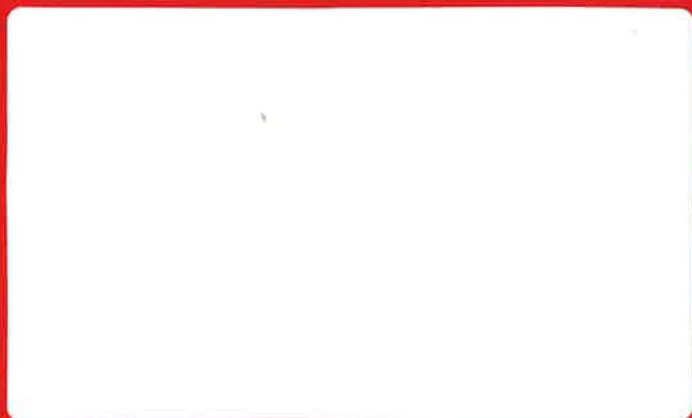


rijksuniversiteit gent

leerstoel voor
toegepaste geologie



LTG

geologisch instituut
krijgslaan 281-S8
B 9000 gent

telefoon 091-22.57.15

HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE
VERONTREINIGING ROND DE
STORTPLAATS GHISTELINCK
TE KRUISSHOUTEM

LTG

geologisch instituut
krijgslaan 281-S8
B 9000 gent

telefoon 091-22.57.15



Leiding : Prof. Dr. W. DE BREUCK

Studie en verslag : Dr. L. LEBBE

Lic. K. PEDE

Lic. Ph. VAN BURM

Lic. M. VAN CAMP

Onderzoek nr. : TGO 85/31

Datum : 31 oktober 1985

INHOUD

1. INLEIDING	1
2. LIGGING EN OMGEVING	2
2.1. Ligging	2
2.2. Topografie	2
2.3. Hydrografie	2
2.4. Bodembestemming en gebruik	5
2.5. Besluit	5
3. KENMERKEN VAN DE ONDERGROND	8
3.1. Algemeen	8
3.2. Bodem	8
3.3. Beschikbare hydrolietostratigrafische gegevens	8
3.3.1. Gepubliceerde gegevens	8
3.3.2. Gegevens van de Intercommunale Vereniging voor de Autoweg E3	10
3.4. Aanvullende boringen	11
3.5. Schoonpompen	16
3.6. Waterpassing	16
3.7. Nieuwe hydrolietostratigrafische gegevens	17
3.8. Hydraulische kenmerken van de kwartaire afzet- tingen	19
3.8.1. Inleiding	19
3.8.2. Soorten watervoerende lagen	19
3.8.2.1. Artesische of afgesloten water- voerende lagen	19
3.8.2.2. Freatische watervoerende lagen ...	19
3.8.2.3. Gedeeltelijk afgesloten watervoe- rende lagen : half-artesische en half-freatische lagen	19
3.8.3. Hydraulische parameters	21
3.8.3.1. De hydraulische doorlatendheid k .	21
3.8.3.2. Transmissiviteit of doorlaatver- mogen kD	21
3.8.3.3. De hydraulische weerstand c	22
3.8.3.4. De elastische bergingscoëfficiënt S	22
3.8.3.5. De bergingscoëfficiënt nabij de watertafel S_0	23

3.8.4. Grondwaterstromingsregimes	23
3.8.5. Pompproef in de laag KZ	24
3.8.5.1. Voorbereiding	24
3.8.5.2. Uitvoering	25
3.8.5.3. Berekening van de hydraulische para- meters met behulp van grafische in- terpretatiemethoden	28
3.8.5.3.1. Werkwijze en interpre- tatie	28
3.8.5.3.2. Bespreking van de resul- taten	29
3.8.5.4. Bepaling van de hydraulische para- meters met behulp van een matemati- sch model	29
3.9. Besluit	33
4. KENMERKEN VAN HET STORT	35
4.1. Algemeen	35
4.2. Ontstaan en geometrie van het stort	35
4.3. Samenstelling van het afval	36
4.4. Stortporiënwatersamenstelling	38
4.5. Besluit	41
5. STROMING VAN HET GRONDWATER	42
5.1. Algemeen	42
5.2. Het stijghoogtewaarnemingsnet	42
5.3. Stijghoogteverdeling binnen de watervoerende laag .	43
5.3.1. Hydro-isohypsen	43
5.3.2. Vertikale stijghoogtegradiënt in de verschil- lende watervoerende lagen	45
5.4. Besluit	45
6. SAMENSTELLING VAN HET GRONDWATER	47
6.1. Algemeen	47
6.2. Beschikbare gegevens en interpretaties ervan	47
6.3. De rol van de Zouwbeek	50
6.4. Nieuwe gegevens en de interpretatie ervan	50
6.4.1. Inleiding	50

6.4.2. Grondwaterresistiviteitsbepalingen	51
6.4.3. Elektrische boorgatmetingen met de lange normaalopstelling	53
6.5. Besluit	54
7. MATEMATISCHE MODELLEN	58
7.1. Algemeen	58
7.2. Aangewend mathematisch model	59
7.3. De simulaties volgens een verticale doorsnede	61
7.3.1. Inleiding	61
7.3.2. Simulatie van de toestand zonder maatregelen	61
7.3.2.1. Inleiding	61
7.3.2.2. Ingebrachte gegevens	62
7.3.2.3. Bespreking van de resultaten	64
7.3.3. Simulatie van de toestand met drainagesysteem van de noordwestelijke rand van het stort ..	65
7.3.3.1. Inleiding	65
7.3.3.2. Ingebrachte gegevens	65
7.3.3.3. Bespreking van de resultaten	65
7.3.4. Simulatie van de toestand waarbij het stort- oppervlak ondoorlatend gemaakt wordt	65
7.3.4.1. Inleiding	67
7.3.4.2. Ingebrachte gegevens	67
7.3.4.3. Bespreking van de resultaten	67
7.4. De simulatie volgens een horizontale doorsnede	67
7.4.1. Inleiding	67
7.4.2. Ingebrachte gegevens	69
7.4.3. Bespreking van de resultaten	71
7.4.4. Vergelijking met de resultaten van F. DE SMEDT (1984)	79
7.5. Besluit	80
8. BESLUIT	82
REFERENTIES	85

BIJLAGEN

1. Boorstaten	88
2. Boorgatmetingen	100
3. Berekeningen van de resultaten van de pompproef KZ	108

PLATEN

- PLAAT 1 Litologische doorsnede langs de E3-autosnelweg
- PLAAT 2 Ligging van de boringen en de litologische doorsneden
- PLAAT 3 Litologische doorsnede A-A'
- PLAAT 4 Litologische doorsnede B-B'
- PLAAT 5 Pompproef
- PLAAT 6 Stijghoogten op het peil +10,7 + 1 (m +TAW)
(Kwartair zand) op 23 september 1985
- PLAAT 7 Simulatie van de evolutie van de grondwaterkwaliteit.
Toestand zonder maatregelen
- PLAAT 8 Simulatie van de evolutie van de grondwaterkwaliteit.
Toestand met drainagegracht ten noordwesten van het stort
- PLAAT 9 Simulatie van de evolutie van de grondwaterkwaliteit.
Toestand met afdekking van het stort
- PLAAT 10 Simulatie van de evolutie van de grondwaterkwaliteit
in een horizontaal vlak. Toestand zonder maatregelen

1. INLEIDING

Met de overeenkomst van 9 september 1985 verzocht de Openbare Afvalstoffenmaatschappij voor het Vlaamse Gewest, OVAM, vertegenwoordigd door de Heer JAN LENSSENS, Gemeenschapsminister van Leefmilieu, Waterbeleid en Onderwijs, de Leerstoel voor Toegepaste Geologie van de Rijksuniversiteit Gent over te gaan tot een hydrogeologisch onderzoek rond de stortplaats GHISTELINCK te Kruishoutem.

De opdracht omvat het geven van advies bij en het begeleiden van boorwerkzaamheden, het opmeten van stijghoogten, het uitvoeren van een pompproef, het simuleren met een mathematisch model van de natuurlijke grondwaterstroming en kwaliteit evenals deze bij diverse saneringsmogelijkheden en tenslotte het verstrekken van advies in verband met een eventuele sanering.

Het onderzoek ving aan op 2 september 1985, datum waarop met de boringen is gestart. Een voorlopig verslag werd ingediend bij OVAM op 4 oktober 1985.

Na het aangeven van de algemene fysiografische kenmerken van het gebied worden de kenmerken van de ondergrond, het stort en het grond- en oppervlaktewater besproken. Het verslag eindigt met de resultaten van het mathematisch model en met het voorstellen van saneringsmogelijkheden.

In de respektievelijke hoofdstukken wordt verwezen naar of geciteerd uit de reeds eerder uitgevoerde studies welke het stort of de omliggende gronden behandelen. De resultaten van deze studies werden ons ter beschikking gesteld door de opdrachtgever.

2. LIGGING EN OMGEVING

2.1. Ligging

De stortplaats GHISTELINCK is gelegen op het grondgebied van de gemeente Kruishoutem, Sectie C, 873e, 874d, 872d, in de Provincie Oost-Vlaanderen (Fig. 1).

In het zuidwesten wordt het stort begrensd door de Zouwbeek, ook Zaubeeek of Zandbeek genoemd, die de grens vormt met de gemeente Waregem in de Provincie West-Vlaanderen. In het noordwesten en het noordoosten komen geheel of gedeeltelijk onverharde zijwegen van de Meirestraat voor. De parking van de autosnelweg E3 vormt de zuidoostelijke grens van de stortplaats. Figuur 2 geeft de ligging van het stort aan op een kaart met schaal 1 : 50.000.

Het bestudeerde stort beslaat een oppervlakte van ca 6,7 ha. Een meer gedetailleerd beeld ervan verkrijgt men aan de hand van PLAAT 2.

2.2. Topografie

Het studiegebied is gelegen op de noordwestelijke rand van het Leie-Schelde-interfluvium dat zijn grootste hoogte bereikt te Wortegem (ca + 80*). Rond de stortplaats ligt het terrein op ca +15 tot +16; naar het noorden en naar het noordwesten toe daalt het terrein geleidelijk naar +9 tot +10 in de Leievlakte (Fig. 2).

Het hoogste punt van het stort zelf lag op 26 november 1984 ca 3 m hoger dan het laagste punt naast het stort; uit opmetingen is gebleken dat tussen 18 november 1982 en 26 november 1984 het stort plaatselijk met 0,64 m is gezakt (OVAM, s.d.).

2.3. Hydrografie

De bestudeerde zone watert af naar de Leie. Figuur 2 geeft de waterlopen aan die voorkomen in een ruim gebied rond het stort. De Zouwbeek stroomt langs het stort.

* De hoogten zijn aangegeven in m ten overstaan van het referentievlak van de Tweede Algemene Waterpassing (TAW) van het Nationaal Geografisch Instituut (NGI).



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

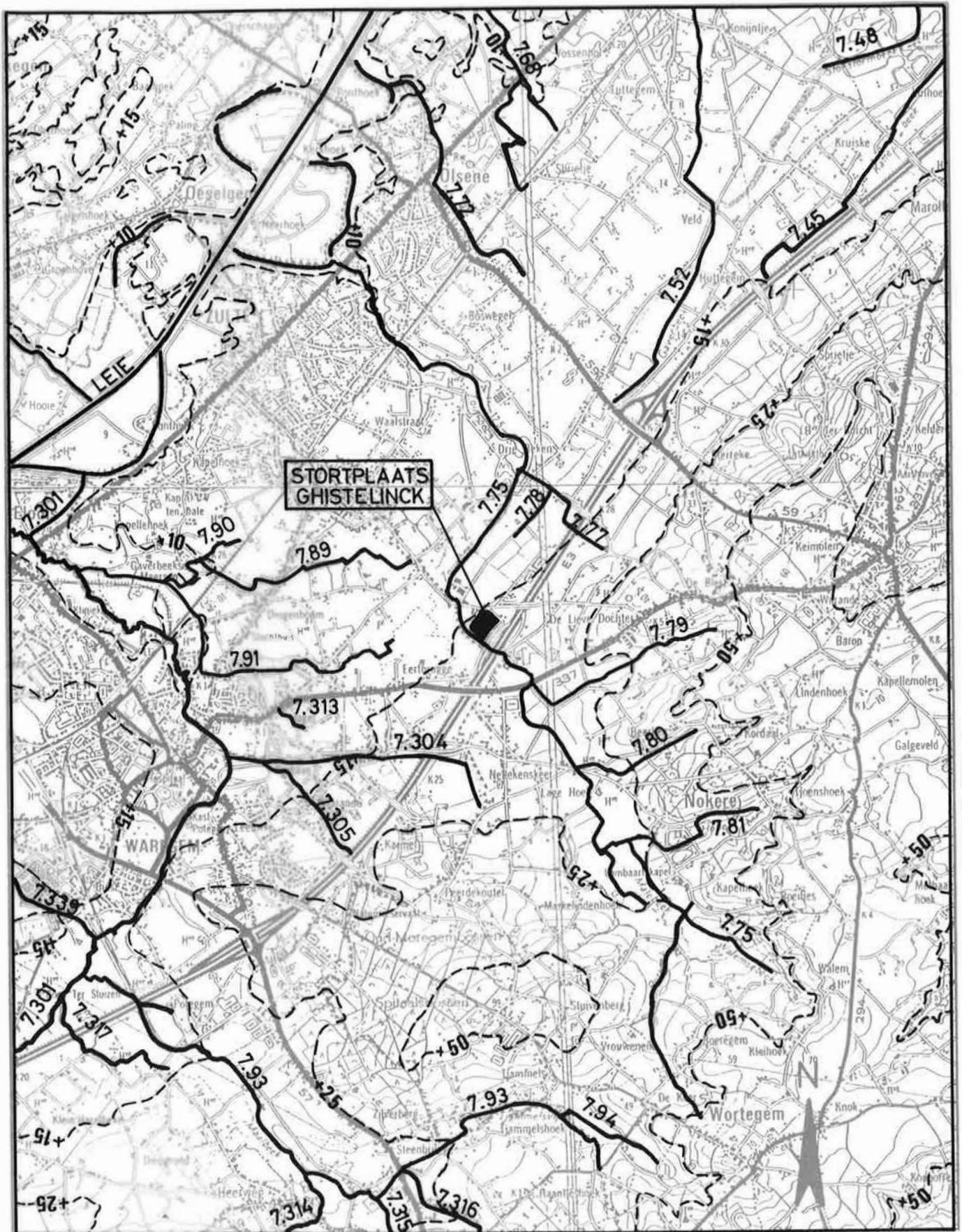


Fig. 2 - Ligging van het stort, hoogtelijnen en waterlopen op kaart met schaal 1/50.000 (NATIONAAL GEOGRAFISCH INSTITUUT, 1979; 1982)

Het gebied is niet gerioleerd. Lozingen van huishoudelijke afvalwaters gebeuren dan ook in de sloten langsheen de Meirestraat.

2.4. Bodembestemming en gebruik.

Volgens het gewestplan OUDENAARDE (Staatssecretariaat voor Streekeconomie, Ruimtelijke Ordening en Huisvesting, 1977), blad 29/3, behoort het bestudeerde terrein ten oosten van de Zouwbeek tot de gebieden voor milieubelastende industrieën. Op het gewestplan KORTRIJK (Staatssecretariaat voor Streekeconomie en Ruimtelijke Ordening, 1977), blad 29/3, is te zien dat ten westen van de Zouwbeek een landschappelijk waardevol agrarisch gebied voorkomt. Een uittreksel uit de respektievelijke gewestplannen is gegeven in de figuur 3.

Thans worden rond het stort hoofdzakelijk agrarische activiteiten beoefend; figuur 4 is een schets van het huidig bodemgebruik. Intensieve veehouderij komt frekwent voor in het gebied.

2.5. Besluit

De stortplaats GHISTELINCK bevindt zich op de zuidoostelijke wand van het Leiedal en behoort tot het Leiebekken. Een beek, de Zouwbeek, loopt langs het stort. Het gebied behoort tot de zone voor milieubelastende industrieën en is omgeven door agrarische gebieden. Momenteel is het bodemgebruik in het studiegebied vooral agrarisch met o.a. intensieve veehouderij.

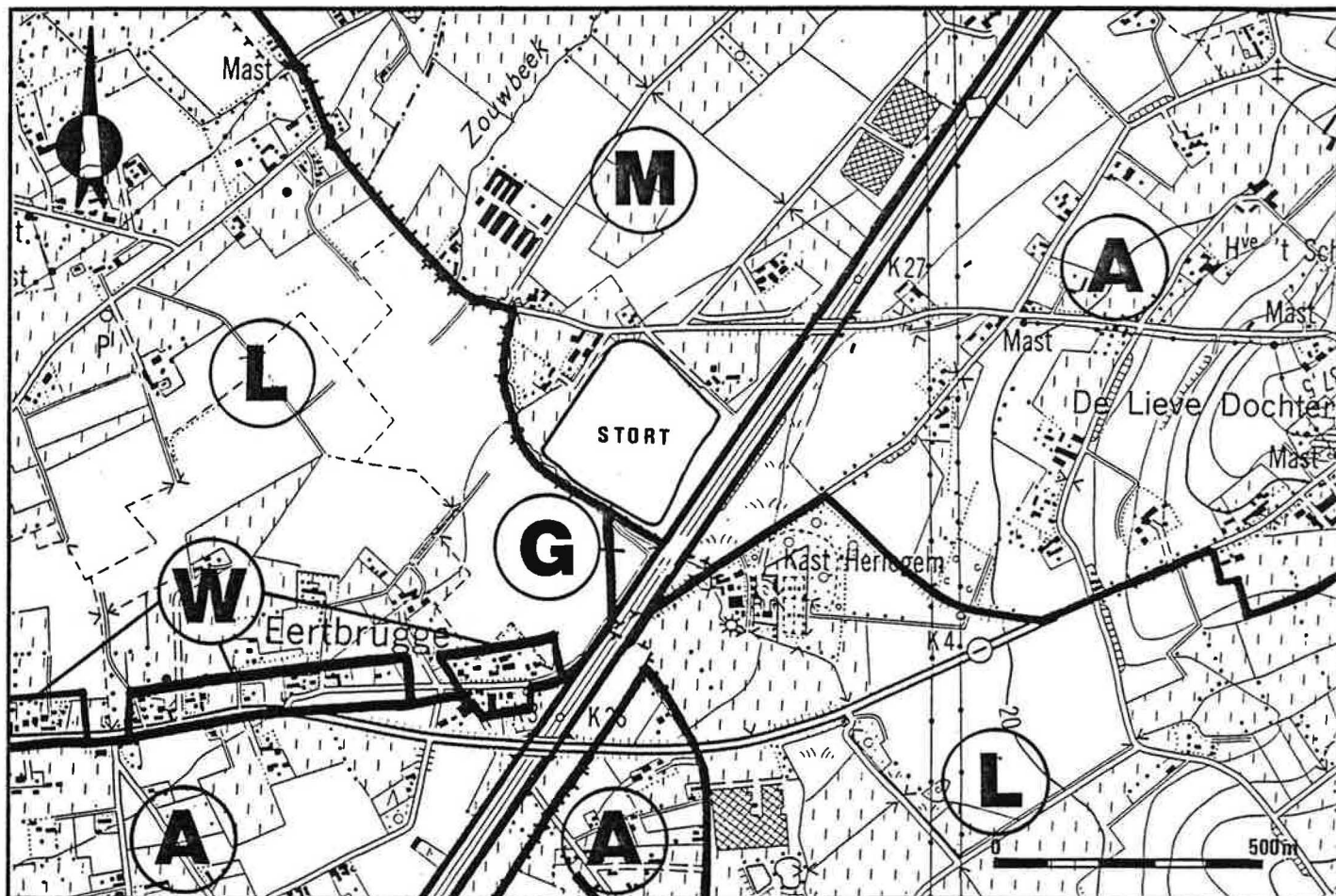
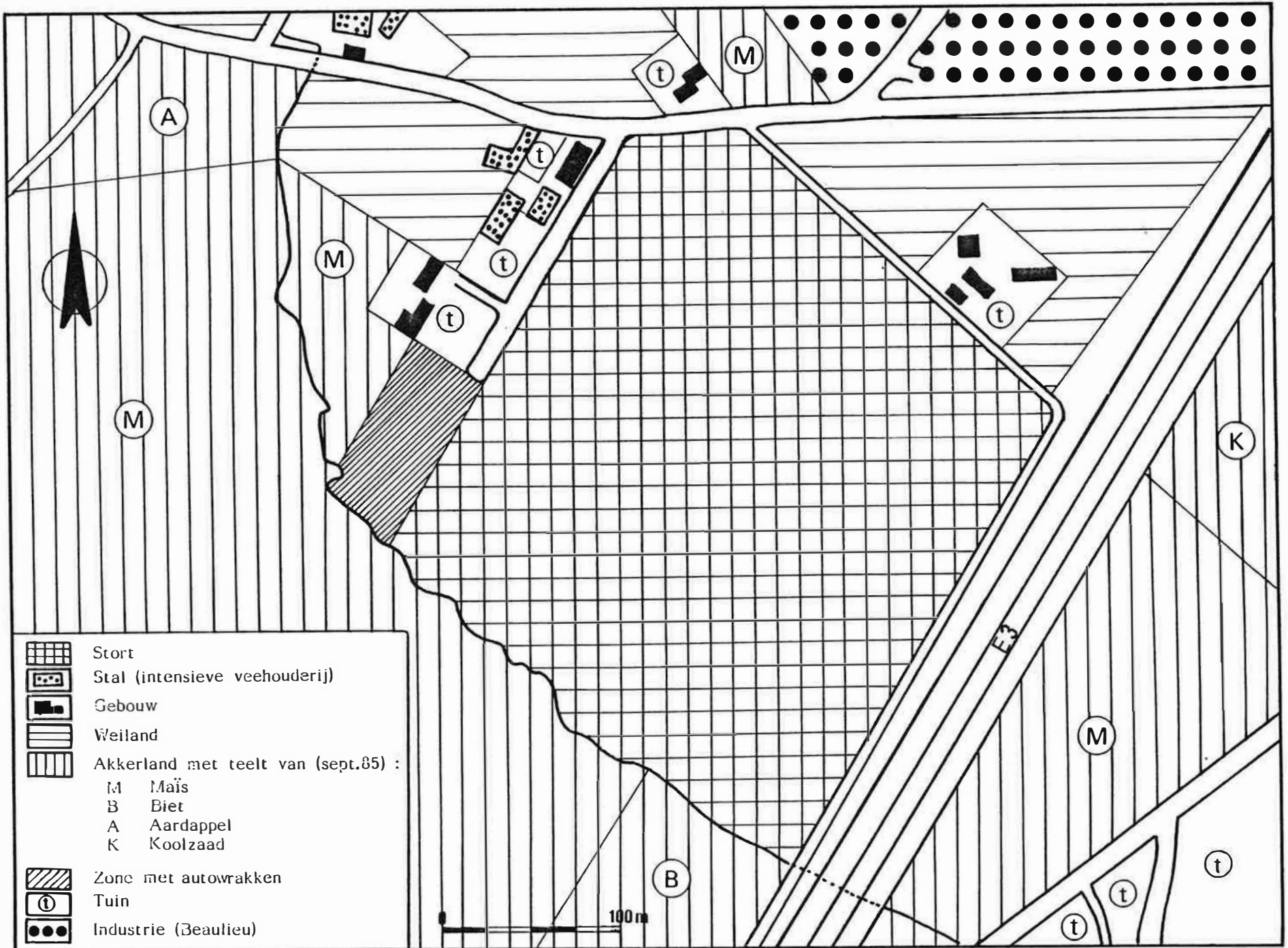


Fig. 3 - Uittreksel uit de gewestplannen OUDENAARDE en KORTRIJK
(STAATSSECRETARIAAT VOOR STREEKECONOMIE, ..., 1977)

- Ⓐ agrarisch gebied
- Ⓒ gebied voor gemeenschapsvoorzieningen en openbare nutsvoorzieningen
- Ⓔ landschappelijk waardevol agrarisch gebied
- Ⓜ gebied voor milieubelastende industrieën
- Ⓦ woongebied met landelijk karakter

Fig. 4 - Huidig bodengebruik rond de stortplaats (toestand september 1985)



3. KENMERKEN VAN DE ONDERGROND

3.1. Algemeen

Om een inzicht te verkrijgen in de litologische en hydraulische kenmerken van de ondergrond werden al dan niet gepubliceerde gegevens geraadpleegd, nieuwe aanvullende boringen met plaatsing van peilbuizen verricht en een pompproef uitgevoerd. In enkele boorgaten zijn boorgatmetingen verricht.

In de volgende paragrafen worden de bodem, de beschikbare stratigrafische gegevens, de aanvullende boringen, de nieuwe stratigrafische gegevens en de hydraulische kenmerken van de ondergrond besproken.

De informatie behandeld in hoofdstuk 3 dient mede als basis voor het mathematisch model dat besproken wordt in hoofdstuk 7.

3.2. Bodem

De bodemkaart van België geeft informatie over het bodemprofiel tot op 1,25 m diepte. De kaart is opgesteld door middel van 2 handboringen per ha. Uit de PLAAT ANZEGEM 84W (C.SYS, 1973) is af te leiden dat de bestudeerde terreinen gelegen zijn of waren op zandgronden. Een overzicht van de bodemgesteldheid is gegeven in de figuur 5.

3.3. Beschikbare hydrolitostratigrafische gegevens

3.3.1. Gepubliceerde gegevens

De meest recente wetenschappelijke publikatie over de kwartaire litostratigrafische opbouw van het Leiedal ten zuidwesten van Deinze is deze van G. DE MOOR & M. LOOTENS (1975). Deze auteurs onderscheiden er negen grote litostratigrafische eenheden. Deze zijn afwisselend zandig (doorlatend) en meer leemhoudend (slecht doorlatend). Bepaalde eenheden kunnen ontbreken.

Een basisgrint rust als fluviatiel restsediment op de Ieperse klei die kan aangesneden zijn tot op het peil -14. Daarop volgt een eerste leemcomplex, waarvan de top meestal onder -6 voorkomt en dat bestaat uit een zandige basislaag, uit leem of veen-

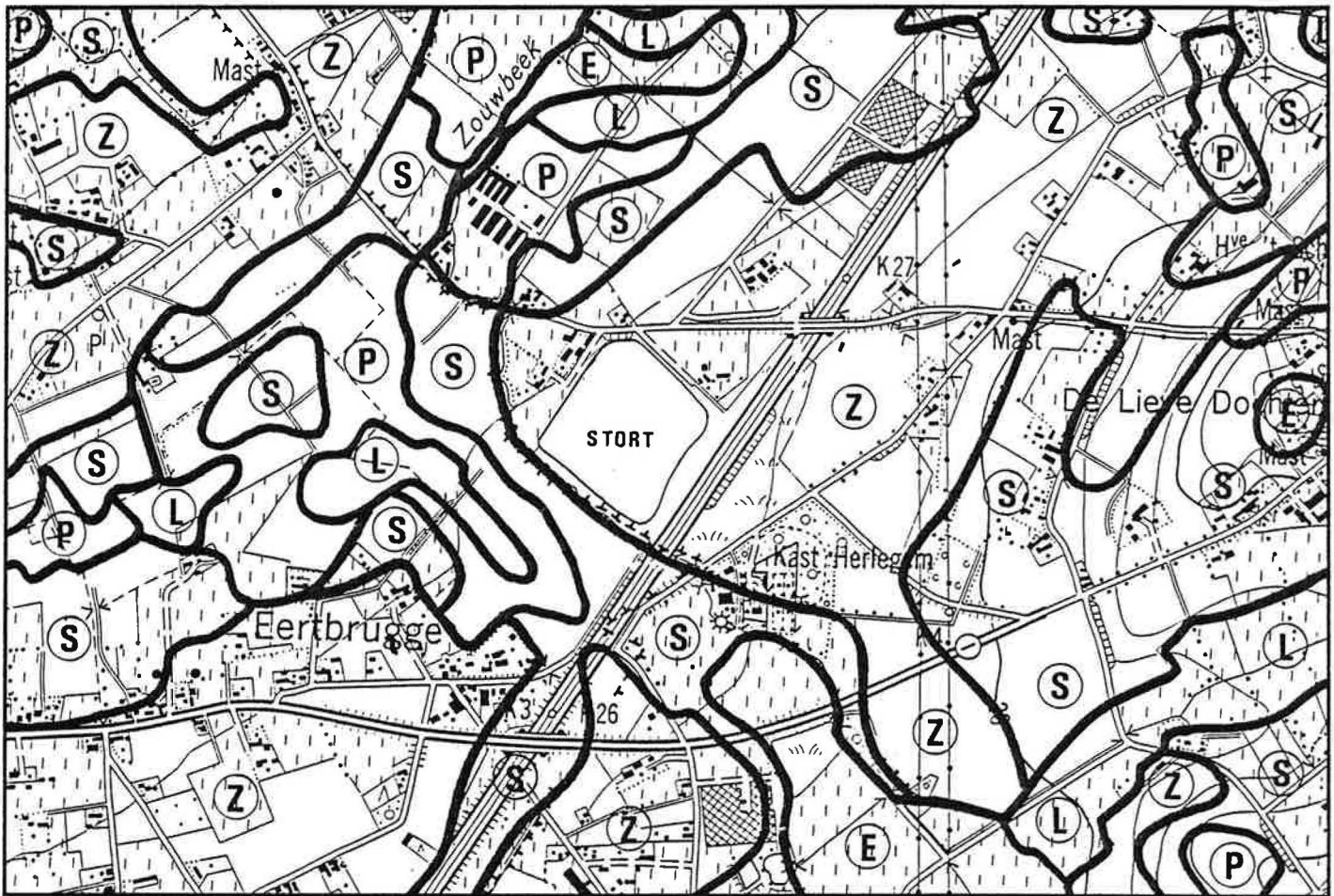


Fig. 5 - Uittreksel uit de bodemkaart ANZEGEM 84W (C. SYS, 1973)

- ⓔ kleibodem
- Ⓛ zandleembodem
- Ⓟ licht zandleembodem
- Ⓢ lemig zandbodem
- Ⓩ zandbodem

houdende leem. Het dateert ten vroegste van het Eemiaan en is afgezet in een rustig fluviatiel milieu.

Een eerste zandcomplex is opgebouwd uit middelmatig zand. De top ervan ligt meestal beneden het peil 0. Het zand is gesedimenteerd in een brede verwilderde rivierbedding tijdens het Weichseliaan.

Het tweede leemcomplex bestaat uit zandhoudende leem met zandhoudende en veenhoudende tussenlagen. De top ligt veelal onder het peil +2. Het complex is tijdens het Weichseliaan in natte periglaciale omstandigheden ontstaan in een traagstromende ondiepe rivier met intermitterende loop.

Analoog van samenstelling en genese met het eerste zandcomplex is het tweede zandcomplex. Het werd echter enkel te Sint-Baafs-Vijve en te Deinze aangeboord. De top ligt er beneden het peil +2.

Het derde leemcomplex heeft zijn top meestal onder +9. De leem is als löss afgezet in periglaciale omstandigheden tijdens het Weichseliaan. Ten oosten van de Leie komt het niet overal voor en het kan vervangen zijn door zand.

De derde zandlaag bestaat uit fijn tot middelmatig zand met lensjes grover zand. Deze laag kwam tot stand onder periglaciale omstandigheden tijdens het Weichseliaan door aanwassende verwilderde geulen. De basis ervan varieert van +2 tot +9; de top ligt nabij het huidig maaiveld.

