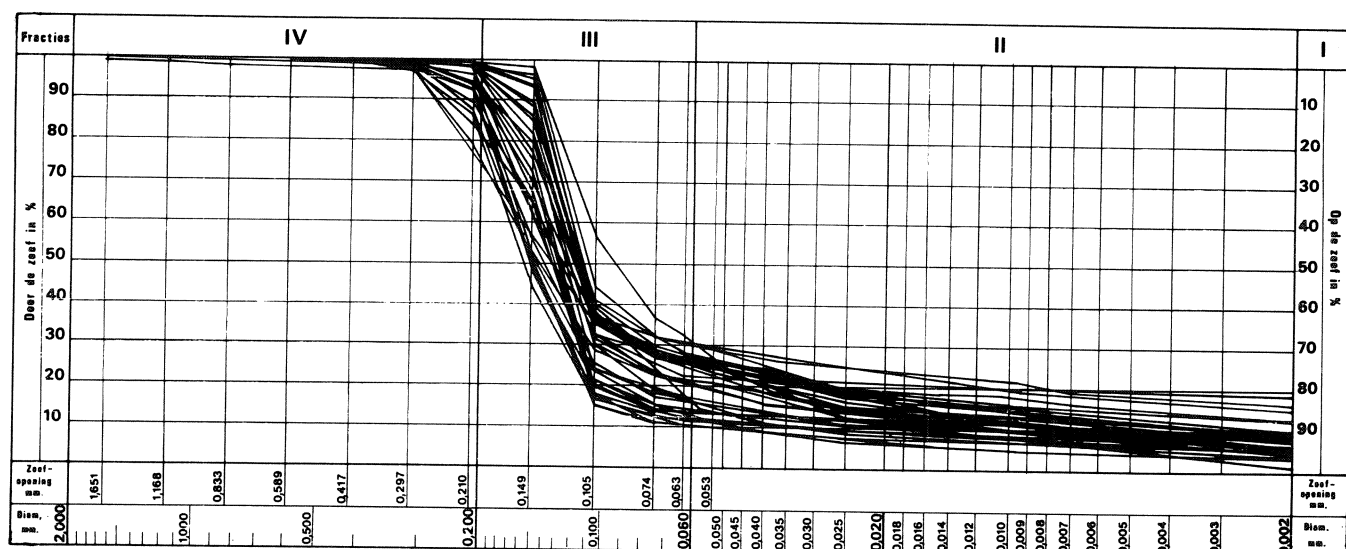


Fig.14 : Antwerpiaan zandcomplex : Onderste litologisch type : Korrelverdeling (46 monsters)

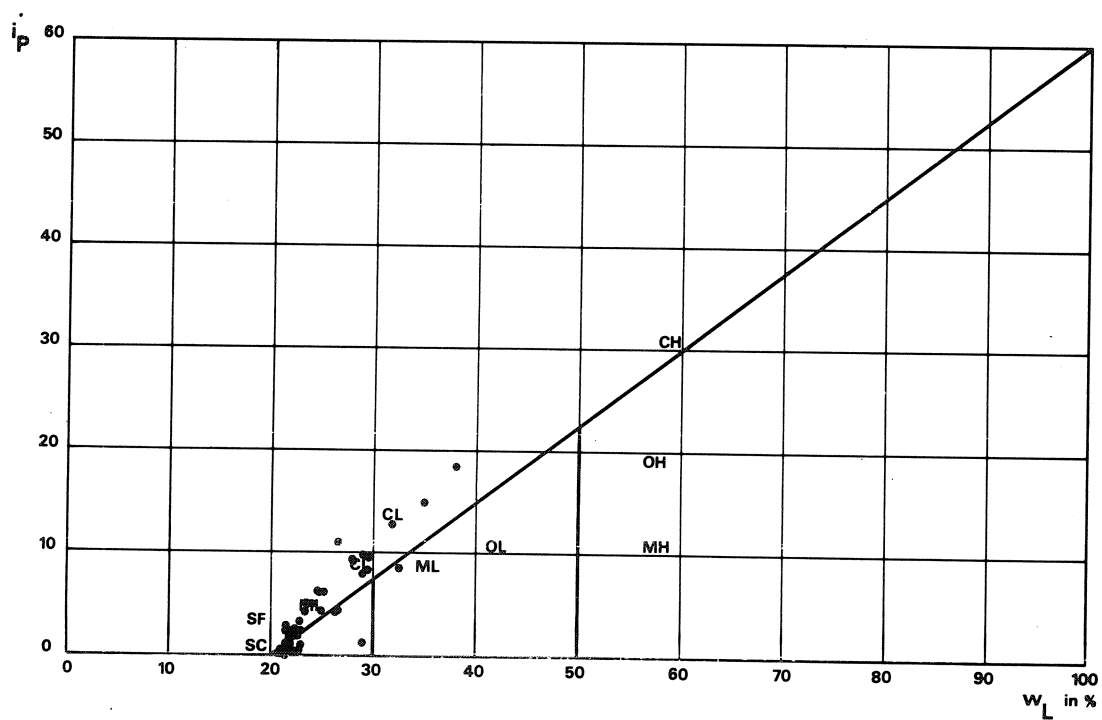


Fig.15 : Antwerpiaan zandcomplex : Onderste litologisch type : Klassifikatie volgens A.Casagrande (44 monsters)

6.5.4.3. Algemene bemerkingen.

- Uit de hierboven medegedeelde resultaten kan worden afgeleid dat het bovenste en onderste litologisch type ongeveer dezelfde schuifweerstandskarakteristieken vertonen. Het onderste litologisch type vertoont evenwel een duidelijk hoger gehalte aan deeltjes kleiner dan $63 \mu\text{m}$.
- Daar de zanden van het Antwerpiaan zandcomplex sterk glauconiethoudend zijn, komt het voor dat het gedeelte van de zeefkromme (deeltjes met afmetingen $> 63 \mu\text{m}$) bepaald met droge zevingen, niet aansluit met het gedeelte van de zeefkromme (deeltjes met afmetingen $\leq 63 \mu\text{m}$) bepaald met de bezinkingsproef (areometerproef). Door de voorbehandeling, welke het proefmonster ondergaat vóór het uitvoeren van de bezinkingsproef, kunnen de glauconietkorrels breken of 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 of uiteenvallen. Daar het gehalte aan deeltjes met kleine afmetingen aldus sterk kan toenemen kunnen glauconiethoudende zanden, afkomstig van het Antwerpiaan zandcomplex na mechanische bewerking grondmechanische eigenschappen vertonen, welke voor een zelfde pakkingsdichtheid afwijken van deze van het complex.
- De waarden van de doorlatendheidscoëfficiënt van het Antwerpiaan zandcomplex, afgeleid uit de pompproef welke werd uitgevoerd op de hoek van de Frankrijklei en de Teniersplaats ten behoeve van de bouw van de Pre-Metro, variëren tussen $4,2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ en $8,7 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.
- De waarden van de doorlatendheidscoëfficiënt van het Antwerpiaan zandcomplex, afgeleid uit de pompproeven, welke werden uitgevoerd ten behoeve van de bemalingsstudie voor de E3 - Kleine Ring, liggen tussen 3×10^{-5} en $7 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.

