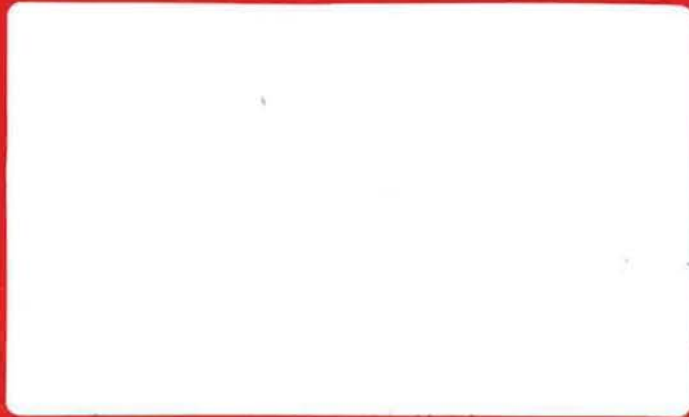


rijksuniversiteit gent

leerstoel voor
toegepaste geologie



LITG

geologisch Instituut
krijgslaan 281-S8
B 9000 gent

telefoon 091-22.57.15

T50 81/030

HYDROGEOLOGISCHE KAARTENATLAS
KALMTHOUT-ESSEN
(kaartbladen N.G.I. nrs. 1/7, 1/8, 7/3 en 7/4)

Tekst

LTG

geologisch instituut
krijgslaan 281-S8
B 9000 gent

telefoon 091-22.57.15

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap

Leiding : Prof. Dr. W. DE BREUCK

Verslag en studie : Lic. E. VAN DYCK
Lic. M. VAN CAMP

Onderzoek : TGO 81/08a
Datum : november 1985

INHOUD

Lijst van de figuren	I
Lijst van de tabellen	II
Lijst der bijlagen	IV
Kaartenatlas	V
Voorwoord	VI
1. Inleiding	1
1.1. Opdracht	1
1.2. Uitwerking	
1.3. Ligging en beschrijving van het studie- gebied	2
1.3.1. Ligging en begrenzing	2
1.3.2. Topografie en morfologie	3
1.3.3. Hydrografie	6
1.3.4. Geologie	7
1.3.5. Hydrogeologie	9
2. Beschikbare gegevens en uitgevoerde werkzaam- heden	12
2.1. Beschikbare gegevens	12
2.1.1. Algemene gegevens	12
2.1.1.1. Kaarten	13
2.1.1.2. Luchtfoto's	13
2.1.1.3. Literatuurgegevens	13
2.1.2. Puntgegevens	13
2.1.2.1. Geologie-litologie-hydrogeologie	14
2.1.2.2. Hydrografie-hydrologie-hydrometeoro- logie	14
2.1.2.3. Topografie	15
2.1.2.4. Grondwaterwinningen	15
2.1.2.5. Hydrochemie	15
2.2. Uitgevoerde werkzaamheden	16
2.2.1. Algemeen	16

2.2.2. Boringen	16
2.2.2.1. Doel	16
2.2.2.2. Ligging	17
2.2.2.3. Uitvoering	17
2.2.2.4. Resultaten	18
2.2.3. Geofysische boorgatmetingen	18
2.2.3.1. Doel	18
2.2.3.2. Uitvoering	18
2.2.3.3. Resultaten	20
2.2.4. Uitbouw van het piëzometernet	20
2.2.5. Waterpassing	24
2.2.5.1. Doel	24
2.2.5.2. Uitvoering	24
2.2.5.3. Resultaten	24
2.2.6. Stijghoogtewaarnemingen	27
2.2.6.1. Algemeen	27
2.2.6.2. Uitvoering	28
2.2.6.3. Resultaten	28
2.2.7. Grondwatermonsternamen en fysico- chemische analyses	29
2.2.7.1. Doel	29
2.2.7.2. Uitvoering	29
2.2.7.3. Resultaten	32
2.2.8. Debietmetingen op waterlopen	32
2.2.8.1. Doel	32
2.2.8.2. Uitvoering	33
2.2.8.3. Resultaten	34
3. Resultaten - bespreking van de kaartenatlas	35
3.1. KAART 1 - Dokumentatie	35
3.1.1. Inleiding	35
3.1.2. Ligging van de gebruikte gegevens	35
3.1.3. Aard van de gebruikte gegevens	35
3.1.4. Herkomst van de puntwaarnemingen	36
3.1.5. Bespreking van de kaart	37

3.2. KAART 2 - Hydrografie	37
3.2.1. Inleiding	37
3.2.2. De neerslag	39
3.2.3. De stroombekkens	39
3.2.3.1. Het bekken van de Spillebeek (Bekken I)	39
3.2.3.2. Het bekken van de Kleine A (Bekken II)	40
3.2.3.3. Het bekken van de Weerij's (Bekken III)	42
3.2.3.4. Het bekken van het Schijn (Bekken IV)	42
3.2.3.5. Het bekken van de Kabeljauwbeek (Bekken V)	43
3.2.4. De debieten van de waterlopen	43
3.2.4.1. Inleiding	43
3.2.4.2. Bespreking van de resultaten	43
3.2.5. De kartografische voorstelling	47
3.2.5.1. Het hydrografisch net	47
3.2.5.2. Stilstaande waters - moerassen	48
3.2.5.2.1. Stilstaande waters	48
3.2.5.2.2. Moerassen	49
3.2.5.3. Waterscheidingen - Stroombekkens	49
3.2.5.4. Hydrometeorologie	49
3.2.5.5. Afvalwaterzuivering	49
3.3. KAART 3 - Grondwaterwinning	50
3.3.1. Inleiding	50
3.3.2. Waterwinningen van de P.I.D.P.A.	50
3.3.2.1. Putte-Kapellen	50
3.3.2.2. Essen	52
3.3.2.3. Wuustwezel	52
3.3.3. Waterwinningen van de N.V. Water- maatschappij Zeeland	53
3.3.3.1. Putte	53
3.3.3.2. Ossendrecht	53
3.3.3.3. Huybergen	53
3.3.4. Private winningen	54

3.3.5. Kartografische voorstelling	54
3.3.5.1. Oorsprong van het gewonnen water	54
3.3.5.2. Bestemming van het gewonnen water	55
3.3.5.3. Hoeveelheid gewonnen water	55
3.3.5.4. Winmethode	55
3.4. KAARTEN 4 tot en met 8 en de GEOLOGISCHE DOORSNEDE - Litologie - Hydrogeologie	56
3.4.1. Inleiding	56
3.4.2. Litostratigrafie	56
3.4.2.1. Formatie van de Rupel (Boven- Rupeliaan)	56
3.4.2.2. Formatie van Berchem (Midden-Mioceen)	57
3.4.2.3. Formatie van Diest (Boven-Mioceen)	57
3.4.2.4. Formatie van Kattendijk (Onder- Plioceen)	58
3.4.2.5. Formatie van Lillo (Boven-Plioceen)	58
3.4.2.5.1. Lid van de Luchtbal	60
3.4.2.5.2. Lid van Oorderen	61
3.4.2.5.3. Lid van Kruisschans	61
3.4.2.5.4. Lid van Merksem	61
3.4.2.6. Formatie van Merksplas (Onder- Pleistoceen)	61
3.4.2.7. Formatie van de Kempen (Onder- Pleistoceen)	62
3.4.2.8. Dek- en stuifzanden, alluvium (Bovenpleistoceen en Holoceen)	63
3.4.3. Kartografische voorstelling - be- spreking	64
3.4.3.1. Inleiding	64
3.4.3.2. Kaart 4 - watervoerende laag A	64
3.4.3.3. Kaart 5 - slecht doorlatende laag B'	65
3.4.3.4. Kaart 6 - watervoerende laag B	65
3.4.3.4. Kaart 7 - slecht doorlatende laag C'	66
3.4.3.6. Kaart 8 - watervoerende laag C	66
3.4.3.7. Geologische doorsnede	67

3.5. KAARTEN 9 tot en met 12 : Stijghoogten in de watervoerende lagen A en B - resultaten van de peilwaarnemingen	68
3.5.1. Inleiding	68
3.5.2. Kartografische voorstellin	69
3.5.2.1. KAART 9 en 10 : Stijghoogten in de watervoerende laag A	69
3.5.2.2. KAART 11 en 12 : Stijghoogten in de watervoerende laag B	72
3.5.3. Tijd-stijghoogtelijnen - de seizoenva- riaties van de stijghoogten	73
3.5.3.1. Algemeen	73
3.5.3.2. Stijghoogteschommelingen in de water- voerende laag A	74
3.5.3.3. Stijghoogteschommelingen in de water- voerende laag B	77
3.5.3.4. Stijghoogteschommelingen in de water- voerende lagen A en B	78
3.6. KAARTEN 13 en 14 - Ionenverdeling in de water- voerende lagen A en B	79
3.6.1. Inleiding	79
3.6.2. Bespreking van de resultaten	82
3.6.2.1. Hydrochemie van de watervoerende laag A	83
3.6.2.1.1. Het freatische water in de "Kalmt- houtse Heide"	83
3.6.2.1.2. Freatisch water in de vallei van de Kleine A, niet beïnvloed door land- bouwactiviteiten	84
3.6.2.1.3. Freatische water beïnvloed door land- bouwactiviteiten	88
3.6.2.2. Hydrochemie van de watervoerende laag B	89
3.6.2.3. Hydrochemie van enkele oppervlaktewaters	92
3.6.3. Kartografische voorstelling - KAARTEN 13 en 14	92

4. Besluit	94
Geraadpleegde werken	98

LIJST VAN FIGUREN

- Fig. 1.1 Situering van het gebied in de streek ten noorden van Antwerpen
- Fig. 1.2 Begrenzing van het studiegebied met aanduiding van de gemeentegrenzen
- Fig. 1.3 Schematische voorstelling van de hydrogeologische bouw
- Fig. 2.1 Ligging van de boringen in het studiegebied, uitgevoerd door de Leerstoel voor Toegepaste Geologie
- Fig. 2.2 Elektrische boorgatmeting: langnormaalopstelling
- Fig. 2.3 Situering peilbuizen in het studiegebied met grondwaterbemonstering in de watervoerende laag A
- Fig. 2.4 Situering peilbuizen in het studiegebied met grondwaterbemonstering in de watervoerende laag B
- Fig. 2.5 Algemeen concept, schematische voorstelling en voorbeeld van een debiet-meetgoot
- Fig. 3.1 Schematische voorstelling hydrologische cyclus
- Fig. 3.2 Stroomdiagram hydrologische cyclus
- Fig. 3.3 Jaarlijkse neerslag, opgemeten in de meteorologische stations van Essen, Stabroek en Wuustwezel
- Fig. 3.4 Lengteprofielen van de Dorpsbeek-Kleine A, Spillebeek en Molenbeek
- Fig. 3.5 Maandelijkse hoeveelheid gewonnen water in de grondwaterwinningen van de PIDPA
- Fig. 3.6 Jaarlijkse hoeveelheid gewonnen water in de grondwaterwinningen van de WMZ
- Fig. 3.7 Cirkelvoorstelling van de hoeveelheid gewonnen water
- Fig. 3.8. Piper-diagram met de grondwateranalysen uit de watervoerende laag A
- Fig. 3.9. Piper-diagram met de grondwateranalysen uit de watervoerende laag B

LIJST VAN TABELLEN

- Tabel 1.1. Hydraulische parameters van de hydrogeologische eenheden bepaald aan de hand van pompproeven uitgevoerd door de Leerstoel voor Toegepaste Geologie (W. DE BREUCK & E. VAN DYCK & L. LEBBE, 1981)
- Tabel 2.1. Boringen uitgevoerd door de Leerstoel voor Toegepaste Geologie
- Tabel 2.2. Overzicht van de peilbuizen geplaatst in het kader van de kaartenatlas Kalmthout-Essen.
- Tabel 2.3. Overzicht van de gebruikte hoogtemerkeken van het NGI
- Tabel 2.4. Overzicht van de peilbuizen met grondwaterbemonstering in de watervoerende laag A
- Tabel 2.5. Overzicht van de peilbuizen met grondwaterbemonstering in de watervoerende laag B
- Tabel 3.1. Gebruikte symbolen op de dokumentatiekaart
- Tabel 3.2. Waarnemingsstations van het K.M.I.
- Tabel 3.3. Maandelijks gemiddelde dagdebieten (m^3/dag) naar waterlopen
- Tabel 3.4. Grondwaterwinningen binnen het studiegebied
- Tabel 3.5. Granulometrische parameters (gemiddelde waarden) van monsters uit de neogene en kwartaire afzettingen (W. DE BREUCK & E. VAN DYCK & L. LEBBE, 1981)
- Tabel 3.6. Grondwaterbekkens in de watervoerende laag A
- Tabel 3.7. Voornaamste resultaten wateranalysen - vergelijking met de normen gesteld aan leidingwater bij het KB van 27 april 1984 - watervoerende laag
- Tabel 3.8. Voornaamste resultaten wateranalysen - vergelijking met de normen gesteld aan leidingwater bij het KB van 27 april 1984 - watervoerende laag B
- Tabel 3.9. Gemiddelde chemische samenstelling van de freatische waters onder de Kalmthoutse Heide (6 monsters)
- Tabel 3.10. Gemiddelde chemische samenstelling voor de freatische waters in de vallei van de Kleine A, niet beïnvloed

door landbouwactiviteiten (2 monsters)

Tabel 3.11. Gemiddelde chemische samenstelling van de freatische waters, beïnvloed door de landbouwactiviteiten (12 monsters)

Tabel 3.12. Gemiddelde chemische samenstelling van de watermonsters uit de watervoerende laag B, groep 1 (bicarbonaat-arme variëteit) (17 monsters)

Tabel 3.13. Gemiddelde chemische samenstelling van de watermonsters uit de watervoerende laag B, groep 2 (bicarbonaat-houdende variëteit) (6 monsters)

Tabel 3.14. Gemiddelde chemische samenstelling van de watermonsters uit de watervoerende laag B (alle monsters)

LIJST VAN DE BIJLAGEN

- Bijlage 1. Samenstelling van de stuurgroep
- Bijlage 2. Liggingsplans van de boringen
- Bijlage 3. Boorstaten
- Bijlage 4. Klassifikatie van de litologie
- Bijlage 5. Resultaten van de boorgatmetingen en litologisch profiel
- Bijlage 6. Stijghoogtewaarnemingen
- Bijlage 7. Stijghoogtegrafieken
- Bijlage 8. Resultaten van de wateranalysen
- Bijlage 9. Resultaten debietmetingen
- Bijlage 10. Koninklijk Besluit betreffende de kwaliteit van het leidingwater

KAARTENATLAS

Verklarende nota

- Kaart 1 : Dokumentatie
- Kaart 2 : Hydrografie
- Kaart 3 : Grondwaterwinningen
- Kaart 4 : Basis en dikte van de watervoerende laag A
- Kaart 5 : Basis en dikte van de slecht doorlatende laag B'
- Kaart 6 : Basis en dikte van de watervoerende laag B
- Kaart 7 : Basis en dikte van de slecht doorlatende laag C'
- Kaart 8 : Basis en dikte van de watervoerende laag C
- Kaart 9 : Stijghoogten in de watervoerende laag A tussen
28/10/82 en 05/11/82
- Kaart 10 : Stijghoogten in de watervoerende laag A tussen
28/04/83 en 05/05/83
- Kaart 11 : Stijghoogten in de watervoerende laag B tussen
28/10/82 en 05/11/82
- Kaart 12 : Stijghoogten in de watervoerende laag B tussen
28/04/83 en 05/05/83
- Kaart 13 : Ionenverdeling in de watervoerende laag A
- Kaart 14 : Ionenverdeling in de watervoerende laag B
- Geologische doorsnede

VOORWOORD

Het besef van de noodzaak voor de overheid om te beschikken over dokumenten die een synthese vormen en een overzicht geven van de aard en de toestand van de grondwaterlagen in het Vlaamse Gewest en over een middel om de omvang van de grondwatervoorraden en de invloed van eventuele grondwaterwinningen te bepalen, teneinde hierop een beleid te steunen, bracht er de heer Minister van de Vlaamse Gemeenschap toe ons een studie toe te vertrouwen waarvan deze kaartenatlas deel uitmaakt. Tegelijkertijd met de kaartenatlas van Kalmthout-Essen, werd een overeenkomst gesloten voor het opstellen van een hydrogeologisch mathematisch model van het Nederlands-Belgisch grensgebied in de omgeving van de "Kalmthoutse Heide", alsook voor het opstellen van een hydrogeologische kaartenatlas van de Scheldevallei in Vlaanderen, stroomopwaarts Gavere tot het kanaal Bossuit-Kortrijk. Van deze twee andere studies werden afzonderlijke rapporten opgesteld.

Talrijke personen en instellingen hebben ertoe bijgedragen dat deze opdracht tot een goed einde werd gebracht en het is ons hierbij een waar genoegen deze te bedanken. Wij denken hierbij aan :

de heer ir. A. DENTENEER, waarnemend Directeur-Generaal,
Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu
van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap - Brussel.

de heer ir. P. VANSTEELANDT, Coördinerend Directeur,
Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu,
van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap - Gent.

de heer ir. M. GOOSSENS, Eerstaanwezend Ingenieur-Diensthoofd,
Dienst Water- en Bodembeleid van de Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu van het

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap - Brussel.

de heer ir. K. BUTTIENS, Mijningenieur, Dienst Natuurlijke Rijkdommen en Energie van de Administratie voor Economie en Werkgelegenheid van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap - Gent.

de heren ir. M. BRUYNDONCKX, Hoofdingenieur-Directeur van de Technische Dienst, ir. R. SABO en G. WILLAERT, Afdelingschef, Provinciale en Intercommunale Drinkwatermaatschappij der Provincie Antwerpen - Antwerpen.

de heren Dr. J. F. GEYS en F. D'HAeyer, Rijksuniversitair Centrum Antwerpen (RUCA) - Antwerpen.

de heren ir. W. VANDENBROUCKE, Rijksingenieur, en J. VAN GOMPEL, Brigadechef-Boswachter, Dienst Groenbeheer van de Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap - Antwerpen.

de heer Dr. ir. M. G. BOS, International Institute for Land-reclamation and Improvement (ILRI) - Wageningen (Nederland).

de heer ir. L. PEETERS, Adjunct-Directeur, Provinciale Technische Dienst - Antwerpen.

de heer Dr. D. VERHOEVE (+), Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie van het Ministerie van Volksgezondheid en van het Gezin - Brussel.

Verder danken wij eveneens de volgende instellingen of ondernemingen :

de Belgische Geologische Dienst - Brussel

het Nationaal Geografisch Instituut (NGI) - Brussel

VIII

het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI) - Brussel
de Openbare Afvalstoffenmaatschappij (OVAM) - Mechelen
het Provinciaal Instituut voor Hygiëne (PIH) - Antwerpen
de N.V. SMET - DB - Dessel
de N.V. Watermaatschappij Zuid-West-Nederland (WMZ) - Goes
(Nederland)

I. INLEIDING

1.1. Opdracht

Op 30 juni 1981 is door de Heer Minister van de Vlaamse Gemeenschap aan de Leerstoel voor Toegepaste Geologie van de Rijksuniversiteit te Gent de opdracht gegeven een hydrogeologische kaartenatlas op te stellen van Kalmt-hout-Essen (kaartbladen 1/7, 1/8, 7/3 en 7/4 van het Nationaal Geografisch Instituut). De werkzaamheden waren gespreid over een periode van vier jaar te rekenen vanaf 20 november 1981 (drie maanden na ontvangst van de goedkeuring). Geregeld is verslag uitgebracht over de vorderingen van de werkzaamheden voor een stuurgroep onder leiding van respectievelijk de heren ir. A. DENTENEER, ir. P. VANSTEELANDT, ir. K. BUTTIENS en ir. M. GOOSSENS. De vergaderingen vonden plaats op 4.2.1982; 7.6.1982; 4.10.1982; 10.1.1983; 9.5.1983; 17.10.1983; 13.2.1984; 18.6.1984; 24.9.1984; 11.2.1985 en 17.10.1985. (De samenstelling van de stuurgroep is terug te vinden in bijlage 1). Het eindverslag, de hydrogeologische kaartenatlas en de verklarende tekst werden na goedkeuring van een voorlopige versie twee maanden na het beëindigen van het projekt ingeleverd.

1.2. Uitwerking

De kaartenatlas omvat een reeks thematische kaarten die een hydrogeologisch overzicht geven van de afzettingen boven de Klei van Boom (Formatie van de Rupel). De volgende thema's worden behandeld :

- de aard, afmetingen en hydraulisch karakter van de lagen
- de stijghoogten in de verschillende watervoerende lagen
- de grondwaterkwaliteit in de verschillende watervoerende lagen
- de plaats en de omvang van de grondwaterwinningen

- de hydrografie en de hydrometeorologie.

Om het vooropgestelde doel te bereiken werd de studie in drie fasen opgesplitst.

In een eerste fase werden alle beschikbare hydrogeologische en aanverwante gegevens met betrekking tot het studiegebied bijeengebracht, beoordeeld en verwerkt.

Tijdens een tweede fase werden op basis hiervan aanvullende werkzaamheden gepland. Deze omvatten spoelboringen met geofysische boorgatmetingen, de uitbouw van een piëzometernet, maandelijkse peilmetingen, grondwateranalysen en debietmetingen van de oppervlaktewaterafvoer.

Gedurende de derde en laatste fase werden alle gegevens op kaarten verwerkt en werd het verslag opgesteld.

1.3. Ligging en beschrijving van het studiegebied

1.3.1. Ligging en begrenzing

Het studiegebied situeert zich in de Antwerpse Noorderkempen en ligt op de kaartbladen 1/7-8 (Essen) en 7/3-4 (Kalmthoutse Hoek-Kalmthout) van de topografische kaart van het NGI. Het beslaat een oppervlakte van ruim 113 km² (zie fig. 1.1. en 1.2.).

In het noorden, het oosten en het westen strekt het studiegebied zich uit tot aan de Belgisch-Nederlandse grens. De zuid- en zuidoostgrens werden respectievelijk gelegd aan de zuidrand (Lambert-koördinaat Y = 228 180), en de oostrand (Lambert-koördinaat X = 162 030) van kaartblad 7/3-4.

Het bestudeerde gebied behoort tot de gemeenten Essen, Kalmthout en een klein gedeelte Wuustwezel, en omvat de dorpskernen van Achterbroek, Essen, Heide, Kalmthout, Kalmthoutse Hoek, Nieuwmoer en Wildert. Het gebied wordt doorkruist door de spoorlijn Antwerpen-Roosendaal. Belangrijke verkeersaders zijn de verbindingswegen Kapellen - Kalmthout - Essen (N 122), Brasschaat - Essen (N117), Wuustwezel - Essen (N133) en Stabroek - Wuustwezel

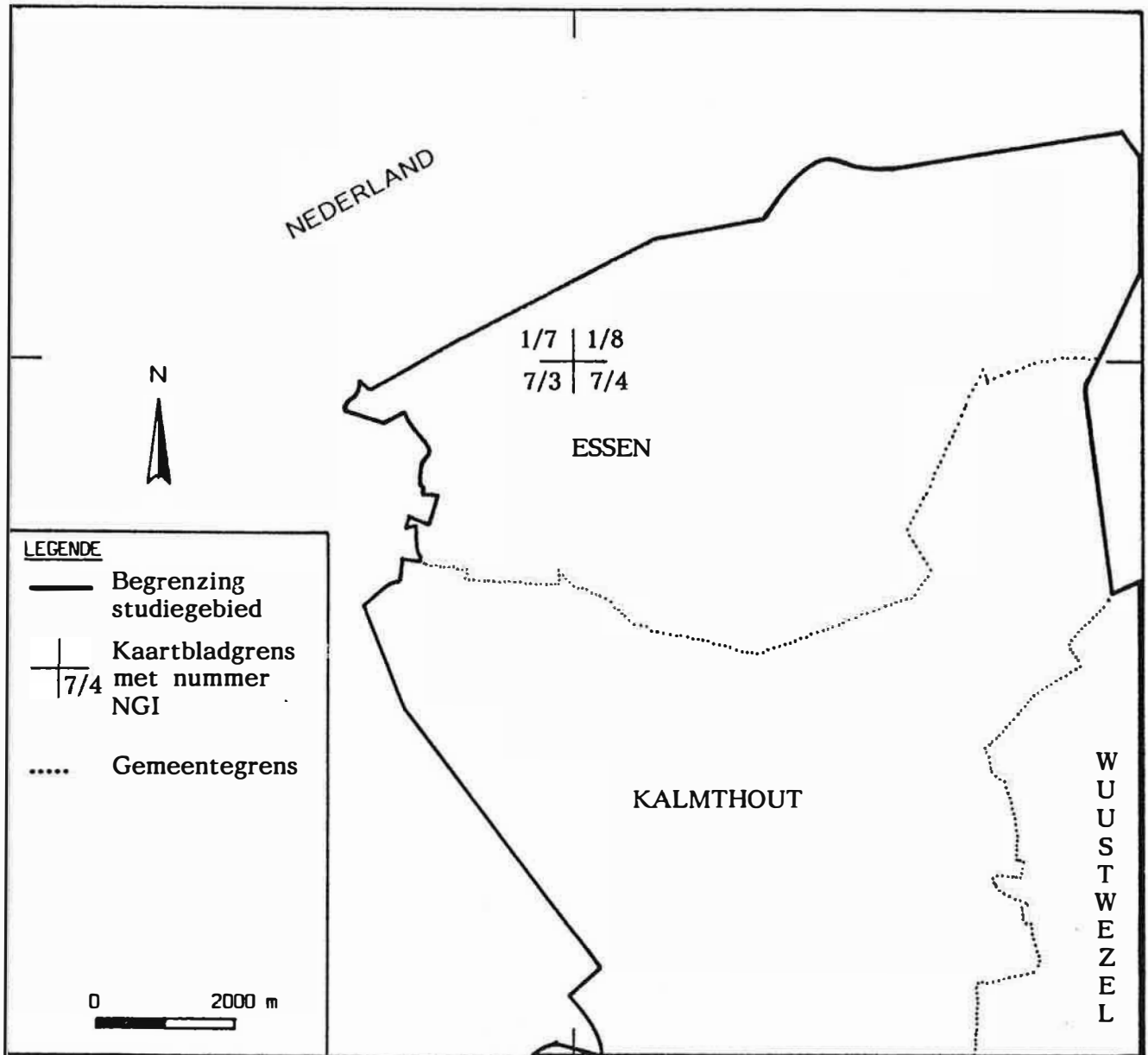


Fig. 1.2 - Begrenzing van het studiegebied met aanduiding van de gemeentegrenzen

(N111)*. Aan de zuidgrens bevat het studiegebied een deel van het militair domein van het Klein Schietveld van de Veldartillerieschool te Brasschaat.

Ongeveer 1870 ha wordt ingenomen door het geklasseerde gebied de "Kalmthoutse Heide", waarvan het centrale deel bij K.B. van 24.09.1968 tot volwaardig staatsnatuurreservaat werd verklaard. Verder valt ook het vogelreservaat "De Maatjes" gedeeltelijk binnen het gekarteerde gebied.

1.3.2. Topografie en morfologie

De Antwerpse Noorderkempen worden gekenmerkt door een vlakke dekzandtopografie, waarin duinmassieven opvallen door hun sterk microreliëf met duinheuvelds en vennen (M. MIJS, 1973). In het studiegebied wordt het landschapsbeeld gekenmerkt door een zwakgolvend microreliëf, met een opeenvolging van ruggen en depressies, die geleidelijk in elkaar overgaan, en waarin, buiten de duinmassieven, de hellingen meestal minder dan 1° bedragen.

De hoogteligging daalt geleidelijk van zuid naar noord. Hooggelegen zones komen voor in het zuiden van het studiegebied op het Klein Schietveld (tot + 27*), in de Hazenduinen ten noordwesten van de Putse Moer (tot + 30), en nabij de Botterbergen ten oosten van het Stappersven (+ 25). Daarnaast komen een aantal minder uitgesproken hoogten voor met geringe niveauverschillen.

Een groot deel van het gebied behoort tot de vallei van de Kleine A. De laagste peilen komen voor nabij de Nederlandse grens (peil + 10). De insnijding van deze depressie overtreft

* Nieuwe nummering van het Ministerie van Openbare Werken, in voege vanaf 1.1.1986

* Alle peilen worden uitgedrukt in m ten overstaan van het referentieveld van de Tweede Algemene Waterpassing (TAW) van het NGI.

nergens 2 tot 3 meter. Plaatselijk kan de begrenzing vrij scherp zijn. In Wildert bedraagt de breedte van de vallei normaal honderd meter. Enkele kleinere west-oost gerichte laagten komen in de vallei uit. De depressies ten oosten van de Kleine A dalen geleidelijk in oostelijke richting. Plaatselijke laagten worden gevormd door het voormalige Moerven (+ 14) en het gebied rond de Nol (peil + 16).

De hoogtelijnen zijn aangegeven op de topografische kaart, die als basiskaart gebruikt werd voor de verschillende kaarten.

Volgens J. DE PLOEY (1961) wordt in de Noorderkempen de macro-morfologie gedomineerd door het voorkomen van een micro-cuesta, waarvan het cuestaoppervlak zich voordoet als een zwak afhellende vlakte. Dit oppervlak omvat in het studiegebied een noordelijk deel, gesitueerd tussen de Nederlandse grens en de 20 m hoogtelijn, en een zuidelijk deel dat gekenmerkt wordt door een iets sterkere reliëfintensiteit, en aanvangt ten zuiden van het centrum van Kalmthout (M. MIJS, 1973).

Op het hoogste niveau van de cuestarug zou de top van de Formatie van de Kempen overeenkomen met het oorspronkelijk regressieoppervlak van de waddenafzettingen. De dekzandmantel is er heel dun en heeft geen eigen microreliëf opgebouwd. In het noordelijk deel is het oorspronkelijk substraatrelief geërodeerd. De beekdalen zijn er relatief diep in het klei-substraat ingesneden (M. MIJS, 1973). In het studiegebied zijn enkel de dalen van de Kleine A ten noorden van Wildert en de Spillebeek ten noorden van de Huybergsebaan op de topografische kaart als echte beekdalen te herkennen. Ze worden gekarakteriseerd door een dalprofiel met rechtlijnige hellingsstukken die door brede konvexiteiten begrensd worden, en door het voorkomen van een alluviale vlakte. Het dal van de Kleine A is een vlakbodemdalen, waarbij de konvex-konkave dalhellingen meestal minder dan 1° steil zijn, en dat als een typisch opvullingsdal kan gekenmerkt worden. Te Wildert ontbreekt de vlakke dalbodem over een lengte van enkele honderden meters : de Kleine A loopt er door een vleugeldal. Ook in de vallei van

de Spillebeek worden deze twee daltypes aangetroffen.

De aanwezigheid van brede vlakke dalbodems, de verbreding van sommige delen van de dalen en de aanwezigheid van min of meer gesloten depressies wijst erop dat de huidige dal-morfologie aan de aanwezigheid van belangrijke opvullingspakketten in oude erosiedalen moet toegeschreven worden. In de alluviale vlakte van de Kleine A bedraagt het opvullingspakket soms meer dan 3 m. De aanwezigheid van de geïsoleerde, langgerekte depressies doet het vermoeden rijzen dat het oorspronkelijk rivierstelsel een afwijkende configuratie moet vertoond hebben, waarbij de pleistocene dalwanden merkelijker steiler waren dan de huidige dalvormen (M. MIJS, 1973).

Het microreliëf van de vlakke interfluvia tussen de grote beekdalen is een niveo-eolisch dekzandreliëf. Het substraat is er afgedekt door 1 tot 2 meter licht leemhoudend zand en vertoont slechts geringe niveauverschillen. Naar het noorden komt op de interfluvia een afgevlakt substraatrelieëf voor. De dekzanden zijn vaak minder dan 1 m dik.

Waar stuifzanden de dekzandmorfologie van de interfluvia afdekken, komen grotere niveauverschillen voor. De landduinen van de Noorderkempen sluiten in hun vormgeving aan bij de kustduinen. Ook hier is er een belangrijke beïnvloeding door de plantengroei. In het studiegebied worden verschillende duinmassieven aangetroffen, waarvan de belangrijkste in het natuurreservaat van de "Kalmthoutse Heide" voorkomen. Het duingebied van het natuurreservaat kan onderverdeeld worden in een vijftal delen met een golvend duinreliëf, gescheiden door stuifzandvlakten. In het noordwesten vormen de Steertse duinen, samen met de Nolse duinen, een langgerekt, west-oost gericht duinkomplex. Het noordoosten bevat het duinmassief van de Boterbergen. Ten zuiden van deze twee eenheden komt een grote panne voor waarin zich verschillende vennen (o.a. het Stappersven) bevinden. Ten zuiden van deze vlakte komen nog drie duinmassieven voor : de Zwarte Heuvel en de Kriekelaarsduinen nabij de Kriekelaarsvennen, het halfcirkelvormige duinkomplex

met de Hazenduinen ten zuiden en zuidoosten van de Kriekelaarsvennen, en het centrale deel van het natuurreservaat, dat wordt ingenomen door de Vossenberg-, Wilgen- en Kambusduinen.

In het zuiden van het studiegebied, op het Klein Schietveld, bevindt zich het uitgestrekt stuifzandlandschap van de Franse Heide. Er zijn enkele vennen aanwezig.

