

2003

MOD 720/12



WATERBOUWKUNDIG
LABORATORIUM

FLANDERS HYDRAULICS
RESEARCH

GEMEENSCHAPPELIJKE MAAS

LAAGWATERMETINGEN ZOMER 2003

Rijkswaterstaat



04 - 09

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu en Infrastructuur
Administratie Waterwegen en Zeewezen
Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek

Model 720/12

GEMEENSCHAPPELIJKE MAAS LAAGWATERMETINGEN ZOMER 2003

juni 2004

project nr 004-681

INHOUDSOPGAVE

INHOUDSOPGAVE.....	i
LIJST VAN DE TABELLEN	ii
LIJST VAN DE FIGUREN.....	iii
LIJST VAN DE KAARTEN.....	iv
1 INLEIDING	2
1.1 Laagwater	2
1.2 Internationale samenwerking	4
2 DOEL VAN DE METINGEN	5
3 STUDIEGEBIED.....	6
3.1 De Gemeenschappelijke Maas	6
3.2 Geomorfologie en Hydrogeologie	7
3.2.1 Linkeroever	7
3.2.2 Rechteroever	9
3.3 Zijrivieren.....	10
3.3.1 Linkeroever	10
3.3.2 Rechteroever	13
3.4 Onttrekkingen en lozingen	14
3.4.1 Onttrekkingen.....	14
3.4.2 Lozingen	16
3.5 Grondwatervoeding naar de Maas in droge perioden	16
4 METINGEN	19
4.1 Vaste debiet- en waterstandmeetstations.....	19
4.2 Metingen zomer 2003	20
4.2.1 Metingen Gemeenschappelijke Maas	20
4.2.2 Metingen zijrivieren.....	22
5 RESULTATEN.....	23
5.1 Ruwe meetgegevens	23
5.2 Controle ADCP-metingen	23
5.2.1 Gedetailleerde waterstandmeetreeksen.....	23
5.2.2 Correctie ADCP-metingen	24
5.3 Controle metingen zijrivieren	28
5.4 Waterbalans	29
5.5 Resultaten vergelijking met grondwatermodellering IWACO (2000)	29
6 BESPREKING VAN DE RESULTATEN.....	31
7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	33
8 REFERENTIES	34
TABELLEN	
BIJLAGEN	
KAARTEN	

LIJST VAN DE TABELLEN

Tabel 1 - Vlaams en Nederlands Maaswatergebruik volgens het Verdrag inzake de afvoer van de Maas ("Maasafvoerdrag").....	T 1
Tabel 2 - Overzicht van grondwater- en oppervlaktewaterwinningen	T 2
Tabel 3 - Overzicht RWZI-lozingsgegevens.....	T 2
Tabel 4 - Grondwatervoeding naar de Gemeenschappelijke Maas in droge periodes.....	T 3
Tabel 5 - Overzicht van de vaste waterstand- en debietmeetstations	T 4
Tabel 6 - Overzicht ruwe meetgegevens zomer 2003	T 5
Tabel 7 - Overzicht van de werkelijke en berekende tijdstippen voor de afvoergolf van +6,6 m ³ /s op 20/08/03.	T 6
Tabel 8 - Mogelijke correctietermen voor de ADCP-metingen van 19 augustus	T 7
Tabel 9 - Gebruikte parameters voor de berekening van de mogelijke correctietermen van dag 2	T 7
Tabel 10 - Mogelijke correctietermen voor de ADCP-metingen van dag 2.....	T 8
Tabel 11 - Waterbalans per ADCP-meetpunt met mogelijke correcties	T 9
Tabel 12 - Waterbalans 2003	T10
Tabel 13 - Waterbalans 1976	T11

LIJST VAN DE FIGUREN

Figuur 1 - Vergelijking van de debietmeetreeks van Monsin voor 1976 en 2003	3
Figuur 2 - Vergelijking van de debietmeetreeks van Borgharen voor 1976 en 2003	3
Figuur 3 – Verband tussen de negatieve grondwaterstandsafwijking en grondwatertoevoer voor het traject Grensmaas (stuw Borgharen – Maasbracht)	18
Figuur 4 - Debietfluctuaties aan de afvoermeetpost van de Abeek te Bree.....	20
Figuur 5 - Voorstelling van de door de ADCP gemeten en berekende gedeeltes van het profiel	21
Figuur 6 - Waterstandsverloop van de verschillende meetposten op de Gemeenschappelijke Maas voor de maanden juli en augustus	23
Figuur 7 - Waterstandsverloop van de meetposten op de Gemeenschappelijke Maas voor de periode 19 tot en met 21 augustus.....	24
Figuur 8 - Tijd tussen het begin van de waterstandsverhoging in Borgharen en deze in de afwaartse meetposten t.o.v. de afstand tot Borgharen	25
Figuur 9- Tijd tussen het einde van de waterstandverhoging in Borgharen en deze in de afwaartse meetposten t.o.v. het aantal kilometers afstand tot Borgharen	26
Figuur 10 - Waargenomen extra debiet te Borgharen en Maaseik en berekend extra debiet te Elsloo en Grevenbicht voor de afvoergolf van +6,6 m ³ /s op 20/08/03.....	27

LIJST VAN DE KAARTEN

Kaart 1	Overzicht studiegebied
Kaart 2	Gemeentegrenzen
Kaart 3	Plaatsnamen
Kaart 4	Waterlopen
Kaart 5	Onttrekkingen
Kaart 6	Lozingen
Kaart 7	Vaste meetstations
Kaart 8	Meetlocaties zomer 2003
Kaart 9	Waterbalans zomer 2003
Kaart 10	Waterbalans zomer 1976

DANKWOORD

De meetcampagne in de zomer van 2003 was slechts mogelijk dankzij de bereidwilligheid van enkele instanties en het enthousiasme en doorzettingsvermogen van een aantal medewerkers. Bij deze zouden we graag onze oprechte appreciatie willen uitdrukken voor hun inzet:

- In het bijzonder zouden we Sander Bastings (RWS) willen bedanken om zijn overtuiging van het nut van deze meetcampagne. Zonder zijn tussenkomst had deze meetcampagne wellicht niet plaatsgevonden.
- De Bundesanstalt für Gewässerkunde voor het uitlenen van de ADCP-meter en Uwe Nicodemus met verstand van zake wat betreft ADCP-technologie.
- Uwe Nicodemus zelf voor de onaflatende bijstand, zelfs gedurende de laatste dag van de metingen, die eigenlijk gereserveerd was voor een daguitstap met zijn vrouw in Maastricht.
- Jan Tekstra vanwege zijn goede contacten met de Bundesanstalt für Gewässerkunde voor het regelen van de ADCP-meter
- Raymond Leclaire (RWS), onze schipper van dienst, om het aangename aan het nuttige te koppelen.
- Peter Meulenijzer (HIC) voor zijn schijnbaar onuitputtelijke energie, gevoel voor humor en fascinatie voor het watersysteem van de Maas.
- Dirk Siborgs, Stef Michielsen en Katrien Van Eerdenbrugh voor het mee uitvoeren van enkele voorbereidende metingen op enkele zijrivieren.
- Emmanuel Cornet voor het valideren van de Vlaamse meetgegevens.
- Het Waterschap Roer & Overmaas voor het ter beschikking stellen van de meetgegevens van enkele belangrijke zijrivieren van de Gemeenschappelijke Maas.
- En tenslotte het NITG-TNO voor het ter beschikking stellen van de grondwatermeetreeks van de referentiepeilbuis 61FP0239.

1 INLEIDING

1.1 Laagwater

De droogteperiode van 1976

In 1976 werden, naar aanleiding van de heersende droogte, debietsmetingen uitgevoerd op de Gemeenschappelijke Maas en de daarin uitmondende riviertjes en beken. De metingen waren toen mogelijk doordat, door de extreme droogte, de stuw van Borgharen gedurende lange tijd nauwelijks overstort kreeg. Hierdoor werd het watersysteem enkel nog gevoed door zijrivieren en grondwaterstromingen.

De metingen hadden tot doel, na te gaan waar, waarvandaan en in welke hoeveelheden het debiet van de Gemeenschappelijke Maas werd aangevuld langsheen het traject Borgharen - Laak. Deze informatie was van groot belang voor o.a. de verschillende watergebruikers (bedrijven, scheepvaart, landbouw) van het stuwpand Linne.

Een tweede doel was het lokaliseren van plaatsen waar grondwatertoestroming plaatsvindt.

Alhoewel de metingen grotendeels aan hun doel beantwoorden, bleef een herhaling (controle) van de metingen wenselijk (Zuiderveen, 1976).

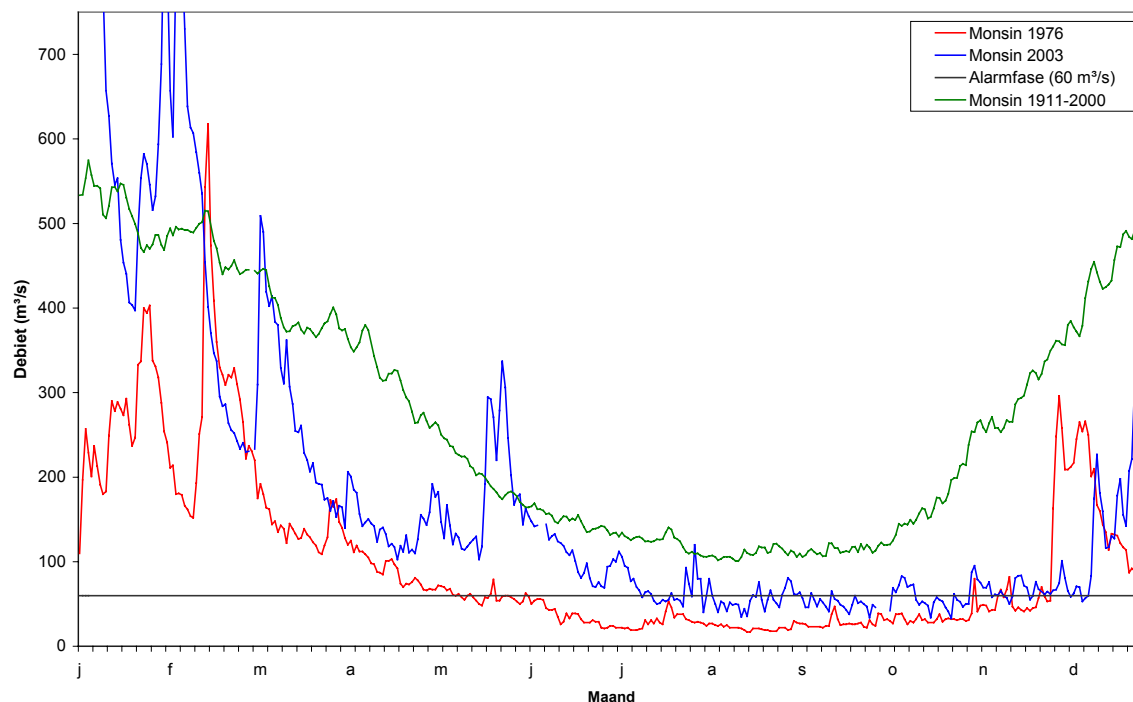
Situatie 2003

In 2003 werd besloten tot metingen over te gaan van zodra de waterkrachtcentrale aan de stuw te Lixhe buiten werking viel. De centrale zorgt namelijk voor heftige schommelingen van de waterstand op de Gemeenschappelijke Maas waardoor debietsmetingen voor het bepalen van een waterbalans nagenoeg onmogelijk worden. Vanaf een debiet van minder dan 60 m³/s in Lixhe schakelt men de centrale uit. Bij de aanvang van de meetcampagne op 19 augustus was de waterkrachtcentrale reeds gedurende 2 weken buiten werking (4/08/03).

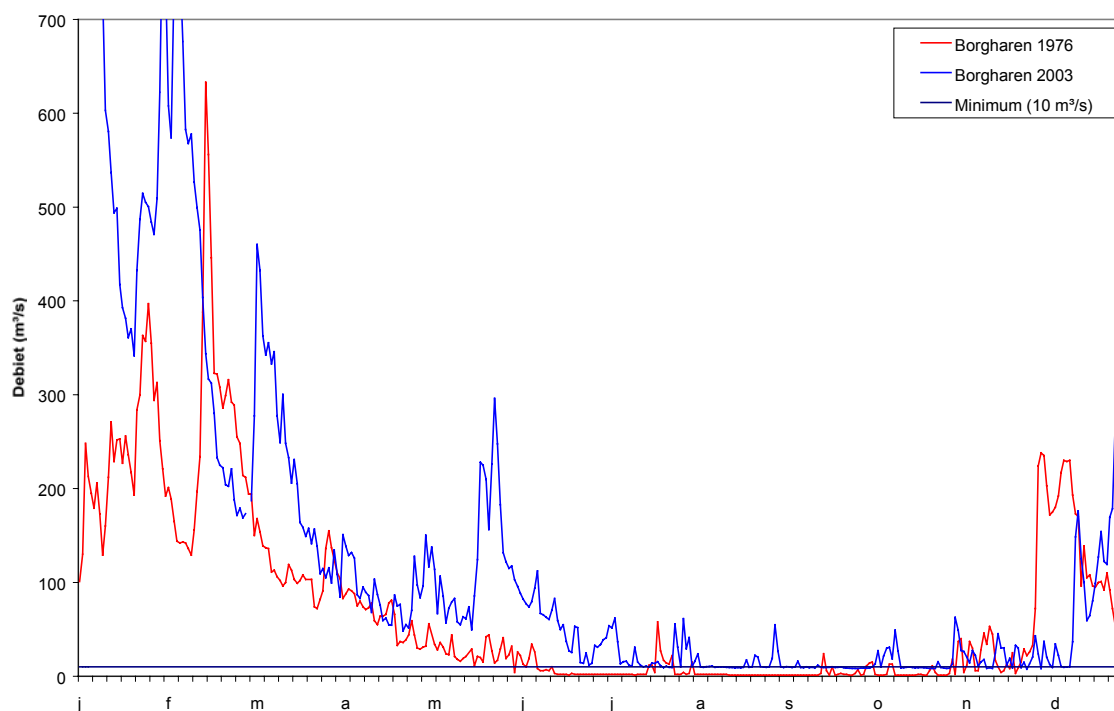
In vergelijking met 1976 was 2003 niet zo een extreme droogteperiode. De voorgaande winter was immers niet zo droog als in 1976 waardoor de grondwatertoestroming groter was.

Wanneer we de debietmeetreeks van Monsin (d.i. een artificiële meetreeks samengesteld uit het debiet van de Maas te St. Pieter en het debiet van het Albertkanaal te Kanne) voor 1976 en 2003 vergelijken (zie fig. 1), merken we op dat de alarmfase (d.i. vanaf ≤ 60 m³/s te Monsin) in 1976 reeds vanaf 9 mei van kracht was, terwijl dat in 2003 slechts vanaf 12 juli het geval was. In 1976 was het debiet te Monsin gedurende 194 dagen ≤ 60 m³/s, terwijl dit in 2003 slechts gedurende 89 dagen het geval was.

In 1976 was het debiet te Borgharen (zie fig. 2), gedurende 143 dagen \leq de norm van 10 m³/s, terwijl dit in 2003 slechts het geval was gedurende 89 dagen. Daarbij moet echter wel de kanttekening gemaakt worden dat de afvoernorm van 10 m³/s dateert van het verdrag inzake de afvoer van het water van de Maas van 17 januari 1995. Voordien konden de kanalen dus water onttrekken aan de Maas zonder rekening te moeten houden met de voeding van de Gemeenschappelijke Maas.



Figuur 1 - Vergelijking van de debietmeetreeks van Monsin voor 1976 en 2003 – de zwarte lijn geeft de alarmfase ($\leq 60 \text{ m}^3/\text{s}$) aan, de groene het daggemiddelde over de periode 1911-2000



Figuur 2 - Vergelijking van de debietmeetreeks van Borgharen voor 1976 en 2003 – de zwarte lijn geeft het minimum vereiste debiet van $10 \text{ m}^3/\text{s}$ aan, zoals dit volgens het verdrag met Nederland van 1995 is vastgelegd

1.2 Internationale samenwerking

In 1995 is tussen Nederland en Vlaanderen het Maasafvoeroverdrag gesloten; dit verdrag is in juli 1996 in werking getreden.

Het doel van het verdrag is dat beide partijen de wateronttrekkingen vanuit de Maas zoveel mogelijk beperken, vooral bij lage Maasafvoeren. Hierbij is het uitgangspunt een gelijke verdeling van het beschikbare Maaswater tussen het Nederlandse en het Vlaamse gebruik en een gemeenschappelijke verantwoordelijkheid voor de Gemeenschappelijke (Grens) Maas. Voor de verdeling van het Maaswater volgen de partijen het in het verdrag opgenomen besparingsscenario (zie Tabel 1).

De uitvoering van het verdrag is opgedragen aan de Werkgroep Afvoerregulering Maas; een waarnemer uit Wallonië neemt deel aan het overleg van deze werkgroep.

Voor de uitvoering van het verdrag zijn de volgende maatregelen voorzien:

1. De aanleg van extra duikers in de Zuid-Willemsvaart bij Bocholt en Lozen om de aanvoer naar Nederland te verhogen van 5 naar 10 m³/s.
2. Het operationeel maken van een meetprogramma dat actuele gegevens verstrekt over de waterverdeling aan de informatiecentra in beide landen.
3. Het opstellen en het elkaar in kennis stellen van een draaiboek met waterbesparende maatregelen; deze maatregelen betreffen onder meer zuinig schutten en het terugpompen van water bij de sluisen.