Globaal genomen zijn de uit de pompproeven verkregen waarden van de doorlatendheidscoëfficiënt groter dan degene die uit de laboratoriumproeven worden afgeleid.

De resultaten van de laboratoriumproeven laten niet toe een duidelijk onderscheid te maken tussen de verticale en horizontale doorlatendheid van het Antwerpiaan zandcomplex.

- De uit de resultaten der pompproeven afgeleide waarden van de doorlatendheidscoëfficiënt van het Antwerpiaan zandkomplex zijn gemiddelde waarden voor het geheel van dit complex. Uit moeilijkheden, welke werden gevonden tijdens de uitvoering van de bronbemaling bij de aanleg van de Kleine Ring is duidelijk gebleken dat de doorlatendheid van het onderste litologisch type veel geringer is dan de gemiddelde doorlatendheid van dit complex. Voor het uitvoeren van graafwerken tot in het onderste litologisch type is het aanbrengen van een vacuümbemaling bijna steeds noodzakelijk. Gegevens betreffende de doorlatendheid in-situ van het onderste litologisch type zijn niet bekend.
- De konusweerstand van het Antwerpiaan zandkomplex variëren meestal tussen 6 en 16 MN/m². In de schelplagen of in het grintlaagje aan de basis van het complex kan de konusweerstand 20 MN/m² overschrijden.

6.6. Het Rupeliaan kleikomplex (Platen VII en VIII).

6.6.1. Oorsprong.

Het Rupeliaan kleikomplex bestaat hoofdzakelijk uit mariene klei, afgezet tijdens het Tertiair (Oligoceen-Rupeliaan). Bij de aanvang van het Kwartair zou het Rupeliaan kleikomplex in de gekarteerde zone met ongeveer 40 m tertiair zand bedekt geweest zijn. Het grootste gedeelte van dat zand heeft zich steeds onder water bevonden. Tijdens het Kwartair is het tertiair zand geheel of gedeeltelijk geërodeerd zodat plaatselijk het Rupeliaan kleikomplex aan het oppervlak kwam te liggen. Aldus rusten thans in het zuidwestelijk gedeelte van het gekarteerde gebied (linkeroever) kwartaire afzettingen op het Rupeliaan kleikomplex.

6.6.2. Litologie.

Uit de resultaten van de diepe boringen die uitgevoerd werden voor de aanleg van de E3-Scheldetunnel en die de basis van het Rupeliaan kleikomplex hebben bereikt kan men vaststellen dat het kleikomplex aldaar 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 met een natuurlijk watergehalte dat ongeveer gelijk is aan de uitrolgrens. Het gemiddelde gewichtsgehalte aan deeltjes kleiner dan $2 \mu\text{m}$ bedraagt in het Antwerpse circa 49 %.

Het onderste litologisch type kan beschreven worden als een silthoudende klei tot kleihoudende silt waarin plaatselijk klei voorkomt. Lokaal kunnen er ook zandige lenzen in voorkomen. Het gewichtsgehalte aan deeltjes kleiner dan $2 \mu\text{m}$ bedraagt voor de silthoudende klei tot kleihoudende silt circa 18 %.

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, kaolinit, illiet en kwarts. Het calcium-carbonaatgehalte 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 meer dan 0,10 m kan bedragen.

Belangrijke opmerking :

- Het Rupeliaan kleikomplex wordt door de geologen meestal in zijn geheel door middel van de term "Boomse klei" omschreven. Vanuit grondmechanisch standpunt wordt de term "Boomse klei" evenwel voorbehouden voor het bovenste litologisch type.

6.6.3. Uitbreiding.

In de beschouwde zone beschikt men slechts over weinig resultaten van boringen, die reiken tot aan de onderkant van het Rupeliaan kleikomplex. In sommige boorbeschrijvingen wordt geen onderscheid gemaakt tussen het bovenste en het onderste litologisch type. Daar bovendien in sommige gevallen een geleidelijke of onregelmatige overgang tussen het bovenste en het onderste litologisch type werd vastgesteld, werd er de voorkeur aan gegeven om i.p.v. het scheidingsvlak tussen het bovenste en het onderste litologisch type, de basis van het onderste litologisch type te karteren.

De top en de vermoedelijke basis van het Rupeliaan kleikomplex zijn respektievelijk voorgesteld op plaat VII en plaat VIII.

Het Rupeliaan kleikomplex komt over de gehele gekarteerde zone voor. In het Zuidwestelijk gedeelte van de kaart is de oorspronkelijke top ervan aangesneden geweest door de kwartaire erosie zodat de klei er thans ontbloomt is van het Antwerpiaan zandkomplex.

Het onderste litologisch type is in de omgeving van de E3-Scheldetunnel 10 tot 15 m dik.

Plaatselijk heeft men aan de top van de Boomse klei (bovenste litologisch type) diapirische structuren waargenomen (P. LAGA, 1966).

6.6.4. Grondmechanische eigenschappen.

6.6.4.1. Bovenste litologisch type (Boomse klei).

In het Antwerpse zijn de grondmechanische eigenschappen van de klei reeds herhaalde malen onderzocht ten behoeve van allerlei ondergrondse kunstwerken. Aldus bestaat er een vrij omvangrijke dokumentatie aan resultaten van laboratoriumonderzoeken en veldproeven. Statistisch beschouwd kan men de klei als een zeer homogeen geheel aanzien hoewel van plaats tot plaats vrij grote onderlinge afwijkingen kunnen optreden. De Boomse klei wordt algemeen omschreven als een stijve, overgeconsolideerde en gescheurde klei.

De resultaten van enkele onderkenningsproeven zijn :

w_L	: 81,25 $\pm$ 8,25 %
w_p	: 29,05 $\pm$ 3,25 %
i_p	: 52,20

Klassifikatie volgens Casagrande : CH

Het natuurlijk watergehalte schommelt tussen 25 % en 32 %.

Het gemiddeld volumegewicht is $18,639 \text{ kN/m}^3$

De verzadigingsgraad is nagenoeg 100 %.

De konusweerstand van de Boomse klei variëren in het algemeen tussen 4 MN/m^2 en 6 MN/m^2 . De resultaten van de diepsonderingen uitgevoerd in de Boomse klei vertonen een vrij grote spreiding welke tot 50 % van de verkregen gemiddelde waarde kan bedragen (E. DE BEER et al., 1975).

Om de schuifweerstand van de klei ter hoogte van de E3-Scheldetunnel te bepalen werden een zeer groot aantal proeven van verschillende aard uitgevoerd.