Ten noordoosten van de wijk Ertborringen, op de oostgrens van het kaartblad 7/4, komen de Bleke Duinen voor.

De Essenduinen liggen in het noordoostelijke deel van het studiegebied, tegen de Nederlandse grens. Ze worden in een noordelijk en zuidelijk deel gesplitst door het voorkomen van enkele grote deflatiekammen.

Ook de Wildertse Duinen, ten noordwesten van Wildert kunnen tweedelig beschouwd worden : het westelijk gedeelte is tamelijk vlak, terwijl in het oosten enkele specifieke duinvormen optreden.

Verspreid in het studiegebied komen nog enkele kleinere stuifzandgebieden voor. Ze zijn slechts van beperkt belang.

1.3.3. Hydrografie

Oppervlakte- en grondwater worden vooral gevoed door de neerslag. In de periode 1969-1985 bedroeg de gemiddelde neerslag in het KMI-station te Essen in het noorden van het gebied, 867,4 mm/jaar, te Wuustwezel, in het oosten, 850,5 mm/jaar en te Stabroek, in het westen, 774,7 mm/jaar.

De oppervlaktewaters behoren tot vijf verschillende stroombekkens. Enkel de bekkens van de waterlopen die ofwel rechtstreeks in open zee afwateren, ofwel in rivieren die in zee uitmonden, worden hierbij beschouwd. Voor de benaming van het bekken, wordt hierna de naam gebruikt van de belangrijkste waterloop op Belgisch grondgebied.

Het bekken van de Spillebeek behoort tot het bekken

van "De Zoom" op Nederlands grondgebied en watert af in de Oosterschelde. De Oude Moervaart vertrekt vanuit De Nol en sluit aan op de Spillebeek. De westelijk gelegen Molenbeek sluit pas in Nederland aan op de Spillebeek.

Het bekken van de Kleine A beslaat het grootste deel van het gebied en wordt in Nederland het bekken van Roosendaalse en Steenbergse Vliet genoemd, dat in het Volkerak afwatert. Het omvat op Belgisch grondgebied het deelbekken van de Kleine A en dat van de Roosendaalse Vaart. De Kleine A is de belangrijkste waterloop in het studiegebied.

Een beperkt deel aan de oostgrens van het kaartblad behoort tot het bekken van de Weerijs, dat in Nederland tot het grote bekken van de Dintel behoort, die in het Volkerak uitmondt.

In het zuiden en zuidwesten gebeurt de afwatering naar de Westerschelde. Het zuiden behoort tot het bekken van het Schijn, het zuidwesten tot het bekken van de Kabeljauwbeek, die in Nederland tot het bekken van het Kreekrak behoort.

1.3.4. Geologie

Het paleozoïsch substraat behoort tot het Massief van Brabant. Het bevindt zich tussen de peilen - 850, in het zuiden van het studiegebied, en - 1075 in het noorden (R. LEGRAND, 1968). Het wordt diskordant bedekt door mesozoïsche deklagen, die ca. 250 m dik zijn.

De tertiaire afzettingen omvatten verschillende formaties van het Eoceen en van het Oligoceen. Het Eoceen is ca. 350 m dik en is opgebouwd uit zanden en kleien van de Formaties van Landen, Ieper, Mont-Panisel, Lede, het Meetjesland en het onderste deel van de Formatie van Zelzate. Het Oligoceen vangt aan met het bovenste deel van de Formatie van Zelzate (Lid van Berg) en vervolgt met de Formatie van de Rupel, die het Lid van Boom, bestaande uit de Klei van Boom, bevat. Deze laatste vormt in het studiegebied het hydrogeo-

logisch substraat. Het is een grijze, zeer kompakte klei, die meer dan 100 m dikte bereikt. Men treft er niveaus van septariën, of kalkkonkreties, in aan.

Het Mioceen vangt aan met de Formatie van Berchem. Het omvat het Lid van Edegem, bestaande uit donkergroene, zeer glaukonietrijke, kleihoudende fijne zanden, en het Lid van Antwerpen, bestaande uit donkergroene, glaukonietrijke, weinig kleihoudende fijne zanden. De maximale dikte van de Formatie van Berchem bedraagt ongeveer 40 m.

De bovenliggende Formatie van Diest is opgebouwd uit grijsgroene tot bruine, glaukoniethoudende grove zanden met een maximale dikte van ca. 90 m.

Het Plioceen vangt aan met de Formatie van Kattendijk. Deze bevat donkergrijs en groengrijs glaukoniethoudend, licht kleihoudend fijn tot middelmatig zand, met aanzienlijke hoeveelheden Ditrupaschelpen, en is meestal ongeveer 8 m dik.

De Formatie van Lillo, maximaal 25 m dik, bestaat in het studiegebied uit vier verschillende eenheden. Onderaan bevindt zich het Lid van de Luchtbal, licht-bruingrijs tot wit, zeer schelprijk, glaukoniethoudend zand. Daarop liggen achtereenvolgens het Lid van Oorderen, grijsgroen tot grijsbruin schelpenhoudend fijn zand met drie kompakte schelpenlagen, het Lid van Kruisschans, grijsgroen schelpenhoudend fijn zand, afgewisseld met donkergrijze kleilagen en het Lid van Merksem, bestaande uit grijsgele, fossiel- en glaukoniethoudend fijn zand.

Tot de kwartaire, onderpleistocene eenheden behoren de Formatie van Merksplas (maximaal 30 m dik), die uit grof zand bestaat, en de Formatie van de Kempen (meer dan 40 m dik). Dit laatste is een heterogeen litologisch complex, waarin snelle faciëswisselingen optreden, gaande van grinthoudend zand tot halfstijve klei, volgens een onregelmatig patroon. De Formatie van de Kempen, alsook de Formatie van Merksplas worden beschouwd als fluviatiel-limnische afzettingen.

Het onderpleistoceen substraat wordt bedekt door bovenpleistocene zanden van eolische oorsprong. Ze komen voor als een dekzandmantel. Plaatselijk zijn ze tot duinen opgewaaid (stuifzanden). In de vallei van de Kleine A bevindt zich een alluviale opvulling van veenhoudend, leem- of kleihoudend materiaal.

1.3.5. Hydrogeologie

De basis van het reservoir wordt gevormd door de Klei van Boom (Formatie van de Rupel, Lid van Boom), die men als ondoorlatend substraat kan beschouwen (fig. 1.3.).

Op grond van de hydraulische eigenschappen van de verschillende afzettingen, kunnen in het grondwaterreservoir boven het ondoorlatend substraat, drie watervoerende lagen, die van onder naar boven C, B en A genoemd worden, gescheiden door twee slecht-doorlatende lagen, C' en B', onderscheiden worden.

De gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag C, omvat de Formatie van Berchem, de Formatie van Diest, de Formatie van Kattendijk en de Leden van de Luchtbal en van Oorderen uit de Formatie van Lillo.

De slecht-doorlatende laag C' komt overeen met het Lid van Kruisschans uit de Formatie van Lillo. Deze laag kan plaatselijk ontbreken.

De tweede gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag B is opgebouwd uit het Lid van Merksem (Formatie van Lillo), indien aanwezig, de Formatie van Merksplas en het onderste zandig facies van de Formatie van de Kempen.

De bovenste slecht-doorlatende laag B' wordt gevormd door het kleihoudend gedeelte van de Formatie van de Kempen.

De watervoerende laag A is het freatisch of niet afgesloten reservoir boven de bovenste kleilaag in de Formatie van de Kempen. Het omvat het bovenste zandig facies van de Formatie van de Kempen, de dekzanden en de stuifzanden. Het

KRONDSTRATIGRAFIE		LITOSTRATIGRAFIE		LITOLOGIE	HYDROGEOLOGIE	Gekarteerde dikten en grensvlakken (met aanduiding van de KAARTEN)
K W A R T I A I R	H O L O C E E N	A L L U V I U M		VEENHOUDEND, LEEPHOUDEND TOT KLEIHOUDEND FIJN ZAND	ALLUVIUM	KAART 4
		S T U I F Z A N D E N		FIJN ZAND	WATERVOERENDE LAAG A	
	P L E I S T O C E E N	D E K Z A N D E N		FIJN ZAND TOT LEEPHOUDEND FIJN ZAND	S L E C H T D O O R L A T E N D E L A A G B' W A T E R V O E R E N D E L A A G B	KAART 4
		F O R M A T I E V A N D E K E M P E N		A F W I S S E L I N G V A N F I J N T O T P L A A T S E L I J K G R O F Z A N D E N K L E I		KAART 5
		F O R M A T I E V A N M E R K S P L A S		FIJN TOT GROF ZAND		KAART 5
P L I O C E E N	F O R M A T I E V A N L I L D	L I D V A N M E R K S E M		G L A U C O N I E T H O U D E N D S C H E L P E N H O U D E N D F I J N Z A N D	S L E C H T D O O R L A T E N D E L A A G C' W A T E R V O E R E N D E L A A G C	KAART 6
		L I D V A N K R U I S S C H A N S		G L A U C O N I E T H O U D E N D S C H E L P E N H O U D E N D F I J N Z A N D M E T K L E I L A G E N		KAART 6
		L I D V A N O O R D E R E N		G L A U C O N I E T H O U D E N D S C H E L P E N H O U D E N D K L E I H O U D E N D F I J N Z A N D M E T K O M P A K T E S C H E L P E N L A G E N		KAART 7
		L I D V A N D E L U C H T B A L		G L A U C O N I E T H O U D E N D S C H E L P E N R I J K F I J N Z A N D		KAART 7
	F O R M A T I E V A N K A T T E N D I J K		G L A U C O N I E T H O U D E N D S C H E L P E N H O U D E N D F I J N T O T M I D D E L M A T I G Z A N D	KAART 8		
	F O R M A T I E V A N D I E S T		G L A U C O N I E T H O U D E N D G R O F Z A N D			
	F O R M A T I E V A N B E R C H E M	L I D V A N A N T W E R P E N			G L A U C O N I E T R I J K S C H E L P E N H O U D E N D W E I N I G K L E I H O U D E N D F I J N Z A N D	
L I D V A N E D E G E M		G L A U C O N I E T R I J K S C H E L P E N H O U D E N D K L E I H O U D E N D F I J N Z A N D				
O L I G O - C E E N	F O R M A T I E V A N D E R U P E L L I D V A N B O O M		S T I J V E K L E I	O N D O O R L A T E N D S U B S T R A A T	KAART 8	

Fig. 1.3 - Schematische voorstelling van de hydrogeologische bouw

alluvium in de vallei van de Kleine A wordt eveneens tot deze laag gerekend.

Figuur 1.3. stelt de stratigrafische eenheden met hun litologische karakteristieken, en de watervoerende en slecht-doorlatende lagen voor. Hierop is ook vermeld op welke kaarten van de kaartenatlas, de isohypsen van de grensvlakken en isopachen van de hydrologische eenheden zijn voorgesteld.

In tabel 1.1. werden de hydraulische parameters van de lagen aangeduid.

Tabel 1.1. : Hydraulische parameters van de hydrogeologische eenheden bepaald aan de hand van pompproeven uitgevoerd door de Leerstoel voor Toegepaste Geologie (W. DE BREUCK & E. VAN DYCK & L. LEBBE, 1981).

EENHEID TYPE	POMPPROEF 73DB7 (Noorden studie- gebied)	POMPPROEF 74DB11 (Zuiden studie- gebied)
A WATERVOEREND	$S_o = 0,2$ $kD = 150 \text{ m}^2/\text{dag}$ $S = 3,6 \times 10^{-4}$	$S_o = 0,2$ $kD = 120 \text{ m}^2/\text{dag}$ $S = 3,1 \times 10^{-1}$
B' SLECHT-DOORLATEND	$c = 500 \text{ d}$	$c = 3300 \text{ d}$
B WATERVOEREND	$kD = 660 \text{ m}^2/\text{dag}$ $S = 7,1 \times 10^{-4}$	$kD = 690 \text{ m}^2/\text{dag}$ $S = 6,7 \times 10^{-4}$
C' SLECHT-DOORLATEND	$c = 10 \text{ d}$	$c = 50 \text{ d}$
C WATERVOEREND	$kD = 1060 \text{ m}^2/\text{dag}$ $S = 6,6 \times 10^{-4}$	$kD = 430 \text{ m}^2/\text{dag}$ $S = 5,4 \times 10^{-4}$

2. BESCHIKBARE GEGEVENS EN UITGEVOERDE WERKZAAMHEDEN

2.1. Beschikbare gegevens

De beschikbare gegevens verzameld in het kader van deze studie worden gesplitst in algemene- of overzichtsggegevens en puntgegevens.

2.1.1. Algemene gegevens

Deze laten toe op kleine schaal konklusies te trekken. Ze bestaan uit kaarten, luchtfoto's en literatuurgegevens.

2.1.1.1. Kaarten

De belangrijkste kaarten zijn :

- Topografische kaarten

Er zijn topografische kaarten beschikbaar van het Nationaal Geografisch Instituut (en voorheen Militair Geografisch Instituut) op schalen 1:10.000, 1:15.000, 1:25.000 van verschillende data. Het betreft de bladen Noordeneind 1/7, Essen 1/8, Essenhoek 7/3 en Kalmthout 7/4. Hierbij dient opgemerkt dat er in de loop van de studie, in 1983 en 1984, een 3^e uitgave verscheen van de kaarten op schaal 1:25.000 en 1:10.000. Als achtergrond voor de kaartenatlas werd evenwel nog de 2^e uitgave gebruikt.

- Bodemkaarten

De volgende bodemkaarten, uitgegeven door het Comité voor het opnemen van de Bodemkaart en de Vegetatiekaart van België onder de auspiciën van het I.W.O.N.L., op schaal

1:20.000, zijn beschikbaar : Moerkant 1 W, Essen 1 E, Horendonk 2 W (1958), Kalmthoutse Hoek 6 W (1961) en Kalmthout 6 E (1958).

- Geologische kaarten

De geologische kaarten op schaal 1:40.000, bladen Moerkant-Esschen n. 1 (M. MOURLON, 1895) en Calmpthoutschenhoek-Calmpthout nr. 6 (M. MOURLON, 1895) zijn beschikbaar.

2.1.1.2. Luchtfoto's

Er werden verschillende luchtfotoseries door het Nationaal Geografisch Instituut opgenomen op onregelmatige tijdstippen : 1948, 1964, 1967, 1968, 1975, 1978, 1979.

2.1.1.3. Literatuurgegevens

Talrijke publikaties, mededelingen, studies, enz... werden geraadpleegd. Deze staan vermeld in de geraadpleegde werken. Hierbij dient vooral het verslag van de "Hydrogeologische, bodemkundige en ekologische studie van de "Kalmthoutse Heide" en de omliggende landbouwgronden" (W. DE BREUCK & E. VAN DYCK & L. LEBBE, 1981), dat de aanzet tot deze kaartenatlas vormde, vermeld te worden.

2.1.2. Puntgegevens

Ze zijn van diverse aard en werden onderverdeeld in gegevens betreffende de geologie-litologie-hydrogeologie; hydrografie-hydrologie-hydrometeorologie; topografie; grondwaterwinningen en hydrochemie.

Uiteraard is de bovenvermelde studie ook bij de

puntgegevens van uitzonderlijk belang geweest.

2.1.2.1. Geologie-litologie-hydrogeologie

De voornaamste gegevens die hieronder vallen, zijn boringen, grondmechanische sonderingen en resistiviteitssonderingen. Voor het studiegebied is dit beperkt tot boringen. Boringen verlenen vooral inzicht van geologisch-litologische aard. Zeer zelden zijn er gegevens voorhanden van hydrogeologische aard (meestal beperkt tot het éénmalig opmeten van de grondwaterstand na de uitvoering van de boring).

Gegevens van boringen werden bekomen bij de volgende diensten of instellingen :

- de Belgische Geologische Dienst (B.G.D.)
- Administratie van het Mijnwezen, Ministerie van Economische Zaken (MW)
- de Leerstoel voor Toegepaste Geologie van de Rijksuniversiteit te Gent (L.T.G.)
- de Provinciale en Intercommunale Drinkmaatschappij der Provincie Antwerpen (PIDPA)
- de Watermaatschappij Zuid-West-Nederland (W.M.Z.)
- private boorfirma's : SMET-DB N.V.

2.1.2.2. Hydrografie-hydrologie-hydrometeorologie

Hierbij worden gerangschikt :

- breedten en diepten van de waterlopen
- peilen en debieten opgemeten in waterlopen
- hydrometeorologische parameters opgemeten in hydrometeorologische stations.

De peilmetingen en debietmetingen zijn nagenoeg onbestaande in het studiegebied.

De gegevens van breedten en diepten, alsook hydrometeorologische parameters werden bekomen bij :

- het Laboratorium voor Hydraulica van de Rijksuniversiteit te Gent
- de Provinciale Technische Dienst van de Provincie Antwerpen
- het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (KMI)

2.1.2.3. Topografie

Alle gebruikte gegevens (hoogtemerken ten overstaan van T.A.W.) zijn afkomstig van het Nationaal Geografisch Instituut (N.G.I.)

2.1.2.4. Grondwaterwinningen

De gebruikte gegevens zijn afkomstig van :

- Administratie voor Economie en Werkgelegenheid, Dienst Natuurlijke Rijkdommen en Energie
- de Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu, Dienst Water- en Bodembeleid.
- de Provinciale en Intercommunale Drinkmaatschappij der Provincie Antwerpen

2.1.2.5. Hydrochemie

Gegevens betreffende de kwaliteit van grond- en oppervlaktewaters werden bekomen bij :

- het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (IHE)
- het Provinciaal Instituut voor Hygiëne (PIH)

Vermeldenswaard is tevens de mondelinge informatie van particulieren verzameld tijdens het uitvoeren van de terreinproeven.

Al deze gegevens werden geïnterpreteerd en verwerkt; ze lieten toe de kaarten met als thema de hydrografie en

de grondwaterwinningen op te stellen. Alle andere kaarten werden verwezenlijkt enerzijds met behulp van deze verzamelde gegevens en anderzijds met de in het bestek van deze studie uitgevoerde proeven.

2.2. Uitgevoerde werkzaamheden

2.2.1. Algemeen

Na raadpleging van de beschikbare gegevens werden de in het bestek van deze studie voorziene proeven uitgevoerd. Het betreft :

- boringen met geofysische boorgatmetingen; deze werden uitgebouwd tot peilputten
- waterpassing van het ingeplante piëzometernet
- maandelijkse peilronden
- chemische wateranalysen
- debietmetingen

2.2.2. Boringen

2.2.2.1. Doel

De boringen laten toe :

- een nauwkeurig beeld te verkrijgen van de litologische opbouw van de sedimenten in de Formaties van het Holoceen en Bovenpleistoceen, de Formatie van de Kempen en de Formatie van Merksplas
- een peilputtennet in te bouwen teneinde de piëzometrie, de grondwaterkwaliteit en de hydraulische parameters van de watervoerende lagen A en B en de slecht doorlatende laag B' te bepalen.

2.2.2.2. Ligging

In het kader van deze studie werden in en rondom het onderzochte gebied 34 boringen uitgevoerd. Om een homogene spreiding van de boorlokatie te bekomen, werden de boorplaatsen op de raaien van een netwerk ingeplant.

Van de 34 boringen bevindt er zich 1 op kaartblad 1/7, 7 op kaartblad 1/8, 4 op kaartblad 7/3, 18 op kaartblad 7/4 en 4 op kaartblad 7/7. De 4 laatste boringen vallen buiten het gekarteerde gebied, dat enkel de kaartbladen 1/7, 1/8, 7/3 en 7/4 beslaat. Daar echter samen met de overeenkomst betreffende de hydrogeologische kaartenatlas, ook een overeenkomst voor het opstellen van een hydrogeologisch mathematisch model van het Nederlands-Belgisch grensgebied in de omgeving van de "Kalmthoutse Heide" gesloten werd, waarbij andere grenzen van toepassing zijn, diende ook gegevens buiten het studiegebied te worden verzameld. Bijgevolg werden naast de 30 voorziene boringen, 4 bijkomende boringen uitgevoerd op kaartblad 7/7.

De inplanting van de boorplaatsen werd bepaald door lokale omstandigheden, zoals toegankelijkheid van het terrein en toestemming van de betreffende eigenaars. Er werd uiteraard rekening gehouden met de ligging van vroegere boringen, die voornamelijk in de "Kalmthoutse Heide" werden uitgevoerd. Bijgevolg werden de boringen ten noorden en ten oosten van de "Kalmthoutse Heide" ingeplant.

De uitgevoerde boringen met hun nummering zijn gesitueerd op KAART 1. Een overzicht is gegeven op figuur 2.1. In bijlage 2 zijn de gedetailleerde liggingsplannen met vermelding van de Lambert-coördinaten opgenomen.

2.2.2.3. Uitvoering

De boorkampagne vond plaats in de periode 1981-1982. Alle boringen werden uitgevoerd volgens het draaiend

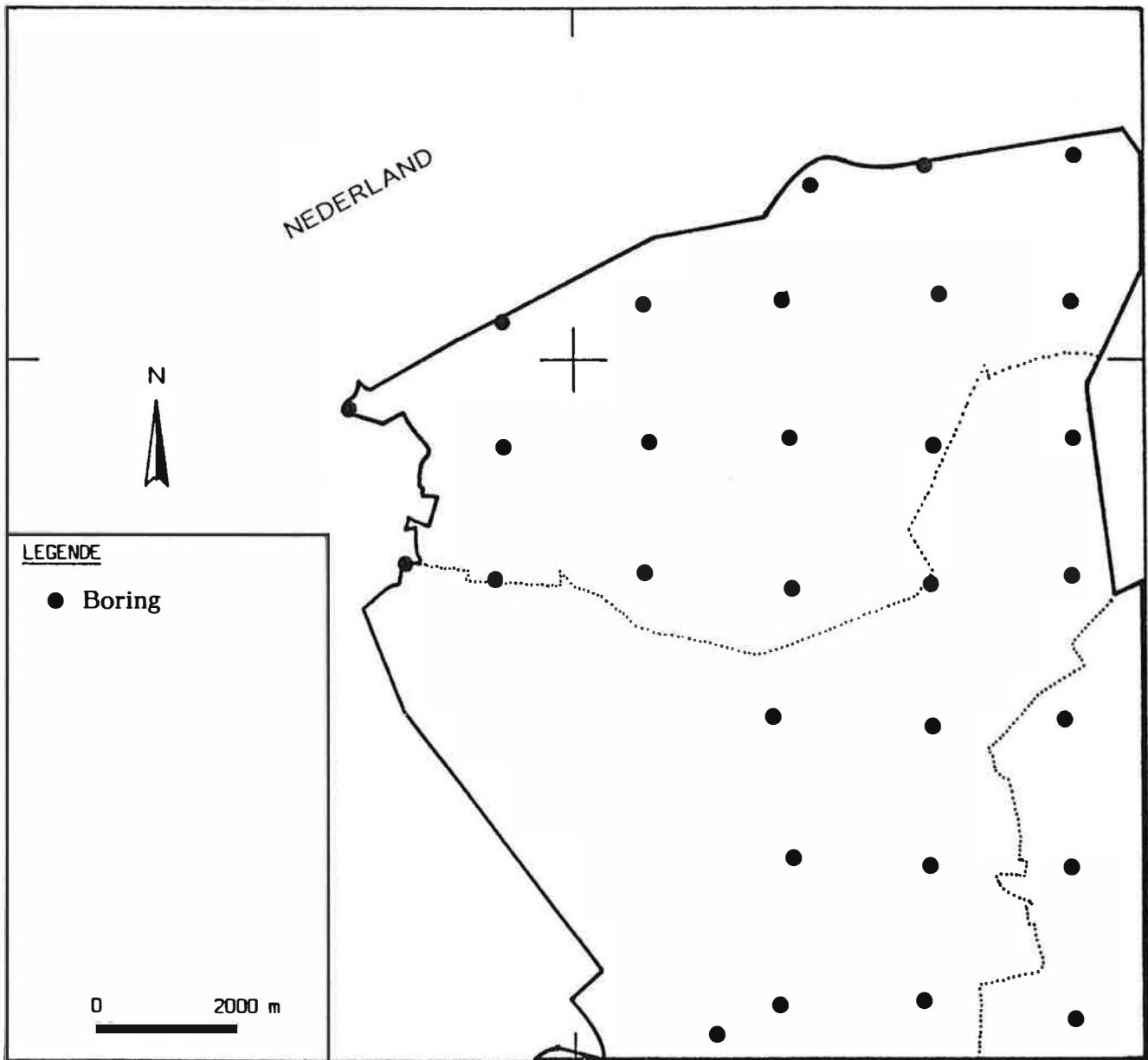


Fig. 2.1 - Ligging van de boringen in het studiegebied, uitgevoerd door de Leerstoel voor Toegepaste Geologie

boren met normale circulatie. (Boortoren SPOBO I van de Leerstoel voor Toegepaste Geologie). De boordiameter bedroeg over de totale lengte 0,090 m.

Meestal werd een minimum boordiepte van 30 m bereikt. Steeds werd getracht doorheen de Formatie van de Kempen tot in de onderliggende Formatie van Merksplas te boren. In tabel 2.1. werd de diepte per boring aangeduid.

2.2.2.4. Resultaten

Alle boorstaten zijn opgenomen in bijlage 3. Deze zijn een weergave van makroscopische visuele waarnemingen op het terrein. Bij de beschrijving werd de klassifikatie zoals opgenomen in bijlage 4 zoveel mogelijk gevolgd.

2.2.3. Geofysische boorgatmetingen

2.2.3.1. Doel

Teneinde meer informatie te verkrijgen over de litologie van de aangeboorde lagen bij spoelboringen en aldus de filterelementen van de peilbuizen ter hoogte van de meest dorlatende zones te kunnen plaatsen werden in de boorgaten elektrische boorgatmetingen uitgevoerd. Hierbij worden een aantal geofysische parameters gemeten in functie van de diepte.

2.2.3.2. Uitvoering

In elk gat werden resistiviteitsmetingen uitgevoerd volgens de langnormaal opstelling (LN). Deze benaderen de reële resistiviteit van de formatie. Bij de LN-sonde is de afstand tussen stroom- en meetelektrode 1,00 m. De elektroden van de sondes zijn ringelektroden met een diameter van 32 mm en een breedte van 5 mm. De andere elektroden

Tabel 2.1. Boringen uitgevoerd door de Leerstoel voor Toegepaste
Geologie

Kaart- blad	Nr. boring	Datum uitvoering	X Lambert	Y Lambert	Z (in m T.A.W.)	Totale diepte (m)
1/7	17DB1	29/03/82	152 990	238 600	+13,42	26,70
1/8	18DB1	05/02/82	160 920	240 980	+16,87	31,80
1/8	18DB3	22/03/82	160 920	238 930	+17,21	31,80
1/8	18DB4	23/03/82	159 110	239 010	+15,64	31,80
1/8	18DB5	25/03/82	156 900	238 960	+14,26	31,80
1/8	18DB6	15/03/82	154 970	238 860	+14,53	31,80
1/8	18DB7	26/03/82	159 050	241 010	+12,70	31,80
7/3	73DB11	09/02/82	153 000	236 850	+15,20	31,80
7/3	73DB12	11/03/82	152 880	234 990	+18,52	31,80
7/3	73DB13	12/03/82	151 580	235 260	+17,52	31,80
7/3	73DB14	18/03/82	150 760	237 410	+16,01	31,80
7/4	74DB14	27/11/81	156 830	233 050	+19,44	31,00
7/4	74DB15	30/11/81	160 870	233 060	+19,70	33,00
7/4	74DB16	07/12/81	156 960	236 360	+17,80	31,80
7/4	74DB17	03/02/82	160 960	237 020	+15,55	33,40
7/4	74DB18	15/02/82	156 890	229 010	+25,10	31,80
7/4	74DB19	17/02/82	161 050	228 850	+25,07	31,80
7/4	74DB20	16/02/82	158 890	229 070	+24,67	31,80
7/4	74DB21	18/02/82	160 980	231 000	+20,83	31,80
7/4	74DB22	23/02/82	158 970	230 990	+21,30	31,80
7/4	74DB23	01/03/82	157 040	231 080	+21,60	31,80
7/4	74DB24	02/03/82	159 010	232 960	+19,24	31,80
7/4	74DB25	04/03/82	160 940	235 060	+17,27	31,80
7/4	74DB26	05/03/82	153 000	234 940	+16,50	31,80
7/4	74DB27	08/03/82	157 040	234 880	+17,89	31,80
7/4	74DB28	09/03/82	154 970	235 110	+18,25	31,80
7/4	74DB29	16/03/82	155 050	236 940	+16,53	31,80
7/4	74DB30	19/03/82	159 030	236 890	+16,87	31,80
7/4	74DB31	19/04/82	156 000	228 580	+25,25	31,80
7/7	77DB1	20/04/82	148 350	226 525	+ 5,27	25,00
7/7	77DB2	26/04/82	150 325	226 950	+ 8,87	25,80
7/7	77DB3	27/04/82	152 450	227 450	+15,90	31,80
7/7	77DB4	29/04/82	153 950	228 250	+20,03	31,80

werden aan het oppervlak geplaatst op een grote onderlinge afstand en even ver ten overstaan van het boorgat. Men neemt aan dat zij op oneindig staan (fig. 2.2.).

Bij het ophalen van de elektrode wordt om de halve meter een puntmeting verricht op een aardmeter (GOSSSEN, GEOHM, Duitsland).

2.2.3.3. Resultaten

Alle resultaten zijn opgenomen in bijlage 5; de grafieken zijn logaritmisch uitgezet in functie van de diepte en ten overstaan van de litologische doorsnede.

Bij de boringen 74DB17, 24 en 25 werd geen boorgatmeting uitgevoerd wegens een defect van het toestel.

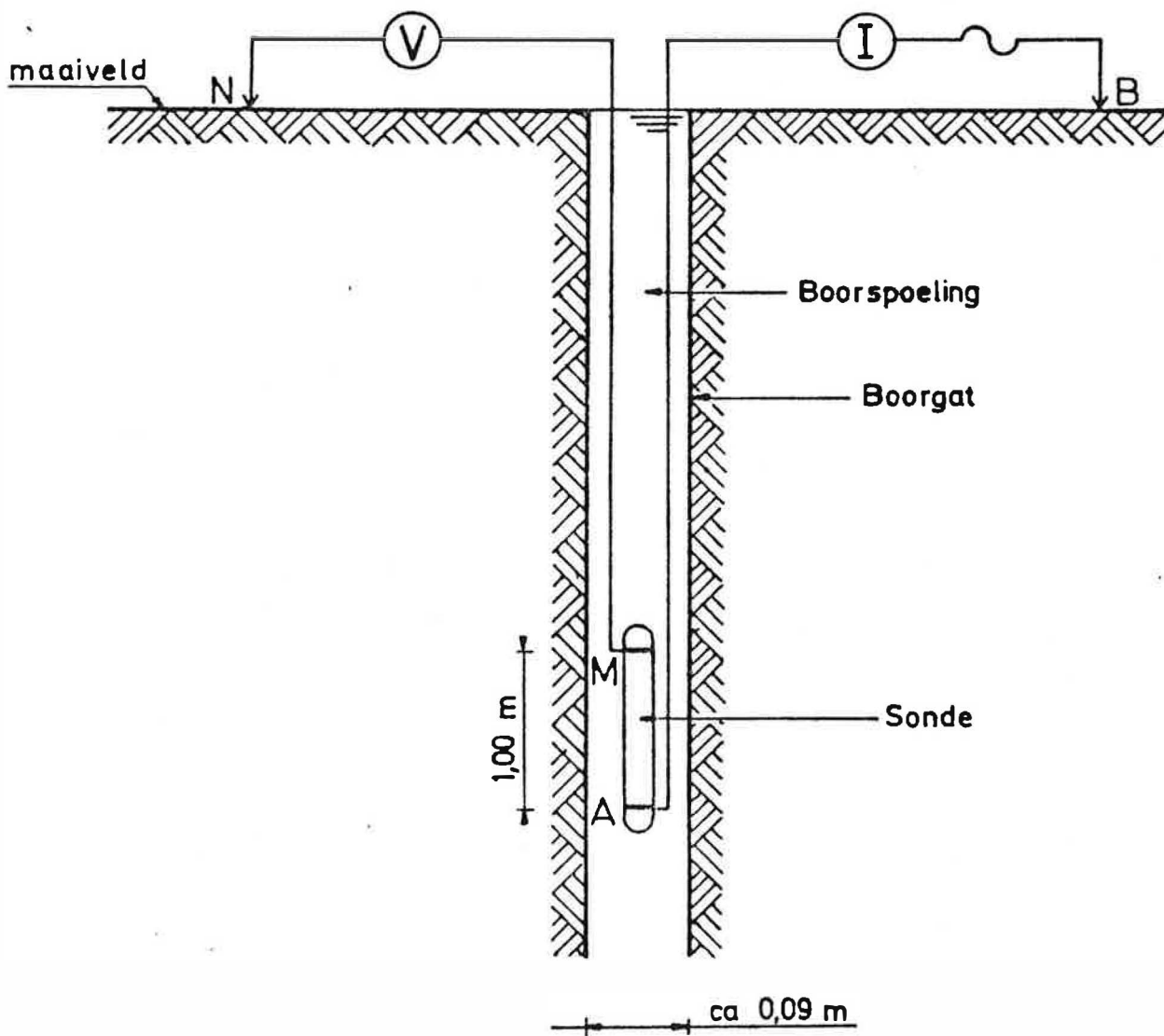
2.2.4. Uitbouw van het piëzometernet

Alle boorgaten werden na uitvoering en na interpretatie en vergelijking met de boorbeschrijving en de waarnemingen betreffende de snelheid van de boorbeitel, uitgebouwd tot hydrogeologische waarnemingspunten. Ze werden uitgerust met een PVC-filter en een PVC-stijgbuis; tevens bevindt zich onder elk filterelement een bezinkingsbuis van meestal 0,20 m lengte.