Bovenstaande maatregelen zijn inmiddels uitgevoerd maar er resten echter nog enkele knelpunten. Dit zijn:

- De onregelmatige aanvoer van water uit Wallonië.
- Een verdere optimalisering en aanpassing, conform het verdrag, van de stuwregeling Borgharen.
- Toepassing van waterbesparende maatregelen op het Albertkanaal is nog niet goed mogelijk wegens het ontbreken van pompgemalen.
- Sinds de opstelling van het besparingsscenario in 1995 hebben zich in het scheepvaartverkeer een aantal ontwikkelingen voorgedaan waardoor een evaluatie van dit scenario wenselijk lijkt.

Voor de Gemeenschappelijke Maas is een onderzoek gestart om meer inzicht te krijgen in de ecologische toestand voor dit rivierdeel. In dit kader heeft eind 2003 een workshop plaats gehad waaraan beide partijen hebben deelgenomen. Het onderzoek zal in 2004 worden afgerond.

Tijdens het overleg van de staatssecretarissen van beide landen op 19 september 2003 zijn afspraken gemaakt voor de oprichting van een Vlaams-Nederlandse Maascommissie. Deze commissie zal fungeren als een bilateraal en integraal overlegforum ter verbetering van de samenwerking inzake de Gemeenschappelijke Maas. De taken van de commissie omvatten alle Maasgerelateerde kwesties betreffende het beleid en beheer.

2 DOEL VAN DE METINGEN

Waarom is er voldoende water nodig in de Gemeenschappelijke Maas ?

De Gemeenschappelijke Maas beschikt over uitzonderlijke ecologische potenties. Zo is het bijvoorbeeld een belangrijk migratietraject voor een groot aantal zoetwatervissen. Zowel de Nederlandse als Vlaamse waterbeheerders hebben zich tot doel gesteld de Gemeenschappelijke Maas te doen ontwikkelen tot een voorbeeldproject wat betreft de verweving van veiligheid en natuurontwikkeling. Om een goede ecologische kwaliteit te garanderen heeft de Maas behoefte aan voldoende zoetwater. Aangezien het Maaswater bovenstrooms de stuw van Borgharen een fel begeerde bron is (aftakking Albertkanaal, Zuid-Willemsvaart en Julianakanaal), is de voeding via grondwater en zijrivieren van uitermate groot belang voor de ecologische potenties in het benedenstroomse traject. Vele organismen hebben immers een bepaalde waterdiepte of stroomsnelheid nodig om hun voortbestaan te kunnen garanderen, terwijl fluctuaties hierin nadelig zijn.

Eveneens van groot belang is de waterkwaliteit en watertemperatuur van de Gemeenschappelijk Maas, waarvoor de normen tijdens periodes van laagwater meer kans lopen om niet gehaald te worden. Toestroming van grondwater en oppervlaktewater van zijrivieren zorgt hier voor de noodzakelijke verdunning van lozingen, zoals deze van het chemisch concern DSM.

Waarom extra metingen uitvoeren op de Gemeenschappelijke Maas ?

Sinds 1976 is er veel veranderd wat betreft scheepvaartintensiteit op de kanalen, recreatie langsheen de Gemeenschappelijke Maas, onttrekkingen uit grond- en oppervlaktewater, ontgrindingen e.d. waardoor de toestroming van grondwater en oppervlaktewater op het traject aanzienlijk gewijzigd kan zijn in vergelijking met de situatie in 1976.

Om de hoeveelheid grondwater dat op het traject van de Gemeenschappelijke Maas toestroomt te kunnen inschatten werd door RWS in 2000 opdracht gegeven aan IWACO om een grondwatermodellering uit te voeren die een beeld geeft van de grondwatervoeding naar de Maas in droge perioden. In deze studie werden voor enkele representatieve droge jaren het uitputtingsverloop van de grondwatervoeding bepaald. De studie concludeert met de aanbeveling enkele debietmetingen uit te voeren tijdens laagwaterperiodes om de uitkomsten van de analyse te verifiëren (IWACO 2000).

Voor de Gemeenschappelijke Maas wordt momenteel een 2-dimensionaal model (WAQUA) ontwikkeld voor het simuleren van lage tot zeer lage afvoeren. Dit model zal o.m. gebruikt worden voor ecologisch onderzoek. De metingen vormen belangrijke informatie voor het afregelen van het model.

3 STUDIEGEBIED

Het studiegebied omvat de Gemeenschappelijke Maas, haar vallei en voedingsgebieden en dit zowel aan de oost- (NL) als westelijke oever (VL). Een overzicht van het studiegebied, de gemeentegrenzen en enkele belangrijke plaatsnamen wordt gegeven in kaarten 1, 2 en 3.

3.1 De Gemeenschappelijke Maas

Het Maastraject vanaf Eysden tot aan de monding wordt ook wel Laaglandmaas genoemd. Van Lanaye (= Ternaaien) tot Petit-Lanaye (d.i. van Eysden tot Maastricht aan Nederlandse zijde) (9 km) vormt de Maas de grens tussen Wallonië en Nederland. Vanaf Smeermaas tot Kessenich (d.i. van Borgharen tot Stevensweert aan Nederlandse zijde) (47 km) vormt ze de grens tussen Vlaanderen en Nederland. Dit laatste traject wordt ook wel Grensmaas of Gemeenschappelijke Maas genoemd. Het tussenliggende stukje (7 km) dat door Maastricht stroomt wordt ook wel de Stadsmaas genoemd en is bevaarbaar.

In Luik gebeurt de verdeling van het Maaswater naar het Albertkanaal. In het stukje Maas, net voor Maastricht, is er een verbinding tussen het Albertkanaal en de Maas via het Canal de Lanaye, waardoor het in Luik afgetapte water nog deels wordt teruggevoerd via de sluis van Lanaye (= Ternaaien). Een gedeelte van het water dat overblijft in het Albertkanaal, wordt gebruikt als voeding voor de sluisen van de Zuid-Willemsvaart via het Kanaal Briegden-Neerharen.

In Maastricht gebeurt de verdeling van het maaswater over de Zuid-Willemsvaart, de Gemeenschappelijke Maas en het Julianakanaal. De voeding van de Zuid-Willemsvaart gebeurt via de voedingskokers van het voedingskanaal en in beperkte mate via de sluis van het verbindingskanaal. Via een overlaat (Bosscherveld) wordt nog water van het verbindingskanaal teruggeloozd op de Gemeenschappelijke Maas. De voeding van de Gemeenschappelijke Maas zelf gebeurt via de regeling van de stuw van Borgharen, terwijl deze van het Julianakanaal gebeurt via de sluis van Limmel. Het beheer van de stuw te Borgharen is erop gericht de waterstand stroomopwaarts op de Maas voldoende hoog te houden voor de scheepvaart. Daarnaast wordt getracht de afvoervariaties te beperken en een minimale afvoer te verzekeren van 10 m³/s ten behoeve van de natuurwaarden in de Gemeenschappelijke Maas (Meulenberg 1986). Bij een Maasafvoer (= afvoer te Maastricht/St.-Pieter + het debiet van het Albertkanaal te Kanne) beneden de 130 m³/s zijn er, in het kader van het Maasafvoeroverdrag, afspraken tussen Nederland en Vlaanderen om het Maaswater gelijk te verdelen over het Nederlands gebruik (= voeding Zuid-Willemsvaart en Julianakanaal), het Vlaams gebruik (= voeding Albertkanaal en Kempense kanalen) en de Gemeenschappelijke Maas (Anoniem 1995).

Vanaf Borgharen tot aan Maasbracht heeft de Maas een nog relatief natuurlijk karakter. In dit gedeelte zijn het verval (0,25 tot 0,95 m/km = 0,47 m/km gemiddeld) en de stroomsnelheid nog relatief groot en bestaat de rivierbedding uit grind. We hebben er te maken met een vrijwel onbevaarbare rivier, zeer bochtig, met talrijke vernauwingen, uitdiepingen en drempels. Een dergelijke, "niet gereguleerde" rivier is quasi uniek in Europa (Jodogne 1974; WL 1996; AWZ – AMA 1999; Vandenbussche et al. 2001).

Het grootste deel (tussen Borgharen en Maaseik) van de Gemeenschappelijke Maas is ongestuwd, maar door de stuw in Linne is het gedeelte tussen Maaseik en Kessenich gestuwd en bevaarbaar. De invloed van de stuw te Linne is groot van Maasbracht tot Ohé en Laak. Tussen Ohé en Laak en Maaseik neemt de invloed van de stuw geleidelijk af, terwijl men tussen Maaseik en Borgharen kan spreken van een vrijstromende, ongestuwde rivier (Meulenberg 1986). De invloed van de stuw neemt echter toe bij lagere waterstanden.

De belangrijkste zijlopen van de Gemeenschappelijke maas zijn de Geul, de Bosbeek, de Abeek en de Geleenbeek.

Het bekken van de Gemeenschappelijke Maas wordt geologisch in 2 delen opgesplitst door een NW-ZO lopend breukvlak. Hierin zijn de Feldbissbreuk, Heerlerheidebreuk, de breuk van Elen en de Peelrandbreuk de belangrijkste. Ten noorden van deze breuken ligt een tektonisch verzakt gebied, de

Roerdalslenk, waarin de geologische lagen over het algemeen een grotere dikte hebben dan ten zuiden van dit breukensysteem.

De namen die gegeven worden aan de verschillende breuken verschillen echter naargelang de geraadpleegde informatiebron. Niet alleen binnen de Vlaamse vakliteratuur maar evenzeer tussen de Vlaamse en Nederlandse.

3.2 Geomorfologie en Hydrogeologie

Tijdens droge periodes wordt de Gemeenschappelijke Maas voor een groot deel gevoed door grondwaterstroming vanuit haar omliggende vallei en haar voedingsgebieden.

Het regionale grondwatersysteem van de Maasvallei wordt gekarakteriseerd door infiltratie op de hoge delen (Kempisch Plateau, Plateaus van Schimmert en Margraten) en kwel in het Maasdal met name langs de terrasranden.

De belangrijkste aquifer voor de Gemeenschappelijke Maas is het Maasgrind (eerste watervoerende pakket). Dit pakket komt, op de steilrand naar de plateaus en diep ingesneden beekdalen na, in het gehele gebied voor en heeft een dikte die varieert van 1 tot > 20 meter. Op het grindpakket ligt een deklaag van < 1 tot > 15 meter dik, die voornamelijk uit matig doorlatende klei- en lemlagen bestaat (DHN & Royal Haskoning 2003).

Hieronder wordt kort een overzicht gegeven van de geomorfologische eenheden en de grondwaterstroming in deze gebieden.

3.2.1 Linkeroever

3.2.1.1 Kempisch Plateau

Het Kempisch Plateau wordt ook wel eens **Hoofdterras van de Maas** genoemd. Het daalt van 100 m in het zuiden tot 60 m in het noorden. Het is een complex geheel van zandgronden (dekzanden) dat van de aangrenzende laag- en middenterrassen is gescheiden door een 30-40 m hoge steilrand, welke tektonisch is van oorsprong in het noorden en erosief in het oosten. De zuidelijke helling van het plateau wordt begrensd door het Albertkanaal en is zeer steil (De Smedt & Loy 1986, De Smedt & Van Vaerenbergh 1991, Claes et al. 2001, Vandebussche et al. 2001).

Het Maasgrind op het Plateau vormt samen met de onderliggende zandige afzettingen één hydrogeologisch geheel, waardoor het eerste watervoerende pakket in noordelijke richting in dikte toeneemt (van 20-30 m in het zuiden tot 240-260 m nabij de Feldbissbreuk).

De basis van dit watervoerende pakket wordt gevormd door de kleiige basis van de Formatie van Eigenbilzen samen met de onderliggende Formatie van Boom.

Het freatisch waterpeil onder het Kempisch Plateau ligt op grote diepte. Nabij de waterscheiding (tussen het Maas- en Scheldebekken) tussen Gellik en Waterschei, bevindt het grondwater zich gemiddeld op 10-15 m diepte. Het grondwater bij deze kam (Waterschei) vormt een nagenoeg vlak gebied waarvan het stromingspatroon lokaal kan verstoord worden door belangrijke waterwinningen (o.a. drinkwaterwinning van As). Beïnvloeding is eveneens te verwachten als gevolg van de mijnverzakkingen en de remediërende bemalingen. Meer naar het westen (Houthalen) ligt het maar op 5 m diepte.

Nabij de oostelijke steilrand bevindt de watertafel zich op grote diepte (30 à 40 m), waardoor de Maasgrinden op het oostelijk gedeelte van deze hoogvlakte volledig ontwaterd zijn. De watertafel bevindt er zich in de onderliggende Tertiäre zanden (De Smedt 1977, Loy 1980, De Smedt & Loy 1986, Van Autenboer et al. 1996).

In het algemeen verhang van de watertafel onder het Kempisch Plateau zijn twee grote richtingen te onderscheiden. Tussen Lanaken en As stroomt het grondwater in oostelijke richting met een gemiddeld verhang van 1% nabij Zutendaal en 0,4% nabij As. Nabij de steilrand verhoogt de gradiënt tot maximaal 2,5 %.

Ten noorden van As heeft het grondwater een noordoostelijke stroming met een kleiner verhang van 0,25%, aan de steilrand oplopend tot 1,5 – 2,0 % (De Smedt 1977, Loy 1980, De Smedt & Loy 1986).

Langs de diepe dalinsnijdingen (Bosbeek, Itterbeek, ...) ligt het freatisch grondwater op minder dan 5 m onder de dalbodem, plaatselijk zelfs gelijk met het maaiveld.

3.2.1.2 De Lage terrassen en Alluviale vlakte ten zuiden van het breukensysteem

De **laagterrassen** tussen Lanaken en Maaseik bestaan uit verschillende formaties die allen dezelfde verschijningsvorm hebben: een gering hoogteverschil en bedekt met een laag dekzand en bijgevolg arme bodems. Ze worden van elkaar gescheiden door enkele meters hoge steilranden, maar zijn in het landschap nog nauwelijks te onderscheiden. De grens van de terrassen met de alluviale vlakte bestaat uit een aaneenschakeling van één tot enkele meters hoge steilranden en series van oude stroomgeulen.

De breedte van de **alluviale vlakte** (op linkeroever) tussen Lanaken en Kinrooi varieert tussen de 300 m en 4 km en is gelegen op een hoogte van 45 m in het zuiden en 30 m in het noorden.

In de alluviale vlakte is de rivier tot voor 1880 steeds in evolutie geweest. Voor dat jaar waren de oevers onvoldoende onderhouden, terwijl ook de Maas voor die tijd een wilde rivier was, t.t.z. niet gestuwd. Door de sterke stroomsnelheden bij hoge waterafvoer erodeerden de buitenbochten in de meanders. De gemeenschappelijke Maas verplaatste zich steeds in oostelijke richting. Hierdoor vinden we nog vele oude meanders van de Maas in het westelijk gedeelte van de vallei terug (Maasmechelen, Dilsen, Maaseik, ...) (Jodogne 1974).

Vanaf de steilrand van het Kempisch Plateau zijn de grindlagen weer watervoerend. Het grondwater in de Maasgrinden wordt hier gedeeltelijk ook gevoed via de tertiaire zanden, zowel vanuit het Kempisch Plateau als vanonder uit (drukverschil, kwel) (Van Autenboer et al. 1996). Ze vormen dus, net zoals op het Kempisch Plateau één hydrogeologisch geheel.

Ten noorden van de lijn Gellik-Elsloo vormt de Formatie van Boom de basis van het eerste watervoerende pakket. Onder de Lage terrassen en de Alluviale vlakte is deze weinig doorlatende basis ten gevolge van de talrijke breuken echter zeer onregelmatig. De dikte van het eerste watervoerende pakket neemt, net als op het Kempisch Plateau eveneens toe in noordelijke richting. Ten zuiden van Eisden is ze slechts beperkt tot een 5-10 m, ten noorden van Eisden tot aan de Feldbissbreuk kan ze door de opeenvolgende verzakkingen een dikte bereiken van meer dan 200 m (De Smedt 1977, Loy 1980, De Smedt & Loy 1986).

Aan de voet van de steilrand wordt het grondwater aangeboord op 5 à 10 m onder het maaiveld, uitgezonderd in de depressie van de Ziepebeek. Onder de lager gelegen gebieden (Alluviale vlakte, Lage terrassen) ligt het freatische grondwater op 1 tot 5 m diepte afhankelijk van plaats en seizoen. Langs de terrasranden treedt op verschillende plaatsen kwel op. De isohypsen lopen ongeveer parallel zuid-noord, doch met een duidelijke ombuiging naar de Maasbedding tussen Lanaken en Maasmechelen. Ter hoogte van Eisden – Leut bedraagt het waterverhang naar de Maas minder dan 0,2 % (De Smedt 1977; Loy 1980, De Smedt & Loy 1986).

3.2.1.3 Roerdalslenk

Ten noorden van het breukensysteem vinden we de overige helft van de lage terrassen en alluviale vlakte, samen met de vlakte van Bocholt.

