

rijksuniversiteit gent

leerstoel voor
toegepaste geologie



LITG

geologisch instituut
krijgslaan 281-S8
B 9000 gent

telefoon 091-22.57.15

HYDROGEOLOGISCH ONDERZOEK VAN HET
TERREIN EN HET VLIEGASSTORT
VAN EBES TE GENT-RODENHUIZE
IN HET BESTEK VAN HET
MILIEU EFFECTEN RAPPORT G4

LTG

geologisch instituut
krijgslaan 281-S8
B 9000 gent

telefoon 091-22.57.15



VERENIGDE ENERGIEBEDRIJVEN

VAN HET

SCHELDELAND N.V.

Leiding : Prof. Dr. W. DE BREUCK

Studie en verslag : Dr. L. LEBBE

Lic. Ph. VAN BURM

Lic. M. VAN CAMP

Lic. L. ZEUWTS

In samenwerking met :

ing. M. VERCRUYSE
(BECEWA vzw)

Onderzoeksnummer : TGO 85/01

Datum : 31 oktober 1985

INHOUD

INHOUD	I
PLATEN	VI
1. INLEIDING	1
2. LIGGING EN OMGEVING	2
2.1. Ligging	2
2.2. Topografie	2
2.3. Hydrografie	6
2.4. Bodemgebruik en bestemming	8
2.5. Besluit	8
3. KENMERKEN VAN HET VLEGASSTORT	9
3.1. Algemeen	9
3.2. Eigenschappen van de vliegas	9
3.2.1. Inleiding	9
3.2.2. Mineralogische kenmerken	10
3.2.3. Chemische samenstelling	10
3.2.4. Geotechnische kenmerken	16
3.3. Het vliegasstort	18
3.3.1. Geometrie van het stort	18
3.3.2. Aangevoerde hoeveelheden vliegas op het stort	21
3.3.3. Uitbating van het stort	21
3.4. Besluit	24
4. KENMERKEN VAN DE ONDERGROND	26
4.1. Algemeen	26
4.2. Aanvullende boringen	26
4.2.1. Boringen buiten het vliegasstort	26
4.2.2. Boringen op het vliegasstort	28
4.3. Geofysische boorgatmetingen	29
4.4. Waterpassing	30
4.5. Hydrolitostratigrafie	31

4.5.1. Aangevulde en vergraven gronden (A)	31
4.5.2. Bodems	31
4.5.3. De slecht doorlatende laag KDL	32
4.5.4. De kwartaire watervoerende laag KZ	34
4.5.5. Het Tertiair	35
4.6. Hydraulische parameters van de watervoerende laag KZ en de vliegias	36
4.6.1. Definities	36
4.6.1.1. Soorten watervoerende lagen	36
4.6.1.1.1. Artesische of afgesloten watervoerende lagen	36
4.6.1.1.2. Freatische watervoerende lagen	38
4.6.1.1.3. Gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen : artesische en half-freatische lagen	38
4.6.1.2. Hydraulische parameters	39
4.6.1.2.1. De hydraulische doorlatendheid k	39
4.6.1.2.2. Transmissiviteit of doorlaatvermogen kD	39
4.6.1.2.3. De hydraulische weerstand c	40
4.6.1.2.4. De elastische bergingscoëfficiënt S	40
4.6.1.2.5. De bergingscoëfficiënt nabij de water- tafel S_0	41
4.6.1.3. Grondwaterstromingsregimes	41
4.6.2. Pompproef	42
4.6.2.1. Doel voorbereiding en uitvoering van de pompproef	42
4.6.2.2. Bepaling van de hydraulische parameters met behulp van een mathematisch model	43
4.7. Besluit	51

5. STROMING VAN HET GRONDWATER	53
5.1. Algemeen	53
5.2. Het stijghoogtewaarnemingsnet	54
5.3. De stijghoogteverdeling in de watervoerende laag KZ	57
5.4. Stijghoogteverschil tussen het bovenste en het onderste deel van de watervoerende laag KZ	58
5.5. Stijghoogten in de kunstmatige gronden	59
5.6. Grondwaterwinning	60
5.7. Besluit	61
6. SAMENSTELLING VAN HET GRONDWATER	62
6.1. Algemeen	62
6.2. Aangewende gegevens	62
6.2.1. Beschikbare studierapporten en analyseresultaten	62
6.2.2. Nieuwe gegevens	63
6.2.2.1. Geo-elektrische profileringen	63
6.2.2.2. Geofysische boorgatmetingen	66
6.2.2.3. Grondwaterbemonstering	66
6.2.3. Vergelijkbaarheid van de analyseresultaten	67
6.3. Het "natuurlijke" grondwater in het gebied	68
6.4. Het stortperkolaat	72
6.4.1. De kanaalwaterkwaliteit	72
6.4.2. Uitlogingsgedrag van vliegassen	75
6.4.3. Eigen waarnemingen	78
6.5. Het verontreinigd grondwater	79
6.5.1. Bespreking van de analyseresultaten	79
6.5.1.1. Grondwaterkwaliteit in de watervoerende laag KZ	79
6.5.1.2. Grondwaterkwaliteit in de aangevulde en vergraven gronden	81
6.5.2. Vergelijking met het kanaalwater	83
6.5.3. Vergelijking met het "natuurlijke" grondwater in het gebied	83

6.5.4. Vergelijking met het putwater in Oost-Vlaanderen	86
6.5.5. Uitbreiding van de verontreiniging	86
6.5.5.1. De geo-elektrische profileringen	86
6.5.5.2. Het resistiviteitsprofiel	90
6.5.5.2.1. Algemeen	90
6.5.5.2.2. De eerste voorstellingswijze	93
6.5.5.2.3. De tweede voorstellingswijze	93
6.6. Besluit	97
 7. MATEMATISCHE MODELLEN	 99
7.1. Algemeen	99
7.2. Aangewend mathematisch model	100
7.3. Simulaties	102
7.3.1. Simulatie van de grondwaterstroming en de grondwaterkwaliteit met het vliegastort op het huidig peil	 104
7.3.1.1. Ingebrachte gegevens	104
7.3.1.2. De randvoorwaarden	105
7.3.1.3. De berekeningen	106
7.3.1.4. Resultaten	107
7.3.2. Simulatie van de grondwaterstroming en de grondwaterkwaliteit na een ophoging van het vliegastort met 2 m	 109
7.3.2.1. Ingebrachte gegevens	110
7.3.2.2. De randvoorwaarden	110
7.3.2.3. Resultaten	110
7.4. Besluit	111
 8. BESLUIT	 113
 REFERENTIES	 120

BIJLAGE 1 - BOORSTATEN	124
BIJLAGE 2 - GEOMETRISCHE KENMERKEN VAN DE PEILBUIZEN	137
BIJLAGE 3 - CHEMISCHE ANALYSEN	140

PLATEN

PLAAT 1	Ligging van de - waarnemingen - litologische doorsnede - hydrochemische doorsnede
PLAAT 2	Litologische doorsnede A-A'
PLAAT 3	Dikte van de vliegasschot en van de aangevulde gronden
PLAAT 4	Top van de slecht doorlatende laag KDL (Kwartair-Holoceen)
PLAAT 5	Top en dikte van de doorlatende laag KZ (Kwartair-Pleistoceen)
PLAAT 6	Top van de tertiaire klei (a1) Litologie van het tertiair substraat
PLAAT 7	Pompproef
PLAAT 8	Stijghoogten op het peil +2,6 +1,5 (m+TAW) (kwartair zand KZ) op 04 juli 1985
PLAAT 9	Simulatie van de evolutie van de grondwater- kwaliteit met het vliegasschot op het huidige peil (0-20 jaar)
PLAAT 10	Simulatie van de evolutie van de grondwater- kwaliteit met het vliegasschot op het huidige peil (20-40 jaar)
PLAAT 11	Simulatie van de evolutie van de grondwater- kwaliteit na 2 m ophoging van het vliegasschot
PLAAT 12	Simulatie van de evolutie van de grondwater- kwaliteit na 2 m ophoging van het vliegasschot. C _{stort} vermeerderd met 1000 dagen

AFKORTINGEN AANGEWEND IN DEZE STUDIE

AAC	RUG - LABORATORIUM VOOR ANALYTISCHE EN AGROCHEMIE
BE	BECEWA
G	RUG - GEOLOGISCH INSTITUUT
GL	GEOLAB
OR	OREX
OV	OVAM
R	RIJKSINSTITUUT VOOR GRONDMECHANICA
SCK	STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE

1. INLEIDING

Met een overeenkomst daterend van 28 februari 1985 verzocht de N.V. VERENIGDE ENERGIEBEDRIJVEN VAN HET SCHELDELAND (EBES) het Eigen Vermogen van de RIJKSUNIVERSITEIT GENT over te gaan tot het opstellen van een Milieu Effecten Rapport (MER) aangaande de ombouw op kolen van de oliegestookte groep 4 van de Centrale van Rodenhuijze in de Gentse kanaalzone. De LEERSTOEL VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE heeft samen met het BECEWA vzw in dat bestek de hydrogeologische aspecten onderzocht.

Onderhavig verslag omvat enkel het proces verbaal van de hydrogeologische deelstudie van het Milieu Effecten Rapport. Centraal in de studie staat het vliegastort en de invloed ervan op de huidige en toekomstige grondwaterkwaliteit; hiervoor is gebruik gemaakt van een numeriek grondwaterkwaliteitsmodel. De basisgegevens voor het model werden bekomen door het verrichten van geo-elektrische profileringen, geofysische boorgatmetingen, een pompproef en stijghoogtemetingen. Ook werden grondwaterstalen onderzocht.

Het rapport is ingedeeld in 8 hoofdstukken. Na de inleiding worden summier de ligging en de omgeving van het terrein geschetst. Verder wordt er aandacht besteed aan de kenmerken van het stort en van de ondergrond, de grondwaterstroming en de grondwaterkwaliteit. Tenslotte wordt de evolutie van de stroming en de kwaliteit evenals de invloed op het milieu behandeld.

2. LIGGING EN OMGEVING

2.1. Ligging

De Centrale van Rodenhuijze is gelegen in de Gentse kanaalzone op het grondgebied van de Stad Gent (fig. 1). Het gebied ligt nabij de dorpskom van de voormalige gemeente Desteldonk.

Ten noorden is het EBES-terrein begrensd door de gekanaliseerde Moervaart; ten oosten door de John Kennedylaan; ten zuiden door de Energiestraat die de EBES-terreinen scheidt van deze van TEXACO; het kanaal Gent-Terneuzen begrenst het terrein in het westen (fig. 2).

Het bestudeerde terrein beslaat een oppervlakte van ca. 97 ha. Het vliegassort neemt hiervan 21,6 ha in. Na de aan gang zijn de dijkophogingen zal de nuttige oppervlakte van het sort nog 19,4 ha bedragen.

Foto 1 geeft een zicht van het gebied vanuit de lucht.

2.2. Topografie

Het bestudeerde gebied ligt in wat vroeger de alluviale depressie van de Moervaart was. Deze lag op een hoogte van +4,5 tot +5*. Thans zijn de terreinen opgehoogd tot een het peil van +7,5 tot +11,0 (fig. 2).

De hoogte van de ringdijk rond het vliegassort wisselt tussen +9,5 en +10,5. Het huidige vliegasooppervlak bereikt plaatselijk het peil +9,5. De ringdijk wordt thans opgehoogd tot +11,5.

* Alle peilen zijn gegeven in m +TAW (Tweede Algemene Waterpassing van het Nationaal Geografisch Instituut)



Fig. 1 - Ligging van de centrale van Rodenhuijze op kaart met schaal 1/300.000
(Basiskaart : NATIONAAL GEOGRAFISCH INSTITUUT, 1983)

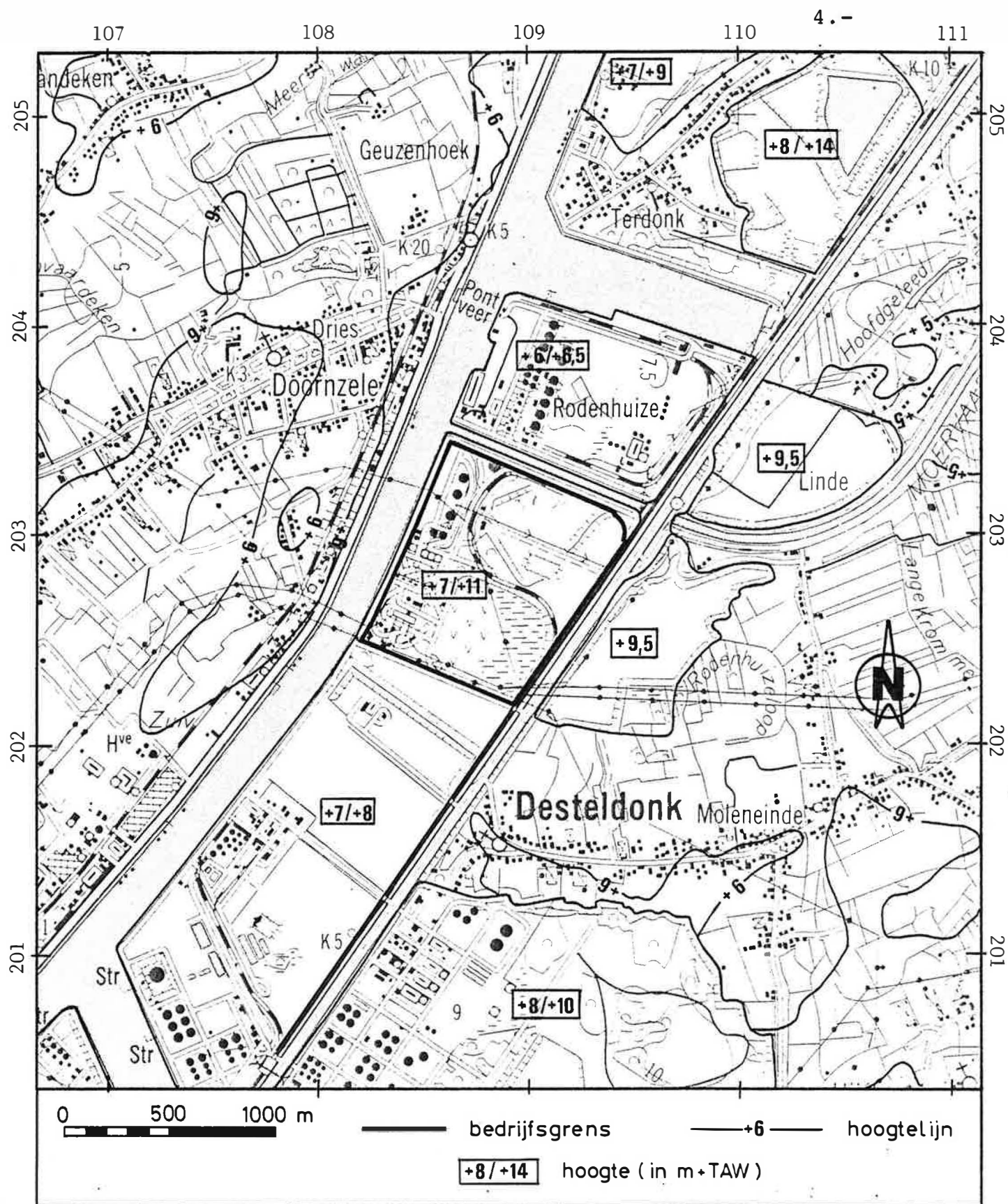


Fig. 2 - Ligging van de Centrale van Rodenhuize op kaart met schaal 1/25.000
(Basiskaart : NATIONAAL GEOGRAFISCH INSTITUUT, 1982)



Foto 1 - Luchtfoto van de EBES centrale van Rodenhuijze
(Aero-Survey, Sint-Niklaas) (1979)

Aan de andere zijde van de John Kennedylaan liggen terreinen op een hoogte van ca. +6.

2.3 HYDROGRAFIE (fig. 3)

Het bedrijfsterrein en zijn onmiddellijke omgeving behoren tot het hydrografisch bekken van de Moervaart. De afwatering gebeurde oorspronkelijk via de Arm van Rodenhuize van de Sassevaart en de Rodenhuizeloop (fig. 7).

Door talrijke kunstmatige ingrepen werd het afwateringspatroon echter totaal gewijzigd. Bij de verbreding en rechtekking van het kanaal verdween de Arm van Rodenhuize, terwijl de Moervaart werd uitgegraven tot een kanaal, waarbij het waterpeil op +4,45 werd gebracht. De Rodenhuizeloop die thans plaatselijk gelegen is naast de John Kennedylaan, en instond voor de afwatering van het gebied ten oosten van het bedrijfsterrein, kon door het hoge waterpeil van de Moervaart en het verdwijnen van de sluis van Rodenhuize de wateraanvoer niet langer verwerken. Dit probleem werd opgelost door de aanleg van een nieuwe pompstation dat bij wateroverlast het overtollige water overpompt in de Moervaart (fig. 3). Het waterpeil in de Rodenhuizeloop bedraagt t.h.v. het bedrijfsterrein ca. + 4,20.

In het kanaal Gent-Terneuzen dat de westelijke grens van het gebied vormt staat het waterpeil op +4,45; de diepte ervan bedraagt 13,5 m.

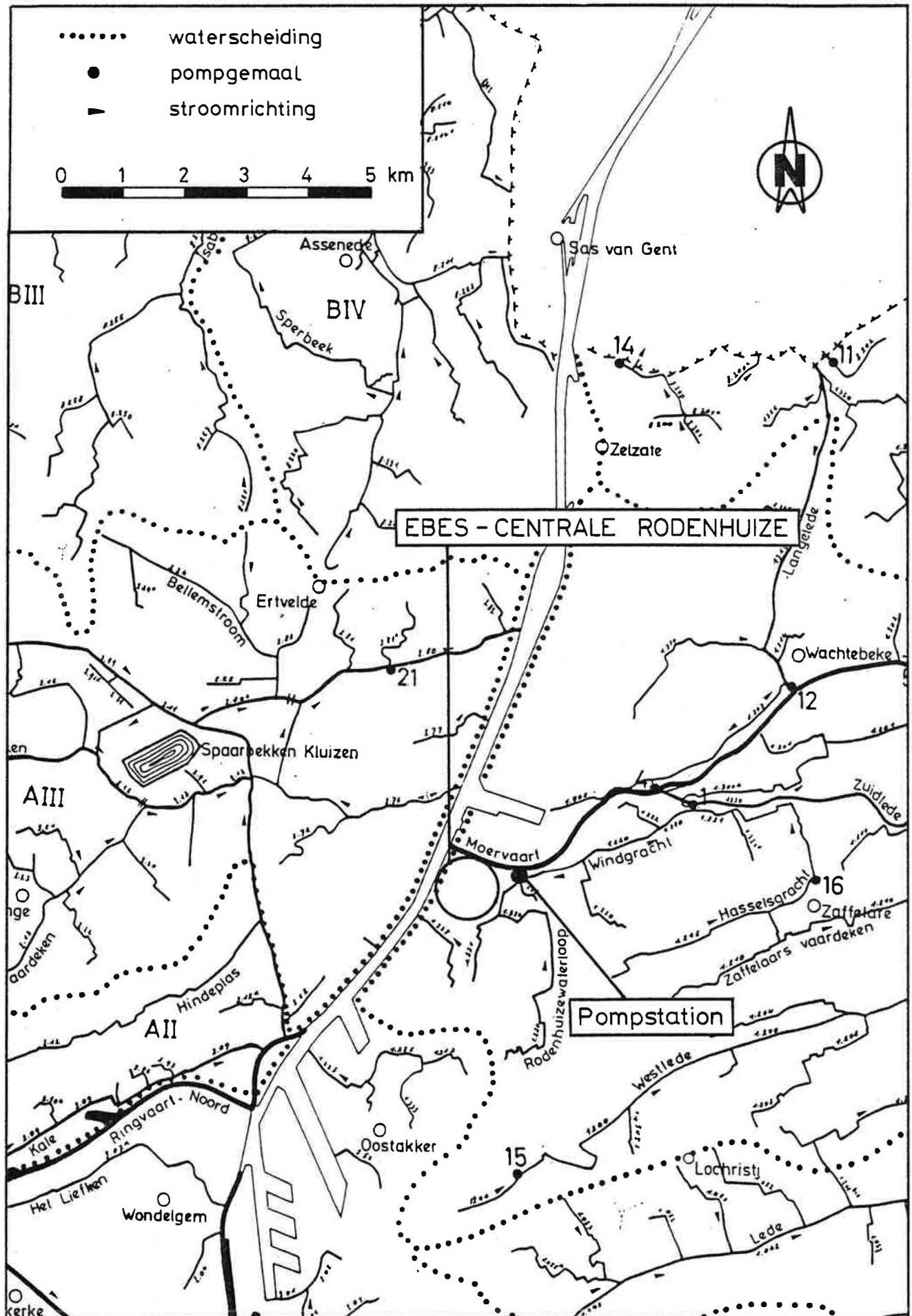


Fig. 3 - Hydrografische bekkens (naar M. VERCRUYSSSE, 1983)

2.4 Bodemgebruik en bestemming

Volgens het gewestplan het Gentse en de Kanaalzone (STAATS-SECRETARIAAT VOOR STREEKECONOMIE, 1977) behoort het EBES-terrein volledig tot het industriegebied. Aan de overzijde van de John Kennedylaan, ten zuidoosten van het terrein, ligt een agrarisch gebied. In een lintvormige strook treft men er ook een woonzone met landelijk karakter aan (Desteldonk).

2.5. Besluit

Het ca. 97 ha groot terrein van de EBES-centrale Rodenhuize in de Gentse kanaalzone is gelegen op 3 tot 4 m aangevulde grond in de voormalige Moervaartdepressie.

De ringdijk van het vliegasstort dat 21,6 ha groot is wordt thans van het peil +9,5 of +10,5 op +11,5 gebracht. De oppervlakte zal na de werken nog 19,5 ha bedragen.

Het gebied watert oppervlakkig af naar de Moervaart en naar de Rodenhuizeloop. Deze laatste loost via een gemaal in de Moervaart.

Het studieterrein is industriegebied.

3. KENMERKEN VAN HET VliegASSTORT

3.1. Algemeen

Hoofdstuk 3 behandelt enkele kenmerken van de vliegAs en van het vliegAsstort.

De mineralogische kenmerken, de chemische samenstelling en een aantal geotechnische eigenschappen van de vliegAs worden overlopen.

Van het stort zelf worden de geometrie, de inhoud en de uitbating bekeken.

De hydraulische kenmerken van het vliegAspakket worden behandeld bij de bespreking van de pompproef in hoofdstuk 4.

3.2. Eigenschappen van de vliegAs

3.2.1. Inleiding

In het bestek van een overeenkomst tussen de POOL DER CALORIEEN en het OPZOEKINGSCENTRUM VOOR DE WEGENBOUW (OCW) werd door het OCW een reeks researchverslagen over de mogelijke nuttige aanwending van vliegAs in de wegenbouw gepubliceerd (OCW, 1980; J. HUET, F. CHOQUET & A. VERHASSELT, 1981; OCW, 1984a; OCW, 1984b; M. THYS, 1984). Deze rapporten geven een overzicht van fysico-chemische eigenschappen van de Belgische vliegAssoorten die in 1979 in tien Belgische hoofdcentrales werden bemonsterd. Het totale monster dat in elke centrale werd genomen had een massa van 500 tot 600 kg. Het was representatief voor een produktietijd van 4 tot 10 h en een vliegAsproduktie van 50.000 tot 130.000 kg. Uitgaande van NBN-norm 831.06 (BELGISCH INSTITUUT VOOR NORMALISATIE, 1970), welke betrekking heeft op o.a. steenkoolbemonstering, werden verspreide deelmonsters van ca. 25 kg vliegAs ontnomen. De deelmonsters werden nadien door kwartiering gereduceerd zoals beschreven in de OCWwerkwijze MN 37/76 (OPZOEKINGSCENTRUM VOOR DE WEGENBOUW, 1976).

In de volgende paragrafen wordt regelmatig gerefereerd naar de resultaten van dit onderzoek van het OCW.

3.2.2. Mineralogische kenmerken

Vliegas is een poedervormig fijnkorrelig mineraal produkt verkregen door ontstopping van de rookgassen. Naargelang de morfologie van de vliegasdeeltjes kan men diverse klassen onderscheiden (J. HUET et al., 1981); in het algemeen zijn het al dan niet holle, bolvormige deeltjes die kunnen geagglomereerd zijn en insluitsels bevatten (foto 2).

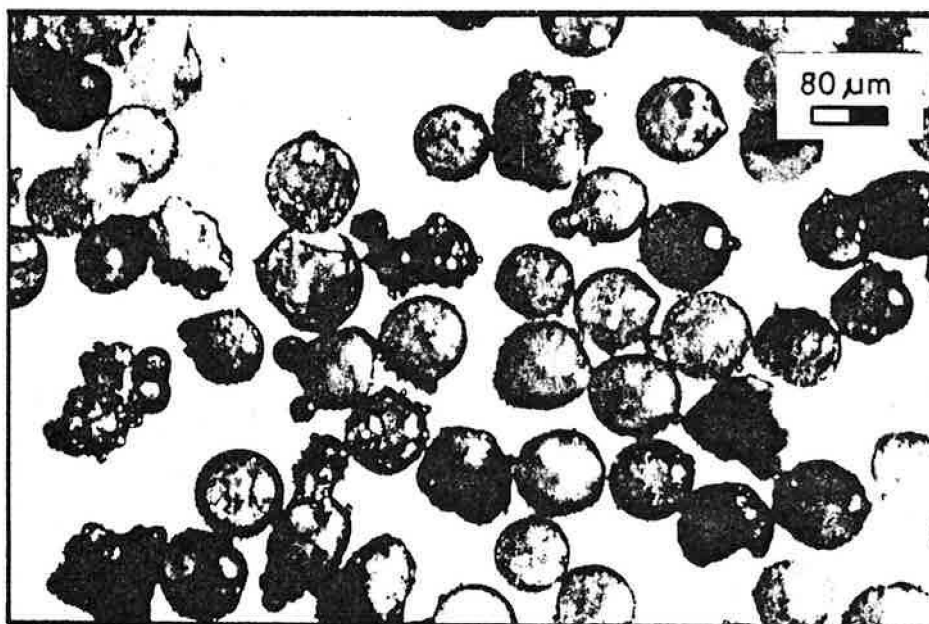
De korrelverdelingsbundel van de door het OCW bestudeerde vliegassoorten is weergegeven in de figuur 4. Uit de korrelverdeling blijkt dat de monsters granulometrisch analoog zijn met leem.

Aan de hand van een X-stralendiffractieonderzoek van een luchtdroog vliegasmonster, ontnomen in juli 1985 nabij de oppervlakte in de zuidoostelijke hoek van het in deze studie bestudeerde vliegasstort, kon de aanwezigheid vastgesteld worden van de mineralen mulliet ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en kwarts (SiO_2) (fig. 5).

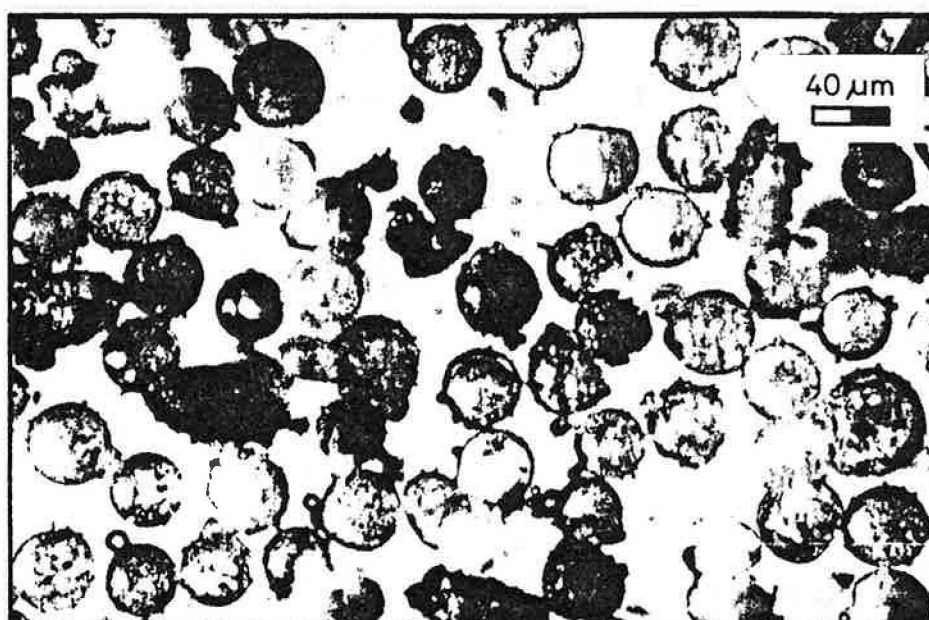
3.2.3. Chemische samenstelling

Vliegas is een siliciumdioxide- en aluminiumtrioxydehoudend materiaal dat arm is aan vrij of gebonden calciumoxyde (puzzolaan). Een overzicht van de chemische samenstelling van Belgische vliegassen is gegeven in de tabel 1. De hoofdbestanddelen zijn Si, Al en Fe. De algemene chemische samenstelling is vrij konstant.

Uit zuiver kwantitatief oogpunt mag gesteld worden dat de vliegassoorten rijk zijn aan verscheidene elementen; door het OCW werden vierenzeventig verschillende elementen onderkend (tabel 2).



fractie 75-90 μm



fractie 37-45 μm

Foto 2 - Mikroskopisch zicht van twee frakties van een vliegemonster (uit J. HUET et al., 1981)

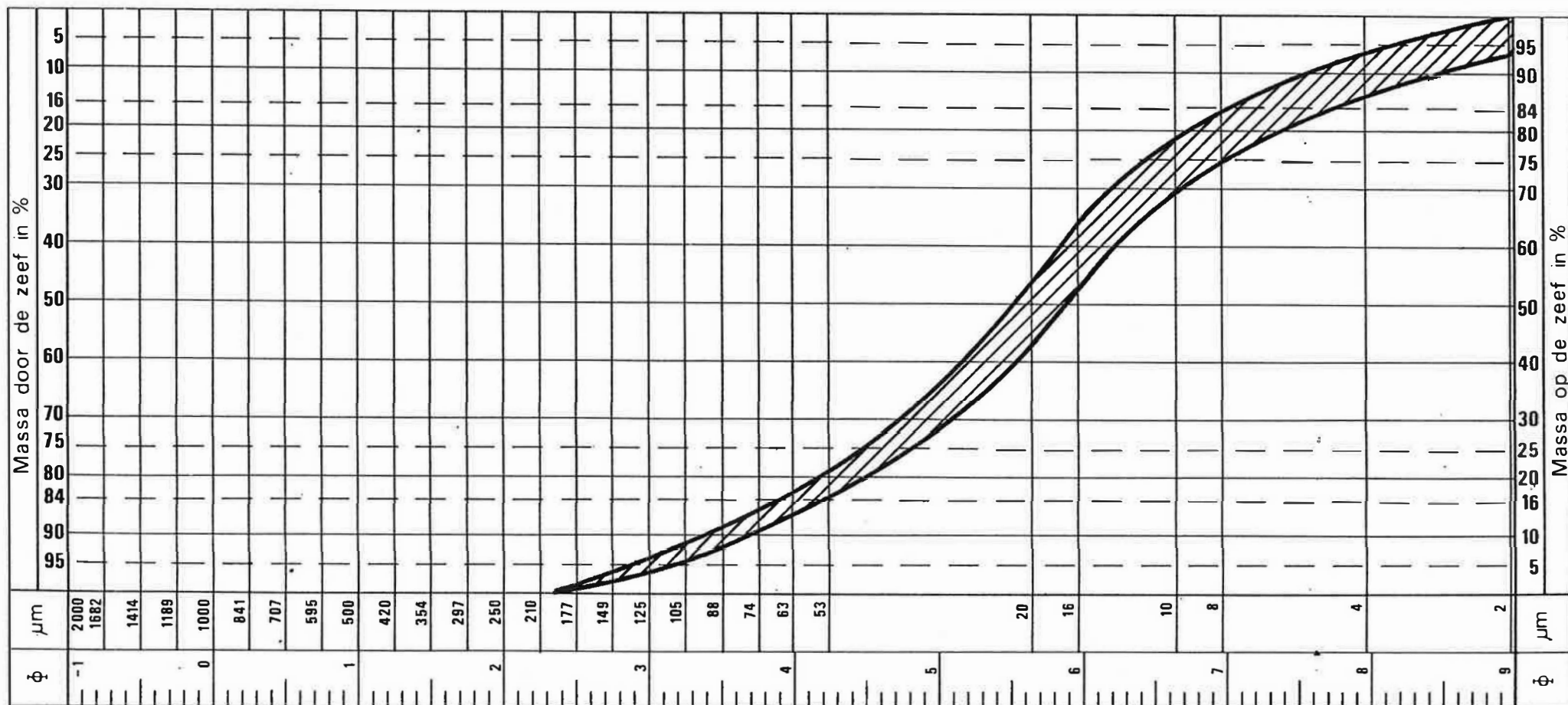


Fig. 4 - Korrelverdelingsbundel van de Belgische vliegassoorten bestudeerd door het OCW (OCW, 1984)

Q = Kwarts
G = Gips
M = Mulliet

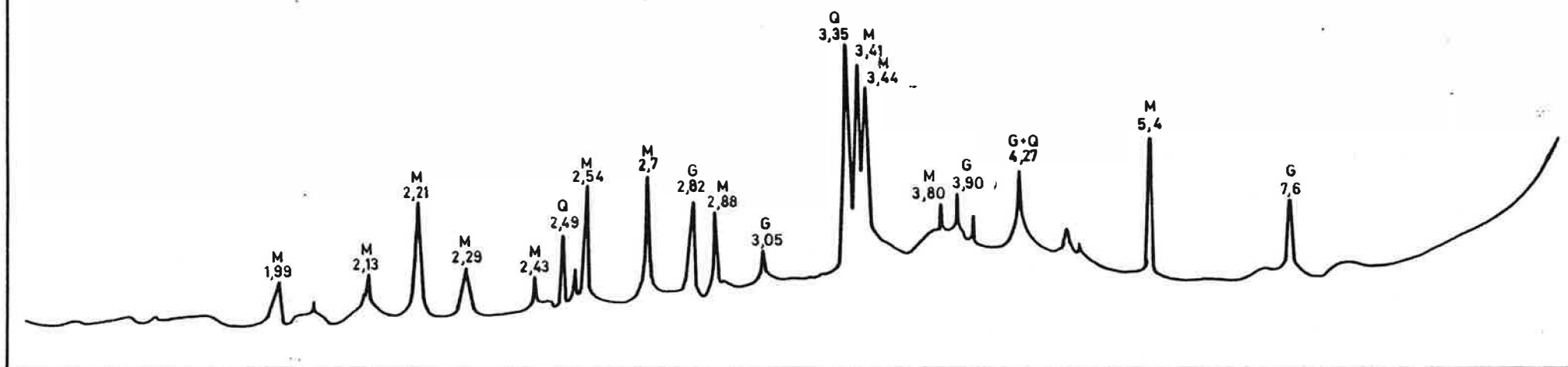


Fig. 5 - X-stralendiffractogram van een vliegasmonster ontnomen aan de oppervlakte in de zuidoostelijke hoek van het vliegasstort te Rodenhuijze in juli 1984 (monster TGO 85/01-VA1)

Tabel 1 - Chemische samenstelling van de in België door het OCW bemonsterde vliegassoorten (J. HUET et al., 1981).

Gedoseerd element	Uitgedrukt in %	Monsternummers									
		201	203	205	207	209	211	213	215	219	221
Si	SiO ₂	49,2	46,0	49,0	48,8	47,3	52,0	50,8	43,1	48,5	48,4
Al	Al ₂ O ₃	26,8	24,7	28,1	26,2	25,7	27,2	24,7	28,6	29,5	24,7
Fe	Fe ₂ O ₃	5,1	6,7	6,0	6,0	5,9	5,5	4,8	3,8	3,8	6,0
Ca	CaO	3,4	2,3	1,5	2,3	3,0	1,3	2,9	7,9	4,1	2,4
Mg	MgO	1,8	1,2	1,5	1,7	1,7	1,6	1,4	1,5	0,8	1,6
Ti	TiO ₂	1,0	1,1	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,5	1,6	0,9
K	K ₂ O	2,5	2,4	3,8	4,1	3,8	4,0	2,9	0,7	0,7	3,4
Na	Na ₂ O	0,4	0,5	0,4	0,8	0,3	0,7	0,4	0,2	0,1	0,7
Ba	BaO	0,10	0,14	0,10	0,10	0,08	0,08	0,14	0,20	0,15	0,05
Mn	MnO	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,07
Sr	SrO	0,10	0,11	0,04	0,02	0,04	0,03	0,07	0,20	0,20	0,02
V	V ₂ O ₅	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
B	B ₂ O ₃	0,06	0,02	0,01	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03
Li	Li ₂ O	0,03	0,01	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04
P	P ₂ O ₅	0,06	0,10	0,07	0,04	0,17	0,07	0,08	0,25	0,50	0,10
S	SO ₃	0,4	0,2	0,4	0,5	0,6	0,3	0,4	1,0	0,8	0,4
Gloeiverlies		3,8	9,8	3,9	4,5	6,3	1,8	4,8	4,6	3,6	4,6
Totaal %		94,9	95,4	96,0	96,2	96,0	95,8	94,7	93,7	94,4	93,5
Vrij CaO %		0,2	sp	sp	0,1	0,3	sp	0,2	1,6	sp	0,1

Tabel 2 - Elementen onderkend in de in België door het
OCW bemonsterde vliegassoorten (J. HUET et al., 1981)

Elementen			Vliegass nr.				Elementen			Vliegass nr.			
Z	Naam		201	215	219	221	Z	Naam		201	215	219	221
3	Lithium	Li	X	X	X	X	39	Yttrium	Y		sp		sp
4	Beryllium	Be	sp	X	sp	sp	40	Zirkonium	Zr	X	X	X	X
5	Borium	B	X	X	X	X	41	Niobium	Nb		X	sp	sp
11	Natrium	Na	X	X	X	X	42	Molybdeen	Mo	sp	X	sp	sp
12	Magnesium	Mg	X	X	X	X	44	Ruthenium	Ru	X	sp	sp	X
13	Aluminium	Al	X	X	X	X	45	Rhodium	Rh	X	X	X	X
14	Silicium	Si	X	X	X	X	46	Palladium	Pd			sp	sp
15	Fosfor	P	X	X	X	X	47	Zilver	Ag		sp		
19	Kalium	K	X	X	X	X	48	Cadmium	Cd	X	sp	sp	sp
20	Calcium	Ca	X	X	X	X	50	Tin	Sn	X	X	X	X
22	Titanium	Ti	X	X	X	X	52	Tellurium	Te	sp	sp		
23	Vanadium	V	X	X	X	X	56	Barium	Ba	X	X	X	X
24	Chroom	Cr	sp	X	X	X	57	Lanthanium	La	X	X	X	sp
25	Mangaan	Mn	X	X	X	X	59	Praseodym.	Pr			sp	sp
26	Ijzer	Fe	X	X	X	X	62	Samarium	Sm		sp	sp	
27	Kobalt	Co	X	X	X	sp	64	Gadolinium	Gd			sp	
28	Nikkel	Ni	X	X	X	X	66	Dysprosium	Dy		X	sp	sp
29	Koper	Cu	X	X	X	X	73	Tantalium	Ta	X	X	X	X
31	Gallium	Ga	X	X	X	sp	77	Iridium	Ir	X	X	X	X
32	Germanium	Ge	X	sp	sp	sp	80	Kwikzilver	Hg		sp		sp
33	Arsenicum	As	sp		sp	sp	82	Lood	Pb		X	X	X
38	Strontium	Sr	X	X	X	X	83	Bismut	Bi	X	X	X	X

Z : atomair cijfer

sp : sporen

X : aanwezigheid

Resultaten van analyses die door VINCOTTE vzw sinds 1977 uitgevoerd worden op vliegashuis van verschillende centrales toont aan dat vliegashuis niet toxisch is volgens de bepalingen van het KB van 9 februari 1976 (M. THYS, 1984).