De binnendiameter van de peilbuizen bedraagt 0,036 m met uitzondering van 4 diepe peilbuizen (18DB1/F1, 73DB14/F1, 74DB19/F1 en 74DB27/F1) die een binnendiameter van 0,103 m hebben. De lengte van de filterelementen bedraagt meestal 1,0 m (zie tabel 2.2.).

De ringvormige ruimte rond de filterelementen werd opgevuld met een omstorting van gekalibreerd middelmatig tot grof kwartszand (0,7 - 1,25 mm). Ter hoogte van belangrijke kleilagen is boven de omstorting een kleistop aangebracht.

Boven de eerste aangeboorde belangrijke kleilaag, werd een tweede peilbuis aangebracht in een afzonderlijk gespoeld



A en B : stroomelektroden
 M en N : spanningselektroden

$$\text{Resistiviteit} = \rho = K \frac{\Delta V}{I}$$

K = konstante van de sonde

Fig.2.2 - Elektrische boorgatmeting : langnormaalopstelling

Tabel 2.2. Overzicht van de geplaatste peilbuizen in het kader van de kaartenatlas Kalmthout - Essen

boring	filter	koördinaten		hoogte maaiveld (m+TAW)	hoogte meetpunt (m+TAW)	filter				lengte (m)	Ø (mm)
		x	y			diepte TOP	(m-maaiv.) - BASIS	peil TOP	(m+TAW) - BASIS		
17DB1	F1	152 990	238 600	+ 13,42	+ 13,47	25,10	- 26,10	-11,68	- -12,68	1,00	36/40
17DB1	F2	152 990	238 600	+ 13,42	+ 13,58	1,80	- 2,80	+11,62	- +10,62	1,00	36/40
18DB1	F1	160 920	240 980	+ 16,87	+ 16,73	29,10	- 30,10	-12,23	- -13,23	1,00	103/110
18DB1	F2	160 920	240 980	+ 16,87	+ 16,80	5,20	- 6,20	+11,67	- +10,67	1,00	36/40
18DB2	F1	157 290	240 980	+ 11,81	+ 11,69	29,80	- 30,80	-17,99	- -18,99	1,00	36/40
18DB2	F2	157 290	240 980	+ 11,81	+ 11,70	4,60	- 5,60	+ 7,21	- + 6,21	1,00	36/40
18DB3	F1	160 920	238 930	+ 17,21	+ 17,05	30,30	- 31,30	-13,09	- -14,09	1,00	36/40
18DB3	F2	160 920	238 930	+ 17,21	+ 17,09	9,20	- 10,20	+ 8,01	- + 7,01	1,00	36/40
18DB4	F1	159 110	239 010	+ 15,64	+ 15,50	30,60	- 31,60	-14,96	- -15,96	1,00	36/40
18DB4	F2	159 110	239 010	+ 15,64	+ 15,53	2,30	- 3,30	+13,34	- +12,34	1,00	36/40
18DB5	F1	156 900	239 960	+ 14,26	+ 14,59	30,10	- 31,10	-15,84	- -16,84	1,00	36/40
18DB5	F2	156 900	238 960	+ 14,26	+ 14,61	0,70	- 1,70	+13,56	- +12,56	1,00	36/40
18DB6	F1	154 970	238 860	+ 14,53	+ 14,41	30,70	- 31,70	-16,17	- -17,17	1,00	36/40
18DB6	F2	154 970	238 860	+ 14,53	+ 14,41	3,90	- 4,90	+10,63	- + 9,63	1,00	36/40
18DB7	F1	159 050	241 010	+ 12,70	+ 12,58	30,60	- 31,60	-17,90	- -18,90	1,00	36/40
18DB7	F2	159 050	241 010	+ 12,70	+ 12,56	3,20	- 4,20	+ 9,50	- + 8,50	1,00	36/40
73DB11	F1	153 000	236 850	+ 15,20	+ 15,030	30,50	- 31,50	-15,30	- -16,30	1,00	36/40
73DB11	F2	153 000	236 850	+ 15,20	+ 15,020	5,20	- 6,20	+10,00	- + 9,00	1,00	36/40
73DB11	F3	153 000	236 850	+ 15,20	+ 15,00	0,40	- 0,90	+14,80	- +14,30	0,50	36/40
73DB12	F1	152 880	234 990	+ 18,52	+ 18,350	30,50	- 31,50	-11,98	- -12,98	1,00	36/40
73DB12	F2	152 880	234 990	+ 17,52	+ 18,370	4,80	- 5,80	+13,72	- +12,72	1,00	36/40
73DB13	F1	151 580	235 260	+ 17,52	+ 17,36	28,60	- 29,60	-11,08	- -12,08	1,00	36/40
73DB13	F2	151 580	235 260	+ 17,52	+ 17,36	2,70	- 3,70	+14,82	- +13,82	1,00	36/40
73DB14	F1	150 760	237 410	+ 16,01	+ 15,85	30,40	- 31,40	-14,39	- -15,39	1,00	103/110
73DB14	F2	150 760	237 410	+ 16,01	+ 15,89	3,00	- 4,00	+13,01	- +12,01	1,00	36/40
73DB14	F3	150 760	237 410	+ 16,01	+ 15,89	0,10	- 1,10	+15,91	- +14,91	1,00	36/40

Tabel 2.2. vervolg

boring	filter	koördinaten		hoogte maaiveld (m+TAW)	hoogte meetpunt (m+TAW)	filter				lengte (m)	Ø (mm)
		x	y			diepte (m-maiv.)		peil (m+TAW)			
						TOP	- BASIS	TOP	- BASIS		
74DB14	F1	156 830	233 050	+ 19,44	+ 19,34	26,90	- 27,90	- 7,46	- - 8,46	1,00	36/40
74DB14	F2	156 830	233 050	+ 19,44	+ 19,33	1,80	- 2,80	+17,64	- +16,64	1,00	36/40
74DB15	F1	160 870	233 060	+ 19,70	+ 19,52	31,60	- 32,60	-11,90	- -12,90	1,00	36/40
74DB15	F2	160 870	233 060	+ 19,70	+ 19,59	1,90	- 2,90	+17,80	- +16,80	1,00	36/40
74DB16	F1	156 960	236 960	+ 17,80	+ 17,65	28,40	- 29,40	-10,60	- -11,60	1,00	36/40
74DB16	F2	156 960	236 960	+ 17,80	+ 17,82	2,00	- 3,00	+15,80	- +14,80	1,00	36/40
74DB17	F1	160 960	237 020	+ 15,55	+ 15,48	31,80	- 32,80	-16,25	- -17,25	1,00	36/40
74DB17	F2	160 960	237 020	+ 15,55	+ 15,46	1,80	- 2,80	+13,75	- +12,75	1,00	36/40
74DB17	F3	160 960	237 020	+ 15,55	+ 15,47	0,40	- 0,90	+15,15	- +14,65	0,50	36/40
74DB18	F1	156 890	229 010	+ 25,10	+ 24,33	30,60	- 31,60	- 5,50	- - 6,50	1,00	36/40
74DB18	F2	156 890	229 010	+ 25,10	+ 35,04	4,10	- 5,10	+21,00	- +20,00	1,00	36/40
74DB18	F3	156 890	229 010	+ 25,10	+ 25,05	0,50	- 1,00	+24,60	- +24,10	0,50	36/40
74DB19	F1	161 050	228 850	+ 25,07	+ 25,00	29,80	- 30,80	- 4,73	- - 5,73	1,00	103/110
74DB19	F2	161 050	228 850	+ 25,07	+ 24,96	0,70	- 1,70	+24,37	- +23,37	1,00	36/40
74DB20	F1	158 890	229 070	+ 24,67	+ 24,67	30,60	- 31,60	- 5,93	- - 6,93	1,00	36/40
74DB20	F2	158 890	229 070	+ 24,67	+ 24,58	2,60	- 3,60	+22,07	- +21,07	1,00	36/40
74DB20	F3	158 890	229 070	+ 24,67	+ 24,61	1,00	- 1,50	+23,67	- +23,17	0,50	36/40
74DB21	F1	160 980	231 000	+ 20,83	+ 20,75	30,60	- 31,60	- 9,77	- -10,77	1,00	36/40
74DB21	F2	160 980	231 000	+ 20,83	+ 20,78	4,20	- 5,20	+16,63	- +15,63	1,00	36/40
74DB21	F3	160 980	231 000	+ 20,83	+ 20,72	0,60	- 1,10	+19,83	- +19,33	0,50	36/40
74DB22	F1	158 970	230 940	+ 21,30	+ 21,24	30,60	- 31,60	- 9,30	- -10,30	1,00	36/40
74DB22	F2	158 970	230 940	+ 21,30	+ 21,23	4,20	- 5,20	+17,10	- +16,10	1,00	36/40
74DB23	F1	157 040	231 080	+ 21,60	+ 21,50	30,80	- 31,80	- 9,20	- -10,20	1,00	36/40
74DB23	F2	157 040	231 080	+ 21,60	+ 21,48	2,70	- 3,70	+18,90	- +17,90	1,00	36/40
74DB23	F3	157 040	231 080	+ 21,60	+ 21,46	0,30	- 1,30	+21,30	- +20,30	1,00	36/40

Tabel 2.2. vervolg

boring	filter	koördinaten		hoogte maaiveld (m+TAW)	hoogte meetpunt (m+TAW)	filter				lengte (m)	∅ (mm)
		x	y			diepte (m-maaiv.)		peil (m+TAW)			
						TOP	- BASIS	TOP	- BASIS		
74DB24	F1	159 010	232 960	+ 19,24	+ 19,61	30,70	- 31,70	-11,46	- -12,46	1,00	36/40
74DB24	F2	159 010	232 960	+ 19,24	+ 19,59	0,30	- 1,30	+18,94	- +17,94	1,00	36/40
74DB25	F1	160 940	235 060	+ 17,27	+ 17,14	30,20	- 31,20	-13,93	- -12,93	1,00	36/40
74DB25	F2	160 940	235 060	+ 17,27	+ 17,15	1,50	- 2,50	+15,77	- +14,77	1,00	36/40
74DB26	F1	153 000	234 940	+ 16,50	+ 16,39	30,60	- 31,60	-14,10	- -15,10	1,00	36/40
74DB26	F2	153 000	234 940	+ 16,50	+ 16,41	1,00	- 2,00	+15,50	- +14,50	1,00	36/40
74DB27	F1	157 040	234 880	+ 17,89	+ 17,73	29,90	- 30,90	-12,01	- -13,01	1,00	103/110
74DB27	F2	157 040	234 880	+ 17,89	+ 17,78	5,00	- 6,00	+12,89	- +11,89	1,00	36/40
74DB27	F3	157 040	234 880	+ 17,89	+ 17,77	0,40	- 1,40	+17,49	- +16,49	1,00	36/40
74DB28	F1	154 970	235 110	+ 18,25	+ 18,18	30,40	- 31,40	-12,15	- -13,15	1,00	36/40
74DB28	F2	154 970	235 110	+ 18,25	+ 18,21	4,40	- 5,40	+13,85	- +12,85	1,00	36/40
74DB29	F1	155 050	236 940	+ 16,53	+ 16,26	30,70	- 31,70	-14,17	- -15,17	1,00	36/40
74DB29	F2	155 050	236 940	+ 16,53	+ 16,40	6,50	- 7,50	+10,03	- + 9,03	1,00	36/40
74DB30	F1	159 030	236 890	+ 16,87	+ 16,84	30,60	- 31,60	-13,73	- -14,73	1,00	36/40
74DB30	F2	159 030	236 890	+ 16,87	+ 16,88	3,20	- 4,20	+13,67	- +12,67	1,00	36/40
74DB31	F1	156 000	228 580	+ 25,25	+ 25,03	30,70	- 31,70	- 5,45	- - 6,45	1,00	36/40
74DB31	F2	156 000	228 580	+ 25,25	+ 25,12	1,80	- 2,80	+23,45	- +22,45	1,00	36/40
77DB1	F1	148 350	226 525	+ 5,27	+ 5,20	23,80	- 24,80	-18,53	- -14,53	1,00	36/40
77DB1	F2	148 350	226 525	+ 5,27	+ 5,24	3,40	- 4,40	+ 1,87	- + 0,87	1,00	36/40
77DB2	F1	150 325	226 950	+ 8,87	+ 8,88	24,60	- 25,60	-15,73	- -16,73	1,00	36/40
77DB2	F2	150 325	226 950	+ 8,87	+ 8,87	4,30	- 5,30	+ 4,57	- + 3,57	1,00	36/40
77DB3	F1	152 450	227 450	+ 15,90	+ 15,72	30,60	- 31,60	-14,70	- -15,70	1,00	36/40
77DB3	F2	152 450	227 450	+ 15,90	+ 15,80	1,50	- 2,50	+14,40	- +13,40	1,00	36/40
77DB4	F1	153 950	228 050	+ 20,03	+ 19,94	20,50	- 31,50	-10,47	- -11,47	1,00	36/40
77DB4	F2	153 950	228 050	+ 20,03	+ 19,96	2,20	- 3,20	+17,83	- +16,83	1,00	36/40

boorgat. In 8 gevallen werd een derde boorgat gespoeld waarin een korter filterelement op een ondiep niveau werd aangebracht, boven een min of meer slecht doorlatende laag.

De peilbuizen werden onder het maaiveld afgewerkt, omgeven met een betonblok met ronde opening en een deksteen.

Na afwerking van de putten werden deze schoongepompt en ontwikkeld.

2.2.5. Waterpassing

2.2.5.1. Doel

Teneinde de litologische grensvlakken en de opgemeten stijghoogten te kunnen interpreteren worden al deze gegevens bepaald ten overstaan van een referentievlak. Voor deze studie werd het referentievlak van de Tweede Algemene Waterpassing (T.A.W.) van het Rijk aangenomen.

2.2.5.2. Uitvoering

Het peil van het maaiveld en van de top van de stijgbuis werd gemeten met een WILD-NAK 2 toestel en een meetbaken met aanduiding om de 10 mm. Alle hoogtemerktekens waarvan werd vertrokken behoren tot de referentiepunten zoals aangegeven door het Nationaal Geografisch Instituut (tabel 2.3.). Ter controle van de juistheid van de metingen werden alle meetkringen gesloten.

2.2.5.3. Resultaten

Het peil van de top van de peilbuizen of meetpunt en van het maaiveld ter plaatse van de boringen zijn eveneens vermeld in tabel 2.2., tot op 3 cijfers na de komma, in meters TAW. Hierdoor kon het peil van de verschillende aangebrachte filterelementen nauwkeuring bepaald worden. Naast

Tabel 2.3. Overzicht van de gebruikte hoogtemerktekens van het NGI

Kaartblad	Gemeente	Stamnummer	Hoogte (in m TAW)
1/8	Essen	Hc 18	+16,859
1/8	Essen	Hc 19	+16,965
1/8	Essen	Hc 20	+17,464
1/8	Essen	Hc 21	+15,049
1/8	Essen	Hc 22	+11,569
1/8	Essen	Hc 23	+16,016
1/8	Essen	Hc 24	+16,188
1/8	Essen	Hc 25	+15,067
1/8	Essen	Hc 26	+15,788
1/8	Essen	Hc 27	+18,034
1/8	Essen	Hc 28	+17,965
7/3	Kalmthout	Hc 14	+17,066
7/3	Kalmthout	Hc 16	+16,875
7/3	Kalmthout	Hc 17	+16,384
7/3	Kalmthout	Hc 4	+24,978
7/3	Kalmthout	Hc 5	+24,668
7/3	Kalmthout	Hc 6	+22,795
7/3	Kalmthout	Hc 7	+21,813
7/3	Kalmthout	Hc 7I	+22,520
7/3	Kalmthout	Hc 8	+19,648
7/3	Kalmthout	Hc 9	+19,141
7/3	Kalmthout	Hc 10	+18,489
7/3	Kalmthout	Hc 11	+19,668
7/3	Kalmthout	Hc 12	+18,970
7/3	Kalmthout	Hc 13	+18,750
7/3	Kalmthout	Hc 30	+19,011
7/3	Kalmthout	Hc 31	+16,958
7/3	Kalmthout	Hc 32	+18,249
7/3	Kalmthout	Hc 33	+18,879
7/3	Kalmthout	Hc 36	+18,551

Tabel 2.3. - vervolg

7/3	Kalmthout	Hc 37	+17,096
7/4	Essen	Hc 38	+17,473
7/4	Essen	Hc 39	+18,535
7/4	Kalmthout	BH 26	+27,738
7/4	Kalmthout	BH 27	+24,740
7/4	Kalmthout	BH 28	+22,347
7/4	Kalmthout	BH 30	+21,033
7/4	Kalmthout	BH 31	+20,129
7/4	Kalmthout	BH 32	+21,289
7/4	Wuustwezel	BH 33	+20,619
7/4	Wuustwezel	BH 34	+19,552
7/4	Kalmthout	Ba 44	+21,026
7/4	Kalmthout	Ba 45	+23,575
7/4	Kalmthout	Ba 46	+24,122
7/4	Wuustwezel	Ba 47	+26,781

de hoogtemeting (Z-koördinaat) zijn tevens de X- en Y-koordinaten weergegeven (volgens de Lambert-projectie), die werden bepaald aan de hand van de ligging op kaartbladen 1:25.000 van het N.G.I.

Tijdens de verschillende waterpassingen werd ook vastgesteld dat een aantal peilen van voorheen aangebrachte peilbuizen in de "Kalmthoutse Heide", verkeerd waren. De waargenomen verschillen bedroegen ca. 1 m.

Tenslotte leverden de waterpassingen ook nuttige informatie op over de hoogteligging van het terrein als aanvulling of verbetering van de hoogtelijnen op de topografische kaarten.

2.2.6. Stijghoogtewaarnemingen

2.2.6.1. Algemeen

De stijghoogte wordt gedefinieerd als de som van de drukhoogte en de plaatshoogte in een punt, en is een maat van de hydrodynamische potentiaal van het grondwater op die plaats. Stijghoogtewaarnemingen zijn fundamenteel bij het bestuderen van de dynamiek van de grondwaterreservoirs. Het verhang en de fluktuaties bepalen de grondwaterstoming.

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

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

met hevige neerslag, grondwaterwinning, enz.

Uit het verloop van de stijghoogte kan de stroomrichting van het grondwater in een watervoerend pakket worden afgeleid.

2.2.6.2. Uitvoering

De metingen gebeuren met een elektrische peilmeter ten overstaan van de genivelleerde top van de peilbuis.

In het bestek van deze studie werden van april 1982 tot en met november 1985 maandelijkse stijghoogtemetingen uitgevoerd. Er werd getracht de continuïteit van de metingen te handhaven; enkel in extreme weersomstandigheden, zoals in de periode januari-februari 1985, waren sommige waarnemingspunten ontoegankelijk. Gedurende het ganse projekt werden ook alle vroeger aangebrachte peilbuizen, in samenwerking met de Dienst Groenbeheer van AROL, opgemeten.

2.2.6.3. Resultaten

Alle waarnemingen zijn opgenomen in bijlage 6. Hierin zijn vooreerst de algemene gegevens van de waarnemingspunten in tabelvorm gegeven. Vervolgens de meetgegevens per waarnemingspunt en tot slot de gemiddelde waarde voor elk waarnemingspunt over de beschouwde periode van deze studie. Deze gegevens werden verwerkt met de programma's van de databank voor grondwaterstandgegevens van de Leerstoel voor Toegepaste Geologie, die werd opgesteld in samenwerking met het Centraal Digitaal Rekencentrum van de Rijksuniversiteit Gent. In bijlage 7 werden de gegevens uitgezet in stijghoogtegrafieken.

Daarnaast werden vier hydro-isohypsenkaarten opgesteld, twee voor de freatische watervoerende laag A en twee voor de gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag B, die toestanden voorstellen representatief voor de stijghoogte na

een periode van afvoer (26/10/82 - 5/11/82) en na een periode van opvulling (28/4/83 - 5/5/83). Deze kaarten zijn opgenomen in de kaartenatlas (KAART 9 tot 12), en worden verder besproken in hoofdstuk 3.5.

2.2.7. Grondwatermonsternamen en fysico-chemische analyses

2.2.7.1. Doel

Door grondwaterbemonstering en -analyse verkrijgt men gegevens over de samenstelling en verspreiding van de verschillende grondwatertypen, hun chemische karakteristieken en een inzicht in hun evolutie en genese.

2.2.7.2. Uitvoering

In het kader van de deze studie werden tussen oktober 1983 en december 1984 in het totaal 46 grondwatermonsters genomen, waarvan 23 afkomstig uit peilbuizen in de watervoerende laag A en 23 uit peilbuizen in de watervoerende laag B (fig. 2.3. en 2.4 en tabellen 2.4 en 2.5). Eén peilbuis (73DB1/F4) werd tweemaal bemonsterd met een tussenperiode van één jaar om een kwaliteitsevolutie vast te stellen. Er werden enkel monsters genomen uit peilbuizen geplaatst in het kader van deze studie ofwel in het kader van de vroegere studie van de "Kalmthouste Heide" (W. DE BREUCK & E. VAN DYCK & L. LEBBE, 1981), zodat de herkomst met zekerheid gekend is (diepte filters nauwkeurig gekend).

De monsternamen gebeurde met een DELASCO draaipers-pomp met een debiet van ca. $1 \text{ m}^3/\text{h}$ via plastieken zuigleidingen. De pomptijd werd zo genomen dat steeds met zekerheid water uit de befilterde laag werd bemonsterd (representatieve monsters).

Naast grondwatermonsters, werden ook drie oppervlakte-

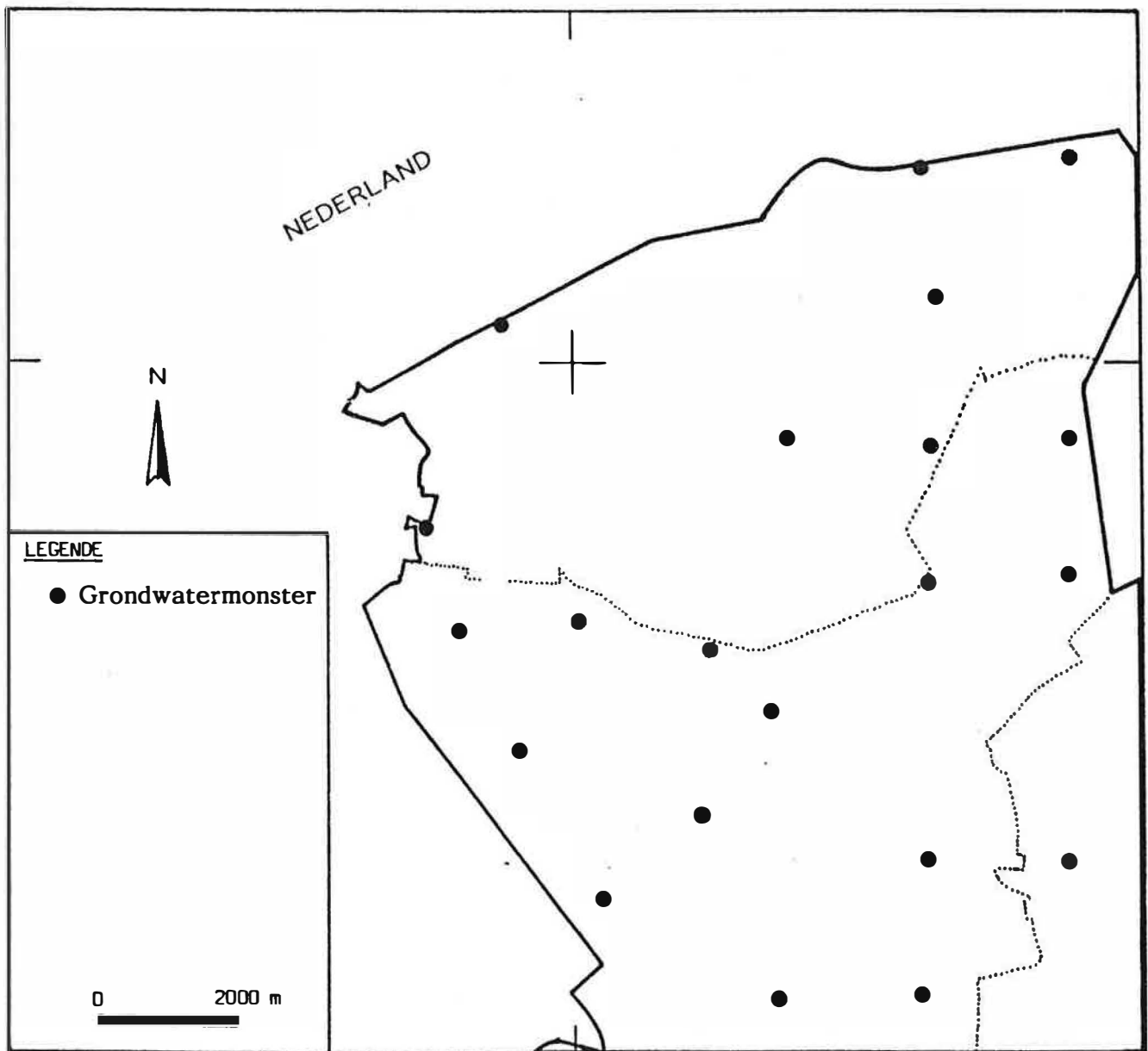


Fig. 2.3 - Situering peilbuizen in het studiegebied met grondwaterbemonstering in de watervoerende laag A

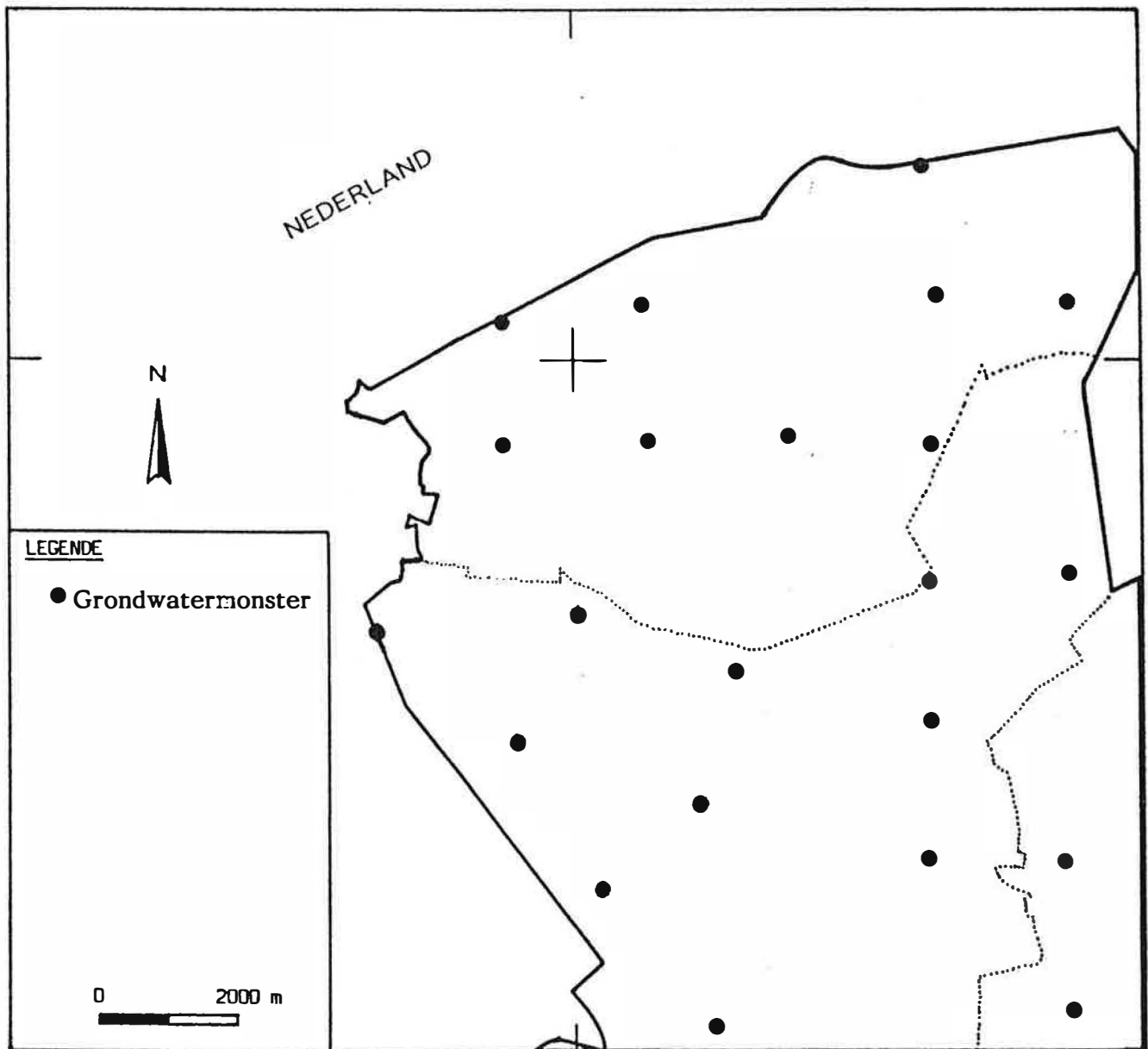


Fig. 2.4 - Situering peilbuizen in het studiegebied met grondwaterbemonstering in de watervoerende laag B

Tabel 2.4. Overzicht van de peilbuizen met grondwaterbemonstering in watervoerende laag A

Datum monstername	N° put	X Lambert	Y Lambert	Diepte filter in m-MV
10/83	18DB1/F2	160 920	240 980	5,20 - 6,20
	18DB4/F2	159 110	239 010	2,30 - 3,30
	18DB7/F2	159 050	241 010	3,20 - 4,20
	73DB1/F4	153 225	232 563	1,80 - 2,80
	74HB163/F2	156 138	232 913	4,50 - 5,50
	74DB4/F3	154 400	230 525	2,65 - 3,65
	74DB9/F3	154 025	234 338	5,85 - 6,85
	74DB17/F2	160 960	237 020	1,80 - 2,80
	74DB18/F2	256 890	229 010	4,10 - 5,10
	74DB21/F2	160 980	231 000	4,20 - 5,20
	74DB25/F1	160 940	235 060	1,50 - 2,50
	74DB1/F2	148 350	226 525	3,40 - 4,40
10/84	73HB54/F2	151 975	235 750	1,40 - 2,40
	74HB164	155 950	234 125	9,00 - 10,00
	74DB10/F3	155 713	231 725	0,85 - 1,85
	74DB20/F2	158 890	229 070	2,60 - 3,60
	74DB22/F2	158 970	230 990	4,20 - 5,20
	74DB26/F2	153 000	234 940	1,00 - 2,00
	74DB30/F2	159 030	236 890	3,20 - 4,20
12/84	17DB1/F2	152 990	238 600	1,80 - 2,80
	73HB34/F2	152 338	234 238	5,50 - 6,50
	73DB1/F4	153 225	232 563	1,80 - 2,80
	73DB16/F2	156 960	236 960	2,00 - 3,00

Tabel 2.5. Overzicht van de peilbuizen met grondwaterbemonstering in watervoerende laag B

Datum monster-name	N° put	X Lambert	Y Lambert	Diepte filter in m-MV
10/83	18DB4/F1	159 110	239 010	30,60 - 31,60
	18DB6/F1	154 970	238 860	30,70 - 31,70
	18DB7/F1	159 050	241 010	30,60 - 31,60
	73DB11/F1	153 000	236 850	30,50 - 31,50
	74DB4/F1	154 400	230 525	27,60 - 37,60
	74DB7/F1	156 300	233 575	26,00 - 31,00
	74DB9/F1	154 025	234 338	31,00 - 36,00
	74DB21/F1	160 980	231 000	30,60 - 31,60
	74DB25/F1	160 940	235 060	30,20 - 31,20
	74DB31/F1	156 000	228 580	30,70 - 31,70
	77DB1/F1	148 350	226 525	23,80 - 24,80
10/84	18DB3/F1	160 920	238 930	30,30 - 31,30
	74DB10/F1	155 713	231 725	26,20 - 31,20
	74DB22/F1	158 970	230 990	30,60 - 31,60
	74DB26/F1	153 000	234 940	30,60 - 31,60
12/84	17DB1/F1	152 990	238 600	25,10 - 26,10
	73DB1/F1	153 225	232 563	30,40 - 40,40
	73DB5/F1	151 200	234 175	25,65 - 29,50
	74DB16/F1	156 960	236 960	28,40 - 29,40
	74DB19/F1	161 050	228 850	29,80 - 30,80
	74DB24/F1	159 010	232 960	30,70 - 31,70
	74DB29/F1	155 050	236 940	30,70 - 31,70
	74DB30/F1	159 030	236 890	30,60 - 31,60

wateren bemonsterd. Het zijn het "Stappersven", de "Putse Moer" en het zuid-westelijke, kleinere gedeelte van de "Putse Moer" dat door een dijk van het grote noord-oostelijk gedeelte is afgesneden.