De **vlakte van Bocholt** strekt zich uit ten noorden van de Feldbissbreuk tussen Neeroeteren, Bree en Bocholt. Het is in wezen een tektonisch verzakt gedeelte van het Kempisch Plateau en vormt een uitgestrekt dekzandgebied waaronder de terras morfologie volledig verscholen gaat. De hoogte varieert tussen 50 en 30 m (De Smedt & Loy 1986, De Smedt & Van Vaerenbergh 1991, Vandebussche et al. 2001).

Ten noorden van de Heerlerheide-breuk (omgeving Rotem) kan het goed doorlatende, alluviale grind, onder de (lemige) deklaag, een dikte van 20 tot 25 m bereiken en vormt het één (sub-)freatisch watervoerend pakket met het bovenste, zandige lid van de Kiezeloölietformatie, waarvan de dikte varieert tussen de 20 tot 90 m. De basis van het pakket wordt hier gevormd door de Brunssum I Klei (KzBrl) (Beerten 1998, Vandormael 1992 in Buffel et al. 2001).

3.2.2 Rechteroever

3.2.2.1 Plateau van Margraten

Het studiegebied bevat het noordelijke stuk van het **Plateau van Margraten**. Dit plateau is gelegen tussen Voer, Geul, Gulp en Maasvallei.

De basis van de eerste watervoerende laag wordt hier gevormd door de, naar het noordwesten wegduikende, geplooid, Paleozoïsche ondergrond. De watervoerende laag zelf wordt gevormd door de hier bovenop gelegen kalkgesteenten van de Formaties van Gulpen en Maastricht. De dikte van de kalksteencomplexen varieert van 25 m in het zuiden tot ongeveer 200 m bij de Geul. De uitgestrektheid van het Plateau (ca. 160 km²), de dikte van de aquifer en de gunstige porositeit (30-40 %) betekenen dat het plateau regionaal een belangrijk grondwaterreservoir is. Midden op het plateau bevindt het grondwater zich op een diepte tussen 30 en 60 m beneden maaiveld, waardoor de dalen op het plateau droog zijn. Langs de randen van het plateau is de dikte van de onverzadigde zone geringer. Aan de westzijde wordt de freatische aquifer gedraineerd door de maasafzettingen van het Laagterras. Van de totale hoeveelheid nuttige neerslag (ca. 50 milj. m³) wordt ongeveer 50 % door de rivieren gedraineerd. Ongeveer 20 % stroomt in westelijke richting af naar de Maas en ca. 30 % wordt afgevangen door een aantal pompstations die de westelijk en noordwestelijk gerichte grondwaterstroming onderscheppen (Nota & van de Weerd, 1991).

3.2.2.2 Plateau van Schimmert

Het **Plateau van Schimmert** wordt gescheiden van het Plateau van Margraten door de Geul.

Het eerste watervoerende pakket wordt hier gevormd door de quartaire maasafzettingen, die hier één hydrogeologisch geheel vormen met de onderliggende Tertiaire fijne zanden. Dit pakket is van de onderliggende kalksteenaquifer afgesloten door slecht doorlatende, Tertiaire lagen (Formatie van Ruppel). Door de aanwezigheid van de fijnkorrelige Tertiaire afzettingen die over een groot gedeelte van het Plateau voorkomen, wordt een belangrijk gedeelte van de nuttige neerslag (70 %) via een netwerk van beken als oppervlaktewater afgevoerd naar de Geul, Maas en de noordelijk gelegen Geleenbeek. De resterende 30 % stroomt ondergronds af naar de Maas. Door de geringere laagdikte van het bovenste watervoerende pakket is de reservoirfunctie van het Plateau minder uitgesproken dan die van het Plateau van Margraten. De grondwaterspiegel ligt in het algemeen op geringere diepte (0-20 m).

Het water in de onderliggende kalksteenaquifer wordt voor een groot deel door enkele pompstations afgevangen. De rest van het water stroomt op grote diepte onder de Maas door in westelijke richting (Nota & van de Weerd, 1991).

3.2.2.3 Gebied van Heksenberg

Het deelgebied tussen Beek en Sittard vertoont landschappelijk veel gelijkenis met het Plateau van Schimmert, maar verschilt er echter van door een minder vertakt systeem van oppervlakkige drainage en door het voorkomen van meerdere breuken in de ondergrond. De noordgrens wordt gevormd door de Feldbissbreuk.

De ondergrond is gekenmerkt door het overwegend voorkomen van de zilverwitte, kleiarne zanden (met tussengeschakelde bruinkoollagen) van de Formatie van Heksenberg. Een groot deel van de neerslag wordt ondergronds geborgen in deze matig doorlatende zanden en de grondwaterstroming is voornamelijk naar het noordwesten (Nota & van de Weerd, 1991).

3.2.2.4 Roerdalslenk

Het deelgebied van de Roerdalslenk, tussen Sittard/Born en Maasbracht, ligt landschappelijk op een duidelijk lager niveau. Het reliëf is hier veel minder uitgesproken dan in de zuidelijk van de Feldbissbreuk gelegen gebieden. In dit deelgebied spelen de Tertiaire afzettingen, door hun ligging op grotere diepte in de slenk, geen noemenswaardige rol bij de ondergrondse voeding van de Maas. Het eerste watervoerende pakket, gevormd door de Quartaire afzettingen van Maas en Rijn (zanden & grinden) wordt, behalve door de directe neerslag op het gebied, ook gevoed vanuit het oosten. Door het geringere reliëf, de gunstige permeabiliteit en de relatief kleine drainagedichtheid bestaan in dit deelgebied goede mogelijkheden voor ondergrondse berging en toestroming naar de Maasvallei (Nota & van de Weerd, 1991).

3.3 Zijrivieren

Zowel aan de linker- als rechteroever monden verschillende zijrivieren uit in de Gemeenschappelijke Maas. Afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden worden ze, in mindere of meerdere mate, gevoed door grondwater. De meeste verliezen echter, tijdens droogteperiodes, water naar de ondergrond in de benedenloop. Door verlaging van de grondwaterstand tijdens droge periodes neemt deze infiltratie toe en wordt de kans groter dat de waterloop in de zomer droogvalt voordat ze de Maas bereikt (DHN & Royal Haskoning 2003).

Gedurende droogteperiodes neemt de invloed van lozingen en onttrekkingen op het regime van waterlopen geleidelijk aan toe. Slechts enkele van deze invloeden worden in onderstaande opsomming meegenomen. Daarbij wordt telkens de positie van de monding van deze waterlopen weergegeven t.o.v. het referentiepunt bij km 0, dat gelegen is t.h.v. Eysden, het uiterste zuiden van de Nederlandse provincie Limburg. Een overzicht van de waterlopen wordt gegeven in kaart 4.

3.3.1 Linkeroever

Overlaat van Bosscherveld (km 16.6)

De overlaat van Bosscherveld is niet echt een zijrivier, maar een afleiding van het begin van de Zuid-Willemsvaart naar de Gemeenschappelijke Maas. De toevoer via deze overlaat is afhankelijk van de waterstand op het stuwpand Borgharen.

Ziepbeek (km 31.3)

De Ziepbeek of Zijpbeek wordt gevoed door verschillende bronnen die gelegen zijn in het natuurgebied 'Vallei van de Ziepbeek', op de rand van het Kempisch plateau. Het merendeel van de waterloop is gekanaliseerd en heeft een gemiddelde diepte van 1,5 m t.o.v. het maaiveld en een breedte die varieert tussen 2 meter op de bodem en 3 meter ter hoogte van het maaiveld (WL, ENVICO & ADINCO 1998). Te Boorseem stroomt ze onder de Zuid-Willemsvaart door vooraleer uit te monden in de Maas. De vallei van de Ziepbeek staat gedurende de zomer grotendeels droog (Loy 1980). De rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) van Lanaken loost echter op deze waterloop, waardoor er toch een minimum aan water via de monding in de Maas terechtkomt.

De bovenloop van de Ziepbeek is een onbevaarbare waterloop van 3de categorie. Na de samenvloeiing met de Heiwickbeek wordt het één van 2de categorie. Het beheer ervan ligt dus bij de gemeente Lanaken en de provincie Limburg (VHA 2000).

Kikbeek (km 32.7)

De Kikbeek ontspringt ter hoogte van de zandwinningsplas die zich ten westen van Opgrimbie en ten zuiden van de A2 bevindt. De dimensies van de bedding wisselen, maar de beekbodem bevindt zich steeds op een minimale diepte van 1 meter t.o.v. het maaiveld en de bedding heeft een minimale breedte van 2 meter. Ter hoogte van Opgrimbie is de beek over een afstand van 1 km volledig ingebuisd in buizen van ongeveer 1 m diameter. Stroomafwaarts Opgrimbie wordt de Kikbeek vervoegd door de ongeveer even grote Wiemerbeek (ook wel Groenstraatbeek genoemd). Eens de beek onder de N78 is doorgestaan, is ze volledig ingedamd. De beekbodem bevindt zich zowat 2,5 meter onder het maaiveld en bovenaan bereikt de bedding een breedte van 4 à 5 meter.

Net voordat de Kikbeek onder de Zuid-Willemsvaart doorgaat loost het RWZI van Maasmechelen op de beek. Dit zuiveringsstation zou tegen 2004 worden afgesloten. Het rioolwater van de stad Maasmechelen zou dan via een regenopvangbekken van zo'n 5000 m³ met behulp van een persleiding naar het RWZI van Eisden gepompt worden.

Ter hoogte van de plaats waar de Kikbeek onder de Zuid-Willemsvaart doorgaat, doet de dijk van de Zuid-Willemsvaart tevens dienst als Maasdijk. Daar is aan de Kikbeek een afsluitconstructie tegen de instroom van Maaswater (WL, ENVICO & ADINCO 1998). Mogelijks is er lokaal sprake van kwel of wegzijging in de Kikbeek door recente werken: vanaf de Zuid-Willemsvaart werd de bedding uitgegraven tot op de grindlaag.

De bovenloop van de Kikbeek is een onbevaarbare waterloop van 3de categorie. Van zodra ze het zandwinningsgebied verlaat wordt het één van 2de categorie. Het beheer ligt dus bij de gemeente Maasmechelen en de provincie Limburg (VHA 200).

Langbroeksbeek (km 35.0)

De loop van de Langbroeksbeek is door de jaren heen ingrijpend gewijzigd. Verschillende landbouwers stortten ze vol met aarde en breidden zo hun akkers uit. Ook in weilanden is ze grotendeels dichtgetrapt, zodat de depressie nog amper te onderscheiden valt. Ter hoogte van de grindwinningsplas te Mazenhoven (De Greenden – Maasbeemden) bevinden zich de restanten van een oude Maasarm waarin de Langbroeksbeek uitmondde. Deze arm staat niet meer in verbinding met de Maas, waardoor deze beek niet langer uitmondt in de Maas. Het RWZI van Eisden loost hier zijn effluent in de beek. Dit is momenteel de enige voeding van de beek.

De Langbroeksbeek is een onbevaarbare waterloop van 3de categorie en wordt dus beheerd door de gemeente Maasmechelen (VHA 2000).

Rachelsbeek/Genootsbeek (km 42.6)

De Genootsbeek is een waterloop die in de Rachelsbeek uitmondt. Ze loopt tussen Meeswijk en Stokkem, maar de oorspronkelijke stromingsrichting (noordwaarts) is gewijzigd omwille van de mijnverzakkingen. Deze verzakkingen hebben het lengteprofiel van de Genootsbeek grondig gewijzigd waardoor het water ten noorden van Meeswijk in zuidelijke richting stroomt en dat ten zuiden van Meeswijk noordwaarts. Om deze reden werd door de N.V. Mijnschade het pompstation "Meeswijk" geïnstalleerd waarmee het overtollige water naar de Maas wordt gepompt.

Ten zuiden van Stokkem is de bedding van de Genootsbeek sterk gedegradeerd. Ze is geïntegreerd in het gazon van de villa's langs de N472 of werd volgestort met plantaardig afval en aarde. De beek is niet watervoerend tot zowat 300 m ten noorden van de winning van Meeswijk. De depressie waarin de beek bij overstromingen gevormd wordt, valt globaal te onderscheiden maar is heel heterogeen van vorm (plaatselijke wielen en andere depressies, zones waar opgehoogde wandelwegen zich doorheen het traject bevinden, ...) (WL, ENVICO & ADINCO 1998).

De Genootsbeek mondt t.h.v. Stokkem uit in de Rachelsbeek. Deze strekt zich uit van de verkaveling 'Veeweide' (ten westen van Meeswijk) tot de dorpskern van Stokkem. Ter hoogte van de verkaveling komt het water uit de beek met een behoorlijke stroomsnelheid te voorschijn uit buizen die zich ten zuiden van deze zone bevinden. Dit water krijgt snel een stilstaand karakter om dan 500 meter stroomafwaarts van Veeweide over te gaan in een drassige zone. Meer stroomafwaarts raakt men het spoor van de bedding helemaal bijster. Ter hoogte van Stokkem verschijnt ze weer, zonder evenwel watervoerend te zijn. De bedding is er zeer ondiep, een halve meter, en bereikt maximaal een breedte van 2 meter. Ook hier annexeerden de bewoners de depressies voor uitbreiding van hun tuin. De Rachelsbeek mondt uit in een oude maasarm, t.h.v. het gebied Negenoord, die echter niet meer uitmondt in de Maas.

De Rachelsbeek is een onbevaarbare waterloop van 2de categorie en wordt dus beheerd door de provincie Limburg (VHA 2000).

Vrietselbeek (km 43.2)

De Vrietselbeek stroomt, net als de overige beken in het studiegebied, hoofdzakelijk in noordoostelijke richting. Ze is van haar 'bron' tot haar monding in de oude Maasarm ter plaatse van het gehucht Kommel (Stokkem) ongeveer 4 km lang. De beek ontspringt ter plaatse van het Grevenmeer ten zuiden van Lanklaar. De beek is over haar gehele lengte ingedamd. Gemiddeld bevindt de bodem zich 1,5 meter onder het maaiveld. Bovenaan is ze 3 à 4 meter breed, op de bodem bedraagt de breedte ongeveer 2 meter (WL, ENVICO & ADINCO 1998). De Vrietselbeek ligt eveneens in het mijnverzakingsgebied waardoor er ook een pompstation (Greven) in de buurt van haar bron werd geplaatst. Het gedeelte van het water dat niet meer gravitair naar de Maas kan afstromen wordt door deze pompinstallatie overgepompt naar de Zuid-Willemsvaart.

De Vrietselbeek is enkel nog in de winter watervoerend, in de zomer stond ze tot voor kort droog. Sinds het voorjaar van 2004 wordt ze opnieuw gevoed vanuit de Zuid-Willemsvaart.

De bovenloop van de Vrietselbeek is een onbevaarbare waterloop van 3de categorie. Nadat ze de gemeentegrens van Maasmechelen - Dilsen heeft overgestoken wordt het één van 2de categorie. Het beheer ervan ligt dus bij de gemeente Maasmechelen en de provincie Limburg (VHA 2000).

Kogbeek (km 46.2)

De Kogbeek stroomt van Dilsen via Rotem naar Elen, waar het achter de ontgrindingszone van Meerheuvel- Bichterweert, via een kunstwerk met afsluitconstructie door de winterdijk heen stroomt om uit te monden in de Maas. Het afvalwater van het RWZI van Dilsen (Elen-Rotem) wordt op deze waterloop geloosd en wellicht binnenkort ook het afvalwater van de stad Maasmechelen (zie hoger).

De bovenloop van de Kogbeek, ook wel Sourveldbeek genaamd, is een onbevaarbare waterloop van 3de categorie. Net voordat ze onder Rotem doorstroomt wordt het één van 2de categorie. Het beheer ervan ligt dus bij de gemeente Dilsen-Stokkem en de provincie Limburg (VHA 2000).

Zanderbeek (km 51.9)

De Zanderbeek mondt via het oude haventje van Maaseik uit in de Maas. De Zanderbeek wordt deels gevoed met water van de Zuid-Willemsvaart (Loy 1980).

De bovenloop van de Zanderbeek is een onbevaarbare waterloop van 3de categorie. Een honderdtal meter na de kruising met de Schootsheiderwetering wordt ze één van 2de categorie. Het beheer ervan ligt dus bij de gemeente Dilsen-Stokkem en de provincie Limburg (VHA 2000).

Tapbeek (km 52.0)

De Tapbeek mondt uit in de Maas, net stroomafwaarts de brug van Maaseik. Het is een kleine onopvallende lozing.

De Tapbeek is een onbevaarbare waterloop van 3de categorie. Het beheer ervan ligt dus bij de gemeente Maaseik (VHA 2000).

Bosbeek (km 57.4)

De Bosbeek is een van de belangrijkste zijlopen van de Gemeenschappelijke Maas. Ze heeft haar oorsprong te As. Haar bovenloop is van de rest van de waterloop afgescheiden doordat de mijnzetel Zwartberg-Winterslag-Waterschei is verzakt (Van Autenboer, 1996). Op het Kempisch plateau ontvangt ze een achttal korte bijriviertjes, maar wordt gedeeltelijk gevoed door diffuse toestroming van grondwater. Dit laatste valt af te leiden uit het moerassige karakter van delen van het beekdal. De beek verlaat het plateau te Neeroeteren, stroomt via een duiker onder de Zuid-Willemsvaart door en ontvangt tot aan haar monding in de plas van Herenlaak te Maaseik, slechts enkele onbelangrijke bijriviertjes. Haar gemiddelde verval is 0,2% (Loy 1980).