Enkele aspecten in verband met de uitloging van vliegashuis worden besproken in hoofdstuk 6.

3.2.4. Geotechnische kenmerken

Een overzicht van enkele geotechnische kenmerken van Belgische vliegashuis is gegeven in tabel 3. Enkele bijzonderheden worden hieronder besproken.

Ofschoon het materiaal granulometrisch als leem kan beschouwd worden vertoont het geen plasticiteit en gedraagt het zich in bepaalde opzichten eerder als zand.

De volumieke massa van de vliegashuisdeeltjes (2140 tot 2320 kg/m³) is kleiner dan deze van de meeste natuurlijke gronden; bij zandgronden en kleigronden vindt men respectievelijk 2650 en 2700 kg/m³. De droge volumieke massa van de vliegashuis is eveneens lager dan deze van gronden.

De doorlatendheid bepaald in het laboratorium bij volledige verzadiging varieert van $2,4 \times 10^{-7}$ tot $8,0 \times 10^{-7}$ m/s of van 0,02 tot 0,07 m/d. Deze waarden stemmen overeen met de doorlatendheid van zeer fijn zand of leem. De doorlatendheid van de vliegashuis in het stort te Rodenhuis wordt besproken in hoofdstuk 4.

Vliegashuis heeft de reputatie in verzadigde toestand aanleiding te geven tot zettingsvloeiing; storten die groter zijn dan 5000 m² en die minstens in één richting een helling vertonen die groter is dan 5 % moeten dan ook het voorwerp uitmaken van grondmechanisch onderzoek door

Tabel 3 - Geotechnische kenmerken van de in 1979 door het OCW onderzochte vliegassoorten (M. THYS, 1984).

Nummer van het vliegamonster			201	203	205	207	209	211	213	215	219	221	
ONDERZOCHE EIGENSCHAPPEN		Eenheid	RESULTATEN VAN DE PROEVEN										
Conventioneel gehalte aan vrij CaO		%	0,2	0	0	0,1	0,3	0	0,2	1,8	0	0,1	
Gloeiverlies		%	3,8	9,8	3,9	4,5	8,3	1,8	4,8	4,8	3,8	4,8	
Oplosbaarheid in water	na 1 extr.	%	1,1	0,4	1,1	0,8	1,1	0,8	0,8	2,0	0,9	0,7	
	na 5 extr.	%	2,6	0,8	1,4	1,8	2,2	0,9	1,9	3,6	1,8	1,4	
Korrelaansamstelling (zeefrest)													
Door zieving (mm)	0,177	%	0,8	0,4	0,5	1,4	1,1	0,5	0,8	0,7	0,4	2,9	
	0,075	%	9,5	8,5	8,2	13,2	13,4	7,8	10,0	5,4	4,1	13,5	
Door bezinking (mm)	0,060	%	14,0	11,5	13,0	17,5	17,0	13,0	13,5	9,5	8,5	19,0	
	0,040	%	25,0	19,5	23,0	28,5	25,0	24,5	24,5	18,5	15,0	29,5	
	0,020	%	51,5	44,5	45,0	51,5	47,5	52,5	50,5	38,3	38,0	47,5	
	0,010	%	75,5	72,0	72,0	73,0	68,5	77,5	78,5	68,5	63,5	89,5	
	0,002	%	97,0	92,5	92,0	93,0	94,0	100	98,0	93,0	90,0	98,0	
Volumieke massa bij 25°C	ρ_s	g/cm ³	2,14	2,24	2,31	2,17	2,16	2,23	2,24	2,22	2,30	2,32	
Na Versterkte Proctor	ρ_s	g/cm ³	2,15	2,28	2,22	2,20	2,19	2,23	2,24	2,20	2,30	2,21	
Soortelijke oppervlakte Blaine		cm ² /g	2823	2988	3179	2710	3457	2661	2922	3941	3789	2919	
Doorlatendheidscoëfficiënt	k (10°C)	10 ⁻⁷ m/s	5,8	8,0	5,8	8,7	2,6	6,4	5,2	5,2	5,8	4,8	
Porievolume	n	%	43	45	42	42	40	40	43	49	47	42	
Vorstgevoeligheid ($i_d = 100\%$ VPO)													
Opvriescoëfficiënt	R _h	%	49	41	33	38	30	23	53	49	54	55	
IJafscheidingscoëfficiënt	R _w	%	42	42	28	32	29	23	47	45	46	41	
Verdichtbaarheid	VPO	g/cm ³	1,26	1,31	1,37	1,35	1,38	1,37	1,37	1,22	1,29	1,37	
	w _{VPO}	%	25	24	20	20	19	19	21	31	28	20	
	SPO	g/cm ³	1,22	1,30	1,37	1,35	1,38	1,41	1,33	1,14	1,24	1,38	
	w _{SPO}	%	27	25	22	22	22	20	22	35	30	22	
Draagvermogen													
Maximale CBR		%	44	30	43	31	80	29	49	66	49	42	
w bij max. CBR (bij verdichting)		%	23	23	19	19	18	17	19	31	27	15	
Na indompeling													
Maximale CBR		%	42	13	5	2	43	1	19	105	18	6	
w bij max. CBR (bij verdichting)		%	26	29	21	21	16	20	19	37	25	21	
Maximale lineaire zwelling		%	3,4	4,4	9,5	4,2	2,4	5,7	3,4	1,8	2,4	4,5	
Zuigingshoogte s	bij S _r = 50 %	m	-	6,0	6,5	5,9	-	5,5	-	-	-	-	
	70 %	m	4,8	4,0	4,4	4,0	5,7	3,6	5,3	8,6	5,7	4,9	
	90 %	m	2,3	-	-	-	-	-	2,5	4,9	3,4	-	
Atterbergse grenzen													
Vloeigrens													
Uitroigrens													
Plasticiteitsindex													
Krimpgrens													
Vrije drukweerstand na toeslag van :													
0 % kalk	zonder onderdompeling	R' _c	MPa	0,37	0,13	0,13	0,11	0,54	0,12	0,25	3,48	0,28	0,24
	met onderdompeling	R' _{ci}	MPa	0,29	0	0	0	0,40	0	0	3,55	0	0,22
1 % kalk	zonder onderdompeling	R' _c	MPa	0,99	0,18	0,65	0,69	1,25	1,12	1,11	4,61	0,82	1,06
	met onderdompeling	R' _{ci}	MPa	1,01	0	0,66	0,74	1,15	0,94	0,90	3,44	0,59	0,98
Rechtstreekse schuifproeven (CD)													
inwendige wrijvingshoek	ϕ	°	34	30	31	26	36	27	29	45	33	29	
cohesie	c	kPa	20	4	0	6	9	5	19	16	18	7	

het RIJKSINSTITUUT VOOR GRONDMECHANICA.

3.3. Het vliegasstort

3.3.1. Geometrie van het stort

Het stort, dat naast vliegas minieme hoeveelheden korrelasen bevat, is gelegen ten zuidoosten van de centrale en vertoont een min of meer vierkante vorm. Een ringdijk doet dienst als kering voor de hydraulisch gestorte vliegas. Het stort is in feite een bezinkbekken (fig. 6). De hoogte van de dijk wisselt thans tussen +9,5 en +10,5. Ophogingswerken om de kruin op +11,5 te brengen zijn aan de gang.

Het grootste deel van de bodem van het stort, m.a.w. het voormalig maaiveld lag vermoedelijk op het peil +4,5 tot +7,5; bepaalde percelen waren immers al opgehoogd met zand vooraleer vliegas is gestort. Onder het stort ligt ook een deel van de voormalige Sassevaart (Arm van Rodenhuize)(fig. 7). Volgens personeelsleden van de centrale van Rodenhuize werd dit deel volgestort met vliegas; een doorsnede door het stort is te zien op PLAAT 2.

De top van het vliegaspakket lag in juli 1985 tussen +8,7 en +9,5.

Op grond van de huidige geometrische gegevens en informatie over de voormalige topografie kan de inhoud van het huidig stort ruw geraamd worden op ca. 890.000 m³. Zoals in paragraaf 3.3.2 besproken wordt schijnt dit volume een overschatting te zijn.

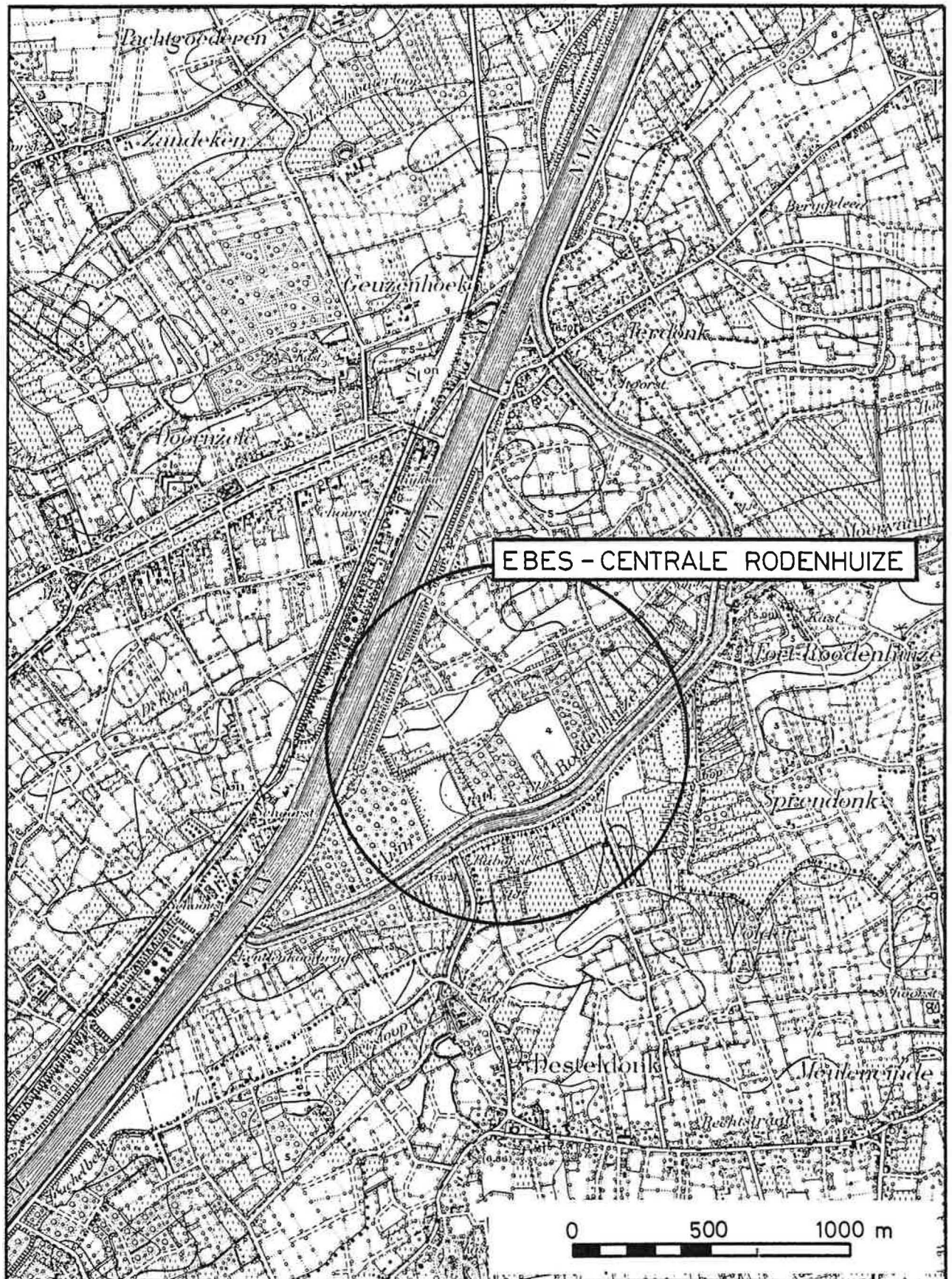


Fig. 7 - Het studiegebied in 1938 (INSTITUT GEOGRAPHIQUE MILITAIRE, s.d.)

3.3.2. Aangevoerde hoeveelheden vliegias op het stort

Op grond van het jaarlijks kolenverbruik in de centrale van Rodenhuize en het gemiddeld asgehalte van de kolen is de hoeveelheid geproduceerde as, waaronder ook vliegias, begroot (tabel 4). De figuren 8 en 9 stellen dit grafisch voor.

Uit de cijfers blijkt dat eind 1984, 671.850 ton as was geproduceerd waaronder 592.034 ton vliegias. Aannemend dat de volumieke massa van de vliegias gelijk is aan 1100 kg/m^3 stemmen deze massa's overeen met respectievelijk 610.773 m^3 en 538.213 m^3 . Deze cijfers liggen beduidend lager dan de 890.000 m^3 berekend in paragraaf 3.3.1. Dit kan er eventueel op wijzen dat de gemiddelde dikte van het vliegiaspakket geringer is dan uit de beschikbare topografische informatie blijkt; m.a.w. zouden meerdere percelen voor het storten van vliegias reeds opgehoogd geweest zijn.

In de tabel 4 is ook een prognose gegeven van de toekomstige asproductie; hierbij is ervan uitgegaan dat de groep 4 op steenkool zal werken eind 1988*. Op basis van deze cijfers en van de geometrie van het stort met verhoogde dijken (tot +11,5) zou er gestort kunnen worden tot hoogstens half 1991; dit in de veronderstelling dat er tot aan de dijkkrui gestort wordt en er zich geen belangrijke zettingen zouden voordoen. Zonder ombouw, en met een jaarlijkse vliegiasaanvoer van ca. 42.600 m^3 , zou er gestort kunnen worden tot eind 1993.

3.3.3. Uitbating van het stort

De vliegias wordt door middel van kanaalwater hydraulisch afgevoerd van de centrale naar het stort. Het debiet van het transportwater bedraagt gemiddeld $45 \text{ m}^3/\text{h}$, in piek $200 \text{ m}^3/\text{h}$. Het water wordt via een gracht geloosd in de Moervaart.

* In het eigenlijke MER werd 1986 aangenomen als ombouwjaar. Thans is de ombouw voorzien voor 1988.

Tabel 4 - Overzicht van het kolenverbruik en de hoeveelheid
geproduceerde as in de centrale van Rodenhuize

Jaar	Kolenverbruik (ton)	Gemid. Asgehalte (%) *	Gemid. Watergeh. (%)	Geproduceerde As (ton)	Geproduceerde Vliegashouding (ton)
1964	28.828	29,00	7,65	7.721	6.804
1965	207.381	30,07	7,07	57.951	51.066
1966	218.046	28,90	6,66	58.818	51.830
1967	109.928	26,70	6,69	27.387	24.133
1968	36.816	29,20	7,30	9.965	8.781
1969	80.609	27,30	7,07	20.450	18.021
1970	-	-	-	-	-
1971	-	-	-	-	-
1972	-	-	-	-	-
1973	1.096	21,10	8,08	212	187
1974	125.653	22,00	6,80	25.764	22.703
1975	147.297	28,20	8,39	38.208	33.669
1976	180.995	25,60	8,45	42.419	37.380
1977	61.045	28,30	8,66	15.780	13.905
1978	248.612	27,60	8,09	63.066	55.574
1979	208.247	22,99	10,30	42.945	37.843
1980	355.581	18,00	7,73	58.680	51.709
1981	329.844	16,81	7,64	52.581	46.334
1982	334.705	18,40	8,77	56.130	49.462
1983	259.385	17,75	8,87	40.802	35.955
1984	327.615	17,86	9,33	52.971	46.678
1985	(296.000)	(20)	(10)	(53.280)	(46.886)
1986	(296.000)	(20)	(10)	(53.280)	(46.886)
1987	(296.000)	(20)	(10)	(53.280)	(46.886)
1988	(296.000)	(20)	(10)	(53.280)	(46.886)
1989	(601.000)	(20)	(10)	(108.180)	(95.200)
1990	(601.000)	(20)	(10)	(108.180)	(95.200)

* op droge kolen

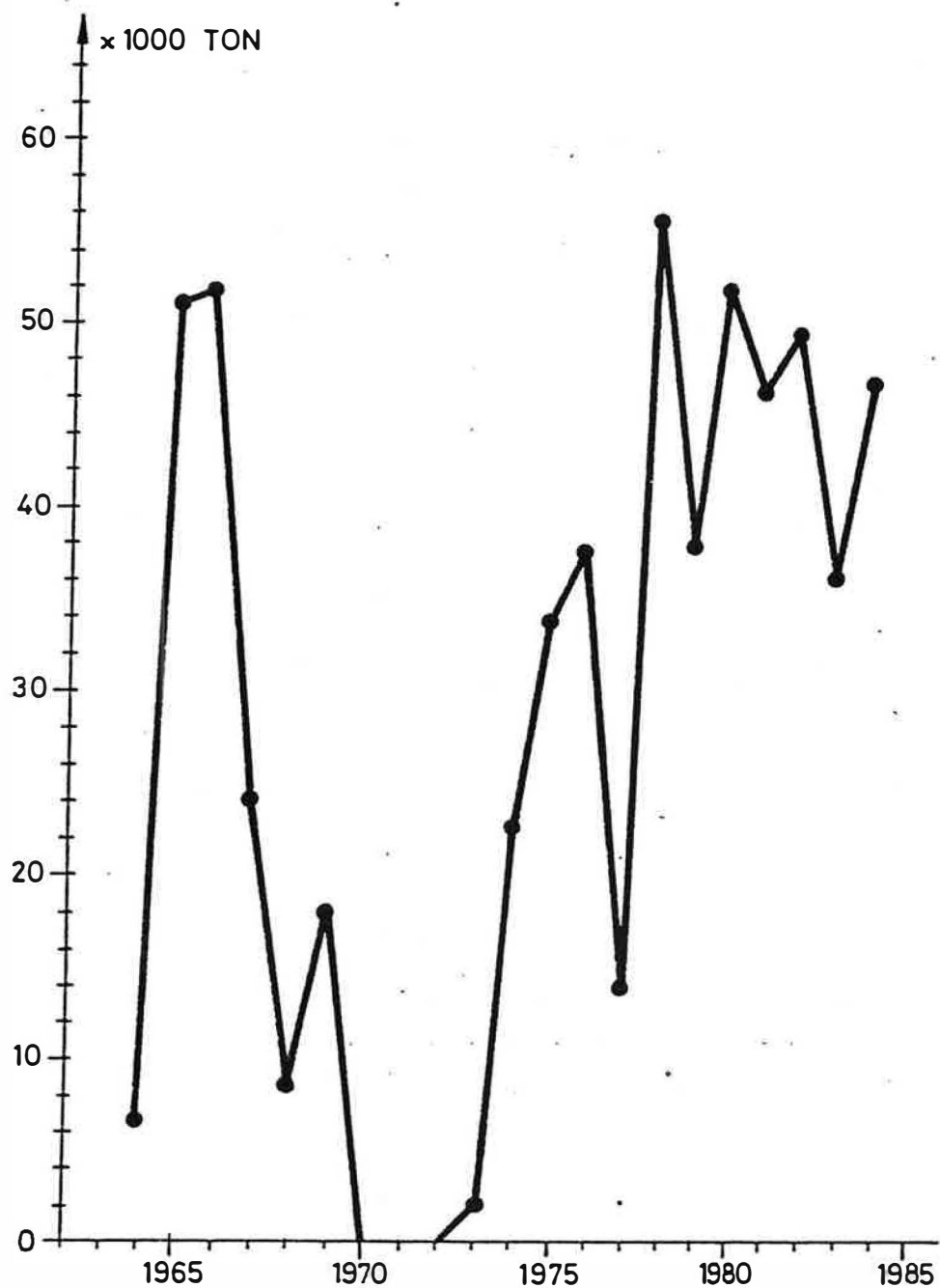


Fig. 8 - Evolutie van de jaarlijkse vliegaspductie in de centrale van Rodenhuijze vanaf 1964

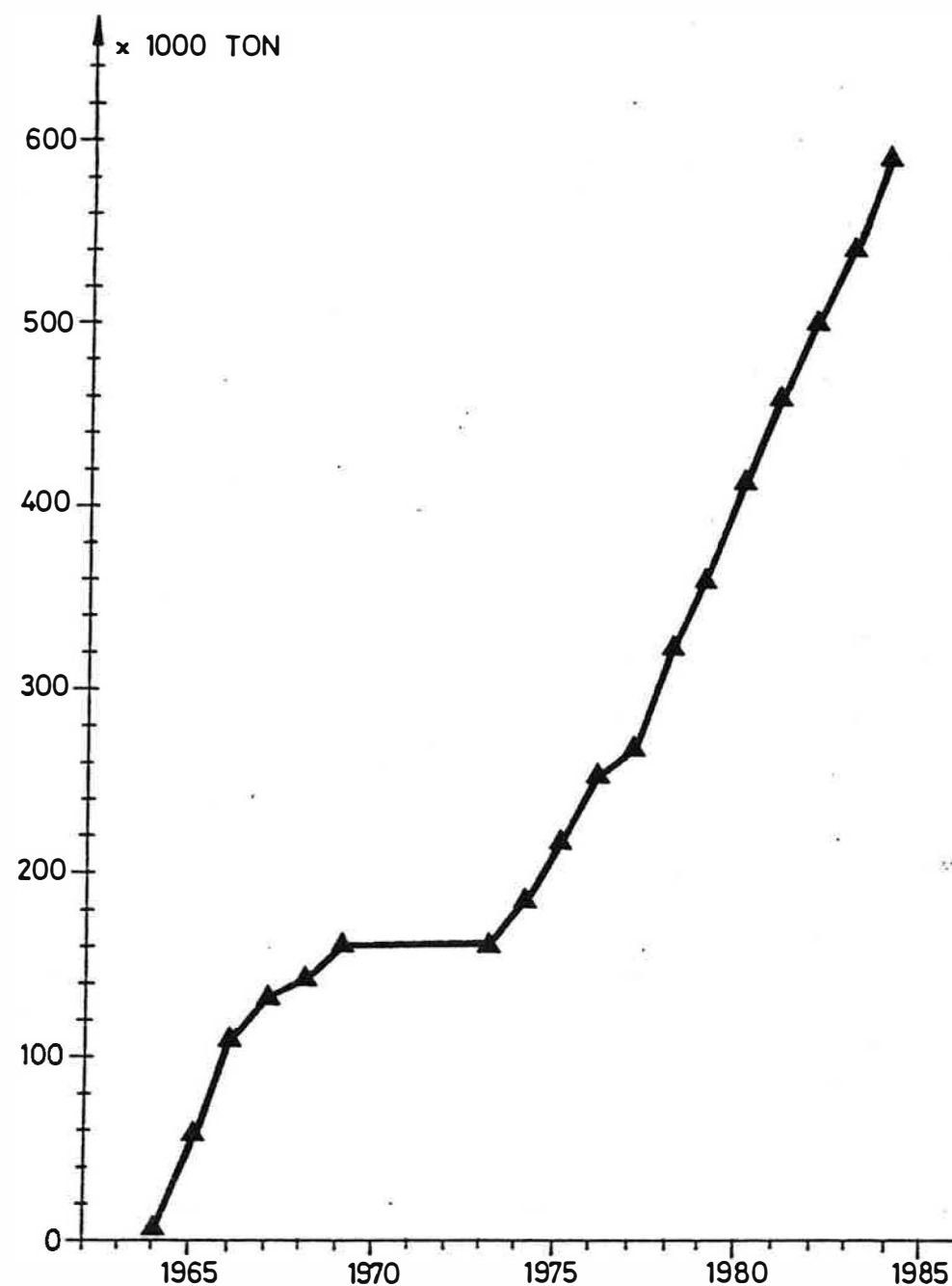


Fig. 9 - Totale vliegaspductie in de centrale van Rodenhuijze sinds 1964

Aanvankelijk bevond de inlaat zich in de westelijke hoek van het stort; thans in de oostelijke. De uitlaat is gelegen in de noordelijke hoek. Het grachtensysteem rond het stort is weergegeven in figuur 10.

Er zijn geen gegevens beschikbaar over de waterbalans van het stort; het is niet gekend hoeveel transportwater doorheen het vliegaspakket naar de watervoerende laag KZ infiltreert. Dit aspect komt verder ter sprake in hoofdstuk 7.

3.4. Besluit

In het algemeen is de vlieg-as samengesteld uit bolvormige deeltjes vooral bestaande uit de mineralen mulliet, gips en kwarts; Si, Al en Fe zijn de hoofdbestanddelen. Zeer veel andere elementen komen echter voor. Het materiaal is niet toxisch. Aardkundig vertoont vlieg-as eigenschappen die nu eens aanleunen bij deze van leem, dan weer bij deze van zand.

In het geval van de centrale van Rodenhuize, wordt de vlieg-as hydraulisch getransporteerd op het stort dat in feite een bezinkbekken is; het transportwaterdebiet is gemiddeld $45 \text{ m}^3/\text{h}$ en in piek $200 \text{ m}^3/\text{h}$.

De huidige stortkapaciteit is nagenoeg opgebruikt. Ophoging van de dijken is aan de gang. Zonder ombouw van de groep 4 zou er gestort kunnen worden tot eind 1993. Met ombouw is dat tot half 1991.

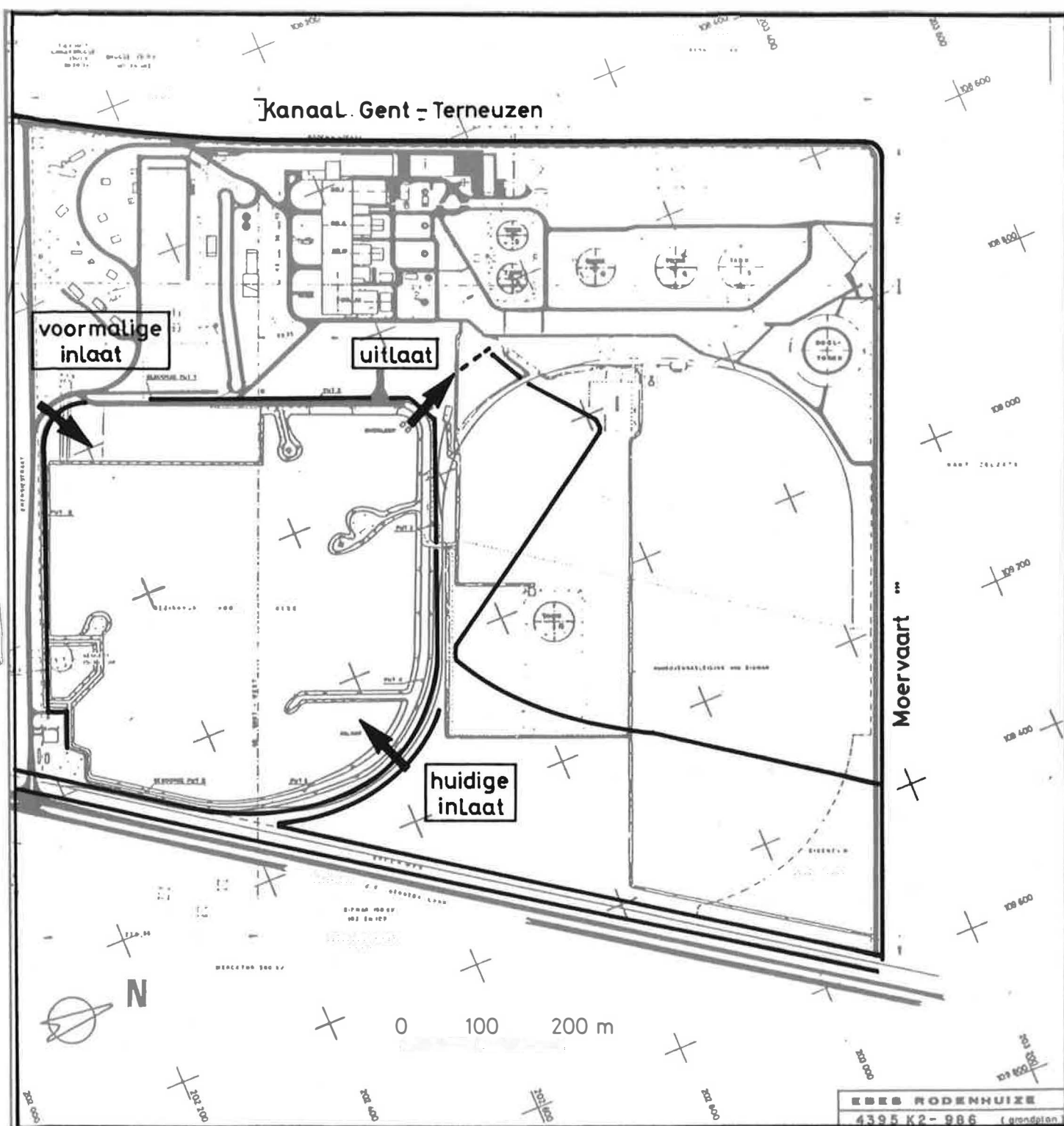


Fig.10 Grachten rond het vliegassstort.

4. KENMERKEN VAN DE ONDERGROND

4.1. Algemeen

De bestaande gegevens over de ondergrond van het bedrijf (resultaten van boringen, diepsonderingen, laboratoriumproeven ... enz.) werden geïnterpreteerd en geïnterpreteerd. Ze werden, samen met de aanvullende nieuwe boringen, verwerkt tot kaarten en een litologische doorsnede. De ligging ervan is weergegeven op PLAAT 1.

Tijdens de maand juni 1985 werden aanvullende boringen verricht, waardoor de kennis van de ondergrond verruimde en peilbuizen geplaatst konden worden. Aan de hand van een pompproef werden meer gedetailleerde gegevens bekomen over de hydraulische kenmerken van de lagen.

In de volgende paragrafen worden de aanvullende boringen, de hydrolitostratigrafie en de hydraulische kenmerken van de kwartaire lagen en van het huidig stort besproken. PLAAT 2 geeft een algemeen beeld van de geologisch opbouw van het studiegebied.

4.2. Aanvullende boringen

4.2.1. Boringen buiten het vliegassort

Naast het vliegassort werden 4 boringen verricht, genummerd G SB1 tot G SB4. De boorplaatsen werden gekozen volgens een lijn, dit om het opstellen van doorsneden mogelijk te maken. De ligging van de boringen is weergegeven op PLAAT 1.

De boringen (diameter 90 mm) zijn gespoeld en reiken tot ca. 2 m in het tertiair kleisubstraat (a_1). Nadat de gewenste diepte was bereikt, werd het boorgat voorzien van een PVC-peilbuis (diameter 40 mm)(fig. 11). Het 1,0 m lange filterelement dat zich bevindt in het onderste deel van de watervoerende laag KZ (paragraaf 4.5.4), werd omstort met gekalibreerd grof zand (0,7/0,9 mm). Ter hoogte van de slecht doorlatende alluviale laag KDL (paragraaf 4.5.3) werd de ringvormige ruimte tussen de peilbuis en de boorgatwand gedicht met een kleistop,

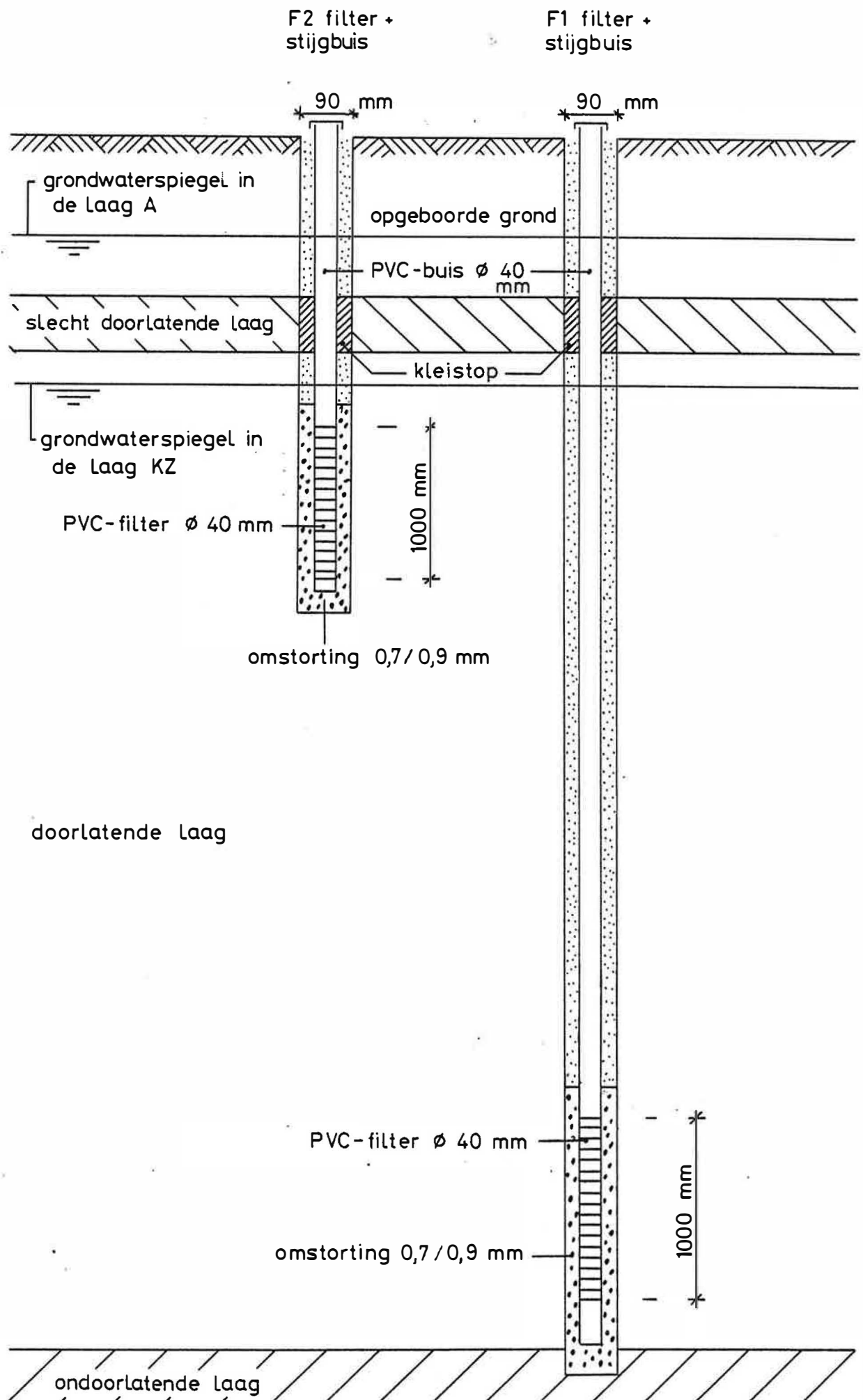


Fig. 11 - Opbouw van de peilbuizen geplaatst in het bestek van deze studie

teneinde doorsijpeling van water doorheen het boorgat te vermijden. Deze peilbuizen worden steeds aangeduid door "F1" voorafgegaan door het nummer van de boring.

Ter plaatse werd het opgespoelde materiaal aan een visueel en manueel onderzoek onderworpen. Aandacht werd hierbij besteed aan de kleur, de korrelgrootte, het leem- en/of kleigehalte, de grintbestanddelen en andere insluitsels evenals het humusgehalte. De boorbeschrijvingen zijn opgenomen in bijlage 1. De gronden werden beschreven volgens de klassificatie in gebruik bij de LEERSTOEL VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE (M. DEPRET, 1981). Deze klassificatie is een uitgebreide versie van deze opgenomen in het typebestek 150 van het MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN (1978).

Een paar meter naast elke diepe boring werd een relatief ondiepe gespoelde boring uitgevoerd (diameter 90 mm) die telkens het bovenste deel van de laag KZ aansnijdt. Het boorgat werd afgewerkt met een PVC-peilbuis, analoog aan deze hierboven beschreven (fig. 11). Deze peilbuizen worden aangeduid met het symbool "F2", voorafgegaan door het nummer van de nabijgelegen diepe boring.

Bijlage 2 resumeert de geometrische kenmerken van de peilbuizen.

4.2.2. Boringen op het vliegassort

De aanwezigheid van enkele grintdammen op het vliegassort maakte het mogelijk een pompproef uit te voeren op het stort zelf, teneinde de hydraulische parameters van de watervoerende laag KZ en van de vliegassort te bepalen. Met het oog hierop werden 8 gespoelde boringen uitgevoerd, waarvan één werd uitgebouwd tot een pompput (PP); in de overige (aangeduid met PB, gevolgd door een cijfer) werd een peilbuis aangebracht. Hiervan bevinden er zich twee in de vliegassort zelf. De gedetailleerde ligging van de boringen is weergegeven op PLAAT 7. De

beschrijving is opgenomen in bijlage 1.

Het boorgat PP werd gespoeld met een diameter van 120 mm. Hierin werd een PVC-buis (diameter 90 mm) met een filterelement van 7,0 m neergelaten; het bovenste deel van de laag KZ wordt er volledig door aangesneden. Weerom werd het filterelement omstort met grof zand (0,7/0,9 mm) en werd ter hoogte van de alluviale laag en de vliegias een kleistop aangebracht.

Alle overige boringen werden gespoeld met een diameter van 90 mm en werden steeds voorzien van een PVC-peilbuis met een diameter van 40 mm. PB1 en PB2 bereiken het onderste deel van de kwartaire zandlaag KZ; PB3, PB4 en PB5 bevinden zich in het bovenste deel van deze laag, terwijl PB6 en PB7 in de vliegias werden geplaatst. Alle filterelementen zijn 1 m lang, uitgezonderd die van PB6 en PB7 waarvan de lengte slechts 0,50 m bedraagt. De filterelementen werden omstort met grof zand (0,7/0,9 mm). Het boorgat is ter hoogte van de vliegias telkens afgesloten met een kleistop.

De diepte van de filterelementen is terug te vinden in bijlage 2.