Uit vrije prismaproeven en niet gekonsolideerde niet gedraineerde triaxiaalproeven vond men de volgende aan de veilige kant gelegen wet voor de niet gedraineerde schuifweerstand.

$$c_u = 75 + 3,5h.$$

met c_u in kN/m^2

h (diepte onder het grondoppervlak) in m.

Men vond verspreide resultaten op een gegeven diepte, wat te wijten is aan de gescheurde toestand van de klei. De glijdvlakken volgens dewelke de breuk geschiedt variëren van kleiner dan 45° t.o.v. de horizontale tot quasi vertikaal.

Uit gekonsolideerde niet gedraineerde triaxiaalproeven met meting van de poriënwaterdrukken kon men, wanneer men het verschil der hoofdspansingen uitzette in funktie van de som der hoofdkorrelspanningen, een gemiddelde intrinsieke wet en twee randwetten afleiden. Veiligheids-halve heeft men gesteund op volgende parameters voor de gedraineerde schuifweerstand

$$c = 15 \text{ kN/m}^2 \text{ en } \varphi = 22^\circ$$

Uit de celproeven vond men

$$c_{\text{cel}} = 18 \text{ kN/m}^2 \text{ en } \varphi_{\text{cel}} = 21^\circ 40'$$

en

$$c'_{\text{cel}} = 23 \text{ kN/m}^2 \text{ en } \varphi'_{\text{cel}} = 13^\circ 45'$$

Aan de hand van vinproeven bepaalde men de piekwaarde en de residuele waarde van de schuifweerstand.

De piekwaarde van de schuifweerstand bedroeg

$$c_v = 250 + 3,5 \cdot h$$

met c_v in kN/m^2

h (diepte onder het grondoppervlak) in m.

De residuele waarde van de schuifweerstand, nagenoeg onafhankelijk van de diepte, bedroeg 100 kN/m^2 .

De schuifweerstandparameters bepaald aan de hand van schuiftorsieproeven zijn in onderstaande tabel aangegeven.

Aard der monsters	Vervormingssnelheid	c (kN/m^2)	φ
niet doorgesneden	0,395 mm/uur	piekwaarde	150
		residuele waarde	0
	2,1 mm/uur	piekwaarde	150
		residuele waarde	0
doorgesneden	0,395 mm/uur	piekwaarde	-
		residuele waarde	0
	2,1 mm/uur	piekwaarde	0
		residuele waarde	0

De ogenblikkelijke vervormingen van volledig verzadigde kleien worden berekend in overeenstemming met de elasticiteitsteorie, uitgaande van de veronderstelling dat er geen volumeverandering plaats grijpt. Om deze berekeningen te kunnen uitvoeren dient men over de waarde van de elasticiteitsmodulus te beschikken. Een eerste orde van grootte van de elasticiteitsmodulus verkrijgt men uit de last-zakkingsdiagrammen van vrije prismaproeven. Aldus vond men :

$$E_{o,v} = 5000 + 600 h \text{ (vertikaal beproefde monsters)}$$

$$E_{o,h} = 20.000 + 600 h \text{ (horizontaal beproefde monsters).}$$

met $E_{o,v}$ en $E_{o,h}$ in kN/m^2

h (diepte onder het grondoppervlak) in m.

De elasticiteitsmodulus voor de horizontaal beproefde monsters is groter dan voor de vertikaal beproefde monsters. Dit houdt wellicht verband met de horizontale gelaagdheid van de klei en met de vroegere voorbelasting ervan.

Als gemiddelde elasticiteitsmodulus heeft men

$$E_{o,m} = 12.500 + 600 h.$$

Door het steken van monsters en de onvermijdelijke roering ervan zijn de E waarden overeenstemmend met de raaklijn aan de oorsprong van last-zakkingscurven van vrije prismaproeven kleiner dan de werkelijke E waarde. Men neemt derhalve aan dat de elasticiteitsmodulus op een bepaalde diepte gelijk is aan

$$E_s = 20.000 + 600 h.$$

Voor de bepaling van bewegingen ten gevolge van de samendrukkingen en zwellingen van de klei werden volgende waarden van A en C weerhouden :

Indien σ_k = de uiteindelijke korrelspanning

p_t = de terreinspanning

$\sigma_{k, g, M}$ = de maximale geologische spanning (voorbelasting).

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

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

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

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

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

Uit samendrukkingsproeven bij stijgende belasting leidt men voor de doorlatendheidscoëfficiënt waarden af van 10^{-10} tot 10^{-12} m/s. Uit de metingen verricht in de piëzometers geplaatst in de nabijheid van de taluds, uitgegraven in de Boomse klei, leidt men waarden af van circa 10^{-9} m/s. Ook uit de waarnemingen van de snelheid waarmee zwellingen optreden komt men tot deze laatste 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.

Opmerking.

De hogervermelde grondmechanische eigenschappen hebben alleen betrekking op de Boomse klei, welke steeds door een voldoende dikke laag Antwerpiaan zand belast is gebleven en dus nooit aan directe atmosferische invloeden heeft blootgestaan. De klei heeft dan haar geheugen volledig behouden.

Wanneer de klei daarentegen haar geheugen gedeeltelijk verloren heeft, worden over de bovenste meters algemeen minder gunstige grondmechanische eigenschappen aangetroffen. Tevens wordt een grotere spreiding van de proefresultaten verkregen.

6.6.4.2. Onderste litologisch type van het Rupeliaan kleikomplex.

Van het onderste litologisch type silthoudende klei en kleihoudend silt zijn volgende eigenschappen gekend

	w_L (26)	w_p (20)	w (17)	γ_d (17)	γ_n (16)
	%	%	%	kN/m ³	kN/m ³
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

Deze resultaten zijn afgeleid uit het laboratoriumonderzoek van monsters afkomstig van de diepe boringen uitgevoerd ten behoeve van de aanleg van de E3-Scheldetunnel.

7. HYDROGEOLOGISCHE GEGEVENS (Plaat IX)

7.1. De watervoerende lagen.

In het gekarteerde gebied treft men een freatische of semi-artesische waterlaag aan boven het Rupeliaan kleikomplex en een artesische waterlaag onder het Rupeliaan kleikomplex.

Wanneer het geheel gevormd door het kwartair zandkomplex en/of Scaldisiaan zandkomplex en/of Antwerpiaan zandkomplex niet door kleiig alluvium bedekt is, treft men een freatische waterlaag aan. Indien daarentegen kleiig alluvium aanwezig is, kan de watervoerende laag semi-artesisch zijn.

De artesische waterlaag is gelegen in het Onder-Rupeliaan zand en in het Eo-oligoceen overgangskomplex.