Op het terrein werden ter plaatse steeds de luchttemperatuur, de watertemperatuur, de zuurtegraad, de opgeloste zuurstof en de geleidbaarheid bepaald.

In het laboratorium werden totaalanalyses uitgevoerd : de hoeveelheid bezinkbare stoffen, agressief CO_2 (titrimetrisch), de alkaliniteit t.o.v. fenolftaleïne en methylooranje, de hoeveelheid SiO_2 , de verdampings- en verassingsrest, de hoeveelheid zwevende stoffen, de kleur en het calcinatieverlies, de totale en blijvende hardheid (titrimetrisch). Tevens werden de volgende ionen bepaald :

- de kationen : Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , $\text{Fe}^{2+/3+}$ en Mn^{2+} door atomaire absorptie, Ca^{2+} titrimetrisch en NH_4^+ colorimerisch
- de anionen : Cl^- met chloridometer, SO_4^{2-} gravimetrisch, NO_3^- , NO_2^- en PO_4^{3-} colorimetrisch, HCO_3^- en CO_3^{2-} titrimetrisch.

2.2.7.3. Resultaten

In bijlage 8 zijn alle wateranalyses en de ionenbalansen opgenomen. In hoofdstuk 3.6. worden de analyse-resultaten verder besproken.

2.2.8. Debietmetingen op waterlopen

2.2.8.1. Doel

Om de oppervlakkige afvoer in de waterlopen te kunnen kwantificeren, werden op vijf waterlopen stuwen geplaatst, die een continue registratie van de afvoerbieten mogelijk maakten. Deze gegevens waren vooral van belang

voor het met de kaartenatlas samenlopende hydrogeologisch mathematisch model.

2.2.8.2. Uitvoering

De ligging van de debietmeters is aangeduid op KAART 2. Ze werden geplaatst nabij de Nederlandse grens op de Molenbeek en de Spillebeek, nabij het "Kasteel De Greef" op de Roosendaalse Vaart, en op de Kraaienbeek ten zuiden van Essen.

De debiet-meetgoten zijn van het lange keel-type met lange overlaat (long-throated flume). De konstrukties werd uitgewerkt in samenwerking met dhr. ir. M.G. BOS van het Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI-Wageningen). Er werd geopteerd voor V-vormige konstrukties, daar sommige beken in droge periodes droogvallen, zodat ook de kleine debieten nauwkeurig kunnen opgemeten worden.

Nadat toestemming bekomen was van de Bestendige Deputatie van de Provincie Antwerpen, werd in december 1982 met de konstruktie op het terrein begonnen. Bij drie van de vijf beken namelijk de Nolse Vaart, de Dorpsbeek en de Molenbeek was de konstruktie van een betonnen muurtje, met U-vormige opening dwars op de loop van de beek noodzakelijk, evenals een zijdelingse wandversteving. Stroomopwaarts, tegen dit betonmuurtje aan, werd een houten schot met V-vormige uitsnijding geplaatst, waarin een metalen V-konstruktie werd opgehangen. De voegen werden met siliconen gedicht. Bij de brede Spillebeek kon het houten schot onmiddellijk, zonder betonmuurtje, in de bedding van de beek worden geplaatst, door de aanwezigheid van een brug, voorzien van twee metalen U-profielen, waarin het houten schot met metalen V-konstruktie kon worden ingeschoven. Bij de Kraaienbeek werd gekozen voor een kleine, metalen konstruktie, die in zijn geheel in de bedding kon worden geplaatst. De breedte en diepte van de beken op de plaats van de konstruktie is weer te vinden op KAART 2. Een schema-

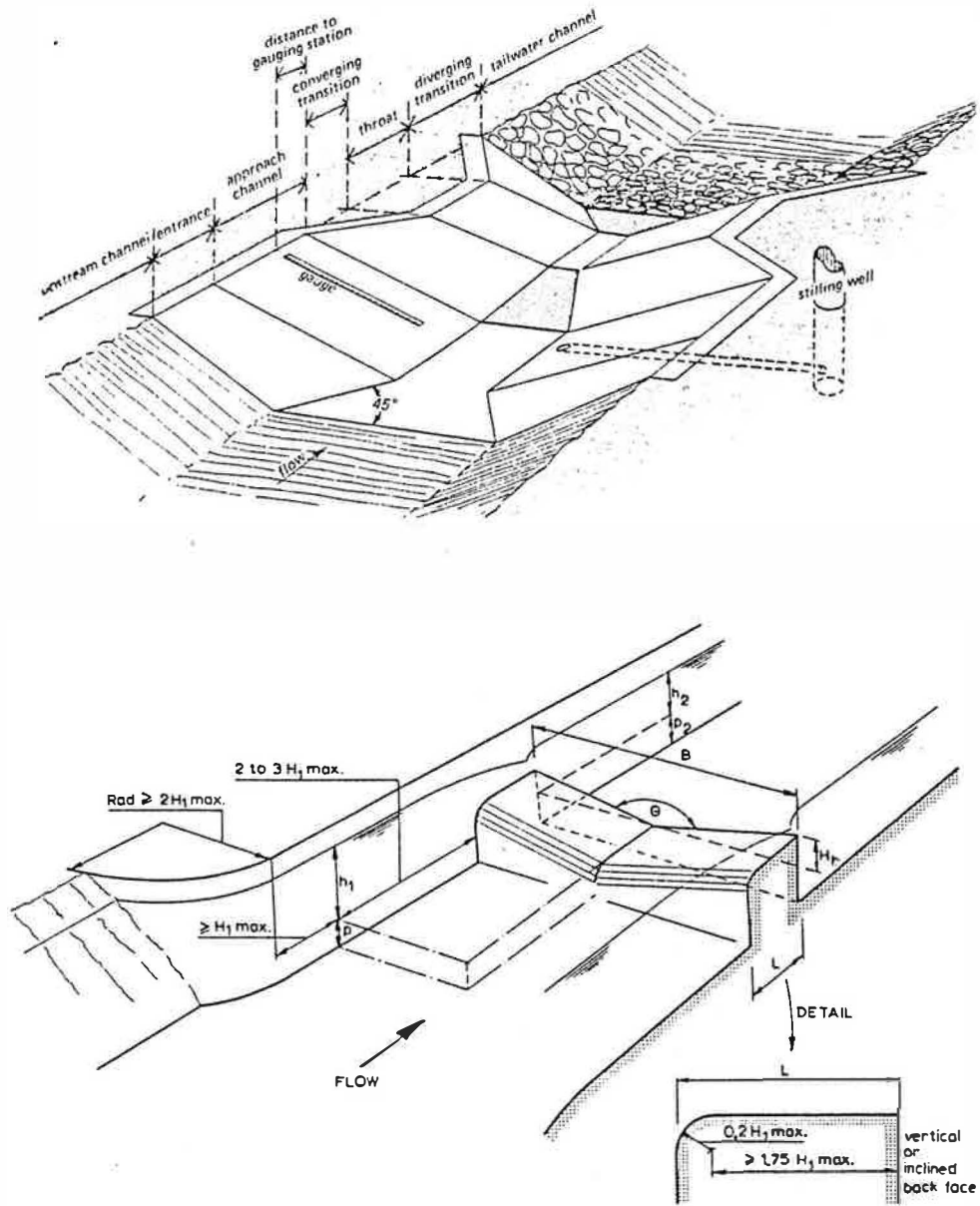
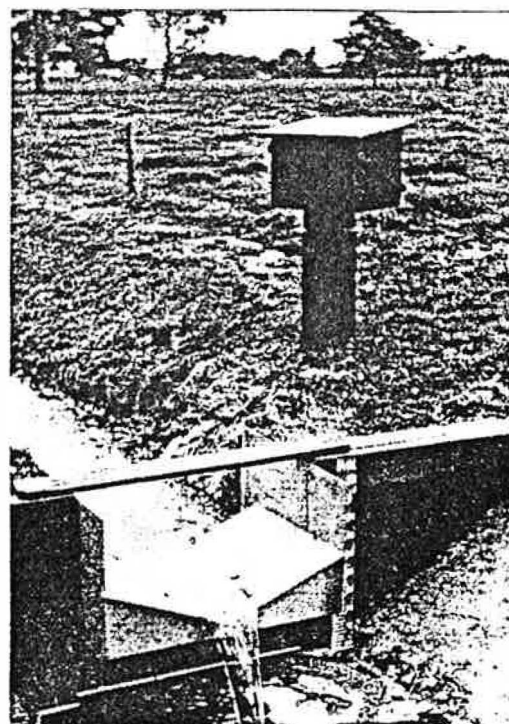


Fig. 2.5 - Algemeen concept, schematische voorstelling en voorbeeld van een debiet-meetgoot (naar M.G. BOS, 1976)



tische voorstelling van een debiet-meetgoten werd gegeven in figuur 2.5.

Door deze konstrukties wordt het water in de beek vóór de konstruktie gedeeltelijk opgestuwd, om vervolgens met een grotere, boven-kritische snelheid doorheen de zogenaamde keel, dit is de vernauwing, te stromen. Met behulp van een limmigraaf wordt de waterhoogte voor de konstruktie kontinu geregistreerd. Doordat alle maten van de sektion nauwkeurig gekend zijn, kan, na ijking, de waargenomen waterhoogte met de formules eigen aan de vorm van de konstruktie, omgerekend worden naar een afvoerdebiet. Alzo werd het mogelijk een kontinu verloop van de afvoerdebieten te bekomen.

2.2.8.3. Resultaten

De resultaten zijn voorgesteld in de vorm van tijd debietgrafieken. Ze werden opgenomen in bijlage 9 en verder besproken in hoofdstuk 3.2.

De Nolse Vaart werd voorgesteld vanaf maart 1983, de Dorpsbeek vanaf oktober 1983 en de Molenbeek en de Spillebeek vanaf februari 1984. De Kraaienbeek werd niet uitgezet, daar deze beek ofwel zeer kleine debieten had ofwel zeer grote, zodat het meetbereik van de konstruktie overschreden werd. De laatst voorgestelde metingen dateren van oktober 1985. Telkens dat het debiet lager was dan 1 liter/sec werden geen kurven uitgezet.

3. RESULTATEN - BESPREKING VAN DE KAARTENATLAS

De kaartenatlas bestaat uit 14 kaarten en 1 geologische doorsnede.

3.1. KAART 1 - Dokumentatie

3.1.1. Inleiding

De dokumentatiekaart geeft de ligging, de aard en de herkomst aan van de in het kader van deze studie gebruikte gegevens. Het betreft puntwaarnemingen die inlichtingen verstrekken over één of meerdere van de volgende onderwerpen :

- geologische opbouw van de ondergrond
- fysische en chemische kenmerken van de grond
- geohydrologische kenmerken van de grond
- fysische en chemische kenmerken van het grondwater
- stijghoogte van het grondwater
- winning van het grondwater
- aanverwante onderwerpen, b.v. reliëf, bodemgebruik....

Naast deze puntwaarnemingen is ook de geologische doorsnede aangeduid.

3.1.2. Ligging van de gebruikte gegevens

De ligging van een gegeven is bepaald door de plaats van het symbool op de kaart.

3.1.3. Aard van de gebruikte gegevens

Op KAART 1 zijn hoofzakelijk boringen vermeld. De gebruikte symboliek geeft informatie omtrent de uitvoeringswijze van de proef, de uitrusting van het boorgat en de parameters die eventueel werden opgemeten. Tabel 3.1. geeft

een overzicht van de gebruikte symboliek. Bij de boringen is een onderlinge combinatie van verschillende symbolen mogelijk.

Tabel 3.1. - Gebruikte symbolen op de dokumentatiekaart

- Boring
- Boring met opmeting van de grondwaterstand
- Boorgat uitgerust met (een) peilbuis(zen)
- Boring met laboratoriumonderzoek op geroerde of ongeroerde monsters
- Boring met in-situ hydrologische of grondmechanische proeven
- Boring met geofysische boorgatmetingen
- Boorgat uitgerust met (een) peilbuis(zen) en onderzoek van een grondwatermonster

3.1.4. Herkomst van de puntwaarnemingen

De herkomst van de gebruikte puntwaarnemingen is aangegeven met een letter en een archiefnummer en/of het nummer van de puntwaarneming. Volgende letters werden gebruikt :

- . B : gegevens afkomstig uit het archief van de Belgisch Geologische Dienst
- . G : gegevens afkomstig uit het archief van de Leerstoel voor Toegepaste Geologie. Om de leesbaarheid te vrijwaren werd de letter G en het archiefnummer vervangen door een of twee accenten

gevolgd door het nummer van de puntwaarneming.

Zo onderscheidt men :

- '...=G-79/5... : proeven uitgevoerd in het kader van de hydrogeologische bodemkundige en ekologische studie van de "Kalmthoutse Heide" en omliggende landbouwgronden" (W. DE BREUCK, E. VAN DYCK & L. LEBBE, 1981).
- ''...=G-81/08a...: proeven uitgevoerd in het kader van de kaartenatlas Kalmthout-Essen.
- .P : gegevens afkomstig van het archief van de Provinciale en Interkommunale Drinkwatermaatschappij der Provincie Antwerpen (PIDPA)
- .MW : gegevens afkomstig van het archief van de Administratie van het Mijnwezen, Ministerie van Economische Zaken
- .SM : gegevens afkomstig van het archief van de private boorfirma Smet-DB N.V. (Dessel).
- .WMZ : gegevens afkomstig van de Watermaatschappij Zuid-West-Nederland (WMZ).

3.1.5. Bespreking van de kaart

Het merendeel der gegevens bekomen uit de geraadpleegde archieven ligt gekoncentreerd in en rondom de "Kalmthoutse Heide". Bijgevolg werden de boringen uitgevoerd in het kader van deze studie volgens een regelmatig patroon ingeplant ten noorden en ten oosten van het natuurreservaat.

3.2. KAART 2 - Hydrografie

3.2.1. Inleiding

Oppervlaktewaters vervullen in de hydrologische cyclus een essentiële rol. De voeding van oppervlaktewaters gebeurt enerzijds door oppervlakte-afvoer en stroming

van grondwater in de onverzadigde zone, anderzijds door voeding van het grondwater. Een schematisch overzicht van de hydrologische cyclus wordt gegeven in figuur 3.1. en 3.2.

De oppervlakte-afvoer is de stroming van water over het aardoppervlak, en is afhankelijk van de hoeveelheid neerslag en de evaporatie. Een gedeelte van de neerslag kan tijdelijk opgenomen worden door de vegetatie en geëvaporeerd worden. Een groot deel van de neerslag dringt in de bodem en kan via evapo-transpiratie verloren gaan. Het surplus in de waterbalans van de onverzadigde zone zal naar het grondwater doorsijpelen. Wanneer de neerslagintensiteit groter is dan de infiltratiecapaciteit van de bodem, zullen depressies en holten in het oppervlak opgevuld raken ("depression storage"). Na de neerslagperiode kan dit water infiltreren of evaporeren. Zijn deze depressies en holten volgelopen dan zal het overtollige water over het oppervlak afgevoerd worden naar de waterlopen. Het water dat over het oppervlak wegvloeit, is te beschouwen als een apart reservoir ("surface detention"), evenals het deel dat zich reeds in de waterlopen bevindt ("channel storage"). Wanneer in de onverzadigde zone laagjes met kleine permeabiliteit voorkomen (b.v. ijzerhorizonten), kan het infiltrerende water hierop stagneren, en eventueel terug aan het oppervlak uittreden ("interflow").

De bijdrage tot het grondwater wordt de "base-flow" genoemd. Tijdens de kortdurende, hoge afvoerpieken is het aandeel van de grondwatervoeding klein, maar van het jaarlijks totaal afgevoerde debiet vormt het een belangrijk deel.

Een stroombekken is het volledige gebied, dat door een waterloop gedraineerd wordt, waarbij het afgevoerde water het bekken door één enkel punt verlaat. Dergelijke bekken worden begrensd door waterscheidingen die overeenkomen met topografische hooggelegen gebieden. In het studiegebied kunnen aldus 5 bekkens onderscheiden worden. Ze zijn aangegeven op KAART 2.

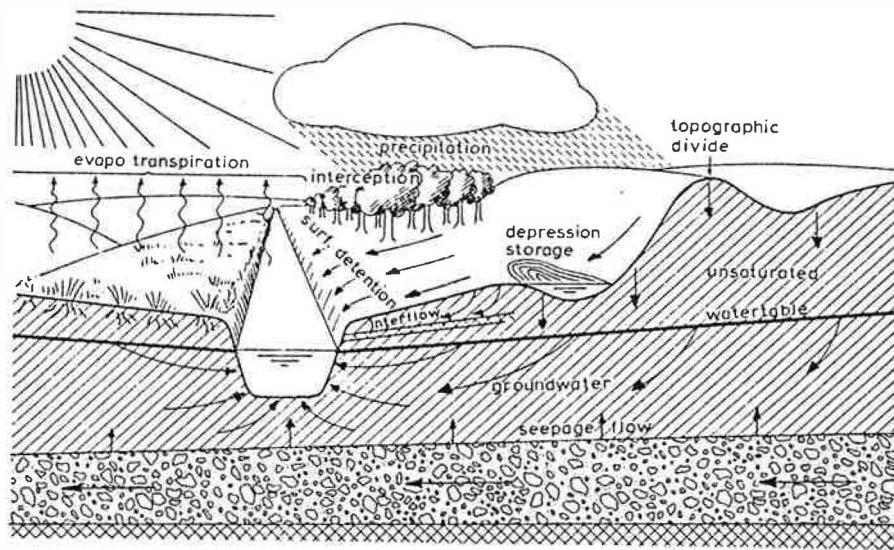


Fig. 3.1 - Schematische voorstelling hydrologische cyclus

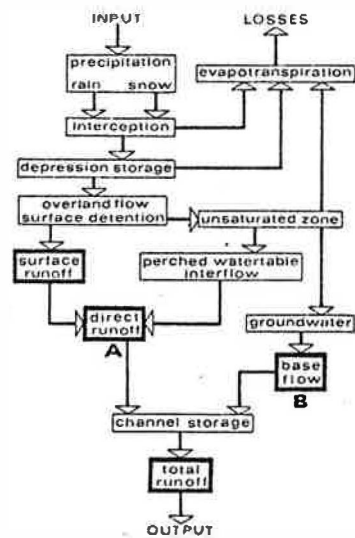


Fig. 3.2 - Stroomdiagram hydrologische cyclus

3.2.2. De neerslag

Veruit de belangrijkste voeding van oppervlakte- en grondwater wordt gevormd door de neerslag, in de vorm van b.v. regen en sneeuw. Neerslaggegevens in en rondom het studiegebied voor de periode 1969-1985 werden verkregen bij het KMI voor de stations Essen, Stabroek en Wuustwezel. De geografische ligging van deze waarnemingspunten is in tabel 3.2. aangegeven.

Tabel 3.2. Waarnemingsstations van het K.M.I.

Kode Nr.	Gemeente	Geografische coördinaten	
EA23	Essen	51°27'51'' NB	4°26'58'' OL
BW7	Stabroek	51°19'48'' NB	4°21'49'' OL
EA21	Wuustwezel	51°23'30'' NB	4°35'50'' OL

De jaarlijkse neerslagen zijn voorgesteld in figuur 3.3. Stabroek, heeft duidelijk de laagste neerslag met gemiddeld 774,7 mm/jaar, Wuustwezel, ten oosten van het studiegebied, gemiddeld 850,5 mm/jaar en Essen, in het noorden van het studiegebied, gemiddeld 867,6 mm/jaar. Deze gemiddelden werden berekend over de periode 1969-1985. Het natste jaar was 1974, het droogste 1976.

3.2.3. De stroombekkens

3.2.3.1. Het bekken van de Spillebeek (Bekken I)

Dit bekken bestaat uit het deelbekken van de Spillebeek en dat van de Molenbeek. Zowel de Spillebeek als de Molenbeek staan via De Zoom (Nederland) in verbinding met de Oosterschelde. De Zoom is een kunstmatige afvoerweg, destijds aangelegd als turfvaart. Ze begint bij de Belgische grens, waar

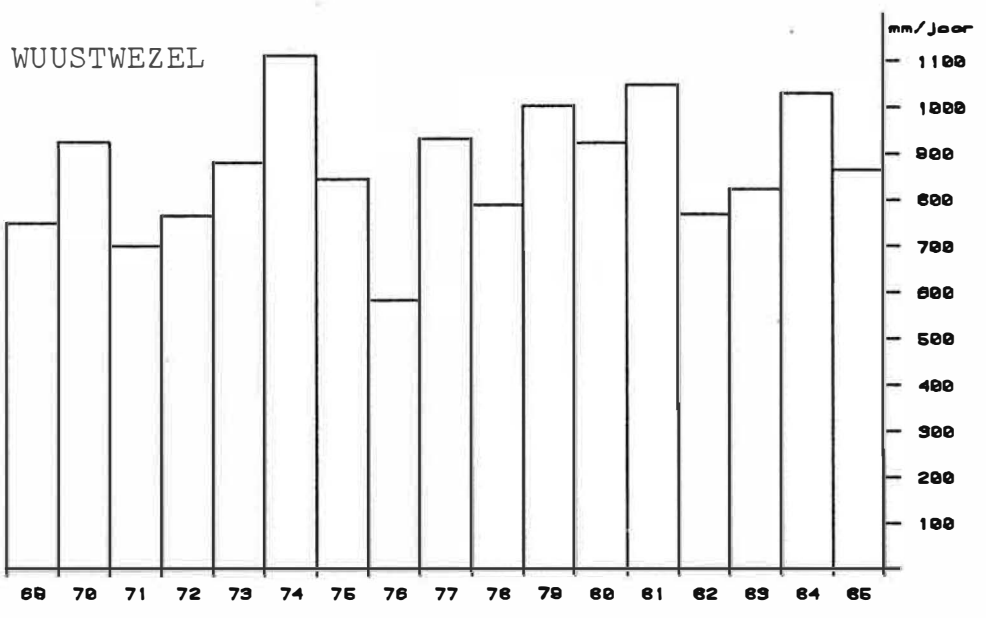
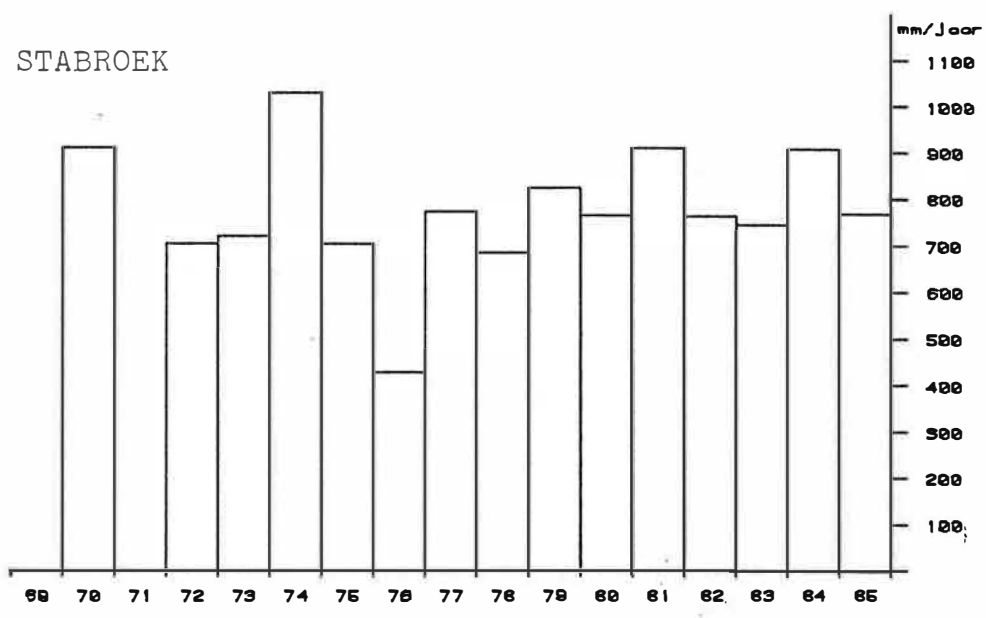
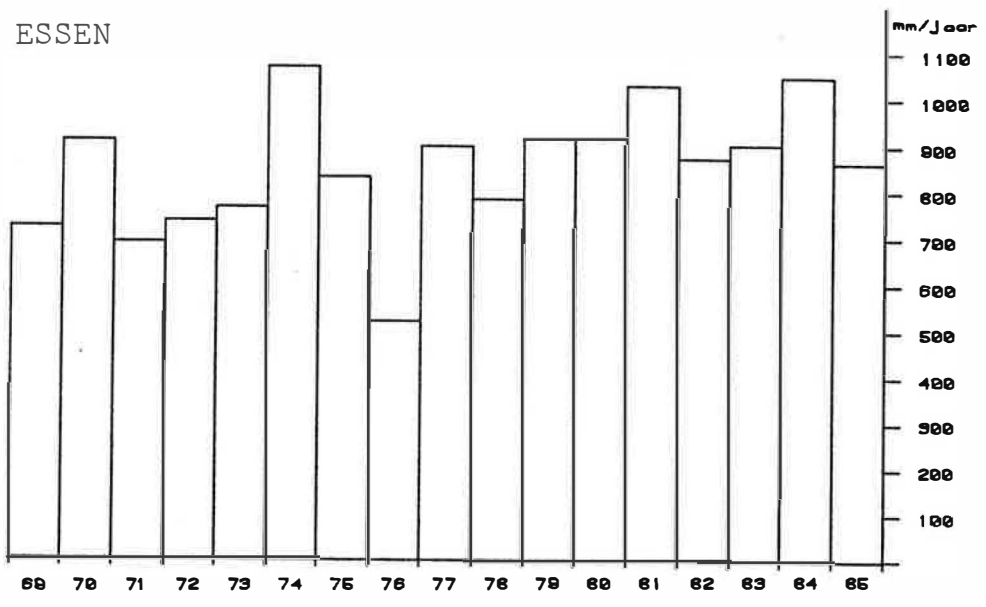


Fig. 3.3 - Jaarlijkse neerslag, opgemeten in de meteorologische stations van Essen, Stabroek en Wuustwezel

ze de Spillebeek ontvangt.

De Spillebeek ontstond uit een langgerekt ven of een keten van vennen, die naar het noorden afwateren. Het bovenpand, de Oude Moervaart, vertrekt uit het ven De Nol. Het moerassig gebied van De Nol heeft ook nog een oostelijke uitloper via de Nolse Vaart, maar de waterscheiding loopt dwars door de Nolse Vaart, op een hogere rug. De Oude Moervaart werd gegraven om turf uit De Nol (13^e tot 18^e eeuw) naar het noorden te vervoeren. Nabij de Oude Moer stroomt de Oude Moervaart in de Spillebeek, die ondertussen ook de Papemoerbeek heeft opgenomen. Vandaar gaat de Spillebeek door het Moerven en het voormalig Paardehoofdsvan en komt also bij de Nederlandse grens uit.

De westelijk gelegen Molenbeek van dit bekken, neemt in haar bovenloop de Huybergse beek op, die nabij de oude hoeve De Wolf ontstaat. De Molenbeek sluit pas in Nederland op de Spillebeek aan.

De oppervlakte van het bekken in het studiegebied bedraagt 2147 ha. Het totale bekken beslaat 4955 ha.

3.2.3.2. Het bekken van de Kleine A (Bekken II)

Dit bekken beslaat het grootste deel van het studiegebied en bestaat uit enerzijds het deelbekken van de Kleine A en anderzijds uit het deelbekken van de Roosendaalse Vaart. Dit bekken wordt in Nederland het bekken van de Roosendaalse en Steenbergse Vliet genoemd, dat in Volkerak afwatert.

De Kleine A ontstaat in het zuiden van het studiegebied uit de samenloop van enkele afvoergrachten van het Klein Schietveld. Ze neemt vervolgens de Heikantbeek en de Kerkeneindbeek op. De Achterbroeksebeek mondt uit ten noorden van Achterbroek, en de Handelaarsbeek nabij de gelijknamige wijk. Achter het Kasteel De Greef loopt de Dorpsbeek in de Kleine A. De Dorpsbeek ontstaat in het gebied tussen de

Putse steenweg en de Kapellensteenweg, en vloeit nog samen met de Zwarte Beek en de Zwanenloop. In het bovenpand van de Kleine A komen weinig of geen kronkelende gedeelten voor, wat een menselijke ingreep van het stroomtrajekt wijst. Ter hoogte van de gemeentegrens Kalmthout-Essen, kruist de Kleine A de Roosendaalse Vaart. In Wildert neemt ze de Wildertse-beek op, verderop de Zandbeek en de Kraaienbeek. In Essen mondt de Dorpsbeek uit, en ter hoogte van de Nederlandse grens de Grensscheidingsloop. De breedte van de Kleine A bedraagt hier ruim 4 meter. In het benedenpand is het trajekt veel minder rechtlijnig en komen talrijke meanders voor.

De Nolse Vaart, ook Vertakkingsvaart of De Vaart van de Nol naar Roosendaal genoemd, loopt van De Nol tot aan de Zilveren Hoek, en wendt dan naar het noord-oosten, waar ze in de Roosendaalse Vaart uitkomt. De Nolse Vaart kruiste vroeger de Kleine A door een grondduiker. Op het huidige ogenblik gebeurt de afvoer rechtstreeks in de Kleine A. De Roosendaalse Vaart, of de Vaart van Nieuwmoer naar Roosendaal is eveneens een oude turfvaart, aangelegd om het turf van het vengebied rondom de Maatjes te Nieuwmoer te vermoeren, en fungeert momenteel nog als afwateringsvaart voor dit vochtig gebied. Ze ontvangt o.a. de oostelijke stromende Marijneloop.

Een aantal belangrijke vennen in de "Kalmthoutse Heide" vallen eveneens binnen dit bekken. De Putse Moer is het hoogst gelegen (ca + 23,50) en wordt door een dijk in een groot noordoostelijk en een klein zuidwestelijk deel verdeeld. Het noordoostelijk deel staat via een verbindingsgracht in verbinding met het Stappersven, dat ook water ontvangt van de Drielingvennen. De afwatering van het Van Ganzeven gebeurt via deze verbindingsgracht. Dit ven rust slechts op een dunne ijzerhorizont, waardoor het in de zomer vaak volledig droog komt te staan. Het Stappersven is met een gracht verbonden met De Nol, maar de sluisjes die op deze gracht zijn aangebracht zijn kontinu gesloten. Bijgevolg komt het water bij hoge waterstand via een recent gegraven overloop in

de Venloop terecht, die in de Nolse Vaart en verder naar de Kleine A afwatert. Zouden de sluisjes geopend worden en de overloop gedicht, dan zou de waterafvoer via De Nol gebeuren, naar de Oude Moervaart en de Spillebeek en behoort dit gebied tot het bekken van de Spillebeek. Deze laatste toestand is veeleer te verkiezen boven de eerste, omdat het overtollige water van het natuurreservaat dan naar een gebied geleid wordt, waar de invloed van grondwaterwinning zich het sterkst doet gevoelen, in plaats van naar het vrij vochtige gebied van de Kleine A.

De oppervlakte van het bekken van de Kleine A binnen het studiegebied bedraagt 8047 ha. Het totale bekken, namelijk van de Roosendaalse en Steenbergse Vliet, bedraagt 31800 ha.

3.2.3.3. Het bekken van de Weerijs (Bekken III)

Twee kleine gebieden aan de oostgrens van het kaartblad behoren tot het bekken van de Weerijs, dat in Nederland tot het grote bekken van de Dintel behoort, die in het Volkerak uitmondt.

Het water in dit gebied wordt via de Berkenbeek of de Kleine Beek naar de Weerijs gevoerd.

De oppervlakte van het bekken bedraagt 1004 ha in het studiegebied. Het ganse bekken van de Dintel heeft een oppervlakte van 104.100 ha.

3.2.3.4. Het bekken van het Schijn (Bekken IV)

Het uiterste zuiden van het studiegebied behoort tot het bekken van het Schijn, dat via sluizen in de Westerschelde afwatert. Daar de waterscheiding dicht bij de rand van het studiegebied loopt, komen er geen belangrijke waterlopen meer voor.

De oppervlakte van dit bekken binnen het studiegebied

bedraagt 430 ha, de totale oppervlakte 36.300 ha.

3.2.3.5. Het bekken van de Kabeljauwbeek (Bekken V)

Het bekken van de Kabeljauwbeek beslaat het zuidwestelijk deel van het studiegebied. Dit bekken behoort in Nederland tot het bekken van het Kreekrak.

De vennen en moerassen in dit gebied hebben geen afwatering. Enkel in het noordoosten van het gebied zijn er enkele kleine beken die de aldaar gelegen weilanden naar De Groote Meer afwateren, waarvan ze het water enigszins verontreinigen.

De oppervlakte van het bekken binnen het studiegebied bedraagt 453 ha, het totale bekken beslaat 9535 ha.