Een niveo-eolische zandlemige of zandige dekmantel of alluviale sedimenten vormen de top van het Kwartair.

Daar hogergenoemde stratigrafische onderverdeling typisch is voor de Leievallei, en het studiegebied zich op de rand van de vallei bevindt, kan verwacht worden dat een aantal van deze eenheden er zullen ontbreken.

3.3.2. Gegevens van de Intercommunale Vereniging voor de Autoweg E3

Om een beter idee te verkrijgen van de stratigrafische opbouw in de nabije omgeving van de stortplaats werden enkele boor- en sondeerresultaten, verkregen bij de voorstudie van de E3-autosnelweg, verzameld en verwerkt.

De gegevens werden ontleend aan een reeks bijlagen uit een rapport van de studiebureaus TRACTION ET ELECTRICITE, SODECOTRA & CONSTRUCTOR (1963).

De diepsonderingen, handsonderingen en boringen zijn verwerkt tot een doorsnede I-I' (PLAAT 1). Daaruit blijken rond het stortgebied drie grote eenheden voor te komen. De Ieperse klei vormt het tertiaire kleisubstraat; opvallend is het sterk wisselend insnijdingspeil. Op de klei ligt plaatselijk een kwartair lemig pakket dat misschien overeenkomt met het derde leemcomplex van paragraaf 3.3.1. Op andere plaatsen, zoals nabij het stort, is de bedekking zandig. Deze zandige laag korrespondeert met de derde zandlaag besproken in paragraaf 3.3.1. Deze laag was trouwens ontsloten tijdens de zandwinning (G. DE MOOR & M. LOOTENS, 1975).

3.4. Aanvullende boringen

Aanvullende boringen werden uitgevoerd rond en op het stort. Als basis voor het boorprogramma diende het OVAM-bestek "Controle boor- en peilputten. Stortplaats Kruishoutem, sectie C873c, 874d, 872d." Het boorprogramma werd aangepast op 27 augustus 1985 tijdens een vergadering waarop Ir. F. VAN DE MAELE van OVAM, Lic. H. VAN NIEUWENBORG van de firma GEOLAB pvba en Lic. K. PEDE en Lic. Ph. VAN BURM van de LEERSTOEL VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE aanwezig waren. Aan dit schema werden door de heer MONDT van OVAM op 02 september 1985 twee ondiepe boringen toegevoegd.

De boringen genummerd DB1 tot DB4 en SB1 tot SB20, liggen rond of aan de rand van het stort. De ligging ervan is weergegeven op PLAAT 2. De geometrische kenmerken van de boringen en de peilbuizen zijn gegeven in de tabellen 1 en 2.

In de vier richtingen rond het stort werden door de firma GEOLAB pvba vier diepe droge boringen uitgevoerd (DB1 tot DB4) tot maximum twee meter in het tertiaire kleisubstraat. Tot aan de grondwatertafel werd daarbij de spiraalboor angewend. Dieper dienden voerbuizen (diameter 150 mm) te worden geplaatst opdat het boorgat niet zou dichtslaan. Hierin werd het boorgat verder uitgediept met een pulsboor, terwijl de voerbuizen gestadig in de diepte werden gedreven. Nadat de gewenste diepte was bereikt, werd

Tabel 1 - Gegevens i.v.m. de boringen

Bor. Nr.	Boor-methode	Boor-diepte (m)	Kleistop-diepte (m)	Type Boorgat-meting ^o	Datum
DB1	droog gespoeld	15 17	2-3	LN, SN, GA	03.09.85
DB2	droog	13	6-7	-	02.09.85
DB3	droog	8	4-5	-	03.09.85
DB4	droog	13	7-8	-	02.09.85
SB1	gespoeld	5,5	3,5-4,5	-	05.09.85
SB2	gespoeld	5,5	3,5-4,5	-	05.09.85
SB3	gespoeld	5,5	3,5-4,5	-	05.09.85
SB4	gespoeld	14	11-13	-	04.09.85
SB5	gespoeld	3	1,5-2,5	-	05.09.85
SB6	gespoeld	15	5,5-6,5	LN, GA	10.09.85
SB7	gespoeld	5	3-4	-	09.09.85
SB8	gespoeld	5	3-4	-	09.09.85
SB9	gespoeld	8	6-7	-	09.09.85
SB10	gespoeld	15,5	9,5-10,5	LN, SN, GA	09.09.85
SB11	gespoeld	4,5	2,5-3,5	-	10.09.85
SB12	gespoeld	15	8-9	LN, GA	10.09.85
SB13	gespoeld	5	3-4	-	10.09.85
SB14	gespoeld	5	3-4	-	10.09.85
SB15	gespoeld	5	3-4	-	10.09.85
SB16	gespoeld	13	3,5-4,5	LN, SN, GA	10.09.85
SB17	gespoeld	5	3-4	-	10.09.85
SB18	gespoeld	9	6-7	LN, SN, GA	11.09.85
SB19	gespoeld	4	2-3	-	09.09.85
SB20	gespoeld	14	4,5-5,5	LN, SN, GA	10.09.85

^o LN = resistiviteit (lange normaalopstelling)

SN = resistiviteit (korte normaalopstelling)

GA = gamma

Tabel 2 - Geometrische gegevens i.v.m. de peilbuizen

boring	filter	koördinaten		hoogte maaiveld (m+TAW)	hoogte meetpunt (m+TAW)	filter				lengte (m)	ø (mm)
		x	y			diepte (m-maaiv.)		peil (m+TAW)			
						TOP	- BASIS	TOP	- BASIS		
DB 1	-	86905	176926	15.06	15.572	3.00	7.30	12.06	7.76	4,30	110
DB 2	-	87216	176951	16.32	16.711	7.00	9.00	9.32	7.32	2,00	63
DB 3	-	87183	176696	17.10	17.399	5.00	6.00	12.10	11.10	1,00	63
DB 4	-	86986	176661	15.99	16.458	8.00	10.00	7.99	5.99	2,00	63
SB 1	-	86899	176929	15.11	15.447	4.50	5.50	10.61	9.61	1,00	63
SB 2	-	86894	176933	14.85	15.252	4.50	5.50	10.35	9.35	1,00	63
SB 3	-	86883	176939	14.99	15.361	4.50	5.50	10.49	9.49	1,00	63
SB 4	-	86911	176924	15.32	15.816	13.00	14.00	2.32	1.32	1,00	63
SB 5	-	86907	176932	15.34	15.747	2.50	3.00	12.84	12.34	0,50	63
SB 6	-	86953	176884	15.56	16.139	6.50	7.50	9.06	8.06	1,00	63
SB 7	-	86899	176766	15.71	16.103	4.00	5.00	11.71	10.71	1,00	63
SB 8	-	86961	176867	15.64	16.151	4.00	5.00	11.64	10.64	1,00	63
SB 9	-	86963	176871	15.65	16.150	7.00	8.00	8.65	7.65	1,00	63
SB 10	-	86965	176875	15.66	15.838	10.50	11.50	5.16	4.16	1,00	63
SB 11	-	86970	176865	16.55	17.069	3.50	4.50	13.05	12.05	1,00	63
SB 12	-	86972	176869	16.47	16.954	9.00	10.00	7.47	6.47	1,00	63
SB 13	-	86994	176918	15.90	16.433	4.00	5.00	11.90	10.90	1,00	63
SB 14	-	87023	176963	15.36	16.318	4.00	5.00	11.36	10.36	1,00	63
SB 15	-	87046	177052	15.07	16.114	4.00	5.00	11.07	10.07	1,00	63
SB 16	-	87216	176947	16.29	16.491	4.50	5.50	11.79	10.79	1,00	63
SB 17	-	87178	176903	16.18	16.740	4.00	5.00	12.18	11.18	1,00	63
SB 18	-	87175	176756	17.11	17.647	7.00	8.00	10.11	9.11	1,00	63
SB 19	-	86986	176665	15.98	16.517	3.00	4.00	12.98	11.98	1,00	63
SB 20	-	86987	176658	16.03	16.227	5.50	6.50	10.53	9.53	1,00	63
GB 1	-	87076	176767	17.94	18.366	0.00	12.00	17.94	5.94	12,00	125
GB 2	A	87017	176858	17.70	18.148	1.00	9.00	16.70	8.70	8,00	125
	B	87017	176858	17.70	18.163	0.00	13.00	7.70	4.70	3,00	125

het boorgat voorzien van een PVC-peilbuis (diameter 63 mm) met filterelement van 2 m (DB2 en DB4), van 1 m (DB3) en van 4,30 m (DB1), na uitspoeling omgebouwd tot een pompput. Vervolgens verwijderde men de voerbuizen en omstortte men met grof zand (0,7/0,9 mm) het filterelement dat steeds de basis van de kwartaire zandlaag aansnijdt. Boven het filterelement werd de ringvormige ruimte tussen de peilbuis en de boorgatwand afgedicht met een kleistop, teneinde doorsijpeling van water doorheen het boorgat te vermijden.

De opbouw van een waarnemingsbuis is gegeven in figuur 6.

Bij de droge boringen werd per halve meter een geroerd grondmonster genomen. Deze werden in het laboratorium beschreven door Lic. K. PEDE en Lic. Ph. VAN BURM. De boorbeschrijvingen zijn opgenomen in bijlage 1. De gronden werden beschreven volgens de klassifikatie in gebruik bij de LEERSTOEL VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE (M. DEPRET, 1981). Deze klassifikatie is een uitgebreide versie van deze opgenomen in het typebestek 150 van het MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN (1978).

Naast de droge boringen werden door dezelfde firma ook twintig gespoelde boringen (diameter 100 mm), tien diepe en tien ondiepe, uitgevoerd (SB1 tot SB20). Er werden geen voerbuizen aangevend. In een aantal boorgaten (tabel 1) zijn door de LEERSTOEL VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE één of meerdere boorgatmetingen verricht. De metingen omvatten de opname van de natuurlijke gammastraling en van de resistiviteiten met de korte ($a = 0,25$ m) en met de lange normaalopstelling ($a = 1,00$ m). Aan de hand van de meetresultaten kon o.a. een boorstaat (bijlage 1) opgesteld worden. De resultaten van de boorgatmetingen staan in bijlage 2.

Het boorgat werd omgebouwd tot grondwatermeetstation door het aanbrengen van een PVC-peilbuis (diameter 63 mm) met een filterlengte van 1 m (behalve SB5 waar de filter 0,5 m lang is). De opbouw is zoals gegeven in de figuur 6.

Op het stort werden door de firma SMET N.V. twee boringen (diameter 900 mm) uitgevoerd (GB1 en GB2). De ligging ervan is weergegeven op de PLAAT 2 terwijl de geometrische gegevens staan in de tabel 2. Bij deze boringen werden aan elkaar ge-

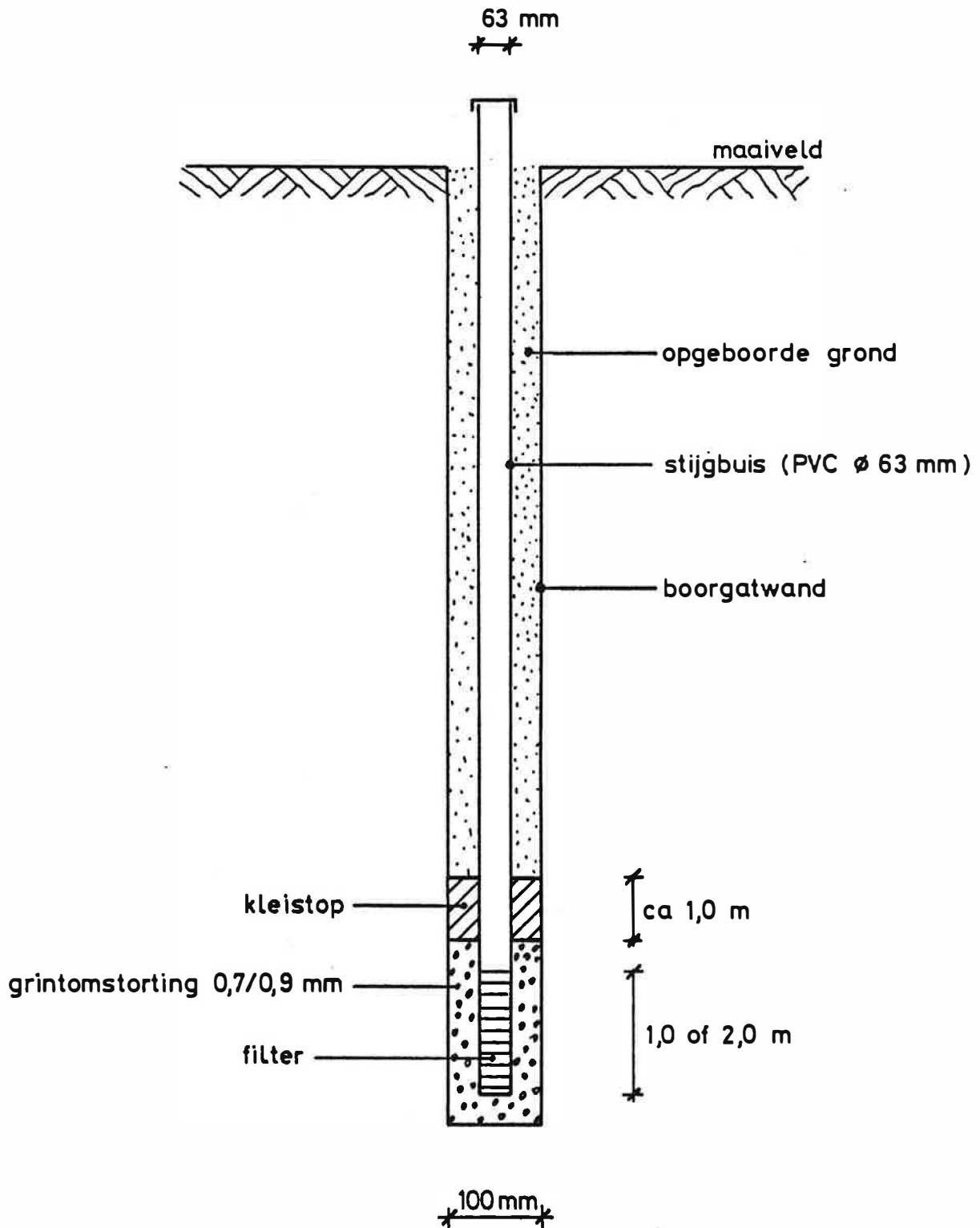


Fig. 6 - Opbouw van de peilbuizen geplaatst in het bestek van deze studie

laste voerbuizen in de grond gedreven terwijl het boorgat met een BENOTO-grijper werd geruimd. De boringen geschieden tot in het tertiaire kleisubstraat.

In het boorgat GB1 is een filterbuis (diameter 125 mm) geplaatst die het stort over de gehele lengte aansnijdt. In boorgat GB2 daarentegen werden twee filterelementen (diameter 125 mm) A en B, geplaatst. Filter A snijdt de gehele dikte van het stort aan. Filter B is geplaatst in een sediment tussen het stort en het tertiair kleisubstraat. Tussen A en B bevindt zich een klei-stop.

Het stortmateriaal werd ter plaatse beschreven door ambtenaren van OVAM en van het IHE. Vereenvoudigde boorprofielen zijn in deze studie opgenomen op de PLATEN 3 en 4.

3.5. Schoonpompen

De peilbuizen werden gedurende één uur slib- en zandvrij gepompt. De pompput bestemd voor de pompproef (DB1) werd ook met de kompressor schoongebazen. Ten einde een idee te krijgen van de waterkwaliteit werd tijdens het schoonpompen met een TNO-cel de resistiviteit van het water gemeten. Deze resistiviteitswaarde geeft een indicatie van het totaal aan opgeloste stoffen in het opgepompte grondwater. De gegevens worden besproken in hoofdstuk 6.

3.6. Waterpassing

Nadat alle filterputten slib- en zandvrij waren gepompt, waren ze in principe klaar voor gebruik als pompput of als peilbuis. De omrekening van de gemeten diepten tot stijghoogten is evenwel nodig om het regionale grondwaterstromingspatroon te kunnen konstrueren. Door topograaf D. VALLEZ van OVAM werden referentiepunten op de peilbuizen aangesloten op het referentievlak van de Tweede Algemene Waterpassing. Ook werden de LAMBERT-koördinaten bepaald. Aan de hand van deze vaste referentiepeilen werd eveneens het maaiveldpeil ter plaatse van de boringen bepaald, teneinde met grotere nauwkeurigheid de litologische doorsneden te kunnen opmaken. De gegevens over de hoogten en de plaats zijn opgenomen in de tabel 2.

Vijf bestaande peilbuizen van het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie van Brussel (IHE) waarvan er drie aan de rand van het stort en twee op het stort zijn gelegen, werden in de waterpassing opgenomen. De gegevens van deze peilbuizen zijn opgenomen in tabel 3. De ligging ervan is eveneens aangeduid op de PLAAT 2.

3.7. Nieuwe hydrolitostratigrafische gegevens

De gegevens verkregen uit de boringen uitgevoerd in het bestek van deze studie leidden tot een meer gedetailleerde kennis van de aard en de uitbreiding van de grondlagen. De doorsneden A-A' en B-B' (PLATEN 3 en 4), waarvan de ligging is aangeduid op de PLAAT 2, geven een beeld van de stratigrafische gesteldheid. Naast de stortopvulling zijn van boven naar onder, drie grote eenheden te onderscheiden :

- een kwartaire fijne zandlaag, hier KZ genoemd;
- een kwartaire kleihoudende en leemhoudende laag, hier KZK genoemd;
- een kleisubstraat bestaande uit de tertiaire Formatie van Ieper (Klei van Vlaanderen of "Ieperse klei").

De watervoerende zandlaag KZ is bovenaan, tot maximaal 2,5 m onder het maaiveld, weinig leemhoudend tot leemhoudend. De totale dikte wisselt van 7 tot 10 m. Het is in deze laag dat de pompproef werd uitgevoerd.

De laag KZK bestaat uit een afwisseling van zandhoudende klei, leemhoudende klei, klei met zeer veel zand en kleihoudend zand. Plaatselijk komt een laagje zand voor. Het geheel is slecht doorlatend. De dikte van het pakket KZK, die varieert van 0 tot 7,5 m, neemt af in zuidoostelijke richting.

De tertiaire klei is een grijze, als ondoorlatend te beschouwen, stijve klei. De dikte ervan bedraagt meer dan 100 m. Het verloop van de top van de klei is eveneens weergegeven op de PLATEN 3 en 4.

Tabel 3 - Geometrische kenmerken i.v.m. de peilbuizen van het IHE

boring	filter	koördinaten		hoogte maaiveld (m+TAW)	hoogte meetpunt (m+TAW)	filter				lengte (m)	∅ (mm)
		x	y			diepte (m-maaiv.) TOP - BASIS		peil (m+TAW) TOP - BASIS			
IHE 1	-	87093	176658	16.69	16.91	4.10	5.10	12.59	11.59	1.00	40
IHE 2	-	86928	176810	16.07	16.87	4.00	5.00	12.07	11.07	1.00	40
IHE 3	-	86973	176885	15.60	15.58	3.70	4.70	11.90	10.90	1.00	40
IHE 4	-	87073	176868	18.24	19.03	3.80	4.80	14.44	13.44	1.00	40
IHE 5	-	86954	176815	17.64	17.98	3.20	4.20	14.44	13.44	1.00	40

3.8. Hydraulische kenmerken van de kwartaire afzettingen

3.8.1. Inleiding

De hydraulische kenmerken van het grondwaterreservoir vormen in deze studie een basisinformatie voor het mathematisch model dat de grondwaterstroming en kwaliteitsevolutie in en nabij het stort beschrijft. De hydraulische parameters van het Kwartair werden bepaald door middel van een pompproef in de kwartaire zandlaag KZ.

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.

3.8.2. Soorten watervoerende lagen (fig. 7)

3.8.2.1. 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.

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

3.8.2.2. 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 poriënwater gelijk is aan de atmosferische druk; de drukhoogte is er gelijk aan nul.

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

Tussen bovenvermelde types van watervoerende lagen - artesische en freatische - zijn alle tussenvormen mogelijk. Naarmate

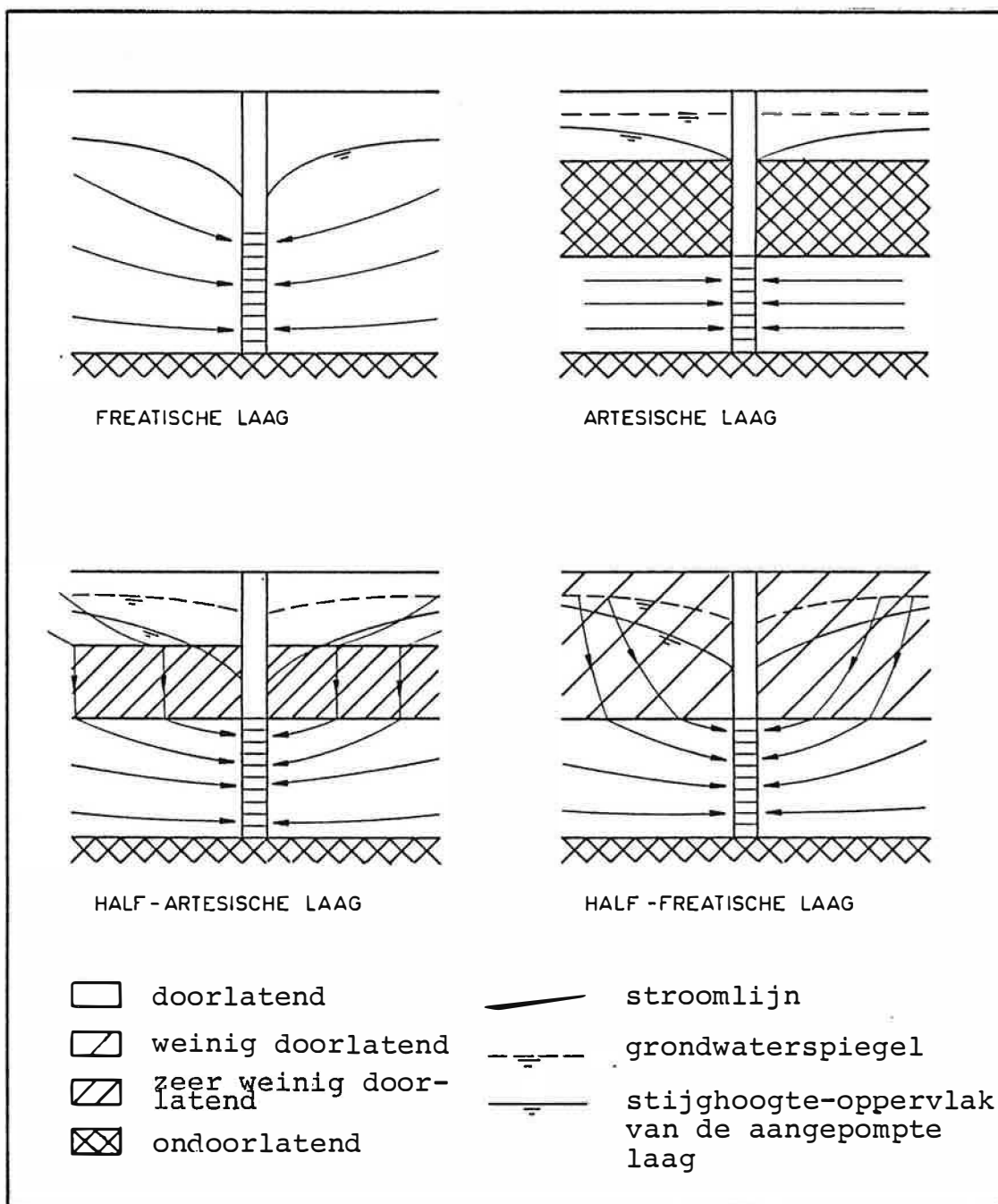


Fig. 7 - De verschillende types watervoerende lagen en de grondwaterstromingen bij aanpomping ervan.

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 is de laag KZ hoofdzakelijk freatisch. De laag KZK is een slecht doorlatende laag, welke verder als ondoorlatend diende beschouwd te worden.

3.8.3. Hydraulische parameters

3.8.3.1. 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 $k_v = k_z$.

3.8.3.2. Transmissiviteit of doorlaatvermogen kD

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

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

Anders uitgedrukt is het de hoeveelheid water die per tijds-eenheid en onder eenheidsverhang stroomt door een sekte 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 komt men evenwel door in-situ bepalingen met een pompproef.

3.8.3.3. De hydraulische weerstand c

De hydraulische weerstand c (dimensie T), een eigenschap van de slecht doorlatende lagen, is een maat voor de weerstand tegen vertikale grondwaterstroming en wordt bij een homogene laag gedefinieerd als de verhouding tussen de dikte van de laag en haar vertikale 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.

3.8.3.4. 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}) bekómt 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.

3.8.3.5. De bergingskoëfficiënt nabij de watertafel S_0

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

$$S = D.S'_A + S_0$$

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

3.8.4. 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 dergelijke stromingsregime te beschrijven, is naast

de kennis van de horizontale en de verticale doorlatendheid tevens deze van de bergingskoëfficiënt vereist.

Niet-permanente stroming treedt bijvoorbeeld op bij aanvang van de bemaling van een watervoerende laag. Het duurt immers een tijd (enkele minuten tot meerdere dagen) vooraleer de afpompings wordt gekompenseerd 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.

3.8.5. Pompproef in de laag KZ

3.8.5.1. Voorbereiding

Teneinde de hydraulische parameters van het kwartaire grondwaterreservoir, nodig voor de bouw van het mathematisch kwaliteitsmodel, te bepalen, werd de laag KZ bemalen. De algemene ligging van de proefplaats, een litologische doorsnede en de plaats van de pompput en de peilbuizen zijn aangegeven op de PLAAT 5.

Op de plaats van de pompproef rust op het tertiair klei-substraat een slecht doorlatende, hoofdzakelijk zandhoudende kleilaag (de laag KZK) die ca. 6,8 m dik is. Daarop rust ongeveer 7,3 m fijn zand dat bovenaan, tot 2,5 m onder het maaiveld weinig leemhoudend tot leemhoudend is.

Het filterelement van de pompput, met diameter van 125 mm, DB1, werd geplaatst van 3,0 m tot 7,3 m onder het maaiveld. De filterelementen van de peilbuizen SB1, SB2 en SB3 bevinden zich tussen 4,5 m en 5,5 m onder het maaiveld op respectievelijk 6,3 m, 12,5 m en 25,0 m afstand tot de pompput. Teneinde de schommelingen van de watertafel nauwkeurig te volgen werd op 6,3 m afstand van de pompput een peilbuis geplaatst met filterelement tussen 2,5 m en 3,0 m onder het maaiveld. Op een afstand van 6,3 m tot de pompput werd in de laag KZK een peilbuis geplaatst met filterelement tussen 13,0 en 14,0 m onder het maaiveld. De kleine verticale

doorlatendheid van deze laag zou uit de verlagingen in deze laatste peilbuis afgeleid kunnen worden.

Op 11 september 1985, één dag voor het starten van de pomp-proef werd de pompput door de firma GEOLAB pvba met een kompressor gereinigd en werden de peilputten schoongepompt.

3.8.5.2. Uitvoering

Voor de uitvoering van de pompproef werd aanvankelijk gebruik gemaakt van een bovengrondse WAVO-pomp. De stijghoogteveranderingen werden gemeten met een elektrische peilmeter.

Op 12 september 1985 werd de pompput bemalen gedurende een periode van 24 uren.

Aanvankelijk bedroeg het debiet 46 m³/d. Na 6,5 uren pompen bedroeg het nog slechts 27 m³/d om tenslotte langzaam verder af te nemen tot 24 m³/d (figuur 8). Als gevolg van deze debietswijziging werd na 200 min in de peilputten SB1, SB2, SB3 en SB5 een lichte stijging waargenomen. De snelle afname van het debiet in de pompput is te wijten aan de door de konstruktie te verklaren hoge putweerstand in de pompput. Vóór het plaatsen van de filter werd het boorgat vermoedelijk niet voldoende zuiver gespoeld, zodat zich een kleifilm tegen de boorgatwand kan afgezet hebben. Het aanwenden van een kompressor voor het reinigen van de pompput heeft het rendement enigszins, doch in onvoldoende mate, verbeterd.

In de peilbuis SB4 (in de laag KZK) werd gedurende de totale pompperiode een stijging van het waterpeil van 8 mm waargenomen. Alhoewel een dergelijke stijging, het NOORDBERGUM-effekt zoals verklaard door VERRUYT (1969), vaak waargenomen wordt in zeer weinig doorlatende lagen, is deze stijging vermoedelijk voor het grootste gedeelte te wijten aan een ander feit : bij het aanvangen van de bemaling had het waterpeil in de peilbuis SB4, de evenwichtstoestand zeer waarschijnlijk nog niet bereikt na het reinigen van de buis op 11 september 1985.

De verlagingen in de peilbuizen werden aangepast aan de continue afname van het debiet. Dit gebeurde met behulp van de ARON-SCOTT-methode, zoals beschreven in G. KRUSEMAN & N. DE RIDDER (1975). Gezien het kunstmatige karakter van deze methode werd uiteindelijk besloten de pompput opnieuw te bemalen gedurende

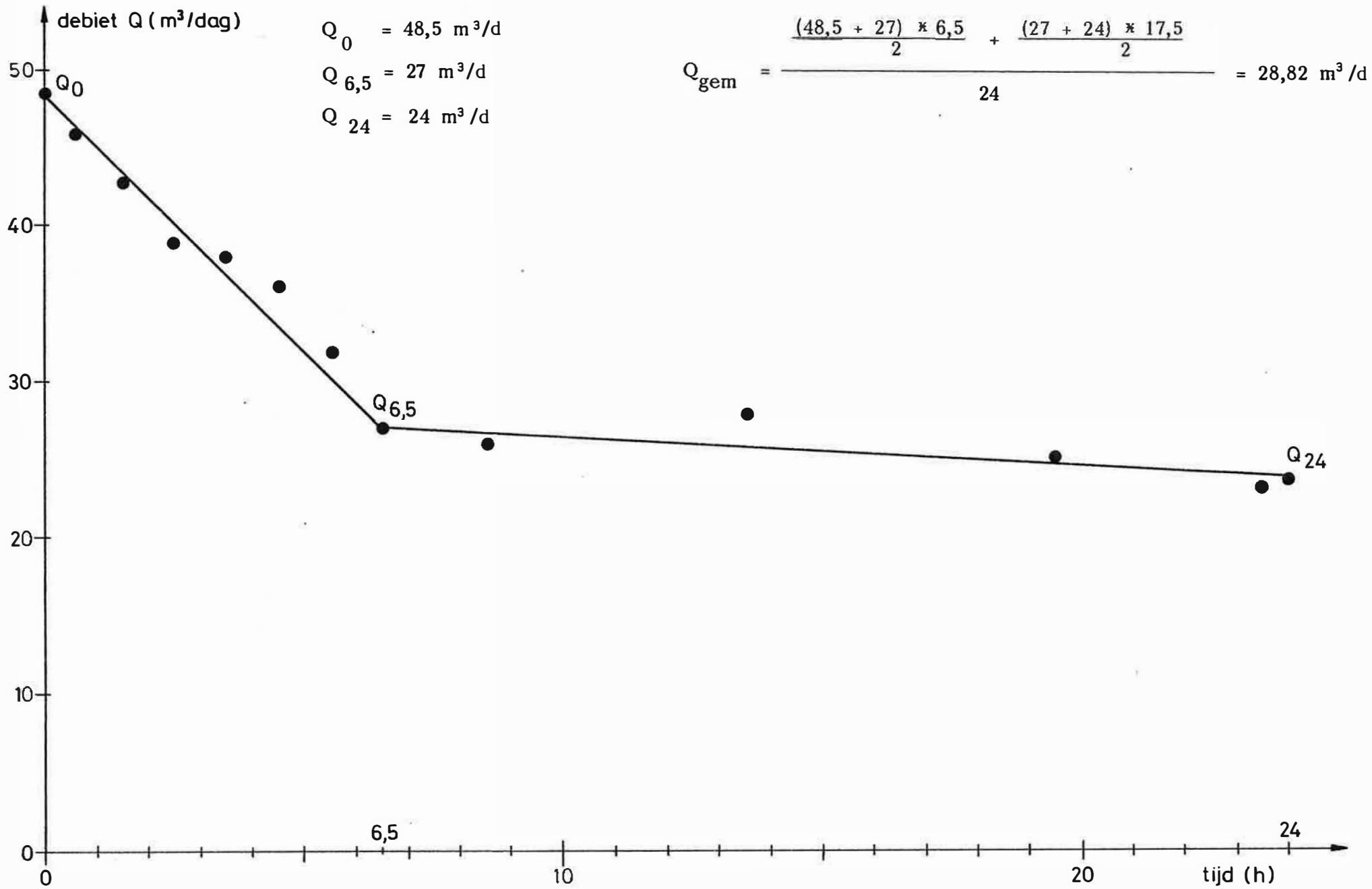


Fig. 8 - Verloop van het debiet Q (m^3/d) bij de eerste pompproef

een periode van 24 uren doch met een kleiner debiet.