Het freatisch water op de rechteroever is grotendeels aanwezig in het Antwerpiaan zandkomplex. De waarden van de doorlatendheidscoëfficiënt van dit complex afgeleid uit pompproeven, uitgevoerd ten behoeve van de bemalingsstudie voor de aanleg van de Kleine Ring en ten behoeve van de bouw van de Pre-Metro schommelen tussen 3×10^{-5} en 9×10^{-5} m/s.

Het freatisch of semi-artesisch water op de linkeroever is grotendeels aanwezig in het kwartair zandkomplex.

Betreffende de doorlatendheid van het kwartair zandkomplex op de rechteroever beschikt men enkel over resultaten van laboratoriumonderzoek (zie 6.3.4.3).

Er dient evenwel opgemerkt te worden dat de k-waarde verkregen door een laboratoriumonderzoek op een ongeroerd monster, dat nagenoeg steeds klein is, slechts representatief is 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. Daarenboven is het meestal in de goed doorlatende gedeelten van een laag dat de ontnaam van ongeroerde monsters zelden slaagt. Aldus kunnen voor

een deel van het kwartair zandkomplex hogere k-waarden dan bovenvermelde verwacht worden.

7.2. De waterkwaliteit.

Ter plaatse van pompproeven uitgevoerd ten behoeve van de aanleg van de Kleine-Ring werden watermonsters aan de freatische waterlaag onttrokken en onderworpen aan een scheikundig onderzoek. De voornaamste resultaten zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Pompproef	A		B		C		D	
monster	1	2	1	2	1	2	1	2
pH	7,34	7,13	7,23	7,16	7,76	7,68	7,53	7,53
Cl ⁻ (mg/l)	23	20	125	130	27	26	32	31
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	107,5	107,7	420,2	420	227,0	227,8	208,7	210,3
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	102	98	383	384	495	519	259	259
ijzer (mg/l)	20,3	17,6	6,3	6,3	31,4	25,7	4,0	3,8
gedrag t.o.v. CaCO ₃	agres- sief	agres- sief	niet agres- sief	niet agres- sief	niet agres- sief	niet agres- sief	niet agres- sief	niet agres- sief

Ter plaatse van de pompproef uitgevoerd op de hoek van de Frankrijklei en de Teniersplaats ten behoeve van de aanleg van de Pre-Metro is eveneens een grondwatermonster ontnomen en scheikundig geanalyseerd. Uit kwantitatieve analyses is gebleken dat het water een hoog ijzergehalte bezit.

Ofschoon na vergelijking met andere grondwateranalyses uitgevoerd in het Antwerpse, gesteld mag worden dat het grondwater er een wisselende samenstelling bezit, kunnen toch een aantal konklusies getrokken worden :

- Het hoog gemiddeld ijzergehalte kan leiden tot een onoplosbare neerslag van ijzeroxide wat de doelmatigheid van pompinstallaties in gevaar brengt.

- Onbeschermd gietijzer en staal worden aangetast evenals plaatselijk beton en asbest-cement (agressief water).

7.3. Voorstelling van hydrogeologische gegevens op de plaat.

Gegevens i.v.m. de grondwaterstand waargenomen tijdens boringen en sonderingen zijn samen met de datum van waarneming naast het betrokken punt op 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.

Uit de opgetekende waterstanden blijkt dat in sommige gevallen voor een gegeven plaats zeer uiteenlopende waterpeilen werden waargenomen op verschillende tijdstippen. Wegens het feit dat binnen de gekarteerde zone herhaaldelijk grondwaterverlagingen werden doorgevoerd ten behoeve van de bouw van allerhande konstrukties mag worden aangenomen dat een aantal waarnemingen door deze grondwaterverlagingen werden beïnvloed. Daar de uitvoeringstermijnen van deze grondwaterverlagingen thans niet meer kunnen worden achterhaald, is het vrijwel onmogelijk de medegedeelde gegevens op een logische wijze te interpreteren. Er werd dan ook afgezien van het kartografisch weergeven van lijnen van gelijke piëzometrische stijghoogte.

Daar momenteel binnen de gekarteerde zone nog tal van belangrijke werken in uitvoering zijn of worden gepland waarbij het grondwater zal dienen te worden verlaagd, mag worden aangenomen dat de grondwaterstanden er in de nabije toekomst nog belangrijke veranderingen zullen ondergaan.

8. GRONDMECHANISCHE ZONES (PLAAT X).

8.1. Algemene voorstelling.

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

Een grondmechanische zone is gekenmerkt door een wel bepaalde opeenvolging van lagen. De dikte van enkele lagen speelt een rol bij de zonering. Het spreekt vanzelf dat de overgang van de ene grondmechanische zone naar de andere geleidelijk gebeurt. De aangevulde grachten en waterlopen worden buiten de grondmechanische zones gehouden.

Het raadplegen van de reeds eerder besproken kaarten blijft echter onontbeerlijk om een meer gedetailleerde kennis van het terrein te verwerven. De plaat leert ons immers weinig over de hoogte van het terrein, de dikte van de lagen en de hydrogeologische gesteldheid.

In het gekarteerde gebied kan men vier grondmechanische zones onderscheiden. Ze zijn genummerd van IV tot VII. De zone IV stemt overeen met de zone IV van de grondmechanische kaart 15.3.8 Hoboken (E. DE BEER et al, 1977).

8.2. Bespreking van de grondmechanische zones.

8.2.1. Grondmechanische zone IV.

8.2.1.1. Ligging.

Deze zone beslaat het grootste deel van de rechteroever.

8.2.1.2. Litologische opeenvolging.

- Aangevulde en/of vergraven gronden + kwartair zandkomplex = dikte > 2 m.
- Scaldisiaan zandkomplex (ontbreekt voor het zuidelijk deel van deze zone).
- Antwerpiaan zandkomplex = dikte > 6 m.
- Rupeliaan kleikomplex.

8.2.1.3. Dikte van de lagen.

De dikte van de aangevulde en/of vergraven gronden schommelt tussen 0 en 6 m.

De dikte van het kwartair zandkomplex varieert van 0 tot 8 m.

Het Scaldisiaan zandkomplex heeft, binnen de zone waar het voorkomt, een dikte begrepen tussen 0 en 6 m.

De dikte van het Antwerpiaan zandkomplex bedraagt minimaal 8 m in het Zuidwestelijk deel van de zone en maximaal 26 m in de omgeving van het Centraal Station.

Het Rupeliaan kleikomplex is 55 m tot 65 m dik.

8.2.1.4. Kenmerken.

Daar in het kwartair zandkomplex bij de uitvoering van diep-sonderingen aanzienlijke verschillen in konusweerstand worden waargenomen, kunnen de kenmerken van deze zone niet zonder meer worden omschreven. Plaatselijk worden in het kwartair zandkomplex zeer weerstandbiedende, soms sterk grint- en schelphoudende lagen aangetroffen.

De funderingsvoorwaarden binnen deze zone zijn dus nogal uiteenlopend doch in de meeste gevallen gunstig.