3.2.4. De debieten van de waterlopen

3.2.4.1. Inleiding

Op vijf plaatsen in het studiegebied bevinden zich debietmeetpunten. De lokalisatie hiervan is aangeduid op KAART 2. De Molenbeek en de Spillebeek worden opgemeten nabij de Nederlandse grens, de Nolse Vaart nabij de verbindingsweg Essen-Kapellen, de Dorpsbeek nabij het Kasteel De Greef en de Kraaienbeek niet ver van de monding in de Kleine A. Op al deze punten werden kontinu registraties verricht.

De methode van uitvoering alsook de voorstelling van de resultaten is besproken in punt 2.2.8.

3.2.4.2. Bespreking der resultaten

De waarnemingsgegevens van de limnigrafen werden gedigitaliseerd om een gemakkelijke verwerking toe te laten. De omgerekende debieten werden per maand uitgezet in

tijd- debietgrafieken (Bijlage 9). De waargenomen debieten zijn hierbij logaritmisch uitgezet. De maandelijkse gemiddelde dagdebieten (in m^3/dag) staan in tabel 3.3.

De Dorpsbeek is opgemeten vanaf oktober '83. In januari '85 werden geen waarnemingen verricht. De gemiddelde dagdebieten zijn het hoogste van de vier waarnemingspunten : in 1984 bedroeg het debiet gemiddeld $7139 \text{ m}^3/\text{dag}$. De oppervlakte van het stroomgebied, stroomopwaarts van de debietmeter is 881 ha groot zodat er gemiddeld ca $8,10 \text{ m}^3/\text{dag}$ per ha gedraineerd wordt. De neerslag bedroeg in meetstation Essen $1030,4 \text{ mm}$ in 1984, wat een totale gemiddelde neerslaghoeveelheid voor het bekken oplevert van $24\ 871 \text{ m}^3/\text{dag}$. Er wordt bijgevolg ca 30% van de neerslaghoeveelheid door oppervlakteafvoer weggebracht. Hoge pieken ($> 1 \text{ m}^3/\text{sec}$) traden op in februari 1984, oktober-november '84 en april '85. Bij plotselinge hevige regenbuien kunnen deze maxima snel bereikt worden. In fig. 3.4. zijn de lengteprofielen van de Dorpsbeek-Kleine A, Spillebeek en Molenbeek voorgesteld. Hierin wordt de hoogteligging van de vloer uitgezet in functie van de lengte van de waterloop. Uit het lengteprofiel blijkt dat de debietmeter op de Dorpsbeek zich juist stroomafwaarts van een sterk hellend traject bevindt. De stroomsnelheden zullen bijgevolg hoog zijn, en er zal minder water in de beek zelf kunnen opgeslagen worden ("channel storage"), waardoor de pieken meer uitgesproken zijn.

De Nolse Vaart heeft een sterk afgevlakte tijd-debietgrafiek. Echte pieken komen niet voor en na de maxima volgen lange perioden waarin een regelmatige debietafname waar te nemen is. Voor 1984 is een gemiddeld debiet van $1432 \text{ m}^3/\text{dag}$ gemeten. De Nolse Vaart is een kunstmatig aangelegde waterweg en de drainage wordt kunstmatig geregeld. Bij hoge waterstanden kan via een overloop water vanuit het Stappersven in de Nolse Vaart geloosd worden. De preciese omvang van het bekken dat de Nolse Vaart voedt, kan bijgevolg niet precies vastgesteld worden. Voor het tamelijk natte jaar 1984 kan de to-

Tabel 3.3. Maandelijks gemiddelde dagdebieten (m³/dag) van waterlopen

maand	Dorpsbeek	Spillebeek	Molenbeek	Nolse Vaart
03/83	-	-	-	142,7
04/83	-	-	-	3958,4
05/83	-	-	-	3780,4
06/83	-	-	-	911,60
07/83	-	-	-	43,8
08/83	-	-	-	droog
09/83	-	-	-	droog
10/83	43,2	-	-	droog
11/83	81,8	-	-	droog
12/83	1861,7	-	-	droog
01/84	9732,7	-	-	295,9
02/84	12971,0	9231,1	4976,8	1363,3
03/84	3870,0	3880,9	1480,9	1231,4
04/84	2447,0	1840,7	535,7	1428,4
05/84	1664,8	671,5	279,9	856,1
06/84	1696,7	928,4	345,8	1712,9
07/84	1610,1	1201,1	1496,4	322,4
08/84	332,9	1,8	droog	droog
09/84	6243,3	5561,9	6824,0	588,8
10/84	24291,3	defekt	45009,1	4468,4
11/84	12688,0	defekt	defekt	3100,2
12/84	8134,8	defekt	6842,7	1813,2
01/85	*	defekt	*	*
02/85	2668,1	defekt	1636,1	2226,8
03/85	3227,3	defekt	2003,6	2119,1
04/85	24453,8	defekt	29691,4	4992,3
05/85	1522,5	3007,4	1154,8	689,0
06/85	4458,4	5308,3	1048,0	1050,8
07/85	938,9	1207,7	215,0	812,9
08/85	1665,8	984,8	264,2	732,9
09/85	1100,1	549,6	35,4	100,3
10/85	1068,2	56,0	droog	58,1

* =stilgevallen

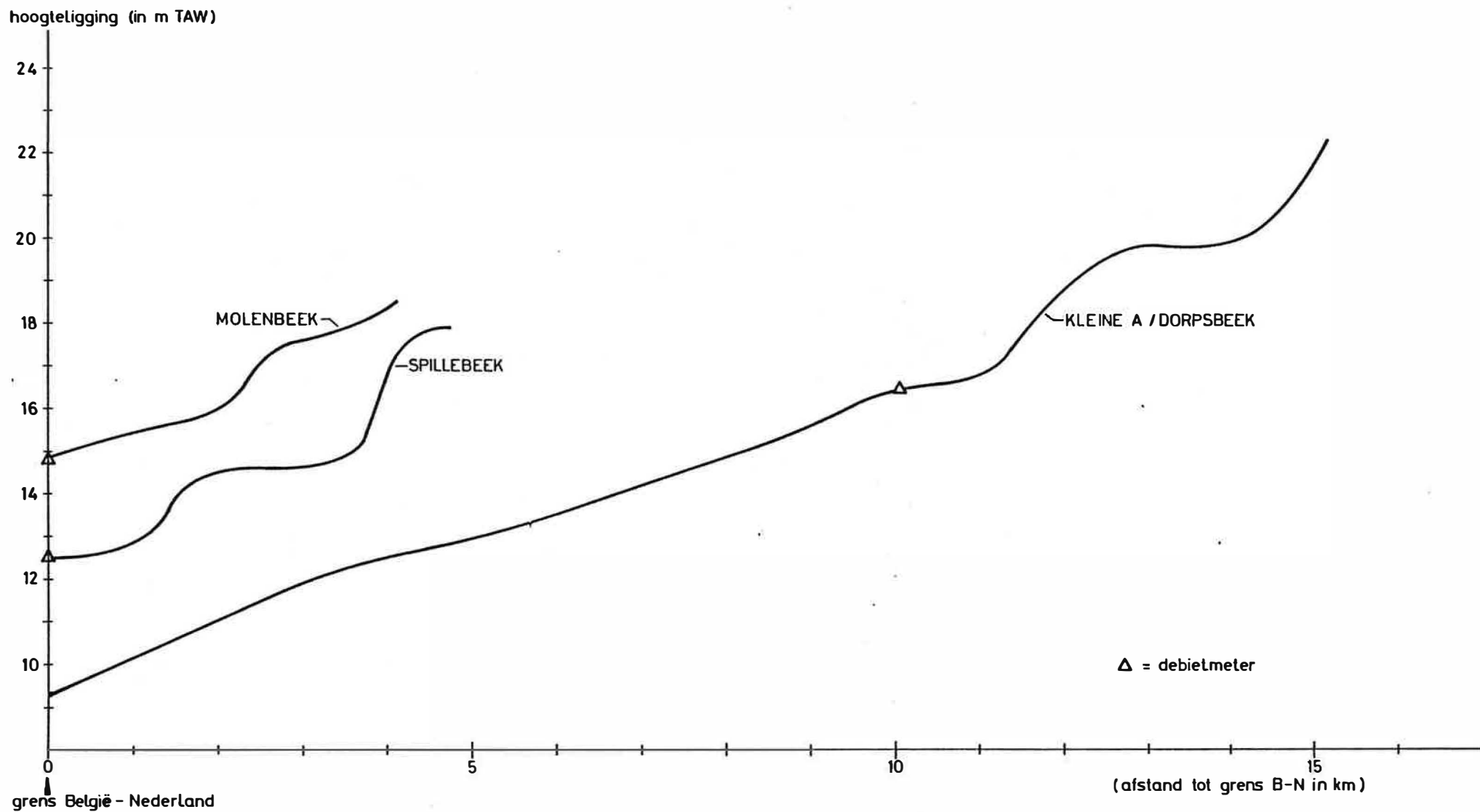


Fig. 3.4 - Lengteprofiel van de Dorpsbeek-Kleine A, Spillebeek en Molenbeek

tale waterhoeveelheid begroot worden op ca 523 000 m³. Tijdens het drogere jaar 1983 heeft de Nolse Vaart maandenlang droog gestaan.

Van de Spillebeek was geen continue reeks metingen voorhanden, aangezien het meetapparaat lange tijd defekt was. De tijd-debietgrafiek vertoont dezelfde karakteristieken als de Dorpsbeek, waarbij de verschillende pieken goed overeenkomen, hoewel de afgevoerde debieten kleiner zijn. In de periode februari-september 1984 bedroeg het gemiddelde debiet 2915 m³/dag. Het stroombekken stroomopwaarts de debietmeter beslaat ca. 1495 km², wat een afvoer van 1,95 m³/dag per ha betekent. Op dit bekken valt gemiddeld dagelijks 42.204 m³ neerslag, zodat slechts 7% van die hoeveelheid oppervlakkig wordt weggevoerd. Een groot deel van dit bekken behoort tot het waterwinningsgebied. Hier zal het grootste deel van de neerslag het grondwater voeden. In fig. 3.4. is het lengteprofiel van de Spillebeek voorgesteld. Duidelijk is dat het verloop bestaat uit tamelijk vlakke stukken, onderbroken door steilere hellingen. Volgens SCHOOF (1972) ontstond de Spillebeek door aaneenschakeling van een reeks vennen, die zich door de natuurlijke terreinhelling (ca. vier meter) aaneensloten tot een waterloop. In het lengteprofiel komen de horizontale stukken overeen met de ligging van de vroegere vennen : stroomafwaarts zijn dit achtereenvolgens het Papemoerven, het Moerven en het Paardehoofdsvan.

Het debietsverloop van de Molenbeek vertoont scherpe pieken. De maxima worden snel bereikt. Een groot deel van het bekken valt op Nederlands grondgebied. De preciese hydrologische omstandigheden zijn hier niet gekend.

De debieten in de Kraaienbeek, opgenomen sinds oktober 1983, vertoonden grote verschillen, van zeer klein tot zeer groot, waarbij de meetcapaciteit van de constructie regelmatig overschreden werd, waardoor de peilmetingen niet in debieten konden omgerekend worden.

De resultaten van al deze debietmetingen werden verder

gebruikt voor de tegelijkertijd lopende studie betreffende het hydrogeologisch mathematisch model van het Nederlands-Belgisch grensgebied in de omgeving van de "Kalmthoutse Heide".

3.2.5. De kartografische voorstelling

KAART 2 - hydrografie behandelt een uitgebreider thema dan de titel aangeeft; naast gegevens betreffende het hydrografisch net zijn inlichtingen vermeld over stilstaande waters en moerassen, de stroombekkens, de hydro-meteorologie en de afvalwaterzuivering. Voor de voorstelling van deze kaart (legende) werd voornamelijk gesteund op bestaande hydrografische en aanverwante kaarten en publikaties. Als belangrijkste gegevens moeten worden vermeld :

- de talrijke hydrografische kaarten op schaal 1:50.000 en de publikaties van de dienst van Prof. M. KLIMAZEWSKI in Polen.
- de hydrogeologische kaarten en atlassen op schaal 1:50.000 en 1:100.000 en
- de "Cartes de vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine" op schaal 1:50.000, beide van de Bureau des Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.)
- de hydrogeomorfologische kaarten van J. TRICART et al (1966)
- de waterstaatskaarten op schaal 1:50.000 van Nederland Directie Waterhuishouding en Waterbezorging
- de hydrografische kaart; publikatie van P. DE SMEDT en F. GULLENTOPS (1981) met een kaartvoorbeeld van het blad Haacht-Rotselaar 24/5-6 (N.G.I.)

Deze kaart werd opgemaakt steunend op bestaande gegevens waarbij enkele onduidelijke gegevens op het terrein werden gecontroleerd. Specifiek veldwerk werd echter in het kader van deze kaart niet verricht.

3.2.5.1. Het hydrografisch net

Als basisdokument beschikken we over :

- de oro-hydrografische kaarten op schaal 1:25.000 van het N.G.I. (2de editie)
- de kaarten van de atlas van de waterlopen van de Provinciale Technische Diensten
- diverse luchtfotoseries van het Nationaal Geografisch Instituut.

Op enkele plaatsen werden kleine drainagegrachten soms niet aangegeven teneinde de overzichtelijkheid van de kaart niet in het gedrang te brengen.

De waterlopen worden voorgesteld volgens breedteklassen. Het beschikbare gegeven is hier de vloerbreedte. Verder wordt een onderscheid gemaakt tussen permanente en niet permanente waterlopen; verdwijningen en resurgenties evenals het ondergronds tracé (vanaf een lengte > 100 m) zijn aangegeven. Watervallen zijn eveneens vermeld. Het betreft hier de afwatering van de Nolse Vaart in de Kleine A. Naast de indeling in breedteklassen is ook de gemiddelde diepte onder de oevers en de vloerbreedte op bepaalde meetsekties aangegeven. Als kunstwerken op waterlopen zijn de stuwen vermeld. Bij de hydrometrische waarnemingspunten is een onderscheid gemaakt tussen een peilschaal (in de vennen) en een peilschrijver (nabij de debiet meetgoten) en zijn ook de debietmeetpunten met een symbool aangeduid.

3.2.5.2. Stilstaande waters - moerassen

3.2.5.2.1. Stilstaande waters

Hierbij behoren alle stilstaande oppervlaktewaters in het studiegebied vooral vertegenwoordigd onder de vorm van vennen. De informatie is afkomstig van :

- de topografische kaarten van het N.G.I.
- luchtfotoseries van het N.G.I.

- de biologische waarderingskaart, kaartblad 1 en 7, van het Ministerie van Volksgezondheid en van het Gezin. Er werd geen verder onderscheid gemaakt betreffende de oorsprong, het gebruik en de bestemming van de oppervlaktewaters, wel tussen permanente en niet permanente stilstaande waters.

3.2.5.2.2. Moerassen

De moerassen werden aangegeven zoals ze voorkomen op de topografische kaarten van het N.G.I. en de biologische waarderingskaart.

3.2.5.3. Waterscheidingen - Stroombekkens

Als stroombekken werd gedefinieerd : het gebied dat gedraineerd wordt door een waterloop die rechtstreeks in de open zee uitmondt, of in een rivier die in de zee uitmondt. Aldus werden 5 stroombekkens onderscheiden. Hun waterscheidingen zijn aangeduid alsmede de oppervlakten in ha van het ganse stroombekken en deze van het gedeelte van het stroombekken voorkomend binnen het gekarteerde gebied. Er werd een onderscheid gemaakt tussen orografische en niet-orografische waterscheidingen.

3.2.5.4. Hydrometeorologie

Binnen het gekarteerde gebied ligt één pluviometrisch station, namelijk dat van Essen (K.M.I.).

3.2.5.5. Afvalwaterzuivering

De zuiveringsstations op de Kleine A werden aangeduid.

3.3. KAART 3 - Grondwaterwinning

3.3.1. Inleiding

In en nabij het studiegebied komen 6 belangrijke grondwaterwinningen voor. De "Provinciale en Intercommunale Drinkwatermaatschappij der Provincie Antwerpen" (PIDPA) baat in Essen, Putte-Kapellen en Wuustwezel belangrijke winningen uit. De N.V. Watermaatschappij Zuid-West-Nederland (WMZ) beschikt over winningen te Putte, Ossendrecht en Huybergen (Nederland). Diverse andere kleine winningen zijn van ondergeschikt belang. Op KAART 3 staan alle waterwinningen binnen het studiegebied aangegeven met het opgepompte debiet, de oorsprong en de bestemming van het water, alsook de winmethode. In tabel 3.4. zijn de grondwaterwinningen binnen het studiegebied opgenomen.

3.3.2. Waterwinningen van de P.I.D.P.A.

3.3.2.1. Putte-Kapellen

De waterwinning is gelegen tussen de weg Stabroek-Wuustwezel (N111), en de Nederlandse grens, ten oosten van Putte en ten zuid-westen van het studiegebied. Het vermoedelijk zwaartepunt van de winning ligt op ca. 1 km van de meest nabije grens van het studiegebied. Het pompstation werkt sinds 1957. De batterij bestaat in het totaal uit 14 putten. Een eerste reeks heeft een filterlengte van 12 m en is circa 65 m onder het maaiveld geplaatst. Een tweede reeks heeft filters van 20 m lengte die zich tussen 60 en 80 m diepte bevinden. Het water wordt gewonnen uit de Formatie van Diest (watervoerende laag C).

In fig. 3.5. zijn de gewonnen debieten voor de periode 1979-1983 voorgesteld. De jaarproductie schommelt rond de

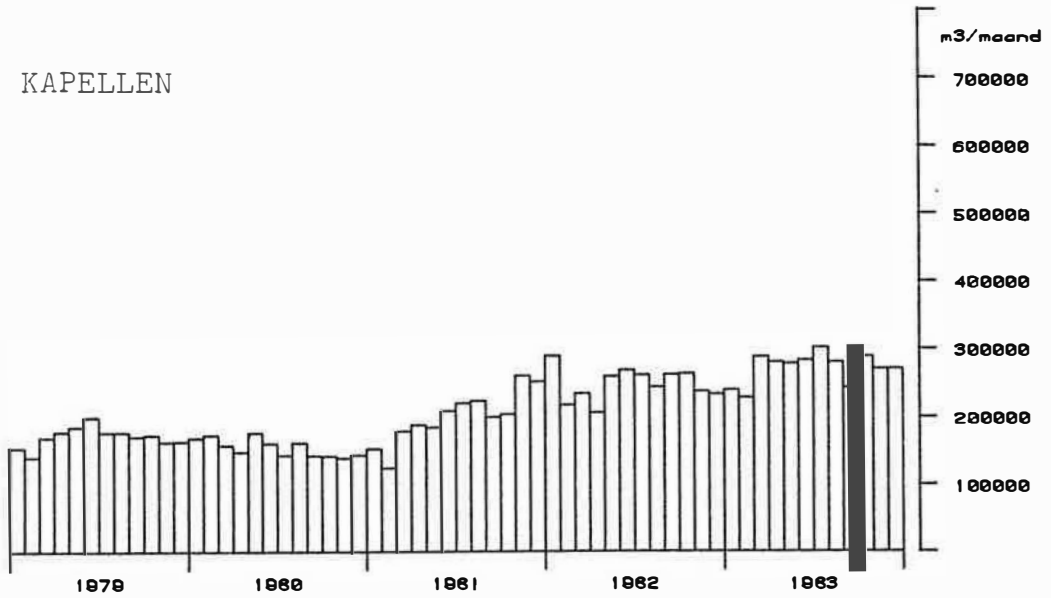
Tabel 3.4. Grondwaterwinningen binnen het studiegebied

nr. kaart blad	Lambert-coörd.		Peil (m TWA) z	Plaats van de filter (m)	Formatie waaruit gewonnen wordt	Watervoerende laag waaruit gewonnen wordt	Jaarlijks gewonnen hoeveelheid (m ³)	Bestem- ming *	Winmethode
	X	Y							
1/8	156,25	239,38	+ 16,0	? - 50	Merksplas	B	81 : 9.000	I	geboorde put
1/8	156,95	239,95	+ 13,0	43 - 54	Merksplas	B	81 : 19.055 82 : 19.510 83 : 19.114 84 : 17.796	I	geboorde put
1/8	157,30	239,43	+ 14,0	? - 68 & ? - 65	Merksplas	B	81 : 26.500 82 : BD 83 : BD	I	geboorde putten
1/8	161,95	239,40	+ 15,5	25 - 45	Merksplas	B	81 : 1.008	I	geboorde put
7/3	153,00	238,00	+ 15,5	32 - 52	Merksplas	B	81 : 600	I	geboorde put
7/4	158,90	231,75	+ 21,0	?-44,7 & ?-42,8	Merksplas	B	81 : 12.000	I	geboorde putten
7/4	157,50	230,40	+ 19,0	30 - 40	Merksplas	B	81 : 8.012	I	geboorde put
7/4	156,70	228,50	+ 26,0	39 - 43	Merksplas	B	81 : 6.000	I	geboorde put
7/4	156,75	228,55	+ 19,0	33 - 48	Merksplas	B	81 : 3.700	I	geboorde put
7/4	159,45	231,72	+ 21,0	27,5-44 & 61-122	Merksplas + Diest + Berchem	B + C	81 : 26.830	I	geboorde putten
7/4	159,13	237,48	+ 16,00	59 - 74	Diest	B	81 : 100	I	geboorde put
7/4	159,40	237,48	+ 16,0	40 - 60 & 60 - 80	Merksplas + Diest	B + C	81 : 21.000 82 : 24.467 83 : 17.612 84 : 15.000	I	geboorde putten
7/4	161,80	233,13	+ 18,0	26 - 44	Merksplas	B	81 : 20.000	I	geboorde put
7/4	156,95	237,90	+ 17,0	23 - 43	Merksplas	B	81 : 800	I	geboorde put
7/4	154,30	235,20	+ 17,5	70 - 130	Diest + Berchem	C	81 : 6.288.460 82 : 6.706.290 83 : 7.363.044 84 : 6.838.955	D	batterij van ge- boorde putten

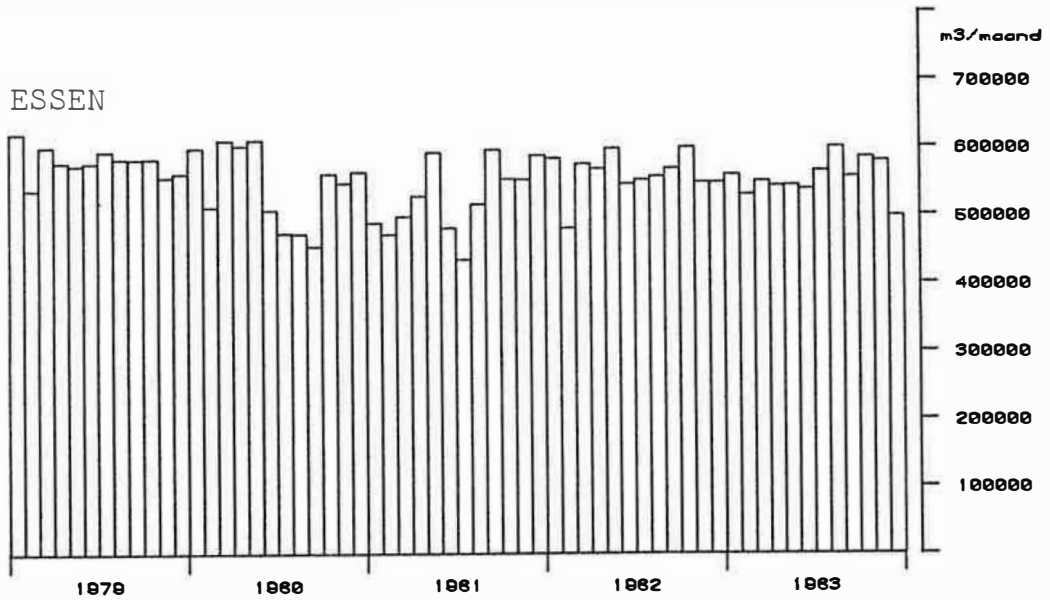
* I = Industrie of landbouw

D = Drinkwatermaatschappij

KAPELLEN



ESSEN



WUUSTWEZEL

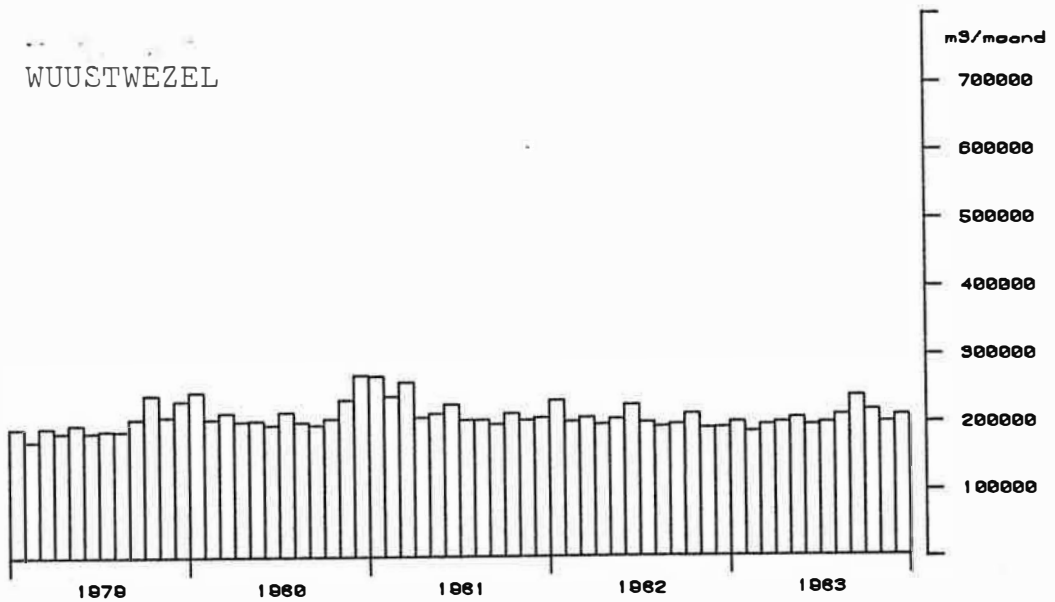


Fig. 3.5 - Maandelijkse hoeveelheid gewonnen water in de grondwaterwinningen van de PIDPA

3 miljoen m³. De vergunning bedraagt 12 miljoen m³/jaar.

3.3.2.2. Essen

De waterwinning te Essen is gelegen in de Wildertse Duinen ten noorden van De Nol, ongeveer in het centrum van het studiegebied. Ze is in gebruik genomen in april 1968. Er zijn 13 winningsputten aanwezig van ca 130 m diepte, waarin water wordt gewonnen uit de watervoerende laag C. De filters beginnen op 50 m diepte. De putten liggen ongeveer 500 m uit elkaar, volgens twee L-vormen, die 500 m ten opzichte van elkaar verschoven zijn. In fig. 3.5. is de produktie over de periode 1979-1983 voorgesteld. De jaarproduktie bedraagt ca. 6 à 7 miljoen m³, terwijl er een vergunning is voor 10 miljoen m³/jaar.

Door het hoge gehalte aan ijzerverbindingen en organisch materiaal, dient het opgepompte water ter plaatse behandeld te worden. Door gebruik van sproeiërs worden de ijzerverbindingen geoxideerd en ontsnappen gassen die in het water zijn opgelost (NH₃ en H₂S).

3.3.2.3. Wuustwezel

Ten zuidoosten van Nieuwmoer, op het grondgebied van de gemeente Wuustwezel, juist buiten de rand van het studiegebied, bevinden zich zes pompputten, die eveneens op het station Essen zijn aangesloten. De filters beginnen op 56 m diepte, dit is in de watervoerende laag C. De opgepompte debieten tijdens de periode 1979-1983 zijn voorgesteld in figuur 3.5. De jaarproduktie bedraagt ca. 2,5 miljoen m³, de vergunning bedraagt 10 miljoen m³/jaar.

3.3.3. Waterwinningen van de N.V. Watermaatschappij Zeeland

3.3.3.1. Putte

Dit kleine pompstation ten westen van het studiegebied, op circa 0,5 km van de meest nabije grens van het studiegebied omvat slechts één pompput. De jaarproduktie bedraagt ca 100.000 m³/jaar (fig. 3.6.) wat overeenkomt met de vergunning van 0,1 miljoen m³/jaar.

3.3.3.2. Ossendrecht

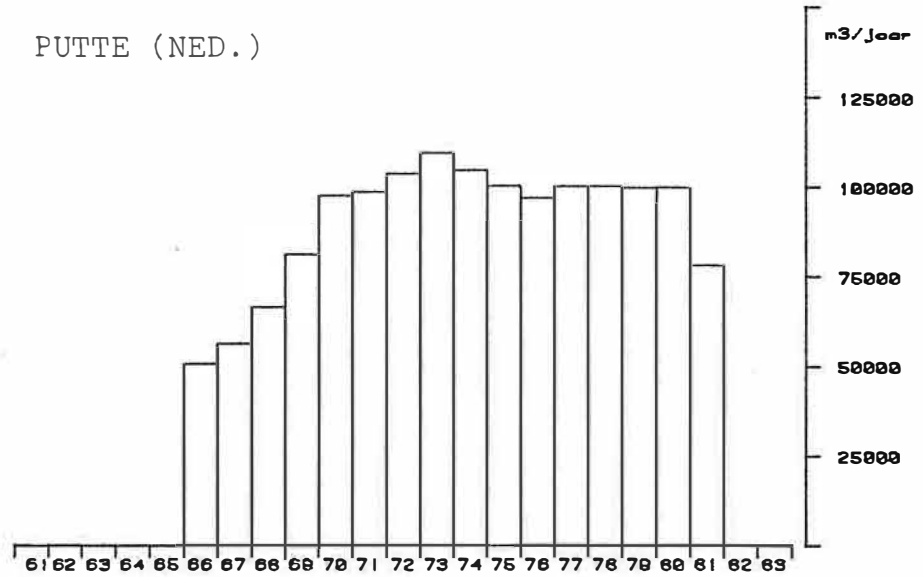
Dit pompstation is reeds in werking sinds 1928. De putten zijn ongeveer 80 m diep. Het omvat twee reeksen putten. Een vijftiental oude putten ligt ten noorden van de dorpskom, met filters op geringe diepte. Een tweede meer recente reeks van vijf putten ligt ten noordoosten van Ossendrecht. De filterelementen gebinnen op circa 40 m diepte, wat betekent dat uit de watervoerende laag B gewonnen wordt. Het zwaartepunt van deze laatste reeks ligt op circa 2,75 km van de grens van het studiegebied.

De jaarlijks opgepompte debieten van 1961 tot 1983 zijn voorgesteld in figuur 3.6. Ze schommelen rond de 5 à 6 miljoen m³. De waterwinning is vergund voor 6 miljoen m³/jaar.

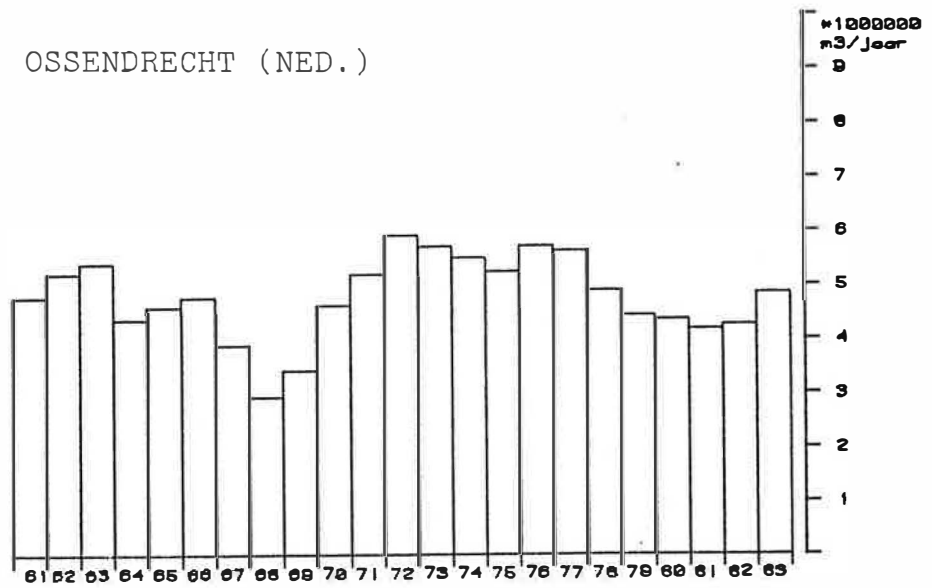
3.3.3.3. Huybergen

Dit is de grootste waterwinning uit het gebied, gelegen op circa 1,7 km van de meest nabije grens van het studiegebied. Er zijn veertien winningsputten aangebracht met een gemiddelde diepte van 110 m, de filters zijn aangebracht vanaf circa 80 m onder maaiveld. Bijgevolg wordt

PUTTE (NED.)



OSSENDRECHT (NED.)



HUYBERGEN (NED.)