De bovenloop van de Bosbeek is een onbevaarbare waterloop van 3de categorie. Nadat ze de gemeente As heeft verlaten wordt het één van 2de categorie. Nog verder afwaarts, aan de samenvloeiing met de Kleine beek, ten zuiden van Opglabeeek, wordt het één van 1ste categorie. Het beheer wordt uitgevoerd door de gemeente As, de provincie Limburg en Afdeling Water van de Vlaamse Gemeenschap (VHA 2000).

Abeek (km 59.5)

De Abeek ontspringt in Helchteren en stroomt via een aantal vennen in noordelijke richting naar Meeuwen, waarna ze naar het noordoosten afbuigt. Op het Kempisch plateau ontvangt ze een zestal korte bijriviertjes, maar ze wordt praktisch continu gevoed door de grondwaterlaag. Bij het verlaten van het plateau stroomt ze door de Vlakte van Bocholt. Hier verliest het beekdal haar vochtige karakter. Vervolgens stroomt ze via een duiker onder de Zuid-Willemsvaart naar de Nederlandse grens. Vanaf de Nederlandse grens stroomt de beek, soms boven grondwaterpeil, in zuid-oostelijke richting naar Ophoven (Kinrooi), waar ze in de Maas uitmondt. Op dit traject ontvangt ze alleen de Soerbeek of Zuurbeek als belangrijke voeding. Te Kinrooi wordt ze gekruist door de Ifterbeek. Op deze kruising staat een debietsregelaar, waarmee een deel van het debiet van de Abeek via de Ifterbeek kan worden afgevoerd. Het gemiddelde verval van de Abeek is 0,15% (Loy 1980).

De Abeek vormde vroeger de bovenloop van de (huidige) Lossing of Uffelse Beek (=Nederlandse benaming). Oorspronkelijk stroomde ze dus noordoostwaarts en mondde nabij het Nederlandse Roermond in de Maas uit. Door het aantakken van de Abeek op de vroegere Lossing (= afwateringskanaal naar Ophoven) is er nogal wat naamverwarring ontstaan. Dit laatste gedeelte wordt nu immers officieel ook Abeek genoemd (Van Heel & Van der Kleij 1986).

De RWZI's van Molenbeersel en Bree lozen respectievelijk rechtstreeks en onrechtstreeks, op de Abeek

De bovenloop van de Abeek is een onbevaarbare waterloop van 2de categorie. Een 500-tal meter voor de grens tussen de gemeentes Meeuwen-Gruitrode en Bocholt wordt het één van 1ste categorie. Het beheer wordt uitgevoerd door de provincie Limburg en Afdeling Water van de Vlaamse Gemeenschap (VHA 2000).

Witbeek

De Witbeek ontspringt ten noorden van de gemeente Opoeteren. Nabij de gemeente Berg vloeit ze samen met de Bosbeek, waarna ze zich onmiddellijk weer afsplitst en via een duiker onder de Zuid-Willemsvaart door loopt. Ze ontvangt een groot aantal zijlopen van 4de, 5de en 6de orde en mondt nabij Thorn (NL) uit in de Ifterbeek (Loy 1980).

De RWZI's van Kessenich en Neeroeteren lozen, respectievelijk rechtstreeks en onrechtstreeks, op de Witbeek.

Het is een onbevaarbare waterloop van 2de categorie en wordt dus beheerd door de provincie Limburg (VHA 2000).

3.3.2 Recheroever

Geul (km 22.6)

De Geul is een van de grootste zijlopen in het studiegebied en heeft een stroomgebiedoppervlakte van 38.600 ha (waarvan circa 20.000 ha in Nederland) en een lengte van 58 km (waarvan circa 40 km in Nederland). De Geul ontspringt nabij de Duits-Belgische grens en mondt nabij Bunde uit in de Gemeenschappelijke Maas. In de Geul monden een groot aantal beken uit. De Gulp is hiervan de belangrijkste (stroomgebied = 46 km²) en mondt er ter hoogte van Gulpen in uit. Andere beken zijn de Selzerbeek en Eyserbeek.

De Geul is een sterk meanderende rivier met een aanzienlijke hydrodynamiek. Het gemiddelde debiet in de Geul ligt nabij de uitmonding in de Maas, bij Meerssen, tussen de 3 en 4 m³/s. Tijdens piekafvoeren (max. tot 60 m³/s) doen zich overstromingen voor.

Het stroomgebied is geologisch gekarakteriseerd door het voorkomen van kalksteenafzettingen in de ondiepe ondergrond, afgedekt door slecht doorlatende of ondoorlatende afzettingen aan de basis. Alleen in het bovenstroomse deel van de Geul ontbreken de kalkstenen en liggen ondoorlatende gesteentes aan de oppervlakte. In het gehele stroomgebied bestaat het Quartairdek hoofdzakelijk uit löss. Door de ondoorlatende gesteentes in de bovenloop van de Geul, het meer uitgesproken reliëf van het stroomgebied t.o.v. dit van de Jeker is de bufferwerking van het stroomgebied van de Geul op jaarbasis minder uitgesproken (van Oosterom 1985). Het karakter van de afvoercurven van de Geul (locatie Meerssen) en Gulp (locatie Gulpen) duidt echter wel op relatief hoge basisafvoeren (percentages base flow tussen 60 en 80 %) (Nota & van de Weerd 1991).

Aan de plateauranden en in de dalen bevinden zich veel brongebieden. Hun aanwezigheid berust op de toestroming van grondwater over ondoorlatende klei en lemlagen. Stroomafwaarts van Meerssen raakt het Geuldal onder invloed van de Maas en waterwinningen (Vereniging Natuurmonumenten 1996).

Het beheer van de Geul behoort tot de taken van het Waterschap Roer en Overmaas.

Molenbeek (km 25.5)

Hemelbeek (km 28.3)

De Hemelbeek stroomt aan de rand van het Centraal Plateau en loopt tussen Geul en Elsloo parallel aan de Maas iets ten zuidwesten van Elsloo mondt ze uit in de Maas (RWS 1999).

Ur (km 37.2)

De Ur stroomt, evenals de Hemelbeek aan de rand van het Centraal plateau (RWS 1999).

Kingbeek (km 48.5)

De Kingbeek stroomt in het Nederlandse Gemeenschappelijke Maasdal (RWS 1999).

Geleenbeek (km 65.5)

De omvang van het stroomgebied van de Geleen- en Roode Beek inclusief zijwatergangen is 55.700 ha, waarvan een deel van het gebied in Duitsland gelegen is.

Het watersysteem kenmerkt zich door een permanent en niet-permanent watervoerend systeem. Het permanent watervoerend systeem wordt hoofdzakelijk gevoed door grondwater, bronnen, bronzones, kwelgebieden, effluentlozingen, overstorten uit het rioolstelsel en door oppervlakkige afvoer van zowel stedelijke (over)storten als landelijke gebieden bij hevige buien.

Het niet-permanent watervoerend systeem wordt hoofdzakelijk gevoed door oppervlakkige afvoer van zowel stedelijk als landelijk gebied. Op een aantal plaatsen stroomt het water af via een aantal droogdalen.

Dergelijke droogdalen, ook wel 'grubben' genoemd, manifesteren zich meestal niet als duidelijke waterlossing, omdat ze overwegend droog staan. De hydrologische condities in het dal van de Roode Beek zijn sterk verstoord door ontwatering, waterwinningen en de (voormalige) mijnbouwactiviteiten en kleigroeves in het waterherkomstgebied. Hierdoor is de afstroming van grondwater naar het dal afgenomen (RWS 1999).

3.4 Onttrekkingen en lozingen

Onder normale omstandigheden en bij hoogwater is de invloed van onttrekkingen en lozingen op de waterstanden en debieten verwaarloosbaar. Gedurende een langdurige droogte winnen zij aan belang. Zo neemt bijvoorbeeld het drinkwatergebruik gevoelig toe en worden er door landbouwers pompen (grond- of oppervlaktewater) bijgezet om de droogteschade zoveel mogelijk te beperken. Aan de andere kant blijven RWZI's en bedrijven hun afvalwater lozen terwijl de afvoer in de rivier en zijrivieren gevoelig daalt.

3.4.1 Onttrekkingen

Grondwater

In het studiegebied zijn er 15 grondwateronttrekkingen ten behoeve van de drinkwatervoorziening, waarvan 10 aan Nederlandse en 5 aan Vlaamse zijde. De Nederlandse winningen worden geëxploiteerd door de Waterleidingmaatschappij Limburg (W.M.L.) en deze van Vlaanderen door de Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening (V.M.W.).

Voor deze studie zijn enkel de winningen uit het eerste watervoerende pakket van belang. Hierbij wordt uitgegaan van de theoretische vereenvoudiging dat winningen uit dieper gelegen aquifers geen invloed uitoefenen op het eerste watervoerende pakket doordat de ondoorlatende laag tussen beide aquifers voldoende sluitend is om geen uitwisseling van grondwater te doen plaatsvinden.

De waterstanden en debieten van de Maas kunnen dus enkel invloed ondervinden van de winningen **De Tombe, & IJzeren Kuilen** in de Alluviale vlakte voor het Plateau van Margraten, **Borgharen, Eisden & Meeswijk** in de Alluviale vlakte en de oevergrondwaterwinning van **Roosteren**. Bij deze laatste is circa 10% van het water afkomstig van de Maas; de rest is grondwater, dat anders de Maas zou voeden. De winning Itteren-Borgharen levert momenteel voor een deel het drinkwater in Maastricht. Het provinciaal beleid is er echter op gericht deze winning op termijn te sluiten (DHN & Royal Haskoning 2003).

Als gevolg van de mijnverzakkingen is het maaiveld in de voormalige mijnzetels beneden het grondwaterniveau gedaald. Gezien de nabijheid van dorpskernen zijn daarom door de N.V. Mijnschade pompstations ingericht om de grondwaterstand in deze gebieden beneden een veilig niveau onder het maaiveld te houden. Door de V.M.W. is een deel van de gevraagde ontwateringscapaciteit ter plaatse van de mijnverzakkingsgebieden overgenomen door de plaatsing van drinkwaterwinningen (Eisden en Meeswijk).

Het pompstation “**Leut**” is voorzien van een ondergrondse drainagebuis waarin het water gravitair afgevoerd wordt naar een pompstation dat het water via een persleiding naar de Maas verpompt.

Het pompstation “**Greven**” is gelegen aan de Vrietselbeek, dichtbij de winning Eisden van de V.M.W. Door de mijnverzakkingen is de afvoerrichting over een gedeelte van de Vrietselbeek gewijzigd. In de beek is een ‘knikpunt’ ontstaan dat op het laagste punt van de beek is gelegen. Het pompstation, gelegen op dit knikpunt, voert het overtollig water af uit de Vrietselbeek en pompt dit over naar de Zuid-Willemsvaart.

Het pompstation “**Meeswijk**” voert het overtollige water uit de Genootsbeek af. Net zoals bij de Vrietselbeek is door de mijnverzakkingen een knik ontstaan in de Genootsbeek en is de afvoerrichting over een gedeelte van de waterloop gewijzigd. Het pompstation is op het diepste punt van de Genootsbeek geplaatst. Dit bevindt zich in de onmiddellijke omgeving van de winningsputten van de V.M.W. te Meeswijk. In tegenstelling tot het pompstation “Greven” voert het pompstation Genootsbeek tijdens droge periodes en lage Maaswaterstanden geen water meer af.

Het pompstation “**Eisden-Tuinwijk**” dient enkel om bij wateroverlast, ten gevolge van overstort, het overtollige water naar de Zuid-Willemsvaart over te pompen. Tijdens droge periodes wordt hier dus geen gebruik van gemaakt (WL, ENVICO & ADINCO 1998).

De fluctuaties van de hoeveelheid opgepompt grondwater zijn grotendeels het gevolg van de fluctuerende Maaswaterstanden die tot ver in de maasvlakte de grondwaterfluctuaties bepalen (WL, ENVICO & ADINCO, 1998).

In het studiegebied bevinden zich eveneens een aantal belangrijke grondwaterwinningen van industrie:

- Scana Noliko in Bree (vergund debiet 1,5 milj. m³/jaar)
- Martens Brouwerij in Bocholt (vergund debiet 0,8 milj. m³/jaar)
- KNP in Meerssen (circa 1 milj. m³/jaar in 2000) (niet op kaart)
- Verenigde glasfabrieken (circa 0,86 milj. m³/jaar in 2000) (niet op kaart)

De eerste 2 winningen bevinden zich in het eerste watervoerende pakket, van de overige werden geen gegevens ter beschikking gesteld.

Een overzicht van deze gegevens is te vinden in Tabel 2 en op kaart 5.

Wanneer we de debieten afgeleid uit het eerste watervoerende pakket sommeren, komen we aan een totaal van ca. 2 m³/s dat hieraan wordt onttrokken. Een deel van dit water gaat, via de drinkwatermaatschappijen, over de bekkengrenzen heen en komt niet meer ten goede aan het Gemeenschappelijke Maassysteem.

Oppervlaktewater - Maas

Aan Vlaamse zijde is het merendeel van de onttrekkingen verbonden aan het centraal bevoeiingsysteem van de cvba CIRO. Dit distributiebedrijf onttrekt water aan de Maas in de voormalige grindwinningsplas van “De Spaanjerd” te Kinrooi en verdeelt via een leidingnetwerk het water over de verschillende landbouwers. Het aantal landbouwers dat jaarlijks van deze diensten gebruik maakt varieert tussen de 55 en 65. Buiten deze “grote” post zijn er nog enkele particulieren in Maasmechelen en Maaseik, die water rechtstreeks onttrekken aan de Maas. Hiervan zijn echter geen gegevens beschikbaar.

De onttrekkingen aan Nederlandse zijde werden door RWS, directie Limburg gescheiden in onttrekkingen voor industrie en landbouw a.d.h.v. de afgegeven vergunningen. Administratief zijn deze twee typen vergunningen echter niet gescheiden. Daarom werd als inschatting van de capaciteit aan industriële onttrekkingen aangenomen dat dit alle onttrekkingen betreft groter dan 0,05 m³/s. De overige onttrekkingen werden als onttrekkingen voor de landbouw geklasseerd. De werkelijke dagelijkse onttrekkingen werden geschat op 75% van de in de vergunningen opgenomen hoeveelheid.

Een overzicht van deze gegevens is te vinden in Tabel 2.

Oppervlaktewater - Zijrivieren

Debieten en waterstanden van kleinere waterlopen zijn veel gevoeliger aan onttrekkingen (en lozingen) dan deze van rivieren zoals de Maas. Vaak worden tijdens droogteperiodes mobiele pompstati

ons in de waterloop gezet en kleine dammetjes gebouwd om voldoende water te kunnen onttrekken. De debieten die worden gemeten op de kleine waterlopen zijn dus steeds een grove benadering aangezien niet geweten is of er stroomopwaarts op het moment van de meting water wordt onttrokken en hoeveel.

Tijdens periodes van watertekorten wordt de invloed van watermolens eveneens belangrijk, aangezien opstuwing aan de molen voor een waterstandverhoging kan zorgen nabij de meetpost. Hierdoor zou de Qh-relatie ter plaatse niet meer opgaan.

3.4.2 Lozingen

Industrieel afvalwater

Lozing DSM

Tussen de Hemelbeek en de Ur loost een chemisch concern hier direct op de Maas. Het concern onttrekt water aan het Julianakanaal. De lozing bedraagt ongeveer 1 m³/s.

Het chemisch concern loost afvalwater dat nikkel en totaal stikstof bevat. Bij een lage Maasafvoer, wanneer het effect van de lozing het grootst is, was in 1996 de procentuele verhoging als gevolg van de lozing 50 tot 100% in geval van nikkel, en circa 25% in geval van totaal stikstof. De nikkellozing vergrootte het aantal dagen waarop de concentratie nikkel in de Gemeenschappelijke Maas de MTR-waarde overschreed. Voor totaal stikstof werd de MTR-waarde reeds voor het lozingspunt gedurende het hele zomerhalfjaar van 1996 overschreden (ongeveer met een factor 2). In het milieubedrijfsplan van dit concern is een sanering van de nikkellozing in het vooruitzicht gesteld. Het bedrijf treft maatregelen ter reductie van de stikstofvracht wanneer in de Maas bij Eysden niet meer kan worden voldaan aan de normen.

De overige industriële lozingen zitten vervat in de lozingen van de RWZI's

Huishoudelijk afvalwater - RWZI's

De lozingsgegevens van de RWZI's, opgesomd in Tabel 3, zijn afkomstig van VMM en werden bepaald a.d.h.v. een vaste hoeveelheid afvalwater/inwoner (112 l/dag/inwoner) in combinatie met de meetgegevens van industriële lozingen, welke verplicht zijn via de lozingsvergunningen.

Deze meetgegevens werden omgerekend naar debieten in m³/s om een vergelijking mogelijk te maken met de debietmetingen op de zijrivieren. Er dient benadrukt dat het hier slechts gaat om een benadering. De lozingen van industrieel en huishoudelijk afvalwater vertonen immers fluctuaties tijdens het verloop van de dag. Het geeft enkel een beeld van de grootte-orde en mag dus niet als absolute waarheid worden aanzien!

Uit de vergelijking van berekende debieten met gemeten debieten blijkt dat de debieten van een aantal van de ontvangende waterlopen (bv. Kogbeek en Ziepbeek) voor het overgrote deel bestaan uit RWZI-effluent water.

Een overzicht van deze gegevens is te vinden op kaart 6.