4.3. Geofysische boorgatmetingen

Teneinde de kennis van de litologie van de ondergrond aan te vullen en de grondwaterkwaliteit te bestuderen werden in elke diepe boring naast het vliegiasstort, alsook ter hoogte van PB2 in het stort, geofysische boorgatmetingen uitgevoerd. Er werd gebruik gemaakt van een OYO GEOLOGGER-3400, waarmee de boorgatdiameter, de spontane potentiaal, de elektrische puntweerstand en de natuurlijke gammastraling werd gemeten.

Anderzijds gebeurde de meting van de resistiviteit manueel met twee verschillende sondes, nl. de lange normaalsonde (LN) en de korte normaalsonde (SN). Beide meetsondes zijn voorzien van twee ringelektroden (diameter 32 mm, breedte 5 mm) op een onderlinge afstand van respectievelijk 1,0 m en 0,25 m. De elektroden aan het aardoppervlak worden geplaatst op een grote afstand van elkaar en van het boorgat. De sondes worden neergelaten in het boorgat en bij ophaling wordt de resistiviteitswaarde gemeten om de 0,25 m.

Vooraf de meting van de natuurlijke gammastraling is belangrijk voor de studie van de litologie, daar deze grootte onafhankelijk is van de kwaliteit van het poriënwater. De gemeten waarden zijn voorgesteld naast de boorstaat op de litologische doorsnede (PLAAT 2). De resistiviteitsmetingen zijn gebruikt voor het opstellen van zg. resistiviteitsprofielen teneinde de grondwaterkwaliteit te bestuderen. Deze profielen worden besproken in hoofdstuk 6.

4.4. Waterpassing

Nadat alle filterputten slib- en zandvrij waren gepompt, waren ze in principe klaar voor gebruik als peilbuis of als pompput. De omrekening van de gemeten diepten tot stijghoogten is evenwel nodig om het regionale grondwaterstromingspatroon te kunnen rekonstrueren. Daarom werden de toppen van alle peilbuizen aangesloten op het referentieniveau van de Tweede Algemene Waterpassing (TAW) van het Nationaal Geografisch Instituut (NGI). De aansluiting op het TAW-referentieveld gebeurde vertrekkende van de hoogtemerktekens welke nabij het studiegebied zijn gelegen. Meteen werd ook het niveau van het maaiveld ter plaatse van de boringen opgemeten, teneinde met grotere nauwkeurigheid de litologische doorsnede en de kaarten te kunnen opmaken. Een aantal peilbuizen destijds geplaatst rond het stort op vraag van OVAM werden eveneens in de waterpassing opgenomen.

De topografische gegevens zijn vermeld bij de overeenkomstige boring of peilbuis (bijlage 1 en 2).

4.5. Hydrolitostratigrafie

4.5.1. Aangevulde en vergraven gronden (A)

De aangevulde gronden, die dienden voor het bouwrijp maken van de terreinen, zijn grotendeels afkomstig van de respectievelijke verbredingen van het voormalige of huidige kanaal Gent-Terneuzen. Ze zijn vooral aanwezig in het gebied buiten het vliegassort. De dikte ervan bedraagt meestal 2 tot 4 m, doch kan oplopen tot meer dan 6 m. De samenstelling is voornamelijk zandig, maar leem- en/of kleilaagjes kunnen voorkomen. Ter hoogte van het vliegassort is het terrein slechts plaatselijk opgehoogd. Vaak rust de vliegassort rechtstreeks op het oorspronkelijk terrein. De PLAAT 3 geeft de dikte van de aangevulde zandgronden en van de vliegassort welke ook als aangevulde grond s.l. kan worden beschouwd.

Waar de slecht doorlatende alluviale laag KDL aanwezig is vormen de aangevulde zandgronden een afzonderlijke watervoerende laag; buiten de alluviale vallei daarentegen maken ze deel uit van de onderliggende watervoerende freatische laag KZ. Het vliegassort is een slecht doorlatende laag.

4.5.2. Bodems

De bodemkaart van België geeft informatie over het bodemprofiel tot op 1,25 m diepte. De kaart is opgesteld door middel van ca. twee handboringen per ha. Uit het kaartblad 40E LOCHRISTI van de bodemkaart (J. AMERYCKX, 1960) kan men afleiden dat de centrale en het sort gelegen zijn op zandgronden of op kleigronden. Deze laatste zijn aanwezig in de depressie van de Moervaart.

Een overzicht van de bodemgesteldheid zoals bestaande ten tijde van de opname van de Bodemkaart 40E LOCHRISTI (1955-1956) is gegeven in figuur 12.

4.5.3. De slecht doorlatende laag KDL

Oorspronkelijk werd het studiegebied diagonaal doorsneden door de Moervaartdepressie, waardoor het grootste deel van het terrein behoorde tot een alluviale vlakte. In deze depressie liep de Sassevaart (Arm van Rodenhuize) waarin de Moervaart uitmondde. Deze gedempte arm is weergegeven op de PLATEN 3, 4 en 5 en is ook te zien op de fig. 7.

Belangrijk voor de geologie van deze vallei was de periode na de laatste ijstijd, het Holocene. Tijdens het Boreaal sneden de rivieren zich in en vormden smalle rivierdalen; de dalen werden tijdens het Atlanticum en het Subboreaal opgevuld met alluviale sedimenten en veen.

De slecht doorlatende laag KDL is hoofdzakelijk samengesteld uit zwarte veenhoudende klei en/of veen met zeer veel vergaan hout. Een enkele keer werd in de boringen leem aangetroffen. J. AMERYCKX (1960) vermeldt bovendien het voorkomen van moeraskalk met 35 tot 65 % CaCO_3 .

De laterale uitbreiding van de laag KDL is weergegeven op de PLATEN 4 en 5. De begrenzing is afgeleid van de geologische en pedologische kaart (E. DELVAUX & M. MOURLON, 1879; J. AMERYCKX, 1960).

De dikte van de laag kan bepaald worden aan de hand van hogergenoemde platen die respectievelijk het peil van de top en de basis weergeven. Deze dikte varieert tussen 0 en 1 m.

Door zijn kleiige en venige samenstelling vertoont de laag een geringe doorlatendheid. Ze verleent aan de laag KZ een half-artesisch karakter.

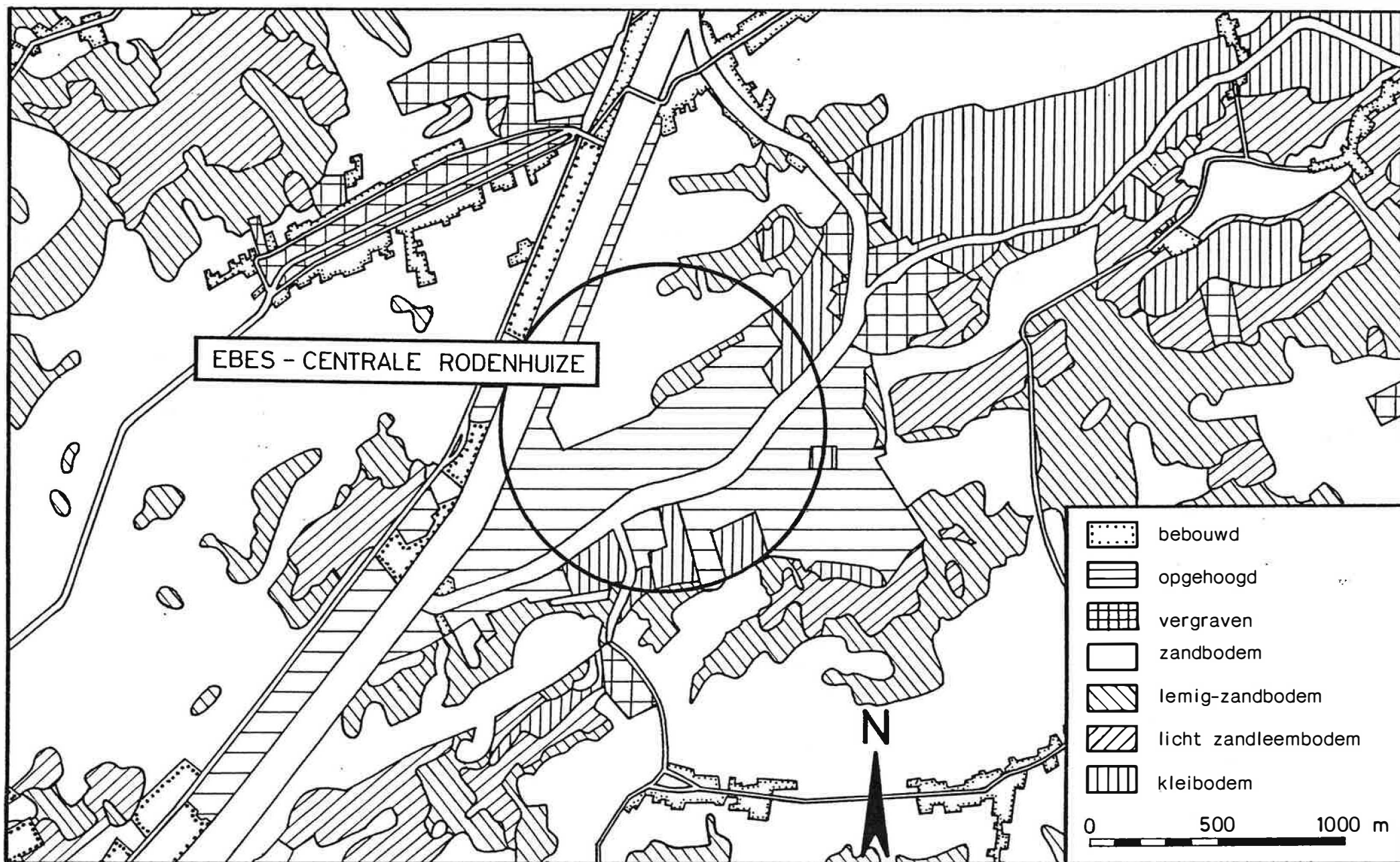


Fig. 12 - De bodems (naar J. AMERYCKX, 1960)

4.5.4. De kwartaire watervoerende laag KZ

De voor dit onderzoek belangrijkste afzetting, de watervoerende laag KZ, werd gevormd tijdens het Pleistoceen. Deze periode is gekenmerkt door een reeks min of meer strenge klimaatsschommelingen die in onze streken overeen kwamen met een afwisseling van ijstijden (glacialen) en tussenijstijden (interglacialen). Het studiegebied behoorde toen tot een betrekkelijk diep in het Tertiair uitgeschuurd, noordwaarts afwaterend valleistelsel, de zgn. Vlaamse Vallei. Het klimaat en de ermee verband houdende zeespiegelstand bepaalden in ruime mate de sedimentatieomstandigheden en dus tevens de aard van de afzettingen die men er nu aantreft.

Thans wordt aangenomen dat de diepste insnijding van de Vlaamse Vallei dateert uit het voorlaatste glaciaal, het Saaliaan. De daaropvolgende steeds veranderende sedimentatievoorwaarden, onderbroken door periodes van intense erosie, verklaren het zeer grillige laterale en verticale verloop van de pleistocene afzettingen.

Uit een vroeger uitgevoerde studie in de Gentse kanaalzone (W. DE BREUCK, Ph. VAN BURM & M. VAN CAMP, 1983), blijkt dat de pleistocene zanden vaak kunnen onderverdeeld worden in 2 lagen (KZ2 en KZ1) gescheiden door een slecht doorlatende leemlaag (KL). Deze laatste is in het studiegebied echter niet of slechts zeer plaatselijk aangetroffen zodat de beide zandlagen hier als één eenheid worden beschouwd (laag KZ).

Het bovenste deel van de laag KZ is afgezet door fluvio-periglaciale en eolische processen gedurende een late fase van het Weichseliaan en gedurende het Weichsel-Tardiglaciaal. Soms is het zand min of meer leemhoudend, of komen zeer dunne leemlaagjes voor.

Het onderste deel van de laag KZ is complex van oorsprong en samenstelling. Het materiaal bestaat uit fluvio-periglaciaal afzettingen uit het voorlaatste glaciaal (het Saaliaan) en/of uit estuariene afzettingen daterend uit het daaropvolgende interglaciaal, het Eemiaan. Onderaan bevat deze laag meestal middelmatig tot grof zand met zeer veel schelpfragmenten. Deze zone neemt, in het studiegebied, in dikte toe in noordelijke richting.

De basis van deze zanden, tevens de basis van het Kwartair, wordt vaak gevormd door een grintlaagje, bestaande uit zwarte silexkeien.

De dikte en het peil van de top van de laag KZ in het studiegebied is aangegeven op PLAAT 5.

Het hydrogeologisch karakter van deze laag wordt bepaald door de slecht doorlatende laag KDL. In de Moervaartvallei heerst een half-artesische toestand; waar de alluviale laag afwezig is vormt de laag KZ, samen met de aangevulde en vergraven gronden, een freatisch watervoerende laag.

4.5.5. Het Tertiair

Een overzicht van de ondiepe tertiaire lagen is voorgesteld op PLAAT 6. Hierop is de aard van de tertiaire formaties, alsook het peil van de top van het kleisubstraat (a_1) vermeld.

In de hogergenoemde studie van de Gentse kanaalzone (W. DE BREUCK, P. VAN BURM & M. VAN CAMP, 1983) worden drie tertiaire eenheden vermeld in het studiegebied. Het betreft de eenheden a_2 , s_1 en a_1 , die behoren tot een groter complex van kleilagen en meer zandige lagen, die met ongeveer 0,6 % naar het noorden hellen. In dit complex worden drie kleiige eenheden (a_1 , a_2 , a_3) onderscheiden, die telkens bedekt worden door drie meer zandige afzettingen (s_1 , s_2 , s_3).

Laatstgenoemde zijn gekenmerkt door een wisselende dikte en een heterogene litologie, waarbij de samenstelling kan variëren van fijn zand over leem- en kleihoudend fijn zand tot leem en fijnzandhoudende klei.

In de uitgevoerde boringen werd enkel de eenheid a_1 met zekerheid aangetroffen. Deze klei is beschouwd als het tertiair substraat. In de litologische doorsnede stemt de dunne zandlaag begrepen tussen het basisgrint en het tertiair kleisubstraat waarschijnlijk overeen met de eenheid s_1 . De eenheid a_2 is door zijn geringe uitbreiding en zijn geringe dikte in het studiegebied te verwaarlozen. Beide eenheden zullen dan ook worden gerekend tot de watervoerende laag KZ.

4.6. Hydraulische parameters van de watervoerende laag KZ en de vliegias

4.6.1. Definities

Vooraleer de resultaten van de pompproef te bespreken, wordt voor een beter begrip ingegaan op de soorten watervoerende lagen, de hydraulische parameters en de grondwaterstromingsregimes.

4.6.1.1. Soorten watervoerende lagen (fig. 13)

4.6.1.1.1. Artesische of afgesloten watervoerende lagen

Men noemt een artesische of afgesloten watervoerende laag een volledig met water gevulde, goed doorlatende laag die zowel bovenaan als onderaan wordt begrensd door een ondoorlatende laag. De druk van het poriënwater in een artesische laag is overal groter dan de atmosferische druk.

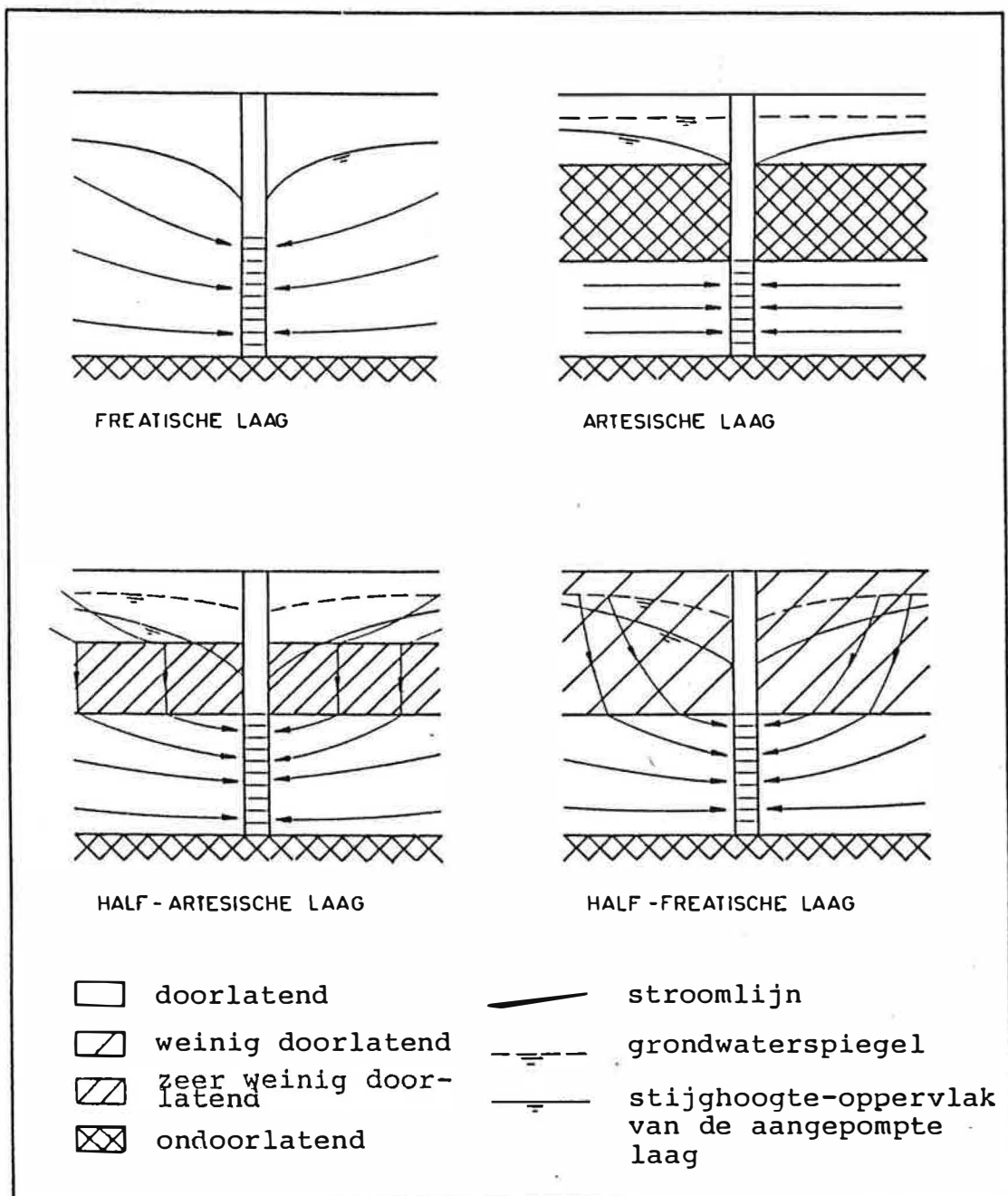


Fig. 13 - De verschillende types watervoerende lagen en de grondwaterstromingen bij aanpompings ervan.

Artesische watervoerende lagen komen binnen het studiegebied voor op relatief grote diepte (bv. het Ledo-Paniseliaan). In het stadium van het onderzoek zijn ze evenwel niet van belang.

4.6.1.1.2. Freatische watervoerende lagen

Een freatische watervoerende laag is een goed doorlatende afzetting, onderaan begrensd door een slecht doorlatende of ondoorlatende laag, en bovenaan door de vrije grondwaterspiegel. Deze laatste is het oppervlak waar de druk van het porïenwater gelijk is aan de atmosferische druk; de drukhoogte is er gelijk aan nul.

4.6.1.1.3. Gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen : half-artesische en half-freatische lagen

Tussen de bovenvermelde types van watervoerende lagen - artesische en freatische - zijn alle tussenvormen mogelijk. Naarmate hierbij eerder de artesische dan wel de freatische toestand wordt benaderd, spreekt men van half-artesische en half-freatische lagen.

Een half-artesische laag wordt bovenaan begrensd door een slecht doorlatende laag, onderaan door hetzij een slecht doorlatende, hetzij een ondoorlatende laag. Een slecht doorlatende laag heeft een kleine, doch meetbare (vertikale) hydraulische doorlatendheid. Horizontale grondwaterstroming is beperkt tot de half-artesische laag, terwijl in de slecht doorlatende laag hoofdzakelijk een verticale stromingskomponent overheerst.

Wordt een goed doorlatende laag bovenaan begrensd door een relatief slecht doorlatende laag, echter voldoende doorlatend opdat er een niet-verwaarloosbare horizontale stromingskomponent in kan optreden, dan spreekt men van een half-freatische toestand.

In het studiegebied vormt de laag KZ een half-artesische laag in de depressie van de Moervaart; buiten deze depressie is de laag freatisch. De laag KDL is een slecht doorlatende laag.

4.6.1.2. Hydraulische parameters

4.6.1.2.1. De hydraulische doorlatendheid k

De hydraulische doorlatendheid k (dimensie LT^{-1}) wordt gedefinieerd als de hoeveelheid water die per tijdseenheid en onder eenheidsverhang door een transversale eenheidssektie van het poreuze medium stroomt.

De doorlatendheid is een tensor : zijn grootte kan variëren volgens de hoofdrichtingen van een kartesisch coördinatenstelsel. In poreuze media evenwel volstaat het meestal om een horizontale en een verticale doorlatendheid in te voeren, m.a.w. $k_h = k_x = k_y$ en $k_v = k_z$.

4.6.1.2.2. Transmissiviteit of doorlaatvermogen kD

Deze grootheid kD wordt gedefinieerd als het produkt van de horizontale hydraulische doorlatendheid en de dikte van de watervoerende laag :

$$kD = k_h \cdot D \quad (L^2 T^{-1})$$

Anders uitgedrukt is het de hoeveelheid water die per tijdseenheid en onder eenheidsverhang stroomt door een sektie van eenheidsbreedte, genomen over de volledige dikte van de watervoerende laag.

Is een watervoerende laag vertikaal niet homogeen dan wordt de transmissiviteit bekomen door de horizontale doorlatendheid van elk afzonderlijk laagje met zijn dikte te vermenigvuldigen en de resultaten op te tellen :

$$kD = \sum_{i=1}^n k_i D_i$$

Men kan volgens bovenstaande vergelijkingen transmissiviteitswaarden berekenen uitgaande van doorlatendheden, die men in het laboratorium bepaalt op ongeroerde stalen, of die men schat uit de korrelverdeling. De meest betrouwbare informatie aangaande deze parameter bekomt men evenwel door in-situ bepalingen met een pompproef.

4.6.1.2.3. De hydraulische weerstand c

De hydraulische weerstand c (dimensie T), een eigenschap van de slecht doorlatende lagen, is een maat voor de weerstand tegen verticale grondwaterstroming en wordt bij een homogene laag gedefinieerd als de verhouding tussen de dikte van de laag en haar verticale doorlatendheid. Wordt c vermenigvuldigd met de waterdoorlatende porositeit van de laag, dan geeft deze parameter de tijd aan, die een waterdeeltje nodig heeft om onder eenheidsverhang deze laag vertikaal te doorstromen.

4.6.1.2.4. De elastische bergingscoëfficiënt S

De elastische bergingscoëfficiënt S (dimensieloos), is de hoeveelheid water die bij eenheidsverandering van de stijghoogte wordt afgegeven of opgenomen door een volume-element met horizontale eenheidsdoorsnede en genomen over de volledige dikte van de formatie. De specifieke elastische berging S'_A (dimensie L^{-1}) bekomt men door de bergingscoëfficiënt te delen door de dikte van de laag. S'_A is dus de hoeveelheid water die per volume-eenheid wordt opgenomen of afgegeven bij eenheidstoename of -afname van de stijghoogte.

De opname of afgave van water bij verandering van de druk van de poriënvloeistof is het gevolg van de uitzetting of van de samendrukbaarheid van het korrelskelet en in veel mindere mate het gevolg van de samendrukking of van de uitzetting van het water zelf.

4.6.1.2.5. De bergingscoëfficiënt nabij de watertafel S_0

De bergingscoëfficiënt nabij de watertafel S_0 (dimensieloos) is de hoeveelheid water, die door de formatie wordt afgegeven of opgenomen bij daling of stijging van de watertafel met 1 m. In zandige afzettingen is hij nagenoeg gelijk aan de effectieve porositeit.

De totale bergingscoëfficiënt van een freatische watervoerende laag wordt bekomen door de som te nemen van de bergingscoëfficiënt nabij de watertafel en de elastische bergingscoëfficiënt.

$$S = D \cdot S'_A + S_0$$

Meestal is de bergingscoëfficiënt nabij de watertafel meerdere grootte-orde belangrijker dan de elastische bergingscoëfficiënt, zodat de eerste term van het rechterlid in bovenstaande vergelijking wegvalt.

4.6.1.3. Grondwaterstromingsregimes

De horizontale en verticale doorlatendheid, waaruit de transmissiviteit en hydraulische weerstand worden berekend, zijn de noodzakelijke parameters om de permanente grondwaterstroming te analyseren. Bij permanent regime treden geen bergingsveranderingen op in de tijd. Er heerst evenwicht tussen de hoeveelheid water die het reservoir in- en uittreedt. Daardoor veranderen de stijghoogten niet (meer) in de tijd. Dergelijke permanente grondwaterstroming is gerealiseerd wanneer, na een voldoende lange periode van bemaling, de watervoerende laag even snel gevoed wordt als water eruit wordt verwijderd.

Bij niet-permanente stroming daarentegen is (nog) geen evenwicht bereikt tussen de hoeveelheid water, die het grondwaterreservoir in en uittreedt. Er treden bergingsveranderingen op in de tijd, zodat de stijghoogten eveneens tijdsafhankelijk zijn. Om een dergelijk stromings-

regime te beschrijven, is naast de kennis van de horizontale en de verticale doorlatendheid tevens deze van de bergingscoëfficiënt vereist.

Niet-permanente stroming treedt op bijvoorbeeld bij aanvang van de bemaling van een watervoerende laag. Het duurt immers een tijd (enkele minuten tot meerdere dagen) vooraleer de afpompings wordt gecompenseerd door de voeding van het reservoir en aldus een nieuwe evenwichtstoestand intreedt. Gedurende deze periode van niet-evenwicht wordt een steeds kleiner wordende hoeveelheid water onttrokken aan de berging van de laag. Deze bergingsvermindering gebeurt bij freatische lagen door de daling van de grondwaterspiegel, bij (half-)artesische lagen door elastische samendrukking van de laag.

4.6.2. Pompproef

4.6.2.1. Doel, voorbereiding en uitvoering van de pompproef

De opbouw van een mathematisch kwaliteitsmodel, nodig voor de studie van de evolutie van de grondwaterkwaliteit (hoofdstuk 7), vereist de grondige kennis van de hydraulische parameters van de beschouwde lagen, in dit geval de kwartaire zandlaag KZ en de vliegias. Met het oog op de bepaling van deze parameters werd op het vliegiasstort een pompproef uitgevoerd; waarbij het bovenste deel van de watervoerende laag KZ werd bemalen.

De plaatsing van de pompput en de peilbuizen, werd reeds besproken in paragraaf 4.2.2. PLAAT 7 geeft in detail de positie van de peilbuizen ten opzichte van de pompput weer, alsook de diepte van de filterelementen. Aanvankelijk was slechts één peilbuis in het onderste deel van de laag KZ voorzien, dit op ca. 12,5 m van de pompput. Uit een proefbemaling bleek echter dat de verlaging in deze peilbuis slechts zeer weinig afweek van de verlaging waargenomen in het bovenste deel van de laag KZ. Deze toestand zou moeilijkheden opgeleverd hebben bij de interpretatie van de pompproef, zodat werd besloten een tweede peilbuis

in het onderste deel van de kwartaire zandlaag te plaatsen, ditmaal dichter bij de pompput.

Ter plaatse van de pompproef bereikt de kwartaire zandlaag KZ een dikte van ca. 15 m. Ze is er samengesteld uit fijn zand dat weinig leemhoudend kan zijn. Ter hoogte van PB1 werd, boven het tertiair substraat, 8 m middelmatig zand aangetroffen. Op de kwartaire zandlaag rust een ca. 0,5 m dikke klei- of veenlaag die zelf bedekt is door de vliegias, waarvan de dikte ca. 5,5 m bedraagt. De vliegias is gekenmerkt door een afwisseling van zachte (grijze) en harde (bruine) lagen.

De bemaling startte op 3 juli 1985 om 10.00h. Er werd gebruik gemaakt van een WAVO-pomp. Het opgepompte water werd afgevoerd naar een drainagegeultje op de vliegias. Regelmatig werd het debiet van het opgepompte water gemeten. Dit debiet schommelde steeds rond $120 \text{ m}^3/\text{d}$, met als uiterste waarden $108 \text{ m}^3/\text{d}$ en $133 \text{ m}^3/\text{d}$.

Op vaste tijdstippen werd, manueel, de diepte van het grondwaterpeil beneden de top van de peilbuis gemeten d.m.v. een peilmeter. De daling van het waterpeil t.g.v. het pompen werd bekomen door het verschil te maken tussen deze peilen en het rustpeil. Alle peilmeters werden geijkt in éénzelfde peilbuis teneinde mogelijke fouten uit te sluiten.

Na 24 h bemaling werd de pomp stilgelegd.

4.6.2.2. Bepaling van de hydraulische parameters met behulp van een mathematisch model

Inherent aan de "klassieke" grafische interpretatiemethoden van pompproeven zijn een aantal foutenbronnen, vooral voortvloeiend uit vereenvoudigingen die worden aangenomen. Daarbij komt nog dat bij pompproeven in veellagige grondwaterreservoirs, slechts een gedeelte van de hydraulische parameters kan worden bepaald, met name deze van de aange-

pomppe laag. Sommige methoden (WALTON, HANTUSH I) leveren bovendien meerdere waarden op voor kD , c en S al naargelang van de afstand tussen de pompput en de peilbuis.

Onnauwkeurigheden, te wijten aan deze tekortkomingen, treden niet op wanneer men het volledig reservoir nabij de pompput en de grondwaterstromingen die erin heersen, nabootst met een mathematisch model (L. LEBBE, 1983). Het door deze auteur opgestelde model "SIMPUM" is tweedimensionaal en axiaal-symmetrisch. Vertikaal wordt het reservoir ingedeeld in een aantal lagen, die worden gekozen naargelang zijn hydrogeologische bouw. Verder wordt het reservoir verdeeld in een reeks ringen, concentrisch omheen de pompput aangebracht. De stralen van deze ringen laat men logaritmisch toenemen. Zo bekomt men een schikking van elementaire cellen waarvan de positie kan worden weergegeven d.m.v. de ring en de laag waartoe de cel behoort. De verste ring wordt op een zodanig grote afstand van de pompput gebracht, dat er zeker geen verlaging meer zal optreden en de stijghoogte dus vast kan worden gehouden in de tijd.

Aan iedere laag wordt een waarde voor de dikte (D), de horizontale hydraulische doorlatendheid (k) en de specifieke elastische berging (S'_A) toegekend. Tussen iedere laag in dient een waarde voor de hydraulische weerstand (c) te worden ingevoerd. Voor iedere ring (d.w.z. op logaritmisch toenemende afstanden tot de pompput) berekent het model de evolutie van de verlagingen in de tijd. De berekeningen gebeuren door de eindigverschilmethode toe te passen op de wet van DARCY en de continuïteitswet. Het bekomen stelsel van differentiaalvergelijkingen wordt opgelost met een iteratief proces.

De berekende en de waargenomen tijd-verlagingskurven en afstand-verlagingskurven worden vergeleken. De ingevoerde hydraulische parameters moeten worden aangepast tot een voldoende overeenkomst is bereikt tussen de berekende en de waargenomen waarden. Een belangrijke hulp hierbij is het rekenprogramma SENPUM (L. LEBBE, 1985), dat toelaat

de berekende verlagingen te onderwerpen aan een gevoeligheidsanalyse. Aldus wordt aangegeven hoe de verlagingen zullen antwoorden op de aanpassing van een bepaalde parameter met een zekere faktor. Het spreekt vanzelf dat de verlaging, gemeten op een bepaalde plaats en een bepaald tijdstip, niet even gevoelig is voor elke ingevoerde parameter en omgekeerd.

De simulatie van de uitgevoerde pompproef maakte een verdeling van het lagenpakket, begrepen tussen het ondoorlatend tertiair kleisubstraat en de watertafel, in 5 lagen (L1-L5) noodzakelijk. Laag 1 en 2 vormen samen het onderste deel van de watervoerende laag KZ; de grens tussen beide lagen werd gekozen op de helft van de verticale afstand tussen de centra van de filterelementen van PB1 en PB2 (PLAAT 7). Laag 3 valt samen met het bovenste deel van de watervoerende laag KZ; dit is de aangepompte laag. De slecht doorlatende laag KDL en de vliegias tot aan de watertafel worden ondergebracht in laag 4 en laag 5. De grens tussen deze lagen is weer gelegen tussen de centra van de filterelementen van de peilbuizen PB6 en PB7 (PLAAT 7).

De aan iedere laag toegekende waarden voor de hydraulische parameters bij de eerste simulatie (tabel 6) werden afgeleid uit deze bekomen met de klassieke interpretatiemethoden (WALTON en DEGLEE) (tabel 5), of werden geschat steunend op gegevens uit de literatuur. Met het oog op de grafische interpretatie werden de peildalingen in de aangepompte laag uitgezet op bilogarithmisch papier (fig. 14 en 15). Sterk uiteenlopende waarden werden bekomen a.h.v. de gemeten dalingen in PB3, PB4 en PB5, waarbij vooral PB5 een sterke afwijking vertoont (tabel 5).

Tabel 5 - Hydraulische parameters bekomen met grafische interpretatiemethoden

Interpretatiemethoden	Peilbuis	kD (m^2/d)	S ($\times 10^{-4}$)	c (d)
WALTON	PB3	44	7	57
	PB4	38	8	29
	PB5	74	0,5	1485
DEGREE	Alle bovenvermelde	53	-	107

Tabel 6 - Aanvangswaarden van de hydraulische parameters, van de onderscheiden lagen ingevoerd in het mathematisch model "SIMPUM" (L. LEBBE, 1983)

Laag	dikte (m)	k (m/d)	$S'_A (\times 10^3 \text{m}^{-1})$	S_o	c (d)
L5	1,85	0,20	0,20	0,20	93
L4	3,0	0,20	0,20	-	152
L3	7,0	5,0	0,10	-	140
L2	4,7	5,0	0,10	-	50
L1	3,0	8,0	0,10	-	

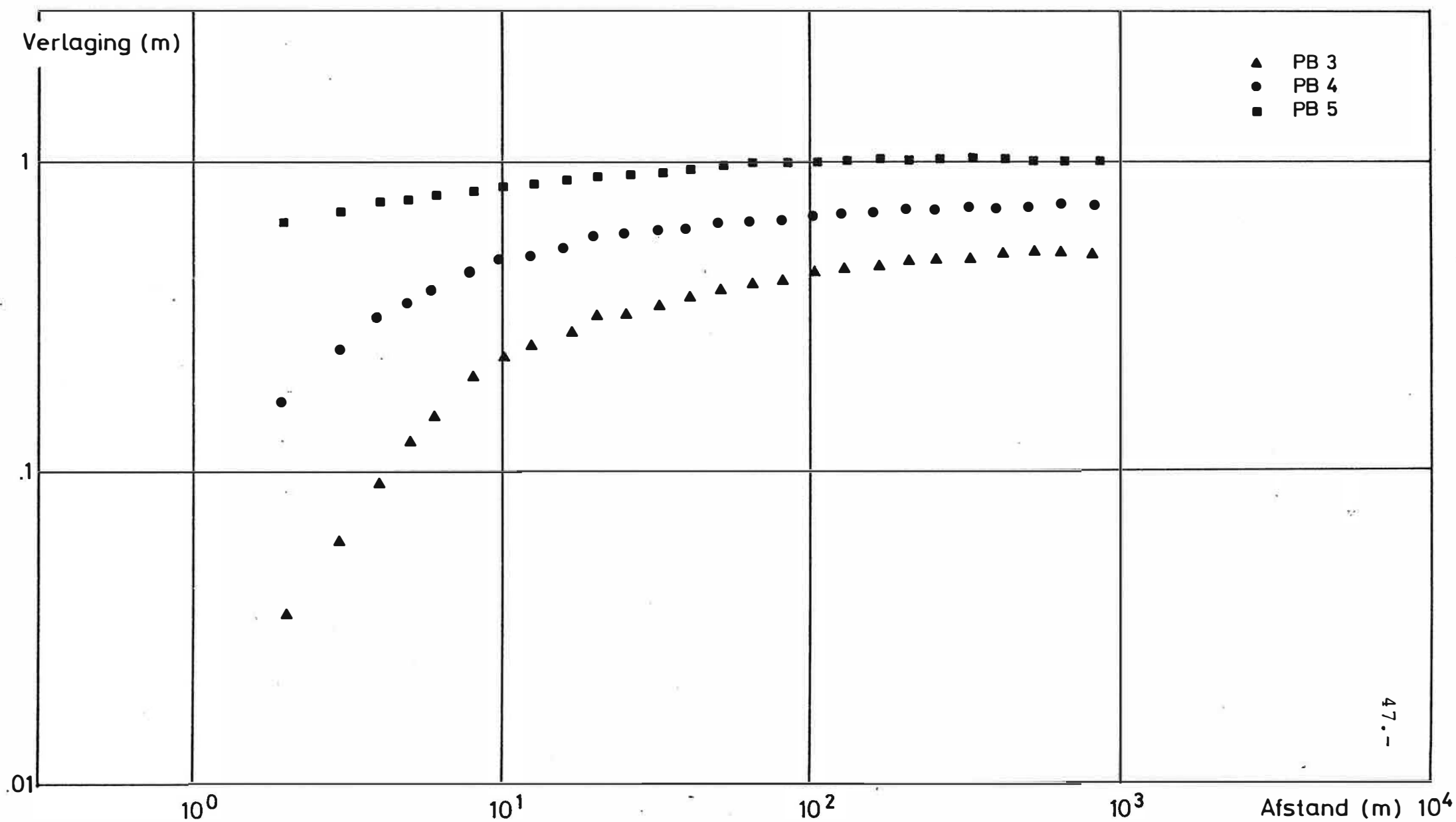


Fig.14 - Verlagingen waargenomen in de peilbuizen in de aangepompte laag tijdens de pompproef uitgezet op bi-logaritmisch papier t.o.v. de tijd

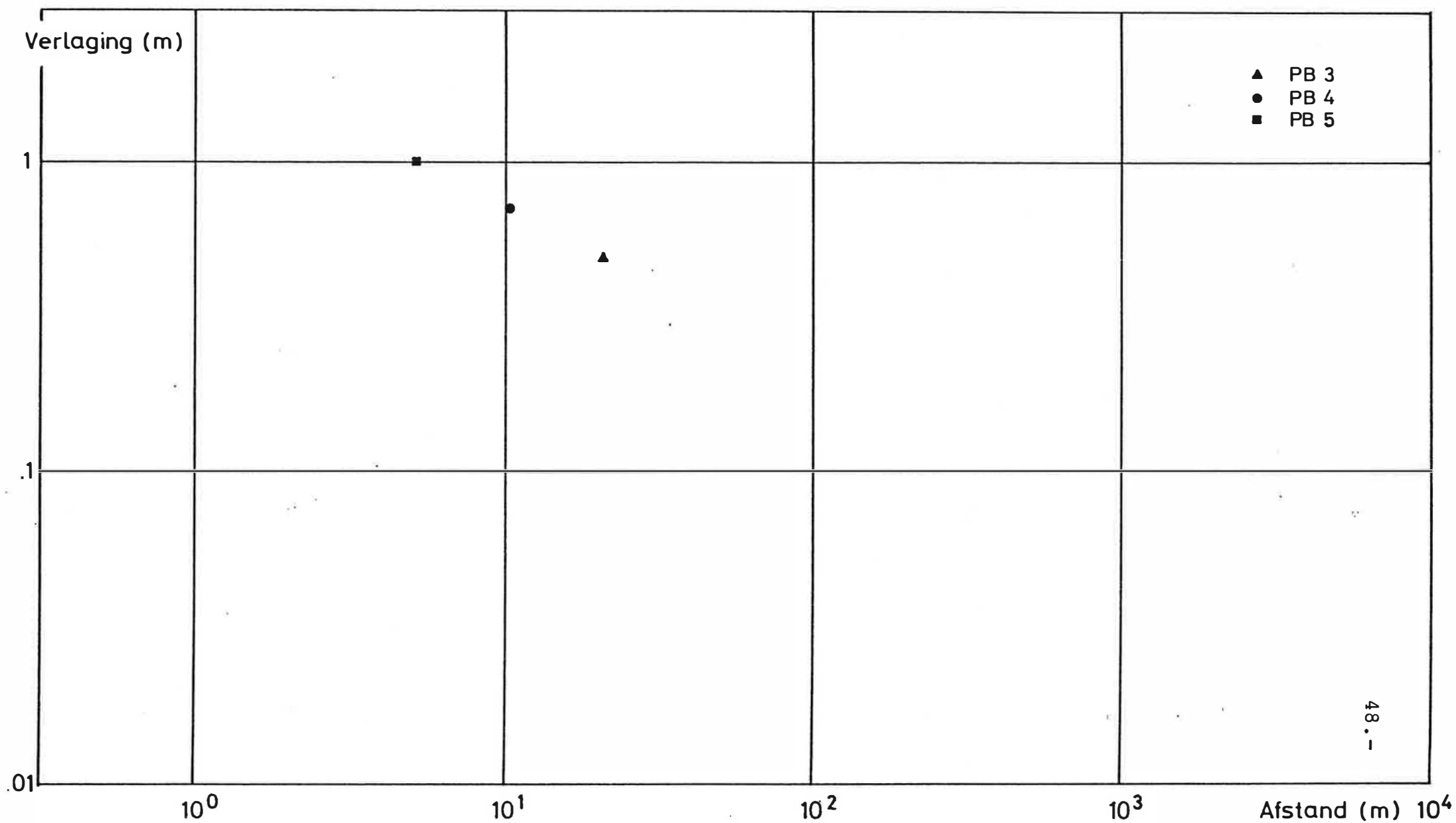


Fig. 15 - Maximale verlagingen waargenomen in de peilbuizen in de aangepompte laag tijdens de pompproef, uitgezet op bi-logaritmisch papier t.o.v. de afstand tot de pompput

Alvorens tot de simulatie van de pompproef over te gaan, dienden een aantal waarnemingen te worden geëlimineerd. Na de bepaling van de verlagingen voor de verschillende peilbuizen bleek een belangrijke tegenstrijdigheid te bestaan tussen de peilbuizen PB6 en PB7, geplaatst in de vliegass. De ondiepe peilbuis PB7 vertoont een grotere verlaging dan de diepere peilbuis PB6. Dit feit is onlogisch daar uit de naburige boorgegevens blijkt dat tussen het filterelement van eerstgenoemde peilbuis en de aangepompte laag normaal meer vliegass aanwezig is dan ter hoogte van PB6. Dit verschijnsel is enkel te verklaren door de grote inhomogeniteit van de vliegass, door een foute putkonstruktie of door een geringere vliegassdikte op die plaats. Het was hierdoor onmogelijk beide peilbuizen bij de simulatie te gebruiken, zodat enkel PB6 werd weerhouden. Bovendien vertonen alle peilbuizen, tijdens de laatste twee waarnemingen een belangrijke stijging t.g.v. de aanvoer van oppervlakte water in het gebied van de pompproef. Deze waarden dienden dan ook te worden geschrapt.