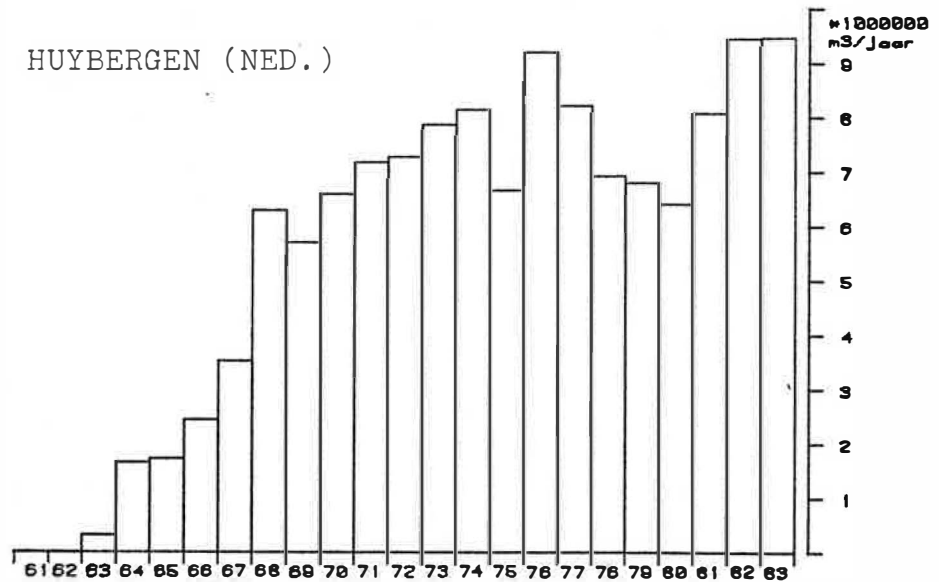


Fig. 3.6 - Jaarlijkse hoeveelheid gewonnen water in de grondwaterwinningen van de WMZ

gewonnen uit de watervoerende laag C. De evolutie van de jaarproduktie wordt getoond in fig. 3.6. Ze schommelt rond de 9 à 10 miljoen m³, en de vergunning bedraagt 10 miljoen m³/jaar.

3.3.4. Private winningen

Steunend op de gegevens afkomstig van de steekkaarten van de Dienst Water- en Bodembeleid van de Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap) werden de winningen van de industrie of landbouw in het studiegebied, kartografisch voorgesteld. Ze werden eveneens vermeld in tabel 3.4.

3.3.5. Kartografische voorstelling

De kartografische voorstelling (KAART 3), maakt deel uit van een algemene legende opgesteld voor grondwaterwinningskaarten op schaal 1:25.000 die geldig is voor het ganse Vlaamse Gewest (anno 1981 - Leerstoel van Toegepaste Geologie). Er worden 4 parameters aangegeven, nl.

- de oorsprong van het gewonnen water
- de hoeveelheid gewonnen water
- de bestemming van het gewonnen water
- de winmethode

3.3.5.1. Oorsprong van het gewonnen water

De watervoerende laag waaruit gewonnen wordt is aangegeven met een bepaalde symboliek en een welbepaalde kleur :

- oranje voor winningen in de watervoerende laag B
- violet voor winningen in de watervoerende laag C

3.3.5.2. Bestemming van het gewonnen water

Naast de gewonnen hoeveelheid water wordt de bestemming ervan aangeduid door een lettersymbool.

Als bestemmingen zijn vermeld :

- I : industrie en/of landbouw
- D : drinkwatermaatschappijen

3.3.5.3. Hoeveelheid gewonnen water

De hoeveelheid gewonnen water in m^3/j is evenredig met de oppervlakte van een cirkel. Deze continue tweedimensionele voorstellingswijze laat een zeer uitgebreid waardebereik van deze grootte toe. Voor het ganse Vlaamse Gewest is het mogelijk aldus winningen aan te geven begrepen tussen $1000 \text{ m}^3/\text{j}$ en $9.522.340 \text{ m}^3/\text{j}$. Hierbij is $1000 \text{ m}^3/\text{j}$ de kleinste hoeveelheid die wordt afgebeeld (voorstel opdrachgever) en $9.522.340 \text{ m}^3/\text{j}$ de grootste hoeveelheid gewonnen in het Vlaamse Gewest door één winning (Eisden - 1983). De straal van de cirkel, die deze laatste hoeveelheid voorstelt, werd, rekening houdend met de schaal van de kaart (1:25.000), genomen op 3 cm (fig. 3.7.). Naast het cirkelsymbool wordt de cijferwaarde ($\cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{j}$) van de gewonnen hoeveelheid samen met het jaartal aangegeven. Er is naar gestreefd de meest recente beschikbare gegevens weer te geven.

Het middelpunt van de cirkel die de gewonnen hoeveelheid voorstelt is steeds gelegen in het theoretisch zwaartepunt van de winning, of ter hoogte van het pompstation (cf. winning PIDPA te Essen).

3.3.5.4. Winmethode

De cirkelvoorstelling (hoeveelheid) is telkens gecombineerd met een andere symboliek die toelaat de winmethode te kennen. In het studiegebied is de winmethode

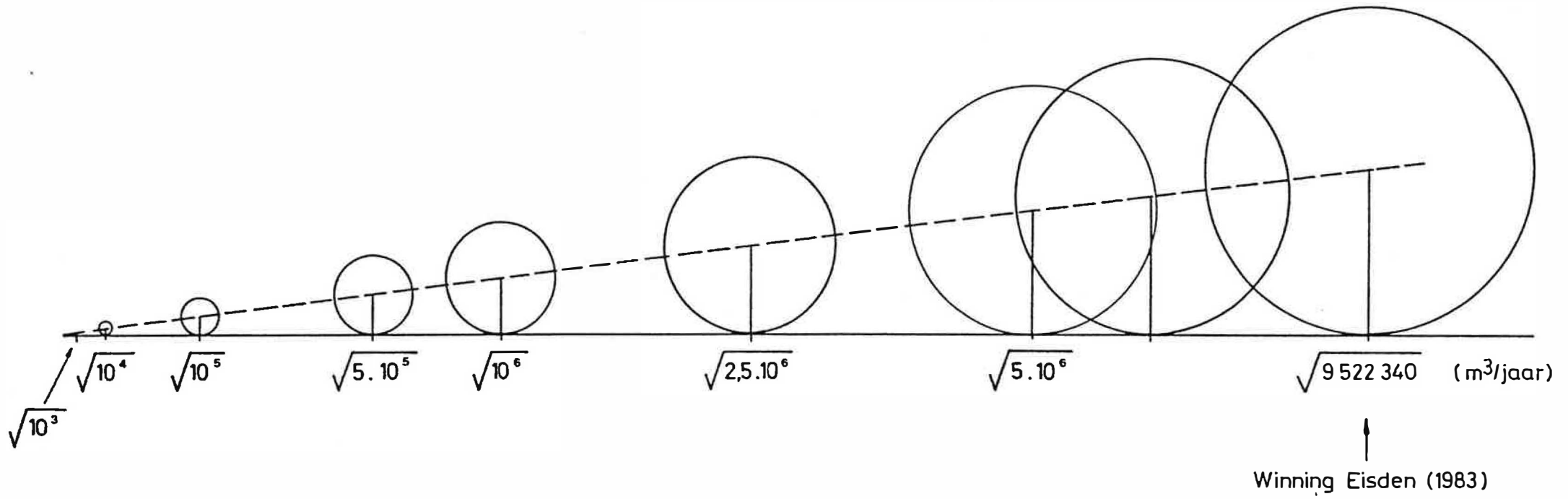


Fig. 3.7 - Cirkelvoorstelling van de hoeveelheid gewonnen water

in alle gevallen, van het type "geboorde put", waarvoor als symbool eenvoudigweg de cirkel is gekozen. In het geval de winning bestaat uit meerdere putten wordt dit met een symbool voor batterij aangegeven. Hierbij wordt de omtrek van de batterij ingetekend.

3.4. KAARTEN 4 tot en met 8 en de GEOLOGISCHE DOORSNEDE Litologie - hydrogeologie

3.4.1. Inleiding

Aan de hand van de interpretatie en de resultaten van de verzamelde gegevens en van de aanvullende proeven werden boven de Klei van Boom (Formatie van de Rupel), drie watervoerende lagen (van boven naar onder A, B, C), gescheiden door twee slecht-doorlatende lagen (B' en C') onderscheiden. De uitbreiding van deze eenheden is voorgesteld op KAARTEN 4 tot en met 8.

Hiernavolgend wordt vooreerst de litostratigrafie vanaf de Klei van Boom besproken. Vervolgens worden bij de kartografische voorstelling de afzonderlijke watervoerende en slecht doorlatende lagen behandeld.

Voor de indeling van de neogene afzettingen wordt hier de litostratigrafische en biostratigrafische indeling gevolgd, zoals voorgesteld door F.J. DE MEUTER en P.G. LAGA (1977) (zie ook fig. 1.3.).

3.4.2. Litostratigrafie

3.4.2.1. Formatie van de Rupel (Boven-Rupeliaan)

De Formatie van de Rupel bevat het Lid van Boom, beter bekend als de Klei van Boom. De Klei van Boom is een grijze, zeer kompakte klei, soms met lenzen glimmerhoudend fijn zand. Er komen niveaus met grote septaria-

konkreties in voor.

Eén boring in het studiegebied (gemeente Essen) bereikt waarschijnlijk de basis van het Lid van Boom. Het Lid van Boom bevindt zich hier tussen de peilen - 133 en - 259 m. De dikte bedraagt 126 m.

De top van de Klei van Boom bevindt zich in het zuiden van het studiegebied op peil - 80 m, en helt in noordelijke richting tot peil - 170 aan de Nederlandse grens. de gradiënt bedraagt gemiddeld 6,5 m per km. De isohypsen van de top van het Lid van Boom zijn voorgesteld op KAART 8.

3.4.2.2. Formatie van Berchem (Midden-Mioceen)

In het studiegebied kunnen in de Formatie van Berchem twee elementen onderscheiden worden : een onderste, dunne eenheid, bestaande uit het Lid van Edegem, en een bovenste dikkere eenheid, bestaande uit het Lid van Antwerpen. De dikte schommelt rond de 40 m.

Het Lid van Edegem bestaat uit donkergroene, zeer glaukonietrijke, kleihoudende, zeer fijne zanden. Er komt een min of meer ontwikkeld basisgrint voor, dat vooral bestaat uit kleine, afgeronde silexkeitjes. De Zanden van Edegem bevatten veel Mollusken, die meestal verspreid in het sediment voorkomen.

Het Lid van Antwerpen bestaat uit donkergroene, glaukonietrijke, weinig kleihoudende, fijne zanden. Ze bevatten lagen met talrijke exemplaren van de mollusk "Pectunculus pilosus". Er kunnen niveaus met fosfaatkonkreties voorkomen.

Enkele granulometrische parameters van monsters afkomstig uit de Formatie van Berchem staan vermeld in tabel 3.5.

3.4.2.3. Formatie van Diest (Boven-Mioceen)

De Formatie van Diest bestaat uit grijs-

groene tot bruine, glauconiethoudende, soms plaatselijk weinig kleihoudende, grove zanden. Een basisgrint bestaande uit kleine silexkeien is aanwezig. De Formatie van Diest bevat meestal geen fossielen. De maximale dikte bedraagt ca. 90 m.

Granulometrische parameters van monsters afkomstig uit de Formatie van Diest staan vermeld in tabel 3.5.

3.4.2.4. Formatie van Kattendijk (Onder-Pliocene)

De Formatie van Kattendijk bestaat uit donkergrijs tot groengrijs glauconiethoudend, licht kleihoudend fijn tot middelmatig zand. Het basisgrint bevat afgeronde kwarts- en schelpfragmenten, met haaietanden, fosfaatknollen en beenderen. Er komen belangrijke hoeveelheden Ditrupa-schelpen in voor, die verspreid liggen in het zandpakket, of gegroepeerd voorkomen in verschillende schelp-lagen.

Een aantal granulometrische kenmerken van monsters uit de Formatie van Kattendijk staan vermeld in tabel 3.5.

In het gekarteerde gebied is de dikte van de Formatie van Kattendijk vrij konstant en bedraagt zelden meer dan 10 m.

3.4.2.5. Formatie van Lillo (Boven-Pliocene)

De Formatie van Lillo wordt in vijf verschillende leden onderverdeeld, van onder naar boven respectievelijk : het Lid van de Luchtbal, het Lid van Oorderen, het Lid van Kruisschans, het Lid van Merksem en het Lid van Zandvliet. In het studiegebied worden enkel de vier eerste eenheden aangetroffen. De maximale dikte bedraagt ca. 25 m.

Granulometrische parameters staan vermeld in tabel 3.5. Er werd echter geen onderscheid in de verschillende leden gemaakt.

EENHEID	Aantal monsters	%CaCO ₃	%Humus	%Glaucop- niet	%Grint	%Leem+ klei	Grafisch* gemiddelde	Grafische** standaard afwijking	U-cijfer
Dek- en stuifzanden	18	0,14	0,41	0,35	0,01	2,42	2,39	0,66	59,22
Formatie van de Kempen Zandmonsters	9	0,12	1,14	1,07	0,02	8,77	2,37	1,02	59,27
Formatie van de Kempen Kleimonsters	4	0,13	1,59	1,88	0,00	70,89	6,62	3,11	103,72
Formatie van Merksplas	19	1,22	0,18	0,97	0,63	1,45	1,94	0,53	44,31
Formatie van Lillo	6	14,23	0,83	13,08	0,36	11,30	3,08	1,16	67,77
Formatie van Kattendijk	3	10,07	1,09	16,33	8,08	5,93	2,14	1,01	52,87
Formatie van Diest	10	0,70	0,61	35,70	0,42	6,04	2,21	0,88	51,06
Formatie van Berchem	10	1,03	0,68	62,60	0,81	2,75	2,29	0,67	53,93

$$* \text{ Grafisch gemiddelde} = \frac{\phi 16 + \phi 84 + \phi 50}{3}$$

$$** \text{ Globale grafische standaardafwijking} = \frac{\phi 84 + \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6,6}$$

De top van de Formatie van Lillo helt, zoals de andere grensvlakken eronder, naar het noordoosten. Nochtans treden aan deze top belangrijke niveauverschillen op. Bovendien blijken niet alle leden kontinu voor te komen. Het Lid van de Luchtbal en het Lid van Oorderen worden in het hele studiegebied aangetroffen. Hun gezamenlijke dikte bedraagt 5 tot 10 m. Het bovenliggende Lid van Kruisschans en Lid van Merkssem komen echter niet continu voor. Plaatselijk kunnen deze gedeeltelijk, of zelfs geheel weggeërodeerd zijn, door de bovenliggende Formatie van Merksplas.

Gezien het hydrogeologisch belang van het Lid van Kruisschans werd de top en de basis van deze eenheid gekarteerd (KAARTEN 6 EN 7). Op deze kaarten is de begrenzing van de zones aangegeven waarbinnen het Lid van de Kruisschans gedeeltelijk of geheel verdwenen is. Waar het volledig voorkomt heeft het een dikte van 3 tot 5 meter, toenemend naar het noorden tot ca. 10 m. De dikte van het Lid van Merkssem kan van plaats tot plaats variëren tot maximaal 10 meter.

In het studiegebied blijkt een belangrijke noord-zuid gerichte insnijding in de top van het Pliocéen te bestaan. Ook in het oosten tussen Brecht en Beerse en tussen Oud-Turnhout en Arendonk komen dergelijke insnijdingen voor. Ze wijzen op een sterke ravinerings tijdens een vroeg-kwartaire emersiefase, en houden waarschijnlijk verband met de vorming van de Valei van Zeeland, gedurende het Pretigliaan en het vroege Tigliaan (J.F. GEYS, 1975).

3.4.2.5.1. Lid van de Luchtbal

Het Lid van de Luchtbal kan omschreven worden als licht-bruin-grijs tot wit, zeer schelprijk, glauconiethoudend zand. De schelpen zijn goed bewaard en omvatten vooral *Pseudamusium gerardi*, alsook Bryozoa en *Ditrupa*.

3.4.2.5.2. Lid van Oorderen

Het Lid van Oorderen bestaat uit grijs-groen tot grijsbruin schelpenhoudend fijn zand, waarin drie kompakte schelpenlagen voorkomen, waarvan de onderste schelpenlaag grint bevat. Het bovenste deel kan kleihoudend zijn.

3.4.2.5.3. Lid van Kruisschans

Het Lid van Kruisschans is opgebouwd uit grijsgroen fijn zand met schelpen en schelpenfragmenten. Hierin komen talrijke lenzen en lagen voor bestaande uit donkergrijze klei, dikwijls 10 tot 15 cm dik. De overgang naar het onderliggende Lid van Oorderen en het bovenliggende Lid van Merksem is geleidelijk.

3.4.2.5.4. Lid van Merksem

Het Lid van Merksem omvat grijsgele fossiel- en glauconiethoudend fijn zand. Het onderste deel kan kleilaagjes bevatten en vertoont een kruisgelaagdheid. In het bovenste deel zijn kleilaagjes zeldzaam en wordt een horizontale gelaagdheid waargenomen. Lokaal kunnen zandsteen en siderietkonkreties voorkomen.

3.4.2.6. Formatie van Merksplas (Onderpleistoceen)

Boven de Formatie van Lillo worden in de Antwerpse Noorderkempen onderpleistocene zanden aangetroffen. Het zijn grove zanden, die plaatselijk grint, en onderaan schelpen kunnen bevatten. Er kunnen kleihoudende lenzen in voorkomen. Waar deze afzettingen dagzomen, worden ze Zanden van Brasschaat genoemd; zijn ze bedekt door de kleien en zanden van de Formatie van de Kempen, spreekt men van Zanden van Merksplas. De maximale dikte bedraagt circa 30 m.

Mogelijk maakt de Formatie van Merksplas, samen met de bovenliggende Formatie van de Kempen, deel uit van éénzelfde fluviatiel-limmisch kompleks. (J.F. GEYS, 1975)

Granulomerische parameters staan vermeld in tabel 3.5.

3.4.2.7. Formtie van de Kempen (Onderpleistoceen)

De Formatie van de Kempen bestaat uit een heterogeen litologisch kompleks, waarin uiteenlopende texturen voorkomen, gaande van grof grinthoudend zand tot halfstijve klei. Deze faciëswisselingen kunnen zowel horizontaal als vertikaal op zeer korte afstand optreden volgens een grillig patroon.

Uit sedimentologisch onderzoek blijkt dat de Formatie van de Kempen, naar alle waarschijnlijkheid, een fluviatiel-limmische afzetting is. De Stroom van de Noorderkempen die voor het ontstaan van deze formatie verantwoordelijk is, stroomde in westnoordwestelijke richting. Zijn karakter was overwegend meanderend, maar de mogelijkheid bestaat dat ze gedurende bepaalde periodes vlechtend is gaan stromen (J.F. GEYS, 1975).

Uit de resultaten van de elektrische boorgatmetingen (bijlage 5) is het mogelijk het voorkomen van de opeenvolgende klei- en zandlagen te begrenzen. Kleilagen worden gekenmerkt door resistiviteiten van 20 tot 40 ohmm. Zandige intercalaties kunnen pieken geven van meer dan 100 ohmm. In de grofzandige afzettingen van de Formatie van Merksplas kunnen de resistiviteiten oplopen tot ruim 200 ohmm. Uit de verschillende boorgatmetingen blijkt dat vooral het bovenste deel van de Formatie van de Kempen lage resistiviteitswaarden vertoont. Dit bovenste deel zou dus vooral een kleihoudend faciës bezitten.

3.4.2.8. Dek- en stuifzanden, alluvium (Boven-Pleisto- ceen en Holoceen)

Op het onderpleistoceen substraat rusten fijne bovenpleistocene en holecene zanden. Op vele plaatsen komt een dun grintvloertje voor dat beide afzettingen scheidt. Deze bovenpleistocene en holocene zanden kunnen uiteenlopende texturen hebben. Ze zijn van eolische oorsprong.

Vele bovenpleistocene zanden zijn leemhoudend en worden onder de vorm van een dekzandmantel aangetroffen. Ze zijn meestal minder dan 1,50 m dik. J. DE PLOEY, (1961) deelt de dekzanden in bij de Formatie van Wildert.

Sommige bovenpleistocene en holocene zanden zijn arm aan leem en werden plaatselijk tot duinen opgewaaid. Dit zijn de stuifzanden. J. DE PLOEY (1961) rekent de stuifzanden die in het studiegebied worden aangetroffen tot de Formatie van Kalmthout. Het voorkomen van deze stuifzanden is gebonden aan de uitbreiding van de duinkomplexen. De stuifzanden kunnen op leemhoudende dekzanden rusten. De dikte kan verschillende meters bedragen.

De valleibodem van de Kleine A is verweerd. In het benedenpand begint een lange, smalle veenlaag, ten zuiden van Wildert. In het bovenpand komen nog twee gescheiden, kleinere veenplaten voor : ten oosten van Kasteel De Greef en tussen Kalmthout-dorp en Achterbroek. Het veen komt voor met veenhoudend, leem- of kleihoudend alluviaal materiaal.

Ook in de Maatjes te Nieuwmoer, nabij de Nederlandse grens, wordt een veensubstraat aangetroffen.

Tenslotte komen nog verschillende gebieden met veenhoudende bovengrond voor. Ze vallen samen met de ligging van voormalige vennen.

3.4.3. Kartografische voorstelling - bespreking

3.4.3.1. Inleiding

KAARTEN 4 tot 8 verklaren de hydrogeologische bouw van het grondwaterreservoir boven de Klei van Boom.

Door middel van een welbepaalde symboliek :

een volle lijn voor de dikte van een watervoerende laag (isopachen)

een streppuntlijn voor de basis van een watervoerende laag (isohypsen)

worden achtereenvolgens voorgesteld :

op KAART 4 : de basis en dikte van de watervoerende laag A

op KAART 5 : de basis en dikte van de slecht doorlatende laag B'

op KAART 6 : de basis en dikte van de watervoerende laag

op KAART 7 : de basis en dikte van de slecht doorlatende laag B'

op KAART 8 : de basis en dikte van de watervoerende laag C

Tevens werd op KAART 6, 7 en 8 de begrenzing, waarbinnen de middenste kleihoudende zone van het Lid van Kruisschans (Formatie van Lillo) niet voorkomt, aangegeven door een lijn met naar binnengerichte open driehoekjes. De begrenzing, waarbinnen die zone slechts gedeeltelijk voorkomt, werd aangegeven met een lijn met naar binnen gerichte gesloten driehoekjes.

De puntgegevens gebruikt voor de kartering zijn telkens (zonder de aard ervan te specificeren) op de desbetreffende kaart vermeld.

Tot slot wordt een geologische doorsnede weergegeven.

3.4.3.2. KAART 4 - watervoerende laag A

De dek- en stuifzanden vormen met het eventueel aanwezige zandfacies van de Formatie van de Kempen, dat voorkomt boven de eerste kleilaag, de freatische watervoerende laag A. De dikte van de laag schommelt tussen minder dan 2 tot meer dan 8 m. De isopachen en de isohypsen van de basis van

laag A zijn voorgesteld op KAART 4. Waar duinkomplexen voorkomen kan deze laag een grotere dikte bereiken.

In de vallei van de Kleine A komt plaatselijk alluvium voor. Het is meestal minder dan 0,5 m dik, en vormt een slecht doorlatende laag die het freatisch reservoir plaatselijk bedekt. Deze alluviale afzettingen worden hier tot de laag A gerekend.

3.4.3.3. KAART 5 - slecht doorlatende laag B'

De kleihoudende afzettingen in de Formatie van de Kempen vormen de bovenste slecht doorlatende laag B'. Door de sterke litologische variaties in horizontale en verticale richting is de dikte en de hydraulische weerstand sterk plaatsgebonden. De dikte van deze laag schommelt tussen minder dan 10 tot meer dan 40 m. De isopachen en de isohypsen van de basis zijn aangegeven op KAART 5. Meestal is vooral het bovenste gedeelte van de Formatie van de Kempen meer kleihoudend. De pompproeven leverden hydraulische weerstanden op van respectievelijk 500 en 3300 d (W. DE BREUKC & E.VAN DIJCK & L.LEBBE,1981). Uit onderzoek met het mathematisch model van het gebied, dat tegelijkertijd met deze studie werd opgesteld is gebleken dat in het studiegebied in het noordoosten en oosten van het studiegebied lage weerstanden voorkomen, terwijl het westelijke en zuidwestelijk deel gekenmerkt wordt door hoge waarden.

3.4.3.4. KAART 6 - watervoerende laag B

De watervoerende laag B wordt gevormd door de fijne zanden van het Lid van Merksem (Formatie van Lillo), de middelmatige en grove afzettingen van de Formatie van Merksplas, en het zandige faciës van het onderste deel van de Formatie van de Kempen. Door de heterogeniteit van de Formatie van de Kempen is de verspreiding van het zandig faciës sterk plaatsgebonden, zodat de dikte van deze watervoe-

rende laag sterk varieert, van minder dan 20 tot meer dan 60 m. De isopachen en de isohypsen van de basis zijn aangegeven op KAART 6.

Uit de pompproeven (W. DE BREUCK & E. VAN DYCK & L. LEBBE, 1981) werden transmissiviteiten van 660 en 690 m²/d berekend.

3.4.3.5. KAART 7 - slechtdoorlatende laag C'

De slechtdoorlatende laag C' wordt gevormd door het Lid van Kruisschans uit de Formatie van Lillo. Het bestaat hoofdzakelijk uit leemhoudend en/of kleihoudend zand tot klei. Deze slechtdoorlatende laag is op sommige plaatsen gedeeltelijk of geheel geërodeerd door de Formatie van Merksplas. De dikte ligt tussen 0 to meer dan 10 m. De isohypsen van de basis en de isopachen zijn weergegeven op KAART 7.

Uit pompproeven werden hydraulische weerstanden van respektievelijk 10 en 50 d gevonden (W. DE BREUCK & E. VAN DYCK & L. LEBBE, 1981). Uit stijghoogtewaarnemingen blijkt dat de stijghoogteverschillen tussen boven- en onderliggende watervoerende lagen klein zijn, zodat deze in het tegelijkertijd lopende hydrogeologisch mathematisch model als één geheel werden beschouwd.

3.4.3.6. KAART 8 - watervoerende laag C

Een onderste watervoerende laag wordt gevormd door de fijne zanden van de Formatie van Berchem, de overwegend grove zanden van de Formatie van Diest, de fijne tot middelmatige zanden van de Formatie van Kattendijk en de fijne zanden van het Lid van de Luchtbal en van Oorderen.

De dikte van deze laag neemt toe in noordoostelijke-richting, van ca. 50 m in het zuiden tot meer dan 100 m in het noorden van het studiegebied. De isopachen zijn voorgesteld op KAART 8.

Uit twee pompproeven die in het gebied uitgevoerd werden

(73DB7 en 74DB11, W. DE BREUCK & E. VAN DYCK & L. LEBBE, 1981) werden transmissiviteiten van respectievelijk 1060 en 430 m²/d gevonden.

Het substraat wordt gevormd door de Klei van Boom (Lid van Boom, Formatie van Rupel). Door de grote dikte, meer dan 100 m, kan deze kleilaag als de ondoorlatende basis van het grondwaterreservoir beschouwd worden.

De isohypsen van de top van het ondoorlatend substraat zijn voorgesteld op KAART 8.

3.4.3.7. GEOLOGISCHE DOORSNEDE

Een schematische voorstelling van de hydro-litologische opbouw van het grondwaterreservoir wordt gegeven in fig. 1.3. Van de verschillende litostratigrafische formaties staat de litologie beschreven, de indeling in watervoerende en slecht doorlatende lagen is aangegeven, en de kaarten waarop de isohypsen en isopachen van de gekarteerde hydro-litologische eenheden voorkomen staan vermeld.

In de kaartenatlas is achteraan dan ook een geologische noordoost-zuidwest doorsnede opgenomen, teneinde de litostratigrafische bouw van het studiegebied visueel voor te stellen. De ligging van deze doorsnede is aangegeven op KAART 1. Deze werd getekend steunend op de boringen uitgevoerd door de Leerstoel voor Toegepaste Geologie, aangevuld met enkele puntgegevens uit andere archieven (zie KAART 1 voor de herkomst). Om de ligging te verduidelijken werden kaartbladgrenzen en plaatsnamen eveneens vermeld.

3.5. KAARTEN 9 tot en met 12 - Stijghoogten in de water-voerende lagen A en B - resultaten van de peil-waarnemingen

3.5.1. Inleiding

Stijghoogtewaarnemingen zijn van essentieel belang bij het bestuderen van grondwaterbekkens. Het stijghoogteverhang en de stijghoogtevariatiëen bepalen de richting en de grootte van de grondwaterbeweging.

Voor deze studie werden op 34 plaatsen boringen uitgevoerd, waarbij op twee of drie verschillende diepten peilbuizen werden aangebracht. Door waterpassing is de hoogteligging van de filterelementen bekend en konden de grondwaterdiepten worden omgerekend naar stijghoogten t.o.v. het referentievlak van de Tweede Algemene Waterpassing.

De peilbuizen werden maandelijks opgemeten. Voor de meeste punten omvatten de waarnemingsreeksen minstens drie volledige hydrologische jaren. Een overzicht van alle peilbuizen en de plaats van de filterelementen zijn vermeld in tabel 2.2. De resultaten van de metingen zijn opgenomen in bijlage 6.

De richting en de grootte van de grondwaterstroming kan afgeleid worden uit kaarten met lijnen van gelijke stijghoogte of hydro-isohypsenkaarten. Deze leveren alzo een inzicht in het grondwaterstromingspatroon en de regionale stijghoogteverdeling. Er werden vier hydro-isohypsenkaarten opgesteld : twee voor de watervoerende laag A en twee voor de watervoerende laag B, voor de perioden 28.10.82 - 5.11.82 en 28.4.83 - 5.5.83. Deze perioden komen respectievelijk overeen met een lage en een hoge waterstand, dit is het einde van de afvoer- en opvullingsperiode. Bij de interpretatie van de kaarten dient men ermee rekening te houden dat het stromingspatroon met de tijd kan wijzigen. Bij het opstellen van de hydro-isohypsenkaarten werden naast de metingen die werden

uitgevoerd in de peilbuizen geplaatst in het kader van deze studie, ook de stijghoogtewaarnemingen gebruikt van de reeds eerder aanwezige peilbuizen.

De evolutie van de stijghoogten wordt waargenomen in tijd-stijghoogtelijnen. Deze zijn opgenomen in bijlage 7. De stijghoogteverschillen tussen filters op verschillende diepten leveren informatie over voorkomen en uitbreiding van slecht doorlatende lagen.

3.5.2. Kartografische voorstelling

De lijnen van gelijke stijghoogte (in m TAW) op de kaarten 9 tot 11 zijn getekend met een equidistantie van 1 m (KAARTEN 9 tot en met 12). De stroomrichting is op meerdere plaatsen met een pijl voorgesteld. De waarnemingspunten, waarop de kaarten steunen, zijn aangegeven. Bij de kaarten van de watervoerende laag A is ook de grondwaterscheiding en een bekkennummer aangeduid.

Aangezien in het studiegebied slechts enkele peilbuizen in de watervoerende laag C voorkomen, was het niet mogelijk voor deze laag een hydro-isohypsenkaart op te stellen. De stijghoogteverschillen tussen de lagen B en C zijn echter gering, zodat het stromingspatroon in deze laag grotendeels overeenkomt met de hydro-isohypsenkaart van de watervoerende laag B.

3.5.2.1. KAART 9 en 10 : Stijghoogten in de watervoerende laag A

Het stromingspatroon in het freatisch reservoir is sterk afhankelijk van topografie en hydrografie. De hydro-isohypsenkaarten vertonen ingewikkelde patronen, waaruit blijkt dat de grondwaterstroming sterk plaatsgebonden is, en beïnvloed wordt door lokale factoren, zoals bouw van het freatisch reservoir en de afwatering door

waterlopen en drainagegrachten. De stijghoogten variëren van meer dan + 25 tot minder dan + 11.

In het studiegebied kunnen een aantal gebieden afgebakend worden, die ieder een min of meer eigen stromingspatroon bezitten. Deze bekkens worden onderling gescheiden door grondwaterscheidingen. Zowel de grondwaterbekkens als de grondwaterscheidingen zijn op de hydro-isohypsenkaarten aangegeven. Een overzicht van de verschillende eenheden wordt gegeven in tabel 3.6.

Het stroomgebied 1 is zeer klein en ligt in het noordoosten tegen de Nederlandse grens. Het wordt ontwaterd door de Biezenbeek. De stroming is naar de beek toe en in noordelijke richting. Wanneer de grondwaterstand daalt en de Biezenbeek droog valt gebeurt de stroming naar de Molenbeek toe.

Het stroomgebied 2 is een smalle, lange strook langs de Nederlandse grens. De afwatering gebeurt via de Molenbeek. De waterscheiding loopt van de Kalmthoutse Hoek, zuidwaarts tot aan de Steertse Duinen.

Het stroomgebied 3 ligt op de "Kalmthoutse Heide" en bevat de Steertse Heide en de omgeving van de Kriekelaarsvenen. De waterscheiding loopt van de Steertse Duinen naar de Zwarte Heuvel en over de Kambusduinen naar de Vossenbergen en de Hazenduinen. De grondwaterstroming gebeurt in de richting van de Groote Meer.

De vallei van de Spillebeek beslaat stroomgebied 4. Het zuidelijk deel van dit bekken wordt ontwaterd door de Papemoerbeek. Bij lage grondwaterstanden kan deze droogvallen en gebeurt de grondwaterstroming naar het oosten. Het zuidelijk deel van het bekken behoort dan tijdelijk tot stroomgebied 5.