3.5 Grondwatervoeding naar de Maas in droge perioden

Naar aanleiding van het streven van Rijkswaterstaat om tijdens droge perioden een minimale afvoer van 10 m³/s in de Gemeenschappelijke Maas te handhaven werd aan IWACO de opdracht gegeven een onderzoek uit te voeren naar de grondwatervoeding naar de Maas voor droogteperioden met een onderschrijdingskans van 50 % (droogte gedurende een zomer die qua neerslag en verdamping gemiddeld is), 10 % (de droogte die gemiddeld eens in de tien jaar voorkomt) en 2 % (droogte die gemiddeld eens in de 50 jaar voorkomt).

Voor deze studie werd gebruik gemaakt van 2 bestaande regionale grondwatermodellen die het ganze traject van de Maas tussen Eysden en Belfeld dekken. Om een goed inzicht te verkrijgen in de grondwatervoeding naar de Maas werden voor het Maastraject tussen Eysden en Belfeld een 14-tal trajecten onderscheiden. Dit zijn niet alleen trajecten van de Maas, maar ook delen van zijrivieren, die uitkomen in de Maas (en dit zowel voor linker- als voor rechteroever). Omdat de verblijftijd van het water

in de zijrivieren slechts enkele dagen bedraagt, is ook de grondwatervoeding naar deze zijrivieren van belang voor de voeding van de Maas tijdens droge perioden (IWACO 2000).

Vertrekkende van gemiddelde grondwaterstanden (uitgaande van een jaargemiddeld neerslagoverschot en gemiddelde Maaswaterstanden bij 250 m³/s) werd per traject het uitputtingsverloop van het grondwatersysteem berekend voor een periode van 36 decaden (1 decade = 10 dagen) zonder neerslagoverschot. Voor wat betreft de Maaswaterstanden bij dit uitputtingsverloop is de verhanglijn gekozen die hoort bij de 'kritische' Maasafvoer van 10 m³/s. Een uittreksel van dit verloop voor de, in deze studie relevante trajecten, is te vinden in Tabel 4. Daaruit blijkt dat de rechtstreekse grondwatervoeding voor het Gemeenschappelijke Maastraject (d.i. van Borgharen tot Maasbracht, zonder de bijdrages van de zijrivieren) voor gemiddelde grondwaterstanden een 7,3 m³/s bedraagt. Na één jaar zonder grondwateraanvulling (= decade 36) is dit nog steeds 2,8 m³/s.

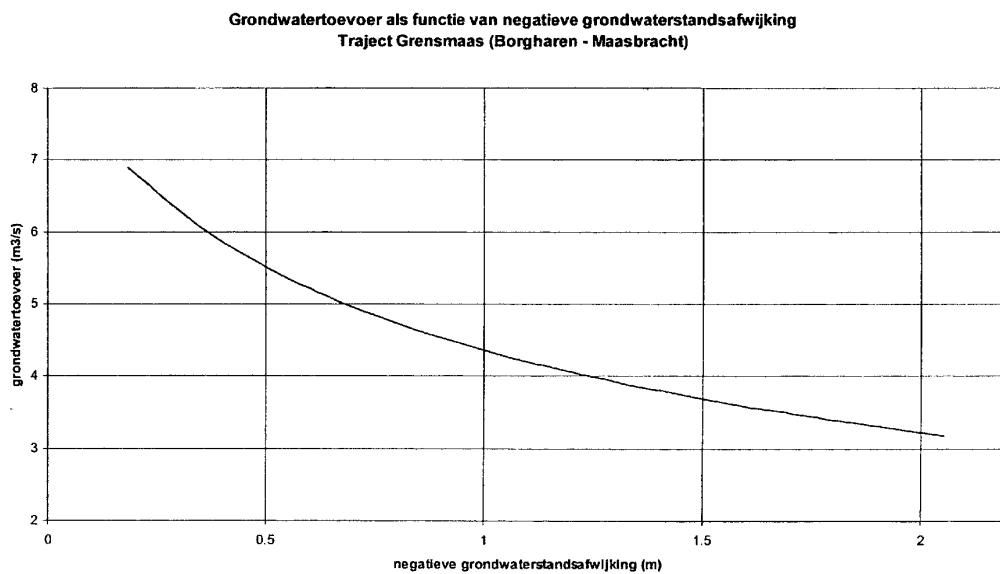
Uit deze eerste berekeningen bleek o.a. dat de grondwatervoeding vanuit de kalksteenplateaus van Schimmert en Margraten een ondergeschikte rol spelen in de grondwatervoeding naar de Gemeenschappelijke Maas en dat het grootste deel van de grondwatervoeding afkomstig is van de grindafzettingen in het Maasdal zelf. Op de plateaus infiltreert immers slechts een klein deel van het neerslagoverschot tot in de kalksteenpakketten. Het merendeel van de neerslag komt in de vorm van oppervlakkige afvoer en interflow relatief snel in de beken en grindpakketten van de alluviale vlakke te recht.

Om gedurende droogteperiodes een inschatting te kunnen maken van de grondwatervoeding naar de Maas werd in eerste instantie getracht een correlatie te vinden tussen de berekende grondwatervoeding en de 'ernstigheid' van een droogteperiode (50%, 10% en 2% onderschrijdingskans). De selectie van representatieve droogteperiodes heeft plaatsgevonden aan de hand van het 'maximale doorlopend potentiële neerslagtekort'. Het doorlopend potentiële neerslagtekort wordt door het KNMI als maat gehanteerd voor de droogte in de zomer en is gedefinieerd als het verschil dat in het zomerhalfjaar optreedt tussen verdamping boven kort gras (de 'potentiële verdamping') en de neerslag, iedere keer geaccumuleerd vanaf het voorgaande tijdvak in het zomerhalfjaar met een vochtverzadigde bodem. De maximale waarde van het tekort is een maat voor de droogte-stress die het milieu heeft ondergaan. Uit een reeks met het maximale doorlopend potentiële neerslagtekort voor de Bilt voor de jaren 1911 t/m 1998 zijn 5 droge jaren geselecteerd. Voor deze droge jaren werden in enkele representatieve grondwaterstand meetreeksen de maximale negatieve grondwaterstandafwijkingen ten opzichte van de langjarig gemiddelde gemeten grondwaterstand geselecteerd. Uit de vergelijking van deze grondwaterstanden met de berekende grondwaterstanden werd nagegaan welke decade uit het uitputtingsverloop hier mee representatief is voor het betreffende droogtejaar.

De benadering bleek geen goede correlatie op te leveren aangezien de modelberekeningen (en de KNMI-indicator) geen rekening houden met de droogtegraad van de aan het jaar voorafgaande periode (zowel de winter als de zomer ervoor). Daarom werd een aanvullende analyse uitgevoerd op de modelresultaten. Door voor de verschillende trajecten het verband te bepalen tussen de gemiddelde grondwaterstanddaling en de grondwatertoevoer naar de Maas kan voor een bepaalde laagwaterperiode de grondwatertoevoer geschat worden. Hiertoe moet eerst voor het 'intrekgebied' een schatting worden gemaakt van de afwijking van de grondwaterstanden ten opzichte van de gemiddelde grondwaterstand. Vervolgens kan dan via deze correlaties de verwachte grondwatertoevoer worden berekend. In figuur 3 wordt dit verband weergegeven voor het Maastraject tussen de stuw van Borgharen en Maasbracht. De peilput 61FP0239 (in beheer van NITG-TNO) werd voor dit gebied als referentie geselecteerd.

Zo werd berekend dat bij een grondwaterstanddaling van circa 1 meter in het beïnvloedingsgebied van de Gemeenschappelijke Maas nog steeds een grondwatertoevoer van circa 4,3 m³/s bestaat.

Deze getallen zijn bepaald met behulp van regionale grondwatermodellen, waarin onzekerheden zitten m.b.t. berekende grondwaterstanden en fluxen. De berekende grondwatervoeding dient dus met de nodige voorzichtigheid, en zeker niet als absoluut getal, te worden geïnterpreteerd (IWACO 2000).



Figuur 3 – Verband tussen de negatieve grondwaterstandsafwijking en grondwatertoevoer voor het traject Grensmaas (stuw Borgharen – Maasbracht) (uit IWACO 2000)

4 METINGEN

4.1 Vaste debiet- en waterstandmeetstations

In Tabel 5 vindt u een overzicht van de verschillende vaste meetstations met vermelding van de geografische coördinaten, gebruikte meetmethodes en meetfrequenties. Op kaart 7 vindt u de locatie van deze stations.

Opmerkingen bij meetposten Gemeenschappelijke Maas

Voor de Vlaamse meetposten zijn enkel uurwaardes beschikbaar. Voor het evalueren van de ADCP-metingen waren deze reeksen niet gedetailleerd genoeg en werd er dus geen gebruik van gemaakt.

De meetposten Maaseik en Stevensweert ondervinden bij lage waterstanden een invloed van de stuw te Linne. Het Qh-verband van Maaseik wordt daardoor vanaf een bepaald debiet niet meer bruikbaar. Vanaf welk debiet dit juist gebeurt, is niet met zekerheid geweten. De gegevens van Maaseik moeten dus met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

Opmerkingen bij meetposten zijrivieren

Het debiet dat over de overlaat van Bosscherveld stroomt wordt berekend a.d.h.v. een Qh-relatie die gebaseerd is op de waterstand Borgharen-Julianakanaal.

De kruin van de overlaat heeft een hoogte van 44.05 m NAP. In de overlaat zelf is een duiker aangebracht om het gebied stroomafwaarts van de overlaat bij een waterstand ≤ 44.05 m NAP toch van water te voorzien. De capaciteit van deze duiker wordt geschat op ca. 0,5 m³/s. Deze waarde is in de Qh-relatie opgenomen.

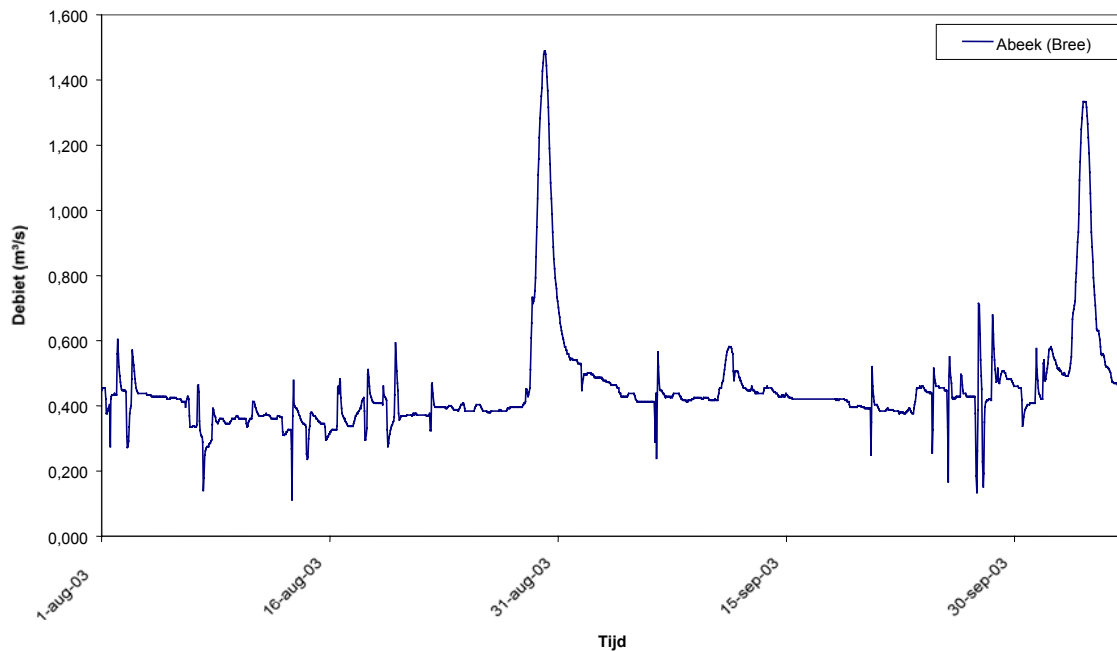
Het debiet van de Bosbeek wordt mogelijks beïnvloed door de opstuwning van watermolens.

Het debiet van de Abeek wordt sterk beïnvloed door onttrekkingen. Tijdens een terreinbezoek bood de gelegenheid zich aan om de capaciteitsgegevens van een beregeningsinstallatie te bekijken. Een grasmatt-teler beregende zijn grasmatten met 2 installaties, elk met een capaciteit van 40 m³/u. Het debiet van de Abeek (Bree) schommelde op dat ogenblik rond de 0,4 m³/s. Het onttrokken debiet voor de berekening komt dus neer op een goede 5% van het debiet van de Abeek.

Aan de meetpost te Bree doet zich een gelijkaardige situatie voor. De dompelpomp van de perceelseigenaar werd hier vastgehecht aan de buis van de limnigraaf zelf. De grote schommelingen in waterpeil (via het Qh-verband geeft dit een tijdelijk verschil van 0,3 m³/s) die hier te zien zijn (zie fig. 4) worden veroorzaakt door deze onttrekking. Daardoor is het debiet van deze meetpost, tijdens droge periodes, weinig betrouwbaar en dient het gebruik van deze meetreeks voor laagwaterstudies kritisch te worden benaderd.

Bovendien geeft de meetpost te Bree een vertekend beeld van de voeding naar de Maas doordat ze stroomopwaarts gelegen is van de debietregelaar op de kruising met de Itterbeek. Dit regelwerk leidt een gedeelte van het debiet van de Abeek af via de Itterbeek naar Nederland.

De meetgegevens van het meetpunt op de Geleenbeek bij Roosteren zijn door de begroeiing in de zomer niet juist. Daarom werden door het Waterschap Roer & Overmaas de afvoeren bepaald aan de hand van de andere meetstations op de Geleenbeek (Nieuwstadt, Susteren & Millen, exclusief het effluent van Susteren).



Figuur 4 - Debietfluctuaties aan de afvoermeterpost van de Abeek te Bree

4.2 Metingen zomer 2003

Gedurende 3 dagen (19-21 augustus 2003) werden met behulp van een ADCP debietmetingen uitgevoerd op de Gemeenschappelijke Maas. De verschillende meetlocaties werden zodanig gekozen dat het tussenliggende traject slechts door 1 oppervlaktewaterstroom (zijrivieren of lozingen) werd beïnvloed. Debietmetingen van de zijrivieren werden uitgevoerd op 19 en 22 augustus.

Een overzicht van de meetlocaties is te vinden op kaart 8 en de foto's in Bijlagen A en B.

4.2.1 Metingen Gemeenschappelijke Maas

ADCP

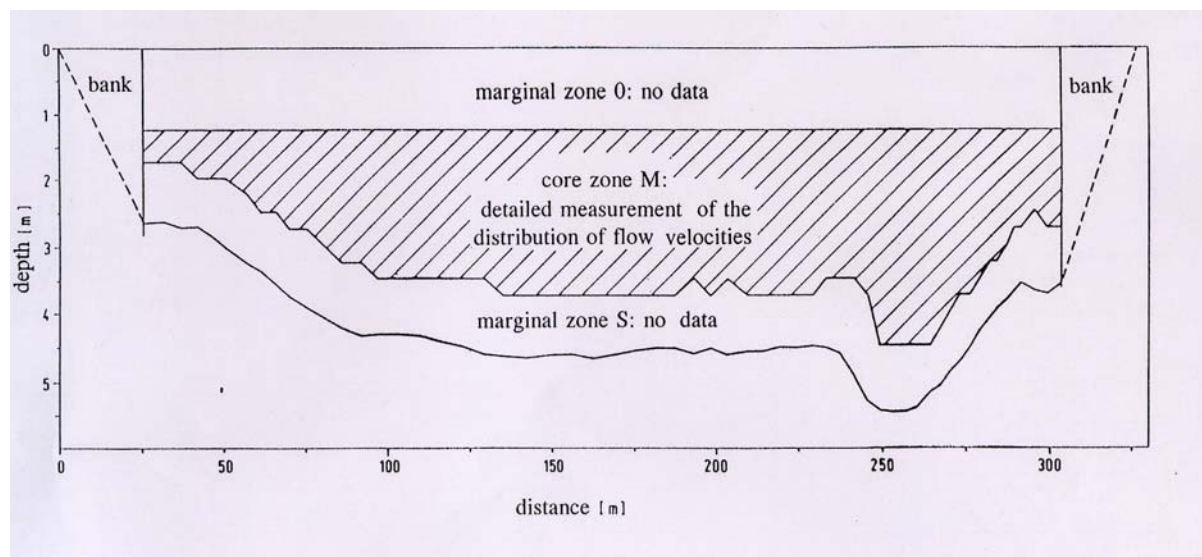
De laagwatermetingen op de Gemeenschappelijke Maas zijn uitgevoerd met een Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) gemonteerd in een trimaran-behuizing.

Het geheel was welwillend uitgeleend door de BfG (Bundesanstalt für Gewässerkunde) te Koblenz.

ADCP werkt met geluid en het doppler effect. Het systeem bestaat uit 4 bundels in een hoek van 20 graden met de naar beneden gerichte loodrechte as van het apparaat. Het geluid kaatst terug op in het water zwevende deeltjes en op de bodem. Uit het tijdsverschil en de oriëntatie t.o.v. de bodem wordt de snelheid van het water en de richting bepaald.

In dit geval werd een speciale versie voor laagwater ingezet de z.g. Zedhed 1200 kHz.