8.2.2. Grondmechanische zone V.

8.2.2.1. Ligging.

Deze zone wordt in het noordelijk gedeelte van de kaart aangetroffen op de rechteroever.

8.2.2.2. Litologische opeenvolging.

- Aangevulde en vergraven gronden $\geq$ dikte < 6 m.
- Alluvium.
- Kwartair zandcomplex (ontbreekt in het grootste deel van deze zone).
- Scaldisiaan zandcomplex.
- Antwerpiaan zandcomplex.
- Rupeliaan kleikcomplex.

8.2.2.3. Dikte van de lagen.

De dikte van de aangevulde en vergraven gronden varieert van 2 tot 6 m.

De dikte van het alluvium schommelt van 0 tot 4 m.

De dikte van het kwartair zandcomplex overschrijdt zelden 1 m.

Het Scaldisiaan zandcomplex heeft binnen deze zone een dikte, welke begrepen is tussen 4 en 8 m.

De dikte van het Antwerpiaan zandcomplex bedraagt 14 m tot 20 m.

Het Rupeliaan kleikcomplex is circa 65 m dik.

8.2.2.4. 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. Wanneer de dikte van deze lagen belangrijk wordt zijn de funderingswaarden in het algemeen minder gunstig.

8.2.3. Grondmechanische zone VI.

8.2.3.1. Ligging.

Deze zone wordt aangetroffen in het noordoostelijk deel van de gekarteerde zone op de linkeroever.

8.2.3.2. Litologische opeenvolging.

- Aangevulde gronden $\nless$ dikte > 6 m.
- Alluvium.
- Kwartair zandcomplex
- Antwerpiaan zandcomplex (ontbreekt plaatselijk)
- Rupeliaan kleikcomplex.

8.2.3.3. Dikte van de lagen.

De dikte van de aangevulde gronden is overal groter dan 6 m en bedraagt hoogstens 8 m.

De dikte van het alluvium varieert van 2 tot 12 m.

Het kwartair zandcomplex heeft een dikte welke begrepen is tussen 2 en 12 m.

De dikte van het Antwerpiaan zandcomplex neemt binnen deze zone toe van 0 m in het Zuiden tot 8 m in het noordoosten.

Het Rupeliaan kleikcomplex is 55 à 65 m dik.

8.2.3.4. Kenmerken.

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

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

8.2.4. Grondmechanische zone VII.

8.2.4.1. Ligging.

Deze zone wordt aangetroffen in het westelijk deel van de gekarteerde zone op de linkeroever.

8.2.4.2. Litologische opeenvolging.

- Aangevulde en vergraven gronden $\approx$ dikte < 6 m.
- Alluvium.
- Kwartair zandkomplex
- Antwerpiaan zandkomplex (ontbreekt plaatselijk)
- Rupeliaan kleikomplex.

8.2.4.3. Dikte van de lagen.

De dikte van de aangevulde gronden is begrepen tussen 2 en 6 m.

De dikte van het alluvium schommelt tussen 2 en 8 m.

Het kwartair zandkomplex heeft een dikte welke varieert tussen 6 en 12 m.

De dikte van het Antwerpiaan zandkomplex bedraagt hoogstens 4 m.

Het Rupeliaan kleikomplex is 55 à 65 m dik.

8.2.4.4. Kenmerken.

Wegens de aanwezigheid van het alluvium zijn de funderingsvoorwaarden in het algemeen minder gunstig. Voor wat lichte konstrukties betreft, is de dikte van de aangevulde gronden meestal te gering om gunstige funderingsvoorwaarden te kunnen aantreffen.

9. GEOLOGISCHE DOORSNEDEN.

Ter illustratie van de algemene opbouw van het gekarteerde gebied zijn twee terreindoorsneden (AA' en BB') getekend (horizontale schaal 1/5000, vertikale schaal 1/500). De doorsneden AA' en BB' zijn respektievelijk NW-SE en NNE-SSW georiënteerd. De ligging van de doorsneden is op alle platen van de grondmechanische atlas aangegeven.

Punktuele gegevens zijn loodrecht op de doorsnedelijn geprojecteerd 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.

- COEN, I. & THEUNS, J. (1972-1973). Overzicht van de tijwaarnemingen in het zeescheldebekken gedurende het tijdperk 1961-1970. Tijdschrift Openb. Werken Belg., 3, 1-84.
- DE BEER, E. et al. (1975) Scale effects in results of penetration tests performed in stiff clays. Proc. of the European Symposium on penetration testing, Stockholm, juni 1974. Vol. 2.2.
- HASSE, G. (1912). L'Ancienne enceinte du XIe siècle à Anvers. Bull. Acad. R. Archéol. Belg. (uittreksel)
- LAGA, P. (1966). Kleidiapir in de uitgraving voor de spoorwegtunnel van de E3 -weg op de rechteroever te Antwerpen. Ingenieursblad, 35, 552-553.
- TORFS, L. & CASTERMAN, A. (1871) Les agrandissements et les fortifications d'Anvers depuis l'origine de cette ville. Ann. Acad. Archéol. Belg., 2e sér. 7, 5-107.
- VAN TASSEL, R. (1966). De septaria in de Boomse klei. Ingenieursblad, 35, 550-552.
- VOCHTEN, R., GEYS, J. & BAUTEN, P. (1975). Sur la présence de concrétions sideriteuses tubulées dans l'argile de Boom (Rupelien), à Herselt (Prov. Antwerpen, Belgique). Ann. Soc. Géol. Belg., 98, 273-285.
- VOET, L. et al. (1978). De stad Antwerpen van de Romeinse tijd tot de 17de eeuw. Topografische studie rond het plan van Virgilius Bononieⁿsis 1565, 151 p. (Brussel) : Gemeentekrediet van België.

AANVULLENDE BIBLIOGRAFIE.

Grondmechanische Kartering.

- ASSOCIATION INTERNATIONALE DE GEOLOGIE DE L'INGENIEUR (1976). Guide pour la préparation de cartes géotechniques, 79 p. Paris : UNESCO (Sciences de la Terre 15).

Grondmechanica.

- DE BEER, E. (1967). Shear Strength Characteristics of the "Boom Clay".
Proc. Geotechn. Conf. Oslo 1967, vol. 1, 83-88.
- DE BEER, E. (1973) Grondmechanica, 4 delen, 114 p., 272 p., 397 p., 436 p.,
- DE BEER, E. (1971). Problèmes posés par la construction du tunnel sous
l'Escaut à Anvers. Annales de l'Institut technique du Bâtiment
et des Travaux Publics, n° 286, oct. 1971.

Geologie.

Talrijke publikaties handelen over de geologische gesteldheid van de Antwerpse agglomeratie. Hieronder wordt uitsluitend naar enkele recente publikaties verwezen.