Een tweede pompproef werd uitgevoerd met een DELASCO-pomp. De bemaling startte op 18 september 1985 zodat alle peilbuizen, in het bijzonder de peilbuis SB4, zich bij aanvang van de bemaling in evenwichtstoestand bevonden.

Na tweehonderd minuten pompen werd in de peilbuizen SB1, SB2, SB3 en SB4 opnieuw een stijging waargenomen. Uit de evolutie van de peilen waargenomen tussen 17 september en 19 september 1985 in de peilbuizen welke zich buiten de invloedszone van de pompproef bevinden (tabel 7), blijkt dat dit verschijnsel het gevolg is van de natuurlijke grondwaterbeweging in de laag KZ. De waargenomen stijghoogten vertonen immers een stijgende tendens in de grootte-orde van enkele centimeters. Het debiet, dat 28,8 m³/dag bedroeg, veroorzaakte in de pompput een verlaging van ca 2,6 m. Dit debiet veroorzaakte in de peilbuizen SB1, SB2, SB3 en SB5 verlagingen van respectievelijk 0,204 m, 0,126 m, 0,035 m en 0,199 m. De relatieve nauwkeurigheid van deze verlagingen neemt af naarmate de verlaging kleiner wordt. De grootte-orde van de natuurlijke peilschommelingen benadert de grootte-orde van de verlagingen opgemeten in peilbuis SB3. Dit maakt de interpretatie van deze verlagingen onmogelijk.

Het peil in de peilbuis SB4, in de laag KZK, bleef gedurende de totale duur van de pompproef onveranderd. De hydraulische parameters van deze laag, inzonderheid de hydraulische weerstand, kunnen bijgevolg niet bepaald worden.

Het is belangrijk erop te wijzen dat het slechte rendement van de pompput de interpretatie van de pompproefresultaten bemoeilijkte. De ervaring leert dat in sedimenten, analoog aan deze in het studiegebied, bij een aanpomping met ca 30 m³/d, in de pompput slechts een verlaging mag verwacht worden van ongeveer 0,5 m. De hoge putweerstand in de pompput veroorzaakt in ons geval dus een bijkomende verlaging van ongeveer 2 m. Uit de interpretatie van de pompproef met het mathematisch model (zie paragraaf 3.8.5.4.) volgt dat bij een debiet van 28,80 m³/d, de verlaging in de pompput ca 0,6 m. bedraagt. Dit betekent dat in de laag KZ de pompproef zou kunnen uitgevoerd worden met een debiet van ca 150 m³/d. De verlaging in de pompput zou dan ongeveer 3 m bedragen, terwijl de verlagingen in de peilbuizen SB1, SB2, SB3 en SB5 vijf maal groter zouden zijn dan nu waargenomen.

De natuurlijke stijghoogteschommelingen zouden dan beduidend kleiner zijn in verhouding met de verlagingen tengevolge van de pomp-proef zodat deze laatste met een grotere relatieve nauwkeurigheid zouden afgeleid kunnen worden. Bovendien zou een pumping met een hoger debiet vermoedelijk de stijghoogten in de laag KZK meetbaar beïnvloeden.

Na de uitvoering van de tweede pompproef werd door de zaakvoerder van de pvba GEOLAB voorgesteld een nieuwe pompput te boren. Gezien de korte tijdspanne waarbinnen het onderzoek diende voltooid te zijn enerzijds, en het feit dat de resultaten voor het beoogde doel niet in belangrijke mate gewijzigd zouden worden, werd op dit voorstel niet ingegaan.

3.8.5.3. Berekening van de hydraulische parameters met behulp van grafische interpretatiemethoden.

3.8.5.3.1. Werkwijze en interpretatie

Een eerste schatting van de hydraulische parameters van de aangepompte laag KZ werd verricht volgens de "klassieke" grafische pompproefinterpretatiemethoden. Voor de uiteenzetting hiervan wordt verwezen naar G. KRUSEMAN & N. DE RIDDER (1970). De verlagingen welke in de peilbuizen SB1 en SB2 gedurende de eerste tweehonderd minuten van de tweede bemalingsperiode werden waargenomen, zijn geïnterpreteerd met de methode van WALTON. Deze methode veronderstelt een niet-permanente stroming in een half-artésische watervoerende laag. Verder neemt men aan dat :

- 1° de watervoerende laag en de aangrenzende halfdoorlatende laag homogeen en lateraal oneindig uitgestrekt zijn;
- 2° de stijghoogte juist boven de bovenliggende halfdoorlatende laag en de stijghoogte juist onder de onderliggende laag vast zijn gedurende het volledig verloop van de proef, zodat de verticale aanvoer van water doorheen deze lagen naar de aangepompte laag (het "lekken") evenredig is met de stijghoogte-daling in laatstgenoemde laag;
- 3° de daling onmiddellijk wordt beantwoord door een afgifte van water uit de berging van de aangepompte laag;
- 4° de diameter van de pompput klein is, zodat de berging in de pompput kan worden verwaarloosd.

Op figuur 9 zijn de verlagingen uitgezet op bilogarithmisch papier. De interpretatie ervan met de methode van WALTON leveren de in tabel 4 samengevatte waarden voor de hydraulische parameters op. De berekeningen worden weergegeven in bijlage 3.

3.8.5.3.2. Bespreking van de resultaten

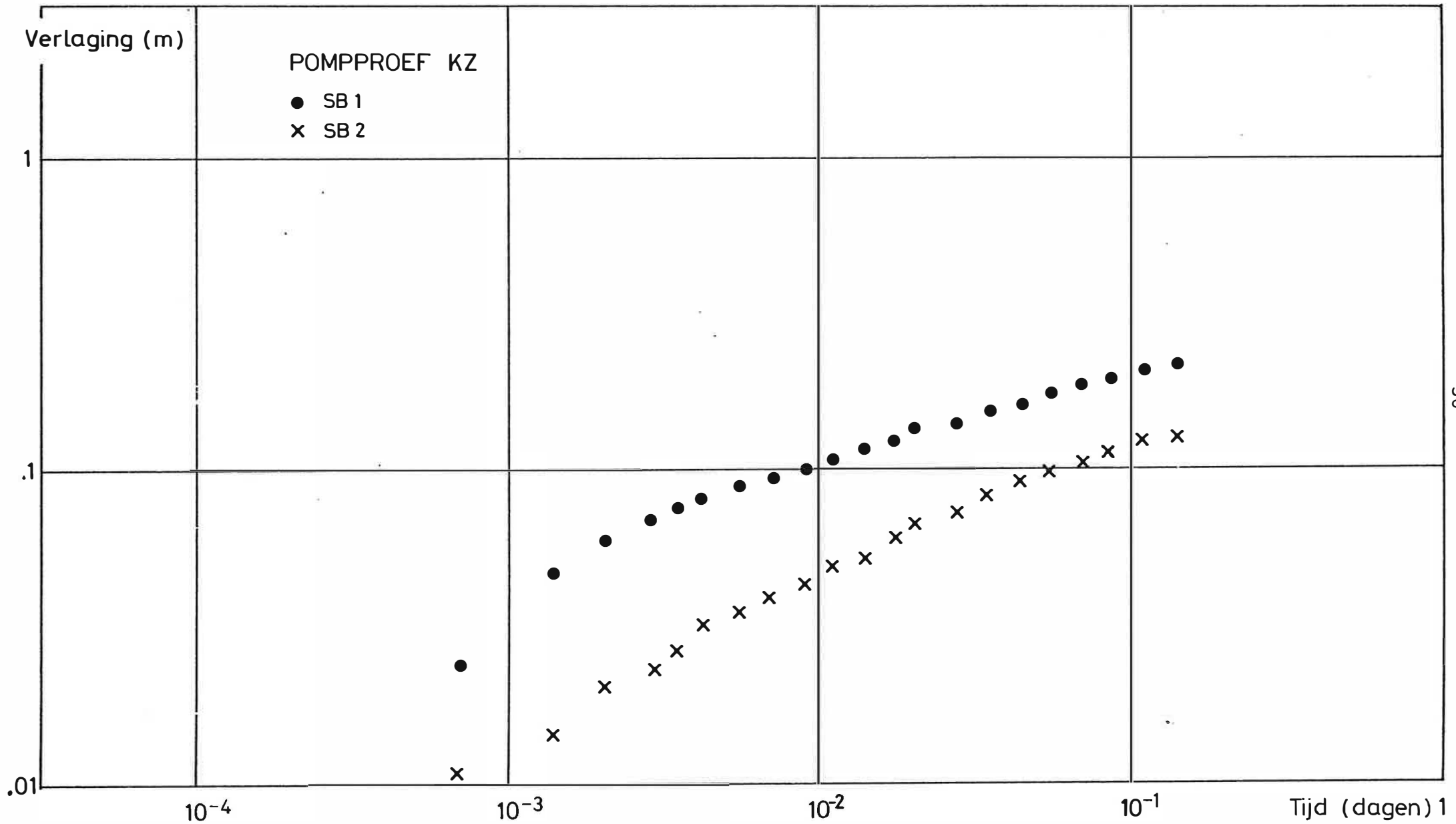
Allereerst valt op te maken dat de uitgezette tijd-verlagingcurven (fig. 9) vrij sterk afwijken van de theoretische WALTON-curven. Bij de interpretatie ervan werd vooral getracht het begin van de waargenomen en van de theoretische berekende curven te laten samenvallen.

Verder valt op te merken dat zowel de kD - als de c -waarde, toenemen bij toenemende afstand tot de pompput. Het zou evenwel foutief zijn hieruit te besluiten dat de aangepompte laag lateraal binnen een korte afstand niet homogeen zou zijn. Deze toename van de kD - en de c -waarde zijn immers het gevolg van de vereenvoudigde veronderstellingen, die men bij de "klassieke" grafische interpretatie methode doorvoert (L. LEBBE et al., 1984). Deze aldus bekomen c -waarde is de resultante van de waarden van de slecht doorlatende lagen, die de aangepompte laag begrenzen. Daar in de pompproef de c -waarde van de onderliggende laag nagenoeg oneindig is (zie paragraaf 3.8.5.4.) stemt de bekomen c -waarde nagenoeg overeen met deze van het minder doorlatende weinig leemhoudend tot leemhoudend fijn zand nabij het maaiveld. Bovendien kan bij de methode van WALTON de hydraulische weerstand, op relatief korte afstand tot de pompput, niet ondubbelzinnig bepaald worden. Het is immers moeilijk om die bepaalde standaardcurve te kiezen welke het best overeenstemt met de gemeten verlagingen. Dit betekent dat de nauwkeurigheid van de bekomen c -waarden zeer gering is.

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

Inherent aan de "klassieke" interpretatiemethode die steunen op sterk vereenvoudigde modellen van het grondwaterreservoir zijn een aantal foutenbronnen. Deze foutbronnen kunnen

Fig. 9 - Verlageningen, waargenomen tijdens de tweede pompproef, in de peilbuizen SB1 en SB2 in de aangepompte laag KZ (uitgezet op bi-logaritmisch papier t.o.v. de tijd)



Tabel 4 - Hydraulische parameters, bekomen met de grafische interpretatiemethode (methode van WALTON) uit de pompproef KZ

Interpretatiemethode	peilbuis	kD (m ² /d)	c (d)	S (*10 ⁻³)
WALTON	SB 1	50	142	2,1 10 ⁻³
	SB 2	76,50	204	1,9 10 ⁻³

Tabel 5 - Hydraulische parameters van de onderscheiden lagen in het matemaïsch model SIMPUM (L. LEBBE, 1983) van de pompproef KZ

Laag	dikte (m)	k (m/d)	S'A	S ₀	C (d)
L3	0,5	4	0,0032	0,20	70
L2	0,5	4	0,0032	-	3
L1	4,3	11	0,00036	-	

gereduceerd worden door de interpretatie van de verlagingen met een mathematisch model waarin de gelaagdheid van het grondwaterreservoir opgenomen is (L. LEBBE, 1983). Het door Dr. L. LEBBE van de LEERSTOEL VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE opgestelde model SIMPUM is tweedimensionaal en axiaal symmetrisch. Vertikaal wordt het reservoir ingedeeld in een aantal lagen, die worden gekozen naargelang van zijn hydrogeologische bouw. Verder wordt het reservoir verdeeld in een reeks ringen, concentrisch omheen de pompput aangebracht. De stralen van deze ringen laat men logaritmicus toenemen. Zo bekomt men een schikking van elementaire cellen, waarvan de positie kan worden weergegeven door middel van de ring en de laag waartoe de cel behoort. De verste ring wordt op zodanig grote afstand van de pompput aangebracht, dat er zeker geen verlaging meer zal optreden en de stijghoogte dus vast blijft 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, dit wil zeggen op logaritmicus 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 differentievergelijkingen wordt opgelost met een iteratief proces.

De berekende tijd-verlagingscurven en afstand-verlagingscurven worden vergeleken met de waarnemingen. Tevens kan men met het rekenprogramma SENPUM, eveneens ontwikkeld door Dr. L. LEBBE, de berekende verlagingen onderwerpen aan een gevoeligheidsanalyse. Dit geeft aan 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 op een bepaald tijdstip niet even gevoelig is voor elke ingevoerde parameter en omgekeerd. De aanpassingen worden herhaald tot voldoende overeenstemming is bereikt tussen de gemeten en de berekende tijd-verlagings- en afstand-verlagingscurven.

Tijdens de tweede pompproef kon geen meetbare verlaging in de laag KZK (peilbuis SB4) vastgesteld worden. Daarom werd

in het mathematisch model deze laag samen met het tertiaire klei-substraat als ondoorlatend beschouwd.

Het grondwaterreservoir wordt in drie lagen (L1, L2, L3) onderverdeeld. De watervoerende laag KZ valt grotendeels samen met laag 1 (L1). De dikte van L1 bedraagt 4,3 m. Laag 2 (L2) omvat de zone tussen de top van L1 en de bovenkant van het filterelement van de peilbuis SB3; L2 heeft een dikte van 0,5 m. Laag 3 (L3) omvat de weinig leemhoudende tot leemhoudende zone vanaf de bovenkant van het filterelement van de peilbuis SB3 tot aan de watertafel; L3 is eveneens 0,5 m dik. De hydraulische parameters die bij de eerste simulatie in het model ingevoerd werden, zijn geschat aan de hand van de resultaten van de "klassieke" interpretatiemethode. Na herhaalde simulaties van de pomp-proef, steeds met aangepaste (verbeterde) hydraulische parameters en na meerdere gevoeligheidsanalyses, werd de beste overeenkomst tussen de gemeten en de berekende verlagingen bekomen bij de invoering van de waarden die opgenomen zijn in tabel 5. Deze hydraulische parameters zijn ook vermeld op PLAAT 5.

De hydraulische doorlatendheid van L1, de specifieke elastische berging van L1 en L2 en de hydraulische weerstand tussen L1 en L2 zijn met een grote nauwkeurigheid bepaald. Dit blijkt uit de grote gevoeligheid van deze parameters op de berekende verlagingen, welke overeenstemmen met de tijden en de plaatsen van de waargenomen verlagingen. Dit betekent dat een kleine wijziging in de waarde van deze parameters een grote afwijking tussen de berekende en de waargenomen verlagingen tot gevolg zou hebben. Uit de gevoeligheidsanalyses blijkt ook dat de hydraulische doorlatendheid van L2 en de hydraulische weerstand tussen L1 en L2 slechts met een geringe nauwkeurigheid kunnen bepaald worden. Alle andere ingevoerde parameters kunnen niet afgeleid worden uit de waargenomen verlagingen : deze parameters zijn de hydraulische doorlatendheid van L3, de specifieke elastische berging van L3 en de bergingskoëfficiënt nabij de watertafel.

3.9. Besluit

De kenmerken van de ondergrond werden bestudeerd op basis van de bodemkaart, nieuwe boorgegevens en een pomp-proef.

De bodemlaag bestaat uit zand (symbool Z van de bodemkaart). Onder deze bodem komt een watervoerende laag voor die bestaat uit zandig materiaal doch bovenaan weinig leemhoudend is (laag KZ).

De dikte ervan varieert tussen 7,3 m en 10 m.

De laag KZ rust op een kwartaire, hoofdzakelijk zandhoudende-klei- en leemlaag (laag KZK), waarvan de dikte schommelt tussen 1 en 7 m. Deze kwartaire afzettingen rusten op het tertiaire kleisubstraat van de formatie van Ieper (Klei van Vlaanderen).

Met een pompproef waarbij het meest doorlatende gedeelte van de laag KZ werd aangepompt, werden enkele hydraulische parameters van het grondwaterreservoir bepaald.

Vier parameters konden met een grote nauwkeurigheid uit de waargenomen verlagingen worden afgeleid : de horizontale hydraulische doorlatendheid van de aangepompte laag bedraagt 11 m/d en de specifieke elastische berging is gelijk aan 3.6×10^{-4} . De hydraulische weerstand (c) van de halve meter afzetting boven de aangepompte laag bedraagt 3 dagen; de specifieke elastische berging ervan is 3.2×10^{-3} .

4. KENMERKEN VAN HET STORT

4.1. Algemeen

Ofschoon het stort op zichzelf niet het specifieke onderwerp uitmaakt van deze hydrogeologische studie dienen voor een beter begrip in dit hoofdstuk enkele aspecten belicht te worden.

Het ontstaan en de geometrie van het stort en de afval-samenstelling worden beschreven. Hierbij is een beroep gedaan op bestaande bronnen en op de nieuwe boringen.

Beschikbare gegevens over de globale samenstelling van het stortporiënwater in het stort zijn samengebracht. Gegevens over stijghoogten en grondwaterstroming in het stort zijn opgenomen in hoofdstuk 5.

4.2. Ontstaan en geometrie van het stort

Het ontstaan van het stort werd geschetst door ind. ing. M. ACKAERT (1983) toen hij werkzaam was bij de dienst Natuurlijke Rijkdommen en Energie van de Vlaamse Gemeenschap. Wij citeren :

"Naar aanleiding van het verzoek, ingediend door de firma N.V. SATERCO, voor de aanleg van een openluchtgroeve voor de exploitatie van zand op de sectie C percelen nrs. 866a, 872a, 873b en 874a, gelegen tussen de Meirestraat en de Zaubeeek, werd op 1 oktober 1969 aan de aanvrager door het Gemeentebestuur van Kruishoutem een vergunning verleend om op vermelde plaats een tijdelijke openluchtgroeve te ontginnen voor een termijn van 1 jaar te rekenen vanaf 1 oktober 1969.

Steunende op de ingediende plannen en aanvraag dient besloten te worden dat op vermelde plaats zand werd ontgonnen tot op een diepte van circa 7 meter onder het maaiveld. Door de Dienst van het Mijnwezen werd op 26 mei 1971 ter plaatse vastgesteld dat de ontginning beëindigd was.

Tijdens het jaar 1977 diende de P.V.B.A. GHISTELINCK Paul een aanvraag in voor het inrichten van een stortplaats te Kruishoutem, Meirestraat, sectie C perceel nr. 873c, voor afval van afbraakwerken, huishoudelijke en industriële afval.

Steunende op deze aanvraag besloot de Bestendige Deputatie van de Provinciale Raad van Oost-Vlaanderen :

1. een vergunning te verlenen aan de aanvrager voor het exploiteren van een stortplaats voor afbraakwerken te Kruishoutem;
2. een vergunning te weigeren voor het oprichten van een stortplaats voor industriële afval en huisvuil op vermelde plaats.

Tegen de beslissing werd door de aanvrager in beroep gegaan. Naar aanleiding van dit beroep en de beslissing van de Bestendige Deputatie werd door het Ministerie van Tewerkstelling en Arbeid op datum van 5 januari 1978 door middel van een Koninklijk Besluit het besluit van de Bestendige Deputatie opgeheven en verkreeg de P.V.B.A. GHISTELINCK een vergunning voor een termijn van vier jaar voor de exploitatie van een stortplaats voor industriële afval en huisvuil. Later verleende de Bestendige Deputatie van de Provincie Oost-Vlaanderen, op verzoek van de P.V.B.A. GHISTELINCK, een verlenging van de voormelde stortvergunning tot 31 december 1982. Vanaf deze datum werd elke stortactiviteit gestaakt."

Uit de thans uitgevoerde boringen blijkt de maximale diepte van de voormalige zandwinningsput onder het oorspronkelijk maai-veld (ca +16) minstens 10 m te hebben bedragen. In de boring SB18, gelegen tussen de omheining van het stort en de E3-parking en op ca 40 m van de grens van de zandwinningsput die aangegevens is op de topografische kaart (NATIONAAL GEOGRAFISCH INSTITUUT, 1977; toestand 1974) (fig. 10), werd 6 m klei met plastic bloemen aangeboord. Dit impliceert dat op deze plaats 6 m zand werd ontgonnen en vervangen door klei. Volgens de heer GHISTELINCK is deze klei afkomstig van het Amerikaans kerkhof te Waregem.

Het storten geschiedde in den droge. Het water van de bemaling werd geloosd in de Zouwbeek. De hoeveelheid op te pompen water verminderde stelselmatig. Uit een verslag van het Mijnwezen (J. WAGEMAN, 1980), blijkt dat in november 1980 nagenoeg geen water meer weggepompt diende te worden. Het stort was toen immers grotendeels afgewerkt.

4.3. Samenstelling van het afval

Zoals in paragraaf 4.1. aangehaald (M. ACKAERT, 1983), werd aan de uitbater een vergunning verleend om een stortplaats voor industriële afval en huisvuil te exploiteren (tot januari

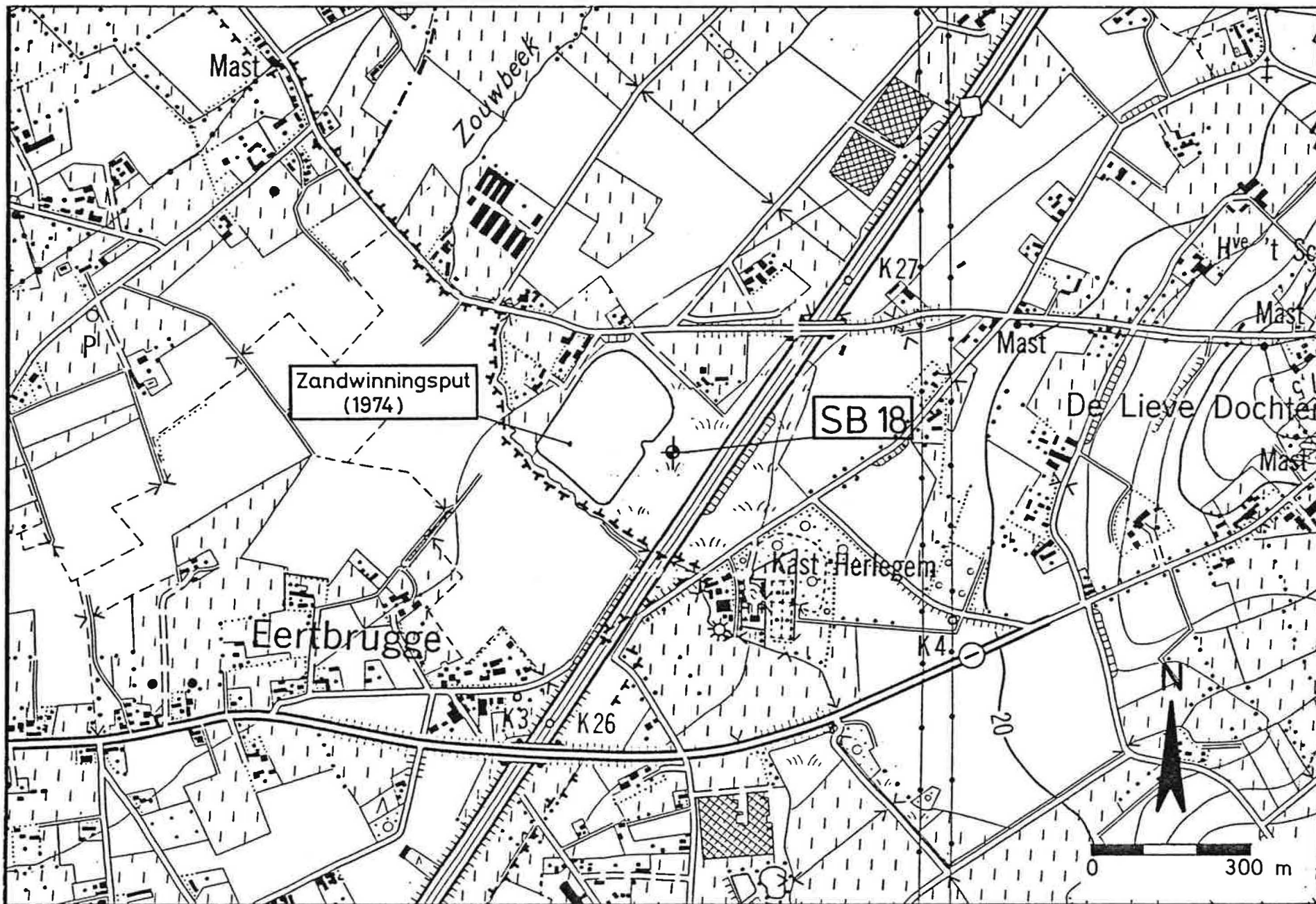


Fig. 10 - Zandwinningsput zoals bestaande in 1974 (NATIONAAL GEOGRAFISCH INSTITUUT, 1977) en ligging van de boring SB18

1982) en verder te exploiteren (tot 31 december 1982). Dit stemt overeen met wat thans een klasse-II stortplaats wordt genoemd.

Het stort werd door de toezichthoudende ambtenaar van het Ministerie van Volksgezondheid en nadien van OVAM bezocht (Inspectiebezoeken OVAM : 05.10.1982; 15.12.1982; 08.02.1983; 17.03.1983; 21.04.1983; 19.10.1983). Er werden geen onregelmatigheden vastgesteld.

Op 14 juni 1984 maakt men in aanwezigheid van o.a. OVAM op 3 plaatsen op het stort uitgravingen (fig. 11).

In twee uitgravingen werden door het IHE peilbuizen geplaatst. Deze zijn op de PLAAT 2 aangeduid als IHE4 en IHE5. De maximale uitgravingensdiepte bedroeg 5 m. Uit het verslag van OVAM (F. VAN DE MAELE, 1984), blijkt het afval van industriële oorsprong grotendeels te bestaan uit plastic en textiel. Er is geen verboden afval aangetroffen.

De definitieve resultaten van de afvalmonsternamen in de boringen GB1 en GB2, uitgevoerd in september 1985, zijn ons niet bekend. Uit bezoeken ter plaatse kon visueel vastgesteld worden dat hoofdzakelijk plastic- en textielafval werd aangetroffen.

4.4. Stortporiënwatersamenstelling

Monsters van grondwater in het stort werden door OVAM een eerste maal ontnomen op 14.06.1984 in de drie in paragraaf 4.3. vernoemde uitgravingen (fig. 11). De analyses werden verricht door het SCK (analyseresultaten TV-607B = uitgraving 1; TV-608B = uitgraving 2; TV-609B = uitgraving 3).

Het stortporiënwater bestond uit zwaar organisch belast afvalwater toelaatbaar voor lozing in rioleringen. Het water uit de uitgraving 2 was tevens zeer zout. Een idee van het totaal zoutgehalte verkrijgt men aan de hand van tabel 6. De gegevens werden geput uit de nota's van F. VAN DE MAELE (1984) en M. MOENS (1984).

Tijdens het boren van de putten GB1 en GB2 werden door het IHE enkele stortwatermonsters genomen op verschillende diepten. Deze geleidbaarheden en afgeleide waarden voor het totaal zoutgehalte werden overgemaakt door OVAM en zijn opgenomen in tabel 6.