Het meetplatform, in dit geval de trimaran wordt over de dwarsdoorsnede van de rivier verplaatst en meet zo de snelheden en richtingen, in de vooraf ingestelde intervallen (de z.g. cellen). Bij het afsluiten van de meting aan de andere oever worden alle gemeten cellen bij elkaar opgeteld en zo ontstaat het gemeten gedeelte van het profiel. Naast het gemeten gedeelte van het profiel wordt er ook nog een gedeelte van het profiel, waar niet gemeten kan worden geïnterpoleerd (zie fig. 5).



Figuur 5 - Voorstelling van de door de ADCP gemeten en berekende gedeeltes van het profiel

Dit is aan de bovenzijde, de afstand van de waterspiegel tot de kop van de ADCP (de insteekdiepte). Hierbij wordt een waarde opgeteld genoemd de "blank after transmit". Dit is een gedeelte waar de zendpuls vertrekt en de retourpuls binnenkomt. Deze beïnvloeden elkaar, waardoor het in dit gebied akoestisch te onrustig is om een goede meetwaarde te genereren.

Aan de bodem, in een zone met een hoogte gelijk aan 6% van de diepte, worden eveneens berekeningen gebruikt. Oorzaak hiervan is de hoek waaronder de bundels de bodem raken, waardoor de zijlobben de bodem eerder zouden raken dan de hoofdbundel.

Tevens wordt aan de beide oevers bij het starten en stoppen van de meting, de afstand van het starten stoppunt tot de oever gemeten en uit deze waarden worden dan de bijbehorende hoeveelheden debiet berekend aan de hand van de gemeten waarden, die daarvoor in aanmerking komen.

Algemeen kan opgemerkt worden dat de verhouding tussen het percentage dat gemeten wordt en het percentage dat berekend wordt, duidelijk in het voordeel van het gemeten percentage moet uitvallen. Hierop moeten ook de meettraaien gekozen worden (m.a.w. diep genoeg)!

Om een goed beeld te krijgen van de afvoer en eventuele fluctuaties hierin mee te nemen worden minimaal 2 metingen heen en 2 metingen terug uitgevoerd. Aan de hand van de resultaten wordt zo lang doorgemeten dat er 4 goede metingen (d.i. waarbij de afwijkingen aan de oevers minimaal zijn) verzameld zijn. De data werden in dit geval via telemetrie overgezonden naar een laptop, die opgesteld was in een auto. Deze auto bevond zich tijdens de metingen op enige afstand van de meetplaats door de heersende terreinomstandigheden.

De data werd verzameld met het softwarepakket van de leverancier van de apparatuur, Winriver.

Om de data te kunnen verwerken is gebruik gemaakt van een programma van de BfG, Missing Link genaamd. Dit programma maakt de metingen vergelijkbaar met de methode die gebruikt worden bij Ott-molen metingen. Het programma projecteert alle gemeten dwarsprofielen over een ideaal dwarsprofiel (d.i. een theoretisch gemiddeld dwarsprofiel over de metingen heen) en maakt hierdoor vergelijking tussen de verschillende metingen mogelijk. De individuele metingen worden daarvoor over elkaar heen geprojecteerd. Validatie van foute meetwaarden en foute metingen wordt hierdoor mogelijk. Het samenvoegen van de individuele metingen tot één meetgegeven is in overeenstemming met de ISO standaard 748-1979, voor Ott-molen metingen. Het programma is verder voorzien van een database om de metingen te kunnen opslaan en diverse mogelijkheden om meetgegevens te exporteren.

In bijlagen A en B zijn nog enkele foto's ter illustratie toegevoegd.

4.2.2 Metingen zijrivieren

De metingen op de zijrivieren werden uitgevoerd volgens de algemeen geldende procedures voor het debietmeten van het HIC. Deze procedures beantwoorden aan de internationale normen (Cornet, 2002).

In eerste instantie werd een geschikte meetplaats gezocht, meestal de stroomafwaartse zijde van een brug of koker. Daarbij moet rekening gehouden worden met de voorwaarden van de internationale ISO-norm (Cornet, 2002). Zo moet er bv. sprake zijn van vrije afstroming: de stroomgeul dient gevrijwaard van plantengroei of opstuwing door obstakels (takken, stort, ...) op de bodem.

Na het uitzoeken van een geschikte meetsectie werd de breedte van de natte sectie opgemeten en verdeeld in een voldoende groot aantal verticalen (volgens de algemeen geldende normen). Vervolgens werd per verticaal, met behulp van een snelheidsmeter (van het type Flo-Mate) die bevestigd werd op een meetstang, op verschillende dieptes de snelheid en diepte bepaald. Uit het daaruit volgende snelheidsprofiel werd in combinatie met de opmeting van de natte sectie het debiet bepaald.

5 RESULTATEN

5.1 Ruwe meetgegevens

In Tabel 6 vindt u een overzicht van de ruwe meetgegevens van de metingen die tijdens de zomer werden uitgevoerd op de Gemeenschappelijke Maas en haar zijrivieren.

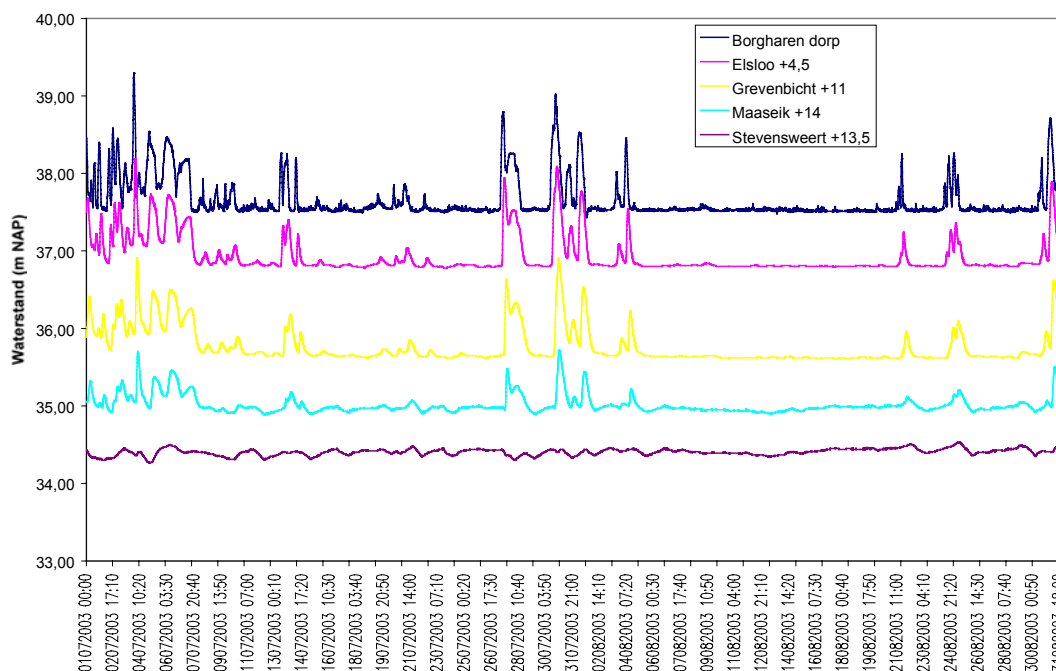
5.2 Controle ADCP-metingen

Voor elk ADCP-metpunt werd gedurende een 20 à 30-tal minuten metingen uitgevoerd. Een tijdelijke verandering van het debiet kan hierdoor vreemde resultaten opleveren. Bovendien hadden de metingen tot doel de termen van zijdelingse grond- en oppervlaktewatertoestroming in de waterbalans van de Gemeenschappelijke Maas in te vullen. Hiervoor is het van groot belang dat het inkomend debiet bij Borgharen constant gebleven is gedurende de ganse meetperiode of dat er t.o.v. een referentiepunt (baseflow van 8 m³/s) gecorrigeerd wordt.

5.2.1 Gedetailleerde waterstandmeetreeksen

Om de ADCP-metingen te evalueren en corrigeren werd gebruik gemaakt van het gedetailleerde (10 min-waarden) waterstandsverloop van de meetposten te Borgharen, Elsloo, Grevenbicht, Maaseik en Stevensweert.

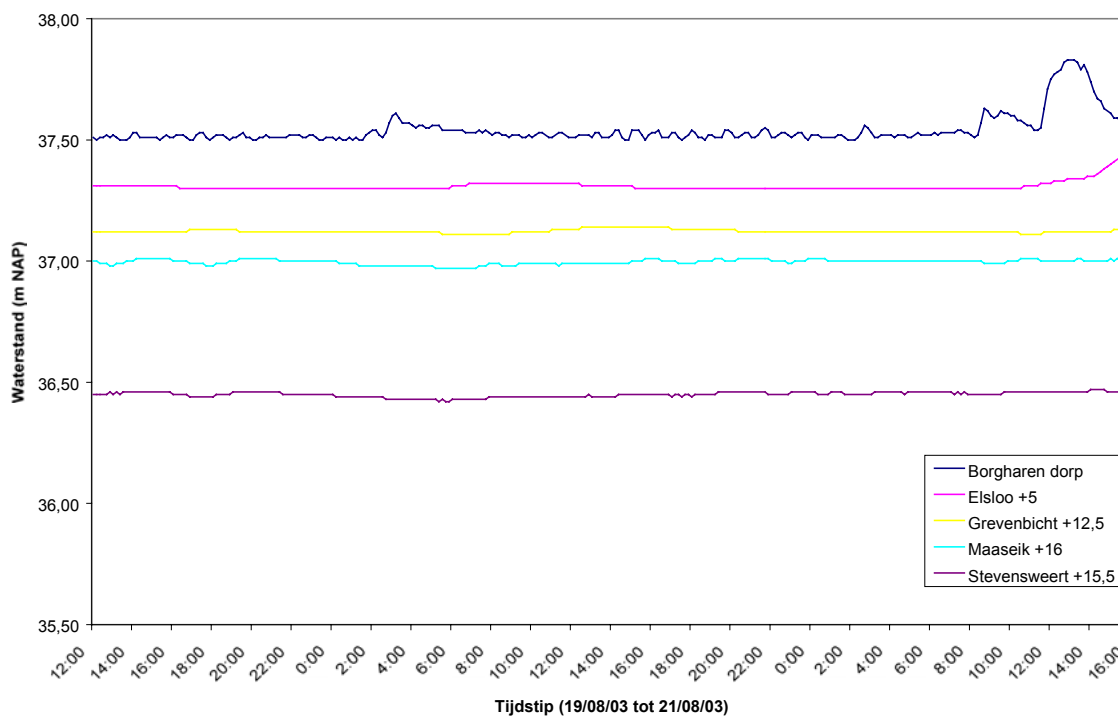
Op onderstaande figuur is het waterstandsverloop van deze posten weergegeven voor de maanden juli en augustus. Om de fluctuaties duidelijk te laten overkomen, werden de waterstanden dichter bij elkaar gebracht door er telkens een aantal meter (offset) bij op te tellen (Elsloo + 4.5 m, Grevenbicht +11 m, Maaseik +14 m en Stevensweert + 13.5).



Figuur 6 - Waterstandsverloop van de verschillende meetposten op de Gemeenschappelijke Maas voor de maanden juli en augustus

De figuur laat duidelijk zien hoe de waterstandfluctuaties uitdoven in stroomafwaartse richting. In Stevensweert is het verband echter zeer onduidelijk. Dit is mogelijk te wijten aan de invloed van de stuw van Linne.

Om een mogelijke beïnvloeding van eventuele fluctuaties in de afvoer van Borgharen op de metingen te kunnen bepalen werden de gedetailleerde waterstandmeetreeksen van de periode 19 tot 21 augustus nader bekeken (zie fig. 7). In dit gedeelte van het Qh-verband van Borgharen komt een waterstandverhoging van 1 cm overeen met een extra debiet van ca. 0,6 m³/s.



Figuur 7 - Waterstandsverloop van de meetposten op de Gemeenschappelijke Maas voor de periode 19 tot en met 21 augustus

Op de grafiek is duidelijk te zien hoe de fluctuaties zich doorzetten over het traject van de Gemeenschappelijke Maas. In Stevensweert is evenwel geen enkel verband meer te zien met de fluctuaties te Borgharen.

De afvoer te Borgharen fluctueerde tussen de 8,0 en 14,6 m³/s. Kleine variaties van +0,6 tot +2,4 m³/s t.o.v. base-flow zijn niet meer waarneembaar (niet meer detecteerbaar ?) in Elsloo.

Een kleine afvoergolf van + 6,6 m³/s (20/08 –3:10) zette zich echter door tot Maaseik.

Aan het einde van de meetperiode nam de afvoer te Borgharen gevoelig toe. Deze afvoergolf heeft de metingen echter niet beïnvloed. Op het ogenblik van de stijging te Borgharen (8:40) werden reeds metingen uitgevoerd net stroomopwaarts van Grevenbicht. Op het ogenblik dat de stijging in Grevenbicht voelbaar werd (15:10) werden de laatste metingen t.h.v. Maaseik net afgerond.

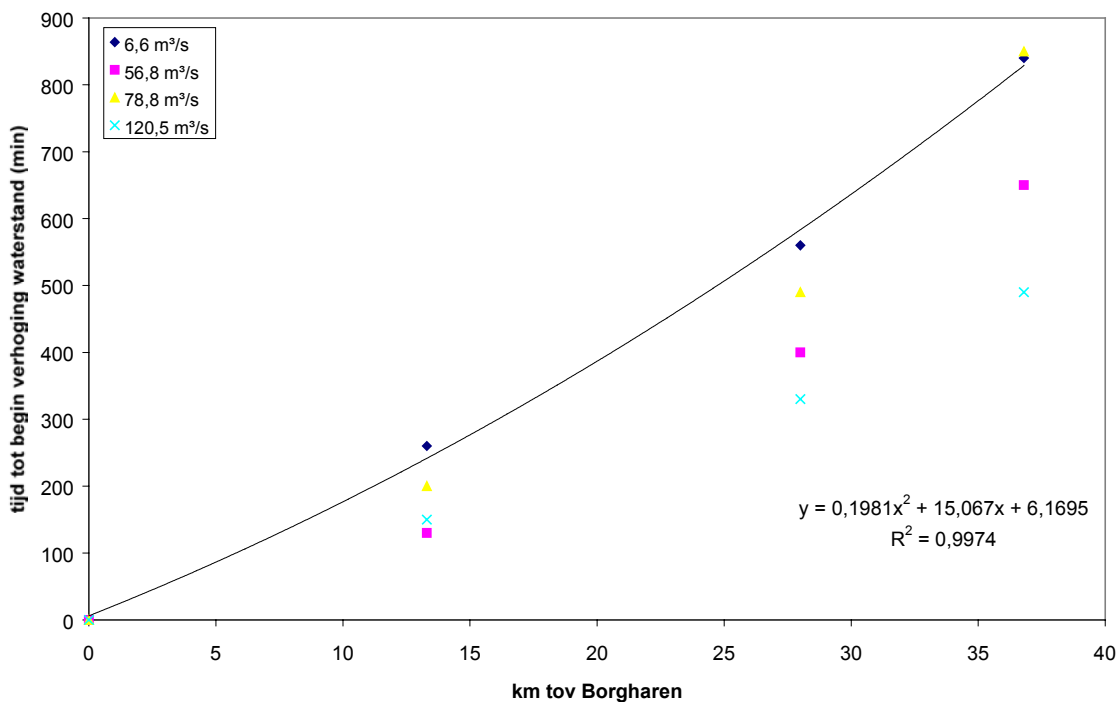
5.2.2 Correctie ADCP-metingen

Bepaling begin- en eindtijdstip van de waterstandsverhoging

In eerste instantie diende te worden nagegaan welke metingen al dan niet door de afvoergolf van 14,6 m³/s werden beïnvloed. Daartoe werd voor elk meetstation het begin- en eindtijdstip van de verhoogde waterstand bepaald.

Voor 4 afvoergolven van verschillende intensiteit (+ 6.6, +56.8, +78.8 en +120.5 m³/s) werd getracht een verband te vinden tussen de afstand tot Borgharen en het begintijdstip van de verhoging van de waterstand (zie fig. 8). Er werd echter geen eenduidig verband gevonden voor de 4 verschillende in

tensiteiten. De moeilijkheid schuilt hierbij in het bepalen van begin- en eindpunt van de afvoergolf. Enkel duidelijk afgebakende afvoergolven zouden hiervoor in aanmerking kunnen komen. Dit was echter niet voor alle 4 de golven het geval.



Figuur 8 - Tijd tussen het begin van de waterstandsverhoging in Borgharen en deze in de afwaartse meetposten t.o.v. de afstand tot Borgharen

Voor de afvoergolf van +6,6 m³/s (van 20/08/03) werd door de 4 meetpunten een polynomiale trendlijn getrokken met als vergelijking:

$$y = 0,198x^2 + 15,067x + 6,170 \quad (R^2 = 0,997)$$

met y = aantal minuten tussen het begin van de waterstandsverhoging in Borgharen en het begin van de verhoging aan de meetpost

en x = afstand tot Borgharen

De afgeleide van deze vergelijking naar x geeft het aantal min/km, d.i. 1/voortplantingssnelheid van het begin van de afvoergolf:

$$1/\text{voortplantingssnelheid} = 0,396 * (\text{afstand tot Borgharen}) + 15,067$$

Gebruik makende van deze vergelijking kan berekend worden hoe lang het duurt voordat de afvoergolf van Borgharen tot op km x voelbaar wordt.