Na herhaalde simulaties van de pompproef, steeds met aangepaste (verbeterde) hydraulische parameters en na meerdere gevoeligheidsanalyses, werd de beste overeenkomst tussen de gemeten en de berekende verlagingen bekomen bij invoer van de waarden die opgenomen zijn in tabel 7. Slechts vier hydraulische parameters konden met een grote nauwkeurigheid worden bepaald : de horizontale doorlatendheid van de aangepompte laag, de specifieke elastische berging, de hydraulische weerstand tussen de aangepompte laag en het onderste deel van de vliegass en de hydraulische weerstand tussen de aangepompte laag en de topheft van het onderste deel van de laag KZ. Deze parameters zijn omlind in tabel 7. De overige parameters werden zo goed mogelijk benaderd; ze kunnen echter enkel als richtinggevend worden beschouwd.

De waarden vermeld in de tabel 7 dienen te worden "vertaald" naar de reële hydrogeologische bouw van het reservoir (tabel 8). De kD- en S-waarde van de watervoerende laag KZ is de som van deze van L1, L2 en L3. De c-waarde van de vliegass en de alluviale laag (KDL) is de

Tabel 7 - Hydraulische parameters van de onderscheiden lagen in het
matematisch model "SIMPUM" (L.LEBBE, 1983)

Laag	dikte (m)	k (m/d)	$S_A' (x10^{-4} m^{-1})$	S_o	c (d)
L5	1,85	0,08	3,60	0,20	75
L4	3,00	0,08	3,60	-	
L3	7,00	6,60	0,82	-	1500
L2	4,70	4,00	0,03	-	10
L1	3,00	7,00	0,12	-	6

Tabel 8 - Hydraulische parameters van de hydrogeologische
eenheden, berekend met het model "SIMPUM"
(L.LEBBE, 1983).

Laag	dikte (m)	kD (m ² /d)	S (x10 ⁻⁴)	c (d)
vliegass + KDL	4,85	0,39	17,46	1575
KZ	14,70	86	6,24	16

som van deze tussen L3 en L4 enerzijds en tussen L4 en L5 anderzijds. Het is echter niet mogelijk uit te maken welke fraktie van deze weerstand toe te schrijven is aan de vliegasschikking en aan de laag KDL. De waarden weergegeven in tabel 8 zijn eveneens slechts benaderende waarden daar ook de minder nauwkeurige parameters in rekening werden gebracht.

4.7. BESLUIT

De kenmerken van de ondergrond in het studiegebied werden bestudeerd aan de hand van beschikbare of nieuwe boorgegevens, diepsonderingen, geofysische boorgatmetingen, de bodemkaart en een pompproef.

De centrale van Rodenhuijze bevindt zich op aangevulde en vergraven zandgronden (A) die rusten op zandige of kleiige bodems. De top van het kwartaire grondwaterreservoir wordt in de depressie van de Moervaart gevormd door de slecht doorlatende laag KDL daterend van het Holoceen en bestaande uit klei en/of veen. De watervoerende laag KZ uit het Pleistoceen is samengesteld uit zand en vertoont onderaan vaak een grovere basiszone. Het tertiair substraat bestaat uit klei (a_1 of a_2) of uit kleihoudend zand (s_1). De veralgemeende dikte van de aangevulde gronden en de kwartaire lagen KDL en KZ bedraagt respectievelijk 2 tot 4 m, 0,5 m en 14 tot 16 m.

Uit de pompproef werd basisinformatie bekomen voor het grondwaterkwaliteitsmodel. De hydraulische parameters van het kwartaire grondwaterreservoir en van het vliegasschikkingstort werden bepaald.

Vier hydraulische parameters konden met grote nauwkeurigheid worden bepaald : de horizontale doorlatendheid van de aangepompte laag, d.i. het bovenste deel van de laag KZ (6,60 m/d), de specifieke elastische berging van deze laag ($3,6 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1}$), de hydraulische weerstand tussen de aangepompte laag en het onderste deel van de vliegasschikking (1500 dagen) en tenslotte de hydraulische weerstand tussen de aangepompte laag en de topheft van het onderste deel van de laag KZ (10 dagen).

Het is niet mogelijk na te gaan welke de bijdrage is van het onderste deel van de vliegaseenerzijds en van de slecht doorlatende laag KDL anderzijds tot de hydraulische weerstand van 1500 dagen.

De andere hydraulische parameters kunnen enkel als richtinggevend worden beschouwd. Ze werden zo goed mogelijk bepaald en daar ze, in combinatie met de nauwkeurige parameters, de beste overeenstemming geven met de werkelijke toestand, krijgen ze toch een zekere betekenis.

Een belangrijk besluit uit de pompproef is de geringe hydraulische weerstand en bijgevolg de grote gemiddelde verticale doorlatendheid in de laag KZ wat wordt bevestigd door de boorgegevens die aantonen dat geen slecht doorlatende lagen aanwezig zijn in de laag KZ. Ook door de stijghoogtemetingen wordt dit bevestigd.

De hydraulische parameters van de vliegase konden niet eenduidig afgeleid worden uit de pompproef. De bekomen hydraulische weerstand van 1500 dagen is zeker voor een gedeelte toe te schrijven aan de slecht doorlatende laag KDL. De horizontale doorlatendheid van 0,080 m/d is slechts een benaderende waarde en mag niet veralgemeend worden.

5. STROMING VAN HET GRONDWATER

5.1. Algemeen

Om het doel vooropgesteld in deze studie, d.i. het onderzoek van de evolutie van de grondwaterkwaliteit rond het vliegassort, te kunnen bereiken is een grondige kennis van de grondwaterstroming in het beschouwde gebied noodzakelijk. Het stromingspatroon van het grondwater in een watervoerend pakket kan afgeleid worden uit het verloop van de stijghoogten; dit verloop kan op zijn beurt bepaald worden aan de hand van stijghoogtemetingen in peilbuizen. De kennis van de stijghoogteverdeling laat toe de huidige grondwaterkwaliteit te verklaren en is bovendien vereist als inputgegeven in het mathematisch kwaliteitsmodel.

De stijghoogte wordt gedefinieerd als de som van de drukhoogte en de plaatshoogte in een punt, en is een maat voor de hydrodynamische potentiaal van het grondwater op die plaats. Indien in het watervoerend pakket grondwater met een zeer hoog zoutgehalte aanwezig is, dienen de stijghoogten omgerekend te worden naar equivalente zoetwaterstijghoogten. Deze correcties werden in deze studie niet doorgevoerd omdat ze over het algemeen klein zijn.

De stijghoogten van het grondwater kunnen variëren als gevolg van natuurlijke of kunstmatige invloeden. De belangrijkste natuurlijke factoren zijn neerslag en verdamping; grondwaterwinning en oppervlaktewaterbeheersing kunnen belangrijke kunstmatige invloeden zijn. Bij de verandering van de stijghoogten in de tijd kunnen drie typen van schommelingen onderscheiden worden :

- meerjarige schommelingen, te wijten aan een opeenvolging van natte of droge jaren
- jaarlijkse schommelingen, bestaande uit een jaarlijkse opeenvolging van een opvullings- en afvoerperiode
- onregelmatige schommelingen, ten gevolge van korte perioden met hevige neerslag, grondwaterwinning, enz.

5.2. Het stijghoogtewaarnemingsnet

In het bestek van deze studie werden tussen 4 juli en 11 september 1985 vier stijghoogtemetingen uitgevoerd. De waargenomen stijghoogten zijn opgenomen in tabel 9.

De stijghoogten zijn waargenomen in een reeks peilbuizen gelegen op en rond het vliegassort. Op enkele plaatsen bestaat het waarnemingsstation uit twee filters; één in het bovenste deel van de watervoerende laag KZ en één in de grovere basiszone van deze laag.

Naast de reeds eerder besproken nieuwe peilbuizen (paragrafen 4.2.1. en 4.2.2), waarvan de gegevens zijn opgenomen in bijlage 2, werden tevens oudere nog bruikbare buizen opgezocht en opgenomen in het meetnet. In het bestek van een hydrogeologische studie van de Gentse kanaalzone (W. DE BREUCK, Ph. VAN BURM & M. VAN CAMP, 1983) werden in het studiegebied 3 diepe en 3 ondiepe peilbuizen aangebracht (R.O 9.1 F1 + F2 tot R.O 9.3 F1 + F2). Hiervan waren enkel nog de peilbuizen R.O 9.1 F1 en F2 beschikbaar.

De OPENBARE AFVALSTOFFENMAATSCHAPPIJ VOOR HET VLAAMSE GEWEST (OVAM) liet, met het oog op de controle van de grondwaterkwaliteit rond het vliegassort, 8 peilbuizen aanbrengen (OV1-OV8). Deze peilbuizen werden in het bestek van deze studie aangesloten op het referentievlak van de Tweede Algemene Waterpassing (TAW), teneinde de bepaling van de stijghoogten mogelijk te maken. De diepte van de filterelementen van deze peilbuizen is echter sterk wisselend, waardoor niet alle gemeten stijghoogten betrekking hebben op dezelfde laag. De positie van de filterelementen t.o.v. de slecht doorlatende laag KDL is benaderend weergegeven op figuur 16. Uit deze figuur blijkt dat enkel de peilbuizen OV1, OV5, OV6, OV7 en OV8 in de laag KZ gelegen zijn. De overige peilbuizen liggen in één of meer andere lagen. De peilbuis OV8 was in de periode van het terreinwerk reeds verdwenen als gevolg van de ophogingswerken aan de dijken rond het vliegassort.

Tabel 9 - Waargenomen stijghoogten

PEILBUIS	STIJGHOOGTEN (T.A.W.-peil)			
	04.07.85	17.07.85	19.08.85	11.09.85
R.O.9.1. F1	+ 4,755	-	+ 4,720	+ 4,685
F2	+ 4,695	-	+ 4,685	+ 4,640
SB1 F1	+ 5,415	+ 5,280	+ 5,240	+ 5,100
F2	+ 5,455	+ 5,290	+ 5,260	+ 5,140
SB2 F1	+ 4,965	+ 4,895	+ 4,875	+ 4,780
F2	+ 4,997	+ 4,922	+ 4,917	+ 4,797
SB3 F1	+ 5,047	+ 4,977	+ 4,957	+ 4,837
F2	+ 5,242	+ 5,027	+ 5,002	+ 4,872
SB4 F1	+ 4,818	+ 4,735	+ 4,730	+ 4,650
F2	+ 4,841	+ 4,763	+ 4,763	+ 4,673
PP	-	+ 5,715	+ 5,660	+ 5,525
PB1	+ 5,931	+ 5,650	+ 5,680	+ 5,510
PB2	+ 5,955	+ 5,670	+ 5,650	+ 5,525
PB3	+ 5,980	+ 5,710	+ 5,655	+ 5,530
PB4	+ 5,952	+ 5,690	+ 5,670	+ 5,540
PB5	+ 5,980	+ 5,690	+ 5,665	+ 5,430
PB6	+ 8,20	+ 7,600	+ 7,785	+ 7,060
PB7	+ 8,37	+ 7,830	+ 7,812	-
OV1	+ 6,525	-	-	-
OV2	+ 8,145	-	+ 7,790	-
OV3	+ 6,40	-	+ 6,210	-
OV4	+ 6,568	-	+ 6,260	-
OV5	+ 5,305	-	+ 5,205	-
OV6	+ 5,418	-	+ 5,140	-
OV7	+ 6,440	-	+ 5,925	-

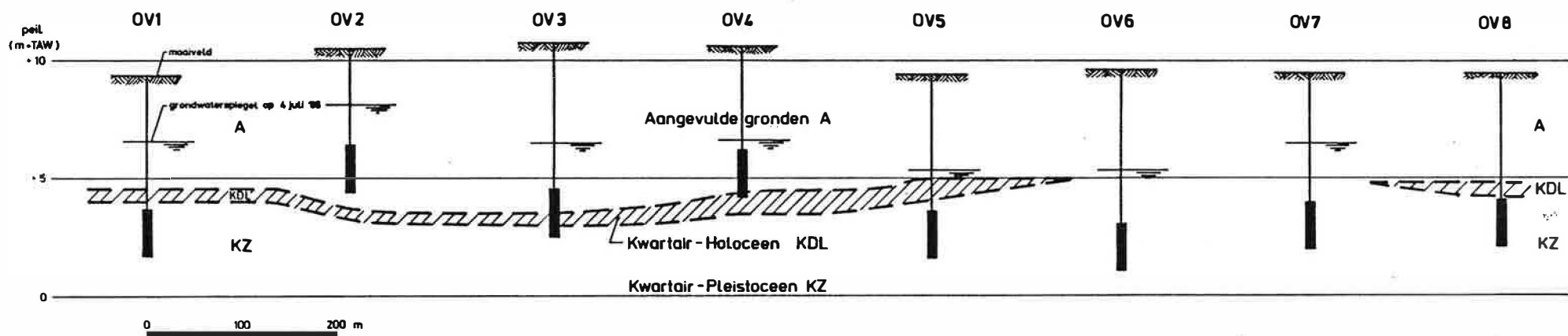


Fig.16 - Overzicht van de diepteligging van de OVAM-peilbuizen rond het vliegassort

Het meetnet bestaat aldus uit 25 peilbuizen. De bijlage 2 groepeerde de geometrische kenmerken van deze peilbuizen. De waarnemingsplaatsen zijn aangegeven op PLAAT 1.

5.3. De stijghoogteverdeling in de watervoerende laag KZ

De buiten het vliegassortiment gelegen nieuwe peilbuizen werden, met het oog op het opstellen van het mathematisch model, geplaatst op een lijn. Volgens deze lijn werd een gedetailleerd beeld verkregen van de grondwaterstroming in de watervoerende laag KZ. Het piëzometrisch verhang bedraagt er 1/600. Gebruik makend van de formule

$$v' = \frac{k \cdot i}{n}$$

met v' = de werkelijke grondwatersnelheid (m/d)
 k = de doorlatendheidscoëfficiënt (m/d)
 i = het piëzometrisch verhang
 n = het poriënvolume

kan een eerste benadering van de grondwatersnelheid bekomen worden. Aan nemende dat $k = 5,85$ m/d, d.i. de gemiddelde waarde afgeleid uit de pompproef, en $n = 0,3$, dan bedraagt v' 12 m/jaar. Het grondwaterstromingspatroon ter hoogte van deze doorsnede wordt uitvoerig besproken in hoofdstuk 7.

Aan de hand van de beschikbare peilbuizen werd een hydro-isohypsenkaart of kaart van gelijke stijghoogte opgesteld voor het bovenste deel van de laag KZ (PLAAT 8). De kaart is een momentopname en geeft de toestand weer die heerste op 4 juli 1985. Het peil van het kanaal Gent-Terneuzen en van de Moervaart werden hierbij als konstant beschouwd; het aangenomen peil bedraagt +4,45. Daar het stijghoogteverschil tussen de ondiepe en de diepe peilbuizen zeer gering is (zie paragraaf 5.4), is de stijghoogteverdeling in feite representatief voor de gehele laag KZ.

In het studiegebied kunnen, op basis van de stroomrichtingen, drie "stromingsgebieden" onderscheiden worden. Stromingsgebied 1 omvat het terrein gelegen ten westen van het vliegassort. De grondwaterstroming is er gericht naar het kanaal Gent-Terneuzen. Het stromingsgebied 2 ligt ten noorden van het vliegassort; de stroming geschiedt er in de richting van de Moervaart. Dit gebied neemt het grootste deel van het bedrijfsterrein in. Het gebied 3, ten oosten van het stort, vertoont een stroming in de richting van de Rodenhuizeloop. De grondwaterstroming geschiedt vanuit de zone onder het vliegassort, waar de grootste stijghoogte heerst.

Het piëzometrisch verhang in de 3 stromingsrichtingen is nagenoeg gelijk; als gemiddelde waarde kan $1/200$ worden aangenomen. Wordt deze waarde ingevoerd in hogergenoemde formule, dat wordt een veralgemeende grondwatersnelheid bekomen van 36 m/jaar.

Het verkregen beeld van de grondwaterstroming in de laag KZ is echter zeer algemeen. Om de kenmerken van de grondwaterstroming in detail te kunnen bestuderen zijn meer verspreide peilbuizen vereist. Een belangrijk feit dat ondanks de schaarse gegevens toch duidelijk naar vóór komt, is de grote stijghoogte in het zuidelijk deel van het studiegebied. Een eventuele verontreiniging van het grondwater door het vliegassort zal zich dan ook voornamelijk uitbreiden in de 3 hogergenoemde stromingsrichtingen en minder in zuidelijke richting. Dit aspect wordt verder besproken in het hoofdstuk betreffende de grondwaterkwaliteit (hoofdstuk 6).

5.4. Stijghoogteverschil tussen het bovenste en het onderste deel van de watervoerende laag KZ

Heeft een watervoerende laag over de ganse dikte een geringe hydraulische weerstand en bijgevolg een grote verticale doorlatendheidscoëfficiënt k_v , dan is de grondwaterstroming weinig afhankelijk van de

diepte in de watervoerende laag. Waar echter slecht doorlatende lagen voorkomen of lagen met een grote hydraulische weerstand, kunnen boven en onder deze lagen stijghoogteverschillen optreden (R.A. FREEZE & P.A. WITHERSPOON, 1967).

In het studiegebied zijn de stijghoogteverschillen in de watervoerende laag KZ te verwaarlozen. Ze bedragen maximaal 0,06 m (tabel 9). Hierbij dient te worden opgemerkt dat geen korrekties uitgevoerd zijn voor de verschillen in zoutgehalte. Er is dus van uitgegaan dat de kwaliteit in de ganse laag gelijk is.

Het ontbreken van stijghoogteverschillen wijst op een geringe hydraulische weerstand en geeft aan dat geen slecht doorlatende laag aanwezig is tussen het onderste en het bovenste deel van de laag KZ. De stijghoogtemetingen vormen aldus een bevestiging van de resultaten gevonden in de boringen en in de pompproef.

Door de geringe hydraulische weerstand is een belangrijke verticale stroming in de laag KZ mogelijk; een dergelijke stroming is aanwezig onder het vliegassort. Op dit aspect wordt verder ingegaan in hoofdstuk 7.

5.5. Stijghoogten in de kunstmatige gronden

De stijghoogten in de aangevulde en de vergraven gronden zijn gelijk aan deze in de laag KZ in de zones waar de slecht doorlatende laag KDL ontbreekt. Waar deze laag aanwezig is treedt echter een belangrijk stijghoogteverschil op tussen beide lagen, zoals blijkt uit de metingen in de peilbuis OV2 : de stijghoogte lag er op 4 juli 1985 op het peil +8,15 in de vergraven gronden en slechts op het peil +6,50 in de laag KZ.

De peilbuizen geplaatst in de vliegassort (PB6 en PB7) lieten toe een idee te krijgen over de stijghoogte in het vliegassort zelf. De

stijghoogte in de vliegass is sterk afhankelijk van de diepte. Tussen beide peilbuizen (resp. op 4,0 en 2,0 m diepte gelegen) is een stijghoogteverschil van ca. 0,20 m waar te nemen, met de hoogste waarden in de ondiepe peilbuis. Er is dus een belangrijke verticale gradiënt aanwezig.

Opmerkelijk zijn tevens de sterke stijghoogteschommelingen in de vliegass : 0,60 m in een periode van 14 dagen; 1,20 m op 2 maanden. Deze schommelingen kunnen te wijten zijn aan variaties in het debiet van de aangevoerde vliegass of kunnen wijzen op een sterke invloed van de klimatologische omstandigheden (afwisseling van droge en vochtige perioden).

5.6. Grondwaterwinning

Op het terrein van de centrale van Rodenhuis zijn twee pompputten in de laag KZ en één in de zandlaag onder de a1-klei (Ledo-Paniseliaan - LEP) aanwezig. Het bedrijf wint echter geen grondwater.

Drie belangrijke grondwaterwinningen komen wel in de buurt van het terrein voor : Gist- en Spiritus fabrieken Bruggeman, Air-Products en Sidmar wonnen respectievelijk 643.000 m³ (1983), ca. 127.000 m³ (1983) en ca. 1.700.000 m³ (1984) uit de lagen KZ en/of LEP.

Daar deze winningen of in het LEP-zand zijn gelegen of in de laag KZ, maar dan gescheiden van het EBES-terrein door hydrologische barrières, is de invloed van het huidige of toekomstige vliegassstort op deze winningen praktisch onbestaand.

5.7. Besluit

Op grond van de uitgevoerde stijghoogtemetingen zijn in het studiegebied drie "stromingsgebieden" te onderscheiden. Het grondwater stroomt er, steeds uitgaande van de zone onder het vliegastort, in de richting van respectievelijk het kanaal Gent-Terneuzen, de Moervaart en de Rodenhuizeloop.

Het piëzometrisch verhang is in de drie richtingen nagenoeg gelijk en bedraagt veralgemeend $1/200$. Dit verhang geeft aanleiding tot een stromingssnelheid van ca. 36 m/jaar. De grondwatersnelheid is duidelijk minder sterk in zuidelijke richting. Een eventuele verontreiniging door het vliegastort zal zich dan ook voornamelijk uitbreiden in de drie hogergenoemde stromingsrichtingen.

De stijghoogten in het onderste en in het bovenste deel van de laag KZ zijn nagenoeg gelijk. Dit wijst op een geringe hydraulische weerstand en dus op het ontbreken van slecht doorlatende lagen in de laag KZ. Aldus worden de resultaten gevonden in de boringen en in de pompproef bevestigd.

In de vliegastort zelf bestaat een belangrijke verticale gradiënt.

Het aantal beschikbare peilbuizen laat echter niet toe een zeer gedetailleerd beeld te verkrijgen van de grondwaterstroming.

Drie belangrijke grondwaterwinningen in het kwartair zand of in het zand onder de a1-klei komen voor in de buurt van het EBES-terrein. Door hun ligging zijn ze echter niet beïnvloed door het huidig of toekomstig vliegastort.

6. SAMENSTELLING VAN HET GRONDWATER

6.1. Algemeen

Beschikbare rapporten en analyseresultaten over de grondwaterkwaliteit werden verzameld. Nieuwe monsters werden genomen en in het laboratorium onderzocht. Gepoogd werd een beeld te verkrijgen van de kwaliteit van het "natuurlijk", niet verontreinigd grondwater in het gebied evenals van het verontreinigd grondwater. De analyseresultaten, zowel nieuwe als oude, worden vergeleken met de kwaliteit van het kanaalwater, het "natuurlijk" grondwater en het putwater in Oost-Vlaanderen. De uitbreiding van het verontreinigd grondwater wordt geschetst aan de hand van geo-elektrische profileringen en hydrochemische doorsneden. Gepoogd wordt de invloed van het vliegassort te beschrijven.

6.2. Aangewende gegevens

6.2.1. Beschikbare studierapporten en analyseresultaten

In het bestek van een hydrogeologische studie van de Gentse kanaalzone (W. DE BREUCK, Ph. VAN BURM & M. VAN CAMP, 1983) zijn peilbuizen in en rond het bestudeerde gebied geplaatst en bemonsterd. Op deze plaatsen zijn destijds in de boorgaten geofysische boorgatmetingen gebeurd. De peilbuizen zijn op de PLAAT 1 aangegeven als GRO, gevolgd door twee cijfers. De analyseresultaten zijn terug te vinden in de bijlage 3.

In deze studie van W. DE BREUCK et al. (1983) is te lezen dat in het bestudeerde gebied, het niet door menselijke activiteiten beïnvloede grondwater gekenmerkt is door een overwicht van de aardalkaliën, carbonaat en bicarbonaat. Het is een groep 7-water in de klassificatie van G. DE MOOR & W. DE BREUCK (1969). Enkele analyseresultaten van stalen die toen ontnomen zijn rond het vliegassort werden wel geïnterpreteerd als kenmerkend voor een door een stort verontreinigd grondwater. Op de resultaten wordt teruggekomen in paragraaf 6.3.

Door C. PETRAS (1983) werden, in het bestek van hogergenoemde hydrogeologische studie, in de nabijheid van het vliegassort twee geo-elektrische profileringen uitgevoerd : G146/GPW8 en G146/GPW15 (PLAAT 1). In de profilering G146/GPW15 werden zeer lage resistiviteiten waargenomen, nl. een schijnbare resistiviteit ρ_a van 1,5 ohmm, overeenstemmend met een mineralisatiegraad van ca. 26.700 mg/l. Volgens later ingewonnen informatie gebeurden de metingen echter in een zone waar oppervlakkig afvloeiend vliegastransportwater aanwezig was, zodat deze waarnemingen weinig representatief zijn voor het grondwater.

In opdracht van OVAM werden op de dijken rond het vliegassort, 8 peilbuizen geplaatst met het oog op de controle van de grondwaterkwaliteit. De peilbuizen zijn op de PLAAT 1 gekenmerkt door de letters OV, gevolgd door een cijfer. De beschikbare analyseresultaten zijn samengebracht in de bijlage 3. Het betreft drie analysereeksen; de stalen werden genomen op 19 september 1984, 7 december 1984 en 3 juni 1985.

Zoals reeds eerder aangegeven (hoofdstuk 5) zijn de filterelementen van de OVAM-buizen gelegen in verschillende lagen. Enkel de peilbuizen OV1, OV5, OV6, OV7 en OV8 bevinden zich in de laag KZ. De onderlinge vergelijking van de analyseresultaten is dus niet mogelijk.

6.2.2. Nieuwe gegevens

6.2.2.1. Geo-elektrische profileringen

In het bestek van deze hydrogeologische studie werden op en rond het vliegassort twaalf geo-elektrische profileringen uitgevoerd. De totale lengte van de profileringen bedraagt ca. 2,15 km.

Er werd gebruik gemaakt van een symmetrische WENNER-opstelling met een elektrodenafstand a van 10 m, waarbij de gemeten waarden benaderend aan het meetcentrum kunnen toegeschreven worden. De schijnba-

re resistiviteit werd op regelmatige afstanden langs een lijn bepaald.

Het meettoestel bevat in de voedingskring een milliampèremeter en in de meetkring een millivoltmeter en een galvanometer. De stroomelektroden zijn stalen staven die ondiep in de grond worden gestoken. De spanningselektroden zijn niet-polariseerbare elektroden. Hiervoor gebruikt men een poreus potje uit gebakken aarde waarin een koperen staaf in een verzadigde kopersulfaatoplossing gedompeld is. Aangezien tellurische stromen, galvanische effecten en spontane polarisatie de metingen kunnen beïnvloeden voert men voor elke meting een potentiometrische voorkompensatie uit, en meet men tweemaal waarbij de stroomzin wordt omgekeerd.

De meetapparatuur geeft digitaal de stroomsterkte in mA en het potentiaalverschil in mV weer. De schijnbare resistiviteit wordt dan bekomen met behulp van de volgende formule :

$$\rho_a = 2\pi a \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

met ρ_a = de schijnbare resistiviteit (ohmm)
 a = de elektrodenafstand (m)
 V = het potentiaalverschil (mV)
 I = de stroomsterkte (mA)

De geo-elektrische profilering is voornamelijk een kwalitatieve methode. Het uitzetten van de gemeten resistiviteiten t.o.v. de afstand laat toe anomalieën in de ondiepe ondergrond (tot enkele meters diepte) op te sporen.

De ligging van de uitgevoerde profileringen is voorgesteld op PLAAT 1; ze worden gekenmerkt door de letters G RP, gevolgd door een cijfer. De diagrammen zijn weergegeven op figuur 18; ze worden besproken in paragraaf 6.6.1.

6.2.2.2. Geofysische boorgatmetingen

In elke boring buiten het stort, alsook in het boorgat PB2 in het stort, werden geofysische boorgatmetingen uitgevoerd. Voor de studie van de grondwaterkwaliteit zijn vooral de resistiviteitsmetingen met de lange en de korte normaalopstelling belangrijk. De gemeten resistiviteiten zijn in functie van de diepte uitgezet naast de korresponderende boorstaat op PLAAT 2.

De langnormaalmetingen werden aangewend voor het opstellen van hydrochemische doorsneden. Deze doorsneden worden uitvoerig besproken in paragraaf 6.6.2.

6.2.2.3. Grondwaterbemonstering

In het bestek van deze studie werden tien peilbuizen bemonsterd. De bemonstering had plaats tussen 3 en 5 juli 1985. Ze geschiedde door de LEERSTOEL VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE.

Er is gebruik gemaakt van een DELASCO-pomp met klein debiet. Het grondwater werd opgepompt d.m.v. een plastieken aanzuigdarm. Alvorens tot bemonstering over te gaan werd gewacht tot de resistiviteit van het opgepompte water een konstante waarde bereikte (na ca. 15 min.). Het monster kan dan als representatief worden beschouwd voor de aangepompte zone. Op het terrein werden 5 monsterflessen gevuld : één zonder toevoeging, één met 1,5 ml ZnAc^- , één met enkele druppels chloroform, één met 10 ml HNO_3 en tenslotte één met gefilterd water.

De waterstalen werden op de dag zelf van de bemonstering naar het laboratorium van het BECEWA overgebracht; de analyses werden nagenoeg onmiddellijk aangevat.

De analyseresultaten zijn opgenomen in de bijlage 3. Ze worden besproken in paragraaf 6.5.

6.2.3. Vergelijkbaarheid van de analyseresultaten

Variabiliteit in ruimte en tijd van de in het laboratorium bepaalde fysische, chemische en biologische kenmerken van het grondwater kunnen te wijten zijn aan veranderingen van de hoeveelheid en de kwaliteit van het voedingswater (neerslag, perkolaat, ...), aan de processen welke plaatsvinden in de onverzadigde of verzadigde zone, en tenslotte aan de bemonsterings- en laboratoriumprocedures. Om de eerste twee genoemde aspecten te bestuderen dient het derde konstant gehouden te worden; dit is hier niet het geval gezien het grote aantal instellingen, dat vroeger zowel bij de bemonstering als bij de analyses is betrokken geweest.

Enkele belangrijke aspecten bij veranderlijkheid ten gevolge van de bemonstering zijn :

- het personeel dat de bemonstering uitvoert;
- de bemonsteringstechniek (vacuumbemonstering, luchtliftbemonstering...);
- de samenstelling van het aangewende materiaal (flessen, zuigleidingen, pomponderdelen ...);
- het al dan niet filteren van het monster;
- de tijdspanne tussen het aanzetten van de pomp en de eigenlijke bemonstering;
- de plaats van bemonstering (stijgbuiskop, reservoir ...);
- het tijdstip van bemonsteren (onmiddellijk na het boren, jaren later...).

Bij de veranderlijkheid ten gevolge van de laboratoriumactiviteiten zijn belangrijk :

- het personeel dat de analyses uitvoert;
- de analysemethoden;

- de gebruikte reagentia;
- de procedures van kwaliteitskontrolé;
- de gegevensverwerking.

Eén evaluatie van de hogergenoemde factoren is door één gebrek aan gegevens niet mogelijk geweest. Men dient er dus steeds rekening mee te houden dat de aangewende analyseresultaten niet op één uniforme wijze werden verkregen en in bepaalde gevallen misschien niet vergelijkbaar zijn.

6.3. Het "natuurlijke" grondwater in het gebied

In de hydrogeologische studie van de Gentse kanaalzone (W. DE BREUCK, Ph. VAN BURM & M. VAN CAMP, 1983) wordt het "natuurlijke" grondwater in én rond het studiegebied aangeduid als water van het type c_0 (tabel 10). Het betreft grondwaters van de groep 7 in de klassificatie van G. DE MOOR & W. DE BREUCK (1969)(tabel 11).

De waters van de groep 7 zijn zwak zoet tot zoet met één laag relatief alkaligehalte én één relatief Cl^- -gehalte beneden de 30 % van de anionen. Het relatief aardalkaligehalte schommelt tussen 60 én 90 % van de kationen.

Eén beeld van het zeer weinig of niet verontreinigd grondwater in de onmiddellijke buurt van het EBES-terrein verkrijgt men aan de hand van de analyseresultaten van de peilbuis G RO 9.4 F1 (tabel 12). Deze peilbuis ligt betrekkelijk dicht bij het bedrijfsterrein (overzijde van de John Kennedylaan), doch buiten de rechtstreekse invloed van de industriële verontreinigingsbronnen. Ten opzichte van de gemiddelden voor de kanaalzone (tabel 10) liggen de meeste parameterwaarden wel aan de lage kant. De meest opvallende parameter in dit verband is het SO_4 -gehalte : 3,0 mg/l in RO 9.4 t.o.v 73,0 mg/l gemiddeld in de kanaalzone.

Tabel 10 - Samenstelling van het watertype c₀ (groep 7)

Parameter	Eenheid	Watertype c ₀ (groep 7)					
		$\bar{x}^*$	s**	s/ $\bar{x}$ ***	Min.	Max.	N****
geleid.	μS/cm	941,4	419,1	0,45	600	1218	29
TH	°F	43,5	12,4	0,28	22,4	62,5	29
Na ⁺	mg/l	54,8	100,7	1,84	14,1	130,0	27
K ⁺	mg/l	14,6	29,3	2,01	1,1	33,5	26
Mg ²⁺	mg/l	15,0	8,7	0,58	6,0	47,8	27
Ca ²⁺	mg/l	139,3	54,7	0,39	68,4	279	28
Fe ^{2+/3+}	mg/l	7,03	4,81	0,68	0,10	19,39	28
NH ₄ ⁺	mg/l	2,79	3,16	1,13	0,10	7,82	26
Cl ⁻	mg/l	91,6	146,0	1,59	27,9	118,4	29
SO ₄ ²⁻	mg/l	73,0	123,1	1,69	3,0	262,0	26
HCO ₃ ⁻	mg/l	405,2	139,1	0,34	247,0	763,0	27
NO ₃ ⁻	mg/l	0,23	0,58	2,52	sp	3,0	25

* Gemiddelde

** Standaarddeviatie

*** Variatiecoëfficiënt

**** Aantal

Tabel 11 - Grondwatergroepen volgens G. DE MOOR & W. DE BREUCK (1969)

Groep	Beschrijving van de grondwaters	Waarde-mediaan					
		Tot.miner.	TH	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺ + K ⁺	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ²⁻
		(mg/l)	(°F)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
1	Zout, uiterst hard, alkali-chloorrijk	29.880	620	17.700	1.120	9.890	1623
2	Matig zout tot zeer brak, uiterst hard, alkali-chloorrijk	14.382	293	7.440	950	4.012	607
3	Matig zoet tot zoet, matig hard, calcium- en bicarbonaat-houdend	406	24	28	28	22	260
4	Matig brak tot zwak zoet, zacht, alkalirijk	1.662	13	416	44	480	671
5	Brak, zeer hard, alkali-chloorhoudend	4.134	138	1.922	183	960	498
6	Matig brak tot matig zoet, hard tot matig hard, magnesium- en bicarbonaathoudend	1.346	42,5	164	98	274	534
7	Zwak zoet tot matig zoet, matig hard, magnesium- en bicarbonaat-houdend	755	40	63	60,5	76	433
8	Matig zoet, matig hard, sulfaathoudend	449	28	43	142,5	31	140

Tabel 12 - Parameterwaarden van het niet verontreinigd
grondwater in de onmiddellijke omgeving van
het EBES-terrein (peilbuis R.O 9.4 F1)

Parameter	Eenheid	Waarde
Na	mg/l	47,5
K	mg/l	13,7
Ca	mg/l	106
Mg	mg/l	26,5
Fe	mg/l	10,7
NH ₄	mg/l	3,29
Cl	mg/l	61,2
SO ₄	mg/l	3,0
NO ₃	mg/l	0,09
PO ₄	mg/l	5,02
HCO ₃	mg/l	515
TH	°F	40,8
TDS	mg/l	792

6.4. Het stortperkolaat

6.4.1. De kanaalwaterkwaliteit

In het geval van het vliegassort van de centrale van Rodenhuijze is de herkomst van het transport- en dus van het perkolerend water, het kanaal Gent-Terneuzen. De kwaliteit van het perkolaat is dus niet alleen afhankelijk van het in oplossing gaan van de vliegass (paragraaf 6.4.2.) maar ook van de kanaalwatersamenstelling.