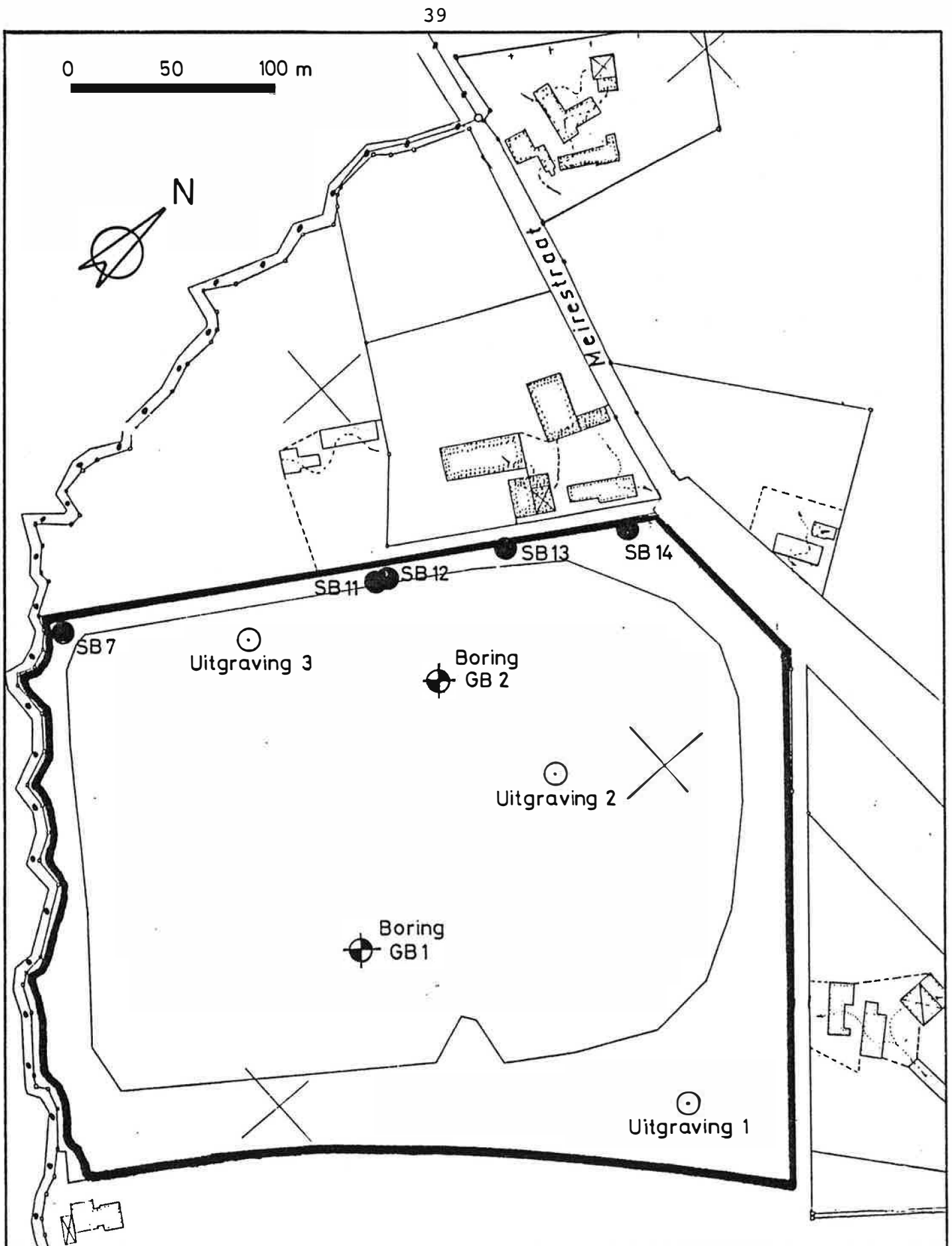


Fig. 11 - Bemonsteringspunten van stortporiënwater of van grondwater aan de rand van het stort (zie ook tabel 6)

Tabel 6 - Samenstelling van het stortporiënwater op verschillende plaatsen en data in het stort en aan de noordrand van het stort

Herkomst	Diepte (m ÷ mv)	Datum	Resistiviteit $\rho_{w11} (\Omega m)$	Benaderend zoutgehalte (mg/l)
Peilbuizen in het stort				
Uitgraving 1	ca. 3,7	14.06.84	1,67	5975
Uitgraving 2	ca. 4,8	14.06.84	0,27	36448
Uitgraving 3	ca. 5,2	14.06.84	0,56	17845
GB 1	bovenkant	09.85	0,78	12747
	ca. 8,5	09.85	0,50	19917
	ca. 12,0	09.85	0,74	13543
GB 2	ca. 1,3	09.85	1,03	9759
	ca. 4,0	09.85	0,45	22307
	ca. 9,5	09.85	1,07	9361
SB 11	3,50 - 4,40	10.09.85	4,20	2381
Peilbuizen in het zand aan de noordelijke rand van het stort				
SB 7	4,00 - 5,00	10.09.85	2,53	3953
SB 12	9,00 - 10,00	10.09.85	3,95	2532
SB 13	4,00 - 5,00	10.09.85	3,27	3058
SB 14	4,00 - 5,00	10.09.85	1,56	7937

In de tabel zijn deze gegevens voor het grondwater in de peilbuizen SB7, SB11, SB12, SB13 en SB14, eveneens opgegeven. Deze buizen, behalve SB11, zijn gelegen aan de noordelijke rand van het stort in het zand. SB11 ligt in het stort. De geleidbaarheden werden gemeten tijdens het schoonpompen.

Globaal gezien variëert het totaal zoutgehalte in het stortwater zeer sterk; in het stort bevinden zich dus lenzen met verschillende kwaliteit.

4.5. Besluit

Het stort ontstond door opvulling van een zandgroeve welke gegraven werd tussen oktober 1969 en oktober 1970. De opvulling geschiedde tussen januari 1978 en december 1982. Uit de huidige boringen blijkt dat de zandwinningsput groter moet zijn geweest dan bekend. De totale dikte van het stort is plaatselijk 12 m. Uit de voormalige en huidige waarnemingen blijkt dat naast huisvuil vooral plastic en textielafval wordt aangetroffen. Er werd geen verboden afval gevonden. De samenstelling van het stortporiënwater is zeer wisselend.

5. STROMING VAN HET GRONDWATER

5.1. Algemeen

Het stromingspatroon werd hoofdzakelijk bepaald door middel van stijghoogtewaarnemingen in peilbuizen welke geplaatst werden in het bestek van deze studie. In vijf peilbuizen van het IHE, waarvan drie buiten en twee binnen het stort, werden ook waarnemingen gedaan.

De gegevens zijn weergegeven onder de vorm van een kaart met lijnen van gelijke stijghoogte en een tabel waarin een overzicht van de gemeten stijghoogten is weergegeven.

5.2. Het stijghoogtewaarnemingsnet

De stijghoogten zijn waargenomen in een reeks peilbuizen in en rondom het stort. Buiten het stort is de filter aangebracht in de basis van de laag KZ en/of in het midden ervan. Twee peilbuizen hebben een filterelement nabij de watertafel (SB5 en SB19) en één peilbuis heeft een filterelement in de laag KZK (SB4).

Op het stort hebben drie peilbuizen een filterelement juist onder de watertafel. (IHE4, IHE5 en SB11). Eén peilbuis heeft een filterelement in de basis van de laag KZ onder het stort (SB12). Bij deze laatste peilbuis dient opgemerkt te worden dat gezien deze boring met een kleine diameter uitgevoerd werd, de kleistop heel moeilijk kon geplaatst worden. Het is dan ook moeilijk de stijghoogte in deze peilbuis aan een welbepaalde diepte toe te kennen. Bij de boringen met grote diameter (GB1 en GB2) bevindt het filterelement zich over de totale lengte van het stort. Bij de boring GB2 bevindt zich ook een filterelement in de laag KZK onder het stort.

De geometrische gegevens van de peilbuizen zijn opgenomen in de tabellen 2 en 3.

De stijghoogte van het grondwater, die de som is van de drukhoogte en de plaatshoogte in een punt, is een maat voor de hydraulische potentiaal van het grondwater op die plaats. Uit het verloop van de stijghoogten in een watervoerend pakket is de richting en de grootte van de grondwaterstroming binnen het pakket af te leiden. In zones met een zeer hoog zoutgehalte dienen de stijghoogten omgerekend te worden naar equivalente zoet-

waterstijghoogten. Deze correcties werden in deze studie niet doorgevoerd omdat ze over het algemeen klein zijn. Enkel in het stort, waar plaatselijk relatief hoge zoutgehalten voorkomen, kunnen de zoetwaterstijghoogten maximaal 0,10 m hoger zijn dan de gemeten stijghoogten.

De peilen van de Zouwbeek werden eveneens gemeten, ze zijn weergegeven in de tabel 8.

5.3. Stijghoogteverdeling binnen de watervoerende laag.

5.3.1. Hydro-isohypsen

Een overzicht van de waargenomen stijghoogten gedurende de periode tussen 12 september 1985 en 30 september 1985 is opgenomen in de evolutietabel 7. Op PLAAT 6 zijn de lijnen van gelijke stijghoogten of hydro-isohypsen van 23 september 1985 op het peil $+ 10,7 \pm 1$ (m+TAW) weergegeven.

In het stort werd de stijghoogte van de peilbuis GB2B gebruikt. Uit de topografie en het drainagepatroon rond en van het stort kan een waterscheidingskam op de verschillende niveaus vermoed worden. Daarom werd tussen dit punt en de stroomopwaarts gelegen punten geen interpolatie uitgevoerd.

Uit de lijnen van gelijke stijghoogte kan men afleiden dat de globale natuurlijke grondwaterstroming binnen de laag KZ in noordwestelijke richting gebeurt. Daar het stort een andere doorlatendheid bezit dan het omgevende sediment, wordt het stromingspatroon door het stort sterk gewijzigd. Door de aanwezigheid van de waterscheidingskam zal in het zuidelijke gedeelte van het stort de grondwaterstroming tegengesteld gericht zijn aan de globale stroomrichting. De stroming in het stort zal op alle niveaus toenemen naar de randen van het stort toe. Doordat de natuurlijke grondwaterstroming hoofdzakelijk noordwestelijk gericht is zal de grootste insijpeling van verontreinigd water uit het stort in de zandlaag KZ, zich voordoen aan de noordwestelijke stortrand. Aan deze rand stelt men een plotse wijziging van de gradiënt vast. Juist binnen het stort is de gradiënt er meer dan vijfmaal groter dan juist buiten het stort. Deze plotse gradiëntsafname is hier hoofdzakelijk het gevolg van de wijziging van de doorlaateigen-

Tabel 7 - Stijghoogten opgemeten in de peilbuizen tussen
12.09.85 en 30.09.85

Buis Nr	Stijghoogten (m + TAW)					
	12.09.85	13.09.85	17.09.85	19.09.85	23.09.85	30.09.85
DB 1	-	-	-	-	-	-
DB 2	14.781	14.256	14.221	14.286	14.191	14.169
DB 3	14.874	14.864		14.899	14.804	14.799
DB 4	14.098	14.063		14.12	14.069	14.06
GB 1	13.419		13.377		13.375	13.347
GB 2	13.407		13.362		13.360	13.344
GB 3	13.399		13.351		13.351	13.331
GB 4	13.395		13.396		13.386	13.366
GB 5	13.435		13.382		13.381	13.362
GB 6	13.549	13.569	13.499	13.567	13.499	13.499
GB 7	13.693	13.673	13.668	13.728	13.668	13.663
GB 8	13.581	13.556	13.546	13.611	13.538	13.539
GB 9	13.550	13.532	13.512	13.584	13.507	13.508
GB 10	13.578	13.568	13.548	13.613	13.55	13.543
GB 11	13.569	13.549	13.484	13.559	13.472	13.481
GB 12	14.419	14.324	13.549	13.609	13.549	13.544
GB 13	13.508	13.483	13.453	13.529	13.441	13.443
GB 14	13.468	13.453	13.413	13.490	13.395	13.390
GB 15	13.229	13.304		13.344	13.264	
GB 16	14.276	14.256	14.218	14.283	14.191	14.166
GB 17	14.36	14.345	14.30	14.375	14.267	14.250
GB 18	14.777	14.777		14.815	14.707	14.695
GB 19	14.072	14.047	14.042	14.097	14.047	14.042
GB 20	14.047	14.027	14.022	14.075	14.027	13.815
IHE 1			14.452	14.533	14.439	14.450
IHE 2	13.623	13.608	13.583	13.670	13.575	13.586
IHE 3	13.551	13.526	13.516	13.583	13.498	13.501
IHE 4						15.83
IHE 5						15.19
GB 1				15.311	15.42	15.36
GB 2A					15.028	14.968
GB 2B					13.963	14.013

Tabel 8 - Peilen opgemeten in de punten z1 en z2 in de
Zouwbek tussen 02.09.85 en 30.09.85

Datum	Peil (m + TAW)		Datum	Peil (m + TAW)	
	z1	z2		z1	z2
02.09.85	13.441	14.096	11.09.85	13.441	14.106
03.09.85	13.441	14.096	12.09.85	13.461	14.106
04.09.85	13.481	14.156	13.09.85	13.461	14.106
05.09.85	13.491	14.136	17.09.85	13.476	14.106
06.09.85	13.466	14.106	19.09.85	13.476	14.108
09.09.85	13.466	14.111	23.09.85	13.461	14.104
10.09.85	13.451	14.086	30.09.85	13.441	14.096

schappen van het doorlatend medium met name, het minder doorlatend gestorte materiaal enerzijds en het meer doorlatend zand van de laag KZ anderzijds. Hieruit kunnen we dus afleiden dat het gestorte materiaal een doorlatendheid bezit die meer dan vijfmaal kleiner is dan de doorlatendheid van het zand van de laag KZ. De doorlatendheid van de laag KZ (11 m/d) werd nauwkeurig bepaald door de pompproef in deze laag.

5.3.2. Vertikale stijghoogtegradiënt in de verschillende watervoerende lagen

In de watervoerende laag KZ werden geen noemenswaardige verticale gradiënten waargenomen. Dit wil zeggen dat op éézelfde plaats, tussen peilbuizen op verschillende niveau's in deze laag, slechts geringe stijghoogteverschillen voorkomen, variërend van 25 tot 36 mm. Hieruit kunnen we besluiten dat de hydraulische weerstand tussen de verschillende niveau's in deze laag klein is wat in overeenstemming is met de resultaten van de pompproef.

In het gestorte materiaal is wel een grote verticale stijghoogtegradiënt waargenomen. Tussen peilbuizen op éézelfde plaats maar op verschillende niveaus, komen grote stijghoogteverschillen voor; deze variëren van 0,22 tot 0,86 m. Hieruit besluiten we dat de hydraulische weerstand tussen de verschillende niveaus in het gestorte materiaal zeker tienmaal groter is dan deze van de laag KZ. De verticale doorlatendheid van het stort is dus zeker tienmaal kleiner dan deze van de laag KZ.

5.4. Besluit

Uit de lijnen van gelijke stijghoogte kan men afleiden dat ter hoogte van de stortplaats de globale grondwaterstroming binnen de laag KZ in noordwestelijke richting gebeurt.

Daar het stort een andere doorlatendheid bezit dan het omgevende sediment wordt het stromingspatroon hierdoor sterk gewijzigd. Door de aanwezigheid van een waterscheidingskam zal in het zuidoostelijk gedeelte van het stort de grondwaterstroming tegengesteld zijn aan de globale natuurlijke stroomrichting. De stro-

ming in het stort neemt op alle niveaus toe naar de randen van het stort. Gezien het noordwestelijk gericht natuurlijk grondwaterstromingspatroon zal de grootste uitsijpeling van verontreinigd water uit het stort in de zandlaag KZ zich voordoen aan de noordwestelijke rand van het stort.

Uit de plotse gradiëntswijziging aan deze noordwestelijke rand (in het stort is de gradiënt meer dan vijfmaal groter dan juist buiten het stort) kan men afleiden dat het gestorte materiaal een doorlatendheid bezit die meer dan vijfmaal kleiner is dan de doorlatendheid van het zand van de laag KZ.

In de laag KZ komen slechts geringe verticale stijghoogtegradiënten voor. De grote verticale stijghoogtegradiënten in het stort wijzen op een hydraulische weerstand tussen de verschillende niveaus in het gestorte materiaal die zeker tien maal groter is dan deze van de laag KZ.

Uit de waarnemingen blijkt dat de Zouwbeek drainerend werkt.

6. SAMENSTELLING VAN HET GRONDWATER

6.1. Algemeen

In dit hoofdstuk wordt eerst een overzicht gegeven van de beschikbare grondwateranalyses en de interpretaties ervan. Gezien het belang dat in diverse rapporten gehecht wordt aan de rol van de Zouwbeek in het probleem is er eveneens hier aandacht aan besteed.

Nieuwe gegevens werden bekomen door het uitvoeren van elektrische boorgatmetingen met de lange normaalopstelling en door grondwaterresistiviteitsbepalingen bij het schoonpompen van de peilbuizen.

6.2. Beschikbare gegevens en interpretaties ervan

Een overzicht van de beschikbare chemische analyseresultaten van het grondwater uit de onmiddellijke omgeving van het stort is hieronder gegeven. De plaats van de voormalige bemonsteringspunten is voorgesteld op de figuur 12.

M. ACKAERT (1983) geeft volgende onderzoeken aan :

1. Drinkwateronderzoek door het Provinciaal Laboratorium voor Veeziektebestrijding (Torhout) van het grondwater uit de winningsput van R. PUTMAN (bemonstering op 19 augustus 1981).
2. Drinkwateronderzoek door het IHE van het grondwater uit de winningsput van R. BOONAERT (bemonstering op 23 maart 1981).
3. Analyseresultaten van de putwaters van R. PUTMAN en van R. BOONAERT door de Provinciale Dienst voor de Bescherming van het Leefmilieu (bemonstering op 8 maart 1983).
4. Analyseresultaten van grondwater ontnomen in de peilbuizen 1C, 3C, 2B en in de boorput 10 door de Provinciale Dienst voor de Bescherming van het Leefmilieu (bemonstering op 21 april 1983).

De diepte van de winningsputten van R. PUTMAN en R. BOONAERT varieert van 8 tot 12 m. De diepte van het filtrerend gedeelte van de peilbuizen 1C, 3C en 2B, geplaatst op 20 april 1983, is niet bekend; waarschijnlijk situeert dit gedeelte zich nabij de grondwatertafel. Over de geometrie van boorput 10 zijn geen gegevens bekend.

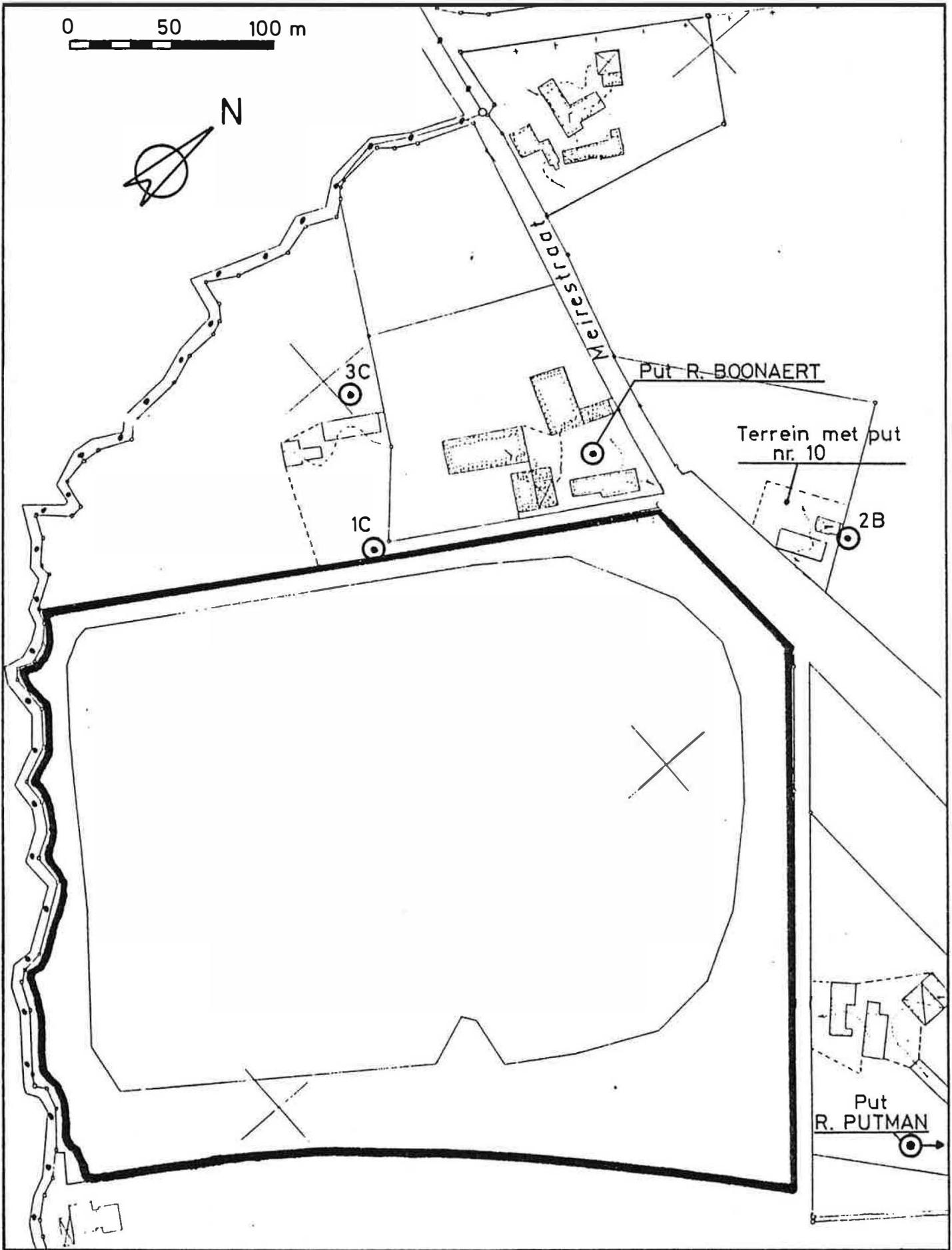


Fig. 12 - Voormalige bemonsteringspunten van grondwater in de onmiddellijke omgeving van het stort

Op grond van een kritische analyse van de resultaten gegeven door M. ACKAERT, heeft A. BUEKENS (1985) o.a. besloten dat in 1983 enkel het water in peilbuis 1C duidelijk beïnvloed was door het stort; zonder uitspraak te doen over andere van zijn besluiten kunnen wij ons hierbij, op grond van zijn argumentatie, aansluiten.

Een eerste rapport van het IHE (D. QUAGHEBEUR & M. MOENS, 1984) behandelt de resultaten van vijf grondwateranalyses. De monsters werden genomen op 26 oktober 1983 en zijn geanalyseerd door het IHE (fig. 12) :

1. de waterput van R. PUTMAN
2. de waterput van R. BOONAERT
3. drie andere waterputten gelegen ten noordoosten van het stort op maximum 500 m afstand ervan.

Ook in verband met de analyseresultaten van het IHE stellen wij met A. BUEKENS (1985) vast, dat het freatisch water in een ruime omgeving, ook buiten de mogelijke invloed van het stort, sterk is verontreinigd. Enkel voor benzeen-verbindingen vertoont het putwater van R. BOONAERT systematisch hogere waarden dan de andere putwaters in de omgeving. Voor de parameters waarvoor de put van R. BOONAERT meer verontreinigd is dan de andere putten vindt men meestal veel hogere waarden in de Zouwbeek.

Een tweede rapport van het IHE (M. MOENS, 1984) geeft meerdere resultaten van het grondwater bij R. BOONAERT; in een grafiek is de evolutie van pH, NO_3 , Cl en Fe weergegeven en dit op grond van analyses van 1979, 1980, 1981, 1982, 1983 en 1984. In de grafiek zijn evenwel niet opgenomen de resultaten van de analyses op het grondwater bemonsterd op 8 maart 1983 (M. ACKAERT, 1983). De zeer belangrijke stijging van het ijzergehalte sinds 1981, de verdubbeling van het chloridegehalte sinds 1983, het verdwijnen van de nitraten in 1984, een sterk schommelende pH sinds 1983 en de aanwezigheid van benzeen (enkel bij R. BOONAERT, in het stort en in de Zouwbeek) zijn voor M. MOENS chemische argumenten om aan te tonen dat het grondwater in de put van R. BOONAERT beïnvloed is door het stort. Ook het feit dat de put stroomafwaarts is gelegen van het stort is voor deze auteur een argument.

Op grond van de chemische resultaten opgesomd in de respektievelijke IHE-rapporten kan men afleiden dat het waarschijnlijk is dat de put van R. BOONAERT beïnvloed is door het stort; door het ontbreken van een geohydrologische benadering van het probleem is het echter niet mogelijk deze beïnvloeding zonder meer te bevestigen. Uit de beschikbare grondwateranalyses kan dus slechts besloten worden dat de peilbuis 1C duidelijk en de put van R. BOONAERT waarschijnlijk door het stort zijn beïnvloed.

6.3. De rol van de Zouwbeek

M. ACKAERT (1983) behandelt de kwaliteit van de Zouwbeek niet. Terecht merkt hij op dat de Zouwbeek de omgeving draineert; volgens hem zou dit verschijnsel optimaal benut moeten worden bij het beperken van grondwaterverontreiniging door het stort.

Het eerste IHE-rapport (D. QUAGHEBEUR & M. MOENS, 1984) beschrijft de zware anorganische en organische verontreiniging van een monster van de Zouwbeek genomen op 26 oktober 1983 aan de brug van de Spinnewielstraat. De verontreiniging wordt vooral veroorzaakt door het bedrijf SOFINAL N.V. Deze auteurs achten het mogelijk dat tijdens droge zomers sterk verontreinigd water van de Zouwbeek infiltreert in de ondergrond. Gezien het feit dat waarschijnlijk het grootste deel van het jaar de beek dreineert zal een eventuele tijdelijke verontreiniging zeer beperkt blijven.

Wel is het niet uitgesloten dat sterk verontreinigd Zouwbeekwater tijdens de uitbating in de stortput is terechtgekomen. Daardoor kan het huidig stortporiënwater gedeeltelijk bestaan uit lenzen voormalig Zouwbeekwater. De reden van deze eventuele waterintredes dient gezocht te worden in tijdelijke hoge debieten afvalwater en/of tijdelijke slordigheden of ongevallen bij de uitbating. Van een rechtstreekse beïnvloeding van de naburige grondwaterputten door de Zouwbeek is evenwel geen sprake.

6.4. Nieuwe gegevens en de interpretatie ervan.

6.4.1. Inleiding

Voor de studie van de invloed van het uittredend stortporiënwater op de grondwaterkwaliteit in de watervoerende laag KZ werd

gebruik gemaakt van de resultaten van de grondwaterresistiviteitsbepalingen gedaan bij het schoonpompen van de peilbuizen evenals van de elektrische boorgatmetingen met de lange normaalopstelling en van de beschikbare stortporiënwateranalyses.

6.4.2. Grondwaterresistiviteitsbepalingen

Op het einde van het schoonpompen van de peilbuizen werd de resistiviteit van het water bepaald met behulp van een TNO-resistiviteitscel. Uit deze metingen kan het benaderend totaal zoutgehalte worden afgeleid (L. LEBBE & K. PEDE, 1985). De resultaten van de resistiviteitsbepalingen en het daaruit benaderend totaal zoutgehalte van de grondwaters uit de verschillende peilbuizen is gegeven in tabel 9. De kwaliteitsgegevens van het stortporiënwater werden reeds opgegeven in tabel 6.

Op grond van de hierboven genoemde gegevens en van de grondwaterstromingsgegevens zijn in het studiegebied vier grote watergroepen onderscheiden :

Watergroep 1 :

Het niet of zeer weinig verontreinigd grondwater met een totaal zoutgehalte van ca. 630 tot 930 mg/l (peilbuizen DB2, DB3, DB4, SB19, SB20). Het minst verontreinigd grondwater komt voor in de basis van de laag KZ (peilbuizen DB2 en DB4) en heeft een zoutgehalte van ca. 650 mg/l. Het water in de peilbuizen SB19 en SB20 met een gemiddeld zoutgehalte van 850 mg/l toont vermoedelijk reeds sporen van verontreiniging waarschijnlijk door bemesting van het akkerland.

Het water in de peilbuis DB3 met zoutgehalte van 930 mg/l, gelegen nabij de autosnelweg, is vermoedelijk weinig verontreinigd door het gebruik van strooizouten gedurende de winterperiode. Slechts door het uitvoeren van chemische totaalanalyses zou de vermoedelijke oorzaak van het hoge zoutgehalte kunnen worden bepaald.

Watergroep 2 :

Het stortporiënwater waarvan het totaal zoutgehalte sterk varieert van plaats tot plaats; waarden tussen 2400 mg/l en 36000 mg/l zijn aangetroffen (tabel 6).

Tabel 9 - Resistiviteiten en benaderend totaal zoutgehalte van de waters uit de verschillende filters

Bor. Nr.	Filterdiepte (m)	Resistiviteit $\rho_{w11}(\Omega m)$	Benaderend zoutgehalte (mg/l)
DB 1	3,00 - 7,30	7,52	1330
DB 2	7,00 - 9,00	15,04	665
DB 3	5,00 - 6,00	10,75	930
DB 4	8,00 - 10,00	15,79	633
SB 1	4,50 - 5,50	6,98	1433
SB 2	4,50 - 5,50	7,87	1271
SB 3	4,50 - 5,50	8,07	1239
SB 6	6,50 - 7,50	7,21	1387
SB 7	4,00 - 5,00	2,53	3953
SB 8	4,00 - 5,00	6,01	1664
SB 9	7,00 - 8,00	7,4	1351
SB 10	10,50 - 11,50	7,01	1427
SB 11	3,50 - 4,50	4,20	2381
SB 12	9,00 - 10,00	3,95	2532
SB 13	4,00 - 5,00	3,27	3058
SB 14	4,00 - 5,00	1,56	7937
SB 15	4,00 - 5,00	7,15	1399
SB 16	4,50 - 5,50	8,47	1181
SB 17	4,00 - 5,00	8,29	1206
SB 18	7,00 - 8,00	6,44	1553
SB 19	3,00 - 4,00	11,27	887
SB 20	5,50 - 6,50	11,96	836

Watergroep 3 :

.....

Het door het stort verontreinigde grondwater waarvan het totaal zoutgehalte varieert van ca. 1400 tot ca 8000 mg/l. Dit grondwater wordt, met uitzondering van peilbuis SB18, aangetroffen aan de noordwestrand van het stort (peilbuizen SB7, SB8, SB9, SB10, SB12, SB13 en SB14).

Als gevolg van het van plaats tot plaats sterk variërend totaal-zoutgehalte van het stortporiënwater, zijn de totale zoutgehalten van deze grondwaters eveneens sterk plaatsafhankelijk.

Tengevolge van de lokale grondwaterstroming aan de zuidoostelijke rand van het stort gebeurt in een smalle zone langsheen deze zuidoostelijke rand een uitstroming van stortporiënwater. In peilbuis SB18 is deze invloed duidelijk waarneembaar. Het totale zoutgehalte bedraagt er 1550 mg/l.

Watergroep 4 :

.....

Het vermoedelijk door bemesting en/of door het stort verontreinigde grondwater, waarvan het totaal zoutgehalte varieert van ca. 1200 tot ca. 1400 mg/l (peilbuizen SB1, SB2, SB3, SB15, SB16 en SB17).

Gezien de nauwe grenzen waartussen het totaal zoutgehalte varieert zijn de verontreinigingen door bemesting en/of door het stort niet eenvoudig van elkaar te onderscheiden.

Door uitvoering van chemische totaalanalyses op grondwatermonsters afkomstig van de verschillende peilputten kunnen de vermoedens omtrent de verontreinigingsbronnen beter bepaald worden. Bovendien dient met de hydrogeologische situatie rekening gehouden te worden. Hierop wordt ingegaan bij de bespreking van het mathematisch model, volgens een horizontale doorsnede.

6.4.3. Elektrische boorgatmetingen met de lange normaalopstelling

Met de lange normaalopstelling wordt de formatieresistiviteit gemeten. Deze formatieresistiviteit geeft een indicatie omtrent de resistiviteit (ρ_w) en het benaderend totaal zoutgehalte (TDS) van het poriënwater binnen deze formatie. In homogene storten kan door toepassing van de methode beschreven door L. LEBBE en K. PEDE (1985) een vast verband gelegd worden tussen de resistiviteit van de afzetting, de benaderende resistiviteit

van het grondwater en de vermengingsgraad tussen verontreinigd en niet verontreinigd grondwater. Gezien het feit dat het stortporiënwater, alsook het verontreinigd grondwater aan de rand van het stort een zeer sterke variatie vertoont, is het hier onmogelijk een veralgemeend verband te leggen tussen het totaal zoutgehalte in het grondwater en de vermengingsgraad tussen het uitsijpelend stortporiënwater en het buiten het stort infiltrerend water.