Tabel 3.6. Grondwaterbekkens in de watervoerende laag A

grondwaterbekken	grondwaterstroming naar
1	Biezenbeek
2	Molenbeek
3	Groote Meer
4	Spillebeek
5	Waterwinning
6 ^A	Kleine A
6 ^B	Roosendaalse Vaart
6 ^C	Marijneloop
7	Weerijs
8	Schelde

Door de grondwaterwinning PIDPA te Essen treden stijghoogteverlagingen op in het freatisch reservoir. Hierdoor is lokaal de grondwaterstroming naar deze depressiekegel gericht, en vormt een apart bekken. De begrenzing van dit stroombekken 5 loopt over de wijken Wolfsheuvel (Kalmthoutse Hoek), Heikant, Zandstraat (Essen) naar Wildert. Doordat de algemene topografie, en ook de watertafel, daalt van zuid naar noord, is de grondwaterstroming van het freatisch reservoir in een groot deel van de Kalmthoutse Heide naar het noorden gericht en sluit dat gebied aan bij stromingsgebied 5. De zuidgrens van het bekken situeert zich nabij de Putse Moer. De meeste en belangrijkste vennen liggen binnen dit stroomgebied.

In het grootste stroombekken verloopt de stroming naar de Kleine A toe. Dit stroombekken 6 beslaat ongeveer de helft van het studiegebied. Een deel van het bekken stroomt naar de Roosendaalse Vaart en de Marijneloop (te Nieuwmoer) die afzonderlijk het studiegebied verlaten. De zuidgrens ligt op de hoogste punten nabij het Klein Schietveld, en loopt over de WitteHoevese Heide, tot aan de Putse Moer. In het westen wordt het bijna volledig begrensd door

stroomgebied 5. Ten noordoosten ligt de grens nabij Essen Duinen, in het zuidoosten loopt ze over Achterbroek en de wijk Kruisstraat.

Het stroomgebied 7 komt voor in het noordoosten en zuidoosten van het studiegebied. De stroming is naar het bekken van de Weerij's gericht, en verloopt in oostelijke of noordoostelijke richting.

Een smalle zone in het zuiden sluit aan bij het Scheldebekken. De stijghoogten dalen er in zuidelijke richting. Dit is bekken 8.

3.5.2.2. KAART 11 en 12 - Stijghoogten in de water-voerende laag B

De hoogste grondwaterpeilen in de water-voerende laag B worden aangetroffen in de zuidoosthoek van het studiegebied, in de omgeving van de Kruisstraat (Kalmthout) en de wijk Ertborringen (Wuustwezel). De gemeten stijghoogten overtreffen het peil + 22. Van hieruit gebeurt de stroming hoofdzakelijk radiaal naar het noorden en het westen toe.

Ten oosten van de Kleine A gebeurt de stroming in noordelijke richting. De gradiënten zijn in het zuiden groter dan in het noorden. Tegen de Nederlandse grens bedraagt de stijghoogte nog ca. + 11 m. De gradiënt in noordelijke richting bedraagt gemiddeld 0,88 % in het oostelijk deel van het gebied.

In het zuidwesten van het gekarteerd gebied, in de omgeving van de dorpskern van Kalmthout en het zuidelijk deel van de Kalmthoutse Heide, vindt de stroming hoofdzakelijk in westelijke richting plaats. De grondwaterstroming is naar de Westerschelde-polder gericht. De gradiënt neemt toe in westelijke richting en bedraagt gemiddeld 1,37 %.

In het noordwestelijk deel van de gekarteerde zone wordt het stromingspatroon bepaald door de waterwinning van

PIDPA. De grondwaterwinning is gelegen tussen het Moerven en De Nol, en omvat 13 winningsputten. Drie putten hiervan liggen ten noorden van het Wildven. Het opgepompte debiet bedraagt circa 5 à 6 miljoen m³/jaar. Deze waterwinning veroorzaakt een aanzienlijke depressiekegel in de watervoerende laag B, waardoor de grondwaterstroming lokaal sterk bepaald wordt. De grootste verlaging treedt op in het bos ten zuiden van de Rouwmoershoeft en bedraagt verschillende meters. In deze zone komen ook grotere gradiënten en stromingssnelheden voor. In een ruim gebied is de stromingsrichting naar de winning toe gericht.

In het uiterste noordwesten wordt het hydro-isohypsenpatroon beïnvloed door de waterwinning te Huybergen. De stroming gebeurt hier naar de winning ten noordwesten van Huybergen.

3.5.3. Tijd-stijghoogtelijnen - de seizoenvariatiën van de stijghoogten

3.5.3.1. Algemeen

De stijghoogtegegevens van de 34 peilbuizen werden in een databank opgenomen. Hierdoor was het mogelijk de gegevens over de periode maart 1982 - oktober 1985 statistisch en grafisch te verwerken.

De stijghoogten van het grondwater kunnen variëren door diverse natuurlijke of kunstmatige invloeden. Belangrijke natuurlijke factoren zijn neerslag en evapotranspiratie. Kunstmatige invloeden zijn drainagegrachten en oppervlaktewaterbeheersing. Stijghoogteveranderingen in de tijd vertonen drie soorten fluktuaties :

- meerjarige fluktuaties : door een opeenvolging van natte en droge jaren
- jaarlijkse fluktuaties : bestaande uit een opvullings- en afvoerperiode

- kortdurende, onregelmatige fluktuaties : ten gevolge van regenbuien en grondwateronttrekking.

De stijghoogten werden maandelijks opgemeten gedurende drie volledige hydrologische cycli. Hierdoor konden de jaarlijkse opvullings- en afvoerperiodes begrensd worden, en de kortdurende veranderingen waargenomen worden. De driejarige waarnemingsperiode was echter nog te kort om meerjarige tendenzen vast te stellen.

De peilschommelingen zijn grafisch voorgesteld als stijghoogtegrafieken en opgenomen in bijlage 7. Per grafiek werd de waarnemingsreeks van één peilbuis voorgesteld. Wanneer het tijdsinterval tussen twee waarnemingen meer dan 90 dagen was, werden de punten niet verbonden.

3.5.3.2. Stijghoogteschommelingen in de watervoerende laag A

De stijghoogteschommeling in de freatische laag A zijn afhankelijk van verschillende factoren, zoals topografie en litologische bouw van het freatisch reservoir en van de hydrografische omstandigheden, zoals nabijheid en drainerende werking van waterlopen. Ze dienen daarom beschouwd te worden volgens de grondwaterbekkens, waarin de peilbuizen voorkomen.

De peilschommelingen in de meeste peilbuizen verloopt nauwelijks vergelijkbaar. Een eerste minimum wordt bereikt rond september 1982, waarbij in juli 1982 een kleine piek voorkomt. De opvullingsperiode van de winter '82-'83 duurt tot mei 1983. Dit maximum wordt gevolgd door een regelmatige daling. Deze afvoerperiode bereikt haar minimum rond november 1983. Begin februari wordt reeds terug een maximum bereikt, zodat de opvullingsperiode '83-'84 kort kan genoemd worden. Rond augustus 1984 wordt een laagste peil bereikt. Dit minimum is evenwel niet zo uitgesproken als de twee voorgaande jaren. Door de neerslagrijke maanden september en oktober, is er vanaf sep-

tember een stijging waar te nemen. Bij het begin van de afvoerperiode 1985 treden enkele onregelmatige fluktuaties op.

Slechts één peilbuis ligt in stroomgebied 1, namelijk 17DB1/F2. Hoewel dichtbij de Biezenbeek gelegen, treden toch peilschommelingen van ca. 2 m op. Deze waterloop is echter niet permanent aanwezig.

De peilputten op plaatsen 73DB13 en 14 liggen in stroomgebied 2. De peilbuis 73DB13/F2 stond meestal droog. De peilbuizen 73DB14/F2 en F3 liggen dicht bij de waterwinning te Huybergen. Hier worden schommelingen van meer dan 3 meter vastgesteld in de filter F2, geplaatst tussen 3 en 4 m diepte. De bovenste filter F3 stond meermaals droog.

Voor deze studie werden geen peilbuizen in stroomgebied 3 geplaatst.

Het stroomgebied 4 wordt ontwaterd door de Spillebeek-Papemoerbeek. De Papemoerbeek werkt meestal drainerend, maar het afgevoerde water kan stroomafwaarts insijpelen ten gevolge van een lage waterstand. Wanneer de Papemoersbeek en de Spillebeek droog komen te liggen, behoort deze zone tot stroomgebied 5. De peilbuizen van plaatsen 73DB11 en 12 behoren tot dit bekken. De eerste bezit een regelmatig stijghoogteverloop, de laatste vertoont kleine schommelingen.

Binnen stroomgebied 5 liggen de peilbuizen 74DB28/F2 en 29/F2, dicht bij de waterwinning van PIDPA. Ter plaatse van 74DB28/F2 bevindt de watertafel zich bijna 5 m onder het maaiveld, nabij 74DB29/F2 bijna 3 m. Door deze lage standen komt de peilbuis 74DB28/F2 regelmatig droog te staan. In 74DB29/F2 bedraagt de schommeling bijna 2 m. Peilbuis 74DB16/F2 ligt nabij de grondwaterscheiding.

Het stroomgebied 6 is het grootste grondwaterbekken en wordt ontwaterd door het stelsel van de Kleine A. De meeste peilputten behoren tot dit stroomgebied. De peilbuizen 18DB2/F2 en 74DB27/F2 en F3 zijn in de vallei van de Kleine A gelegen. Bij eerstgenoemde zijn de schommelingen klein, maar deze peilbuis kon niet kontinu opgemeten worden. Bij de peil-

buisen op plaats 74DB27, gelegen in de smalle vallei te Wildert, zijn de minima sterk afgezwakt, zodat de schommelingen minder dan 1 m bedragen. De invloed van de Kleine A is hier duidelijk te zien. De peilbuisen op de westelijke valleiflank 18DB5/F2, 74DB14/F2, 16/F2 en 23/F2 en F3 liggen eveneens dicht bij de Kleine A. Aangezien ze ook niet ver van de grondwaterscheiding liggen, is de invloed van de Kleine A niet meer duidelijk waarneembaar : de peilschommelingen zijn groot. Grote schommelingen en een regelmatig patroon komen voor in het verloop van 74DB22/F2, 24/F2 en 30/F2. Put 74DB26/F2 is nabij een vijvertje gelegen en toont een zwakkere schommeling. De ondiepe peilbuis 74DB20/F3 vertoont een zwakker patroon dan de dieper gelegen F2. In de zuidelijk gelegen 74DB18/F2 en F3 is de opvullingsperiode '83-'84 bijzonder zwak. In de wat verder gelegen 74DB31/F2 ontbreekt deze opvullingsperiode. De peilbuisen 74DB17/F2 en F3, 18DB4/F2 en 18DB7/F2 liggen nabij de Roosendaalse Vaart of de Marijneloop, maar worden slechts weinig beïnvloed. Peilbuis 18DB1/F1 ligt nabij Essen Duinen, maar vertoont toch geen sterke schommelingen.

Tot stroomgebied 7 behoren 18DB3/F2 in het noordoosten en 74DB15/F2, 19/F2 en 21/F2 in het zuidoosten. De patronen zijn sterk gelijklopend.

Het grondwater in stroomgebied 8 stroomt naar het zuidwesten (Schelde). De peilbuis 74DB31/F2 vertoont een afwijkend patroon : een sterk vervlakt verloop, met een plotseling maximum in het voorjaar van 1983 en enkele onregelmatige fluktuaties in de winter '84-'85.

De waarnemingsputten F2 van de boringen 77DB1, 2, 3 en 4 vallen buiten het gekarteerde gebied. In 77DB1/F2 en DB2/F2, gelegen in repektievelijk Berendrecht en Stabroek, bedraagt de peilschommeling nauwelijks een halve meter; 77DB4/F2 is topografisch hoger gelegen en heeft een sterke fluktuatie van bijna 3 meter. Deze peilbuis ligt dicht bij de waterwinning te Putte-Kapellen. De peilbuis 77DB3/F2 kon slechts enkele malen gemeten worden.

3.5.3.3. Stijghoogteschommelingen in de watervoerende laag B

De hoogste peilen in deze laag worden in het zuidoosten van het studiegebied aangetroffen in de peilbuizen 74DB19/F1 en 20/F1. Ze liggen dicht bij de grondwaterscheiding die de zuidelijke begrenzing vormt van het op het kaartblad voorkomend bekken. Hier worden de grootste verschillen tussen maximum en minimum vastgesteld (respectievelijk 1,73 en 1,58 m).

De twee peilbuizen hebben eenzelfde, regelmatige, vergelijkbaar patroon van afvoer en opvulling. Dit patroon is vergelijkbaar met hetgeen beschreven onder punt 3.5.3.2. Dit typepatroon wordt ook in vele andere waarnemingspunten aangetroffen : in het oostelijk deel van het studiegebied in de peilbuizen F1 van de plaatsen 74DB14, 16, 17, 21, 22, 23, 24, 25, 26 en 27 en in het noordoosten in de peilbuizen F1 van de plaatsen 18DB1, 3, 4, 5, 6 en 7. Deze liggen in de zone waar de grondwaterstroming hoofdzakelijk in noordelijke richting gebeurt. Opmerkelijk is dat het minimum van de afvoerperiode 1983 in het noorden reeds in september bereikt wordt, waar dit in het zuiden pas in november is. In het noorden zijn de schommelingen kleiner.

Het stijghoogtepatroon van peilbuis 74DB30/F1 is onregelmatig en niet interpreteerbaar. Peilbuis 18DB2/F1, gelegen in het laagste deel van het studiegebied, kon slechts onregelmatig opgemeten worden. De peilbuizen 74DB18/F1 en 31/F1 vertonen hetzelfde regelmatig patroon. De grondwaterstroming is hier naar het westen gericht. De peilbuizen in het uiterste noordwesten, 73DB13/F1 en 73DB14/F1 bevinden zich waarschijnlijk onder invloed van de waterwinning te Huybergen. Het stijghoogteverloop van 73DB13/F1 is sterk afgevlakt. Het patroon van 73DB14/F1 is onregelmatig. Waarnemingspunt 73DB12/F1 vertoont eveneens een afwijkende

grafiek : de stijghoogten in het jaar 1984 lagen ca. 2 m hoger dan in de periode ervoor en erna. Dit punt bevindt zich dicht nabij het waterwingebied van de PIDPA. De peilbuizen 73DB11/F1, 74DB28/F1 en 74DB29/F1 die eveneens binnen de invloedszone van de winning liggen, vertonen nochtans normale schommelingen.

De peilbuizen 77DB1/F1, DB2/F1, DB3/F1 en DB4/F1 buiten het studiegebied gelegen, vallen binnen een ander stroombekken. De stroming gebeurt in zuidelijke richting, naar het dagzomingsgebied van de Formatie van Merksplas toe. Het stijghoogtepatroon van 77DB1/F1 in het zuidwesten gelegen, is sterk afgevlakt. Bij 77DB2/F1 komt in de zomer 1984 een laag minimum voor. Peilbuis 77DB3/F1 kon niet kontinu opgemeten worden.

3.5.3.4. Stijghoogteverschillen tussen de watervoerende lagen A en B

Het stijghoogteverschil tussen twee watervoerende lagen, gescheiden door een slecht-doorlatende laag bepaalt, samen met de hydraulische weerstand van de slecht doorlatende laag, de hoeveelheid water die tussen de lagen uitgewisseld wordt.

In de meeste peilbuizen werden min of meer belangrijke stijghoogteverschillen tussen de watervoerende lagen A en waargenomen. In het grootste deel van het studiegebied is het waterpeil in de freatische laag hoger dan in de gedeeltelijk afgesloten laag B. Deze stijghoogteverschillen zijn het grootste in het westen en het noordwesten van het gebied, waar infiltraties doorheen de slecht doorlatende laag B' (Formatie van de Kempen) optreedt. In de "Kalmthoutse Heide" bedraagt het verschil meestal meer dan 4 m.

In de diepere delen van de vallei van de Kleine A zijn de stijghoogten in de laag B, groter dan in de laag A. Hier treedt opwaartse stroming op doorheen de slecht-doorlatende

laag B'.

3.6. KAART 13 en 14 - Ionenverdeling in de watervoerende lagen A en B

3.6.1. Inleiding

De grondwaterkwaliteit wordt op de eerste plaats bepaald door de samenstelling van de neerslag en het oppervlaktewater. De kwaliteit kan verder gewijzigd worden door allerlei scheikundige processen zoals oplossing, ionenuitwisseling, hydrolyse, oxydatie en reductie. Deze processen treden zowel op in de bodem, in de onverzadigde- en in de verzadigde zone : door luchtverontreiniging treedt verzuring van de neerslag op, waardoor deze processen o.a. kunnen zorgen voor een stijging van Al^{3+} -concentraties en dalende HCO_3^- -concentraties, gepaard gaande met stijging van Ca^{2+} -gehalten; kationenuitwisseling aan het oppervlak van kleimineralen veroorzaakt o.a. een toename van de concentratie aan opgeloste stoffen; organische stoffen worden omgezet tot H_2O en CO_2 , dat op zijn beurt CaCO_3 kan oplossen tot Ca^{2+} en 2HCO_3^- ; stikstof en zwavel worden in aërobe omstandigheden omgezet tot respectievelijk NO_2^- , NO_3^- en SO_4^{2-} ; enz.

Als gevolg van menselijke activiteiten in de landbouw en industrie kunnen daarenboven zodanig veel stoffen in de bodem dringen dat de kwaliteit van het voornamelijk ondiepe grondwater sterk beïnvloed wordt. Deze invloed wordt beperkt als een slecht doorlatende laag, b.v. een kleilaag, de onderliggende watervoerende laag afdekt. In het studiegebied is er vooral landbouwactiviteit dat met zijn hoog gebruik aan meststoffen hogere nitraat- en organische fosfaatkonzentraties kan veroorzaken.

Het hydrochemisch onderzoek geeft een inzicht in de samenstelling en eigenschappen van het grondwater, en de verspreiding, oorsprong en evolutie van verschillende

Tabel 3.7. Voornaamste resultaten wateranalyses - vergelijking met de normen gesteld aan leidingwater bij het KB van 27 april 1984 -
watervoerende laag A

Parameter put	pH	geleidbaarheid (20°C)	totale hardheid	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe ^{2+/3+}	Mn ²⁺	TAC F ₁ ^o
17DB1/F2	<u>4,91</u>	1271,9	34,8	124,25	229,26	<u>244,66</u>	0,04	<u>1,75</u>	60,5	<u>105</u>	<u>0,24</u>	<u>0,16</u>	0,65
18DB1/F2	<u>4,5</u>	639	13,77	25,91	54,48	<u>213,6</u>	0,02	0	10,53	<u>46,01</u>	0,14	<u>0,34</u>	0,15
18DB4/F2	<u>4,6</u>	428	13,89	44,32	135,08	31,36	0,02	0	25,62	<u>9,79</u>	<u>2,18</u>	<u>0,34</u>	0,15
18DB7/F2	<u>4,5</u>	959	40,50	58,28	<u>479,72</u>	1,95	0,01	<u>2,32</u>	25,17	<u>39,86</u>	<u>34,91</u>	<u>0,15</u>	0,15
73HB34/F2	<u>5,08</u>	255,2	6,69	19,68	86,44	0	0,01	<u>2,01</u>	13,8	2,69	<u>8,24</u>	<u>0,3</u>	0,55
73HB54/F2	<u>6,0</u>	175	7,44	14,84	31,49	18,42	0,01	0,04	3,60	5,09	0,18	0,01	0,7
73DB1/F4	<u>4,8</u>	124	1,50	7,81	27,58	0,06	0,01	0,24	3,51	1,62	<u>8,67</u>	<u>0,09</u>	0,15
73DB1/F4	<u>4,04</u>	100,4	2,17	5,91	36,63	0,43	0,01	<u>0,60</u>	4,4	1,52	<u>2,39</u>	0,04	0,30
74 B16 /F2	6,8	195	3,01	12,27	10,70	0,55	0,01	<u>2,70</u>	4,83	2,80	<u>37,03</u>	<u>0,35</u>	8,28
74HB164	<u>4,58</u>	415	5,16	22,87	94,67	0,22	0,03	<u>3,84</u>	16,49	3,28	<u>26,63</u>	<u>0,07</u>	0,45
74DB4/F3	<u>4,6</u>	99,5	1,46	6,65	36,43	0,43	< 0,01	0,02	4,43	1,31	<u>0,52</u>	<u>0,07</u>	0,15
74DB9/F3	<u>4,4</u>	378	5,93	25,91	162,99	3,96	0,02	0,34	13,90	4,72	<u>7,00</u>	<u>0,20</u>	0,15
74DB10/F3	<u>4,72</u>	241	1,76	26,39	39,31	0,13	0,02	<u>5,48</u>	12,10	3,60	<u>9,04</u>	<u>0,12</u>	0,30
74DB16/F2	<u>4,72</u>	336,8	12,60	25,92	95,08	<u>76,89</u>	0,01	<u>0,63</u>	17	11	<u>0,53</u>	<u>0,07</u>	0,20
74DB17/F2	<u>6,2</u>	658	21,67	44,93	191,81	6,63	0,01	0,11	23,93	<u>53,14</u>	<u>1,77</u>	<u>0,12</u>	6,18
74DB18/F2	<u>4,5</u>	902	39,20	104,93	<u>295,12</u>	48,27	0,01	0	47,43	9,68	0,13	<u>0,60</u>	0,15
74DB20/F2	7,34	1418	23,10	94,48	118,75	1,11	0	<u>7,03</u>	85,46	<u>290,64</u>	<u>3,36</u>	<u>0,26</u>	53,95
74DB21/F2	<u>5,2</u>	247	10,77	11,0	93,02	0,86	0,01	0,19	6,09	4,36	<u>16,67</u>	<u>0,21</u>	0,43
74DB22/F2	<u>5,45</u>	1122	31,04	129,75	231,11	<u>79,08</u>	0,02	<u>1,68</u>	50,86	<u>109,66</u>	<u>0,23</u>	<u>0,57</u>	7,5
74DB25/F2	<u>4,8</u>	517	11,72	65,82	81,01	<u>64,91</u>	0,02	0,06	19,03	<u>44,74</u>	<u>0,21</u>	<u>0,17</u>	0,15
74DB26/F2	<u>5,02</u>	605	21,05	45,67	213,62	0,49	0,02	<u>5,83</u>	23,17	4,97	<u>18,25</u>	<u>1,36</u>	0,35
74DB30/F2	<u>3,80</u>	545	20,61	40,69	196,13	0,22	0	<u>1,17</u>	18,56	3,50	<u>10,54</u>	<u>0,11</u>	0
77DB1/F2	<u>6,4</u>	293	7,02	26,91	99,81	0,46	0,03	0,37	13,57	9,08	<u>22,67</u>	<u>0,11</u>	0,85

Tabel 3.8. Voornaamste resultaten wateranalyses - vergelijking met de norm gesteld aan leidingwater bij het KB van 27 april 1984 - watervoerende laag B

Parameter punt	pH	Geleidbaarheid (20°C)	Totale hardheid	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe ^{2+/3+}	Mn ²⁺	TAC Fr°
17DB1/F1	6,50	186,2	5,71	20,25	44,86	0,43	0,03	0,15	17,5	2,63	6,76	0,1	1,65
18DB3/F1	4,62	129	7,04	20,87	23,46	0,04	0	0,47	9,27	1,51	3,94	0,06	0,75
18DB4/F1	6,2	212	4,89	34,34	30,46	0,018	0,01	0,27	17,89	2,47	7,39	0,15	2,05
18DB6/F1	5,5	297	7,81	43,96	69,84	1,17	0,01	0,11	21,09	3,07	10,18	0,15	1,53
18DB7/F1	6,9	88,4	2,33	12,06	8,44	0,29	0,02	0,16	8,39	1,51	5,21	0,13	2,90
73DB1/F1	3,79	97,3	2,28	8,18	23,05	0,33	0,01	0,19	9,2	1,87	5,03	0,06	1,30
73DB5/F1	6,24	157,9	4,57	23,25	45,28	0,54	0,02	0,10	10,2	2,54	1,01	0,11	1,0
73DB11/F1	6,5	67	3,04	9,17	0,62	0,90	0,02	0,32	4,63	1,14	2,46	0,13	2,05
74DB4/F1	5,6	117	1,60	7,97	18,31	0,41	0,01	0,08	6,72	2,29	2,98	0,08	0,60
74DB7/F1	5,8	95	2,79	10,99	14,41	0,17	0,01	0,05	5,99	1,48	3,93	0,04	0,65
74DB9/F1	5,8	70	1,96	9,44	18,93	0	0	0,22	4,64	1,84	2,72	0,05	0,58
74DB10/F1	6,01	105	3,20	14,34	18,52	0,22	0,01	3,69	10,79	1,70	5,04	0,10	2,7
74DB16/F1	6,32	391,2	11,06	67,8	78,2	0,87	0,02	1,63	18	3,95	13,9	0,35	1,15
74DB19/F1	5,33	119,2	3,15	12,15	27,99	0,54	0,01	0,27	9,8	2,28	3,09	0,14	0,95
74DB21/F1	5,8	186	5,48	37,50	24,47	0,86	0,01	0,08	11,95	2,72	8,44	0,16	1,20
74DB22/F1	4,61	334	9,52	52,98	79,23	0,13	0	0,64	16,98	3,60	11,87	0,08	0,90
74DB24/F1	4,84	215,5	6,14	24,54	59,68	0,43	0,01	0,54	11,55	3,2	7,68	0,08	0,9
74DB25/F1	6,2	67	1,58	10,36	4,12	0,23	0,01	0,55	6,06	1,66	4,13	0,09	1,95
74DB26/F1	6,31	129	3,92	14,34	32,31	0,09	0,02	5,48	8,96	1,93	4,75	0,10	1,35
74DB29/F1	5,80	172,6	4,92	20,01	52,27	0,87	0,01	0,05	12,8	1,97	6,29	0,08	0,85
74DB30/F1	4,84	65,9	1,42	7,61	6,17	0,87	0,05	0,54	7,7	1,21	2,4	0,08	1,60
74DB31/F1	5,6	128	3,07	21,65	27,99	0,06	0,01	0	8,14	3,32	7,98	0,14	0,60
77DB1/F1	7,5	205	9,74	15,28	21,20	0,42	0,01	0,14	6,04	1,47	2,01	0,06	7,25

grondwatertypen met karakteristieke waterkwaliteiten.

Bij hydrochemisch onderzoek wordt meestal gebruik gemaakt van geofysisch elektrisch onderzoek en chemische analyses. Gezien de lage mineralisatiegraad van de aangetroffen waters, leverden de elektrische boorgatmetingen geen directe informatie op over de grondwaterkwaliteiten. De resultaten zijn grafisch voorgesteld in bijlage 5. De meeste kennis over de kenmerken en het voorkomen werd verkregen uit de chemische analyseresultaten. De uitvoering van de bemonstering en analyses is besproken onder punt 2.2.7.

De analyseresultaten werden opgenomen in bijlage 8. Hierin werden eerst de 23 analyses van de watervoerende laag A gegroepeerd, vervolgens de 23 analyses van de watervoerende laag B en tot slot de 3 analyses van de oppervlaktewaters.

3.6.2. Bespreking van de resultaten

In de volgende paragrafen wordt de hydrochemie van de watervoerende lagen A en B, evenals van enkele oppervlaktewaters besproken.

Tevens wordt de kwaliteit vergeleken met de richtlijnen van het Koninklijk Besluit van 27 april 1984 betreffende de kwaliteit van het leidingwater (Belgische Staatsblad van 6 juli 1984 - zie bijlage 10). Dit is voorgesteld in tabel 3.7. en 3.8. waar de belangrijkste parameters werden samengevoegd voor de monsters uit respectievelijk de watervoerende laag A en B. De waarden die niet voldoen aan de richtlijnen van het hogergenoemd KB zijn onderlijnd. Daarnaast worden de onderzochte waters getypeerd en geklassificeerd aan de hand van het PIPER-diagram. Dit is een voorstellingswijze waarbij de meest voorkomende ionen in twee driehoeksdiagrammen en een ruitdiagram worden uitgezet.

3.6.2.1. Hydrochemie van de watervoerende laag A

3.6.2.1.1. Het freatisch water in de "Kalmthoutse Heide"

In de Kalmthoutse Heide werden 7 monsters genomen, in de peilbuizen 73DB1/F4, HB34/F2 en 74DB4/F3, DB10/F3, HB163/F2 en HB164. In 73DB1/F4 werden twee monsters genomen met een tijdsinterval van één jaar.

De relatieve ionenverdeling van deze monsters is samen met de andere monsters van laag A voorgesteld in fig. 3.10. en op KAART 13. Deze waters bevatten, met uitzondering van de plaats 74HB163, minder dan 10% HCO_3^- in het anionentotaal. Het alkaligehalte varieert van 20% tot 70% van de kationen. Het Mg^{2+} maakt 15-45% der kationen uit, het Ca^{2+} 10 tot 40%. Het SO_4^{2-} -aandeel overtreft het Cl^- bij de anionenverdeling.

De gemiddelde chemische samenstelling van de belangrijkste parameters is opgenomen in tabel 3.9. Het zijn waters die bijna evenveel Mg^{2+} en Ca^{2+} bevatten, en bijzonder ijzerhoudend zijn. Ze bevatten weinig bicarbonaten en zijn zacht (lage hardheid). Het Cl^- -gehalte bedraagt minder dan 30 mg/l. Ze zijn rijk aan sulfaten. Het zijn meestal zure monsters, waarvan de gemiddelde pH minder dan 5 bedraagt. In geen enkele van deze monsters werd enige invloed van landbouwactiviteiten vastgesteld. Ze hebben alle lage NO_3^- , NO_2^- en PO_4^{3-} -gehalten.

In peibuis 74HB163/F2 werd meer dan 100 mg HCO_3^- aangetroffen. Het is het enige monsters dat meer chloride dan sulfaat bevat. Hier werd ook het meeste ijzer (37 mg/l) en de hoogste pH (6,8) aangetroffen.

De peilbuis 73DB1/F4 werd tweemaal bemonsterd : in oktober 83 en nadien in december '84. Op 14 maanden tijd daalde het ijzergehalte van 8 naar 2 mg/l, het sulfaatgehalte steeg van 27 naar 36 mg/l, en de pH daalde van 4,80 naar 4,04. De overige parameters bleven ongeveer konstant. De kleine verschillen zijn waarschijnlijk te wijten aan de monstername of de nauwkeurig-

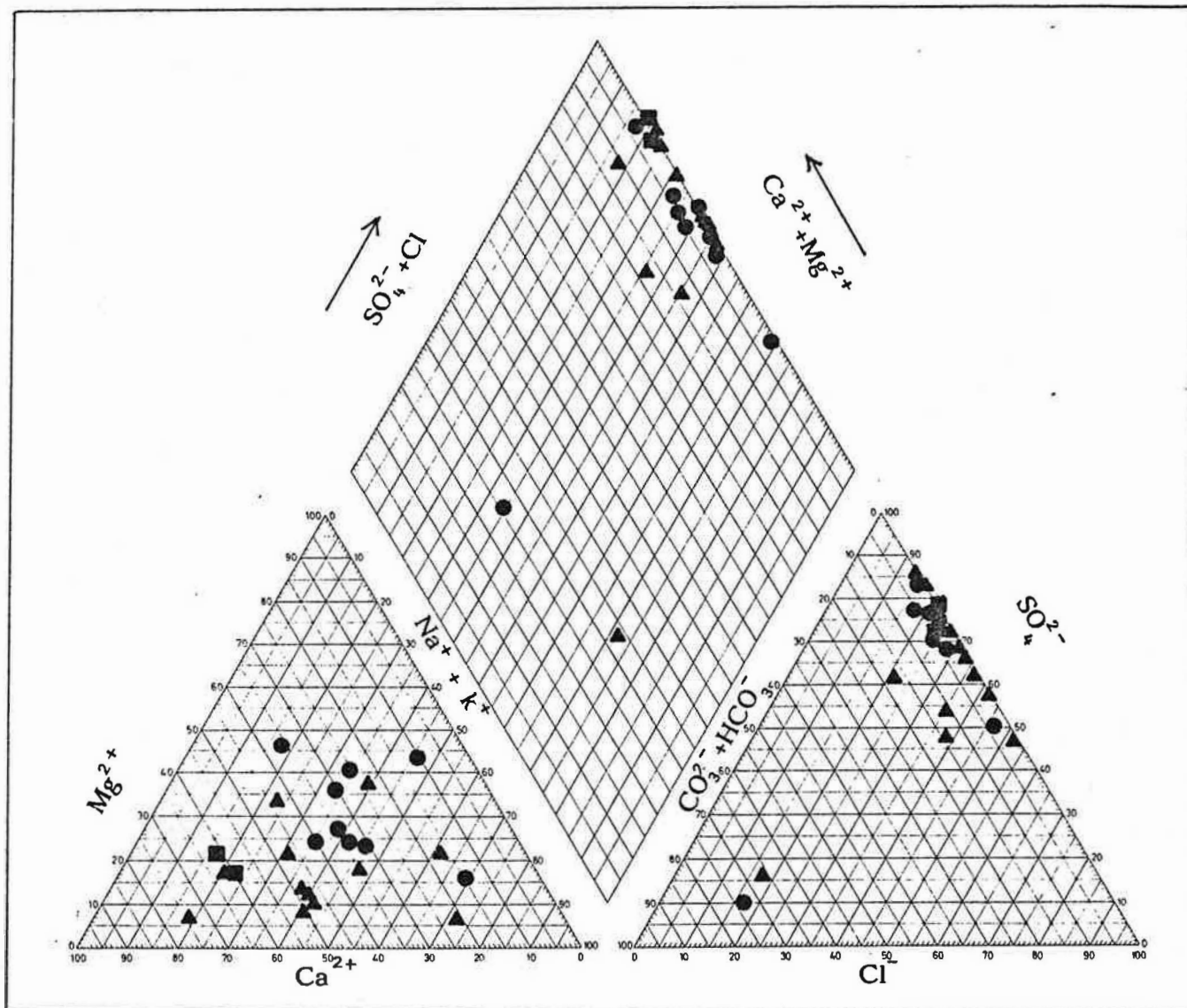


Fig. 3.8 - Piper-diagram met de grondwateranalyses uit de watervoerende laag A

- Kalmthoutse Heide en gelijkaardige gebieden
- Gebieden buiten Kalmthoutse Heide, niet door landbouw beïnvloed
- ▲ Gebieden buiten de Kalmthoutse Heide, door landbouw beïnvloed

heidsgrens van de analysemethode.