De kwaliteitsgegevens van het kanaalwater die betrekking hebben op de periode voor 1968 zijn schaars. Sinds het opstellen van de nieuwe zeesluis in Terneuzen in 1968 zijn meer gegevens beschikbaar.

De kanaalwaterkwaliteit is in detail bestudeerd door het BECEWA (M. VERCRUYSSSE, 1983). Een monsternamepunt dat voor de studie werd gebruikt bevond zich ter hoogte van het bedrijfsterrein. De analysesresultaten van de stalen genomen op geringe diepte (0-5 m) zijn voorgesteld in tabel 13).

De informatie over de variatie van de waterkwaliteit in de tijd ter hoogte van het studiegebied is schaars; enkel de variatie van het chloridegehalte (periode 1973-1982) is gekend. Op een diepte van 0 m tot 5 m schommelde het Cl^- -gehalte voor 1980 tussen 1000 mg/l en 3500 mg/l naargelang van het seizoen. Na 1980 treedt een duidelijke afname op met een maximale Cl^- -concentratie van 1000 mg/l. Deze tendens is waar te nemen in geheel het kanaal.

Een overzicht van de gemiddelde kwaliteit van het kanaalwater tussen 0 en 5 m diepte voor de periode van 1 januari 1968 tot 31 december 1982 ter hoogte van het bedrijf is weergegeven in de tabel 14, eveneens ontleend aan het BECEWA. Dit water heeft de laatste twintig jaar gediend als transportmiddel voor de vliegass : het vormt dus, aangerijkt met de opgeloste stoffen uit de vliegass, het stortperkolaat.

Tabel 13 - Analyseresultaten van de ondiepe watermonsters genomen tussen 1981 en 1983 uit het kanaal Gent-Terneuzen ter hoogte van het bedrijfsterrein (M. VERCRUYSE, 1983)

Parameter	Eenheid	04.08.81		03.02.82		05.05.82		03.08.82		08.12.82		09.02.83	
		0,5m	3,5m	0,5m	3,5m	0,5m	3,5m	0,5m	3,5m	0,5m	3,5m	0,5m	3,5m
Temp.	°C	22,8	22,5	6,3	6,7	10,45	13,20	24,0	24,0	10,0	9,9	7,0	7,0
Opgel.O ₂	mg/l	1,65	1,18	0,69	0,56	1,17	1,10	1,18	1,01	0,75	0,40	2,06	1,70
Geleidb.	µs/cm	3957	4107	1196	1200	1970	1990	2560	2570	3510	3600	1618	1637
pH	-	7,74	7,74	7,34	7,29	7,44	7,39	7,45	7,39	7,47	7,31	7,38	7,33
Cl ⁻	mg/l	1099	1139	110	108	439	432	604	656	942	973	331	336
SO ₄ ²⁻	mg/l	305	-	183	186	254	237	245	255	279	286	206	206
COD	mg/l	50,2	-	48,3	-	44,7	-	40,4	-	50,5	-	54	-
BOD	mg/l	9,2	-	5,1	-	6,8	-	6,4	-	5,3	-	7,5	-
TH	° F	68,3	-	41,7	-	52,2	-	53,13	-	67,2	-	44,8	-
Ca	mg/l	141	-	140	-	144	-	138	-	139	-	125	-
Mg	mg/l	80,3	-	16,1	-	39,6	-	45,6	-	68,5	-	28,8	-

Tabel 14 - Gemiddelde kwaliteit van het kanaalwater tussen 0 en 5 m diepte voor de periode van 1 januari 1968 tot 31 december 1982 ter hoogte van het bedrijf EBES RODENHUIZE N.V. (M. VERCRUYSE, 1983).

Parameter	Eenheid	Waarde	
		voor de Moervaart	aan de Moervaart
pH	-	7,32	7,28
K ₂ O	µs/cm	4900	6100
T	° C	15,50	17,20
Cl*	mg/l	620	700
O ₂	mg/l	1,25	2,29
BOD	mg/l	9,00	9,70
COD	mg/l	86,0	111
NH ₄	mg/l	10,12	10,35
NO ₃	mg/l	1,27	1,00
T-PO ₄	mg/l	5,70	4,50
SO ₄	mg/l	400	290
Mg	mg/l	95,0	109
TH	° F	90,50	91,0
Na	mg/l	1185	1300
Pb	mg/l	0,014	0,046

* gemiddelde voor de periode 08/81 - 02/83

6.4.2. Uitlogingsgedrag van vliegassen

Het uitlogingsgedrag van de vliegafkomstig van de centrale van Rodenhuize werd onderzocht door het BECEWA, dat instaat voor de hydrologische deelstudie van het Milieu Effecten Rapport. Bijzonderheden over de onderzoeksmethoden zijn opgenomen in het verslag van het BECEWA.

De uitlogingssnelheid en het uitlogingsgedrag bij verschillende pH-waarden werden bepaald. Bij het onderzoek van de uitlogingssnelheid (tabel 15) werd er in het eluaat een hoge geleidbaarheid (8790 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en een hoog SO_4 -gehalte (432 mg/l) waargenomen. De totale hardheid en het Ca-gehalte nemen eveneens hoge waarden aan. De zuurtegraad is sterk alkalisch (pH 12). Bovendien vertoont het initiële percolaat duidelijk de hoogste concentratie aan opgeloste stoffen. Dit wil zeggen dat, vermits de vliegafkomstig van de centrale van Rodenhuize hydraulisch wordt getransporteerd, een groot deel van de oplosbare elementen door het transportwater zullen opgenomen worden. Slechts een deel van dit transportwater infiltreert in het vliegassort.

De uitlogingen met verschillende zuurtegraad (tabel 16) wijzen op een toename van de geleidbaarheid, de totale hardheid, het Ca-gehalte, het SO_4 -gehalte en de Al-koncentratie bij dalende pH. Bij een pH kleiner dan 5 is er eveneens een toename van het Na-, K-, Fe-, Mn-, Cd-, Cu-, Zn-, Pb-, Ni- en Al-gehalte. Gezien het sterk alkalisch karakter van de beschouwde vliegafkomstig zijn deze lage zuurtegraden in het sort echter niet te verwachten.

Belangrijk is het feit dat hogergenoemde uitlogingsproeven uitgevoerd zijn met zuiver water. In de praktijk zal de uitloging echter voornamelijk gebeuren met kanaalwater (paragraaf 6.4.1.).

Tabel 15 -Elueerbaarheid van de vliegias van de centrale van Rodenhuiize in
verschillende fasen -'koncentraties in het eluaat

Parameter	Eenheid	uitlogingsfasen		
		1	2	3
Geleidbaarheid	$\mu\text{S}/\text{cm}$	8.790	5.910	1.870
pH		12,71	12,64	12,21
rH		33,9	32,3	32,5
Cl ⁻	mg/l	3,2	1,2	0,0
COD	mgO ₂ /l	6,09	5,40	4,87
BOD	mgO ₂ /l	< 2,0	< 2,0	< 2,0
T-PO ₄	mg/l	0	0	0
NH ₃ -N	mg/l	0,150	0,120	0,030
NO ₂ -N	mg/l	0,120	0,040	0,026
NO ₃ -N	mg/l	0,494	0,087	0,000
Kjeldahl-N	mg/l	0,211	0,174	0,100
TH	° F	310,1	172,1	49,1
Ca	° F	292,2	160,2	45,5
Ca	mg/l	1171,0	642,0	182,3
Mg	mg/l	43,5	29	8,8
SO ₄ ²⁻	mg/l	432,0	45,9	14,6
NA ⁺	mg/l	3,80	1,06	0,86
K ⁺	mg/l	7,70	2,10	1,26
F ⁻	mg/l	2,20	1,21	0,72
Fe	mg/l	0,026	0,001	0,000
Mn	mg/l	0,014	0,003	< 0,001
Cd	mg/l	< 0,007	< 0,007	0,007
Cu	mg/l	0,014	0,005	< 0,001
Zn	mg/l	0,032	< 0,005	< 0,005
Pb	mg/l	0,02	< 0,02	< 0,02
Ni	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Al	mg/l	0,30	0,20	< 0,05

Tabel 16 - Elueerbaarheid van de vlieg-as van de centrale van Rodenhui-ze
 bij verschillende pH-waarden
 - concentraties in het eluaat

Parameter	Eenheid	pH-waarden			
		2,5	5,0	7,5	10,0
Geleidbaarheid	$\mu\text{S}/\text{cm}$	19.020	11.390	9.770	8.700
pH		2,85	5,29	7,59	10,28
rh		24,8	28,5	33,0	32,0
Cl^-	mg/l	4,0	3,8	3,9	3,5
COD	mgO_2/l	3,65	13,40	5,48	3,65
BOD	mgO_2/l	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
T-PO_4	mg/l	0,220	0,326	0,000	0,000
$\text{NH}_3\text{-N}$	mg/l	0,800	0,650	0,180	0,020
$\text{NO}_2\text{-N}$	mg/l	0,052	0,087	0,067	0,068
$\text{NO}_3\text{-N}$	mg/l	-	-	-	-
Kjeldahl-N	mg/l	0,920	0,760	0,200	0,100
TH	$^\circ\text{F}$	1695,0	1144,0	935,1	809,4
Ca	$^\circ\text{F}$	1397,0	956,4	800,9	668,8
Ca	mg/l	5600	3833	3210	2681
Mg	mg/l	723	456	326	342
SO_4^{2-}	mg/l	1908	843	747	623
Na^+	mg/l	21,0	12,0	5,7	4,9
K^+	mg/l	21,4	13,4	7,4	9,6
F^-	mg/l	3,87	0,85	2,50	3,13
Fe	mg/l	2,120	0,025	0,022	0,000
Mn	mg/l	19,900	2,630	0,320	0,060
Cd	mg/l	0,180	0,030	0,020	0,030
Cu	mg/l	1,205	0,187	0,072	0,059
Zn	mg/l	22,700	0,870	0,260	0,059
Pb	mg/l	0,56	0,17	0,17	0,02
Ni	mg/l	0,94	0,39	0,10	< 0,01
Al	mg/l	46	1,90	0,95	0,35

6.4.3. Eigen waarnemingen

In het boorgat PB2, gelegen op het vliegassort, werden geofysische boorgatmetingen uitgevoerd. Aan de hand van de resistiviteitsmetingen met de lange normaalopstelling kon de kwaliteit van het stortporiënwater worden geschat. Gebruik makend van de formule van ARCHIE en een formatiefactor van 4,0 (paragraaf 6.5.5.2.3) werd een totaal zoutgehalte (TDS) bekomen van ca. 5550 mg/l. Deze waarde is echter een ruwe schatting daar de formatiefactor van de vliegassort niet éénduidig is gekend.

Een watermonster ontnomen onder het stort, in het bovenste deel van de laag KZ (peilbuis PP), levert een TDS-waarde op van ca. 2800 mg/l, wat beduidend lager is dan de geschatte TDS-waarde van het stortporiënwater. Hierbij dient echter te worden aangestipt dat de basis van het filterelement van de bemonsterde peilbuis zich juist boven een zone met relatief weinig verontreinigd water bevindt. Het opgepompte watermonster zal dan ook voor een deel afkomstig zijn van deze zone. Het voorkomen van dit relatief zuiver water onder het vliegassort wordt besproken in paragraaf 6.5.5.2.2.

De geleidbaarheid van het transportwater van de vliegassort werd tijdens de maand juni 1985 gemeten ter hoogte van de inlaat en de uitlaat. Er werden waarden gevonden van ca. 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ wat, gezien de gemiddelde kanaalwaterkwaliteit (tabel 14) laag kan genoemd worden.

6.5 Het verontreinigd grondwater

6.5.1. Bespreking van de analyseresultaten

6.5.1.1. Grondwaterkwaliteit in de watervoerende laag KZ

Uit de resultaten van de chemische analyses die zijn opgenomen in de bijlage 3, blijkt dat de meeste oude zowel als nieuwe stalen ontnomen op of rond het vliegassort verontreinigd zijn. Weinig door verontreinigende factoren beïnvloede peilbuizen zijn echter G RO 9.1 F1 en G SB2 F2.

Op grond van de individuele analyseresultaten werden gemiddelden berekend voor de parameterwaarden in de laag KZ (tabel 17). Hierbij werd een onderscheid gemaakt tussen de diepe, in het onderste deel van de laag KZ gelegen peilbuizen, en de ondiepe peilbuizen uit het bovenste deel van de laag KZ. De ondiepe peilbuizen werden op hun beurt onderverdeeld in buizen gelegen buiten de ringdijk van het vliegassort enerzijds en buizen op of binnen de ringdijk anderzijds. Aldus kunnen verschillen in de graad van beïnvloeding in functie van de diepte en de afstand tot het stort opgespoord worden.

De parameterwaarden zijn beduidend hoger voor de stalen ontnomen uit de diepe peilbuizen in vergelijking tot deze uit de ondiepe buizen, met uitzondering van het bicarbonaatgehalte en de concentraties aan F , NO_3 en PO_4 . Men kan dus stellen dat de verontreiniging het belangrijkste is in het onderste deel van de laag KZ; dit feit wordt bevestigd door de resistiviteitsprofielen (paragraaf 6.5.5.2) welke bovendien aantonen dat de verontreiniging, vooral in de onderkant van KZ, afkomstig is van het vliegassort.

Uit de analyseresultaten van stalen uit de ondiepe peilbuizen kan afgeleid worden dat in het bovenste deel van de laag KZ de verontreiniging in de onmiddellijke nabijheid van het vliegassort weinig verschillend is van deze op enige afstand van het stort. De oorsprong van deze ondiepe verontreiniging kan naast het huidige vliegasperkolaat ook het verontreinigd kanaalwater zijn dat vroeger, voor 1968, gebruikt

Tabel 17 - Gemiddelde parameterwaarden van de grondwaterstalen ontnomen in het onderste of bovenste deel van de laag KZ

Parameter	Eenheid	Peilbuizen gelegen in het onderste deel van de laag KZ				Peilbuizen gelegen in het bovenste deel van de laag KZ							
						Peilbuizen buiten de ringdijk van het vliegasstort				Peilbuizen op of binnen de ringdijk van het vliegasstort			
		$\bar{X}$	N	max.	min.	$\bar{X}$	N	max.	min.	$\bar{X}$	N	max.	min.
pH	-	6,76	8	7,09	6,63	7,04	4	7,12	6,93	7,63	18	8,20	7,09
K ₂ O	µs/cm	4162	8	7430	1218	2799	4	4180	864	2150	18	3495	420
Na	mg/l	526	8	1160	42,0	409	4	694	79,0	378	3	670	28,2
K	mg/l	26,9	8	35,0	12,7	18,7	4	41,8	7,0	22,3	8	39,6	10,1
Ca	mg/l	455	8	649	163	247	4	400	81,3	194	18	302	94,9
Mg	mg/l	76,7	8	133	26,7	46,0	4	62,6	28,2	33,1	18	65,5	5,16
Fe	mg/l	24,5	8	31,1	9,90	11,5	4	22,3	4,38	5,97	13	44,0	0,03
NH ₄	mg/l	12,1	5	12,9	10,5	4,49	3	4,74	4,05	3,28	12	14,24	0,36
Cl	mg/l	1364	8	2440	313	686	4	1069	86,2	503	18	1191	10,6
SO ₄	mg/l	386	8	609	45,0	266	4	481	144	270	13	512	9,67
NO ₃	mg/l	0,35	8	0,60	0	0,41	4	0,60	0,20	8,22	18	32,4	0,23
PO ₄	mg/l	0,77	7	3,10	0,04	0,22	4	0,42	0,06	2,14	3	3,01	0,43
HCO ₃	mg/l	404	8	763	210	572	4	1085	290	363	13	875	128
F	mg/l	0,59	5	4,55	0,52	1,24	3	1,95	0,52	2,04	7	4,55	0,57
TH	° F	149	8	223	57,5	83,9	4	121	32,9	74,9	8	200	25,8

werd om de rechterkanaaloever op te hogen en dat voor een deel kon infiltreren.

Opvallend is dat er voor bepaalde parameters vrij grote verschillen in concentraties voorkomen naargelang het laboratorium dat de monsters heeft opgenomen en/of geanalyseerd; dit is vooral treffend voor de Fe- en NO_3 -concentraties. Het gehalte van deze bestanddelen in de OVAM-buizen die het hoofddeel uitmaken van de buizen gelegen binnen of op de ringdijk, wijkt sterk af van dit in buizen geboord en bemonsterd door de LEERSTOEL VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE. Volgens de tabel 17 zijn de parameterwaarden van de peilbuizen buiten de ringdijk zelfs iets hoger.

In het algemeen zijn de pH-waarden van het verontreinigde water (diep en ondiep) vrij normaal (6,5 - 7,5); vrij hoge waarden worden echter waargenomen in de OVAM-buizen (7,8 - 8,2). De meeste overige parameterwaarden in het door het vliegasperkolaat beïnvloede grondwater liggen hoog tot zeer hoog wanneer men ze vergelijkt met die voor het "natuurlijke" grondwater (paragraaf 6.5.3).

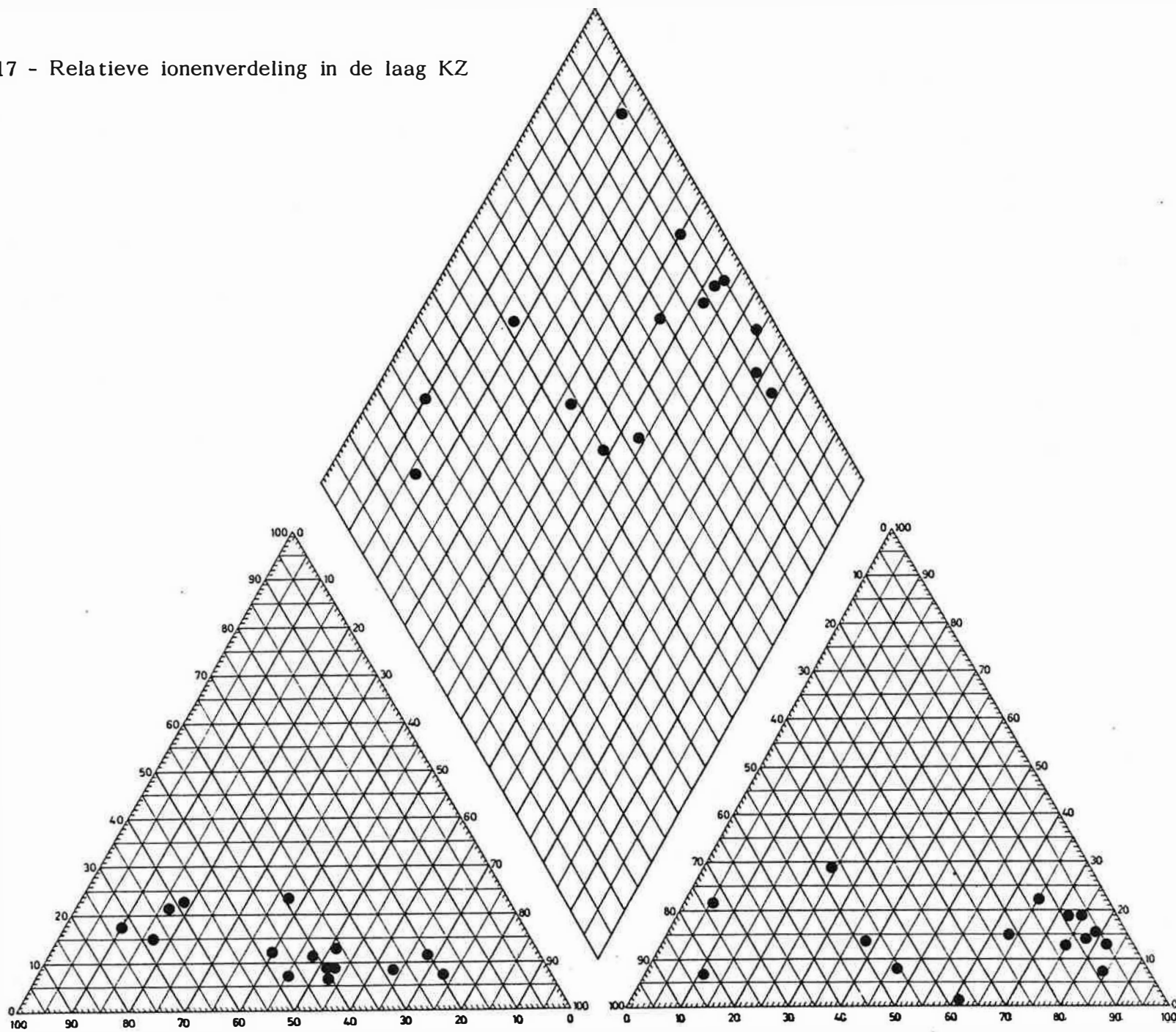
De analyseresultaten die toelieten een ionenbalans op te stellen werden uitgezet in een PIPER-diagram (fig. 17). Een dergelijk diagram geeft de relatieve verhouding van de voornaamste kationen en anionen.

Met de chemische analyses zijn ook de concentraties van een aantal metalen bepaald. Het verontreinigde water bevat relatief hoge concentraties aan Cd, Co, Cr, Ni en Pb.

6.5.1.2. Grondwaterkwaliteit in de aangevulde en vergraven gronden

De buizen OV2, OV3 en OV4 zijn zoals aangegeven in de figuur 16 gelegen in de aangevulde gronden. De monsters ontnomen uit deze peilbuizen hebben dus betrekking op deze laag.

Fig.17 - Relatieve ionenverdeling in de laag KZ



De gemiddelde kwaliteit van het grondwater in deze laag is weergegeven in de tabel 18. Vergelijking met de gemiddelde waarden voor de laag KZ toont aan dat, althans in de onmiddellijke nabijheid van het stort, de verontreiniging van de aangevulde gronden nagenoeg gelijk is aan deze in het bovenste deel van de laag KZ. Een belangrijke uitzondering hierop vormt de SO_4 -concentratie : gemiddeld 897 mg/l in de aangevulde gronden (met een maximale waarde van 2628 mg/l) t.o.v. 270 mg/l in de laag KZ.

6.5.2. Vergelijking met het kanaalwater

De gemiddelde parameterwaarden van het grondwater uit de laag KZ (tabel 17) werden vergeleken met de gemiddelde waarden van het kanaalwater (tabel 14). De verhouding, hier V_k genoemd, van de gemiddelde grondwaterkwaliteit tot de gemiddelde kanaalwaterkwaliteit is weergegeven in de tabel 19.

In de diepe peilbuizen kan t.o.v. het kanaalwater een aanrijking aan Cl , NH_4 en SO_4 waargenomen worden, alsook een toename van de totale hardheid. De ondiepe peilbuizen zijn gekenmerkt door een verarming van alle in de tabel 19 opgenomen parameters.

6.5.3. Vergelijking met het "natuurlijke" grondwater in het gebied

Analoog als hierboven werd het gemiddeld grondwater in de laag KZ rond het vliegassstort vergeleken met het "natuurlijke" grondwater in het gebied (tabel 10). De waarden van de verhouding, hier V_n genoemd, van grondwater in de laag KZ tot niet of zeer weinig verontreinigd grondwater, zijn opgenomen in de tabel 20.

Tabel 18 - Gemiddelde parameterwaarden van de grondwaterstalen
ontnomen uit de aangevulde en vergraven gronden (laag A)

Parameter	Eenheid	$\bar{X}$	N	Max.	Min.
pH	-	7,69	9	8,0	7,40
K ₂ O	µs/cm	2581	9	3200	1550
Na	mg/l	-	-	-	-
K	mg/l	23,2	3	38,9	8,85
Ca	mg/l	364	9	897	136
Mg	mg/l	39,4	9	71,1	10,9
Fe	mg/l	0,17	6	0,37	0,04
NH ₄	mg/l	7,14	6	17,0	3,96
Cl	mg/l	437	9	790	40,4
SO ₄	mg/l	897	6	2628	82,2
NO ₃	mg/l	8,22	9	35,7	2,05
PO ₄	mg/l	< 1,07	3	-	-
HCO ₃	mg/l	511	6	917	275
F	mg/l	1,58	3	2,72	0,83
TH	° F	112	3	169	59

Tabel 19 - Waarden van de verhouding V_K (gemiddeld grondwater in de laag KZ in de buurt van het vliegastort tot gemiddeld kanaalwater)

Parameter	Diepe peilbuizen	Ondiepe peilbuizen
pH	0,93	1,00
K ₂ O	0,76	0,45
Cl	2,07	0,90
NH ₄	1,18	0,38
T-PO ₄	0,15	0,12
SO ₄	1,12	0,78
Mg	0,75	0,39
Na	0,42	0,32
TH	1,64	0,88

Tabel 20 - De waarden van de verhouding V_N (gemiddeld grondwater in de laag KZ in de buurt van het vliegastort tot gemiddeld natuurlijk grondwater)

Parameter	Diepe peilbuizen	Ondiepe peilbuizen
K ₂ O	4,42	2,63
Na	9,60	7,18
K	1,84	1,40
Mg	5,11	2,64
Ca	3,27	1,58
Fe	3,49	1,24
NH ₄	4,34	1,39
Cl	14,89	6,49
SO ₄	5,29	3,67
HCO ₃	1,00	1,15
TH	3,43	1,83

De tabel geeft aan dat het grondwater in de buurt van het vliegassort beduidend slechter is dan het gemiddeld "natuurlijke" grondwater in het gebied. Het meest in het oog springend in dit verband zijn Na, Mg, Cl en SO_4 .

6.5.4. Vergelijking met het putwater in Oost-Vlaanderen

Op dezelfde manier werd tenslotte het gemiddeld grondwater in de laag KZ vergeleken met het gemiddeld putwater in Oost-Vlaanderen in 1983 (J. DIERICKX et al., 1983)(tabel 21). De waarden van de verhouding, hier V_p genoemd, van grondwater tot Oostvlaams putwater, zijn opgenomen in de tabel 22. Ofschoon in de oorspronkelijke publikatie niet vermeld, mag men redelijkerwijze aannemen dat putwater in Oost-Vlaanderen gelijkgesteld mag worden met ondiep grondwater (tot ca. 30 m diepte).

De parameterwaarden van het grondwater rond het vliegassort zijn merkkelijk hoger dan het gemiddeld putwater in Oost-Vlaanderen. De meest extreme verschillen zijn de NH_4^- , Cl en SO_4 - concentraties.

6.5.5. Uitbreiding van de verontreiniging

6.5.5.1. De geo-elektrische profileringen

De uitvoering van de geo-elektrische profileringen werd reeds uitvoerig besproken in paragraaf 6.2.2.1. De gemeten resistiviteiten op en naast het vliegassort zijn uitgezet in functie van de afstand tot het centrum van het stort (fig. 18). De profileringen uitgevoerd op de ringdijken zijn afzonderlijk voorgesteld.

De indringingsdiepte van de profileringen bedraagt, gezien de kleine elektrodenafstand ($a = 10$ m) slechts enkele meters. De kleine elektrodenafstand was echter wel nodig om scherpe wijzigingen in resis-

Tabel 21 - Gemiddelde kwaliteit van het putwater in Oost-Vlaanderen in 1983 (J. DIERICKX et al., 1985).

PARAMETER	GEM.	MIN.	MAX.	MED.	N RESUL.	N > NORM
PH	7,33	4,80	10,6	7,40	544	41
K ₂₀ uS/cm	806	170	2450	777	543	2
KMnO ₄ c mg/l	3,0	0,0	28,5	2,0	544	71
TOC mgC/l	4,9	2,7	7,5	4,5	3	0
CO ₃ = mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0	4	0
T.H. oF	34,4	0,0	108	33,4	543	65
TAP oF	0,0	0,0	0,0	0,0	4	0
TAP meq/l	0,0	0,0	0,0	0,0	4	0
SO ₄ = mg/l	6	-	-	-	1	0
Cl- mg/l	44	3	264	35	544	2
NH ₄ + mg/l	0,453	0,000	12,6	0,040	544	95
NO ₂ - mg/l	0,210	0,000	8,200	0,020	544	133
NO ₃ - mg/l	63,8	0,00	954	12,8	544	238
o-P mg/l	0,46	0,10	0,90	0,40	4	0
Cd ug/l	0,00	0,00	-	0,00	2	0
Fe ug/l	8	0	2665	0	544	2
Pb ug/l	62,0	0,00	310	0,00	5	1
Zn ug/l	78	-	-	-	1	0
TCount /ml	2121	0	10000	530	543	0
TColi /100ml	67	0	10000	0	544	140
EColi /100ml	27	0	1500	0	544	104
FStrep /100ml	13	0	1230	0	544	87

Tabel 22 - Waarden van de verhouding V_p (gemiddeld grondwater in de laag KZ in de buurt van het vliegassort tot gemiddeld Oostvlaams putwater) .

Parameter	Diepe peilbuizen	Ondiepe peilbuizen
pH	0,92	1,00
K ₂ O	5,16	3,07
NH ₄ ⁺	26,7	8,59
Cl	31,0	13,5
SO ₄	64,3	44,7
PO ₄	1,67	2,56
TH	7,33	2,31

tiviteit te kunnen waarnemen. De metingen gebeurden dus meestal in de aangevulde gronden; ze zijn dan ook niet representatief voor de laag KZ.

De uitvoering van de profileringen werd bemoeilijkt door het voorkomen van talrijke storende factoren zoals wegen, leidingen, hoogspanningsmasten e.a. Bovendien werd soms gemeten in een grintrijke ondergrond. Op deze plaatsen worden de metingen sterk beïnvloed. De toestand van het terrein liet niet toe profileringen uit te voeren in oostelijke en westelijke richting.

In de figuur 17 kan een aantal tendenzen waargenomen worden. Zowel in noordelijke als in zuidelijke richting liggen de gemeten resistiviteiten in de nabijheid van het vliegassort relatief laag; ze variëren respectievelijk tussen 10 en 20 ohmm en 15 en 25 ohmm.

Deze zone met lage resistiviteiten strekt zich uit tot ca. 200 m van de dijk in het noorden, doch slechts een 50-tal m in het zuiden. Verder van het vliegassort stijgen de resistiviteiten snel tot 30 à 40 ohmm; dit wijst erop dat de ondiepe verontreiniging groter is in de nabijheid van het stort.

De profileringen uitgevoerd op de dijken rond het stort geven resistiviteitswaarden variërend tussen 12 en 25 ohmm, met de hoogste waarden op de oostelijke dijk. De elektrische profilering uitgevoerd op het vliegassort zelf (RP11) levert resistiviteiten op van ca. 10 ohmm.

Uit de profielen kan men besluiten dat het grondwater ondiep meer verontreinigd is in de onmiddellijke nabijheid van het vliegassort dan er verder van verwijderd. Deze zone kent slechts een geringe uitbreiding in zuidelijke richting, maar reikt in noordelijke richting tot ca. 200 m van de stortdijk. Waarschijnlijk gaat het om een zone welke beïnvloed is door het vliegassort.

6.5.5.2. Het resistiviteitsprofiel

6.5.5.2.1. Algemeen

Met behulp van de lange normaalopstelling werd de formatie-resistiviteit ρ_t goed benaderd. Deze is een funktie van de resistiviteit van het materiaal waaruit de gronddeeltjes zijn opgebouwd, van de resistiviteit van het poriënwater (ρ_w) en bijgevolg de zoutkoncentratie, van het poriënvolume (n), de verzadigingsgraad (s_r) en van de temperatuur (θ). Het verband tussen ρ_t en ρ_w is gegeven door de formule van ARCHIE :

$$\rho_t = F \cdot \rho_w \quad \text{met } F \text{ de formatiefaktor.}$$

Is de resistiviteit van het poriënwater gekend, dan kan het totale zoutgehalte (TDS) van het poriënwater benaderd worden.

De langnormaalmetingen werden in deze studie aangewend voor de opstelling van een hydrochemische doorsnede of resistiviteitsprofiel. Dit profiel tracht een beeld op te hangen van de uitbreiding van de verontreiniging in een vertikaal vlak. Op het profiel zijn de resistiviteitsdiagrammen bekomen d.m.v. de boorgatmetingen voorgesteld, alsook de diepte van de filterelementen.

Het resistiviteitsprofiel II' is gelegen volgens de lijn PB2-SB1-SB4. Er werden twee voorstellingswijzen toegepast; ze worden besproken in de volgende paragrafen. De ligging van het profiel is aangeduid op de PLAAT 1. De figuren 19 en 20 geven de twee voorstellingswijzen.

6.5.5.2.2. De eerste voorstellingswijze (fig. 19)

Op grond van het totale zoutgehalte (TDS) werd het grondwater door G. DE MOOR en W. DE BREUCK (1969) onderverdeeld in 9 klassen gaande van zeer zoet tot zout water. L. LEBBE & K. PEDE (1985) hebben deze klassificatie uitgebreid tot de formatieresistiviteit en de poriënwaterresistiviteit. Tabel 23 geeft een overzicht van de bekomen klassificatie.

Aan de hand van deze klassificatie werden op het resistiviteitsprofiel lijnen van gelijke formatieresistiviteit getekend (fig.19); deze lijnen vallen samen met de grenzen tussen de verschillende klassen uit de tabel 23.

Ter hoogte van de doorsnede kunnen in het grondwater vier kwaliteiten onderscheiden worden; het zijn de klassen 3, 4, 5 en 6 uit de tabel 23. Het meest door het stortperkolaat beïnvloede water (klasse 6) is vooral aanwezig in het onderste deel van de laag KZ; dit water strekt zich uit tot ca. 500 m van het vliegassort. Het grondwater boven deze "tong" van sterk beïnvloed water is minder verontreinigd. Weinig of niet verontreinigd water is aanwezig in een lens ter hoogte van de boring G SB2.

Opmerkelijk is de configuratie onder het stort zelf. Het diepere grondwater is er minder gemineraliseerd dan het eigenlijke beïnvloede water. Het voorkomen van dit minder gemineraliseerd water kan wijzen op een instroming van relatief zuiver water, vermoedelijk vanuit zuidelijke richting.

6.5.5.2.3. De tweede voorstellingswijze (fig. 20)

In homogene storten (zoals het vliegassort) kan door de methode beschreven door L. LEBBE & K. PEDE (1985) een vast verband gelegd worden tussen hogergenoemde grootheden (ρ_t , ρ_w , TDS) en de vermen-

Tabel 23 - Klassificatie van het grondwater (L. LEBBE & K. PEDE, 1985)

	TDS (mg/l) (DE MOOR & DE BREUCK, 1969)	ρ_t bij 11°C (Ωm)	ρ_w bij 11° C (Ωm)
1. zeer zoet	< 200	< 200	< 50
2. zoet	200 - 400	200 - 100	50 - 25
3. matig zoet	400 - 800	100 - 50	25 - 12,50
4. zwak zoet	800 -1600	50 - 25	12,50- 6,25
5. matig brak	1600 -3200	25 - 12,50	6,25- 3,125
6. brak	3200 -6400	12,50 - 6,25	3,125- 1,56
7. zeer brak	6400 -12800	6,25 - 3,125	1,56- 0,78
8. matig zout	12800-25600	3,125 - 1,56	0,78- 0,39
9. zout	> 25600	< 1,56	< 0,39

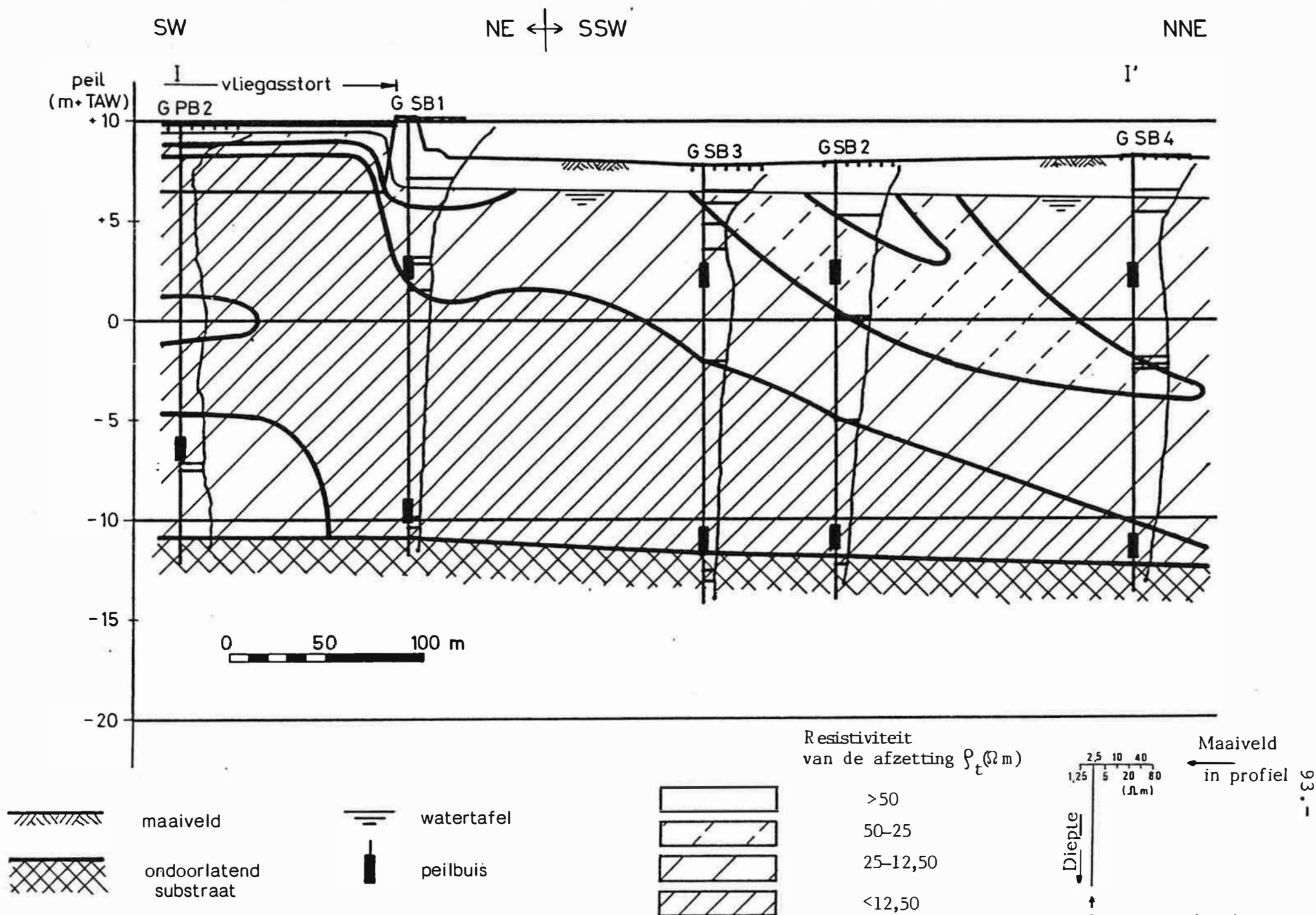


Fig. 19 - Resistiviteitsprofiel langs de boringen GPB2, GSB1, GSB3, GSB2 en GSB4 (eerste voorstellingswijze)

gingsgraad tussen verontreinigd en niet verontreinigd grondwater. Hierbij wordt aan het stortperkolaat een waarde van 100 % toegekend, terwijl het "natuurlijke" grondwater de waarde 0 % toegewezen krijgt. De vermengingsgraad, berekend volgens de hierboven vernoemde methode wordt uitgedrukt in percentages.