In de diepe gespoelde boringen langsheen doorsnede AA' (PLAAT 3) werd een boorgatmeting met de lange normaalopstelling uitgevoerd. Ter hoogte van deze doorsnede bedraagt het totaal zoutgehalte van 100% uittredendstortporiënwater, 2500 mg/l (peilbuizen SB11 en SB12). Het totaal zoutgehalte van 0% stortporiënwater of normaal grondwater wordt gelijk gesteld aan het gemiddeld totaal zoutgehalte van watergroep 1. Dit bedraagt ca 750 mg/l. De vermengingsgraad van dit stortporiënwater met het omliggende grondwater kan volgens de hierboven aangehaalde methode worden berekend. De vermengingsgraad wordt uitgedrukt in percentages. Het verband tussen de resistiviteit van de afzetting, de benaderende resistiviteit van het grondwater, het benaderend totaal zoutgehalte in het grondwater en de vermengingsgraad van het stortporiënwater met het omringende grondwater ter hoogte van de doorsnede AA' worden weergegeven in tabel 10. In fig. 13 worden aan de hand van de lange normaalmetingen en de percentages berekend in bovengenoemde tabel de lijnen van gelijke vermenging getekend.

6.5. Besluit

De kwaliteit van het grondwater en de invloed van het stort erop is reeds door diverse auteurs beschreven; uit hun rapporten kan echter enkel besloten worden dat aan de noordwestelijke stortrand de verontreiniging vermoedelijk slechts enkele tientallen meters is voortgeschreden.

Gezien het drainerend karakter van de sterk verontreinigde Zouwebeek is de invloed ervan op de grondwaterkwaliteit gering. Het is echter niet uitgesloten dat vroeger tijdens de stortuitbating, Zouwebeekwater in het stort terecht kwam door overstroming. Een deel van het stortporiënwater zou aldus kunnen bestaan uit Zouwebeekwater.

Tabel 10 - Verband tussen de formatieresistiviteit, de benaderende resistiviteit van het grondwater, het benaderend zoutgehalte en de vermengingsgraad tussen het stortporiënwater met het omringende grondwater ter hoogte van de doorsnede AA'. TDS 100% stortporiënwater = 2500 mg/l
TDS 0% stortporiënwater = 750 mg/l

Percent stortporiënwater P_s %	Resistiviteit van de afzetting ρ_t (Ω_m) Formatiefaktor = 4	Benaderende resistiviteit van het grondwater bij 11°C ρ_{wt11} (Ω_m)	Benaderend zoutgehalte TDS (mg/l)
100	16,00	4,00	2500
99	16,21	4,05	2470
95	16,58	4,15	2410
84	18,02	4,50	2220
50	24,62	6,15	1625
16	38,83	9,71	1030
5	52,11	13,03	770
1	53,33	13,33	750

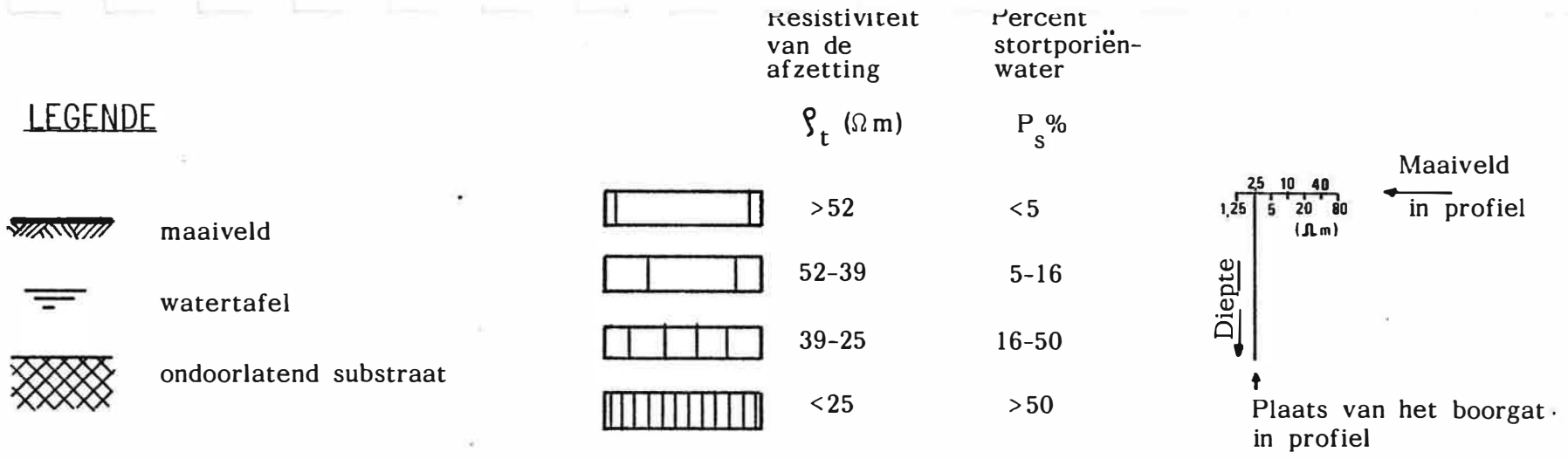
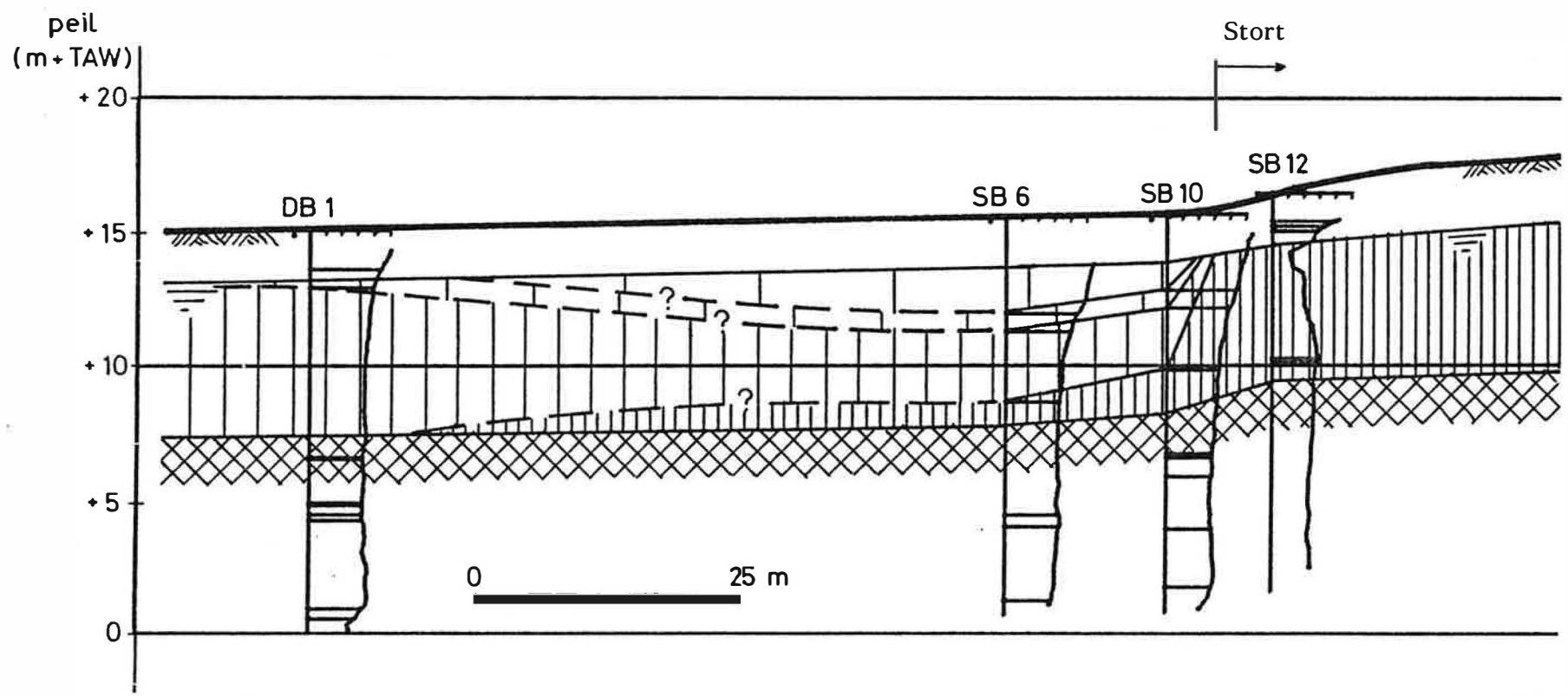


Fig. 13 - Resistiviteitsprofiel langs de boringen DB1, SB6, SB10 en SB12



Grondwaterresistiviteitsbepalingen bij het schoonpompen der peilbuizen, elektrische boorgatmetingen met de lange normaalopstelling en de beschikbare analyseresultaten van het stortporiënwater zijn aangewend om de invloed te bepalen van het uit-tredend stortperkolaat op de waterkwaliteit in de zandlaag KZ.

Op grond van deze gegevens en ook van de grondwaterstromingsgegevens zijn in het studiegebied vier grote watergroepen te onderscheiden. Een eerste groep omvat water dat weinig of niet is verontreinigd. Het totaal zoutgehalte wisselt tussen ca 630 en ca 930 mg/l. Een tweede watergroep bestaat uit het stortporiënwater waarvan het zoutgehalte sterk varieert; waarden van ca 2400 tot ca 36000 mg/l zijn aangetroffen. De derde watergroep is samengesteld uit de door het stort beïnvloede grondwaters met een zoutgehalte variërend van ca 1400 tot ca 8000 mg/l. Deze groep treft men hoofdzakelijk aan nabij de noordwestelijke stortrand. Een laatste groep is grondwater met een totaal zoutgehalte van ca 1200 tot ca 1400 mg/l en is beïnvloed door het stort en/of bemesting.

Daar de kwaliteit van het stortporiënwater alsook van het erdoor beïnvloed grondwater zeer sterk wisselt is het onmogelijk een eenvoudig verband te leggen tussen het totaal zoutgehalte en het grondwater en de vermengingsgraad van stortwater met normaal grondwater. Dit is in tegenstelling met monostorten zoals gips- en vliegassorten.

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 stijghoogtekonfiguratie, het stromingspatroon en de grondwaterkwaliteitsverdeling van het studiegebied. Het biedt de mogelijkheid de evolutie van de grondwaterkwaliteit te rekonstrueren 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.

Aangezien de berekeningen bij een driedimensionaal kwaliteitsmodel een grote komputertijd vergen, werd in deze studie zowel een model volgens een verticale als volgens een horizontale doorsnede toegepast.

De simulaties in het verticale vlak laten toe naast verticale en horizontale stromingen, de verticale en horizontale stijghoogtegradiënten te berekenen. Hier is het model van L.F. KONIKOW & J.D. BREDEHOEFT (1978) aangewend; dit model dat oorspronkelijk is ontwikkeld voor simulaties in het horizontale

vlak is wel aangepast ten einde simulaties in het vertikaal vlak toe te laten. De dichtheidsstromingen zijn eveneens in rekening gebracht (L. LEBBE, 1983).

De simulaties in het horizontale vlak laten toe de stromingen in en omheen het stort, na te bootsen. Hierbij is vooral de invloed aangetoond van het drainerend effect van de Zouwbeek op het horizontale stromingspatroon.

De simulatieprogramma's werden gekoppeld aan een grafisch outputprogramma dat de berekende waterstijghoogten, snelheden en concentraties in overzichtelijke figuren voorstelt. Deze laten een snelle interpretatie toe van de verkregen resultaten.

De programma's zijn geschreven in FORTRAN IV. De berekeningen zijn uitgevoerd op het SIEMENS 7740 bedrijfssysteem van het Centraal Digitaal Rekencentrum (CDR) 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 resultaten indien het transport van de opgeloste stoffen vooral konvektief gebeurt. Bij het invoeren van een geringe dispersiviteit treedt dan ook geen numerieke dispersie op, dit is 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 konvektie 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 zoetwaterstijg-hoogteconfiguratie berekend, waaruit een nieuw stromingspatroon berekend wordt.

7.3. De simulaties volgens een verticale doorsnede

7.3.1. Inleiding

Door het simuleren in een tweedimensionaal model volgens een verticale doorsnede krijgt men een duidelijk beeld van de stroming, de stijghoogtegradiënt en de kwaliteitsverdeling in dat vertikaal vlak. De berekeningen kunnen echter enkel als richtinggevend beschouwd worden omwille van de volgende redenen :

1. de keuze van de aanvangsvoorwaarden is kunstmatig;
2. het tweedimensionaal model in een vertikaal vlak houdt de veronderstelling in dat aan beide zijden van het model dezelfde toestand zich oneindig voortzet;
3. de evolutie van de spreiding van de grondwaterkwaliteit wordt bepaald door de dispersiecoëfficiënt waarvan de grootte uit geen enkele veldwaarneming kan worden afgeleid.

De beschouwde verticale doorsnede van het model loopt vanaf de Zouwbeek in zuidoostelijke richting dwars over het midden van het stort tot de boring DB3 nabij de parking van de autostrade. Deze valt samen met de litologische doorsnede AA' (PLATEN 2 en 3). In deze verticale doorsnede werden de evoluties gesimuleerd van :

1. de toestand zonder maatregelen;
2. een toestand waarbij een drainagesysteem aan de noordwestelijke rand van het stort aangebracht is;
3. een toestand waarbij het oppervlak van het stort ondoorlatend gemaakt is.

7.3.2. Simulatie van de toestand zonder maatregelen

7.3.2.1. Inleiding

Deze eerste simulatie beoogt een inzicht te verschaffen in de huidige grondwaterstroming. De evolutie van de verontreiniging wordt hier berekend in de veronderstelling dat de huidige toestand van het stort gehandhaafd blijft. De aanvangsvoorwaarde stelt dat het stort in zeer korte tijd is ontstaan en dat het onmiddellijk gevuld is met water van ééNZelfde kwaliteit namelijk 100% stortporiënwater. De omgevende grond anderzijds bevat water van ééNZelfde kwaliteit namelijk 100% normaal infiltratiewater of 0% stortporiënwater.

7.3.2.2. Ingebrachte gegevens

De bouw van het grondwaterreservoir werd afgeleid uit de litologische doorsnede AA' (PLAAT 3). Het netwerk van de eindige verschilmetode die op deze doorsnede werd gelegd kan afgeleid worden uit fig. 14 en PLAAT 7. Het model omvat 38 kolommen van gelijke breedte (11,60 m); één kolom ligt onder de Zouwbeek, 11 kolommen liggen tussen de Zouwbeek en het stort; 20 komen voor onder het stort en 5 tussen het stort en de boring DB3 (parking E3). Acht lagen van gelijke dikte (1,20 m) worden beschouwd.

De randvoorwaarden werden afgeleid uit de veldwaarnemingen. Onderaan werd een ondoorlatend substraat ingevoerd. De noordwestelijke en de zuidoostelijke rand zijn vaste potentialen welke respectievelijk werden afgeleid uit de stijghoogte van de Zouwbeek en de stijghoogten in de peilbuis DB3. Aan de bovenkant is een konstante insijpelingsnelheid van 280 mm/jaar ingevoerd.

Er wordt verondersteld dat buiten het stort het insijpelend water 0% stortporiënwater bevat. Binnen het stort daarentegen heeft het insijpelend water steeds de samenstelling van 100% stortporiënwater.

In het model wordt aan iedere cel een horizontale doorlatendheid toegekend. De horizontale doorlatendheid van de laag KZ, bepaald met de pompproef, bedraagt 11 m/d. Uit de stijghoogtewaarnemingen werd afgeleid dat de horizontale doorlatendheid van het stort minstens vijf maal kleiner is dan deze van de laag KZ. Daarom werd tijdens de eerste simulatie een waarde van 2 m/d ingevoerd voor deze horizontale doorlatendheid.

De waarde van de verticale hydraulische doorlatendheid wordt onrechtstreeks ingevoerd door de anisotropie (dit is de verhouding tussen de horizontale en de verticale doorlatendheid). Slechts één waarde is in het model gebracht, namelijk 0,01.

De berekende stijghoogten werden met de waargenomen stijghoogten vergeleken. Daaruit bleek dat de horizontale doorlatendheid van het stort diende verkleind te worden tot 1 m/d en de anisotropie tot een waarde van 0,005.

In het model wordt de vermenging van het stortporiënwater met het omringende grondwater berekend. Dit wordt uitgedrukt in percentages. Hierbij werd een waterdoorlatende porositeit van 0,3, een longitudinale dispersiviteit van 0,3 m en een verhouding transversale tot longitudinale dispersiviteit van 0,3 aangenomen.

Daar het poriënwater in het stort een sterke variatie vertoont in zoutgehalte kunnen dus aan deze lijnen van gelijke vermenging geen vaste waarden van een bepaald totaal zoutgehalte gekoppeld worden. Ter hoogte van de beschouwde doorsnede bedraagt het totaal zoutgehalte van 100% stortporiënwater 2500 mg/l, het totaal zoutgehalte van 0% stortporiënwater of normaal infiltratiewater 750 mg/l. Vijftig procent mengwater zou hier dan ook overeenkomen met 1625 mg/l. Aan de noordhoek van het stort is het totaal zoutgehalte van 100% stortporiënwater gelijk aan 8000 mg/l zodat 50% mengwater dan overeenkomt met 4375 mg/l totaal zoutgehalte. Omwille van de sterke plaatsafhankelijkheid van de samenstelling van het stortporiënwater kan men aan de lijnen van gelijke vermenging ook geen vaste concentratie van andere chemische bestanddelen toekennen.

Na iedere 1,25 jaar wordt de grondwaterstroming opnieuw berekend waarbij rekening gehouden wordt met de verspreiding van de verschillende waters. De dichtheid van 100% stortporiënwater werd gelijk gesteld aan 1,0005. De dichtheid van 100% normaal infiltratiewater bedraagt 1,000. De dichtheid van de mengwaters wordt berekend uit de mengverhouding waarbij een lineair verband verondersteld wordt tussen de dichtheid en vermenging.

7.3.2.3. Bespreking van de resultaten

De berekeningen tonen aan dat de belangrijkste uitsijpeling voorkomt van de noordwestrand van het stort. Aan de zuidostrand komt slechts een beperkte uitsijpeling voor (fig. 14, PLAAT 7).

Uit de evolutie van de lijnen van gelijke vermenging stelt men vast dat vrij vlug een evenwichtstoestand bereikt wordt in de kwaliteitsverdeling. De toestand na 5, 10, 15 en 20 jaar vertonen slechts geringe verschillen.

Uit deze simulatie blijkt ook dat de grootste verontreiniging zich voordoet in het onderste gedeelte van de laag KZ. De waterwinning van R. BOONAERT bevindt zich in dit gedeelte van de laag en binnen de door het stort beïnvloede zone.

7.3.3. Simulatie van de toestand met drainagesysteem aan de noordwestelijke rand van het stort.

7.3.3.1. Inleiding

Bij deze tweede simulatie wordt de invloed van een drainagesysteem aan de noordwestrand van het stort bestudeerd. Bij deze drainage wordt de stijghoogte er op + 13 (m+TAW) gehouden.

7.3.3.2. Ingebrachte gegevens

In de cel (kolom 13, laag 6) werd een vaste stijghoogte aangenomen van + 13(m+TAW). De overige ingebrachte gegevens zijn identiek aan de vorige simulatie. (zie paragraaf 7.3.2.2.).

7.3.3.3. Bespreking van de resultaten

De verontreiniging verplaatst zich nog onder de drainagesloot door, maar wordt na verloop van tijd gestabiliseerd (fig. 15, PLAAT 8). De uitbreiding ervan is sterk beperkt in vergelijking met de toestand zonder maatregelen. Hierbij zou een gebied tussen het stort en de Zouwbeek volledig van verontreiniging gevrijwaard worden. Men dient op te merken dat bij deze simulatie de drainagesloot onmiddellijk bij het in gebruik nemen van het stort wordt aangebracht. Deze saneringsmethode heeft als nadeel dat een grote hoeveelheid stortporiënwater gedraineerd wordt. Dit drainagewater moet dan ook gereinigd worden vooraleer het in de Zouwbeek kan geloosd worden.

7.3.4. Simulatie van de toestand waarbij het stortoppervlak ondoorlatend gemaakt wordt

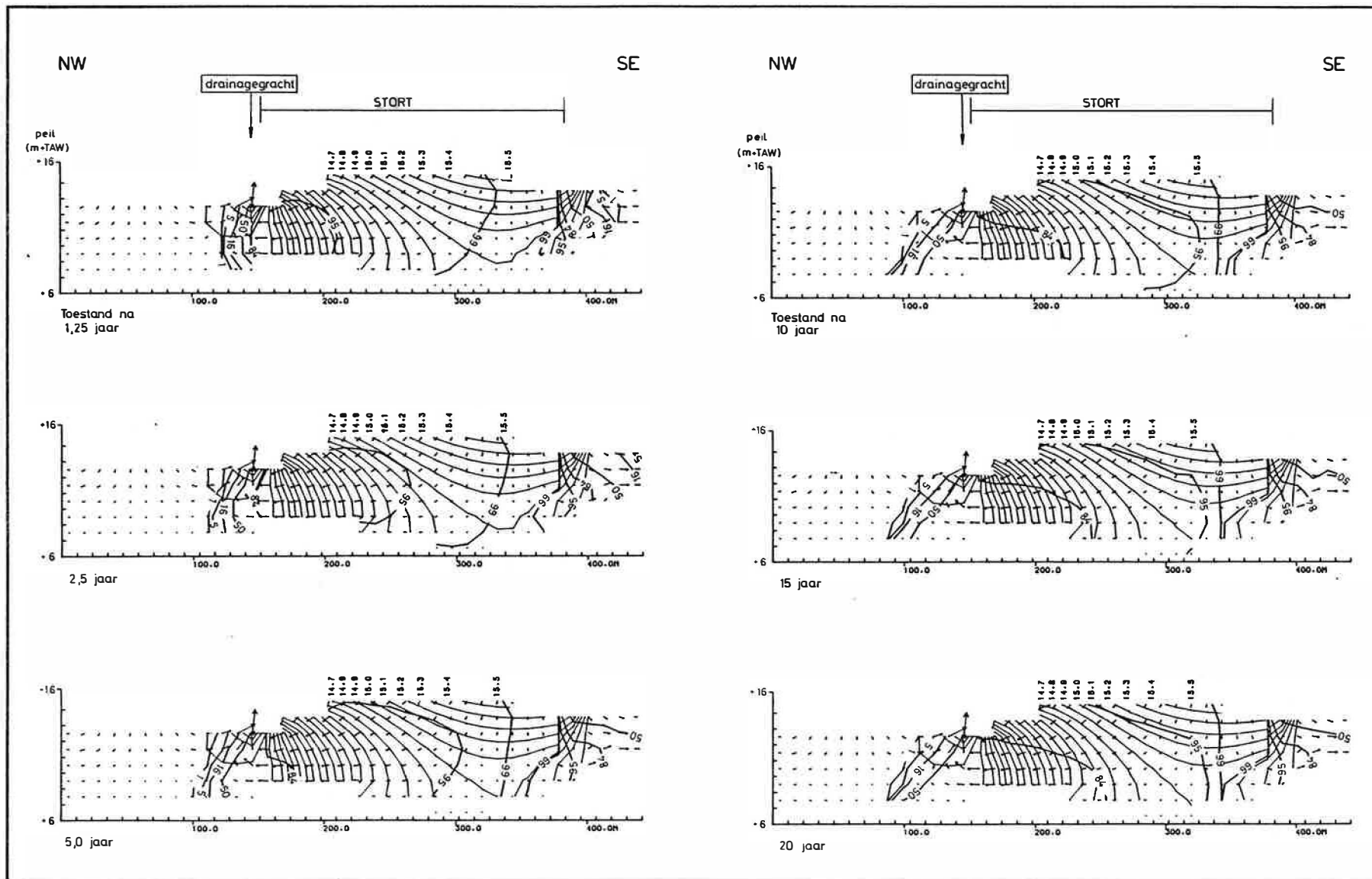


Fig. 15 - Simulatie van de evolutie van de grondwaterkwaliteit in een verticale doorsnede volgens A-A' (zie PLATEN 2 en 3). Toestand met drainagegracht ten noordwesten van het stort (legende zie PLAAT8)

7.3.4.1. Inleiding

Bij deze derde simulatie wordt de invloed van het ondoorlatend maken van het stortoppervlak bestudeerd.

7.3.4.2. Ingebrachte gegevens

Bij deze simulatie is in de bovenste cellen van het stort de konstante insijpelingsnelheid op nul gebracht. Dit is in tegenstelling met de eerste en de tweede simulatie waarbij een konstante insijpelingsnelheid van 280 mm/jaar stortporiënwater werd aangenomen. Buiten het stort blijft daarentegen steeds 100% normaal infiltratiewater insijpelen met een snelheid van 280 mm/jaar.

7.3.4.3. Bespreking van de resultaten

Uit de berekening volgt dat nog steeds een beperkte horizontale stroming van de zuidostrand, met hogere stijghoogte, naar de noordwestrand, met lagere stijghoogte blijft bestaan (fig. 16, PLAAT 9). Hierdoor blijft aan de noordwestrand van het stort een geringe hoeveelheid verontreinigd water uitsijpelen. Uit de evolutie blijkt evenwel dat de snelheid van de verontreiniging afgenomen is, dat slechts na 10 jaar een evenwichtstoestand bereikt wordt en dat bij de evenwichtstoestand de verontreiniging veel geringer is in omvang dan bij de eerste simulatie. De waterkwaliteit in de laag KZ van de zuidwestrand wordt niet meer beïnvloedt door het stort. Aan deze grens wordt het stortporiënwater verdrongen door normaal infiltratiewater.

7.4. De simulatie volgens een horizontale doorsnede.

7.4.1. Inleiding

De simulatie volgens een horizontaal vlak laat toe een beter inzicht te krijgen in de stromingen in dit vlak in en omheen het stort. Door de aanwezigheid van het minder doorlatend stortlichaam wordt de natuurlijke grondwaterstroming sterk beïnvloed. De evolutie van de laterale uitbreiding van de verontreiniging kan bijgevolg met deze simulatie in kaart gebracht worden.

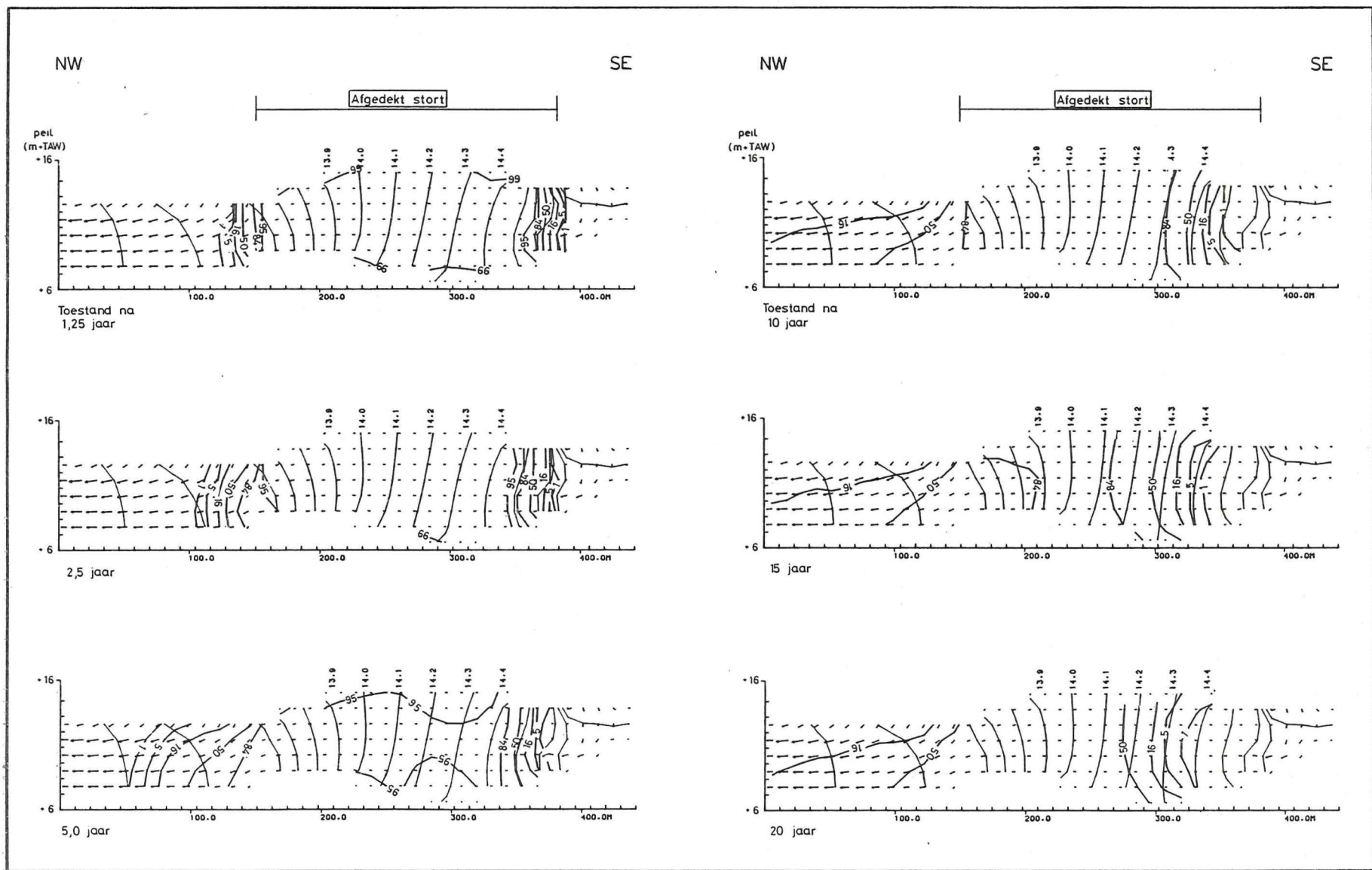


Fig. 16 - Simulatie van de evolutie van de grondwaterkwaliteit in een verticale doorsnede volgens A-A' (zie PLATEN 2 en 3). Toestand met afdekking van het stort (legende zie PLAAT 9)

Het is vanzelfsprekend dat de verticale stromingen, stijghoogtegradiënten en kwaliteitsverdelingen hier genegeerd worden.

De grenzen van het modelgebied worden weergegeven in figuur 17. In deze horizontale doorsnede wordt de toestand zonder maatregelen (huidige toestand) gesimuleerd. Dezelfde veronderstellingen worden ingevoerd als bij de simulatie van de bestaande toestand in het verticale vlak (paragraaf 7.3.2.).

7.4.2. Ingebrachte gegevens

Op het modelgebied werd een eindig verschil netwerk van vierkante mazen gelegd. De zijde van iedere maas is 11,6 m lang. Het netwerk bevat 38 kolommen en 38 rijen. Aldus wordt het grondwaterreservoir verdeeld 38 X 38 of 1444 cellen (fig. 17).

De randvoorwaarden werden afgeleid uit de veldwaarnemingen. Onderaan werd een ondoorlatend substraat ingevoerd. Alle grenzen zijn vaste stijghoogtegrenzen. Deze werden afgeleid uit de hydroisohypsenkaart (PLAAT 5). Deze kaart werd opgesteld aan de hand van de peilingen in de maand september 1985. Deze zijn meestal lager dan de gemiddelde grondwaterstand. Normaal moeten in het model de gemiddelde grondwaterstanden ingevoerd worden. In het tijdsbestek van deze studie was het niet mogelijk deze gemiddelde grondwaterstanden te bepalen.