- DE MEUTER, F. & LAGA, P. (1976). Lithostratigraphy and biostratigraphy based on Benthonic foraminifera of the Neogene deposits of Northern Belgium. Bull. Bel. Ver. Geol. 85, 133-152.
- DE MEUTER, F., WOUTERS, K. & RINGELE, A. (1976). Lithostratigraphy of Miocene sediments from temporary outcrops in the Antwerpen city area. Prof. Pap., Serv. Géol. Belg., 3 (1976), 1-19.
- GULINCK, M. (1969). Coupe résumée des terrains traversés au sondage de Kallo et profil géologique NS passant par Woensdrecht-Kallo-Hamme. Mém. Expl. Cartes. Géol. Min. Belg. 11, 3-7.
- VANDENBERGHE, N. (1974). Een sedimentologische studie van de Boomse klei, 187 p. Leuven : Katholieke Universiteit (Doktoraatsverhandeling).

E3-autoweg en scheldetunnel.

- Kennedy-tunnel (De J.F.) te Antwerpen. Le J.F. Kennedy-tunnel à Anvers. S.l.n.d., 167 p. (Excavator, mei 1969).
- VAN LEYDEN, W. (1968) Hydrologische en grondmechanische problemen bij het ontwerpen van de binnenring-autoweg in Antwerpen. Wegen, 42,1, 8-22.

VAN WINGHEM, A. & DE VOCHT, P. (1968). Afwatering en drainering van de Kleine Ring rond Antwerpen, Ingenieursblad, 24, 849-858.

Pre-metro.

RITS, A. (1977). Ondergrondse tunnelbouw met de schildmethode te Antwerpen. Ingenieursblad, 46, 215-223.

WEYNS, G. (1975). De Pre-metro te Antwerpen. Ingenieursblad, 44, 33-53.

Dokumenten geraadpleegd bij het opstellen van kaart II. (De kaarten zijn aangegeven in kronologische volgorde).

GENIE FRANCAIS (1832 ?) Plan de la citadelle d'Anvers assiégée par l'Armée française sous les ordres de Mr. le Maréchal Cte Gérard et prise le 23 décembre 1832, après 24 jours de tranchée. Dressé par les officiers du Génie français. Bruxelles : Etablissement Géographique de Bruxelles, schaal 1/5000, 1 kbl.

TARTRE, X. (1851). Carte générale d'Anvers et d'une nouvelle ville maritime à la tête de Flandre, projetée par Xavier Tartre, Ingénieur Civil. Mars 1851. Bruxelles : Etablissement Géographique de Bruxelles fondé par Ph. Vander Maelen, schaal 1/5000, 1 kbl.

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.

SCHEEPERS, A. (1868). Plan géométrique parcellaire et de nivellement de la ville d'Anvers et des communes limitrophes. Dressé et gravé à l'échelle de 1 à 5000 par Alouis Scheepers Conducteur des travaux communaux au Service de Monsieur T. Van Bever, Ingénieur de la Ville, publié sous les auspices de l'administration communale. S.l., schaal 1/5000, 1 kbl.

GENIE MILITAIRE, (1873). Anvers. S.l., schaal 1/5000, 1 kbl.

- SCHEEPERS, A. (1887). Plan géométrique parcellaire et de nivellement de la ville d'Anvers et des communes limitrophes dressé et gravé à l'échelle de 1 à 5000 par Aloïs Scheepers, Conducteur des travaux communaux au Service de Monsieur G. Royers, Ingénieur de la ville. Publié sous les auspices de l'Administration communale. Edition de 1887. Anvers : Etablissement Géographique de A. Scheepers, schaal 1/5000, 1 kbl.
- ROYERS, G. (1908). Plan der stad Antwerpen. Uitgegeven door het gemeentebestuur en opgesteld onder leiding van de Heer G. Royers, Hoofd-ingenieur, Bestuurder van Stadswerken. Uitgave van 1908, S.l., schaal 1/5000, 1 kbl.
- INSTITUT CARTOGRAFIQUE 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 1/10000, 1 kbl.
- MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN (1963). Antwerpen-Centrum 15.3.6. Brussel : Ministerie van Openbare Werken, schaal 1/5000, 1 kbl.
- MILITAIR GEOGRAFISCH INSTITUUT VAN BELGIE (1971). Antwerpen-Borgerhout 15/3-4. Brussel : Militair Geografisch Instituut, schaal 1/25000, 1 kbl.
- STAD ANTWERPEN. (1975). Ruien en Moerriolen. Antwerpen : Dienst voor Werken, schaal 1/5000, 1 plan.
- STAD ANTWERPEN. Gedeeltelijke kopij van het plan in 1850 door de Genie Militaire opgemeten (Beau Plan - Archieven van het Bestuur voor Stadswerken) volledig met straten over de oude vestingen volgens de plannen op 1/1000, verkleind op 1/5000. Antwerpen : Dienst voor Werken, Schaal 1/5000, 1 plan (nr. IV - 42-39).

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 de doorlatendheid in situ
- ▥ Boring met monsteronderzoek in het laboratorium en met bepaling van de doorlatendheid in situ
- ⊠ Boring uitgerust met piëzometer(s)
- ▽ Diepsondering met opname van de puntenweerstand en de zijdelingse wrijvingsweerstand.

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_n volumegewicht

γ_d drooggewicht

w watergehalte

n poriënvolume

w_L vloeigrens

i_p plasticiteitsindex

A ontlastingskonstante

C samendrukkingskonstante

k doorlatendheidscoëfficiënt

Celproeven

c'_{cel} schijnbare cohesie

ψ'_{cel} schijnbare hoek van inwendige wrijving

c_{cel} cohesie

ψ_{cel} hoek van inwendige wrijving

Triaxiaalproeven, gekonsolideerd, niet gedraineerd met opmeting van de poriënwaterdrukken.

c' cohesie

ψ' hoek van inwendige wrijving

RESUME.

L'atlas géotechnique 15.3.6 Antwerpen-Centrum (1/5000) est composé de 11 planches, à savoir :

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

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

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

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

La notice explicative donne des renseignements sur l'origine, la lithologie, la distribution et les caractéristiques géotechniques des différentes unités cartographiées.

A partir d'anciens plans de la Ville d'Anvers il a été possible de tracer la plupart des limites des anciennes fortifications de la ville. Ces zones sont en général marquées par une épaisseur considérable de remblais.

Sur la planche III figure l'épaisseur des alluvions. Les forages qui ont recoupé les alluvions sont indiquées sur la planche avec les profils lithologiques rencontrés.

Le complexe sableux Anversien (planche VI) peut être divisé en une unité supérieure et une unité inférieure. Les caractéristiques géomécaniques des deux unités sont semblables.

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

La planche IX renseigne sur la profondeur du niveau de l'eau mesuré lors de l'exécution des essais ponctuels. Vu l'insuffisance des données sûres et précises il n'était pas possible de tracer des courbes isohypses de la surface piézométrique. Plusieurs essais de pompage ont été réalisés dans l'agglomération anversoise.