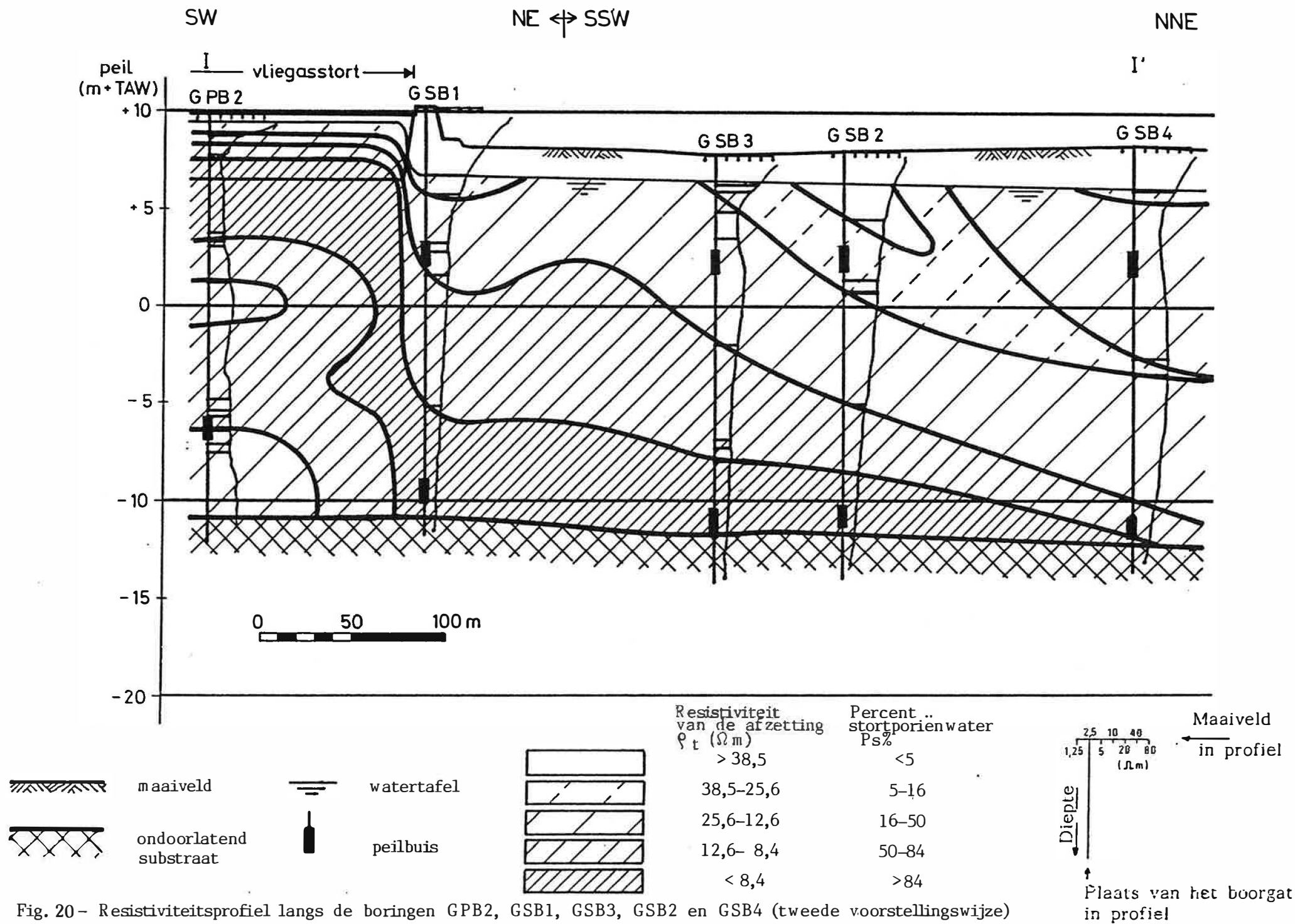
Het totale zoutgehalte (TDS) van het stortperkolaat (d.i. 100 %) werd geschat aan de hand van de langnormaalresistiviteit; de aangenomen formatiefaktor bedraagt 4,0. De bekomen TDS-waarde bedraagt 5550 mg/l. Voor de TDS van het niet verontreinigd grondwater (d.i. 0 %) werd 800 mg/l aangenomen. Deze waarde stemt overeen met het totale zoutgehalte van het grondwater in de peilbuis G RO. 9.4 F1.

Op grond van deze waarden bekomt men het in tabel 24 weergegeven verband tussen de formatieresistiviteit, de benaderende resistiviteit van het poriënwater, het benaderend zoutgehalte en de vermengingsgraad tussen het stortperkolaat en het omringende grondwater.

Aan de hand van de langnormaalmetingen en de percentages uit hogergenoemde tabel worden dan lijnen van gelijke vermenging getekend. Een dergelijke doorsnede is voorgesteld in de figuur 20. Het beeld van de verspreiding van de verschillende kwaliteiten is gelijk aan dit verkregen met de eerste voorstellingswijze. De "tong" van sterk beïnvloed water is hier onderverdeeld in twee kwaliteiten : water samengesteld uit 50 tot 84 % stortperkolaat en water bestaande uit meer dan 84 % stortperkolaat. Het sterkst beïnvloede water is aanwezig in de diepste zone.

Tabel 24 - Verband tussen de formatieresistiviteit, de benaderende resistiviteit van het grondwater, het benaderend zoutgehalte en de vermengingsgraad tussen het stortporiënwater en het omringende grondwater ter hoogte van de doorsnede I I'

Percent stortperko- laat $P_s \%$	TDS (mg/l)	ρ_w bij 11°C (Ωm)	ρ_t bij 11° C (Ωm)
100	5550	1,80	7,20
99	5503	1,82	7,28
95	5313	1,88	7,52
84	4790	2,09	8,36
50	3175	3,15	12,60
16	1560	6,41	25,64
5	1038	9,63	38,52
1	848	11,79	47,16
0	800	12,50	50,0



6.6. Besluit

De grondwaterkwaliteit in de omgeving van het vliegasstort werd bestudeerd aan de hand van geo-elektrische profileringen, geofysische boorgatmetingen en chemische analyses op waterstalen.

In het bestek van deze studie zijn door de LEERSTOEL VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE 10 peilbuizen voor het eerst bemonsterd. De nieuwe analyseresultaten werden samen met oude analyses verwerkt. In het totaal zijn er gegevens beschikbaar gekomen over 39 grondwaterstalen.

Het niet verontreinigd grondwater in het studiegebied is een zoet water met een zoutgehalte dat lager is dan ca. 1000 mg/l.

Uit de geofysische boorgatmetingen blijkt dat het vliegas-perkolaat het grondwater verontreinigt. Vooral het onderste deel van de watervoerende laag KZ, behalve onder het stort zelf, is er door beïnvloed; de verontreinigde zone strekt zich in noordelijke richting uit tot ca. 500 m van het stort. De verontreiniging in de andere richtingen is niet in detail bestudeerd. Uit de grondwaterstromingsgegevens kan echter afgeleid worden dat de uitgestrektheid van de verontreiniging in zuidelijke richting betrekkelijk klein zal zijn. In oostelijke en westelijke richting daarentegen mag een beïnvloedingszone analoog aan deze in noordelijke richting verwacht worden.

Onder het stort zelf is een pluim van relatief zuiver water onderkend. Dit grondwater is afkomstig uit zuidelijke richting. Over de geometrie van deze laag grondwater zijn geen gegevens bekend.

Het ondiepe grondwater is eveneens beïnvloed. Uit de geo-elektrische profileringen blijkt dat in zuidelijke en in noordelijke richting respectievelijk tot op 50 m en 200 m van het stort het ondiepe grondwater meer verontreinigd is dan verderaf wat wijst op beïnvloeding

door het vliegassort. Het ondiepe grondwater is echter hoogst waarschijnlijk vroeger ook beïnvloed geweest door het kanaalwater dat gebruikt werd als transportwater bij het ophogen van de terreinen.

De kwaliteit van het vliegassortperkolaat is beïnvloed door de kwaliteit van het kanaalwater dat gebruikt wordt als transportmiddel voor de as en door de uitloging van de vliegassort.

Het verontreinigd grondwater rond het stort kan tot ca. 6000 mg/l zouten bevatten; in het algemeen is het zoutgehalte echter lager dan 4000 mg/l. Dit grondwater vertoont voor alle parameters te hoge waarden ten opzichte van het niet verontreinigd "natuurlijke" grondwater in het gebied of van het gemiddelde putwater in Oost-Vlaanderen. Opvallend zijn de hogere Na-, Mg-, Cl-, SO₄- en NH₄-concentraties. Ten overstaan van het kanaalwater vertoont het beïnvloed grondwater hogere SO₄-, NH₄- en Cl-waarden.

7. MATEMATISCHE MODELLEN

7.1. Algemeen

Om een beter inzicht te verkrijgen in de evolutie en de ruimtelijke verspreiding van de grondwaterkwaliteit werd een mathematisch model opgesteld. Het mathematisch model berekent, uitgaande van hydraulische parameters en randvoorwaarden, de stijghoogteconfiguratie, het stromingspatroon en de grondwaterkwaliteitsverdeling van het studiegebied. Het biedt de mogelijkheid de evolutie van de grondwaterkwaliteit te reconstrueren en het effect van ingrepen in het hydrogeologisch systeem van het gebied te evalueren.

Een dergelijk model houdt in dat een reeks differentiaalvergelijkingen worden opgelost. Door gebruik te maken van een computer is het mogelijk numerieke oplossings technieken toe te passen. Dergelijke berekeningen zijn tijdrovend en stellen strenge eisen betreffende rekensnelheid en beschikbare geheugenruimte van het aangewende systeem.

Het opstellen van een mathematisch model houdt in dat er een schematisering van de werkelijke hydrogeologische toestand wordt doorgevoerd. Het studiegebied wordt ingedeeld in een beperkt aantal cellen in een netwerk. Voor elke cel dienen hydraulische parameters ingevoerd te worden. In de cellen die samenvallen met de begrenzing van het gebied moeten randvoorwaarden opgegeven worden. De gekozen afmetingen van de cellen is mede bepalend voor de nauwkeurigheid van de berekende resultaten. In een eerste fase dient het model geijkt te worden. De berekende stijghoogten worden vergeleken met de veldwaarnemingen. De ingevoerde hydraulische parameters worden aangepast tot voldoende overeenstemming bereikt is.

In deze studie werd de voorkeur gegeven aan een twee-dimensionaal kwaliteitsmodel. De simulaties gebeuren in een vertikaal vlak, zodat ook de verticale variaties in het grondwaterreservoir berekend

worden. Er werd gebruik gemaakt van het model van L.F. KONIKOW & J.D. BREDEHOEFT (1978), dat werd aangepast om ook dichtheidsstromingen in rekening te brengen (L. LEBBE, 1983). Het simulatieprogramma werd gekoppeld aan een grafisch outputprogramma dat schematische voorstellingen produceert van de berekende waterstijghoogten, snelheden en concentraties. Dit laat een snelle overzichtelijke interpretatie toe van de verkregen resultaten. Beide programma's zijn geschreven in FORTRAN IV. De berekeningen zijn uitgevoerd op het SIEMENS 7740 bedrijfssysteem van het CDR (Centraal Digitaal Rekencentrum) van de Rijksuniversiteit Gent.

7.2. Aangewend mathematisch model

Het numeriek model simuleert het opgeloste- stoffentransport en de dispersie in een grondwaterreservoir. Het berekent de opeenvolgende concentratieveranderingen van een niet-reaktieve (konservatieve) opgeloste stof. Het programma lost gelijktijdig twee partieel-differentiaalvergelijkingen op. De eerste vergelijking is de grondwaterstromingsvergelijking, waarbij rekening gehouden wordt met de dichtheidsverdeling. Deze bepaalt de zoetwaterstijghoogteconfiguratie. De tweede vergelijking is de opgeloste-stoffenvergelijking, die de concentratie van de opgeloste stoffen bepaalt.

De stromingsvergelijking wordt afgeleid met behulp van de uitgebreide wet van DARCY, waarin de dichtheidsverschillen verwerkt zijn, en van de continuïteitswet. Deze vergelijking wordt gediskretiseerd in een eindig-verschilnetwerk. Hierbij wordt op de verticale doorsnede van het grondwaterreservoir een netwerk gelegd dat bestaat uit rechthoekige cellen. In het centrum van de cellen wordt de zoetwaterstijghoogte berekend met behulp van de afwisselende richting-impliciet procedure. Uit de zoetwaterstijghoogten en de dichtheidsverdeling worden de stroomsnelheden afgeleid.

De opgeloste-stoffentransportvergelijking wordt opgelost met de methode van de karakteristieken. Deze methode geeft de beste resulta-

ten indien het transport van de opgeloste stoffen vooral konvektief gebeurt. Bij het invoeren van een geringe dispersiviteit treedt dan ook geen numerieke dispersie op, d.i. dispersie tengevolge van het rekenproces. Bij deze oplossingsmethode worden numeriek een reeks bewegende deeltjes ingevoerd. De verplaatsing van de deeltjes wordt afgeleid uit de stroomsnelheid op deze plaats. Deze techniek wordt soms de techniek van het volgen van deeltjes genoemd ("particle tracking"). Bij de aanvang van de berekening plaatst men een aantal deeltjes, elk met de aanvangskoncentratie gelijk aan deze toegekend aan de cel. De deeltjes zijn dan gelijkmatig over het netwerk verspreid. De verplaatsing van de deeltjes gedurende een bepaalde periode wordt afgeleid uit de DARCY-stroomsnelheid op de plaats van het deeltje. De duur van de verplaatsing is functie van de injectiesnelheid, de stroomsnelheid of de dispersiecoëfficiënt. Gedurende de opgegeven tijdsstap worden dan ook meerdere bewegingen uitgevoerd.

Naast het konvektieve transport tengevolge van de beweging van de waterdeeltjes is er hydrodynamische dispersie. Deze wordt bepaald door de DARCY-stroomsnelheid en het verhang in concentratie op een bepaalde plaats. De hydrodynamische dispersie omvat twee processen : de mechanische dispersie en de moleculaire diffusie.

Na iedere opgegeven tijdsstap wordt uit de bekomen concentratie het drijfvermogen afgeleid. Dit is de verhouding van het verschil tussen de dichtheid van het water met een bepaalde concentratie en de dichtheid van zoetwater tegenover de dichtheid van het zoetwater. Een eenvoudig lineair verband tussen de concentratie en de dichtheid wordt aangenomen.

Met het nieuwe drijfvermogen tussen de verschillende knooppunten na iedere tijdstap wordt een nieuwe zoetwaterconfiguratie berekend, waaruit dan een nieuw stromingspatroon berekend wordt.

7.3. Simulaties

De simulatie van de grondwaterstroming en de evolutie van de grondwaterkwaliteit gebeurt d.m.v. een axiaal-symmetrisch tweedimensionaal model in een verticale doorsnede. Met het oog hierop werd de grondwaterstromingsvergelijking in het model van L.F. KONIKOW & J.D. BREDEHOEFT (1978) gewijzigd. Het axiaal-symmetrisch tweedimensionaal model wordt toegepast omdat in het studiegebied de hoogste grondwater-tafelstand onder het stort voorkomt en er aldus een "symmetrische" uitstroming van water bestaat vanuit het stort in alle richtingen.

Een dergelijke simulatie geeft een beeld van de horizontale en de verticale grondwaterstroming, alsook van de verspreiding van de verschillende grondwaterkwaliteiten. Deze parameters kunnen een grote variatie vertonen van plaats tot plaats en met de diepte.

De resultaten bekomen door de simulatie kunnen enkel als richtinggevend beschouwd worden, dit omwille van de volgende redenen :

- 1° de keuze van de aanvangsvoorwaarden is kunstmatig; de evolutie van het vliegassort werd overgeschematiseerd (bv. het vliegassort is bij de aanvang van de simulatie reeds in de huidige toestand)
- 2° het axiaal-symmetrisch tweedimensionaal model in een vertikaal vlak veronderstelt dezelfde toestand in elke richting rondom het vliegassort, wat niet noodzakelijk het geval is.

De verticale doorsnede loopt vanaf het centrum van het vliegassort in noordnoordoostelijke richting zoals aangegeven op de figuur 21. De noordoostelijke grens wordt gevormd door de Rodenhuize-loop. De doorsnede valt gedeeltelijk samen met het resistiviteitsprofiel I-I' (paragraaf 6.5.5.2). In deze verticale doorsnede werden twee verschillende evoluties gesimuleerd :

- 1° de evolutie van de grondwaterkwaliteit met het vliegassort op het huidig peil
- 2° de evolutie van de grondwaterkwaliteit na een ophoging van het vliegassort met 2 m.

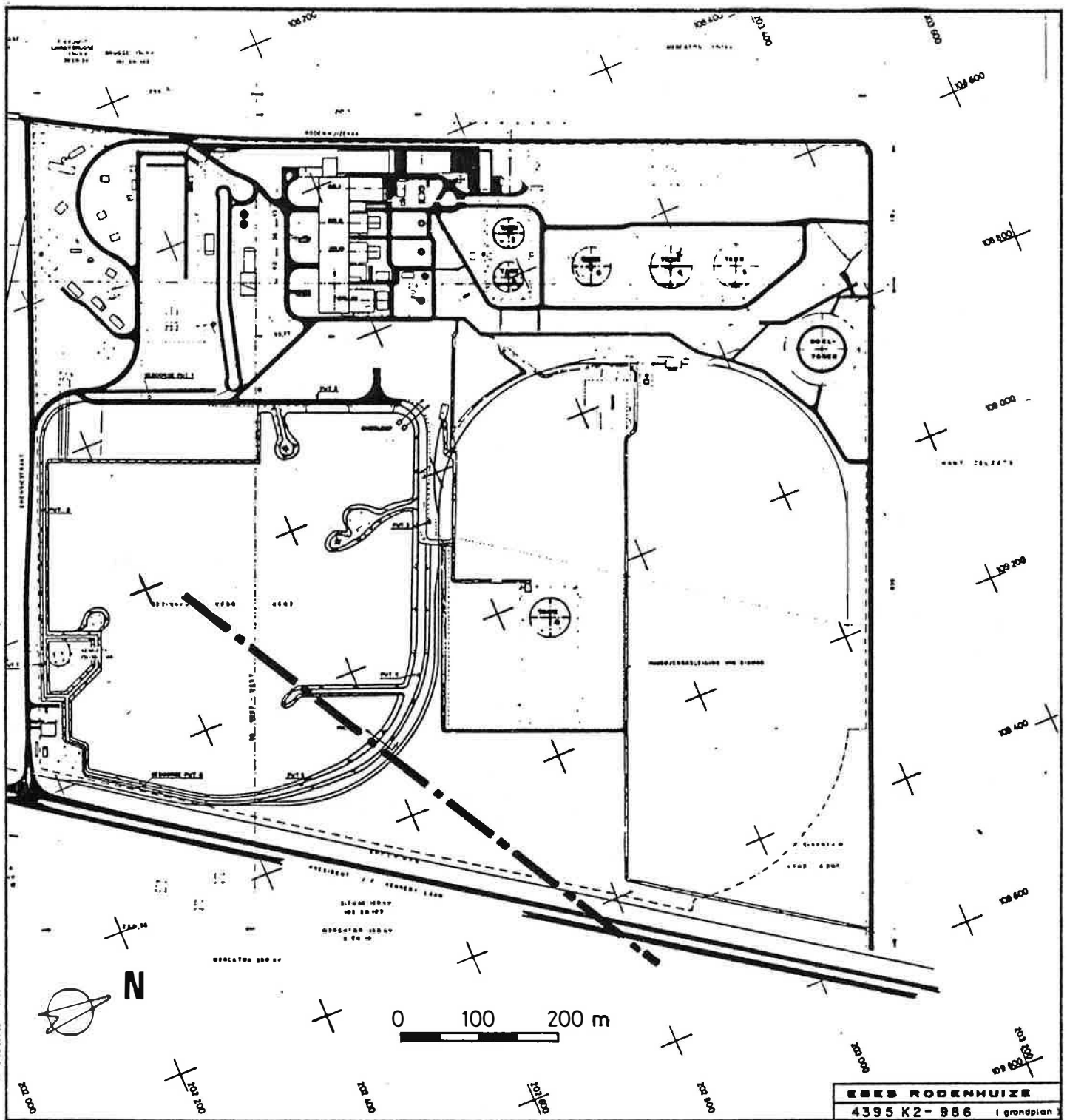


Fig.21 - Ligging van de simulatiedoorsnede

7.3.1. Simulatie van de grondwaterstroming en de grondwaterkwaliteit met het vliegassort op het huidig peil (PLAAT 9 en 10)

Deze simulatie heeft als doel een inzicht te verschaffen in de bestaande grondwaterstroming en de uitbreiding van de verontreiniging van het grondwater door het vliegasperkolaat. De bekomen resultaten worden vergeleken met het resistiviteitsprofiel I-I' (d.i. de waargenomen toestand), teneinde een gepaste waarde voor de dispersiviteit af te leiden.

7.3.1.1. Ingebrachte gegevens

De opbouw van het eindig-verschil netwerk van het model (d.i. de rangschikking van de cellen) is afgeleid uit de litologische doorsnede A-A' (PLAAT 2). Het model omvat 38 kolommen met een gelijke straalvermeerdering van 20 m. Hiervan zijn er 16 onder het vliegassort gelegen. Onder het vliegassort worden 11 lagen beschouwd met een gelijke dikte van 2 m. Net buiten het stort wordt het aantal lagen verminderd tot 9. Verder dan 520 m van het centrum van het stort, is het grondwaterreservoir door het lagere peil van het maaiveld opgebouwd uit slechts 8 lagen.

De ingevoerde hydraulische parameters werden bekomen d.m.v. de pompproef (paragraaf 4.6.2). De kennis van de horizontale doorlatendheid is noodzakelijk voor de meeste lagen van het grondwaterreservoir. Aan de onderste drie lagen wordt een doorlatendheid van 7 m/d toegekend. Hierop volgen twee lagen met een doorlatendheid van 4 m/d. Tenslotte worden nog twee of drie lagen (respektievelijk bij een totaal van 8 of 9(11) lagen) beschouwd met een doorlatendheid van 6,6 m/d.

Uit de pompproef kan bovendien afgeleid worden dat de hogergenoemde lagen anisotroop zijn voor wat betreft de hydraulische doorlatendheid. De verhouding van de verticale tot de horizontale doorlatendheid van deze lagen is 0,12; deze waarde voor de anisotropie werd in het model ingevoerd.

De lagen die het vliegastort zelf uitmaken, alsook de bovenste van het grondwaterreservoir buiten het stort vertonen vooral een verticale grondwaterstroming. Deze stroming dient in het model te worden gekarakteriseerd d.m.v. de hydraulische weerstand of de verticale doorlatendheid. De hydraulische weerstanden van deze lagen werden afgeleid uit de resultaten van de pompproef.

De horizontale doorlatendheid in het vliegastort werd berekend aan de hand van de ingevoerde waarde voor de anisotropie (0,12) en de hydraulische weerstanden tussen de verschillende lagen in het stort. De horizontale doorlatendheid van de bovenste laag van het grondwaterreservoir buiten het vliegastort werd zo gekozen dat een hydraulische weerstand van 100 dagen aanwezig is tussen de twee bovenste lagen.

7.3.1.2. De randvoorwaarden

De in het model beschouwde randvoorwaarden konden uit de veldwaarnemingen afgeleid worden. De zuidwestelijke verticale grens van het model stemt overeen met het centrum van het vliegastort, het is de as waarrond het eindig-verschil netwerk gewenteld wordt. De grens is als ondoorlatend beschouwd. Voor de noordoostelijke grens, d.i. de buitengrens van het model, wordt een vaste stijghoogtegrens genomen; de ingevoerde stijghoogten zijn de gemiddelde waarden van de stijghoogten waargenomen aan de Rodenhuizeloop.

De basis van het model wordt gevormd door het ondoorlatend tertiair kleisubstraat; bovenaan wordt een vaste stijghoogtegrens aange-

nomen. In alle bovenste cellen onder het vliegastort wordt éénzelfde stijghoogte ingevoerd; het is de gemiddelde watertafelstand in het stort, nl. +8,25 (m+TAW). In de bovenste cellen buiten het stort daarentegen wordt aan elke cel een verschillende stijghoogte toegekend. De waarden zijn hier afgeleid uit stijghoogtemetingen op drie plaatsen (G SB1, G SB2 en G SB3) en uit het kwaliteits- en stromingspatroon waargenomen in het resistiviteitsprofiel I-I'.

7.3.1.3. De berekeningen

Bij de berekeningen wordt de aanwezigheid van twee primaire waters verondersteld. Het eerste primaire water is het regenwater dat buiten het vliegastort door de onverzadigde zone perkoleert (d.i. 100 % normaal infiltratiewater). Het tweede primaire water is het water dat doorheen het vliegastort perkoleert (d.i. 100 % vliegastortporiënwater).

Bij de aanvang van de simulatie gaat men onmiddellijk uit van de randvoorwaarden van het huidig stort. Bijgevolg wordt een min of meer konstante grondwaterstroming vanuit het stort verondersteld die enkel nog kan beïnvloed worden door de veranderende dichtheidsverdeling. Deze laatste zal veranderen t.g.v. wijzigingen in de grondwaterkwaliteit (menging van beide primaire waters).

Op het aanvangstijdstip is het vliegastort volledig gevuld met 100 % vliegastortporiënwater, terwijl het grondwaterreservoir volledig gevuld is met 100 % normaal infiltratiewater. De berekende grondwaterstromingen resulteren dan uit de gegeven grensvoorwaarden, de hydraulische doorlatendheden en de opgegeven dichtheidsverdeling bij aanvang. De dichtheid van 100 % vliegastortporiënwater wordt gelijk gesteld aan 1,005; de dichtheid van 100 % normaal infiltratiewater bedraagt 1,000.

Voor het berekenen van de evolutie van de grondwaterkwaliteit wordt zoals reeds aangegeven in paragraaf 7.2, de methode van de karakteristieken toegepast. Hierbij wordt de concentratie in negen deeltjes per cel van het eindig-verschil netwerk gevolgd. In opeenvolgende bewegingen wordt de ligging van deze deeltjes gevolgd en de menging berekend.

Teneinde de beweging van de deeltjes te kunnen nagaan dient de werkelijke doorsijpelingsnelheid gekend te zijn. Hierbij wordt een waterdoorlatende porositeit van 0,3 aangenomen. De duur van één beweging is afhankelijk van de maximale doorsijpelingsnelheid in het model; deze wordt bepaald door de maximale celafstand die een deeltje gedurende één beweging mag afleggen. De maximale celafstand werd gelijk gesteld aan 0,95.

De menging van de twee primaire waters bij stroming door de ondergrond is afhankelijk van de longitudinale en de transversale dispersie. De verhouding tussen beide dispersies wordt konstant op 0,3 gehouden. De waarde van de longitudinale dispersie werd proefondervindelijk bepaald. Hiervoor werden de berekeningen uitgevoerd met verschillende waarden voor de longitudinale dispersie : 0,03 m, 0,06 m, 0,12 m, 0,30 m. Na vergelijking van de berekende kwaliteitsverdeling met de waargenomen verdeling (resistiviteitsprofiel I-I') werd de beste overeenstemming bereikt met de waarde 0,12 m.

Om de 1,25 jaar wordt de grondwaterstroming opnieuw berekend, rekening houdend met de nieuwe dichtheidsverdeling die een gevolg is van de nieuwe kwaliteitsverdeling van de verschillende waters. Hierbij wordt aangenomen dat de dichtheid lineair verandert met het percentage aan vliegaststortporiënwater. De verspreiding en de menging van de twee primaire waters wordt berekend voor een periode van 20 jaar of meer.

7.3.1.4. Resultaten

Als resultaten worden de zoetwaterstijghoogten, de grondwatersnelheden en de mengingsgraad van de twee primaire waters bekomen. De resultaten zijn voorgesteld in een verticale doorsnede voor de tijden 1,25, 2,5, 5, 10, 15 en 20 jaar (PLAAT 9) en de tijden 21,25, 22,5, 25, 30, 35 en 40 jaar (PLAAT 10).

De lijnen van gelijke zoetwaterstijghoogte op de hogerge-noemde tijdstippen werden bekomen door een bilineaire interpolatie tussen de stijghoogten in de nodale punten.

De grondwatersnelheid wordt weergegeven door een vektor. Deze vektor wordt afgeleid uit de verticale en de horizontale komponent in het nodale punt. De lengte van deze componenten wordt bepaald door de snelheid te vermenigvuldigen met een arbitraire tijdsduur die hier gelijkgesteld werd aan een half jaar (182,625 dagen). Bij het tekenen van de vektoren wordt bovendien rekening gehouden met de verticale en de horizontale schaal (resp. 1/250 en 1/2500).

De mengingsgraad van de twee primaire waters wordt aangegeven door lijnen van gelijke vermenging die eveneens verkregen worden door een bilineaire interpolatie tussen de waarden in de nodale punten. De vermenging wordt uitgedrukt in een percentage vliegassstortporiënwater. De respektievelijke percentages zijn : 99, 95, 84, 50, 16, 5 en 1 (zie ook paragraaf 6.5.5.2.3).

Doorheen het vliegassstort treedt een konstante insijpeling op. De gemiddelde insijpelingssnelheid bedraagt 540 mm/jaar, met als minimale waarde 470 mm/jaar onder het centrum van het vliegassstort en als maximale waarde 570 mm/jaar aan de rand van het stort.

Onder het vliegassstort is de grondwaterstroming hoofdzakelijk vertikaal neerwaarts; de stroming vermindert sterk in grootte met

de diepte. De zeer geringe horizontale stroming wordt steeds groter naar de rand van het vliegastort toe.

Buiten het stort is de grondwaterstroming voornamelijk horizontaal en vertrekt steeds van de zone onder het vliegastort. Door het bestaan van enkele kleine grondwatercycli kunnen echter ook kleine neerwaartse of opwaartse stromingscomponenten voorkomen. De grootste van deze cycli is aanwezig juist buiten het vliegastort. Deze verticale cyclus werd geïntroduceerd door de invoer in het model van een bepaald stijghoogteverloop om zo een overeenstemming te bereiken tussen het berekende en het waargenomen (resistiviteitsprofiel I-I') grondwaterstromingspatroon.

De evolutie van de verontreiniging van het grondwater door het vliegasperkolaat kan gevolgd worden aan de hand van de lijnen van gelijke vermenging in de verticale doorsnede. De toestand na 20 jaar zou ongeveer moeten overeenstemmen met de huidige toestand die is aangegeven in het resistiviteitsprofiel (fig. 20). De vergelijking van PLAAT 9 en figuur 20 wijst op een goede overeenkomst voor de lijnen van 16 en 50 % vliegastortporiënwater. Het resistiviteitsprofiel vertoont echter twee belangrijke afwijkingen ten opzichte van de met het model berekende toestand :

- 1° onder het vliegastort is relatief weinig verontreinigd water aanwezig
- 2° de diepste zone van het grondwaterreservoir is gekenmerkt door het voorkomen van zeer sterk beïnvloed water (>84 % vliegastortporiënwater).

De verklaring van deze fenomenen door middel van simulatie met mathematische modellen was niet mogelijk binnen het korte tijdsbestek van deze studie.

7.3.2. Simulatie van de grondwaterstroming en de grondwaterkwaliteit na een ophoging van het vliegastort met 2 m (PLAAT 11 en 12)

Aan de hand van deze simulatie zal onderzocht worden wat de invloed is van een dergelijke ophoging op de grondwaterstroming en de grondwaterkwaliteit. Deze ophoging is immers in de nabije toekomst voorzien.

7.3.2.1. Ingebrachte gegevens

In het eindig-verschil netwerk wordt ter hoogte van het vliegastort één laag met een dikte van 2 m meer beschouwd. De ophoging van het vliegastort zal de hydraulische weerstand tussen de watertafel en het grondwaterreservoir doen toenemen; de toename kan slechts ruw geschat worden.

Gezien dit feit werden twee simulaties uitgevoerd. In een eerste simulatie werd de hydraulische weerstand verhoogd met 3000 dagen (PLAAT 11). Een dergelijke verhoogde weerstand wordt bekomen wanneer door de ophoging van het vliegastort een verhoging van de pakkingsdichtheid optreedt in het onderliggende vliegas, met als gevolg de afname van de verticale doorlatendheid en dus de toename van de weerstand. In een tweede simulatie (PLAAT 12), werd de weerstand slechts verhoogd met 1000 dagen; in dit geval is de weerstandstoename enkel te wijten aan de grotere dikte van de vliegas.

De horizontale en de verticale doorlatendheden van het grondwaterreservoir zijn gelijk aan deze ingevoerd bij de simulatie van de bestaande toestand.

7.3.2.2. De randvoorwaarden

De randvoorwaarden zijn identiek aan deze bij de simulatie van de bestaande toestand, tenzij ter hoogte van het vliegassort. In de bovenste cellen van het grondwaterreservoir onder het stort wordt nu een vaste stijghoogte van +10,20 (m+TAW) aangenomen.

7.3.2.3. Resultaten

Bij beide simulaties werd aangevangen met de kwaliteitsverdeling op het tijdstip 20 jaar in de vorige simulatie.

Bij de eerste simulatie (PLAAT 11), waarbij de weerstand van de vliegassort toeneemt met 3000 dagen, varieert de insijpelingsnelheid tussen 370 mm/jaar ter hoogte van het centrum van het stort en 400 mm/jaar aan de rand van het stort. Deze waarden bedragen bij de tweede simulatie (PLAAT 12), waarbij de weerstand van de vliegassort toeneemt met 1000 dagen, respectievelijk 560 mm/jaar en 610 mm/jaar. Het algemene grondwaterstromingspatroon in beide simulaties wijkt slechts weinig af van dit in de simulatie van de evolutie met de huidige stromingstoestand.

Ook het algemeen beeld van de verontreiniging zal door de ophoging van het vliegassort weinig gewijzigd worden. In verband met deze verontreiniging geven beide simulaties echter een duidelijk verschillend resultaat. Bij de eerste simulatie zal ten gevolge van de toenemende pakkingsdichtheid de hoeveelheid vliegassortkoraal dat in het grondwaterreservoir infiltreert afnemen waardoor de verontreiniging zelfs een weinig geringer zal zijn. Bij de tweede simulatie daarentegen vermeerderd de infiltratie onder het vliegassort en dus ook de verontreiniging. Om te bepalen welke toestand zich zal voordoen, m.a.w. of de pakkingsdichtheid zal vermeerderen, is een grondige grondmechanische studie vereist.

7.4. Besluit

Door middel van een axiaal-symmetrisch tweedimensionaal model werd het grondwaterstromingspatroon en de evolutie van de grondwaterkwaliteit bestudeerd in een verticale doorsnede. Deze doorsnede loopt van het centrum van het vliegassort in noordnoordoostelijke richting tot aan de Rodenhuizeloop.

De in het model in te voeren gegevens, met name de opbouw van het grondwaterreservoir, de hydraulische parameters en de randvoorwaarden werden afgeleid uit de veldwaarnemingen en de pompproef.

Er werden twee verschillende evoluties gesimuleerd : de evolutie met de bestaande stromingstoestand en de evolutie na de ophoging van het vliegassort met 2 m. De eerste toestand vertoont een konstante insijpeling in het vliegassort met een snelheid van 470 tot 570 mm/jaar. Onder het stort is de grondwaterstroming voornamelijk vertikaal neerwaarts, buiten het stort daarentegen hoofdzakelijk horizontaal.

De berekende uitbreiding van de verontreiniging van het grondwater door het vliegasperkolaat stemt goed overeen met deze waargenomen in het resistiviteitsprofiel I-I'. Twee belangrijke fenomenen komen echter niet tot uiting in het model nl. het relatief weinig verontreinigd water onder het vliegassort en het sterk verontreinigd water in de diepste zone van het grondwaterreservoir. Deze beide fenomenen konden in het tijdsbestek van deze studie niet verklaard worden aan de hand van een simulatie met matematische modellen.

De toestand na de ophoging van het vliegassort met 2 m werd onderzocht d.m.v. twee simulaties waarbij de hydraulische weerstand van het stort respectievelijk toenam met 3000 en 1000 dagen. In het eerste geval is de verhoogde weerstand te wijten aan een verhoging van de pakingsdichtheid van de vliegassort waardoor de verticale doorlatendheid af-

neemt, in het tweede geval enkel aan de toename van de dikte van de vliegass.

Na ophoging blijft het algemeen grondwaterstromingspatroon nagenoeg gelijk aan de bestaande toestand. De insijpelingsnelheid vermindert bij de eerste simulatie, doch vermeerdert bij de tweede.

Dit laatste heeft zijn invloed op de verontreiniging van het grondwater. Alhoewel weinig verschillend van de bestaande toestand zal bij de verhoging van de pakkingsdichtheid van de vliegass de verontreiniging verminderen (geringere infiltratie), zonder kompaktie echter vermeederen (grotere infiltratie). Welke toestand zich zal voordoen kan enkel vastgesteld worden na een uitgebreid grondmechanisch onderzoek.

8. BESLUIT

Het ca. 97 ha groot terrein van de EBES-centrale Rodenhuize in 'de Gentse kanaalzone is gelegen op 3 tot 4 m aangevulde grond in de voormalige Moervaartdepressie.

De ringdijk van het vliegastort dat 21,6 ha groot is wordt thans van het peil +9,5 of +10,5 op +11,5 gebracht. De oppervlakte zal na de werken nog 19,5 ha bedragen.