De cellen waardoor de Zouwbeek loopt werden eveneens als vaste stijghoogtegrenzen ingevoerd. Deze stijghoogten werden afgeleid uit de veldwaarnemingen. Tenslotte werd de sloot tussen de E3-parking en het stort op dezelfde wijze, als de Zouwbeek ingevoerd. De ingevoerde stijghoogte bedraagt er + 14,7(m+TAW). De sloot langsheen de Meirestraat werd niet in het model gebracht. Bij gebrek aan voldoende peilbuizen nabij deze sloot enerzijds en bij gebrek aan waarnemingen over een voldoende lange periode anderzijds kon uit de stijghoogtewaarnemingen van september 1985 de drainerende werking van deze sloot niet afgeleid worden. Het is evenwel mogelijk dat deze sloot gedurende de periode van hoge waterstand een gedeelte van het grondwater draineert. Een gedeelte van de verontreiniging zou dan het grondwaterreservoir via deze sloot verlaten. Uit de waarnemingen en de berekeningen blijkt echter dat gedurende de lage grondwaterstand een gedeelte van de verontreiniging zich onder de beek verplaatst.

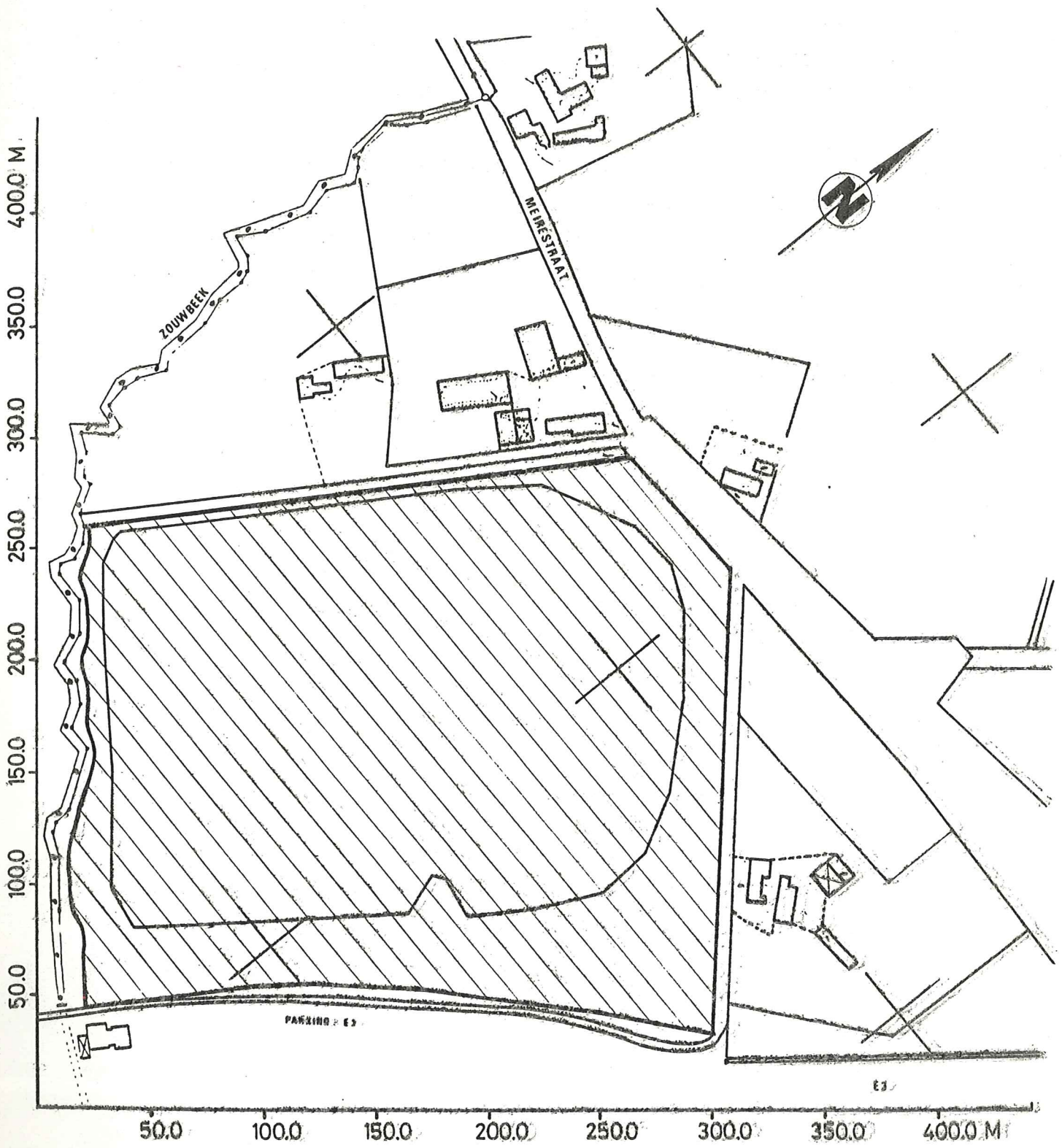


fig. 17. Situering van het modelgebied.

In iedere cel wordt een konstante insijpelingsnelheid van 280 mm per jaar ingevoerd. Buiten het stort wordt verondersteld dat het insijpelend water 0% stortporiënwater bevat. Binnen het stort heeft het insijpelend water steeds de samenstelling van 100% stortporiënwater.

De horizontale doorlatendheid wordt in alle richtingen gelijk verondersteld. Dit betekent een isotroop medium in het horizontale vlak. Voor de laag KZ bedraagt deze 11 m/d. (bepaald door de pompproef), voor het stort 1 m/d (afgeleid uit de kalibratie van de simulatie in het vertikaal vlak).

In het model wordt opnieuw de vermenging van het stortporiënwater met het omliggende grondwater berekend. Omwille van de sterke plaatsafhankelijkheid van het stortporiënwater kan men hier ook aan de lijnen van gelijke vermenging geen vaste concentratie van chemische bestanddelen toekennen.

7.4.3. Bespreking van de resultaten

De resultaten worden op twee verschillende manieren voorgesteld. Eerst worden de stijghoogten, snelheden en kwaliteiten van de verschillende tijden in één figuur voorgesteld (fig. 18 en PLAAT 10). Hierdoor krijgt men een overzicht van de evolutie van de verontreiniging. Ten einde deze verontreiniging te kunnen situeren werden de stijghoogten, snelheden en kwaliteiten per tijdstap in afzonderlijke figuren voorgesteld (figuren 19 tot en met 24). Op deze figuren met schaal 1/2500 kan de transparant (fig. 17) met de ligging van het modelgebied gelegd worden.

Door deze simulatie krijgen we een duidelijk inzicht in de laterale verontreiniging ten gevolge van het stort.

Aan de zuidostrand van het stort is de verontreiniging zeer beperkt. De minieme hoeveelheid uitsijpelend stortporiënwater wordt onmiddellijk ondergronds gedraineerd door de sloot tussen de E3-parking en het stort. Deze sloot draineert eveneens het naar het stort toe natuurlijk afstromend grondwater.

Aan de zuidwestrand is de verontreiniging eveneens sterk beperkt daar het uitsijpelend stortporiënwater via een korte grondwatercyclus in de Zouwebeek verdwijnt.

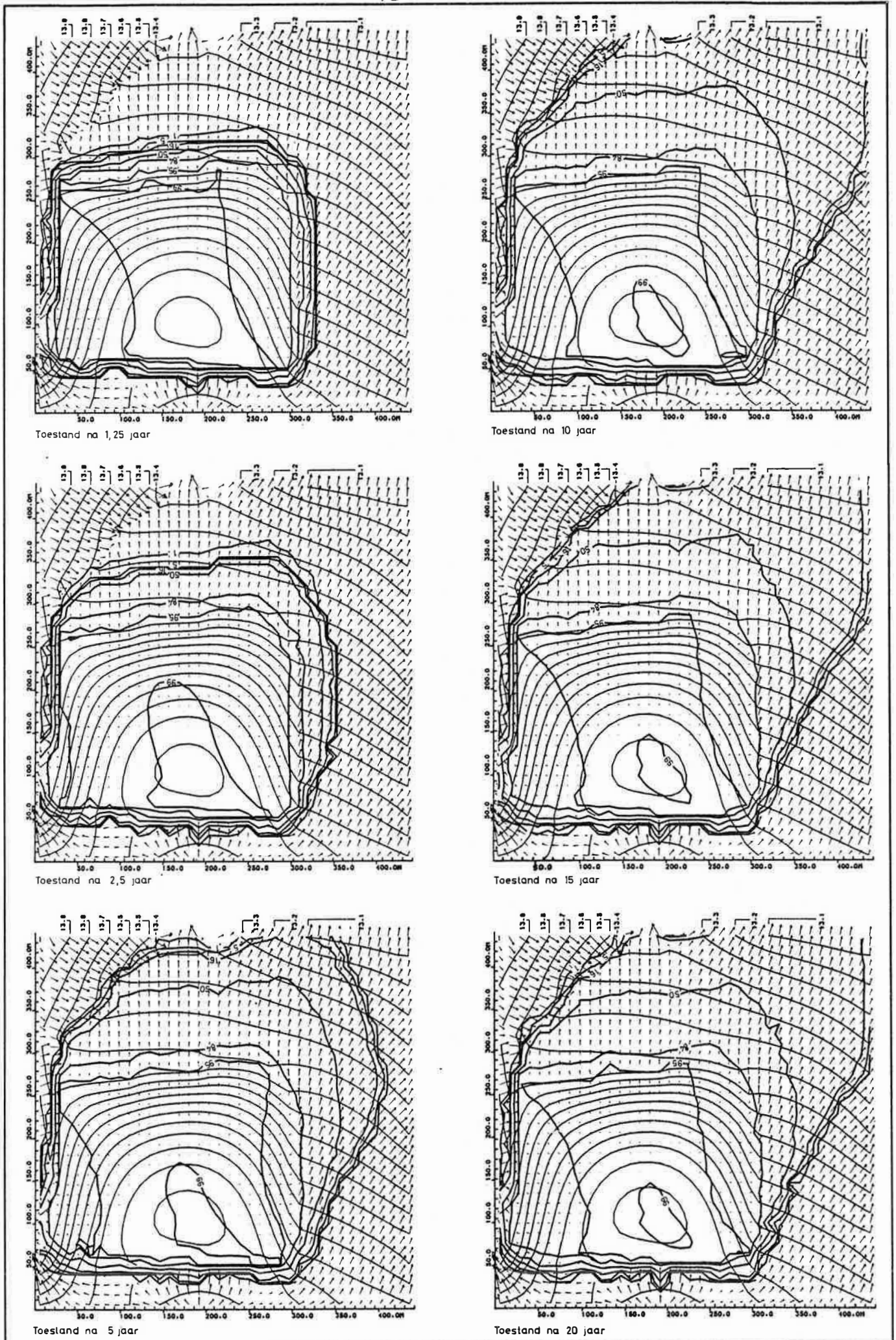


Fig. 18 - Simulatie van de evolutie van de grondwaterkwaliteit in een horizontale doorsnede. Toestand zonder maatregelen (legende zie PLAAT 10)

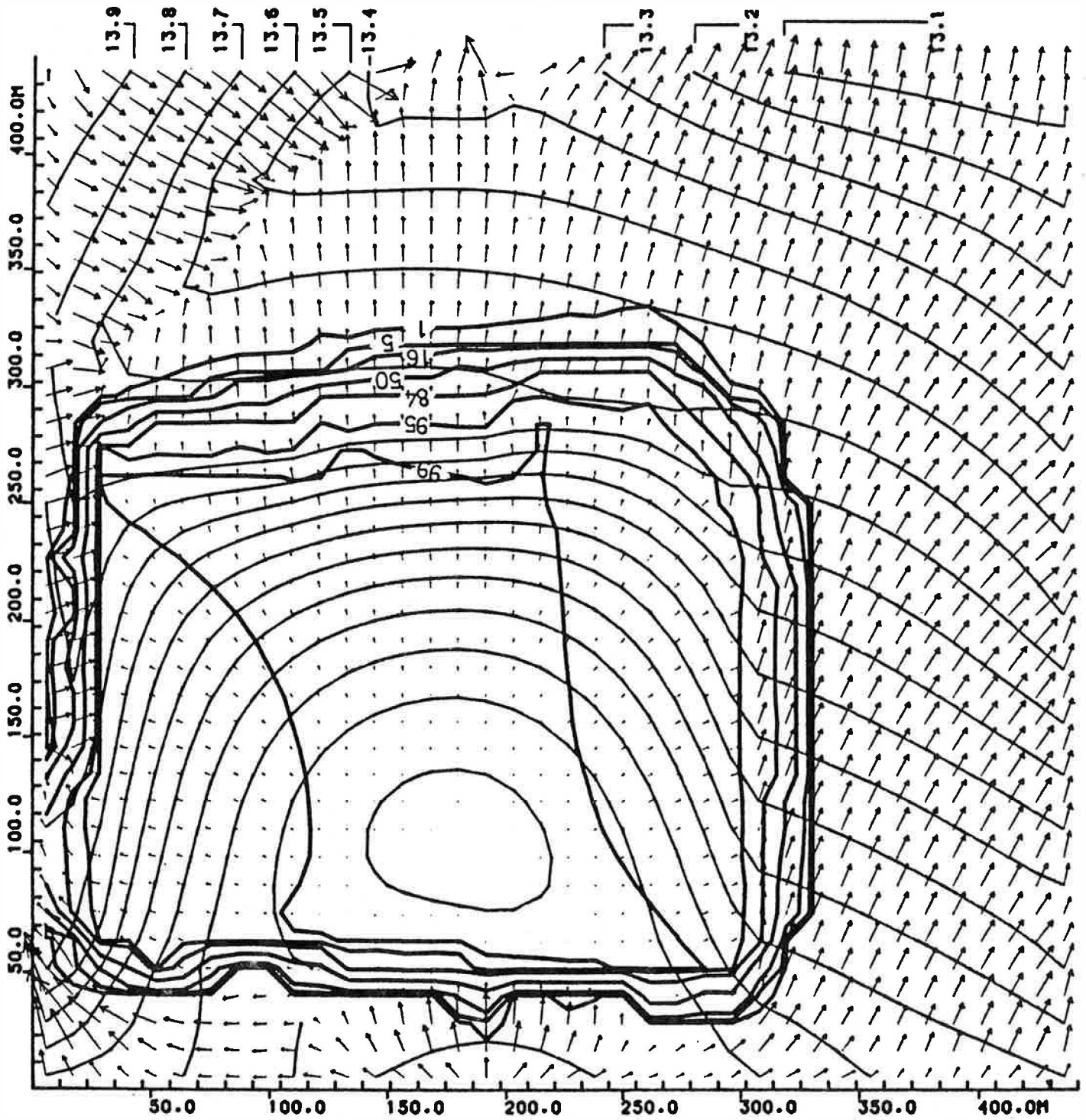


Fig. 19 - Simulatie van de evolutie van de grondwaterkwaliteit in een horizontale doorsnede. Toestand na 1,25 jaar zonder maatregelen. Het modelgebied is gegeven in figuur 17 en de legende in PLAAT 10.

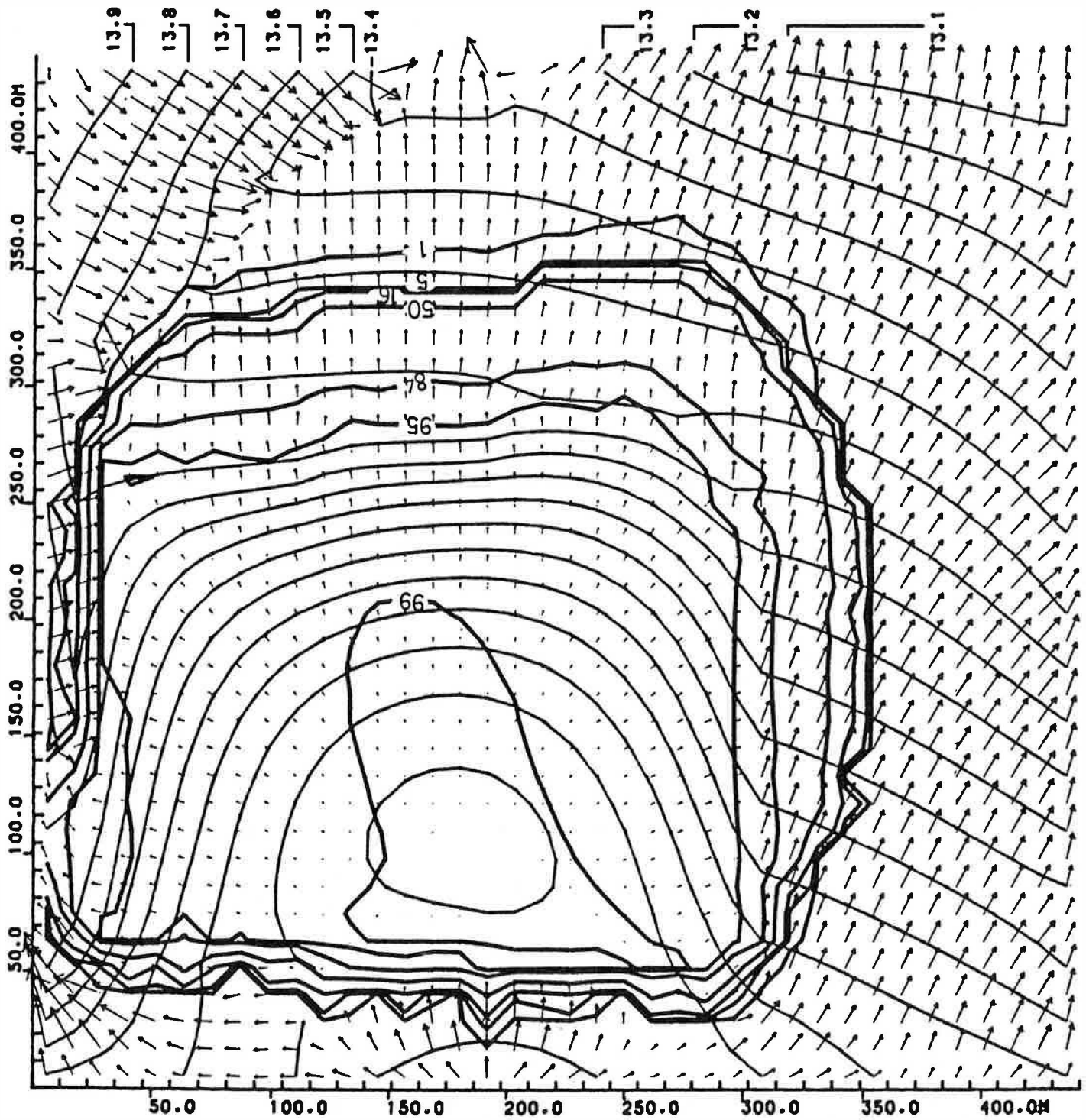


Fig. 20 - Simulatie van de evolutie van de grondwaterkwaliteit in een horizontale doorsnede. Toestand na 2,5 jaar zonder maatregelen. Het modelgebied is gegeven in figuur 17 en de legende in PLAAT 10.

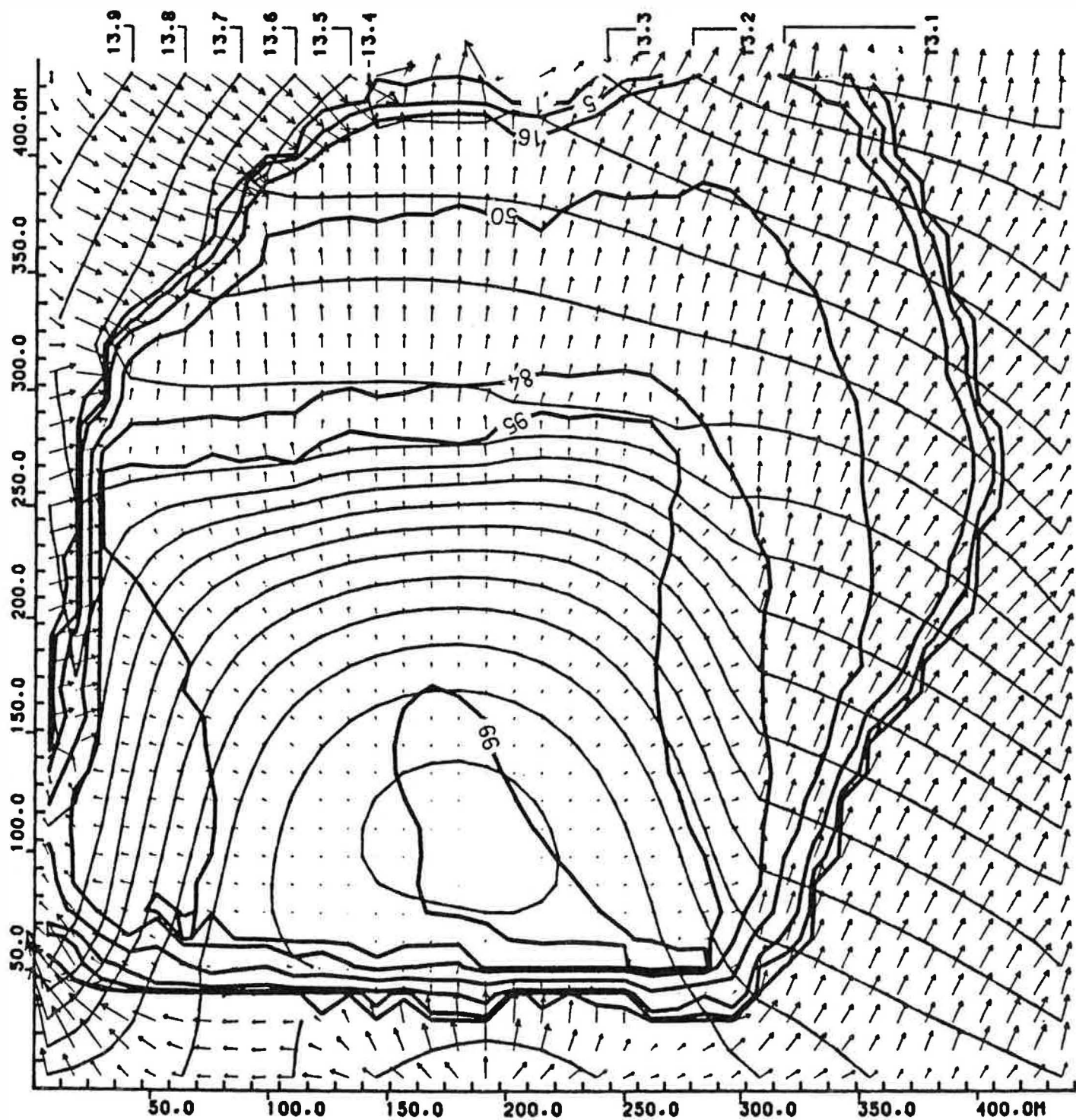


Fig. 21 - Simulatie van de evolutie van de grondwaterkwaliteit in een horizontale doorsnede. Toestand na 5 jaar zonder maatregelen. Het modelgebied is gegeven in figuur 17 en de legende in PLAAT 10.

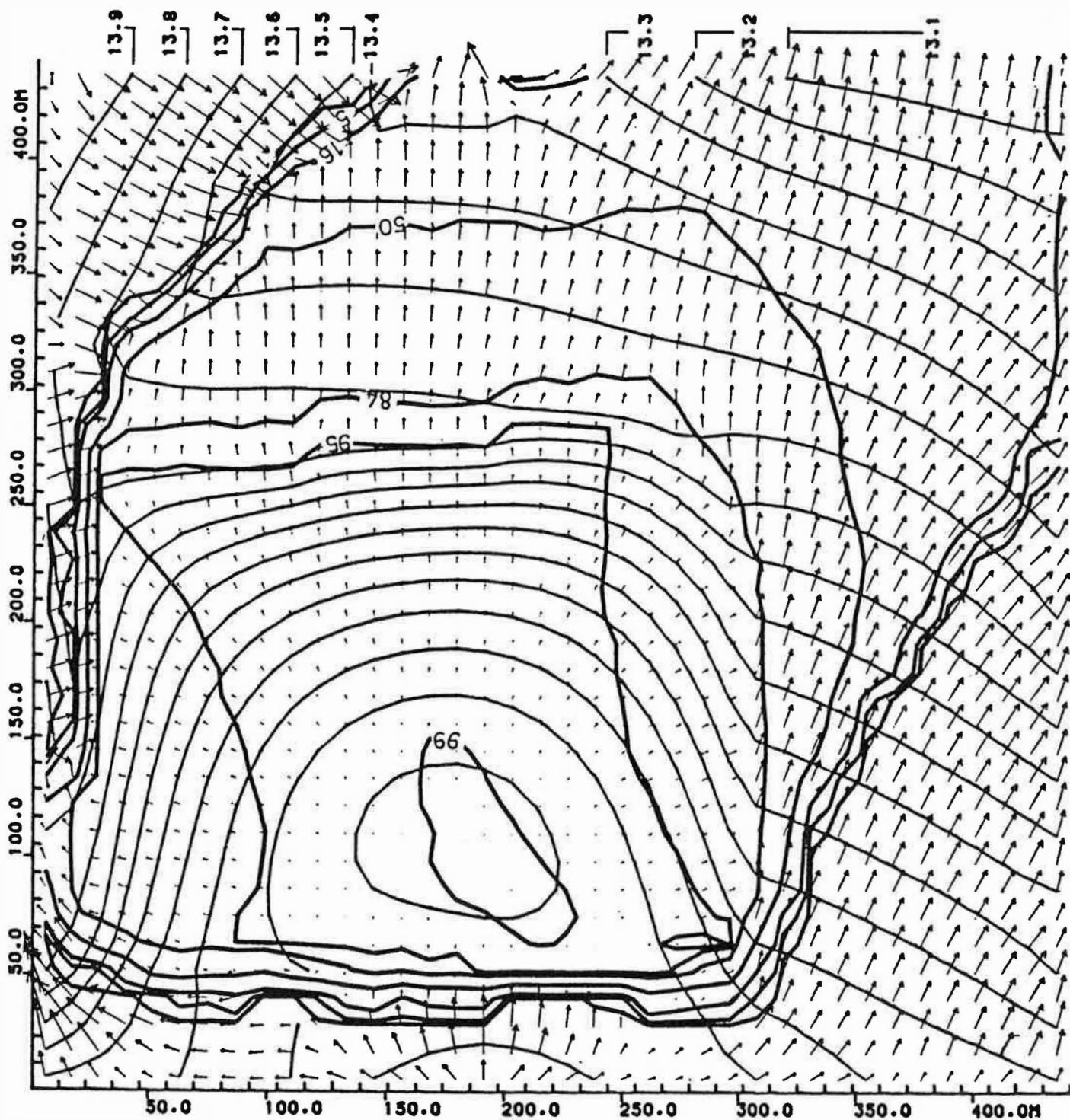


Fig. 22 - Simulatie van de evolutie van de grondwaterkwaliteit in een horizontale doorsnede. Toestand na 10 jaar zonder maatregelen. Het modelgebied is gegeven in figuur 17 en de legende in PLAAT 10,

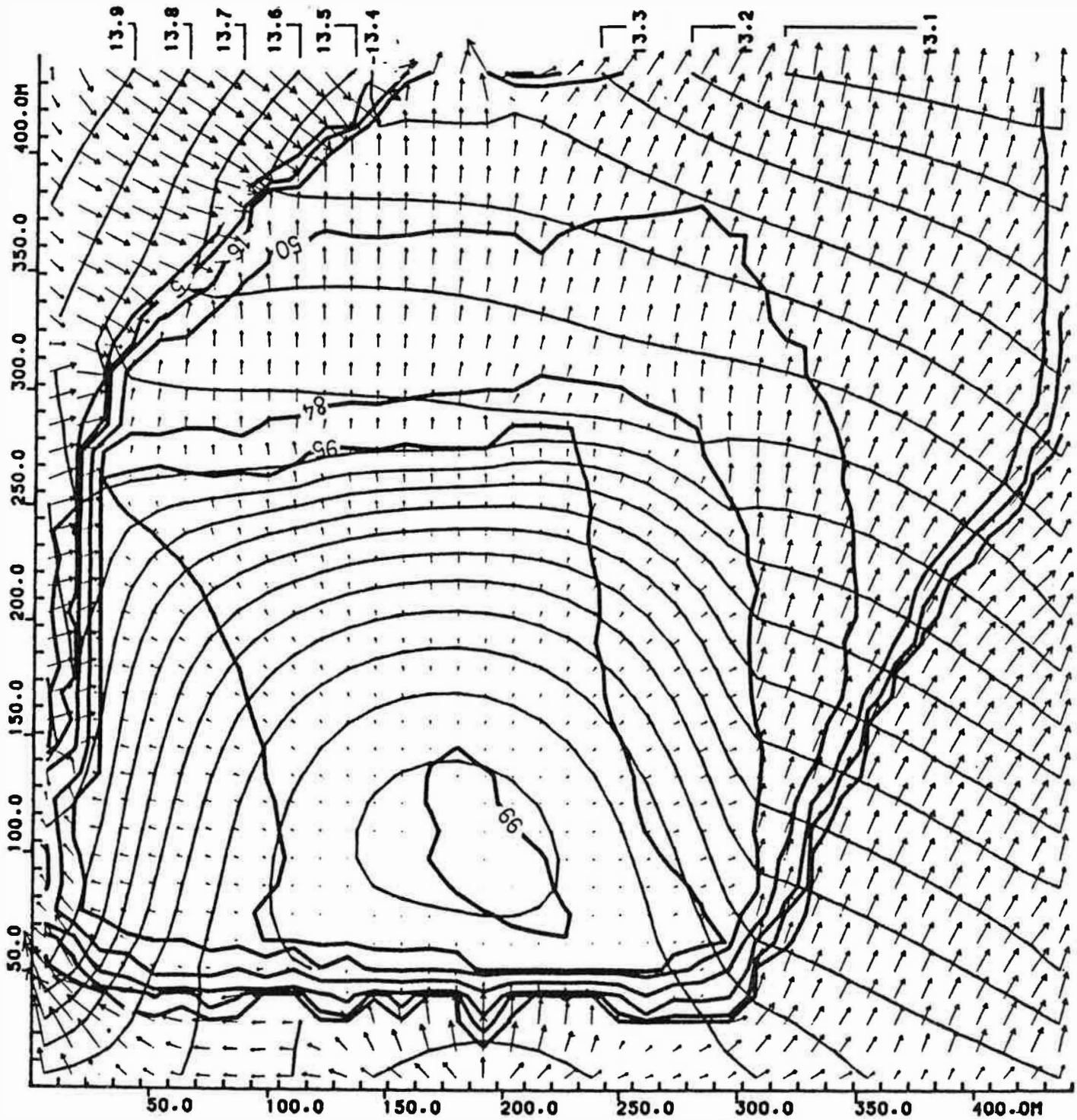


Fig. 23 - Simulatie van de evolutie van de grondwaterkwaliteit in een horizontale doorsnede. Toestand na 15 jaar zonder maatregelen. Het modelgebied is gegeven in figuur 17 en de legende in PLAAT 10.