La planche X représente le zonage géotechnique. Elle forme une tentative de synthèse d'une partie des renseignements présentés par les cartes précédentes. Une zone géotechnique est caractérisée par une superposition d'unités à caractère lithologique et mécanique bien défini et ayant une certaine épaisseur. Dans la région cartographiée 4 unités numérotées de IV à VII ont été distinguées. La succession lithologique des diverses unités est donnée dans le tableau ci-dessous.

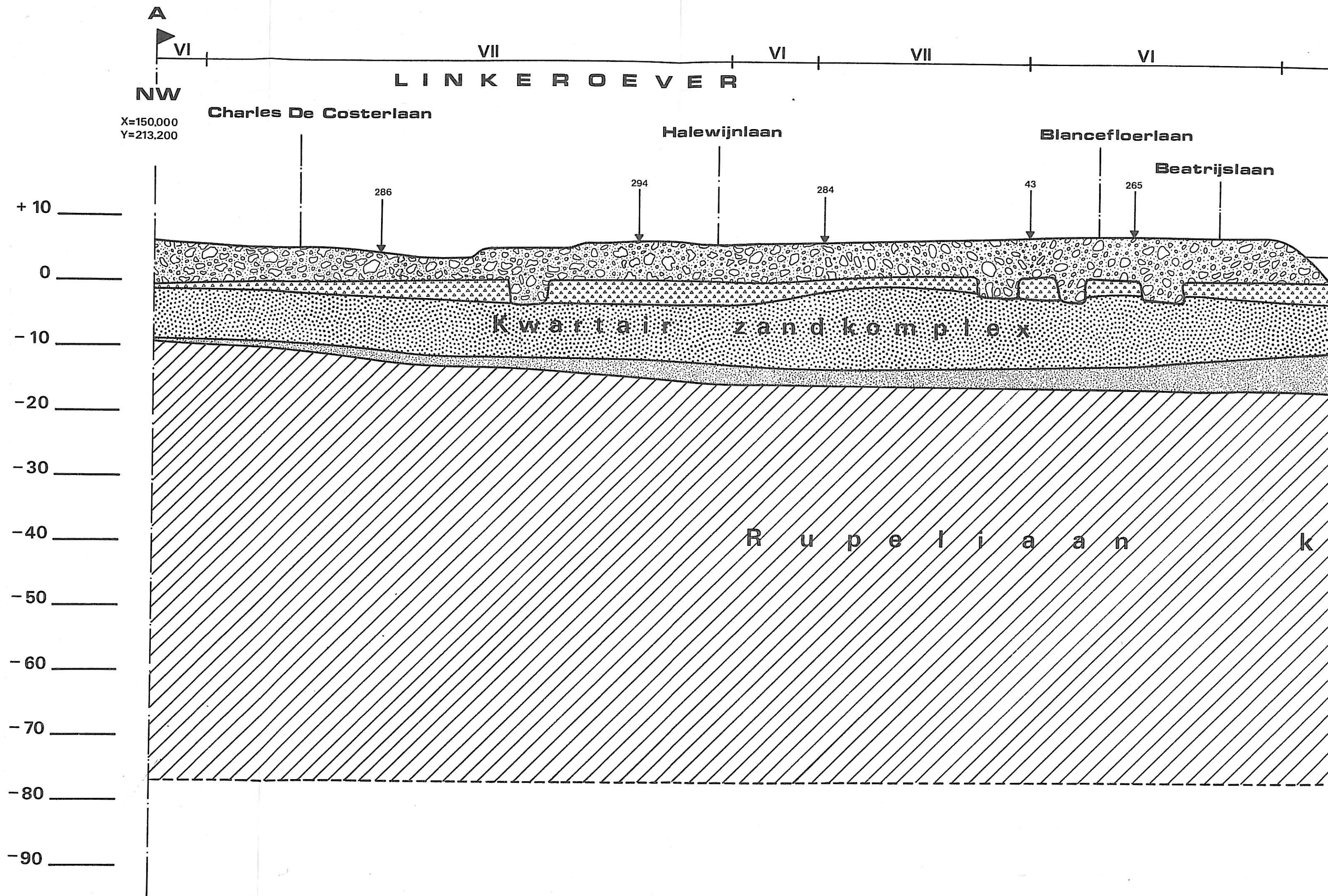
La Carte Géotechnique 15.3.8 Antwerpen à l'échelle 1/5000, avec texte explicatif peut être obtenue au Secrétariat de la Commission de Cartographie Géotechnique, 89, Rue Ducale, 1000 Bruxelles ou Tramstraat, 44, 9710 Zwijnaarde (Tél. 091/22.60.52 - ir J. Maertens) contre versement du prix de vente au compte chèques postaux n° 000-0050267-21, au nom de l'Institut Géotechnique de l'Etat, Laboratoire, Tramstraat, 44, 9710 Zwijnaarde.

Déjà paru :

Carte 42.2.7 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 Obourg (échelle 1/10.000)
Carte 45.3.5 à 8 Maisières (échelle 1/10.000)
Carte 15.3.8 Antwerpen-Hoboken (échelle 1/5000)
Carte 42.6.1. Liège (échelle 1/5000)

L'édition des Cartes Géotechniques suivantes est prévue :

Carte 31.3.5 Bruxelles (échelle 1/5000)
Carte 22.1.4. Gent (échelle 1/5000)
Carte 46.8.5. Charleroi (échelle 1/5000)
Carte 22.1.2. Gent - Wondelgem (échelle 1/5000).
Carte 31.3.6. Bruxelles (échelle 1/5000)
Carte 42.6.3. Liège (échelle 1/5000).



C H E L D E

IV

R E C H T E R O E V E R

S^t. Michielskaai

Nationale straat

Britse Lei

Mechelse stwg. x
y

+5.15 (N.K.D.)

+0.25 (N.K.D.)