Het gebied watert oppervlakkig af naar de Moervaart en naar de Rodenhuizeloop. Deze laatste loost via een gemaal in de Moervaart.

Het studieterrein is industriegebied.

In het algemeen is de vlieg-as samengesteld uit bolvormige deeltjes vooral bestaande uit de mineralen mulliet, gips en kwarts; Si, Al en Fe zijn de hoofdbestanddelen. Zeer veel andere elementen komen echter voor. Het materiaal is niet toxisch. Aardkundig vertoont vlieg-as eigenschappen die nu eens aanleunen bij deze van leem, dan weer bij deze van zand.

In het geval van de centrale van Rodenhuize, wordt de vlieg-as hydraulisch getransporteerd op het stort dat in feite een bezinkbeken is; het transportwaterdebiet is gemiddeld 45 m³/h en in piek 200 m³/h.

De huidige stortkapaciteit is nagenoeg opgebruikt. Ophoging van de dijken is aan de gang. Zonder ombouw van de groep 4 zou er gestort kunnen worden tot eind 1993. Met ombouw is dat tot half 1991.

De kenmerken van de ondergrond in het studiegebied werden bestudeerd aan de hand van beschikbare of nieuwe boorgegevens, diepsonderingen, geofysische boorgatmetingen, de bodemkaart en een pompproef.

De centrale van Rodenhuize bevindt zich op aangevulde en vergraven zandgronden (A) die rusten op zandige of kleiige bodems. De top van het kwartaire grondwaterreservoir wordt in de depressie van de Moervaart gevormd door de slecht doorlatende laag KDL daterend van het Holoceen en bestaande uit klei en/of veen. De watervoerende laag KZ uit het Pleistoceen is samengesteld uit zand en vertoont onderaan vaak een grovere basiszone. Het tertiair substraat bestaat uit klei (a_1 of a_2) of uit kleihoudend zand (s_1). De veralgemeende dikte van de aangevulde gronden en de kwartaire lagen KDL en KZ bedraagt respectievelijk 2 tot 4 m, 0,5 m en 14 tot 16 m.

Uit de pompproef werd basisinformatie bekomen voor het grondwaterkwaliteitsmodel. De hydraulische parameters van het kwartaire grondwaterreservoir en van het vliegassort werden bepaald.

Vier hydraulische parameters konden met grote nauwkeurigheid worden bepaald : de horizontale doorlatendheid van de aangepompte laag, d.i. het bovenste deel van de laag KZ (6,60 m/d), de specifieke elastische berging van deze laag ($3,6 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1}$), de hydraulische weerstand tussen de aangepompte laag en het onderste deel van de vliegassort (1500 dagen) en tenslotte de hydraulische weerstand tussen de aangepompte laag en de tophelft van het onderste deel van de laag KZ (10 dagen).

Het is niet mogelijk na te gaan welke de bijdrage is van het onderste deel van de vliegassort enerzijds en van de slecht doorlatende laag KDL anderzijds tot de hydraulische weerstand van 1500 dagen.

De andere hydraulische parameters kunnen enkel als richtinggevend worden beschouwd. Ze werden zo goed mogelijk bepaald en daar ze, in combinatie met de nauwkeurige parameters, de beste overeenstemming geven met de werkelijke toestand, krijgen ze toch een zekere betekenis.

Een belangrijk besluit uit de pompproef is de geringe hydraulische weerstand en bijgevolg de grote gemiddelde verticale doorlatendheid in de laag KZ wat wordt bevestigd door de boorgegevens die aantonen dat geen slecht doorlatende lagen aanwezig zijn in de laag KZ. Ook door de stijghoogtemetingen wordt dit bevestigd.

De hydraulische parameters van de vliegaskonden niet eenduidig afgeleid worden uit de pompproef. De bekomen hydraulische weerstand van 1500 dagen is zeker voor een gedeelte toe te schrijven aan de slecht doorlatende laag KDL. De horizontale doorlatendheid van 0,080 m/d is slechts een benaderende waarde en mag niet veralgemeend worden.

Op grond van de uitgevoerde stijghoogtemetingen zijn in het studiegebied drie "stromingsgebieden" te onderscheiden. Het grondwater stroomt er, steeds uitgaande van de zone onder het vliegassort, in de richting van respectievelijk het kanaal Gent-Terneuzen, de Moervaart en de Rodenhuizeloop.

Het piëzometrisch verhang is in de drie richtingen nagenoeg gelijk en bedraagt veralgemeend 1/200. Dit verhang geeft aanleiding tot een stromingssnelheid van ca. 36 m/jaar. De grondwatersnelheid is duidelijk minder sterk in zuidelijke richting. Een eventuele verontreiniging door het vliegassort zal zich dan ook voornamelijk uitbreiden in de drie hogergenoemde stromingsrichtingen.

De stijghoogten in het onderste en in het bovenste deel van de laag KZ zijn nagenoeg gelijk. Dit wijst op een geringe hydraulische weerstand en dus op het ontbreken van slecht doorlatende lagen in de laag KZ. Aldus worden de resultaten gevonden in de boringen en in de pompproef bevestigd.

In de vliegaskonden zelf bestaat een belangrijke verticale gradiënt.

Het aantal beschikbare peilbuizen laat echter niet toe een zeer gedetailleerd beeld te verkrijgen van de grondwaterstroming.

Drie belangrijke grondwaterwinningen in het kwartair zand of in het zand onder de a1-klei komen voor in de buurt van het EBES-terrein. Door hun ligging zijn ze echter niet beïnvloed door het huidig of toekomstig vliegassort.

De grondwaterkwaliteit in de omgeving van het vliegassort werd bestudeerd aan de hand van geo-elektrische profileringen, geofysische boorgatmetingen en chemische analyses op waterstalen.

In het bestek van deze studie zijn door de LEERSTOEL VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE 10 peilbuizen voor het eerst bemonsterd. De nieuwe analyseresultaten werden samen met oude analyses verwerkt. In het totaal zijn er gegevens beschikbaar gekomen over 39 grondwaterstalen.

Het niet verontreinigd grondwater in het studiegebied is een zoet water met een zoutgehalte dat lager is dan ca. 1000 mg/l.

Uit de geofysische boorgatmetingen blijkt dat het vliegasperkolaat het grondwater verontreinigt. Vooral het onderste deel van de watervoerende laag KZ, behalve onder het stort zelf, is er door beïnvloed; de verontreinigde zone strekt zich in noordelijke richting uit tot ca. 500 m van het stort. De verontreiniging in de andere richtingen is niet in detail bestudeerd. Uit de grondwaterstromingsgegevens kan echter afgeleid worden dat de uitgestrektheid van de verontreiniging in zuidelijke richting betrekkelijk klein zal zijn. In oostelijke en westelijke richting daarentegen mag een beïnvloedingszone analoog aan deze in noordelijke richting verwacht worden.

Onder het stort zelf is een pluim van relatief zuiver water onderkend. Dit grondwater is afkomstig uit zuidelijke richting. Over de geometrie van deze laag grondwater zijn geen gegevens bekend.

Het ondiepe grondwater is eveneens beïnvloed. Uit de geoelektrische profileringen blijkt dat in zuidelijke en in noordelijke richting respectievelijk tot op 50 m en 200 m, van het stort het ondiepe grondwater meer verontreinigd is dan verderaf wat wijst op beïnvloeding door het vliegassort. Het ondiepe grondwater is echter hoogst waarschijnlijk vroeger ook beïnvloed geweest door het kanaalwater dat gebruikt werd als transportwater bij het ophogen van de terreinen.

De kwaliteit van het vliegassortperkolaat is beïnvloed door de kwaliteit van het kanaalwater dat gebruikt wordt als transportmiddel voor de as en door de uitloging van de vliegassort.

Het verontreinigd grondwater rond het stort kan tot ca. 6000 mg/l zouten bevatten; in het algemeen is het zoutgehalte echter lager dan 4000 mg/l. Dit grondwater vertoont voor alle parameters te hoge waarden ten opzichte van het niet verontreinigd "natuurlijke" grondwater in het gebied of van het gemiddelde putwater in Oost-Vlaanderen. Opvallend zijn de hogere Na-, Mg-, Cl-, SO₄- en NH₄-concentraties. Ten overstaan van het kanaalwater vertoont het beïnvloed grondwater hogere SO₄-, NH₄- en Cl-waarden.

Door middel van een axiaal-symmetrisch tweedimensionaal model werd het grondwaterstromingspatroon en de evolutie van de grondwaterkwaliteit bestudeerd in een verticale doorsnede. Deze doorsnede loopt van het centrum van het vliegassort in noordnoordoostelijke richting tot aan de Rodenhuizeloop.

De in het model in te voeren gegevens, met name de opbouw van het grondwaterreservoir, de hydraulische parameters en de randvoorwaarden werden afgeleid uit de veldwaarnemingen en de pompproef.

Er werden twee verschillende evoluties gesimuleerd : de evolutie met de bestaande stromingstoestand en de evolutie na de ophoging van het vliegassort met 2 m. De eerste toestand vertoont een

konstante insijpeling in het vliegassort met een snelheid van 470 tot 570 mm/jaar. Onder het stort is de grondwaterstroming voornamelijk vertikaal neerwaarts, buiten het stort daarentegen hoofdzakelijk horizontaal.

De berekende uitbreiding van de verontreiniging van het grondwater door het vliegasperkolaat stemt goed overeen met deze waargenomen in het resistiviteitsprofiel I-I'. Twee belangrijke fenomenen komen echter niet tot uiting in het model nl. het relatief weinig verontreinigd water onder het vliegassort en het sterk verontreinigd water in de diepste zone van het grondwaterreservoir. Deze beide fenomenen konden in het tijdsbestek van deze studie niet verklaard worden aan de hand van een simulatie met matematische modellen.

De toestand na de ophoging van het vliegassort met 2 m werd onderzocht d.m.v. twee simulaties waarbij de hydraulische weerstand van het stort respectievelijk toenam met 3000 en 1000 dagen. In het eerste geval is de verhoogde weerstand te wijten aan een verhoging van de pakkingsdichtheid van de vliegassort waardoor de verticale doorlatendheid afneemt, in het tweede geval enkel aan de toename van de dikte van de vliegassort.

Na ophoging blijft het algemeen grondwaterstromingspatroon nagenoeg gelijk aan de bestaande toestand. De insijpelingsnelheid vermindert bij de eerste simulatie, doch vermeerdert bij de tweede.

Dit laatste heeft zijn invloed op de verontreiniging van het grondwater. Alhoewel weinig verschillend van de bestaande toestand zal bij de verhoging van de pakkingsdichtheid van de vliegassort de verontreiniging verminderen (geringere infiltratie), zonder kompaktie echter vermeederen (grotere infiltratie). Welke toestand zich zal voordoen kan enkel vastgesteld worden na een uitgebreid grondmechanisch onderzoek.

REFERENTIES

- AMERYCKX, J. (1960). Bodemkaart van België. Lochristi 40E. 67 p.,
1 kaart 1/20.000. Gent : Centrum voor Bodemkartering.
- BELGISCH INSTITUUT VOOR NORMALISATIE. (1970). Norm NBN 831.06. Steenkool : Vaste minerale brandstoffen. Steenkoolbemonstering.
Brussel : Belgisch Instituut voor Normalisatie.
- DE BREUCK, W., VAN BURM, Ph. & VAN CAMP, M. (1983). Hydrogeologische studie van de Gentse Kanaalzone. 243 p., 293 p. bijl.,
42 platen schaal 1/25.000. Gent : Rijksuniversiteit -
Leerstoel voor Toegepaste Geologie (rapport TGO 81/07).
- DE MOOR, G. & DE BREUCK, W. (1969). De freatische waters in het Oostelijk Kustgebied en in de Vlaamse Vallei. Natuurwet. Tijdschr. 51, 3-68.
- DELVAUX, E. & MOURLON, M. (1879). Evergem-Loochristy, Planchette nr. 40.
Geologische kaart schaal 1/40.000. Brussel : Commission Géologique de Belgique.
- DEPRET, M. (1981). Litostratigrafie van het Kwartair en van het tertiaire substraat te Zeebrugge. Litologische en stratigrafische interpretatie van diepsonderingen met de konus van Begemann.
186 p., 45 tab., 91 fig., 6 kaarten, 1 bijl. Gent : Rijksuniversiteit - Leerstoel voor Toegepaste Geologie (doktoraatsproefschrift).
- DIERICKX, J., DE BRABANDER, K., LABEAU, M. & BOELEN, C. (1985). De kwaliteit van de putwaters in Vlaanderen. Eerste deel. Inventaris van de analyseresultaten. 157 p. Brussel : Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie.

- FREEZE, R.A. & WITHERSPOON, P.A. (1967). Theoretical analysis of regional groundwater flow, II : Effect of watertable configuration and subsurface permeability variations. Wat. Resources Res., 3, 623-634.
- HUET, J., CHOQUET, F. & VERHASSELT, A. (1981). De Belgische vliegasoorten. Eigenschappen als wegenbouwwulstoffen. Brussel : Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (Researchverslag RV 16/81).
- INSTITUUT GEOGRAPHIQUE MILITAIRE. (s.d.). LOOCHRISTI (14/6). 1 kaart schaal 1/20.000. Brussel : Institut Géographique Militaire.
- KONIKOW, L. & BREDEHOEFT, J. (1978). Computer model of two-dimensional solute transport and dispersion in groundwater. U.S. Geol. Surv. Techniques of Water - Resources Inv., Book 7, Chap. C2, 90 p.
- LEBBE, L. (1983). Een mathematisch model voor de niet-permanente grondwaterstroming naar een pompput in een veellagig grondwaterreservoir en enkele beschouwingen over de stroomtijd. Tijdschr. BECEWA, 70, 33-48.
- LEBBE, L. (1985). Bepaling van de verticale doorlatendheid uit pomp-proefgegevens door middel van een eindig-verschil methode gekombineerd met een gevoeligheids- en een niet-lineaire regressie analyse. Nationaal Colloquium, Belgisch Comité voor Ingenieursgeologie, Luik 1985, 3.56-3.78.
- LEBBE, L. & PEDE, K. (1985). Bepaling van grondwaterkwaliteit uit resistiviteitsmetingen. LTG-Nota nr. 1 (in voorbereiding).
- MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN. (1978). Type-Bestek 150. Hoofdstuk C. Bouwmaterialen. 75 p. Brussel : Wegenfonds.

NATIONAAL GEOGRAFISCH INSTITUUT. (1982). (Kaart van de Gentse Kanaalzone). 1 kaart schaal 1/25.000. Brussel : Nationaal Geografisch Instituut (onuitgegeven kaart samengesteld i.o.v. RUG).

NATIONAAL GEOGRAFISCH INSTITUUT.(1983). Administratieve kaart België. 1 kaart schaal 1/300.000. Brussel : Nationaal Geografisch Instituut.

OPZOEKINGSCENTRUM VOOR DE WEGENBOUW. (1976). Werkwijze Reductie van grondmonsters in het laboratorium. Meetmethode O.C.W. - MN. 37/76. 15 p. Brussel : Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw.

OPZOEKINGSCENTRUM VOOR DE WEGENBOUW. (1980). Studie in het laboratorium en op de bouwplaats over de mogelijkheden voor het nuttig aanwenden van vliegas in wegenbouw. Eindverslag van het eerste deel : Bepaling van de kenmerken en laboratoriumstudie over de bruikbaarheid van vliegas. IX p., 119 p., 20 bijl. Brussel : Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw.

OPZOEKINGSCENTRUM VOOR DE WEGENBOUW.(1984). Handleiding voor het bereiden en verwerken van vliegas - kalkmengsels in wegenbouw. 55 p. Brussel : Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (Aanbevelingen O.C.W. - A52/84).

OPZOEKINGSCENTRUM VOOR DE WEGENBOUW. (1984). Handleiding voor het uitvoeren van een wegfundering van puzzolaanbeton op basis van vers geproduceerde vliegas. 65 p. Brussel : Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (Aanbevelingen O.C.W. - A53/84).

PETRAS, C. (1983). Geo-elektrische verkenning in de Gentse Kanaalzone. 56 p., 62 p. fig. + tab. Gent : Rijksuniversiteit Gent - Leerstoel voor Toegepaste Geologie (Licentiaatsverhandeling).

STAATSSECRETARIAAT VOOR STREEKECONOMIE. (1977). Gewestplan Gentse en Kanaalzone. 24 p., 20 kaarten schaal 1/25.000, 1 leg. Brussel : Bestuur van de Stedebouw en de Ruimtelijke Ordening.

THYS, M. (1984). Bevindingen aangaande het gebruik in ophogingen van wegen van vers geproduceerde vliegafkomstig van één of meerdere produktiepunten. 133 p. Brussel : Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (Researchverslag RV 21/84).

VERCRUYSSSE, M. (1983). Oppervlaktewaterstudie van het Kanaal Gent-Terneuzen. 320 p., 2 bijl. Gent : BECEWA.

BIJLAGE 1 : BOORSTATEN

rijksuniversiteit gent leerstool voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck		onderzoek nr. : TGO 85/01	boorstaat nr. : SB1			
onderzoek : Milieu Effect Rapport G4						
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;"> datum : 25.06.1985 boorwijze : gespoeld filterdiepte(n) : F1: 19,50-20,50 F2: 7,0-8,0 </td> <td style="width: 10%; text-align: center; vertical-align: middle;"> (m - maaiveld) </td> <td style="width: 30%;"> lambert coördinaten : x = 109 118 y = 202 543 hoogte maaiveld : z = + 10,22 (m +TAW) </td> </tr> </table>				datum : 25.06.1985 boorwijze : gespoeld filterdiepte(n) : F1: 19,50-20,50 F2: 7,0-8,0	(m - maaiveld)	lambert coördinaten : x = 109 118 y = 202 543 hoogte maaiveld : z = + 10,22 (m +TAW)
datum : 25.06.1985 boorwijze : gespoeld filterdiepte(n) : F1: 19,50-20,50 F2: 7,0-8,0	(m - maaiveld)	lambert coördinaten : x = 109 118 y = 202 543 hoogte maaiveld : z = + 10,22 (m +TAW)				
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)				
		van	tot			
-	donkerbruin humushoudend fijn zand	0,00	0,50			
-	roestbruin fijn zand	0,50	1,00			
-	lichtbruin fijn zand met grote houtresten	1,00	1,70			
-	grijsbruin fijn zand met steentjes en leembrokjes	1,70	2,10			
-	grijsblauwe leem	2,10	2,50			
-	steenlaag	2,50	2,80			
-	lichtgrijze klei	2,80	3,50			
-	zwarte sterk veenhoudende klei met houtresten	3,50	3,80			
-	lichtbruin fijn zand met houtresten	3,80	4,90			
-	zwarte sterk veenhoudende klei met talrijke houtfragmenten	4,90	5,30			
-	donkerbruine zandhoudende en veenhoudende klei met houtresten	5,30	5,50			
-	grijs fijn zand met houtrestjes en weinig leembrokjes	5,50	5,90			
-	lichtbruine tot bruingroene leem	5,90	6,00			
-	lichtgrijs weinig leemhoudend fijn zand met houtrestjes en zeer weinig schelpgruis, alsook enkele leembrokjes op 11,0 m diepte	6,00	13,00			
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis	13,00	17,00			
-	grijsgroen glauconiethoudend middelmatig tot grof zand met talrijke schelpfragmenten	17,00	19,20			
-	grijsgroen glauconiethoudend middelmatig tot grof zand met weinig schelpgruis	19,20	20,70			
-	grint, bestaande uit zwarte silexkeien	20,70	20,90			
-	blauwgroene vaste klei	20,90	22,00			
Einde boring : 22,00 m						

rijksuniversiteit gent leerstoel voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck		LTC	onderzoek nr. : TGO 85/01	boorstaat nr. : SB2
onderzoek : Milieu Effect Rapport G4				
datum : 28.06.1985 boorwijze : gespoeld filterdiepte(n) : F1: 18,50-19,50 F2: 5,0-6,0		lambert coördinaten : x = 109 273 y = 202 680 hoogte maaiveld : z = + 7,99 (m +TAW)		
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)		
		van	tot	
-	lichtbruin humushoudend fijn zand met kleibrokjes	0,00	1,30	
-	lichtgrijs fijn zand met houtrestjes en leembrokjes	1,30	2,10	
-	donkergrijze leem met houtrestjes	2,10	2,80	
-	donkerbruine klei met steentjes	2,80	3,20	
-	lichtgrijs fijn zand met talrijke leembrokjes	3,20	3,80	
-	zwarte sterk veenhoudende klei met talrijke houtresten	3,80	4,70	
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met houtrestjes en zeer weinig schelpgruis	4,70	7,80	
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met zeer weinig schelpgruis	7,80	9,30	
-	grijs middelmatig tot grof zand met veel schelpgruis	9,30	10,00	
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis	10,00	11,50	
-	grijs leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis	11,50	12,80	
-	grijsgroen leemhoudend en glauconiethoudend fijn zand met weinig schelpgruis en leembrokjes	12,80	14,30	
-	grijs leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis en leembrokjes	14,30	14,80	
-	grijs grof zand met veel schelpgruis	14,80	16,00	
-	grijsgroen grof zand met zeer veel schelpfragmenten	16,00	18,50	
-	grijsgroen zeer grof zand met zeer veel schelpfragmenten	18,50	19,80	
-	blauwgroene vaste klei	19,80	22,00	
Einde boring : 22,00 m				

rijksuniversiteit gent leerstoel voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck		onderzoek nr. : TGO 85/01	boorstaat nr. : SB3
onderzoek : Milieu Effect Rapport G4			
datum : 01.07.1985 boorwijze : gespoeld filterdiepte(n) : F1: 18,50-19,50 F2: 5,0-6,0		lambert coördinaten : x = 109 230 y = 202 628 hoogte maaiveld : z = + 7,78 (m + TAW)	
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)	
		van	tot
-	lichtbruin humushoudend fijn zand	0,00	0,80
-	lichtgrijs fijn zand met houtrestjes	0,80	1,70
-	lichtgrijs fijn zand met houtrestjes en talrijke leembrokjes	1,70	2,00
-	bruingrijs fijn zand	2,00	2,30
-	zwarte sterk veenhoudende klei met talrijke houtresten	2,30	2,80
-	grijs fijn zand met houtrestjes	2,80	3,20
-	donkergrijze leem	3,20	3,50
-	donkerbruine sterk veenhoudende klei	3,50	3,80
-	witte leem	3,80	4,00
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met houtrestjes en zeer weinig schelpgruis	4,00	11,50
-	grijs middelmatig zand met schelpgruis	11,50	12,50
-	grijs middelmatig zand met veel schelpgruis	12,50	14,00
-	grijs grof zand met veel schelpgruis	14,00	15,70
-	grint bestaande uit zwarte silexkeien	15,70	15,80
-	grijs zeer grof zand met schelpgruis	15,80	18,00
-	grint bestaande uit zwarte silexkeien	18,00	18,20
-	grijs zeer grof zand met zeer veel schelpgruis	18,20	19,70
-	blauwgroene vaste klei	19,70	22,00
Einde boring : 22,00 m			

rijksuniversiteit gent leerstoel voor toegepaste geologie		LTC	onderzoek nr. : TGO 85/01		boorstaat nr.: SB4	
Prof. Dr. W. De Breuck						
onderzoek : Milieu Effect Rapport G4						
datum : 02.07.1985			lambert coördinaten :			
boorwijze : gespoeld			x= 109 365 Y= 202 807			
filterdiepte(n) : F1: 19,50-20,50			(m - maaiveld)		hoogte maaiveld :	
F2: 5,50-6,50					z = + 8,32 (m +TAW)	
nr.	aard van de grondmonsters				diepte (m) van tot	
-	lichtbruin humushoudend fijn zand				0,00	1,00
-	lichtgrijs fijn zand met grote houtresten en zeer weinig schelpgruis				1,00	2,10
-	grijze leem				2,10	2,20
-	lichtgrijs fijn zand met houtrestjes en zeer weinig schelpgruis				2,20	2,40
-	grijze leem				2,40	2,80
-	grijs fijn zand met houtrestjes				2,80	3,40
-	zwarte sterk veenhoudende klei met talrijke houtresten				3,40	4,20
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig houtrestjes en leembrokjes				4,20	5,50
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met zeer weinig schelpgruis				5,50	9,00
-	grijs weinig leemhoudend middelmatig zand met veel schelpgruis				9,00	11,00
-	grijs weinig leemhoudend fijn tot middelmatig zand met weinig schelpgruis				11,00	13,00
-	grijs fijn tot middelmatig zand met schelpgruis en leembrokjes				13,00	14,50
-	grijs middelmatig zand met veel schelpgruis				14,50	16,00
-	grijs middelmatig zand met zeer weinig schelpgruis				16,00	17,60
-	grint				17,60	17,70
-	grijs grof zand met veel schelpgruis				17,70	19,50
-	grint bestaande uit zwarte silexkeien				19,50	19,60
-	grijs grof zand met zeer veel schelpgruis en grintfragmenten				19,60	20,10
-	grijs middelmatig zand met weinig schelpgruis				20,10	20,60
-	blauwgroene vaste klei				20,60	22,00
Einde boring : 22,00 m						

rijksuniversiteit gent leerstool voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck		L T G	onderzoek nr. : TGO 85/01	boorstaat nr. : PP
onderzoek : Milieu Effect Rapport G4				
datum : 21.06.1985 boorwijze : gespoeld filterdiepte(n) : 6,0 - 13,0 m		lambert coördinaten : x = 109 010 y = 202 524 hoogte maaiveld : z = + 9,49 (m +TAW) (m - maaiveld)		
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)		
		van	tot	
-	vliegias, gekenmerkt door een afwisseling van grijze en bruine lagen	0,00	5,00	
-	bruinzware sterk veenhoudende klei met plantenresten en talrijke houtresten	5,00	5,50	
-	zwart sterk kleihoudend veen	5,50	6,00	
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis, houtrestjes en leembrokjes	6,00	7,00	
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis	7,00	10,00	
-	grijs leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis en verharde leembrokjes	10,00	10,80	
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis	10,80	14,00	
Einde boring : 14,00 m				

rijksuniversiteit gent leerstool voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck		LTC	onderzoek nr. : TGO 85/01	boorstaat nr. : PB1
onderzoek : Milieu Effect Rapport G4				
datum : 26.06.1985 boorwijze : gespoeld filterdiepte(n) : 18,50 - 19,50		lambert coördinaten : x = 109 006 y = 202 520 hoogte maaiveld : z = + 9,50 (m +TAW)		
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)		
		van	tot	
-	vliegias, gekenmerkt door een afwisseling van grijze en bruine lagen	0,00	5,00	
-	zwartbruine sterk veenhoudende klei met houtresten	5,00	6,00	
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis en leembrokjes	6,00	9,00	
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met veel schelpgruis	9,00	10,00	
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis	10,00	12,00	
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis en talrijke leembrokjes	12,00	12,50	
-	grijsgroen middelmatig zand met schelpgruis	12,50	17,50	
-	grijsgroen middelmatig zand met weinig schelpgruis	17,50	20,40	
-	blauwgroene vaste klei	20,40	21,00	
Einde boring : 21,00 m				

rijksuniversiteit gent leerstool voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck		onderzoek nr. : TGO 85/01	boorstaat nr. : PB2
---	---	--	--

onderzoek	: Milieu Effect Rapport G4		
------------------	----------------------------	--	--

datum : 20.06.1985 boorwijze : gespoeld filterdiepte(n) : 16,0 - 17,0	(m - maaiveld)	lambert coördinaten : x = 109 003 y = 202 513 hoogte maaiveld : z = + 9,86 (m + TAW)
--	-------------------------	---

nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)	
		van	tot
-	vliegasslagen gekenmerkt door een afwisseling van grijze en bruine lagen	0,00	6,00
-	zwartbruine sterk veenhoudende klei met plantenresten en talrijke houtresten	6,00	6,30
-	blauwgrijs leemhoudend fijn zand met leembrokjes en kalkkorreltjes	6,30	6,80
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis, houtrestjes en leembrokjes	6,80	8,00
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis en houtrestjes	8,00	10,80
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met schelpgruis en leembrokjes	10,80	11,50
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis	11,50	15,00
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met zeer weinig schelpgruis en leembrokjes	15,00	17,30
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met zeer weinig schelpgruis en veel leembrokjes	17,30	18,00
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met veel schelpfragmenten en leembrokjes	18,00	20,90
-	grint	20,90	21,00
-	blauwgroene vaste klei	21,00	22,00
Einde boring : 22,00 m			

rijksuniversiteit gent leerstool voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck			onderzoek nr. : TGO 85/01	boorstaat nr. : PB3
onderzoek : Milieu Effect Rapport G4				
datum : 19.06.1985 boorwijze : gespoeld filterdiepte(n) : 10,0 - 11,0 m		lambert coördinaten : x = 109 007 y = 202 505 hoogte maaiveld : z = + 9,71 (m +TAW)		
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)		
		van	tot	
-	vliegias, gekenmerkt door een afwisseling van grijze en bruine lagen	0,00	6,00	
-	zwarte sterk veenhoudende klei met plantenresten en talrijke houtresten	6,00	6,50	
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis en houtrestjes	6,50	11,00	
-	grijs weinig leemhoudend zeer fijn zand met veel schelpgruis en schaarse houtrestjes	11,00	11,50	
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis, houtrestjes en leembrokjes	11,50	13,00	
-	grijs fijn zand met weinig schelpgruis en leembrokjes	13,00	16,00	
Einde boring : 16,00 m				

rijksuniversiteit gent leerstool voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck		LTC	onderzoek nr. : TGO 85/01	boorstaat nr. : PB4
onderzoek : Milieu Effect Rapport G4				
datum : 24.06.1985 boorwijze : gespoeld filterdiepte(n) : 9,0 - 10,0 m		lambert coördinaten : x = 109 008 y = 202 513 hoogte maaiveld : z = + 9,48 (m +TAW)		
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)		
		van	tot	
-	vliegias, gekenmerkt door een afwisseling van grijze en bruine lagen	0,00	4,80	
-	bruinzwarte sterk veenhoudende klei met talrijke houtresten en schaarse schelpfragmenten	4,80	6,10	
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met talrijke houtresten	6,10	6,60	
-	grijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis	6,60	10,00	
Einde boring : 10,00 m				

rijksuniversiteit gent leerstool voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck		onderzoek nr. : TGO 85/01	boorstaat nr. : PB5									
onderzoek : Milieu Effect Rapport G4												
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;"> datum : 24.06.1985 </td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 34%;"> lambert coördinaten : </td> </tr> <tr> <td> boorwijze : gespoeld </td> <td></td> <td> x = 109 010 y = 202 518 </td> </tr> <tr> <td> filterdiepte(n) : 9,0 - 10,0 m </td> <td> (m - maaiveld) </td> <td> hoogte maaiveld : z = + 9,50 (m + TAW) </td> </tr> </table>				datum : 24.06.1985		lambert coördinaten :	boorwijze : gespoeld		x = 109 010 y = 202 518	filterdiepte(n) : 9,0 - 10,0 m	(m - maaiveld)	hoogte maaiveld : z = + 9,50 (m + TAW)
datum : 24.06.1985		lambert coördinaten :										
boorwijze : gespoeld		x = 109 010 y = 202 518										
filterdiepte(n) : 9,0 - 10,0 m	(m - maaiveld)	hoogte maaiveld : z = + 9,50 (m + TAW)										
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m) van tot										
-	vliegasslagen, gekenmerkt door een afwisseling van grijze en bruine lagen	0,00	5,00									
-	zwartbruine sterk veenhoudende klei met zeer veel houtresten	5,00	5,80									
-	grijs weinig leemhoudend, fijn zand met weinig schelpgruis en houtrestjes	5,80	7,00									
-	grijs leemhoudend fijn zand met weinig schelpgruis	7,00	8,50									
-	grijs fijn tot middelmatig zand met weinig schelpgruis	8,50	10,00									
Einde boring : 10,00 m												

rijksuniversiteit gent leerstoel voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck		LTC	onderzoek nr. : TGO 85/01	boorstaat nr. : PB6
onderzoek : Milieu Effect Rapport G4				
datum : 21.06.1985 boorwijze : gespoeld filterdiepte(n) : 3,50 - 4,0 m		lambert coördinaten : x = 109 011 y = 202 529 hoogte maaiveld : z = + 9,52 (m + TAW) (m - maaiveld)		
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m) van tot		
-	vliegasslagen, gekenmerkt door een afwisseling van grijze en bruine lagen Einde boring : 4,00 m	0,00	4,00	

rijksuniversiteit gent leerstool voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck		LTC	onderzoek nr. : TGO 85/01	boorstaat nr. : PB7
onderzoek : Milieu Effect Rapport G4				
datum : 21.06.1985 boorwijze : gespoeld filterdiepte(n) : 1,50 - 2,0 m		lambert coördinaten : x = 109 014 y = 202 523 hoogte maaiveld : z = + 9,52 (m +TAW)		
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m) van tot		
-	vliegass, gekenmerkt door een afwisseling van grijze en bruine lagen Einde boring : 2,00 m	0,00	2,00	

BIJLAGE 2 : GEOMETRISCHE KENMERKEN VAN DE PEILBUIZEN

Geometrische kenmerken van de reeds bestaande peilbuizen

boring	filter	koördinaten		hoogte maaiveld (m+TAW)	hoogte meetpunt (m+TAW)	filter		lengte (m)	ø (mm)
		x	y			diepte (m-maaiv.) TOP - BASIS	peil (m+TAW) TOP - BASIS		
R.O 9.1	F1	108 262	202 636	+ 6,86	+ 6,77	15,50 - 17,60	- 8,64/- 10,74	2,10	40
R.O 9.1	F2				+ 6,78	4,40 - 5,40	+ 2,46/+ 1,46	1,0	40
OV1		108 570	202 499	+ 9,39	+ 10,37	5,70 - 7,70	+ 3,69/+ 1,69	2,0	90
OV2		108 650	202 698	+ 10,49	+ 11,50	4,15 - 6,15	+ 6,34/+ 4,34	2,0	90
OV3		108 861	202 766	+ 10,71	+ 11,71	6,20 - 8,20	+ 4,51/+ 2,51	2,0	90
OV4		109 036	202 678	+ 10,57	+ 11,59	4,75 - 6,75	+ 5,82/+ 3,82	2,0	90
OV5		109 108	202 485	+ 9,40	+ 10,46	5,80 - 7,80	+ 3,60/+ 1,60	2,0	90
OV6		109 035	202 301	+ 9,58	+ 10,66	6,50 - 8,50	+ 3,08/+ 1,08	2,0	90
OV7		108 839	202 242	+ 9,53	+ 10,60	5,45 - 7,45	+ 4,08/+ 2,08	2,0	90
OV8		108 653	202 316	+ 9,52	-	5,40 - 7,40	+ 4,12/+ 2,12	2,0	90
EBES 1		108 778	203 197	-	-	? - 8,30	-	-	36
EBES 2		108 831	203 188	-	-	? - 7,80	-	-	36
EBES 3		108 438	202 458	-	-	? - 35,0	-	-	27

Geometrische kenmerken van de nieuwe peilbuizen en pompput

boring	filter	koördinaten		hoogte maaveld (m+TAW)	hoogte meetpunt (m+TAW)	filter		lengte (m)	ø (mm)
		x	y			diepte (m-maaiv.) TOP - BASIS	peil (m+TAW) TOP - BASIS		
SB1	F1	109 118	202 543	+ 10,22	+ 10,46	19,50 - 20,50	- 9,28/- 10,28	1,0	40
SB1	F2				+ 10,34	7,0 - 8,0	+ 3,22/+ 2,22	1,0	40
SB2	F1	109 273	202 680	+ 7,99	+ 8,43	18,50 - 19,50	-10,51/- 11,51	1,0	40
SB2	F2				+ 8,44	5,0 - 6,0	+ 2,99/+ 1,99	1,0	40
SB3	F1	109 230	202 628	+ 7,78	+ 8,03	18,50 - 19,50	-10,72/- 11,72	1,0	40
SB3	F2				+ 8,31	5,0 - 6,0	+ 2,78/+ 1,78	1,0	40
SB4	F1	109 365	202 807	+ 8,32	+ 8,58	19,50 - 20,50	-11,18/- 12,18	1,0	40
SB4	F2				+ 8,68	5,50 - 6,50	+ 2,82/+ 1,82	1,0	40
PP		109 010	202 524	+ 9,49	+ 9,99	6,0 - 13,0	+ 3,49/- 3,51	7,0	90
PB1		109 006	202 520	+ 9,50	+ 9,69	18,50 - 19,50	- 9,0 /- 10,0	1,0	40
PB2		109 003	202 513	+ 9,86	+ 10,05	16,0 - 17,0	- 6,14/- 7,14	1,0	40
PB3		109 007	202 505	+ 9,71	+ 10,07	10,0 - 11,0	- 0,29/- 1,29	1,0	40
PB4		109 008	202 513	+ 9,48	+ 9,89	9,0 - 10,0	+ 0,48/- 0,52	1,0	40
PB5		109 010	202 518	+ 9,50	+ 9,88	9,0 - 10,0	+ 0,50/- 0,50	1,0	40
PB6		109 011	202 259	+ 9,52	+ 9,92	3,50 - 4,00	+ 6,02/+ 5,52	0,50	40
PB7		109 014	202 523	+ 9,52	+ 10,03	1,50 - 2,00	+ 8,02/+ 7,52	0,50	40

BIJLAGE 3 : CHEMISCHE ANALYSEN

GRONDWATERKWALITEIT							TGO
PUT NUMMER : G SB1							85/01
FILTER NUMMER : F1							DIEPTE FILTER (m) : 19,50-20,50
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE					
		03/07/85					
		BE					
pH		6,75					
Geleidbaarheid	µS/cm	4720					
Temperatuur	° C						
Natrium	mg/l Na	712					
Kalium	mg/l K	26					
Calcium	mg/l Ca	499					
Magnesium	mg/l Mg	68,2					
IJzer	mg/l Fe	21,79					
Mangaan	mg/l Mn	0,83					
Ammonium	mg/l NH ₄	11,29					
Chloriden	mg/l Cl	1679					
Sulfaten	mg/l SO ₄	416					
Nitraten	mg/l NO ₃	0,492					
Nitrieten	mg/l NO ₂	0,011					
Ortofosfaten	mg/l PO ₄	0,311					
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	305					
Carbonaten	mg/l CO ₃	0					
Fluoriden	mg/l F	0,63					
TH	° F	156,3					
TAP	° F	0					
TAM	° F	25,0					
Arsenicum	µg/l As						
Cadmium	µg/l Cd						
Kobalt	µg/l Co	< 20					
Chroom	µg/l Cr						
Koper	µg/l Cu	21					
Kwik	µg/l Hg						
Nikkel	µg/l Ni						
Lood	µg/l Pb						
Zink	µg/l Zn	44					
Anionische detergenten	mg/l						
Fenolen	mg/l						
Cyaniden	mg/l CN						
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l						
Droogrest	mg/l						
Tot.opgeloste stoffen	mg/l						
COD	mg/l O ₂	182					