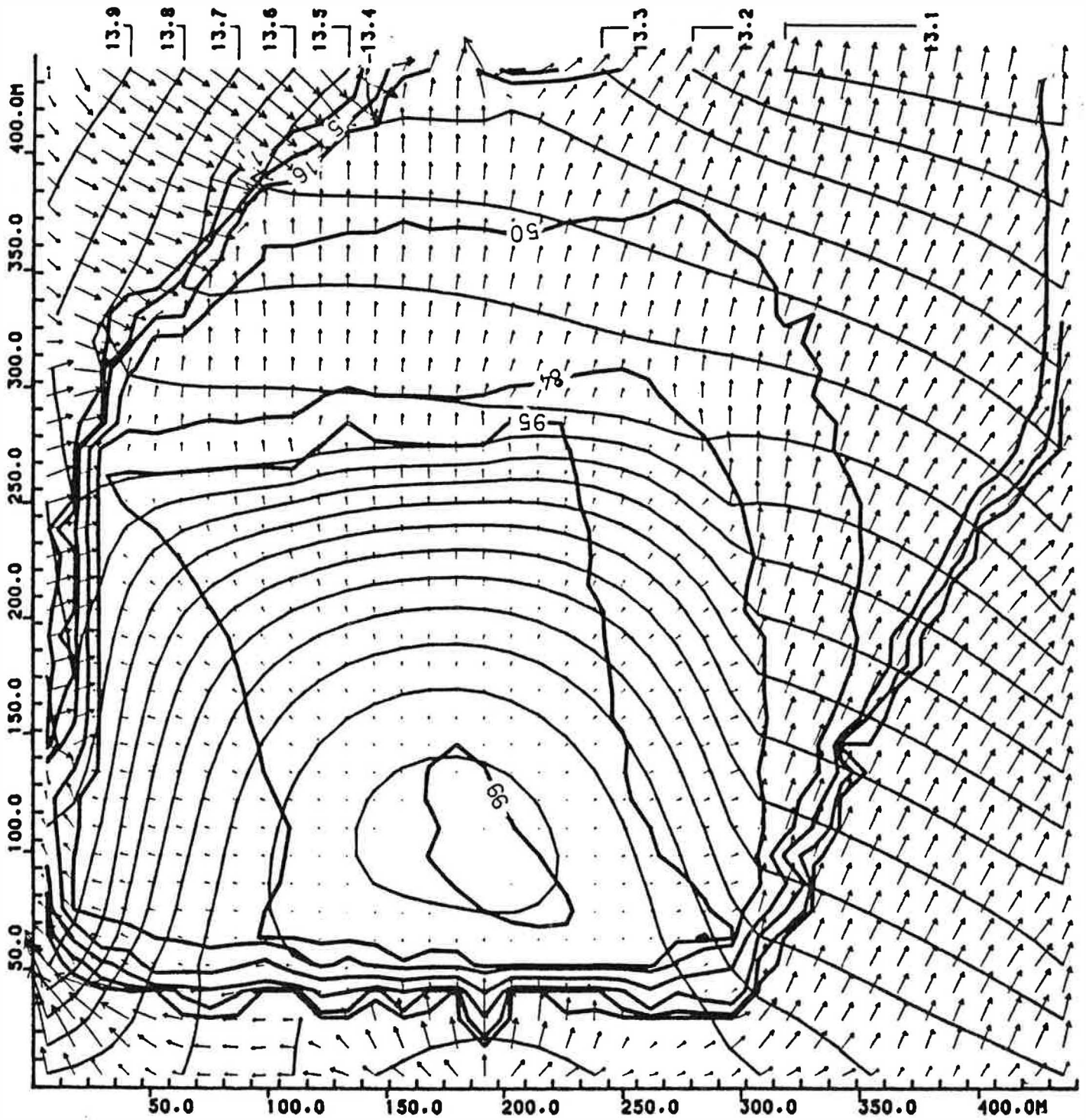


Fig. 24 - Simulatie van de evolutie van de grondwaterkwaliteit in een horizontale doorsnede. Toestand na 20 jaar zonder maatregelen. Het modelgebied is gegeven in figuur 17 en de legende in PLAAT 10.

Aan de noordwestrand is er een grote uitsijpeling van stortporiënwater. Dit water beweegt ondergronds in de richting van de Zouwbeek. Door de natuurlijke infiltratie in het gebied tussen het stort en de Zouwbeek wordt de kwaliteit ervan voortdurend beïnvloed. De verontreinigingszone wordt er beperkt door de aanwezigheid van de Zouwbeek zelf die het grondwater van deze zone draineert.

Aan de noordostrand is er eveneens een uitsijpeling van stortporiënwater. Dit water wordt meegevoerd met de natuurlijke grondwaterstroming. Deze gebeurt in noordnoordwestelijke richting, bijna evenwijdig aan deze rand. Dit heeft tot gevolg dat de verontreiniging er beperkt is in zuidoostelijke richting. De verontreiniging stroomt dus hoofdzakelijk ondergronds vanuit deze rand naar de Zouwbeek toe. Het verontreinigde grondwater moet hier de grootste weg afleggen, vooraleer het ondergronds door de Zouwbeek wordt gedraineerd. De verontreiniging zal zich bijgevolg in deze richting het verst van het stort uitbreiden.

De verontreiniging wordt in de loop van de tijd gestabiliseerd door de voortdurende aanvulling van normaal infiltratiewater buiten het stort. De 50%-lijn is reeds na 5 jaar gestabiliseerd. De lijnen vanaf 16% en kleiner stabiliseren zich pas later, namelijk op het moment dat ze de Zouwbeek bereiken, dit is na ca. 10 jaar.

7.4.4. Vergelijking met de resultaten van F. DE SMEDT (1984)

De resultaten bekomen aan de hand van de simulatie in het horizontaal vlak werden vergeleken met deze bekomen door F. DE SMEDT (1984). Eerst wordt aandacht besteed aan het verschil in basisgegevens.

- De door F. DE SMEDT (1984) ingebrachte gegevens zijn :
1. een transmissiviteit van $15 \text{ m}^2/\text{dag}$ voor de laag KZ;
 2. een transmissiviteit van $7,5 \text{ m}^2/\text{dag}$ onder het stort;
 3. stijghoogten afgeleid uit een kaartje van M. ACKAERT (1983);
 4. een longitudinale dispersiviteit van 10 m; de verhouding transversale op longitudinale dispersiviteit bedraagt 0,1.

De in onderhavige studie ingebrachte gegevens verschillen van bovenstaande door :

1. het toekennen aan de laag KZ van een transmissiviteit van $66 \text{ m}^2/\text{d}$; deze werd afgeleid uit een pompproef;
2. het toekennen van een transmissiviteit van $6 \text{ m}^2/\text{d}$ aan het stortmateriaal; deze waarde is bekomen door kalibratie met stijghoogtegegevens van het stort.
3. het steunen op een stijghoogtekaart welke opgesteld is met een groter aantal waarnemingspunten dan deze van de kaart van M. ACKAERT (1983). Tussen beide kaarten bestaat een opvallend verschil nabij de noordostrand van het stort. Op de kaart van M. ACKAERT bestaat een klein stijghoogteverhang in de laag KZ loodrecht op de noordostrand. Uit de PLAAT 6 daarentegen blijkt aldaar een groter verhang te bestaan en niet loodrecht op de rand doch evenwijdig eraan;
4. de longitudinale dispersiviteit bedraagt in onderhavige studie $0,3 \text{ m}$; de verhouding transversale op longitudinale dispersiviteit is gelijk aan $0,3$.

Het meest opvallend verschil tussen de resultaten van F. DE SMEDT (1984) en voorliggende is de uitbreiding van de verontreiniging nabij de noordostrand van het stort. Uit de berekeningen van F. DE SMEDT blijkt dat de verontreiniging aldaar in gelijke mate voortschrijdt als aan de noordwestelijke rand van het stort. Uit de nieuwe berekeningen blijkt de verontreiniging aan de noordostrand echter beperkt te zijn. Zelfs door rekening te houden met de verschillen in ingebrachte gegevens kan men ons inziens deze in oostelijke richting bewegende verontreiniging niet verklaren.

7.5. Besluit

Uit de simulatie in een vertikaal vlak van de evolutie van de grondwaterstroming en -kwaliteit met een numeriek model blijkt dat de verontreiniging vooral in de onderkant van de laag KZ voorkomt. Hierbij is uitgegaan van de huidige grondwaterstroming waarbij er dus geen speciale maatregelen ter voorkoming van verontreiniging zijn genomen. Zoals ook af te leiden is uit de simulatie in het horizontaal vlak, stelt zich vrij vlug, na ca 5 jaar, een evenwichtstoestand in de kwaliteitsverdeling in.

Uit het model is het ook duidelijk dat de grootste uitsijpeling van stortporiënwater zich voordoet aan de noordwestelijke rand van het stort. In mindere mate doet dit zich eveneens voor aan de noordoostelijke stortrand. Ten gevolge van de natuurlijke grondwaterstroming zal de pluim verontreinigd grondwater zich bewegen in noordnoordwestelijke richting naar de Zouwbeek toe. De verontreiniging aan de zuidwestelijke en aan de zuidoostelijke rand van het stort is zeer beperkt. Uit de simulaties blijkt ook dat de grondwaterwinning van R. BOONAERT zich binnen de door het stort beïnvloede zone bevindt.

Uit de simulatie van de evolutie van de stroming en kwaliteit bij de aanwezigheid van voorkomingsmaatregelen is gebleken dat de verontreiniging maximaal kan beperkt worden door het ondoorlatend maken van de oppervlakte van het stort en gelijktijdig door het aanleggen van een drainagesysteem; dit systeem, dat zich moet bevinden onder de leemhoudende horizont nabij de grondwatertafel, moet ervoor zorgen dat de randen van het stort op éénzelfde potentiaal blijven. Deze stijghoogte is gelijk aan +13,75 m+TAW wat overeenstemt met de potentiaal van de Zouwbeek aan de westelijke hoek van het stort. Door deze maatregel zal het poriënwater in het stort niet meer stromen. De verontreiniging vanuit de stortplaats zou dan nog enkel kunnen voortschrijden door moleculaire diffusie wat echter uiterst langzaam is.

Na het treffen van een dergelijke maatregel zal de thans bestaande grondwaterverontreiniging langzaam weggewassen worden door het natuurlijk infiltrerend water.

Het bestuderen van de haalbaarheid van de voorgestelde maatregelen evenals van speciale voorzorgen (bijvoorbeeld ontgassing) vallen buiten het bestek van dit hydrogeologisch onderzoek.

8. BESLUIT

De stortplaats GHISTELINCK bevindt zich op de zuidoostelijke wand van het Leiedal en behoort tot het Leiebekken. Een beek, de Zouwbeek, loopt langs het stort. Het gebied behoort tot de zone voor milieubelastende industrieën en is omgeven door agrarische gebieden. Momenteel is het bodemgebruik in het bestudeerde gebied vooral agrarisch met o.a. een intensieve veehouderij.

De bodemlaag van het natuurlijk terrein bestaat uit zand. Onder deze bodem komt een watervoerende laag voor die bestaat uit zandig materiaal doch bovenaan weinig leemhoudend is (laag KZ). De dikte ervan wisselt van 7,3 tot 10 m. De laag KZ rust op een kwartaire hoofdzakelijk zandhoudende klei- en leemlaag waarvan de dikte schommelt tussen 1 en 7 m. (laag KZK). Deze kwartaire laag rust op het tertiaire kleisubstraat van de Formatie van Ieper (Klei van Vlaanderen).

Uit een pompproef in de laag KZ zijn enkele hydraulische parameters van de grondlagen bepaald : de horizontale doorlatendheid van de laag KZ bedraagt 11 m/d en de specifieke elastische berging is gelijk aan $3,6 \times 10^{-4}$. De hydraulische weerstand c van de leemhoudende halve meter bovenaan KZ bedraagt 3 dagen; de specifieke elastische berging ervan is $3,2 \times 10^{-3}$.

Het bestudeerde stort ontstond door opvulling van een zand-groeve welke gegraven werd tussen oktober 1969 en oktober 1970. De opvulling geschiedde tussen januari 1978 en december 1982. Uit de boringen uitgevoerd in het bestek van dit onderzoek blijkt dat de zandwinningsput groter moet zijn geweest dan officieel bekend. De totale dikte van het afval is plaatselijk 12 m. Uit de voormalige en huidige waarnemingen blijkt dat naast huisvuil vooral plastic en textielafval voorkomt. Er is geen verboden afval aangetroffen.

Uit de stijghoogtewaarnemingen leiden we af dat de veralgemeende grondwaterstroming in de laag KZ in noordwestelijke richting verloopt. Daar het stort een andere doorlatendheid bezit dan het omgevende sediment, zal het stromingspatroon er anders zijn. Door de aanwezigheid van de waterscheiding in het stort zal de grondwaterstroming in het zuidoostelijk deel van het stort er tegengesteld zijn aan de veralgemeende stromingsrichting. Deze stroming in alle stortlagen neemt toe naar de randen van het stort. Gezien

de noordwestelijk gerichte globale grondwaterstroming zal de uitsijpeling van stortperkolaat naar de laag KZ zich vooral voordoen aan de noordwestelijke rand van de stortplaats. Het is aan deze rand dat de grondwaterwinning van R. BOONAERT zich bevindt.

Nabij de noordwestelijke stortrand is de stijghoogtegradiënt meer dan vijfmaal groter dan buiten het stort. Uit de plotse gradiëntswijziging aldaar kan afgeleid worden dat het stortmateriaal een doorlatendheid bezit die meer dan vijfmaal kleiner is dan de doorlatendheid van het omliggend kwartair zand KZ.

In de laag KZ komen slechts geringe verticale stijghoogtegradiënten voor. De grote verticale stijghoogtegradiënten in het stort wijzen daarentegen op een hydraulische weerstand tussen de verschillende stortlagen; deze weerstand is zeker tienmaal groter dan deze in de laag KZ.

Uit de stijghoogtemetingen blijkt dat de Zouwbeek drainerend werkt. Gezien het drainerend karakter van de sterk verontreinigde beek is de invloed ervan op de grondwaterkwaliteit gering. Het is echter niet uitgesloten dat vroeger, tijdens de stortuitbating, Zouwbeekwater in het stort terechtkwam door overstroming. Een deel van het stortporiënwater zou dus kunnen bestaan uit Zouwbeekwater.

Op grond van geofysische metingen en chemisch-analytische informatie zijn in het studiegebied vier grote watergroepen te onderscheiden : een eerste groep omvat water dat weinig of niet is verontreinigd. Het totaal zoutgehalte wisselt tussen ca 630 en ca 930 mg/l. Een tweede watergroep bestaat uit het stortporiënwater waarvan het zoutgehalte sterk varieert; waarden van ca 2400 tot ca 36000 mg/l zijn aangetroffen. De derde watergroep is samengesteld uit de door het stort beïnvloede grondwaters met een zoutgehalte variërend van ca 1400 tot ca 8000 mg/l. Deze groep treft men hoofdzakelijk aan nabij de noordwestelijke stortrand. Een laatste groep is grondwater met een totaal zoutgehalte van ca 1200 tot ca 1400 mg/l en is beïnvloed door het stort en/of bemesting.

Daar de kwaliteit van het stortporiënwater alsook van het erdoor beïnvloed grondwater zeer sterk wisselt is het onmogelijk een eenvoudig verband te leggen tussen het totaal zoutgehalte van het grondwater en de vermengingsgraad van stortwater met normaal grondwater.

Uit de simulatie in een vertikaal vlak van de evolutie van de grondwaterstroming en -kwaliteit met een numeriek model blijkt dat de verontreiniging vooral in de onderkant van de laag KZ voorkomt. Hierbij is uitgegaan van de huidige grondwaterstroming waarbij er dus geen speciale maatregelen ter voorkoming van verontreiniging zijn genomen. Zoals ook af te leiden is uit de simulatie in het horizontaal vlak stelt zich vrij vlug, na ca 5 jaar, een evenwichtstoestand in de kwaliteitsverdeling in.

Uit het model is het ook duidelijk dat de grootste uitsijpeling van stortporiënwater zich voordoet aan de noordwestelijke rand van het stort. In mindere mate doet zich dit eveneens voor aan de noordoostelijke stortrand. Ten gevolge van de natuurlijke grondwaterstroming zal de pluim verontreinigd grondwater zich bewegen in noordnoordwestelijke richting naar de Zouwbeek toe. De verontreiniging aan de zuidwestelijke en aan de zuidoostelijke rand van het stort is zeer beperkt. Uit de simulaties blijkt ook dat de grondwaterwinning van R. BOONAERT zich binnen de door het stort beïnvloede zone bevindt.

Uit de simulatie van de evolutie van de stroming en kwaliteit bij de aanwezigheid van voorkomingsmaatregelen is gebleken dat de verontreiniging maximaal kan beperkt worden door het ondoorlatend maken van de oppervlakte van het stort en gelijktijdig door het aanleggen van een drainagesysteem; dit systeem, dat zich moet bevinden onder de leemhoudende horizont nabij de grondwatertafel, moet ervoor zorgen dat de randen van het stort op éénzelfde potentiaal blijven. Deze stijghoogte is gelijk aan +13,75 m+TAW wat overeenstemt met de potentiaal van de Zouwbeek aan de westelijke hoek van het stort. Door deze maatregel zal het poriënwater in het stort niet meer stromen. De verontreiniging vanuit de stortplaats zou dan nog enkel kunnen voortschrijden door moleculaire diffusie wat echter uiterst langzaam is.

Na het treffen van een dergelijke maatregel zal de thans bestaande grondwaterverontreiniging langzaam weggewassen worden door het natuurlijk infiltrerend water.

Het bestuderen van de haalbaarheid van de voorgestelde maatregelen evenals van speciale voorzorgen (bijvoorbeeld ontgassing) vallen buiten het bestek van dit hydrogeologische onderzoek.


REFERENTIES

- ACKAERT, M. (1983). De invloed van een stortplaats van huisvuil en industriële afval op de kwaliteit van het grondwater. Case-studie. Het stort te Kruishoutem ter hoogte van de parking E3. 21 p. Gent : Dienst Natuurlijke Rijkdommen en Energie (onuitgegeven rapport).
- BUEKENS, A.G. (1985). Onderzoek betreffende de mogelijke milieuverontreiniging veroorzaakt door de stortplaats gelegen tussen de Meirestraat en de Zandbeek te Kruishoutem. 63 p., 4 bijl. Vlezenbeek : A. Buekens (onuitgegeven rapport).
- DE MOOR, G. & LOOTENS, M. (1975). Afzettingen met *Corbicula fluminalis* in het Leiedal tussen Deinze en St.-Baafs-Vijve. Natuurwet. Tijdschrift. 57, 165-184.
- 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 tas., 91 fig., 6 kaarten, 1 bijl. Rijksuniversiteit - Leerstoel voor Toegepaste Geologie (doktoraatsproefschrift).
- 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.
- KRUSEMAN, G. & DE RIDDER, N. (1970). Analysis and evaluation of pumping testdata. 200 p. Wageningen : International Institute for Land Reclamation and Improvement (Bulletin 11).
- 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. (1983). Mathematical model of the evolution of the fresh water lens under the dunes and beach with semi-diurnal tides. Poc. 8th. Salt Water Intr. Meeting. Bari 1983. Geologia Applicata e/drogeologia, Special issue. 211-226.

- LEBBE, L. & PEDE, K. (1985) Bepaling van grondwaterkwaliteit uit resistiviteitsmetingen. LTG-Nota nr 1 (in voorbereiding).
- LEBBE, L., PEDE, K. & VAN HOUTTE, E. (1984). Analyse van pompproeven in een veellagig grondwaterreservoir met behulp van een mathematisch model. Tijdschr. BECEWA, 78, 132-146.
- MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN (1978). Type-Bestek 150; Hoofdstuk C. Bouwmaterialen. 75 p. Brussel : Wegenfonds.
- MOENS, M. (1984). Tussentijds evaluatierapport over de stand van het onderzoek naar de invloed van het stort voor industrieel afval te Kruishoutem op het omringende grondwater. 11 p., 2 p. fig. Brussel : Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (onuitgegeven rapport nr. 2D-2/MM/84570.DE 260/849).
- NATIONAAL GEOGRAFISCH INSTITUUT (1979). KORTRIJK 29. 1 kaart schaal 1/50.000. Brussel : Nationaal Geografisch Instituut (uitgave 1, M 736).
- NATIONAAL GEOGRAFISCH INSTITUUT (1982). TIELT 21. 1 kaart schaal 1/50.000. Brussel : Nationaal Geografisch Instituut (uitgave 1, M 736).
- NATIONAAL GEOGRAFISCH INSTITUUT (1983). Administratieve Kaart België. 1 kaart schaal 1/300.000. Brussel : Nationaal Geografisch Instituut.
- OVAM. s.d. Stortplaats Kruishoutem. Sectie C.873e, 874d, 872d. Ophoging 18-11-1982. Inklinking van 1982-18-11 tot 1984-26-11. Plan 1/100; 1/1000.
- QUAGHEBEUR, D. & MOENS, M. (1984). Rapport over het onderzoek naar de grondwaterkwaliteit rond het stort voor industrieel afval te Kruishoutem. 10 p. 10 fig. Brussel : Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (onuitgegeven rapport).
- STAATSSECRETARIAAT VOOR STREEKECONOMIE EN RUIMTELIJKE ORDERING (1977). Gewestplan KORTRIJK. 19 p. 11 platen, schaal 1/25.000, 1 leg. Brussel : Ministerie van Openbare Werken.
- STAATSSECRETARIAAT VOOR STREEKECONOMIE, RUIMTELIJKE ORDENING EN HUISVESTING (1977). Gewestplan OUDENAARDE. 23 p. 16 platen schaal 1/25.000, 1 leg. Brussel : Ministerie van Openbare Werken.

- SYS, C. (1973) Verklarende tekst bij het kaartblad ANZEGEM 84 W.
119 p. 1 kaart schaal 1/20.000. Gent : Centrum voor Bodem-
kartening.
- TRACTION ET ELECTRICITE SODECOTRA & CONSTRUCTOR. (1963). Vak
"Deerlijk-Zevergem" Sectie 2. Voorontwerpsverslag B 13/26.
- VAN DE MAELE, F. (1984) Grondwaterverontreiniging rond de stort-
plaats - Ghistelinck - Kruishoutem. 3 p., 1 fig., 1 tab.
Mechelen : OVAM (verslag TO-O/FVDM-GVDN-84 d.d. 9.4.1984).
- VERRUYT, A. (1969). Elastic storage of aquifers. In : DE WIEST, R.
Flow through porous Media. p. 331-376. New York :
Academic Press.
- WAGEMAN, J. (1980). Storten van industriële afval in putten bij
E3 autosnelweg. Nalevingsvergunningsvoorwaarden. 1 p.
(handgeschreven verslag d.d. 05.11.1980 Mijnwezen.)


BIJLAGE 1 : BOORSTATEN

rijksuniversiteit gent leerstoel voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck			onderzoek nr. : TGO 85/31	boorstaat nr. : DB 1
onderzoek : HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE VERONTREINIGING ROND DE STORTPLAATS GHISTELINCK TE KRUISSHOUTEM				
datum : 03.09.85		lambert coördinaten :		
boorwijze : droog		x = 86905 y = 176926		
filterdiepte(n) : 3 - 7,30 m		hoogte maaiveld :		
		(m - maaiveld)		z = 15.06 (m + TAW)
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)		
		van	tot	
1	donkerbruin humushoudend fijn zand	0,00	0,50	
2-3	roestkleurig weinig leemhoudend fijn zand	0,50	1,50	
4-5	grijs weinig leemhoudend fijn zand	1,50	2,50	
6	grijs fijn zand	2,50	2,70	
7-	grijsbruin fijn zand	2,70	5,50	
12				
13	grijsbruin fijn zand met weinig grijze leembrokjes (< 10 mm)	5,50	6,00	
14-	grijsbruin fijn zand met donkergrijze leembrokjes	6,00	7,00	
15	(< 10 mm)			
16	grijs leemhoudend fijn zand	7,00	7,50	
17	grijs leemhoudend fijn zand met veel grijze leembrokken	7,50	8,00	
18	grijze fijn zandhoudende klei met zwarte reductie- vlekken	8,00	8,50	
19	grijsgroen kleihoudend fijn zand tot fijn zandhoudende klei met grijze kleibrokken (< 10 mm)	8,50	9,00	
20	grijsgroene fijn zandhoudende klei met zwarte reductie- vlekken	9,00	9,50	
21	grijsgroene plastische klei met weinig zandrestjes	9,50	10,00	
22-	grijsgroene fijn zandhoudende klei	10,00	11,00	
23				
24	grijsgroene plastische klei met weinig zandrestjes	11,00	11,50	
25	grijsgroene middelmatig zandhoudende klei met schelp- gruis	11,50	12,00	
26-	grijze tot grijsgroene fijn zandhoudende klei met	12,00	13,00	
27	zwarte reductievlekken			

vervolg boorstaat nr. :


nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)	
		van	tot
28	groengrijze fijn zandhoudende klei met kleibrokken (<10 mm) en grintelementen [gebroken en afgeronde silexen (<20 mm), melkkwarts (<5 mm)]	13,00	13,50
29- 30	groengrijze fijn zandhoudende klei met kleibrokken (<10 mm) en grintelementen [gebroken en afgeronde silexen (<20 mm); groene glauconietzandsteen (<10 mm), melkkwarts (<5 mm)]	13,50	14,50
31	grijze stijve klei met weinig broze schelpfragmenten	14,50	15,00
	vermoedelijke geologische verklaring		
	Kwartair	0,00	14,50
	Tertiair : Formatie van Ieper - Klei van Vlaanderen (Yc)	14,50	15,00


rijksuniversiteit gent leerstoel voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck		L T G		onderzoek nr.: TGO 85/31		boorstaat nr.: DB 2	
onderzoek : HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE VERONTREINIGING ROND DE STORTPLAATS GHISTELINCK TE KRUISSHOUTEM							
datum : 02.09.85		lambert coördinaten :					
boorwijze : droog		x = 87216		y = 176951			
filterdiepte(n) : 7,00 - 9,00 m		(m - maaiveld)		hoogte maaiveld :		z = 16.32 (m + TAW)	
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)					
		van	tot				
1	donkerbruin humushoudend fijn zand	0,00	0,50				
2	roestkleurig weinig leemhoudend fijn zand met weinig humeuse brokjes	0,50	1,00				
3-4	roestkleurig weinig leemhoudend fijn zand	1,00	2,00				
5-10	bruin fijn zand	2,00	5,00				
11- 12	bruin fijn zand met weinig grijze leembrokjes (< 10 mm)	5,00	6,00				
13	bruin weinig leemhoudend fijn zand met weinig leem- brokjes (< 10 mm)	6,00	6,50				
14-	bruingrijs fijn zand	6,50	9,00				
19 ⁸	grijze slappe leem met brokken leemhoudend fijn zand	9,00	9,50				
20	grijsgroene plastische leem met veel fijn zand en zwarte reductievlekken	9,50	10,00				
21	grijsgroene fijn zandhoudende klei	10,00	10,50				
22- 23	grijsgroen weinig glauconiethoudend, kleihoudend fijn zand	10,50	11,30				
24- 27	grijze stijve klei	11,30	13,00				
vermoedelijke geologische verklaring							
Kwartair		0,00	11,30				
Tertiair : Formatie van Ieper - Klei van Vlaanderen (Yc)		11,30	13,00				


rijksuniversiteit gent leerstoel voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck				onderzoek nr. : TGO 85/31		boorstaat nr. : DB 3	
onderzoek : HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE VERONTREINIGING ROND DE STORTPLAATS GHISTELINCK TE KRUISSHOUTEM							
datum : 03.09.85		lambert coördinaten :					
boorwijze : droog		x = 87183		y = 176696			
filterdiepte(n) : 5,00 - 6,00 m		(m - maaiveld)		hoogte maaiveld :			
				z = 17.10		(m + TAW)	
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)					
		van	tot				
1	donkerbruin humushoudend fijn zand met weinig steen-fragmenten	0,00	0,50				
2-3	bruin weinig leemhoudend fijn zand	0,50	1,50				
4	roestbruin weinig leemhoudend fijn zand	1,50	2,00				
5	roestbruin leemhoudend fijn zand	2,00	2,50				
6-7	bruin fijn zand	2,50	3,50				
8	bruingrijs weinig leemhoudend fijn zand	3,50	4,00				
9	bruingrijs weinig leemhoudend fijn zand met weinig veendetritus	4,00	4,50				
10	bruingrijs weinig leemhoudend tot leemhoudend fijn zand	4,50	5,00				
11	bruingrijs fijn zand	5,00	5,50				
12	bruingrijs fijn tot middelmatig fijn zand met grint-elementen (< 10 mm)	5,50	6,20				
13	grijze weinig leemhoudende klei met zwarte reductievlekken	6,20	6,50				
14	grijze klei met harde kleibrokjes	6,50	7,00				
15	grijze half stijve klei	7,00	7,50				
16	grijze stijve klei	7,50	8,00				
vermoedelijke geologische verklaring							
Kwartair		0,00	6,20				
Kwartair (leem + klei) en/of Tertiair		6,20	7,50				
Tertiair : Formatie van Ieper - Klei van Vlaanderen (Yc)		7,50	8,00				


rijksuniversiteit gent leerstoel voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck		L T G		onderzoek nr. : TGO 85/31		boorstaat nr. : DB 4	
onderzoek : HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE VERONTREINIGING ROND DE STORTPLAATS GHISTELINCK TE KRUISSHOUTEM							
datum : 02.09.85				lambert coördinaten :			
boorwijze : droog				x = 86986		Y = 176661	
filterdiepte(n) : 8,00 - 10,00 m		(m - maaiveld)		hoogte maaiveld :		z = 15.99 (m + TAW)	
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)					
		van	tot				
1-2	roestkleurig weinig leemhoudend fijn zand	0,00	0,70				
3	bruingeel weinig leemhoudend fijn zand	0,70	1,00				
4	grijsbruin weinig leemhoudend fijn zand	1,00	1,50				
5	bruingrijs weinig leemhoudend tot leemhoudend fijn zand	1,50	2,00				
6	bruingrijs weinig leemhoudend fijn zand	2,00	2,50				
7-11	bruingrijs fijn zand	2,50	5,00				
12-16	grijs fijn zand	5,00	7,50				
17	grijs fijn zand met weinig leembrokjes (< 10 mm)	7,50	8,00				
18	grijs weinig leemhoudend fijn zand	8,00	8,50				
19-20	grijs fijn zand	8,50	9,50				
21	grijs leemhoudend fijn zand	9,50	10,00				
22	grijsgroene halfstijve klei	10,00	10,50				
23	grijsgroene leemhoudende klei	10,50	11,00				
24	grijze plastische klei	11,00	11,50				
25-27	grijze stijve klei	11,50	13,00				
vermoedelijke geologische verklaring							
Kwartair		0,00	10,00				
Tertiair : Formatie van Ieper - Klei van Vlaanderen (Yc)		10,00	13,00				


rijksuniversiteit gent leerstoel voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck		LTG		onderzoek nr.: TGO 85/31		boorstaat nr.: SB 6	
onderzoek : HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE VERONTREINIGING ROND DE STORTPLAATS GHISTELINCK TE KRUISSHOUTEM							
datum : 10.09.85				lambert coördinaten :			
boorwijze : gespoeld				x = 86953		y = 176884	
filterdiepte(n) : 6,5 - 7,5 m		(m - maaiveld)		hoogte maaiveld :		z = 15.56 (m + TAW)	
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)					
	fijn zand	0,00	7,40				
	afwisseling van klei, zandhoudende klei en zand met zeer veel klei	7,40	13,40				
	klei (Yc)	13,40					
vermoedelijke geologische verklaring							
	Kwartair	0,00	13,40				
	Tertiair : Formatie van Ieper - Klei van Vlaanderen (Yc)	13,40					

rijksuniversiteit gent leerstoel voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck				onderzoek nr. : TGO 85/31		boorstaat nr. : SB 10	
onderzoek : HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE VERONTREINIGING ROND DE STORTPLAATS GHISTELINCK TE KRUISSHOUTEM							
datum : 09.09.85		lambert coördinaten :		boorwijze : gespoeld		x = 86965 y = 176875	
filterdiepte(n) : 10,5 - 11,5 m		(m - maaiveld)		hoogte maaiveld :		z = 15.66 (m + TAW)	
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)					
		van	tot				
	fijn zand	0,00	7,60				
	afwisseling van zandhoudende klei en klei met veel zand	7,60	12,10				
	klei (Yc)	12,10					
	vermoedelijke geologische verklaring						
	Kwartair	0,00	12,10				
	Tertiair : Formatie van Ieper - Klei van Vlaanderen (Yc)	12,10					