53

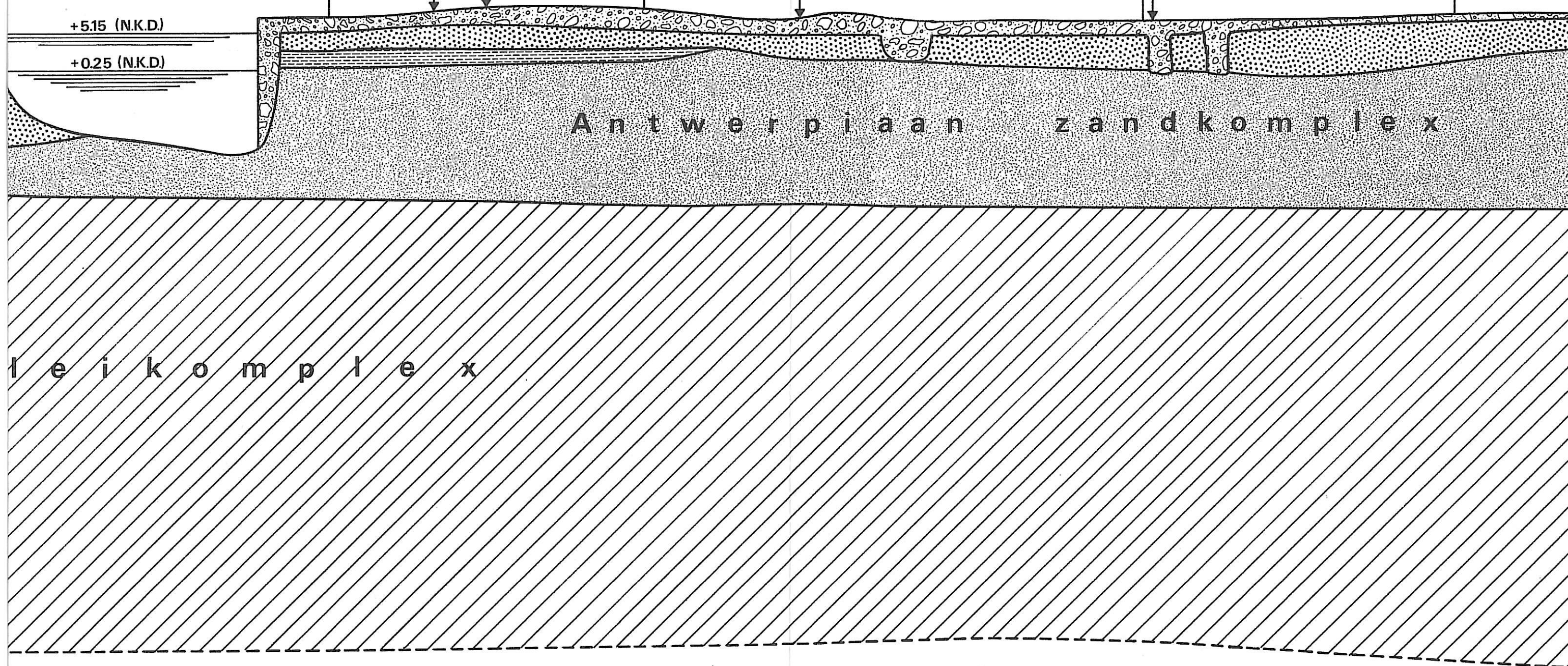
2

1

151

A n t w e r p i a a n z a n d k o m p l e x

l e i k o m p l e x



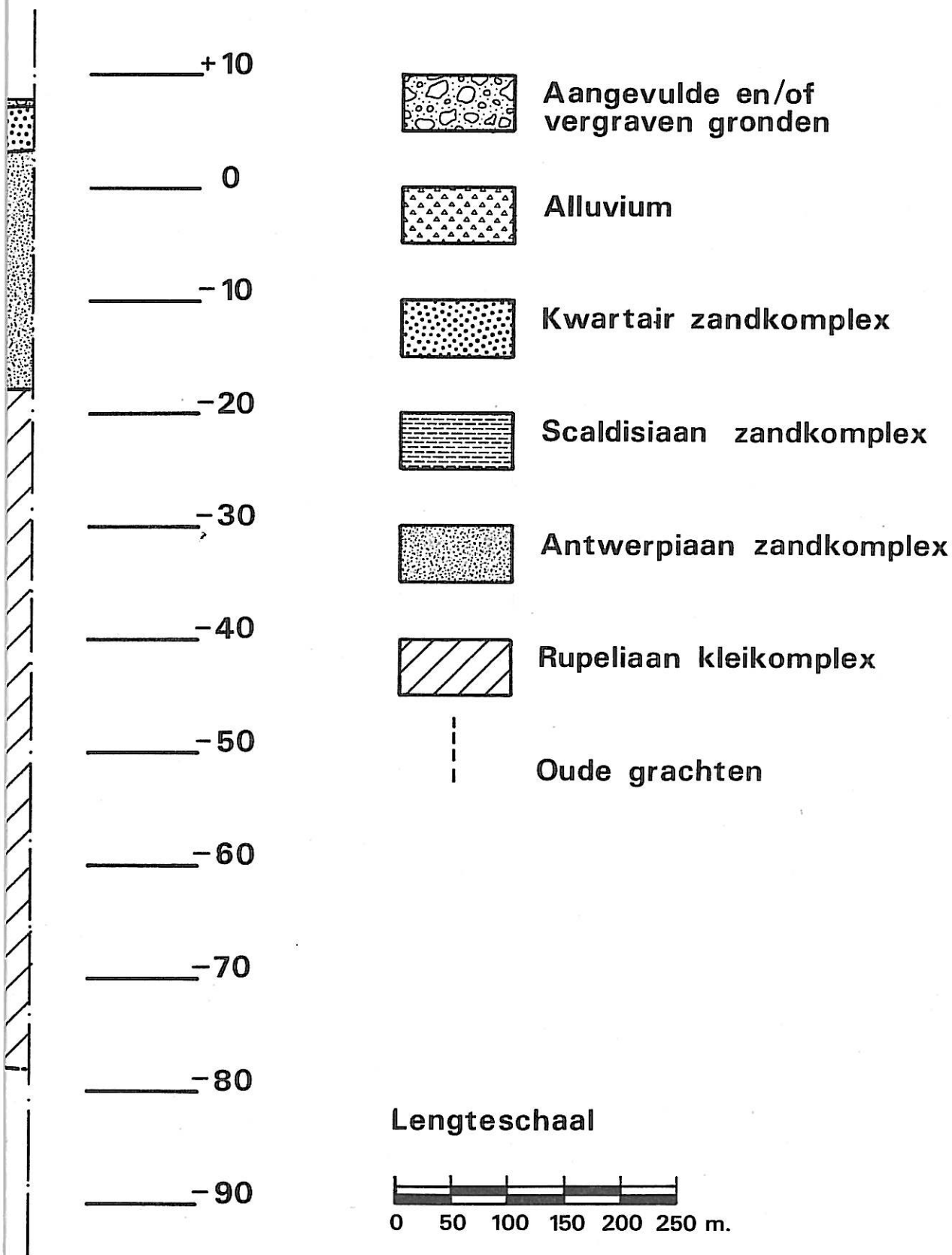
A'

15/3/6

eenheid

SE

153.000
210.700



B

V

IV

NNE

X=152.500
Y=213.200

Brouwersvliet

Grote markt

Vrijdagmarkt

St Andriesplaat

Bonaparte-
dok

28

27

280

2

53

+ 10

0

- 10

- 20

- 30

- 40

- 50

- 60

- 70

- 80

- 90

Antwerpiaan zandkom

Rupeliaan kleikomplex