GRONDWATERKWALITEIT							TGO
							85/01
PUT NUMMER : G SB1							
FILTER NUMMER : F2							DIEPTE FILTER (m) : 7,0-8,0
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE					
		040785					
		BE					
pH		7,22					
Geleidbaarheid	µS/cm	3040					
Temperatuur	° C						
Natrium	mg/l Na	435					
Kalium	mg/l K	21					
Calcium	mg/l Ca	294					
Magnesium	mg/l Mg	32,7					
IJzer	mg/l Fe	16,62					
Mangaan	mg/l Mn	0,81					
Ammonium	mg/l NH ₄	9,63					
Chloriden	mg/l Cl	809					
Sulfaten	mg/l SO ₄	9,67					
Nitraten	mg/l NO ₃	0,51					
Nitrieten	mg/l NO ₂	0					
Ortofosfaten	mg/l PO ₄	0,426					
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	875					
Carbonaten	mg/l CO ₃	0					
Fluoriden	mg/l F	2,10					
TH	° F	89,7					
TAP	° F	0					
TAM	° F	71,8					
Arsenicum	µg/l As						
Cadmium	µg/l Cd						
Kobalt	µg/l Co	< 20					
Chroom	µg/l Cr						
Koper	µg/l Cu	10					
Kwik	µg/l Hg						
Nikkel	µg/l Ni						
Lood	µg/l Pb						
Zink	µg/l Zn	14					
Anionische detergenten	mg/l						
Fenolen	mg/l						
Cyaniden	mg/l CN						
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l						
Droogrest	mg/l						
Tot.opgeloste stoffen	mg/l						
COD	mg/l O ₂	177					

GRONDWATERKWALITEIT							TGO	
							85/01	
PUT NUMMER : G SB2								
FILTER NUMMER : F1			DIEPTE FILTER (m) : 18,50-19,50					
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE						
		03/07/85						
		BE						
pH		6,76						
Geleidbaarheid	µS/cm	4870						
Temperatuur	° C							
Natrium	mg/l Na	592						
Kalium	mg/l K	33						
Calcium	mg/l Ca	641						
Magnesium	mg/l Mg	91,6						
Ijzer	mg/l Fe	28,64						
Mangaan	mg/l Mn	0,175						
Ammonium	mg/l NH ₄	12,66						
Chloriden	mg/l Cl	1664						
Sulfaten	mg/l SO ₄	609						
Nitraten	mg/l NO ₃	0,600						
Nitrieten	mg/l NO ₂	0,007						
Ortofosfaten	mg/l PO ₄	0,096						
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	342						
Carbonaten	mg/l CO ₃	0						
Fluoriden	mg/l F	0,68						
TH	° F	202,8						
TAP	° F	0						
TAM	° F	28,0						
Arsenicum	µg/l As							
Cadmium	µg/l Cd							
Kobalt	µg/l Co	< 20						
Chroom	µg/l Cr							
Koper	µg/l Cu	21						
Kwik	µg/l Hg							
Nikkel	µg/l Ni							
Lood	µg/l Pb							
Zink	µg/l Zn	20						
Anionische detergenten	mg/l							
Fenolen	mg/l							
Cyaniden	mg/l CN							
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l							
Droogrest	mg/l							
Tot.opgeloste stoffen	mg/l							
COD	mg/l O ₂	181						

GRONDWATERKWALITEIT							TGO	
							85/01	
PUT NUMMER : G SB2								
FILTER NUMMER : F2							DIEPTE FILTER (m) : 5,0-6,0	
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE						
		050785						
		RE						
pH		7,03						
Geleidbaarheid	µS/cm	864						
Temperatuur	° C							
Natrium	mg/l Na	79						
Kalium	mg/l K	12						
Calcium	mg/l Ca	81,3						
Magnesium	mg/l Mg	28,2						
IJzer	mg/l Fe	5,46						
Mangaan	mg/l Mn	0,036						
Ammonium	mg/l NH ₄	4,68						
Chloriden	mg/l Cl	86,2						
Sulfaten	mg/l SO ₄	144						
Nitraten	mg/l NO ₃	0,200						
Nitrieten	mg/l NO ₂	0,002						
Ortofosfaten	mg/l PO ₄	0,132						
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	290						
Carbonaten	mg/l CO ₃	0						
Fluoriden	mg/l F	1,95						
TH	° F	32,9						
TAP	° F	0						
TAM	° F	23,8						
Arsenicum	µg/l As							
Cadmium	µg/l Cd							
Kobalt	µg/l Co	< 20						
Chroom	µg/l Cr							
Koper	µg/l Cu	< 5						
Kwik	µg/l Hg							
Nikkel	µg/l Ni							
Lood	µg/l Pb							
Zink	µg/l Zn	68						
Anionische detergenten	mg/l							
Fenolen	mg/l							
Cyaniden	mg/l CN							
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l							
Droogrest	mg/l							
Tot.opgeloste stoffen	mg/l							
COD	mg/l O ₂	59,4						

GRONDWATERKWALITEIT							TGO	
							85/01	
PUT NUMMER : G SB3								
FILTER NUMMER : F1			DIEPTE FILTER (m) : 18,50-19,50					
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE						
		05/07/85						
		BE						
pH		669						
Geleidbaarheid	µS/cm	5320						
Temperatuur	° C							
Natrium	mg/l Na	892						
Kalium	mg/l K	32						
Calcium	mg/l Ca	592						
Magnesium	mg/l Mg	828						
IJzer	mg/l Fe	2630						
Mangaan	mg/l Mn	0,279						
Ammonium	mg/l NH ₄	1297						
Chloriden	mg/l Cl	2099						
Sulfaten	mg/l SO ₄	542						
Nitraten	mg/l NO ₃	0,364						
Nitrieten	mg/l NO ₂	0						
Ortofosfaten	mg/l PO ₄	0,042						
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	281						
Carbonaten	mg/l CO ₃	0						
Fluoriden	mg/l F	0,62						
TH	° F	186,4						
TAP	° F	0						
TAM	° F	23,0						
Arsenicum	µg/l As							
Cadmium	µg/l Cd							
Kobalt	µg/l Co	< 20						
Chroom	µg/l Cr							
Koper	µg/l Cu	18						
Kwik	µg/l Hg							
Nikkel	µg/l Ni							
Lood	µg/l Pb							
Zink	µg/l Zn	95,						
Anionische detergenten	mg/l							
Fenolen	mg/l							
Cyaniden	mg/l CN							
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l							
Droogrest Tot.opgeloste stoffen	mg/l mg/l							
COD	mg/l O ₂	214						

GRONDWATERKWALITEIT							TGO
PUT NUMMER : G SB3							85/01
FILTER NUMMER : F2							
DIEPTE FILTER (m) : 5,0-6,0							
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME	DATUM/LABORATORIUM/	PARAMETERWAARDE			
		03/07/85					
pH		7,12					
Geleidbaarheid	µS/cm	2870					
Temperatuur	° C						
Natrium	mg/l Na	431					
Kalium	mg/l K	7,0					
Calcium	mg/l Ca	323					
Magnesium	mg/l Mg	52,0					
IJzer	mg/l Fe	13,82					
Mangaan	mg/l Mn	0,816					
Ammonium	mg/l NH ₄	4,74					
Chloriden	mg/l Cl	641					
Sulfaten	mg/l SO ₄	149					
Nitraten	mg/l NO ₃	0,568					
Nitrieten	mg/l NO ₂	0,010					
Ortofosfaten	mg/l PO ₄	0,420					
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	1085					
Carbonaten	mg/l CO ₃	0					
Fluoriden	mg/l F	1,25					
TH	° F	104,4					
TAP	° F	0					
TAM	° F	89,0					
Arsenicum	µg/l As						
Cadmium	µg/l Cd						
Kobalt	µg/l Co	< 20					
Chroom	µg/l Cr						
Koper	µg/l Cu	10					
Kwik	µg/l Hg						
Nikkel	µg/l Ni						
Lood	µg/l Pb						
Zink	µg/l Zn	48					
Anionische detergenten	mg/l						
Fenolen	mg/l						
Cyaniden	mg/l CN						
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l						
Droogrest	mg/l						
Tot.opgeloste stoffen	mg/l						
COD	mg/l O ₂	166					

GRONDWATERKWALITEIT							TGO	
							85/01	
PUT NUMMER : G SB4			DIEPTE FILTER (m) : 19,50-20,50					
FILTER NUMMER : F1								
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE						
		030785						
		BE						
pH		6,63						
Geleidbaarheid	µS/cm	4010						
Temperatuur	° C							
Natrium	mg/l Na	172						
Kalium	mg/l K	35						
Calcium	mg/l Ca	649						
Magnesium	mg/l Mg	133						
IJzer	mg/l Fe	33,60						
Mangaan	mg/l Mn	0,374						
Ammonium	mg/l NH ₄	10,52						
Chloriden	mg/l Cl	1366						
Sulfaten	mg/l SO ₄	487						
Nitraten	mg/l NO ₃	0,589						
Nitrieten	mg/l NO ₂	0,006						
Ortofosfaten	mg/l PO ₄	0,055						
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	213						
Carbonaten	mg/l CO ₃	0						
Fluoriden	mg/l F	0,52						
TH	° F	222,6						
TAP	° F	0						
TAM	° F	17,5						
Arsenicum	µg/l As							
Cadmium	µg/l Cd							
Kobalt	µg/l Co	< 20						
Chroom	µg/l Cr							
Koper	µg/l Cu	17						
Kwik	µg/l Hg							
Nikkel	µg/l Ni							
Lood	µg/l Pb							
Zink	µg/l Zn	31						
Anionische detergenten	mg/l							
Fenolen	mg/l							
Cyaniden	mg/l CN							
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l							
Droogrest	mg/l							
Tot.opgeloste stoffen	mg/l							
COD	mg/l O ₂	195						

GRONDWATERKWALITEIT							TGO	
							85/01	
PUT NUMMER : G SB4								
FILTER NUMMER : F2			DIEPTE FILTER (m) : 5,50-6,50					
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE						
		03/07/85						
		BE						
pH		6,93						
Geleidbaarheid	µS/cm	3280						
Temperatuur	° C							
Natrium	mg/l Na	430						
Kalium	mg/l K	14						
Calcium	mg/l Ca	400						
Magnesium	mg/l Mg	41,1						
IJzer	mg/l Fe	22,25						
Mangaan	mg/l Mn	0,129						
Ammonium	mg/l NH ₄	4,05						
Chloriden	mg/l Cl	946						
Sulfaten	mg/l SO ₄	291						
Nitraten	mg/l NO ₃	0,600						
Nitrieten	mg/l NO ₂	0						
Ortofosfaten	mg/l PO ₄	0,060						
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	531						
Carbonaten	mg/l CO ₃	0						
Fluoriden	mg/l F	0,52						
TH	° F	120,8						
TAP	° F	0						
TAM	° F	43,5						
Arsenicum	µg/l As							
Cadmium	µg/l Cd							
Kobalt	µg/l Co	< 20						
Chroom	µg/l Cr							
Koper	µg/l Cu	16						
Kwik	µg/l Hg							
Nikkel	µg/l Ni							
Lood	µg/l Pb							
Zink	µg/l Zn	24						
Anionische detergenten	mg/l							
Fenolen	mg/l							
Cyaniden	mg/l CN							
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l							
Droogrest	mg/l							
Tot.opgeloste stoffen	mg/l							
COD	mg/l O ₂	113						

GRONDWATERKWALITEIT							TGO
PUT NUMMER : PP							85/01
FILTER NUMMER : -							DIEPTE FILTER (m) : 6,0-13,0
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE					
		04/07/85					
		BE					
pH		7,09					
Geleidbaarheid	µS/cm	3495					
Temperatuur	° C						
Natrium	mg/l Na	670					
Kalium	mg/l K	14					
Calcium	mg/l Ca	163					
Magnesium	mg/l Mg	35,6					
IJzer	mg/l Fe	12,27					
Mangaan	mg/l Mn	0,913					
Ammonium	mg/l NH ₄	14,24					
Chloriden	mg/l Cl	1191					
Sulfaten	mg/l SO ₄	138					
Nitraten	mg/l NO ₃	0,36					
Nitrieten	mg/l NO ₂	0,002					
Ortofosfaten	mg/l PO ₄	2,987					
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	210					
Carbonaten	mg/l CO ₃	0					
Fluoriden	mg/l F	4,55					
TH	° F	57,5					
TAP	° F	0					
TAM	° F	17,25					
Arsenicum	µg/l As						
Cadmium	µg/l Cd						
Kobalt	µg/l Co	< 20					
Chroom	µg/l Cr						
Koper	µg/l Cu	13					
Kwik	µg/l Hg						
Nikkel	µg/l Ni						
Lood	µg/l Pb						
Zink	µg/l Zn	94					
Anionische detergenten	mg/l						
Fenolen	mg/l						
Cyaniden	mg/l CN						
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l						
Droogrest	mg/l						
Tot.opgeloste stoffen	mg/l						
COD	mg/l O ₂	216					

GRONDWATERKWALITEIT							TGO
							85/01
PUT NUMMER : PB1							
FILTER NUMMER : -							
DIEPTE FILTER (m) : 18,50-19,50							
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE					
		05/07/85					
		BE					
pH		6,96					
Geleidbaarheid	µS/cm	3830					
Temperatuur	° C						
Natrium	mg/l Na	548					
Kalium	mg/l K	29					
Calcium	mg/l Ca	347					
Magnesium	mg/l Mg	76,0					
IJzer	mg/l Fe	16,96					
Mangaan	mg/l Mn	0,099					
Ammonium	mg/l NH ₄	12,79					
Chloriden	mg/l Cl	1290					
Sulfaten	mg/l SO ₄	301					
Nitraten	mg/l NO ₃	0,509					
Nitrieten	mg/l NO ₂	0					
Ortofosfaten	mg/l PO ₄	0,201					
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	366					
Carbonaten	mg/l CO ₃	0					
Fluoriden	mg/l F	0,52					
TH	° F	120,8					
TAP	° F	0					
TAM	° F	30,0					
Arsenicum	µg/l As						
Cadmium	µg/l Cd						
Kobalt	µg/l Co	< 20					
Chroom	µg/l Cr						
Koper	µg/l Cu	11					
Kwik	µg/l Hg						
Nikkel	µg/l Ni						
Lood	µg/l Pb						
Zink	µg/l Zn	50					
Anionische detergenten	mg/l						
Fenolen	mg/l						
Cyaniden	mg/l CN						
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l						
Droogrest	mg/l						
Tot.opgeloste stoffen	mg/l						
COD	mg/l O ₂	164					

GRONDWATERKWALITEIT							TGO
							85/01
PUT NUMMER : G RO91							
FILTER NUMMER : F1							
DIEPTE FILTER (m) : 15,50-17,60							
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE					
		28/7/82					
		G					
pH		6,95					
Geleidbaarheid	µS/cm	1218					
Temperatuur	° C	11,7					
Natrium	mg/l Na	42					
Kalium	mg/l K	19					
Calcium	mg/l Ca	199					
Magnesium	mg/l Mg	26,7					
IJzer	mg/l Fe	9,9					
Mangaan	mg/l Mn	0,35					
Ammonium	mg/l NH ₄						
Chloriden	mg/l Cl	58					
Sulfaten	mg/l SO ₄	45					
Nitraten	mg/l NO ₃	0,15					
Nitrieten	mg/l NO ₂	<0,005					
Ortofosfaten	mg/l PO ₄	1,91					
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	763					
Carbonaten	mg/l CO ₃	0					
Fluoriden	mg/l F						
TH	° F	60,56					
TAP	° F	0					
TAM	° F	62,50					
Arsenicum	µg/l As						
Cadmium	µg/l Cd	8					
Kobalt	µg/l Co						
Chroom	µg/l Cr						
Koper	µg/l Cu	14					
Kwik	µg/l Hg						
Nikkel	µg/l Ni						
Lood	µg/l Pb	85					
Zink	µg/l Zn	10					
Anionische detergenten	mg/l						
Fenolen	mg/l						
Cyaniden	mg/l CN						
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l						
Droogrest	mg/l						
Tot.opgeloste stoffen	mg/l						
COD	mg/l O ₂						

GRONDWATERKWALITEIT							TGO	
							85/01	
PUT NUMMER : G RO92								
FILTER NUMMER : F1			DIEPTE FILTER (m) : 17,75-19,70					
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE						
		7/10/82						
		G						
pH		6,72						
Geleidbaarheid	µS/cm	1895						
Temperatuur	° C							
Natrium	mg/l Na	87,6						
Kalium	mg/l K	12,7						
Calcium	mg/l Ca	252						
Magnesium	mg/l Mg	56,6						
IJzer	mg/l Fe	31,1						
Mangaan	mg/l Mn	0,24						
Ammonium	mg/l NH ₄							
Chloriden	mg/l Cl	313						
Sulfaten	mg/l SO ₄	159						
Nitraten	mg/l NO ₃	0,09						
Nitrieten	mg/l NO ₂	0						
Ortofosfaten	mg/l PO ₄	3,10						
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	687						
Carbonaten	mg/l CO ₃	0						
Fluoriden	mg/l F							
TH	° F	92						
TAP	° F	0						
TAM	° F	56,30						
Arsenicum	µg/l As							
Cadmium	µg/l Cd							
Kobalt	µg/l Co							
Chroom	µg/l Cr							
Koper	µg/l Cu							
Kwik	µg/l Hg							
Nikkel	µg/l Ni							
Lood	µg/l Pb							
Zink	µg/l Zn							
Anionische detergenten	mg/l							
Fenolen	mg/l							
Cyaniden	mg/l CN							
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l							
Droogrest	mg/l							
Tot.opgeloste stoffen	mg/l							
COD	mg/l O ₂							

GRONDWATERKWALITEIT							TGO	
							85/01	
PUT NUMMER : G RO92								
FILTER NUMMER : F2			DIEPTE FILTER (m) : 4,95-5,90					
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE						
		7/10/82						
		G						
pH		7,66						
Geleidbaarheid	µS/cm	1431						
Temperatuur	° C							
Natrium	mg/l Na	28,2						
Kalium	mg/l K	24,3						
Calcium	mg/l Ca	272						
Magnesium	mg/l Mg	42						
IJzer	mg/l Fe	2,99						
Mangaan	mg/l Mn	0,53						
Ammonium	mg/l NH ₄							
Chloriden	mg/l Cl	45,8						
Sulfaten	mg/l SO ₄	196						
Nitraten	mg/l NO ₃	0,23						
Nitrieten	mg/l NO ₂	0						
Ortofosfaten	mg/l PO ₄	3,01						
Bicarbonaten	mg/l HCC ₃	869						
Carbonaten	mg/l CO ₃	0						
Fluoriden	mg/l F							
TH	° F	86						
TAP	° F	0						
TAM	° F	71,25						
Arsenicum	µg/l As							
Cadmium	µg/l Cd							
Kobalt	µg/l Co							
Chroom	µg/l Cr							
Koper	µg/l Cu							
Kwik	µg/l Hg							
Nikkel	µg/l Ni							
Lood	µg/l Pb							
Zink	µg/l Zn							
Anionische detergenten	mg/l							
Fenolen	mg/l							
Cyaniden	mg/l CN							
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l							
Droogrest Tot.opgeloste stoffen	mg/l mg/l							
COD	mg/l O ₂							

GRONDWATERKWALITEIT							TGO	
							85/01	
PUT NUMMER : G RO93			DIEPTE FILTER (m) : 16,40-18,60					
FILTER NUMMER : F1								
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE						
		28/7/82						
		G						
pH		6,65						
Geleidbaarheid	µS/cm	7430						
Temperatuur	° C	12,0						
Natrium	mg/l Na	1160						
Kalium	mg/l K	28,30						
Calcium	mg/l Ca	457						
Magnesium	mg/l Mg	79						
IJzer	mg/l Fe	27,6						
Mangaan	mg/l Mn	0,67						
Ammonium	mg/l NH ₄							
Chloriden	mg/l Cl	2440						
Sulfaten	mg/l SO ₄	532						
Nitraten	mg/l NO ₃	0						
Nitrieten	mg/l NO ₂	< 0,005						
Ortofosfaten	mg/l PO ₄							
Bicarbonaten	mg/l HCC ₃	272						
Carbonaten	mg/l CO ₃	0						
Fluoriden	mg/l F							
TH	° F	146,4						
TAP	° F	0						
TAM	° F	22,30						
Arsenicum	µg/l As							
Cadmium	µg/l Cd							
Kobalt	µg/l Co							
Chroom	µg/l Cr							
Koper	µg/l Cu							
Kwik	µg/l Hg							
Nikkel	µg/l Ni							
Lood	µg/l Pb							
Zink	µg/l Zn							
Anionische detergenten	mg/l							
Fenolen	mg/l							
Cyaniden	mg/l CN							
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l							
Droogrest	mg/l							
Tot.opgeloste stoffen	mg/l							
COD	mg/l O ₂							

GRONDWATERKWALITEIT							TGO
PUT NUMMER : G RO93							85/01
FILTER NUMMER : F2							
DIEPTE FILTER (m) : 5,75-6,75							
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE					
		28/9/82					
		G					
pH		7,07					
Geleidbaarheid	μS/cm	4180					
Temperatuur	° C						
Natrium	mg/l Na	694					
Kalium	mg/l K	41,8					
Calcium	mg/l Ca	182					
Magnesium	mg/l Mg	62,6					
IJzer	mg/l Fe	4,38					
Mangaan	mg/l Mn	0,97					
Ammonium	mg/l NH ₄						
Chloriden	mg/l Cl	1069					
Sulfaten	mg/l SO ₄	481					
Nitraten	mg/l NO ₃	0,26					
Nitrieten	mg/l NO ₂	0					
Ortofosfaten	mg/l PO ₄	0,26					
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	381					
Carbonaten	mg/l CO ₃	0					
Fluoriden	mg/l F						
TH	° F	77,6					
TAP	° F	0					
TAM	° F	31,25					
Arsenicum	μg/l As						
Cadmium	μg/l Cd						
Kobalt	μg/l Co						
Chroom	μg/l Cr						
Koper	μg/l Cu						
Kwik	μg/l Hg						
Nikkel	μg/l Ni						
Lood	μg/l Pb						
Zink	μg/l Zn						
Anionische detergenten	mg/l						
Fenolen	mg/l						
Cyaniden	mg/l CN						
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l						
Droogrest	mg/l						
Tot.opgeloste stoffen	mg/l						
COD	mg/l O ₂						

GRONDWATERKWALITEIT							TGO
							85/01
PUT NUMMER : OV 1							
FILTER NUMMER :							
DIEPTE FILTER (m) : 5,70-7,70							
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE					
		19/9/84	7/12/84	3/6/89			
		SCK	AAC	AAC			
pH		7,8	8,2	7,8			
Geleidbaarheid	µS/cm	1221	420	1600			
Temperatuur	° C						
Natrium	mg/l Na						
Kalium	mg/l K			17,8			
Calcium	mg/l Ca	123,5	94,9	259			
Magnesium	mg/l Mg	12,10	5,16	18,6			
Ijzer	mg/l Fe	< 0,1	0,07	0,04			
Mangaan	mg/l Mn	< 0,1	0,08	0,56			
Ammonium	mg/l NH ₄		1,08	3,61			
Chloriden	mg/l Cl	55	10,6	138			
Sulfaten	mg/l SO ₄	15,7		318			
Nitraten	mg/l NO ₃	3,50	1,68	1,12			
Nitrieten	mg/l NO ₂	< 0,20	< 0,03	0,006			
Ortofosfaten	mg/l PO ₄			< 1,07			
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	348,3	237,9				
Carbonaten	mg/l CO ₃	7,80	0				
Fluoriden	mg/l F			1,00			
TH	° F		25,8				
TAP	° F		0				
TAM	° F	28,50	19,50				
Arsenicum	µg/l As	<100		< 2			
Cadmium	µg/l Cd	<100	10	20			
Kobalt	µg/l Co		40				
Chroom	µg/l Cr	<100	50	40			
Koper	µg/l Cu	<100	10	10			
Kwik	µg/l Hg	<100		< 0,2			
Nikkel	µg/l Ni	400	50	9			
Lood	µg/l Pb	<100	20	10			
Zink	µg/l Zn	<100	10	<10			
Anionische detergenten	mg/l						
Fenolen	mg/l						
Cyaniden	mg/l CN						
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l	11,58					
Droogrest	mg/l	1038					
Tot.opgeloste stoffen	mg/l						
COD	mg/l O ₂	17,8		6,53			

GRONDWATERKWALITEIT						TGO	
						85/01	
PUT NUMMER : OV2							
FILTER NUMMER :		DIEPTE FILTER (m) : 4,15-6,15					
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE					
		19/9/84	7/12/84	3/6/85			
		SCK	AAC	AAC			
pH		7,90	7,60	7,50			
Geleidbaarheid	µS/cm	1990	2230	4850			
Temperatuur	° C						
Natrium	mg/l Na						
Kalium	mg/l K			21,7			
Calcium	mg/l Ca	380,3	554	897			
Magnesium	mg/l Mg	10,9	74,1	50,9			
IJzer	mg/l Fe	< 0,1	0,11	0,36			
Mangaan	mg/l Mn	< 0,1	1,64	7,43			
Ammonium	mg/l NH ₄		16,97	4,54			
Chloriden	mg/l Cl	95	40,4	768			
Sulfaten	mg/l SO ₄	876		1134			
Nitraten	mg/l NO ₃	4,7	1,55	5,49			
Nitrieten	mg/l NO ₂	1,9	1,00	0,066			
Ortofosfaten	mg/l PO ₄			< 1,07			
Bicarbonaten	mg/l HCCO ₃	916,8	854				
Carbonaten	mg/l CO ₃	242,1	0				
Fluoriden	mg/l F			0,83			
TH	° F		169				
TAP	° F		0				
TAM	° F	75,1	69,9				
Arsenicum	µg/l As	<100		< 2			
Cadmium	µg/l Cd	<100	30	20			
Kobalt	µg/l Co		60				
Chroom	µg/l Cr	<100	90	40			
Koper	µg/l Cu	<100	10	10			
Kwik	µg/l Hg	<100		< 0,2			
Nikkel	µg/l Ni	600	120	110			
Lood	µg/l Pb	<100	<20	60			
Zink	µg/l Zn	<100	20	3670			
Anionische detergenten	mg/l						
Fenolen	mg/l						
Cyaniden	mg/l CN						
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l	11,28					
Droogrest	mg/l	1990					
Tot.opgeloste stoffen	mg/l						
COD	mg/l O ₂	16,50		15,20			

GRONDWATERKWALITEIT						TGO	
						85/01	
PUT NUMMER : OV3							
FILTER NUMMER :		DIEPTE FILTER (m) : 6,20-8,20					
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE					
		19/9/84	7/12/84	3/6/85			
		SCK	AAC	AAC			
pH		7,4	7,7	8,0			
Geleidbaarheid	µS/cm	3010	2300	3200			
Temperatuur	° C						
Natrium	mg/l Na						
Kalium	mg/l K			38,9			
Calcium	mg/l Ca	136,3	152	194			
Magnesium	mg/l Mg	36,41	51,1	71,1			
IJzer	mg/l Fe	< 0,1	0,07	0,04			
Mangaan	mg/l Mn	< 0,1	1,04	1,29			
Ammonium	mg/l NH ₄		3,96	4,56			
Chloriden	mg/l Cl	790	512	638			
Sulfaten	mg/l SO ₄	2628		308			
Nitraten	mg/l NO ₃	5,2	3,90	4,49			
Nitrieten	mg/l NO ₂	27,80	0,87	0,453			
Ortofosfaten	mg/l PO ₄			< 1,07			
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	309,3	286,7				
Carbonaten	mg/l CO ₃	8,7	0				
Fluoriden	mg/l F			2,72			
TH	° F		59				
TAP	° F		0				
TAM	° F	25,30	23,5				
Arsenicum	µg/l As	<100		< 2			
Cadmium	µg/l Cd	<100	40	10			
Kobalt	µg/l Co		80				
Chroom	µg/l Cr	<100	110	<20			
Koper	µg/l Cu	<100	20	10			
Kwik	µg/l Hg	<100		< 0,2			
Nikkel	µg/l Ni	120	140	40			
Lood	µg/l Pb	150	60	20			
Zink	µg/l Zn	<100	20	<10			
Anionische detergenten	mg/l						
Fenolen	mg/l						
Cyaniden	mg/l CN						
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l	23,06					
Droogrest	mg/l	2134					
Tot.opgeloste stoffen	mg/l						
COD	mg/l O ₂	23,1		5,20			

GRONDWATERKWALITEIT						TGO			
						85/01			
PUT NUMMER : OV4									
FILTER NUMMER :						DIEPTE FILTER (m) : 4,75-6,75			
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE							
		19/9/84	7/12/84	3/6/85					
		SCK	AAC	AAC					
pH		7,60	7,80	7,70					
Geleidbaarheid	µS/cm	1550	2100	2000					
Temperatuur	° C								
Natrium	mg/l Na								
Kalium	mg/l K			8,85					
Calcium	mg/l Ca	303,0	395	267					
Magnesium	mg/l Mg	23,01	23,7	13,1					
IJzer	mg/l Fe	< 0,1	0,37	0,07					
Mangaan	mg/l Mn	< 0,1	1,80	1,09					
Ammonium	mg/l NH ₄		4,86	7,92					
Chloriden	mg/l Cl	300	453	340					
Sulfaten	mg/l SO ₄	352,8		81,1					
Nitraten	mg/l NO ₃	35,7	10,04	2,05					
Nitrieten	mg/l NO ₂	1,40	0,60	0,189					
Ortofosfaten	mg/l PO ₄			< 1,07					
Bicarbonaten	mg/l HCO ₃	427,6	274,5						
Carbonaten	mg/l CO ₃	18,9	0						
Fluoriden	mg/l F			1,19					
TH	° F		108						
TAP	° F		0						
TAM	° F	35,0	22,5						
Arsenicum	µg/l As	<100		< 2					
Cadmium	µg/l Cd	<100	20	20					
Kobalt	µg/l Co		40						
Chroom	µg/l Cr	<100	50	40					
Koper	µg/l Cu	<100	10	10					
Kwik	µg/l Hg	<100		< 0,2					
Nikkel	µg/l Ni	180	60	60					
Lood	µg/l Pb	220	<20	100					
Zink	µg/l Zn	<100	30	<10					
Anionische detergenten	mg/l								
Fenolen	mg/l								
Cyaniden	mg/l CN								
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l	7,81							
Droogrest	mg/l	1860							
Tot.opgeloste stoffen	mg/l								
COD	mg/l O ₂	21,70		7,12					

GRONDWATERKWALITEIT						TGO			
						85/01			
PUT NUMMER : OV5									
FILTER NUMMER :						DIEPTE FILTER (m) : 5,80-7,80			
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE							
		19/9/84	7/12/84	3/6/85					
		SCK	AAC	AAC					
pH		7,60	7,10	7,70					
Geleidbaarheid	µS/cm	1167	1920	2000					
Temperatuur	° C								
Natrium	mg/l Na								
Kalium	mg/l K			10,10					
Calcium	mg/l Ca	208,0	302	274					
Magnesium	mg/l Mg	20,45	17,7	15,20					
IJzer	mg/l Fe	< 0,1	44	1,15					
Mangaan	mg/l Mn	< 0,1	2,32	1,22					
Ammonium	mg/l NH ₄		1,80	2,21					
Chloriden	mg/l Cl	205	343	336					
Sulfaten	mg/l SO ₄	245,5		277					
Nitraten	mg/l NO ₃	25,3	2,88	1,92					
Nitrieten	mg/l NO ₂	1,60	0,03	< 0,006					
Ortofosfaten	mg/l PO ₄			< 1,07					
Bicarbonaten	mg/l HCC ₃	453,8	466,7						
Carbonaten	mg/l CO ₃	18,60	0						
Fluoriden	mg/l F			0,57					
TH	° F		200						
TAP	° F		0						
TAM	° F	37,20	38,20						
Arsenicum	µg/l As	< 100		< 2					
Cadmium	µg/l Cd	< 100	60	10					
Kobalt	µg/l Co		70						
Chroom	µg/l Cr	< 100	130	60					
Koper	µg/l Cu	< 100	30	10					
Kwik	µg/l Hg	< 100		< 0,2					
Nikkel	µg/l Ni	< 100	100	130					
Lood	µg/l Pb	120	< 20	20					
Zink	µg/l Zn	< 100	10	< 10					
Anionische detergenten	mg/l								
Fenolen	mg/l								
Cyaniden	mg/l CN								
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l	10,18							
Droogrest	mg/l	1126							
Tot.opgeloste stoffen	mg/l								
COD	mg/l O ₂	29,1		4,91					

GRONDWATERKWALITEIT							TGO
							85/01
PUT NUMMER : OV6							
FILTER NUMMER :							
DIEPTE FILTER (m) : 6,50-8,50							
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE					
		19/9/84	7/12/84	3/6/85			
		SCK	AAC	AAC			
pH		7,4	7,9	7,8			
Geleidbaarheid	µS/cm	2220	1800	2650			
Temperatuur	° C						
Natrium	mg/l Na						
Kalium	mg/l K			39,6			
Calcium	mg/l Ca	144	119	141			
Magnesium	mg/l Mg	48,06	29,5	45,6			
IJzer	mg/l Fe	< 0,10	0,05	0,04			
Mangaan	mg/l Mn	< 0,10	0,06	0,35			
Ammonium	mg/l NH ₄		0,36	0,78			
Chloriden	mg/l Cl	660	406	611			
Sulfaten	mg/l SO ₄	428,4		282			
Nitraten	mg/l NO ₃	32,4	12,09	5,25			
Nitrieten	mg/l NO ₂	0,30	< 0,03	0,453			
Ortofosfaten	mg/l PO ₄			< 1,07			
Bicarbonaten	mg/l HCCO ₃	163,5	289,8				
Carbonaten	mg/l CO ₃	7,2	0				
Fluoriden	mg/l F			2,47			
TH	° F		41,9				
TAP	° F		0				
TAM	° F	13,4	23,7				
Arsenicum	µg/l As	<100		< 2			
Cadmium	µg/l Cd	<100	30	10			
Kobalt	µg/l Co		40				
Chroom	µg/l Cr	<100	50	<20			
Koper	µg/l Cu	<100	10	10			
Kwik	µg/l Hg	<100		< 0,2			
Nikkel	µg/l Ni	<100	80	40			
Lood	µg/l Pb	120	<20	20			
Zink	µg/l Zn	<100	30	20			
Anionische detergenten	mg/l						
Fenolen	mg/l						
Cyaniden	mg/l CN						
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l	9,49					
Droogrest	mg/l	1886					
Tot.opgeloste stoffen	mg/l						
COD	mg/l O ₂	31,08		5,79			

GRONDWATERKWALITEIT						TGO			
						85/01			
PUT NUMMER : 0V7									
FILTER NUMMER :						DIEPTE FILTER (m) : 5,45-7,45			
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE							
		19/9/84	7/12/84	3/6/85					
		SCK	AAC	AAC					
pH		7,5	8,10	7,7					
Geleidbaarheid	µS/cm	2670	2700	2890					
Temperatuur	° C								
Natrium	mg/l Na								
Kalium	mg/l K			25,6					
Calcium	mg/l Ca	258,9	212	183					
Magnesium	mg/l Mg	26,51	39,20	40,8					
IJzer	mg/l Fe	< 0,10	0,09	0,12					
Mangaan	mg/l Mn	< 0,10	0,47	0,73					
Ammonium	mg/l NH ₄		0,54	1,48					
Chloriden	mg/l Cl	960	699	626					
Sulfaten	mg/l SO ₄	376,4		344					
Nitraten	mg/l NO ₃	13,20	11,47	3,45					
Nitrieten	mg/l NO ₂	0,30	< 0,03	0,021					
Ortofosfaten	mg/l PO ₄			< 1,07					
Bicarbonaten	mg/l HCCO ₃	210,5	302						
Carbonaten	mg/l CO ₃	9,0	0						
Fluoriden	mg/l F			1,79					
TH	° F		69,1						
TAP	° F		0						
TAM	° F	17,20	24,7						
Arsenicum	µg/l As	<100		< 2					
Cadmium	µg/l Cd	<100	30	<10					
Kobalt	µg/l Co		60						
Chroom	µg/l Cr	<100	70	<20					
Koper	µg/l Cu	<100	20	10					
Kwik	µg/l Hg	<100		< 0,2					
Nikkel	µg/l Ni	<100	100	90					
Lood	µg/l Pb	180	<20	100					
Zink	µg/l Zn	<100	20	10					
Anionische detergenten	mg/l								
Fenolen	mg/l								
Cyaniden	mg/l CN								
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l	4,90							
Droogrest	mg/l	2004							
Tot.opgeloste stoffen	mg/l								
COD	mg/l O ₂	14,50		4,76					

GRONDWATERKWALITEIT						TGO			
						85/01			
PUT NUMMER : OV8									
FILTER NUMMER :						DIEPTE FILTER (m) : 5,40-7,40			
PARAMETER	EENHEID	STAALNAME DATUM/LABORATORIUM/PARAMETERWAARDE							
		19/9/84	7/12/84	3/6/85					
		SCK	AAC	AAC					
pH		7,20	7,80	7,80					
Geleidbaarheid	µS/cm	2290	2280	2900					
Temperatuur	° C								
Natrium	mg/l Na								
Kallum	mg/l K			25,6					
Calcium	mg/l Ca	131,8	139	176					
Magnesium	mg/l Mg	65,47	58,20	43,5					
IJzer	mg/l Fe	< 0,10	0,03	0,12					
Mangaan	mg/l Mn	< 0,10	0,06	0,81					
Ammonium	mg/l NH ₄		2,16	1,48					
Chloriden	mg/l Cl	750	571	630					
Sulfaten	mg/l SO ₄	512		366					
Nitraten	mg/l NO ₃	19,50	9,34	3,70					
Nitrieten	mg/l NO ₂	0,30	< 0,03	0,036					
Ortofosfaten	mg/l PO ₄			< 1,07					
Bicarbonaten	mg/l HCC ₃	128,10	161,7						
Carbonaten	mg/l CO ₃	9,0	0						
Fluoriden	mg/l F			1,80					
TH	° F		29,30						
TAP	° F		0						
TAM	° F	10,50	13,20						
Arsenicum	µg/l As	<100		< 2					
Cadmium	µg/l Cd	<100	30	<10					
Kobalt	µg/l Co		50						
Chroom	µg/l Cr	<100	60	20					
Koper	µg/l Cu	<100	20	10					
Kwik	µg/l Hg	<100		< 0,2					
Nikkel	µg/l Ni	<100	80	40					
Lood	µg/l Pb	160	60	100					
Zink	µg/l Zn	<100	20	<10					
Anionische detergenten	mg/l								
Fenolen	mg/l								
Cyaniden	mg/l CN								
Tot.org.koolstof (TOC)	mg/l	8,90							
Droogrest	mg/l	1762							
Tot.opgeloste stoffen	mg/l								
COD	mg/l O ₂	14,70		4,02					