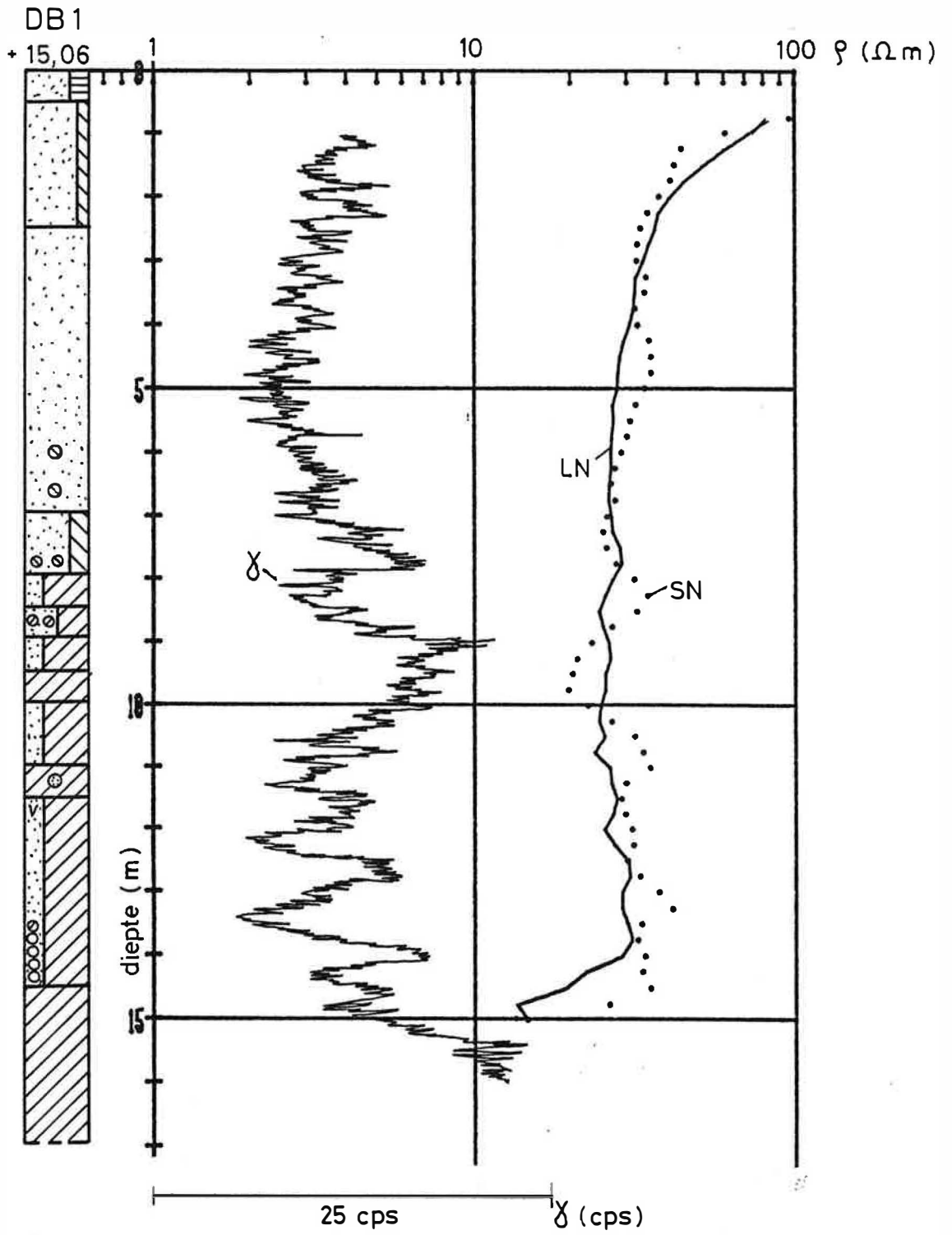
rijksuniversiteit gent leerstoel voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck			onderzoek nr.: TGO 85/31	boorstaat nr.: SB 12
onderzoek : HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE VERONTREINIGING ROND DE STORTPLAATS GHISTELINCK TE KRUISSHOUTEM				
datum : 10.09.85 boorwijze : gespoeld filterdiepte(n) : 8 - 9 m		lambert coördinaten : x = 86972 y = 176869 (m - maaiveld) hoogte maaiveld : z = 16.47 (m + TAW)		
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)		
		van	tot	
	huisvuil	0,00	5,00	
	fijn zand	5,00	7,20	
	klei of leem met veel zand	7,20	8,30	
	fijn zand	8,30	10,00	
	afwisseling van zandhoudende klei en klei met zand	10,00	12,30	
	klei	12,30	14,00	
	vermoedelijke geologische verklaring			
	Recente stortopvulling	0,00	5,00	
	Kwartair	5,00	12,30	
	Tertiair : Formatie van Ieper - Klei van Vlaanderen (Yc)	12,30	14,00	

rijksuniversiteit gent leerstoel voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck			onderzoek nr. : TGO 85/31	boorstaat nr. : SB 16
onderzoek : HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE VERONTREINIGING ROND DE STORTPLAATS GHISTELINCK TE KRUISSHOUTEM				
datum : 02.09.85		lambert coördinaten :		
boorwijze : droog		x = 87216 y = 176947		
filterdiepte(n) : 7,00 - 9,00 m		(m - maaiveld)		hoogte maaiveld :
		z = 16.29		(m + TAW)
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)		
		van	tot	
	zie DB 2			

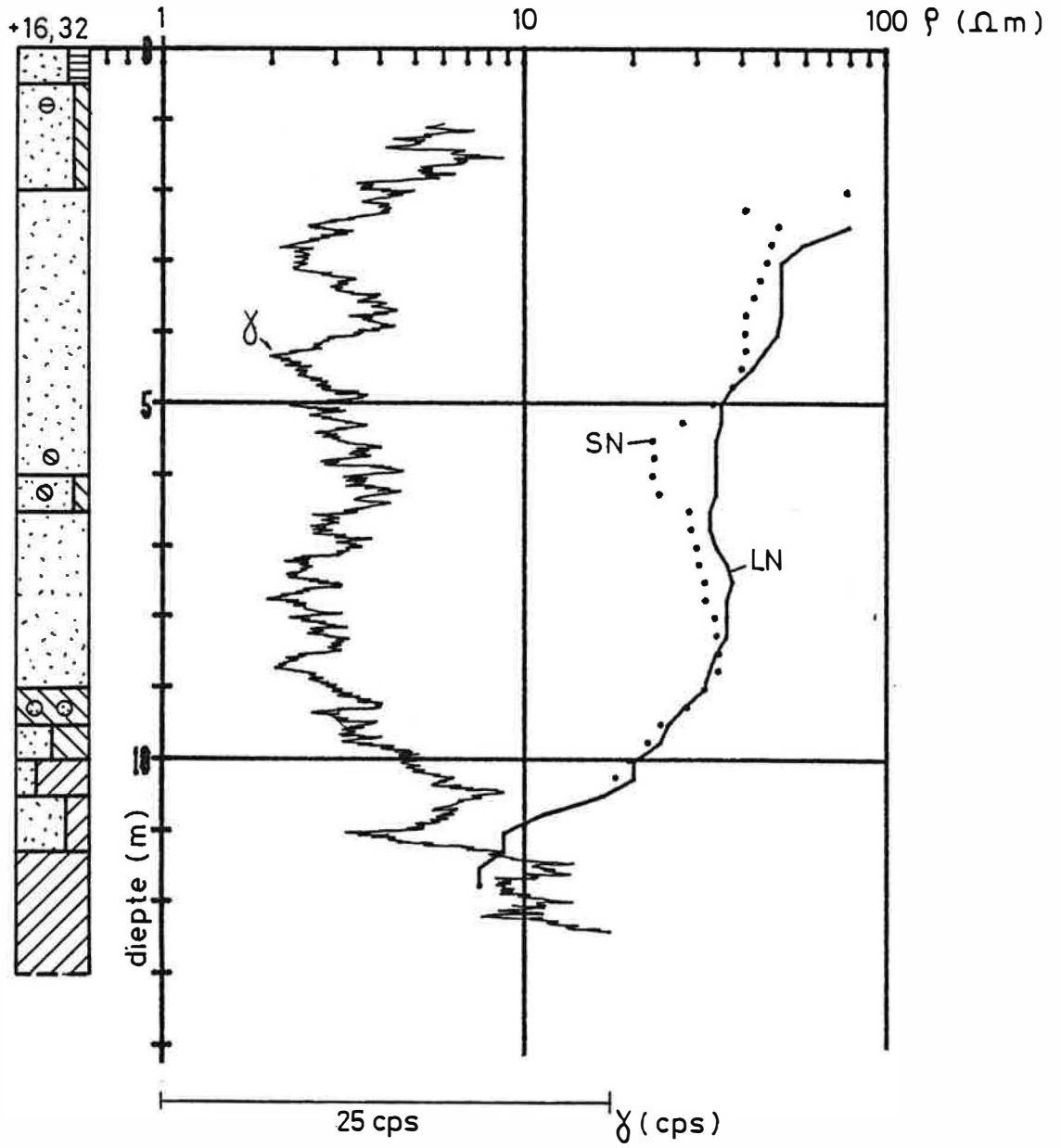
rijksuniversiteit gent leerstoel voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck			onderzoek nr. : TGO 85/31	boorstaat nr. : SB 18
onderzoek : HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE VERONTREINIGING ROND DE STORTPLAATS GHISTELINCK TE KRUISSHOUTEM				
datum : 11.09.85		lambert coördinaten :		
boorwijze : gespoeld		x = 87175 y = 176756		
filterdiepte(n) : 7 - 8 m		hoogte maaiveld :		
		z = 17.11 (m + TAW)		
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)		
		van	tot	
	zand met bakstenen	0,00	0,50	
	klei met resten van plastic bloemen (klei afkomstig van het Amerikaans kerkhof)	0,50	6,50	
	grijs fijn zand met aan de basis weinig grintelementen (< 10 mm)	6,50	8,60	
	klei	8,60	9,00	
	vermoedelijke geologische verklaring			
	aangevoerd	0,00	6,50	
	Kwartair	6,50	8,60	
	Tertiair : Formatie van Ieper - Klei van Vlaanderen (Yc)	8,60	9,00	

rijksuniversiteit gent leerstoel voor toegepaste geologie Prof. Dr. W. De Breuck			onderzoek nr. : TGO 85/31	boorstaat nr. : SB 20
onderzoek : HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE VERONTREINIGING ROND DE STORTPLAATS GHISTELINCK TE KRUISSHOUTEM				
datum : 02.09.85		lambert coördinaten :		
boorwijze : droog		x = 86987 y = 176658		
filterdiepte(n) : 8,00 - 10,00 m		(m - maaiveld)		hoogte maaiveld :
		z = 16.03		(m + TAW)
nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)		
		van	tot	
	zie DB 4			

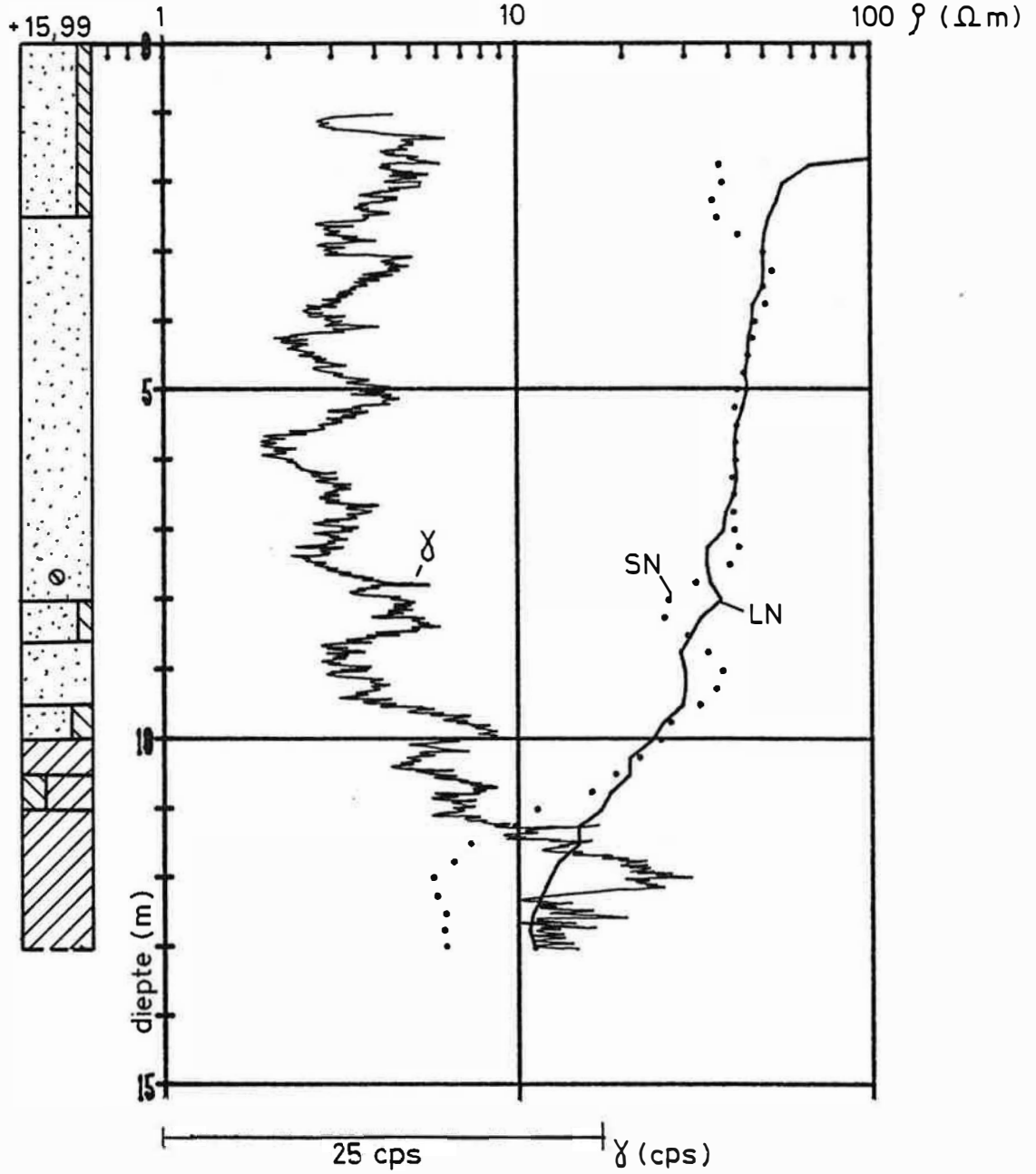
BIJLAGE 2 : BOORGATMETINGEN

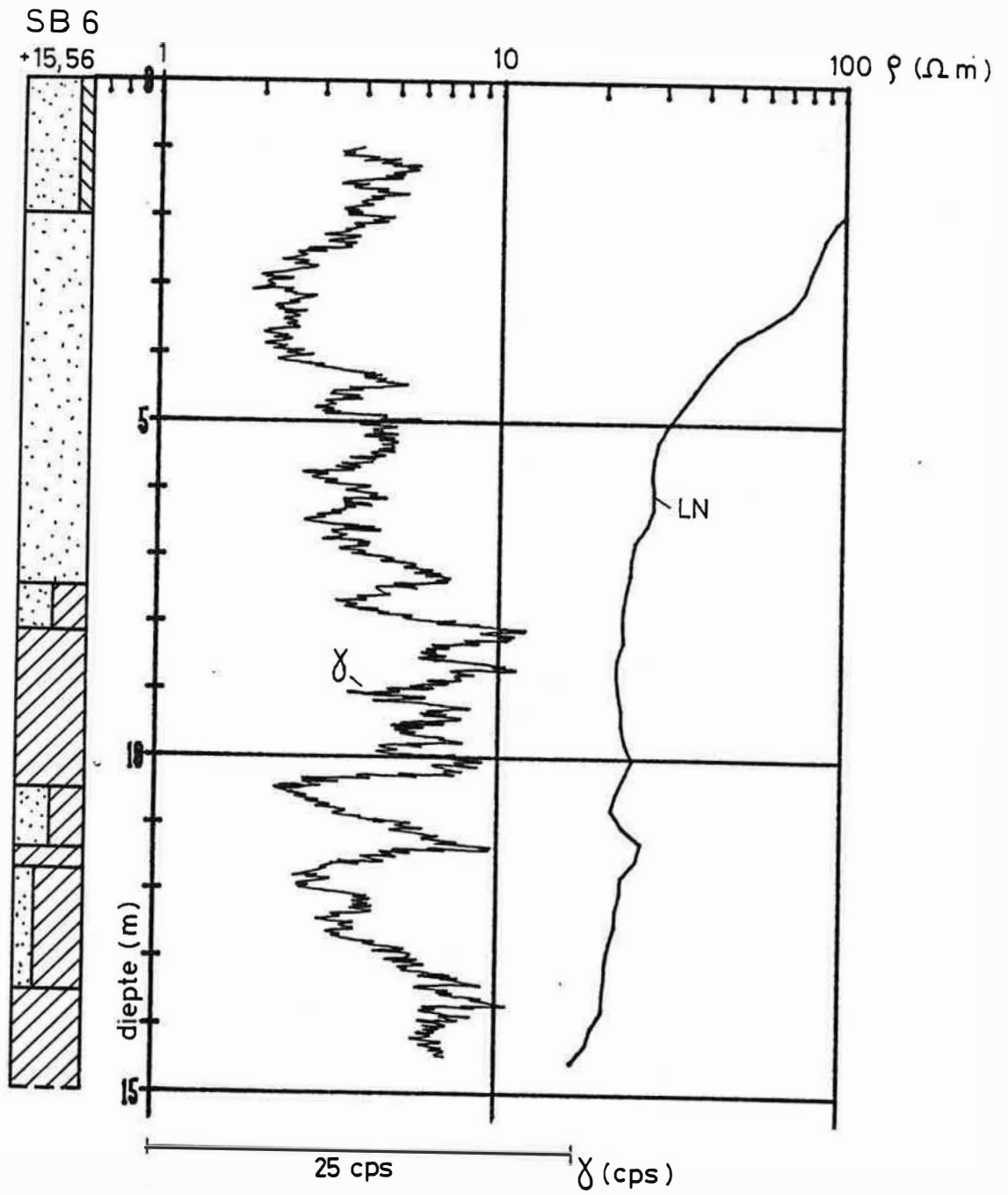


DB 2 / SB 16



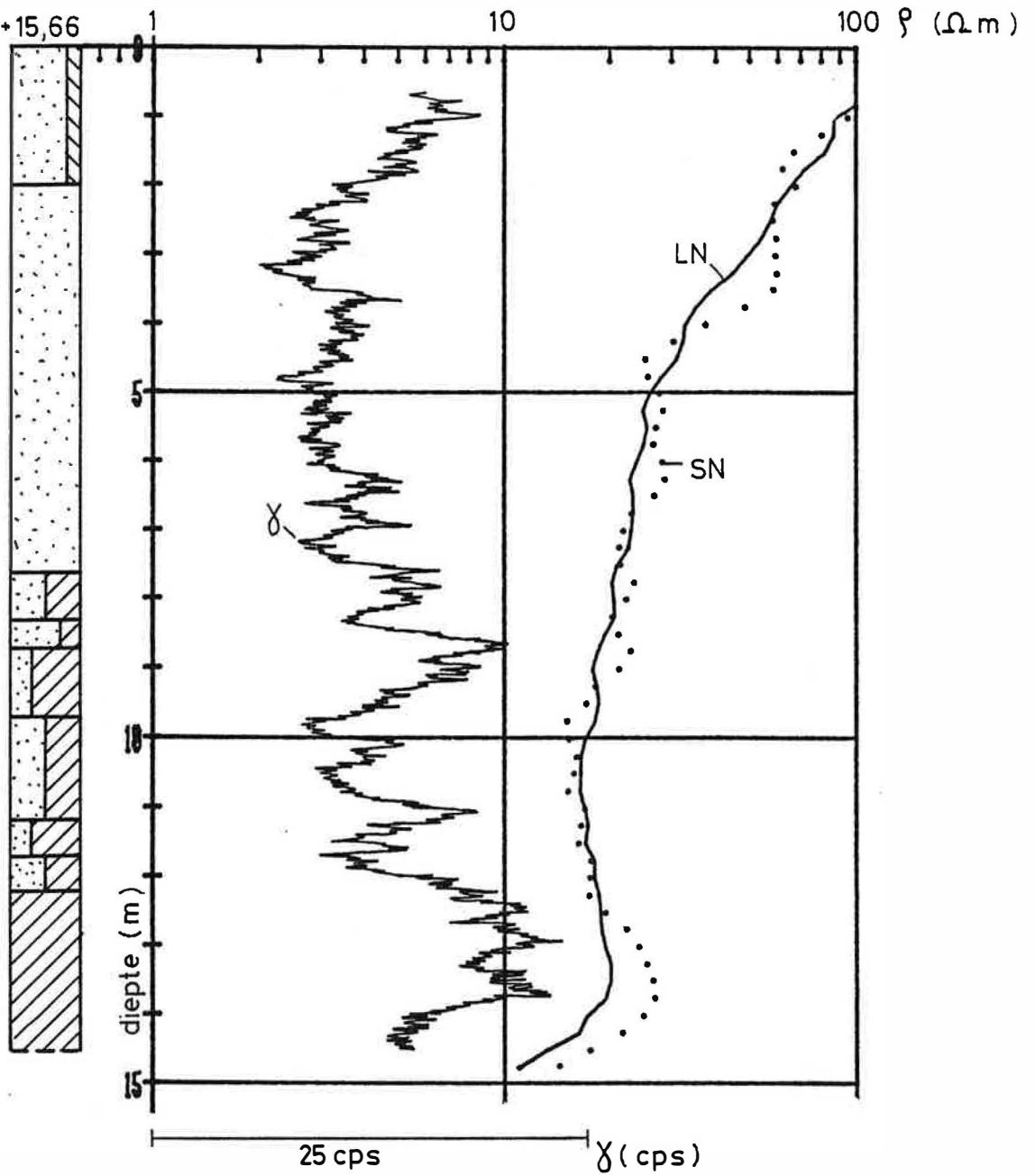
DB 4 / SB 20



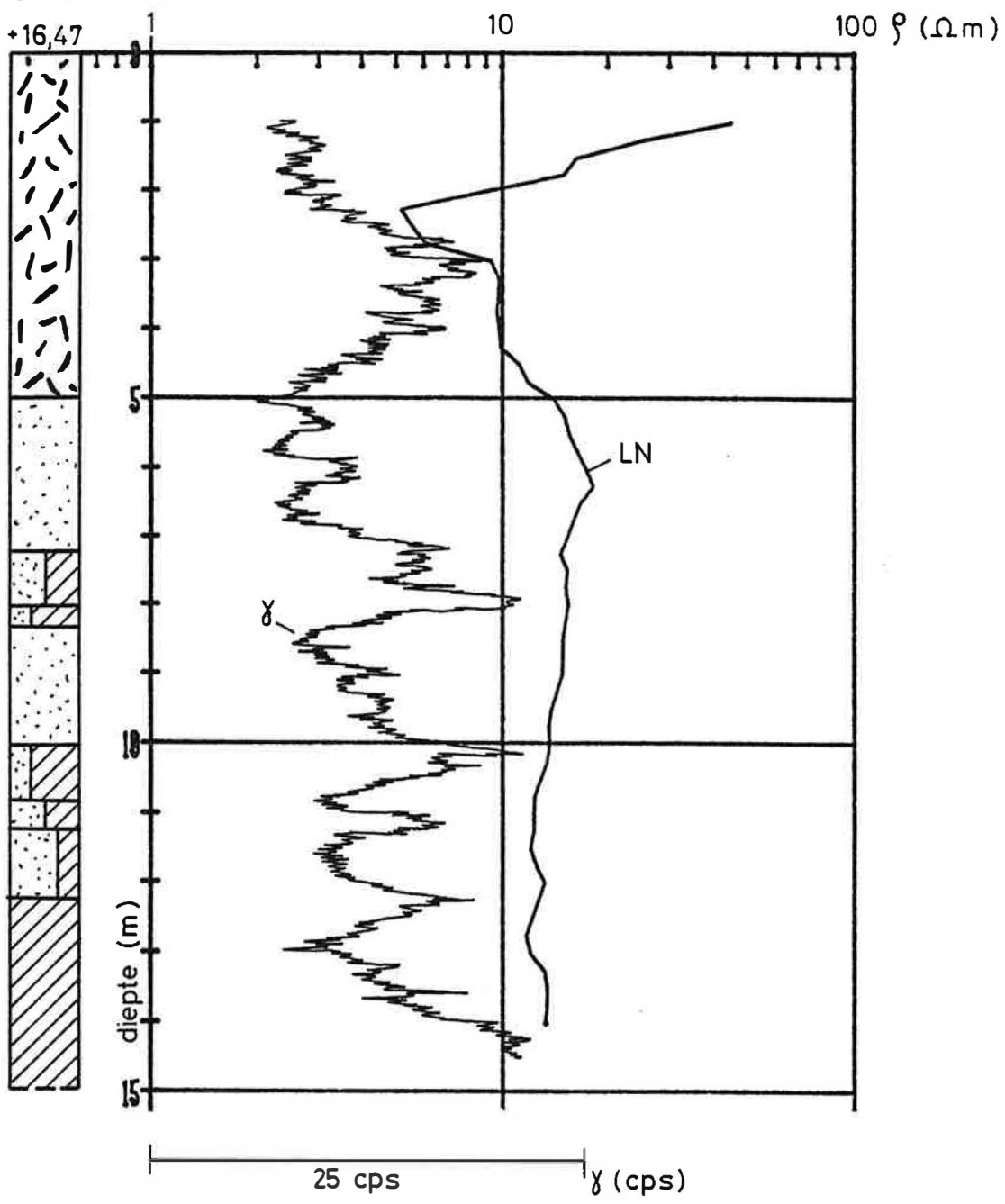


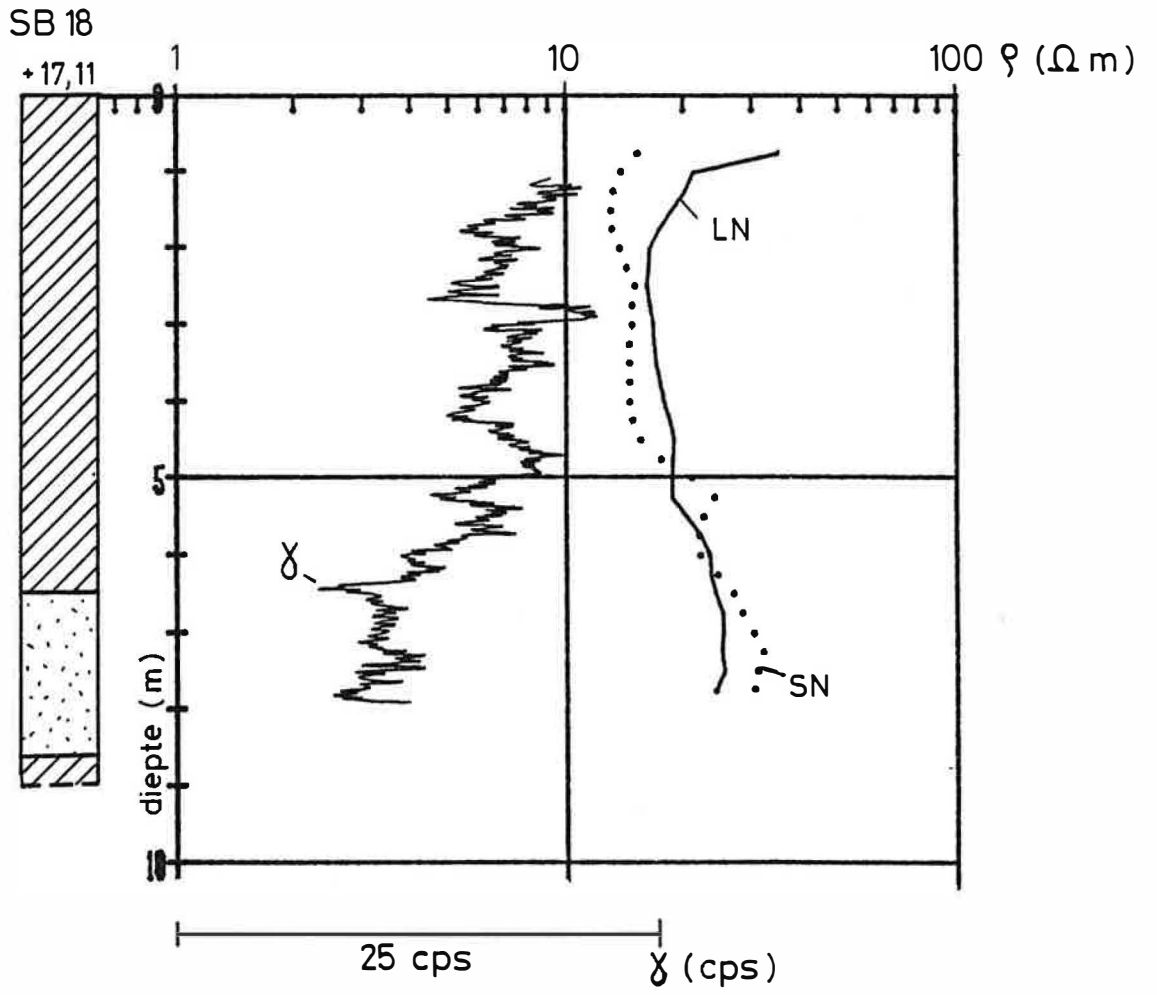
SB10

+15,66



SB 12
+16,47





BIJLAGE 3 : BEREKENINGEN VAN DE RESULTATEN VAN DE POMP-
PROEF KZ.

Voor gedetailleerde gegevens over de interpretatietechniek van de pompproef wordt verwezen naar G. KRUSEMAN & N. DE RIDDER (1970).

Interpretatiemethode van WALTON

$$kD = \frac{Q}{4\pi S} W(u, r/L)$$

$$c = \frac{L^2}{kD}$$

$$s = \frac{4kD \cdot t}{r^2} u$$

$$\text{Peilbuis SB 1 : } kD = \frac{28,8 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 1}{4\pi \cdot 0,046} = 49,85 \text{ m}^2/\text{dag}$$

$$c = \frac{(84 \text{ m})^2}{49,85 \text{ m}^2/\text{d}} = 141,55 \text{ d}$$

$$s = \frac{4 \cdot 49,85 \text{ m}^2/\text{d} \cdot 0,00041 \text{ d}}{(6,3)^2} = 0,00206 = 2,06 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Peilbuis SB 2 : } kD = \frac{28,8 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 1}{4\pi \cdot 0,03} = 76,43 \text{ m}^2/\text{dag}$$

$$c = \frac{(125 \text{ m})^2}{76,43 \text{ m}^2/\text{d}} = 204,44 \text{ d}$$

$$s = \frac{4 \cdot 76,43 \text{ m}^2/\text{d} \cdot 0,00095 \text{ d}}{(12,5)^2} = 0,00186 = 1,86 \cdot 10^{-3}$$