Vergelijking van de berekende tijdstippen met de werkelijke tijdstippen ter hoogte van de vaste meetstations gaf een maximale afwijking van 20 minuten.

Dezelfde redenering werd gevolgd voor het eindtijdstip van de afvoergolf van +6,6 m³/s (zie fig. 9).

De trendlijn door deze punten wordt beschreven door volgende vergelijking:

$$y = -0,019x^2 + 26,076x + 9,162 \quad (R^2 = 0,996)$$

met y = aantal minuten tussen het einde van de waterstandsverhoging in Borgharen en het einde van de verhoging aan de meetpost

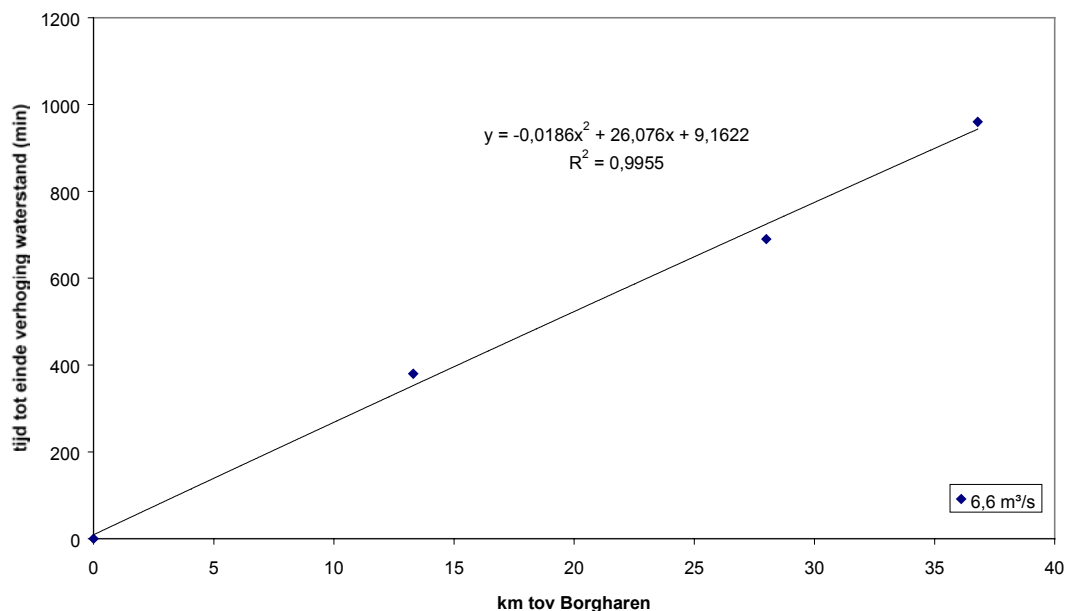
en x = afstand tot Borgharen

De afgeleide van deze vergelijking naar x geeft 1/voortplantingssnelheid van het einde van de afvoergolf:

$$1/\text{voortplantingssnelheid} = 0,037 * (\text{afstand tot Borgharen}) + 26,076$$

Vergelijking van de berekende tijdstippen met de werkelijke tijdstippen gaf een maximale afwijking van 40 minuten.

Een overzicht van de berekende resultaten wordt gegeven in Tabel 7.



Figuur 9- Tijd tussen het einde van de waterstandverhoging in Borgharen en deze in de afwaartse meetposten t.o.v. het aantal kilometers afstand tot Borgharen

Bepaling extra debiet Elsloo en Grevenbicht

Nu geweten is welke metingen beïnvloed werden door een verhoogde waterstand is het noodzakelijk te weten hoeveel extra debiet hiermee overeenkomt. Aangezien er enkel Qh verbanden zijn opgesteld voor de meetposten Borgharen en Maaseik werden deze 2 gebruikt om hier een oplossing voor te vinden.

Hiervoor werd, zowel voor Borgharen als voor Maaseik, het extra volume (m³) water (t.o.v. base-flow) berekend dat gedurende de periode van waterhoogtestijging (20 augustus) voorbijkwam (zie tabel op volgende pagina).

Dit gebeurde door voor elke 10 minuut-waarde de toename van de waterhoogte (d.i. het verschil in waterhoogte t.o.v. het normaal basispeil), m.b.v. de Qh-verbanden, om te zetten in een toename van debiet. Sommering van deze toenames in debiet over de gehele periode van waterstandverhoging en vermenigvuldiging met het aantal seconden (600) geeft het totale extra volume. Voor de berekening van het extra volume dat t.h.v. Borgharen afstroomde werd eveneens rekening gehouden met het extra debiet dat er, net stroomafwaarts van de stuw, via de overlaat van Bosscherveld nog bijkwam. Voor de berekening van het extra debiet te Borgharen (stroomopwaarts van deze overlaat) zelf werd deze uiteraard niet meegenomen.

Uit de berekening van de volumes bleek dat de golf langsheen het traject aan volume verloor (achterliet). Uitgerekend per km kwam dit neer op een volumeverlies van 778 m³/km. De oorzaak van het verschil tussen begin- en eindvolume ligt hier mogelijks in de moeilijkheid van het bepalen van begin- en eindpunt van de waterstandsverhoging te Maaseik. Bovendien is het best mogelijk dat de "staart" van de afvoergolf onder de detectielimiet (meetnauwkeurigheid) gelegen is. Daardoor zou de duur van de periode van verhoogde waterstand onderschat zijn, alsook het extra debiet dat t.h.v. Maaseik tijdens deze periode doorstroomde. Het is niet ondenkbaar dat de golf op het, 36 km lange, bochtige en

ruwe traject een hoeveelheid water "achterlaat" dat vertraagd afstroomt. Deze redenering volgend zou op de tijdspanne tussen het begin van de waterstandverhoging te Borgharen en het einde van de waterstandsverhoging te Maaseik een "afvlakking" van de golf van 0,01 m³/s.km moeten zijn opgetreden.

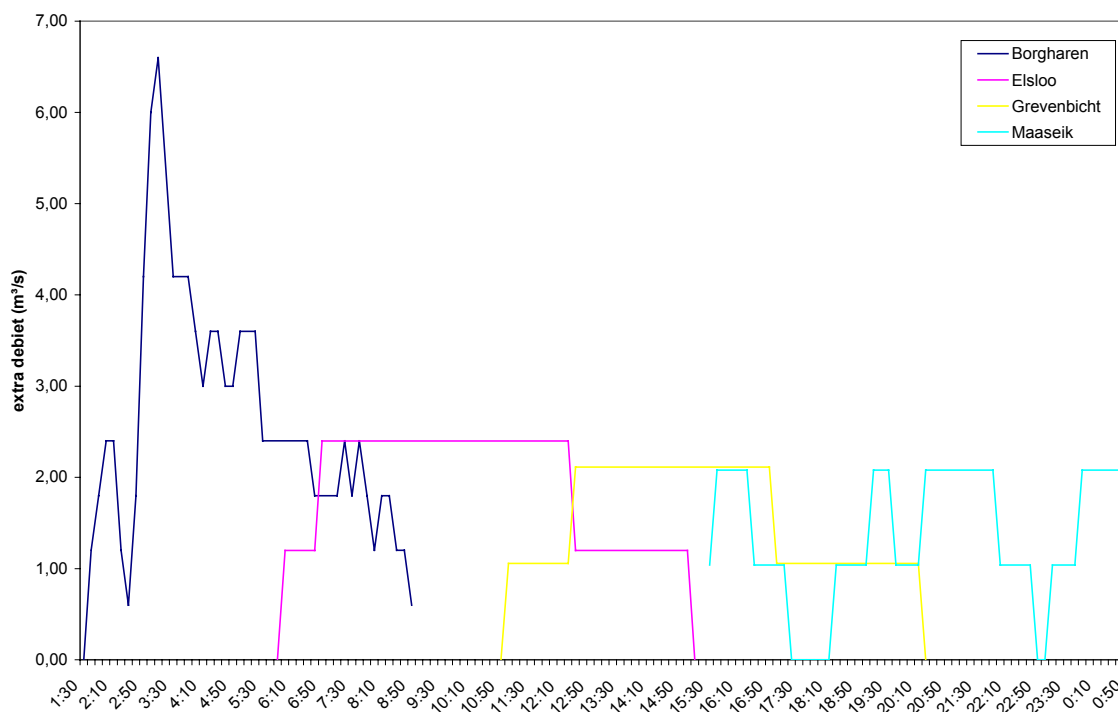
Rekening houdend met dit "verlies" werd voor de afvoergolf van +6,6 m³/s (t.o.v. een baseflow van 8 m³/s) zowel voor Elsloo als voor Grevenbicht het extra volume berekend dat gedurende de waterstandverhoging voorbijkwam. Door dit volume te delen door de duur van de afvoergolf werd voor beide posten een gemiddeld extra debiet berekend.

Dit gemiddeld extra debiet werd verondersteld overeen te komen met de extra afvoer die er bij de gemiddelde waterhoogtestijging van deze afvoergolf passeerde. Door voor elke 10 minuutwaarde van de gedetailleerde waterstandmeetreeks het percentage t.o.v. de gemiddelde waterstandstijging te berekenen en dit te vermenigvuldigen met het gemiddelde debiet konden eveneens 10 minuut-debietwaarden worden berekend voor Elsloo en Grevenbicht.

Een overzicht van de verschillende gemeten en afgeleide parameters vindt u in onderstaande tabel. In fig. 10 vindt u een weergave van het waargenomen extra debiet te Borgharen en Maaseik en de berekende extra debieten voor Elsloo en Grevenbicht.

plaats	# km tot Borgharen	begin stijging	tijd begin stijging tov Borgharen (min)	einde stijging		volume (m ³)	duur stijging (s)	gemiddeld extra debiet (m ³ /s) (waargenomen)	gemiddelde stijging waterhoogte (cm)	gemiddeld debiet (m ³ /s) (berekend)	
				20/08/2003	21/08/2003						
Borgharen	0		1:30	0	8:50	0	73320	26400	2,60	4,33	2,60
Elsloo	13,3		5:50	260	15:10	380	62970	33600		1,56	1,87
Grevenbicht	28		10:50	560	20:20	690	51526	34200		1,43	1,51
Maaseik	36,8		15:30	840	0:50	960	44676	33600	1,31	1,28	1,33

Overzicht van gemeten en berekende parameters voor de bepaling van het extra debiet te Elsloo en Grevenbicht



Figuur 10 - Waargenomen extra debiet te Borgharen en Maaseik en berekend extra debiet te Elsloo en Grevenbicht voor de afvoergolf van +6,6 m³/s op 20/08/03

Bepaling van correctietermen - gevoeligheidsanalyse

Op de ruwe ADCP-metwaarden werd vervolgens een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd a.d.h.v. mogelijke correctietermen. Verschillende mogelijke correctietermen werden berekend voor elk ADCP-metpunt. De gebruikte methode voor de berekening van deze correctietermen is verschillend voor elke afzonderlijke meetdag. Alle correctietermen werden berekend t.o.v.; een baseflow bij Borgharen van $8 \text{ m}^3/\text{s}$.

De ADCP-metpunten van dag 1 lagen het dichtst bij het meetstation Borgharen. Daarom werd voor de berekening van de mogelijke correctietermen (zie Tabel 8) voor deze meetpunten telkens het verband gelegd met het opwaarts gelegen meetstation Borgharen. Hiervoor werd gebruik gemaakt van de tijdsverschuiving (vertraging) die opgetreden is bij de golf van 20 augustus. Door het verschil tussen de tijdsverschuiving voor het begin en einde van de waterstandsverhoging zijn er verschillende extra debietwaarden mogelijk. Zo trad bv. voor het ADCP-metpunt bij km 19.5 (voor de afvoergolf van $+ 6,6 \text{ m}^3/\text{s}$) een vertraging op van 56 min voor het begin van de afvoergolf, terwijl het einde van de afvoergolf te Borgharen pas na 91 minuten voelbaar werd ter hoogte van km 19.5. Rekening houdende met dit verschil werden de verschillende mogelijke correctietermen bepaald.

Zoals reeds hierboven werd aangehaald zijn alle metingen van dag 2 (20 augustus) beïnvloed door een afvoergolf met een piek van $+ 6,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Voor de berekening van de mogelijke correctietermen werd zowel het overeenkomend (waargenomen of berekend) extra debiet van de opwaartse als van de afwaartse meetpost in rekening gebracht. Voor elk ADCP-metpunt werd het belang van de opwaartse en afwaartse meetpost meegenomen door het overeenkomend extra debiet van beide meetposten te vermenigvuldigen met een procentuele uitdrukking van de afstand tot de meetpost (zie Tabel 9).

Het probleem van het verschil in tijdsverschuiving tussen begin en einde van de afvoergolf werd uitgeschakeld door te bepalen in welk gedeelte (begin-einde) van de afvoergolf de ADCP-meting werd uitgevoerd. De daarmee overeenkomende tijdsverschuiving werd vervolgens gebruikt om het overeenkomend extra debiet in de stroomopwaartse en –afwaartse post te bepalen. Rekening houdende met de afwijking in de berekening van het tijdstip werden vervolgens alle mogelijke correctietermen bepaald (zie Tabel 10).

Voor de 3de dag werden geen correctietermen toegepast wegens te grote onzekerheid. Doordat de opstuwing tijdens laagwaterperiodes in het pand tussen Maaseik en de stuw van Linne doorwerkt tot in Maaseik zijn de metingen van de meetpost Maaseik beïnvloed. Hoe kleine afvoerfluctuaties reageren op de stuw van Linne is een grote onbekende. Wel is vast te stellen dat de baseflow te Borgharen op het einde van de meetperiode een $0,6$ tot $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ hoger lag dan op dag 1 (zie fig. 7). Deze verhoging is echter niet terug te vinden in Elsloo en Grevenbicht.

Rond de correcties voor de 1ste dag hangt een grotere onzekerheid dan rond deze voor de 2de dag. De correcties die werden berekend voor de 2de dag werden immers berekend uit tijdsverschuivingen die werden geëxtrapoleerd uit waargenomen tijdsverschuivingen van een echte afvoergolf op die dag (voortplanting van afvoergolf van $+ 6,6 \text{ m}^3/\text{s}$). Het karakter van kleine afvoerfluctuaties verschilt echter in grote mate van dit van een echte afvoergolf. Of deze fluctuaties zich doorzetten en tot hoever deze dan wel reiken is niet bekend.

De correcties voor de 1ste dag lijken echter wel verantwoord door de nabijheid van de afvoermeetpost te Borgharen.

5.3 Controle metingen zijrivieren

Uit de controle van de handmatige debietmetingen op de zijrivieren met de meetreeksen van het Waterschap Roer & Overmaas en het HIC bleek dat de debieten van de meetposten systematisch hogere waarden aangaven dan de manueel gemeten waarden aan de mondingen van de zijrivieren in de Maas. Zo schommelde het debiet van de Geul gedurende de meetperiode (van 19/08/03 tot 22/08/03) rond $2 \text{ m}^3/\text{s}$. Enkel in het begin ($2,40 \text{ m}^3/\text{s}$) en op het einde ($2,56 \text{ m}^3/\text{s}$) van de meetperiode werden iets hogere waarden geregistreerd, terwijl de handmatige meting slechts $1,49 \text{ m}^3/\text{s}$ aangaf. Ook voor de Bosbeek (ca. $0,25$ aan meetpost t.o.v. $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$ aan monding) en de Abeek (ca. $0,37 \text{ m}^3/\text{s}$ aan meetpost t.o.v. $0,17 \text{ m}^3/\text{s}$ aan monding) werd dit vastgesteld. Deze gegevens hoeven elkaar echter niet tegen te spreken. De permanente meetstations van deze waterlopen liggen enkele kilometers

stroomopwaarts van hun monding in de Maas (Geul ca. 2 km, Bosbeek ca. 10 km en Abeek een 18-tal km). Op de tussenliggende trajecten kunnen zich allerhande fenomenen voordoen waardoor het verschil tussen beide debieten kan verklaard worden.

Zo is bekend dat enkele benedenlopen van de zijrivieren van de Maas tijdens laagwaterperiodes gedeeltelijk infiltrerend werken waardoor dus een gedeelte van het water via ondergrondse afstroming alsnog aan de Maas ten goede komt. Dit fenomeen werd bijvoorbeeld reeds waargenomen bij de Berwinne (Van der Beken et al. 1987). Om zekerheid te krijgen over het feit of dit fenomeen zich in de benedenloop van de vermelde waterlopen voordoet zullen echter extra metingen moeten uitgevoerd worden.

Gedurende laagwaterperiodes speelt het opstuwend effect van stuwen zich over een langere afstand waardoor de waterstanden en dus de berekende debieten (Qh-verbanden) van de meetposten beïnvloed kunnen worden. Het debiet van de Bosbeek te Opoeteren zakte tijdens de meetperiode van 0,27 m³/s trapsgewijs naar 0,25 m³/s. Deze wijze van daling wijst op een mogelijke invloed van een stroomafwaarts gelegen watermolen.