Waters met analoge karakteristieken werden aangetroffen in de peilbuizen 74DB21/F2 en 77DB1/F2. Eerstgenoemde ligt dicht bij een klein duinkomplex aan de oostgrens van het studiegebied te Wuustwezel, ten noorden van de wijk Ertborringen. 77D1/F2 is buiten het studiegebied gelegen (Berendrecht). Ze kunnen dus bij de monsters van de "Kalmthoutse Heide" geklassificeerd worden.

In vergelijking met het KB betreffende de kwaliteit voor leidingwater, blijken enkel de parameters voor ijzer, mangaan, en de zuurtegraad niet te voldoen. Ook ammonium overschrijdt soms de norm.

3.6.2.1.2. Freatisch water in de vallei van de Kleine A, niet beïnvloed door landbouwactiviteiten

Slechts in twee monsters die in het gebied buiten de "Kalmthoutse Heide" genomen werden, is geen invloed van landbouwactiviteiten vastgesteld : in 74DB26/F2 en 74DB30/F2. Beide zijn gelegen ten oosten van de Kleine A. Eerstgenoemde bevindt zich nabij de voormalige Marijnevennen.

De relatieve isonenverdeling is aangeduid op het PIPER-diagram in fig. 3.8. en door middel van kolomdiagrammen op KAART 13. De belangrijkste gemiddelden staan in tabel 3.10.

De twee monsters bevatten meer opgeloste stoffen dan de freatische waters uit de "Kalmthoutse Heide" : het Ca^{2+} -gehalte is tienmaal hoger, en ze bevatten veel meer Cl^- en SO_4^{--} . Het ijzer- en het bicarbonaatgehalte zijn evenwel vergelijkbaar, de pH is lager : in 74DB30/F2 werd 3,50 gemeten, en werden bijgevolg geen bicarbonaten aangetroffen. De samenstelling van de twee monsters was bijna gelijk : 20% van de kationen bestaat uit alkaliën, 20% is magnesium. Er is bijna geen HCO_3^- aanwezig, de anionenverdeling is 20% Cl^- tegen 80% SO_4^{--} .

In vergelijking met het KB betreffende leidingwater

Tabel 3.9. Gemiddelde chemische samenstelling van de freatische waters onder de Kalmthoutse Heide (6 monsters)

Parameters	\bar{x}	s	s/\bar{x}	min	max
Na (mg/l)	9,34	5,43	0,58	4,40	16,49
K (mg/l)	2,53	0,93	0,37	1,31	3,60
Mg (mg/l)	4,61	3,85	0,83	1,52	9,80
Ca (mg/l)	5,10	2,91	0,57	2,88	10,7
Fe (mg/l)	13,98	14,59	1,04	0,52	37,03
Cl ⁻ (mg/l)	15,63	8,61	0,55	5,91	26,39
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	50,70	32,69	0,64	10,7	94,67
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	20,39	39,51	1,94	1,83	100,96
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,29	0,21	0,72	0,00	0,55
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,02	0,01	0,56	0,01	0,03
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,46	0,51	1,12	0,06	1,44
pH	4,97	0,96	0,19	4,04	6,80

\bar{x} : gemiddelde waarde

s : standaarddeviatie

min : minimum waarde

max : maximum waarde

Tabel 3.10. Gemiddelde chemische samenstelling van de freatische waters in de vallei van de Kleine A, niet beïnvloed door landbouwactiviteiten (2 monsters)

Parameters	\bar{x}	s	s/\bar{x}	min	max
Na (mg/l)	20,87	3,26	0,16	18,56	23,77
K (mg/l)	4,24	1,04	0,25	3,50	4,97
Mg (mg/l)	10,99	0,49	0,04	10,64	11,33
Ca (mg/l)	53,14	3,95	0,07	56,34	61,93
Fe (mg/l)	14,40	5,45	0,38	10,54	18,25
Cl ⁻ (mg/l)	43,18	3,52	0,08	40,69	45,67
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	204,88	12,37	0,06	196,13	213,62
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	2,19	3,02	1,41	0,00	4,27
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,36	0,19	0,54	0,22	0,49
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,01	0,01	1,41	0,00	0,02
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,29	0,06	0,20	0,25	0,33
pH	4,26	1,07	0,25	3,50	5,02

\bar{x} : gemiddelde waarde

s : standaarddeviatie

min : minimum waarde

max : maximum waarde

Tabel 3.11. Gemiddelde chemische samenstelling van de freatische waters beïnvloed door landbouwactiviteiten (12 monsters)

Parameters	\bar{x}	s	s/\bar{x}	min	max
Na (mg/l)	31,92	24,13	0,76	3,60	85,46
K (mg/l)	60,78	80,95	1,33	4,72	290,64
Mg (mg/l)	13,31	10,54	0,79	1,40	39,50
Ca (mg/l)	54,67	36,25	0,66	8,93	124,43
Fe (mg/l)	4,24	9,87	2,33	0,13	34,91
Cl ⁻ (mg/l)	63,28	40,57	0,64	14,84	129,75
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	175,49	123,91	0,71	31,49	479,92
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	71,24	187,45	2,63	1,83	652,19
NO ₃ ⁻ (mg/l)	65,90	81,72	1,24	1,11	244,66
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,01	0,01	0,63	0,00	0,04
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,30	0,33	1,09	0,00	1,23
pH	5,16	0,91	0,18	4,40	7,34

\bar{x} : gemiddelde waarde

s : standaarddeviatie

min : minimum waarde

max : maximum waarde

blijken enkel de parameters voor ijzer, mangaan, ammonium in zuurtegraad niet te voldoen

3.6.2.1.3. Freatisch water beïnvloed door landbouw-activiteiten

In 12 van de 23 monsters werden hoge nitraatgehalten aangetroffen, vermoedelijk te wijten aan beïnvloeding door landbouwactiviteiten. Het zijn de monsters gelegen in het noorden en het oosten van het studiegebied : 17DB1/F2, 18DB1/F2, 18DB4/F2, 18DB7/F2, 73HB54/F2, 74DB9/F3, 74DB16/F2, 74DB17/F2, 74DB18/F2, 74DB20/F2, 74DB22/F2 en 74DB25/F2. De relatieve ionenverdeling staat voorgesteld op fig. 3.8. en KAART 13. De gemiddelde chemische samenstelling staat in tabel 3.11.

Deze waters bevatten naast een hoog NO_3^- -gehalte, bijzonder veel kalium (meer dan natrium) en meer chloriden en bicarbonaat dan de twee vorige groepen. De pH ligt iets hoger, het ijzergehalte duidelijk lager in vergelijking met de andere freatische waters. Hoge nitriet of fosfaatconcentraties werden niet vastgesteld.

Dergelijke hoge nitraat- en kaliumgehalten kunnen in agrarische gebieden verklaard worden, door het gebruik van grote hoeveelheden kunstmest. Aangezien dit type water verspreid in het hele studiegebied werd aangetroffen, met uitzondering van de "Kalmthoutse Heide", komt er in dit deel vlan de Noorderkempen een belangrijke verontreiniging van het freatisch water door landbouwactiviteiten. De mate van beïnvloeding is echter sterk plaatsgebonden, en is afhankelijk van de intensiteit waarmee naburige landbouwgronden bemest worden.

In vergelijking met het KB voor leidingwater blijken de gemiddelde parameters voor ijzer, mangaan, kalium, nitraten en zuurtegraad niet te voldoen. Ook ammonium overschrijdt soms de norm.

3.6.2.2. Hydrochemie van de watervoerende laag B

De relatieve ionenverdeling van de watermonsters, genomen in de watervoerende laag B werd voorgesteld in een PIPER-diagram (fig. 3.9.). Op KAART 14 is de relatieve ionenverdeling in de vorm van kolomdiagrammen gegeven.

Uit het PIPER-diagram blijkt dat er twee groepen kunnen onderscheiden worden : een eerste, meer omvangrijke groep, die een relatief laag HCO_3^- -gehalte heeft, en een tweede groep, die gekenmerkt wordt door een hoger HCO_3^- -gehalte.

In de HCO_3^- -arme groep bedraagt het HCO_3^- -gehalte minder dan 30% van de anionen (veelal zelfs minder dan 20%). Het alkaligehalte schommelt tussen ca. 30% en 50% van de kationen. Het Mg^{2+} -gehalte is minder dan 10% van de kationen. De gemiddelde samenstelling van deze groep wordt gegeven in tabel 3.12. Tot deze groep behoren de monsters genomen in de peilbuizen Fl van de boorplaatsen 17DB1, 18DB3, DB4 en DB6, 73DB1 en DB5, 74DB4, DB7, DB9, DB16, DB19, DB21, DB22, DB24, DB26, DB29 en DB31.

De HCO_3^- -houdende groep heeft een bicarbonaat gehalte van 30 tot 65% der anionen. Het alkaligehalte ligt tussen 10 en 60% der kationen. Het Mg^{2+} -gehalte vormt méér dan 10%. De gemiddelde samenstelling van deze groep wordt gegeven in tabel 3.13. Hieruit blijkt dat ze gemiddeld minder Cl^- en SO_4^{2-} bevat en meer HCO_3^- . De overige bestanddelen zijn in gelijke mate aanwezig. Tot deze groep behoren de monsters van de peilbuizen Fl van 18DB7, 73DB11, 74DB10, DB25 en DB30 en 77DB1.

De gemiddelde samenstelling van alle monsters uit de watervoerende laag B staat in tabel 3.14. De monster-tonen nergens hoge NO_3^- -gehalten en zijn vermoedelijk niet beïnvloed door landbouwactiviteiten (bemesting). Zij hebben wel een hoog ijzergehalte (minimum 1 mg/l). Het monster

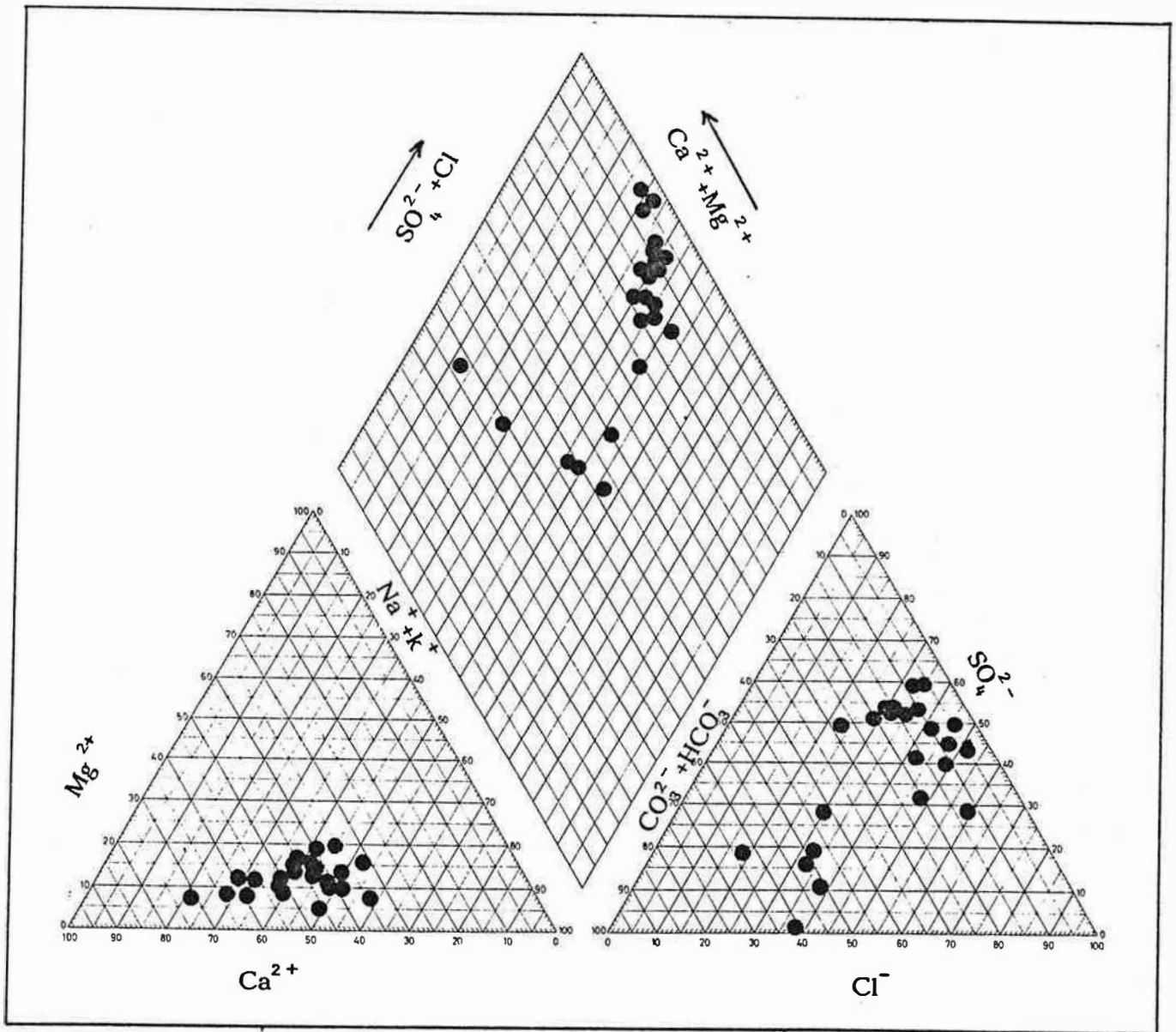


Fig. 3.9 - Piper-diagram met de grondwateranalyses uit de watervoerende laag B

Tabel 3.12. Gemiddelde chemische samenstelling van de watermonsters uit de watervoerende laag B, groep 1 (bicarbonaat-arme variëteit) (17 monsters)

Parameters	\bar{x}	s	s/\bar{x}	min	max
Na (mg/l)	11,42	4,98	0,44	4,63	21,09
K (mg/l)	2,47	0,78	0,32	1,14	3,95
Mg (mg/l)	2,18	1,03	0,47	0,76	4,41
Ca (mg/l)	14,29	8,44	0,59	4,31	34,98
Fe (mg/l)	6,20	3,58	0,58	1,01	13,90
Cl ⁻ (mg/l)	25,37	16,87	0,66	7,97	67,80
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	38,14	23,04	0,60	0,62	79,23
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	13,46	5,82	0,43	7,02	25,01
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,45	0,37	0,81	0,00	1,17
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,01	0,01	0,69	0,00	0,03
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,58	0,80	1,37	0,05	3,11
pH	5,73	0,61	0,11	4,61	6,50

\bar{x} : gemiddelde waarde

s : standaarddeviatie

min : minimum waarde

max : maximum waarde

Tabel 3.13. Gemiddelde chemische samenstelling van de watermonsters uit de watervoerende laag B, groep 2 (bicarbonaat-houdende variëteit)(6 monsters)

Parameters	\bar{x}	s	s/\bar{x}	min	max
Na (mg/l)	8,03	1,85	0,23	6,04	10,79
K (mg/l)	1,57	0,23	0,14	1,21	1,87
Mg (mg/l)	1,10	0,59	0,53	0,39	2,04
Ca (mg/l)	11,10	11,46	1,03	4,58	34,37
Fe (mg/l)	3,97	1,42	0,36	2,01	5,21
Cl ⁻ (mg/l)	11,31	3,16	0,28	7,61	15,28
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	13,58	8,28	0,61	4,12	23,05
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	35,99	26,78	0,74	15,86	88,45
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,39	0,24	0,62	0,22	0,87
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,01	0,01	0,87	0,01	0,05
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	1,17	1,00	0,86	0,05	2,79
pH	5,87	1,36	0,23	3,79	7,50

\bar{x} : gemiddelde waarde

s : standaarddeviatie

min : minimum waarde

max : maximum waarde

Tabel 3.14. Gemiddelde chemische samenstelling van de watermonsters uit de watervoerende laag B (alle monsters)

Parameters	\bar{x}	s	s/\bar{x}	min	max
Na (mg/l)	10,53	4,59	0,44	4,63	21,09
K (mg/l)	2,23	0,79	0,35	1,14	3,95
Mg (mg/l)	1,90	1,04	0,55	0,39	4,41
Ca (mg/l)	13,46	9,15	0,68	4,31	34,98
Fe (mg/l)	5,62	3,28	0,58	1,01	13,9
Cl ⁻ (mg/l)	21,6	15,8	0,73	7,61	67,8
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	31,7	22,9	0,72	0,62	79,2
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	19,3	17,0	0,88	7,02	88,5
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,44	0,34	0,77	0,0	1,17
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,01	0,01	0,79	0,00	0,05
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,74	0,87	1,19	0,05	3,11
pH	5,77	0,83	0,14	3,79	7,50

\bar{x} : gemiddelde waarde
s : standaarddeviatie
min : minimum waarde
max : maximum waarde

uit de peilbuis 73DB1/F1 bevat een lage pH-waarde (3,79).

In vergelijking met het KB voor leidingwater voldoen enkel de parameters voor ijzer, mangaan en zuurtegraad niet. Ook ammonium overschrijdt soms de norm.

3.6.2.3. Hydrochemie van enkele oppervlaktewaters

Aangezien de kwaliteit van oppervlaktewaters, ook die van het freatisch grondwater beïnvloed, werden drie monsters in vennen genomen : één in het Stappersven en twee in de Putse Moer : één in het klein en één in het groot ven.

Het water uit het Stappersven heeft een pH minder dan 5, en is dus zuur. Ook in de Putse Moer werd een lage pH aangetroffen, maar hier wordt soms kalk in het ven gebracht om de verzuring tegen te gaan. Hierdoor bevatten de monsters uit de Putse Moer aanzienlijk meer calcium dan het Stappersven. De chloridegehalten zijn laag, en ze bevatten kleine hoeveelheden nitraten en ammonium.

Vooraf op plaatsen waar waterlopen irrigierend werken kan het grondwater beïnvloed worden door oppervlaktewater. In het studiegebied geldt dit voor het water dat vanuit De Nol in de Oude Moervaart loopt en door de verlaging van de watertafel ten gevolge van de waterwinning, insijpelt in het freatisch reservoir.

3.6.3. Kartografische voorstelling - KAART 13 en 14

De ionenverdeling van de watermonsters uit de verschillende peilbuizen binnen het studiegebied is afgebeeld door middel van een kolomdiagram. Ieder diagram bestaat uit twee verticale kolommen. In de linkerkolom is de relatieve kationenverdeling voor de ionen Na^+ , K^+ , Mg^{2+} en Ca^{2+} aangegeven in milli-equivalenten. De rechterkolom bevat de relatieve ionenverdeling voor Cl^- , SO_4^{2-} en HCO_3^-

+ CO_3^{2-} .

Naast de kolommen is voor elk ion (of ionen) de hoeveelheid in mg/l vermeld. Bovenin het kolomdiagram staat de mineralisatiegraad in mg/l; eronder zijn aangeduid :

- het totale Fe-gehalte in mg/l
- de totale hardheid in °Fr
- de tijdelijke hardheid in °Fr
- de pH

Tevens zijn de ligging van de bemonsterde boorput en de datum van de monstername aangegeven.

4. BESLUIT

Het landschapsbeeld van het gebied van de hydrogeologische kaartenatlas Kalmthout-Essen, gelegen in de Antwerpse Noorderkempen, wordt gekenmerkt door een zwakgolvend mikro-reliëf, waarin duinmassieven met duinheuvelds en vennen voorkomen.

Het studiegebied bevindt zich op het naar het noorden afhellend cuesta-oppervlak van de klei in de Formatie van de Kempen. Hierboven komt een dunne dekzandmantel voor, waarin de Kleine A, de belangrijkste waterloop in het studiegebied, zich ontwikkeld heeft. Tussen de beekdalen komen stuifzandmassieven voor, waarvan de belangrijkste in het Staatsnatuurreservaat van de "Kalmthoutse Heide" gelegen zijn.

Hydrogeologisch kunnen drie watervoerende lagen, gescheiden door twee slecht doorlatende lagen boven de Klei van Boom (Formatie van de Rupel), onderscheiden worden. De Klei van Boom wordt als ondoorlatend substraat van het grondwaterreservoir in het gebied beschouwd. De freatische watervoerende laag A wordt gevormd door de dek- en stuifzanden samen met eventueel voorkomende fijne zanden van de Formatie van de Kempen, boven de eerste kleilaag. De slecht doorlatende laag B' bestaat uit de hoofdzakelijk kleiïge, maar zeer heterogene, sterk wisselende afzettingen van de Formatie van de Kempen tussen de bovenste en onderste kleilaag. De watervoerende laag B wordt gevormd door het onderste gedeelte van de Formatie van de Kempen, namelijk het zandig faciës, de Formatie van Merksplas en, indien aanwezig, het Lid van Merkssem (Formatie van Lillo). De slecht doorlatende laag C' bestaat uit het Lid van Kruisschans (Formatie van Lillo). Waar deze meestal dunne laag ontbreekt, staan de watervoerende laag B en C in rechtstreekse verbinding met elkaar. De watervoerende laag C wordt gevormd door de voornamelijk zandige afzettingen van het Lid van

Oorderen en het Lid van de Luchtbal (Formatie van Lillo), de Formatie van Kattendijk, de Formatie van Diest en de Formatie van Berchem.

Op plaatsen waar de beschikbare gegevens ontoereikend bleken, zijn bijkomende terreinwerkzaamheden verricht. Ze bestonden uit boringen, geofysische metingen, waterpassingen, stijghoogtewaarnemingen, grondwaterbemonsteringen en debietmetingen op waterlopen.

Samen met de beschikbare gegevens, werden de nieuwe gegevens verwerkt tot een verslag en een hydrogeologische kaartenatlas op schaal 1:25.000 met verklarende nota. De kaartenatlas bestaat uit 14 kaarten en 1 geologische doorsnede. Deze documenten laten de gebruiker toe op een algemeen vlak talrijke besluiten te trekken. Voor welomschreven projecten dienen evenwel aanvullende proeven en studies verricht te worden.

KAART 1 : geeft een overzicht van de ligging, de aard en de herkomst van de beschikbare gegevens.

Uit de gegevensdichtheid kan een idee worden verkregen betreffende de nauwkeurigheid van de uit de andere kaarten af te leiden parameters.

KAART 2 : geeft informatie over de hydrografie en vermeldt ondermeer :

- het hydrografisch net : de natuurlijke en kunstmatige waterlopen met inlichtingen aangaande de geometrie, de waterpeilen en de hydrometrische waarnemingspunten.
- de waterscheidingen en de oppervlakte van de stroombekkens
- de hydrometeorologische waarnemingspunten.

KAART 3 : stelt de grondwaterwinningen in alle winbare lagen voor. Voor elke winning zijn aangegeven :

- de oorsprong van het gewonnen water
- de hoeveelheid van het gewonnen water
- de bestemming van het gewonnen water
- de winmethode

De kaart laat toe een overzicht te krijgen in de winbare hoeveelheden per laag.

KAARTEN 4, 5, 6, 7 en 8 : verschaffen inlichtingen over de hydrogeologische bouw van het grondwaterreservoir boven de Klei van Boom, aan de hand van lijnen van gelijke dikte en lijnen van gelijk peil. Zo is achtereenvolgens de basis en dikte van de watervoerende laag A, de slecht-doorlatende laag B', de watervoerende laag B, de slecht-doorlatende laag C' en de watervoerende laag C aangegeven. De waarnemingspunten, waarop een kaart steunt, zijn aangeduid. Deze kaarten laten onder meer toe geschikte waterwinplaatsen aan te duiden, aan de hand van de dikte van een watervoerend pakket en de dikte van de daarbovenliggende slecht-doorlatende laag, die de invloeden van waterwinning kan beperken. De kaart met de dikte van de slecht-doorlatende laag B' verschaft bovendien een inzicht in de graad van grondwaterkwetsbaarheid ten gevolge van stoffen die vanop de bodem in de grond dringen, rekening houdend met statische parameters (dikte en verbreiding van de kleihoudende zone).

KAARTEN 9, 10, 11 en 12 : geven de stijghoogten weer in de twee bovenste watervoerende lagen, namelijk A en B, van twee representatieve perioden tussen 1982 en 1985.

- KAARTEN 9 en 10 : vermelden de stijghoogten in de watervoerende laag A na een periode van afvoer (28.10.82 - 5.11.82) en een periode van opvulling (28.4.83 - 5.5.83).
- KAARTEN 11 - 12 : vermelden de stijghoogten in de watervoerende laag B na een periode van afvoer (28.10.82 - 5.11.82) en een periode van opvulling (28.4.83 - 5.5.83).

De stijghoogten zijn voorgesteld door lijnen van gelijke stijghoogte of hydro-isohypsen. De waarnemingspunten waarop de kaarten steunen zijn telkens aangeduid. De kaarten vermelden de grondwaterstromingsrichting en de peilen van de belangrijkste waterlopen.

KAARTEN 13 en 14 : vermelden de belangrijkste kwaliteitsparameters van het grondwater in respektievelijk de watervoerende laag A en B.

GERAADPLEEGDE WERKEN

BELGISCHE GEOLOGISCHE DIENST. Archieven van de Belgische Dienst. Brussel.

BOS, M.G. (1976). Discharge measurements structures, 464 p. Wageningen : ILRI.

BOS, M.G. & REPLOGLE, J.A. & CLEMMENS, A.J. (1984) Flow Measuring flumes for open channel systems, 391 p. New York : John Wiley & Sons.

B.R.G.M. (1970). Atlas des nappes aquifères de la région parisienne. Cartes et note explicatieve.

CHO-TNO. (1982). Verklarende hydrologische woordenlijst. 33 p., 2 bijl. Den Haag : Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO (Rapporten en nota's nr, 8a).

DE BREUCK, W., VAN DYCK, E. & LEBBE, L. (1981). Hydrogeologische, bodemkundige en ekologische studie van de "Kalmthoutse Heide" en de omliggende landbouwgronden. Hydrogeologische studie. 94 p., 57 fig., 25 tab., 6 aanh. Gent : Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut (rapport TGO 79/5 i.o.v. Minister van de Vlaamse Gemeenschap).

DE CONINCK, F. (1958). Verklarende tekst bij het kaartblad Kalmthout 6E (Bodemkaart van België), 77 p. Gent : Centrum voor Bodemkartering. Dir.

DE CONINCK, R. & SNACKEN, F. (1961). Verklarende tekst bij het kaartblad Kalmthoutse Hoek 6W (Bodemkaart van België) 59 p. Gent : Centrum voor Bodemkartering.

- DE CONINCK, F. (1958) Verklarende tekst bij de kaartbladen Moerkant 1W, Essen 1E, Horendonk 2W. (Bodemkaart van België), 53 p., Gent : Centrum voor Bodemkartering.
- DE MEUTER, F. (1974). Bijdrage tot de systematiek en de paleoecologie van de Benthonische Foraminiferen uit het Mioceen van België. 31 + 212 + 108 p. + figuren.
Leuven : Katholieke Universiteit - Faculteit der Wetenschappen (Doctoraatsverhandeling).
- DE MEUTER, F. & LAGA, P. (1976). Lithostratigraphy and biostratigraphy based on benthonic Foraminifera of the Neogene deposits of Northern Belgium. Bull. Belg.Ver. Geol. 85, 133-152.
- DE PLOEY, J. (1961). Morfologie en Kwartair-stratigrafie van de Antwerpse Noorderkempen. Acta Geogr. Lovan. 1, 126 p.
- DEPRET, M. (1981). Litostratigrafie van het Kwartair en van het tertiaire substraat te Zeebrugge. Litologische en stratigrafische interpretatie van diepsonderingen met de konus van Begemann. 186 p., 45 tab., 91 fig., 6 kaarten, 1 bijl. Gent : Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut (Doctoraatsverhandeling).
- DE SMEDT, P. & GULLENTOPS, F. (1981). De hydrografische kaart. Hydrografica, 3, 35-42.
- GALON, R., KLIMASZEWSKI, M. & NAUMIENKO, T. (1964). Znaki Umowne I Objasnienia dla Mapy Hydrograficznej Polski 1:50.000 (Key and explanation to the hydrographic map of Poland on the scale of 1 : 50.000). Warszawa : polska Akademia Nauk - Instytut Geografii.
- GALON, R., KLIMASZEWSKI, M. & NAUMIENKO, T. (1964). Instrukya

Opracowania Mapy Hydrograficznej Polski 1 : 50.000

(Instruction to the Hydrographic map of Poland on the scale 1 : 50.000). Warszawa : Polska Akademia Nauk - Instytut Geografii.

GEYS, J.F. (1975). De sedimentologie en de morfogenetische betekenis van de Oudpleistocene afzettingen in de Antwerpse Noorderkempen, 230 p. Gent : Faculteit Wetenschappen - Rijksuniversiteit (Doctoraatsverhandeling).

GULINCK, M. (1966). Hydrogeologie in de Atlas van België, platen 16A en B. Nationaal Comité van Geografie, Commissie van de Nationale Atlas.

GUSTAFSSON, O. (1978) Hydrogeologiska Kartbladet Tralleborg NO/Malmö SO. Hydrogeologiska Kartblad I Skala 1 : 50.000, nr 6. Stockholm : Sveriges Geologiska Undersökning.

K.B. (N.84-1277). 27 april 1984 - Koninklijk besluit betreffende de kwaliteit van het leidingwater. Belg. Staatsblad van 6 juli 1984, 9860-9876.

KLIMAZEWSKI, M. (1965). La carte hydrographique détaillée et son importance scientifique et pratique. In : Etudes Hydrologiques et géographiques, 341-350.

KUNZ, K.S. & MORAN, J.H. (1958). Some effects of formation anisotropy on resistivity measurements in boreholes. Geophysics 23, 770-794.

LAGA, P.G. (1973). The Neogene Deposits of Belgium. Guide book for the Field Meeting of the Geologists' Association London. 31 p.

- LEGRAND, R. (1968). Le Massif du Brabant. Toelicht. Verh. Geol. Mijnkaart Belg., 9, 148 p.
- MIJS, M. (1974) Bijdrage tot de Geomorfologie van het duinlandschap van de Kalmthoutse Heide. Dienst Domaniale Natuurreservaten en Natuurbescherming, Werken, 7, 88 p.
- MIJS, M. (1973). De geomorfologische ontwikkeling van de Noorderkempen en de Scheldepolders. Nation. Centre. Geomorphol. Onderz. Werkst. 13(2), A1-A56, C1-182.
- MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID EN VAN HET GEZIN. (1985). Biologische waarderingskaart van België - kaartbladen 1 en 7. Verklarende tekst, 101 p. Brussel : Coördinatiecentrum van de Biologische Waarderingskaart.
- SCHOOF, J. (1972). Bijdrage tot de hydrologische studie van de grensstreek ten noorden van Antwerpen, 173 p. Gent : Rijksuniversiteit (Verh. Burgerlijk Bouwkundig Ingenieur).
- STUURGROEP GRONDWATERBELEID IN DE PROVINCIE ANTWERPEN. (1978). Eindverslagen commissies, 8 delen. Brussel. (onder voorzitterschap van het Ministerie van Volksgezondheid en van het gezin en het Staatssekretariaat voor steek-economie).
- TNO. (1976). Geophysical Well Logging for geohydrological purposes in unconsolidated formations. Delft : Groundwater Survey. TNO., 67 p.
- TRICART, J., HIRSCH, A.R. & GRIESBACK, J.C. (1966). La géomorphologie du bassin du Touch. Rev. Géogr. des Pyrénées et du Sud-Ouest. T. XXXVII, pp, 5-46.

UNESCO (1970). International legend for hydrogeological maps
101 p. London : Intern. Assoc. of Scient. Hydrol. -
Intern. Assoc. of Hydrogeologists and Inst. of Geol.
Sciences.

VAN DYCK, E. (1979). Hydrogeologisch onderzoek van de frea-
tische waterlaag te Kalmthout. p. 95 Gent : Geologisch
Instituut - Rijksuniversiteit (Licentiaatsverhandeling)