Gedurende laagwaterperiodes worden de waterstanden en debieten van de waterlopen veel meer beïnvloed door onttrekkingen van aangelanden. Zo schommelde het debiet van de Abeek te Bree gedurende de meetperiode rond 0,37 m³/s. In het begin van de meetperiode (even na de handmatige meting) zakte het debiet naar 0,27 m³/s waarna het opklom naar 0,59 m³/s. Deze schommelingen wijzen op mogelijke beïnvloeding van waterstanden en debieten, welke veroorzaakt worden door onttrekkingen van aangelanden (zie 4.1). De debietregelaar met de Itterbeek op het tussenliggend traject, zorgt er bovendien voor dat een deel van het water via de Itterbeek naar Nederland stroomt i.p.v. rechtstreeks naar de Gemeenschappelijke Maas.

Uit vergelijking van de debietmetingen met lozingsgegevens van de RWZI's (VMM) bleek dat de zomerdebieten van Kogbeek en Ziepbeek voor het overgrote deel bepaald worden door de lozing van respectievelijk het effluentwater van de RWZI Dilsen en Lanaken (zie Tabel 3).

5.4 Waterbalans

Aan de hand van de verzamelde metingen kan een waterbalans worden opgesteld waarin per riviertraject het verschil in afvoer kan worden opgedeeld in een grondwater- en zijrivierfactor.

In Tabel 11 wordt een overzicht gegeven van deze factoren voor de trajecten tussen de verschillende ADCP-meetpunten. Hierin werd aan de hand van de mogelijke correctietermen een 3-tal correcties uitgevoerd waarbij de resultaten van de eerste 2 correcties de maximale spreiding weergeven en de 3de correctie de meest waarschijnlijke (aan de hand van specifieke hydrologische omstandigheden van enkele km-punten) weergeeft.

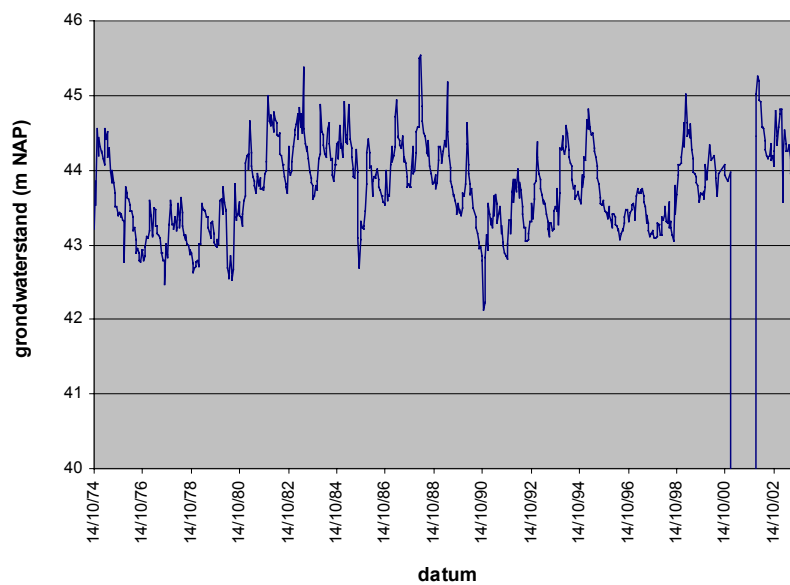
5.5 Resultaten vergelijking met grondwatermodellering IWACO (2000)

Om een vergelijking mogelijk te maken met de grondwatermodelleringstudie van IWACO (2000) werd de grondwaterstandmeetreeks van peilput 61FP0239 (Bunde) opgevraagd. In fig. 11 is deze meetreeks afgebeeld. Voor het jaar 2001 werden geen gegevens verkregen.

Deze meetreeks wordt in de studie van IWACO (2000) representatief verondersteld voor het voedingsgebied rond de Gemeenschappelijke Maas.

Afhankelijk van de gebruikte meetperiode schommelt de langjarig gemiddelde grondwaterstand tussen 43,72 en 43,85 m NAP. Om de vergelijking met de resultaten van de grondwatermodellering mogelijk te maken werd het gemiddelde genomen voor de periode 1975-2000. Dit geeft een langjarig gemiddelde grondwaterstand van 43,72 m NAP.

Metingen van op 14/08/03 en 28/08/03 geven grondwaterstanden van respectievelijk 43,80 en 43,70 m NAP. Deze waarden komen overeen met een negatieve grondwaterstandafwijking van ca. 0,00 m t.o.v. het langjarig gemiddelde. Uit vergelijking met fig. 3 blijkt deze waarde overeen te komen met een grondwatertoevoer van 7,0 m³/s of meer voor het ganse traject tussen de stuw van Borgharen en Maasbracht.



Figuur 11 – gemeten tijdstijghoogtelijn voor peilput 61 FP0239

6 BESPREKING VAN DE RESULTATEN

Om een vergelijking mogelijk te maken tussen de situatie 2003 en 1976 werden de deeltrajecten van 2003 teruggebracht op de indeling die in 1976 werd gebruikt. De waterbalansen zijn weergegeven in Tabel 12 en Tabel 13 en op kaarten 9 en 10.

Hierbij moeten in allereerste instantie de onzekerheden in de gebruikte benadering uitdrukkelijk onderstreept worden. De (on)nauwkeurigheden van waterpeilmeters, Qh-verbanden, ADCP-metingen en traditionele debietmetingen bij laagwatersituaties pleiten voor een voorzichtige interpretatie. Ook de onzekerheden met betrekking tot (onbemeten) debietfluctuaties van zijrivieren, lozingen en onttrekkingen op de Maas en zijrivieren en het gebruik van correctietermen zetten de nodige vraagtekens bij de resultaten.

Hieronder worden in het 1^{ste} deel de gedetailleerde resultaten uit de waterbalans van 2003 (zie Tabel 11 en Tabel 12) vergeleken met deze van 1976 (zie Tabel 13) en nader besproken. In het 2^{de} deel wordt de waterbalans over het gehele traject vergeleken.

- Tussen km 16 en 19.5 zou gedurende de meetcampagne een grondwatertoestroming van 1,8 m³/s hebben plaatsgevonden. In 1976 zou dit slechts 0,2 m³/s geweest zijn. Bovendien zou het belangrijkste deel van deze toestroming plaatsvinden op het traject tussen km 16 en 16.8. Dit roept enkele bijkomende vragen op. Is deze hoeveelheid grondwater eventueel afkomstig van wegzijging vanuit de Zuid-Willemsvaart? En zo ja, waarom was dit dan niet het geval in 1976? Is het afkomstig van het plateau van Margraten of zit deze discrepantie eerder in een fout in de berekening van het debiet dat via de overlaat van Bosscherveld afstroomt?
Er zou eveneens kunnen getwijfeld worden aan de juistheid van de ADCP-meting t.h.v. km 16.8. Dit geeft echter geen afdoende verklaring aangezien een gelijkaardig meetresultaat werd bekomen t.h.v. km 19.5.
- De resultaten voor het riviertraject tussen km 19.5 en 25.6 zijn vergelijkbaar voor 1976 en 2003. Een hoger debiet voor de Geul en een extra grondwatertoestroming t.o.v. de situatie in 1976 lijken aannemelijk aangezien het minder “droog” was in 2003 t.o.v. 1976.
- De resultaten voor het riviertraject km 25.6 tot 31.6 zijn eveneens vergelijkbaar. Een verhoogde grondwatertoestroming lijkt aannemelijk. Een kleiner debiet van de Hemelbeek in 2003 (0,03 m³/s in 2003 t.o.v. 0,1 m³/s in 1976) is echter twijfelachtig. Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat er sinds 1976 een aantal ingrijpende veranderingen (bv. bodemgebruik) hebben plaatsgevonden in het stroomgebied van deze beek met een grote invloed op het regime van deze beek als gevolg. Hierover zijn echter geen gegevens beschikbaar.
- Op het riviertraject km 31.6 tot 33.0 zou in 2003 minder grondwater zijn toegestroomd dan in 1976. Dit is mogelijk te wijten aan het verschil tussen de trajecten. Het traject van 1976 loopt immers van km 30.9 tot km 33.5. Sommering van de grondwatertoestroming voor beide trajecten geeft wel een vergelijkbaar resultaat (0,87 t.o.v. 0,85 m³/s).
- Op het riviertraject km 33.0 tot km 37.4 was in 1976 sprake van wegzijging naar het grondwater (-0,2 m³/s). Alhoewel dit eveneens verwacht werd voor de situatie in 2003 is dit echter niet aangevoeld kunnen worden. De onzekerheid met betrekking tot de grootte van de lozing van DSM kan hierbij een belangrijke rol spelen. Hiervoor werd een debiet van 1 m³/s aangenomen. Moest de lozing in de praktijk bv. 1,2 m³/s bedragen zou er wel sprake zijn van een wegzijging van 0,04 m³/s.
Op het deeltraject km 33 tot 36.2 werd echter wel een wegzijging van 0,08 m³/s berekend. Hierbij geldt dezelfde randbemerking: indien de lozing van DSM groter blijkt te zijn dan 1 m³/s wordt deze wegzijging groter.
De grote toestroming van oppervlaktewater op dit traject is te wijten aan de DSM-lozing. In 1976 kwam deze lozing nog uit in de Ur en komt in de waterbalans van 1976 dus terecht in het volgende riviertraject.
- Op het traject 37.4 tot 39.7 werd een wegzijging van 0,29 m³/s berekend. Over de grootte van deze wegzijging bestaat enige twijfel aangezien beide ADCP-metingen op een andere dag plaats

vonden. Zoals reeds onder 5.2.2 werd aangehaald werden de metingen van dag 3 niet gecorrigeerd, alhoewel Borgharen gedurende ruime tijd wel een grotere baseflow (+ 0,6 tot 1,2 m³/s) aangaf. Bij een extra afvoer van + 0,6 m³/s is er echter sprake van een nog grotere wegzijging.

- Op het riviertraject km 39.7 tot 46.7 vond een grondwatertoestroming van + 1,83 m³/s plaatst. Een grotere grondwatertoestroming dan in 1976 is aannemelijk. Een deel hiervan is echter mogelijk te wijten aan het grotere traject in vergelijking met 1976 (van km 39.6 tot 45.5).
- Op het riviertraject km 46.7 tot 52.15 vond in 2003 een aannemelijke grondwatertoestroming van 1,27 m³/s plaats. De hogere toestroming van oppervlaktewater in 1976 is te wijten aan het feit dat de Kogbeek toen tot dit traject werd gerekend.
- Op het laatste riviertraject km 52.15 tot 54.00 zou een wegzijging van 0,52 m³/s plaatsvinden. Dat er sprake zou zijn van wegzijging op dit traject is aannemelijk aangezien de oevergrondwaterwinning Roosteren zich hier bevindt (zie kaart 5). Of de grootte van de wegzijging hiermee overeenkomt moet nader onderzocht worden.

Tijdens de laagwaterperiode van einde augustus 2003 verdubbelde de afvoer van de Gemeenschappelijke Maas op het traject tussen Borgharen en Maaseik (van 8,3 tot 17,7 m³/s). Deze verdubbeling was voor 36% te wijten aan oppervlaktewater van zijrivieren en lozingen, terwijl 64% (5 tot 6 m³/s) hiervan zou kunnen toegewezen worden aan grondwatertoestroming. Uit de IWACO (2000) grondwatermodellering blijkt dat gedurende deze periode een grondwatertoevoer zou hebben plaatsgevonden van 7 m³/s of meer. Deze toestroming werd echter berekend voor het ganse traject tussen Borgharen en Maasbracht, terwijl de ADCP-metingen slechts werden uitgevoerd over het traject Borgharen tot Maaseik (d.i. ca. 76 % van het traject).

Balans 2003: 8,3 m³/s Borgharen + 3,4 m³/s zijrivieren + 6 m³/s grondwater = 17,7 m³/s Maaseik

Tijdens de laagwaterperiode van 1976 was de toestroming aan oppervlaktewater vergelijkbaar (2,8 m³/s t.o.v. 3,6 m³/s) terwijl de grondwatertoestroming tot de helft was gereduceerd (2,5 m³/s t.o.v. 5,5 m³/s).

Balans 1976: 1,5 m³/s Borgharen + 2,8 m³/s zijrivieren + 2,5 m³/s grondwater = 6,8 m³/s Maaseik

Deze resultaten lijken elkaar in eerste instantie tegen te spreken. De afvoer van zijrivieren tijdens droogteperiodes wordt immers eveneens bepaald door toestroming van grondwater.

In het algemeen zal echter het grondwaterpeil najlen op het rivierpeil, waardoor bij plotseling zakken van de waterstanden (zoals bv. door het stilleggen van de waterkrachtcentrale te Lixhe), de kwel uit de oevers tijdelijk sterk kan toenemen. In 1976 was de waterstand al enige maanden laag, zodat de grondwaterspiegel tot op enige kilometers van de rivier zich heeft weten aanpassen. Er mag dus aangenomen worden dat de, in 1976, gemeten situatie in sterke mate met een evenwichtssituatie overeenstemde: zowel de grondwatertoestroming naar de zijrivieren als deze naar de Gemeenschappelijke Maas waren relatief stabiel.

Zoals reeds in de inleiding werd uiteengezet was de afvoer van de Gemeenschappelijke Maas in 2003 tot kort voor de meetcampagne echter nog relatief hoog (zie fig. 2).

Bovendien was de grondwaterstand in 1976 veel lager (tot 1 m) dan in 2003 door de voorafgaande, relatief droge periode waardoor de grondwatertoevoer eveneens kleiner was dan in 2003.

7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

ADCP is een handig instrument om grond- en oppervlaktewaterstroming over een groot traject te be-groten. Zelfs voor kleinere deeltrajecten zou het toestel zinnig gebruikt kunnen worden. Voor beide toepassingen is het echter aan te raden dat de bovenstroomse afvoer zo constant mogelijk wordt ge-houden. De onzekerheden die, door de afvoerfluctuaties te Borgharen, in de metingen zijn geslopen maken het moeilijk uitspraken te doen over de kleinere deeltrajecten.

Bij traditionele metingen (bv. met Ott-molens), spelen deze problemen wellicht een nog grotere rol: de langere tijdsduur van een individuele meting is hier de beperkende factor. In 1976 werden metingen uitgevoerd gedurende 3 maanden, in 2003 slechts gedurende 4 dagen.

Het is echter nagenoeg onmogelijk de afvoer over de stuw van Borgharen stabiel te houden. Scheep-vaartbewegingen naar het Julianakanaal en de Zuid-Willemsvaart zorgen immers voor moeilijk te re-gelen afvoerfluctuaties. Daarom is het aan te raden meerdere metingen te verrichten (in de tijd ge-spreid) op hetzelfde deeltraject, in beide richtingen (van op- naar afwaarts en omgekeerd). Op die manier kan er meer zekerheid verkregen worden over toestrooming of wegzijging van grondwater op de verschillende deeltrajecten. Zeker voor de deeltrajecten waar onzekerheid over bestaat zoals de toe-strooming tussen km 16 en 16.8 of de wegzijging ter hoogte van het mijnverzakkingsgebied is dit nood-zakelijk.

Tijdens de meetcampagne van 2003 werd enkel een controlemeting uitgevoerd t.h.v. de meetpost te Borgharen. De gemeten afvoer kwam goed overeen. Het is echter aan te raden meer vergelijkende metingen uit te voeren tussen ADCP en traditionele meetmethodes, specifiek gedurende laagwaterpe-riodes.

Bij eventuele vervolgmetingen met een ADCP is het wenselijk (tijdelijke) markeringen aan te brengen op de overgang tussen het diepere zomerbed en de oever. Aangezien de ondiepe oeverzones geen goede resultaten geven (zie 4.2.1) moet de meting worden afgerond voordat de ADCP in deze zone terecht komt. Hierdoor start men met goede metingen. De voordelen hiervan zijn betere berekeningen aan de oevers en minder werk met validatie achteraf. Om de berekende zones zo klein mogelijk te houden is het eveneens wenselijk relatief diepe en smalle meetlocaties te selecteren.

Verder verdient de communicatie tussen de mensen die de trimaran bedienen en de mensen in de auto die de data verzamelen, meer aandacht.

Indien mogelijk zouden meetcampagnes moeten uitgevoerd worden op de benedenlopen van de zijri-vieren om na te gaan vanaf welk ogenblik in de laagwaterperiode en vanaf waar deze al dan niet van een drainerend regime overgaan in een infiltrerend regime.

Johan Baetens
Waterbouwkundig Laboratorium
en Hydrologisch Onderzoek
ECOBE

Jan Tekstra
Rijkswaterstaat
Directie Limburg

Sander Bastings
Rijkswaterstaat
Directie Limburg

Gezien,

dr. Frank Mostaert
afd. Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek

8 REFERENTIES

Analoog:

AWZ – Afdeling Maas en Albertkanaal. 1999. Beleidsplan Gemeenschappelijke Maas in Limburg.

Anoniem 1995. De Waterverdragen van Vlaanderen – Het verdrag inzake de afvoer van het water van de Maas, 17 januari 1995. Water nr. 85.

Beerten K. 1998. Technisch Verslag bij de Quartairkaart – Kaartblad Rekem (26). KUL, Afdeling Historische Geologie.

Buffel Ph., Claes S. & Gullentops F. 2001. Kaartblad 26 Rekem. Toelichtingen bij de geologische kaart van België – Vlaams Gewest, Belgisch Geologische Dienst en Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, Brussel. 56 p.

Claes S., Frederickx E., Gullentops F. & Felder W. 2001. – Kaartblad 34 Tongeren. Toelichtingen bij de geologische kaart van België – Vlaams Gewest, Belgisch Geologische Dienst en Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, Brussel. 56 p.

Cornet E., 2002. Debietmeten bij het Hydrologisch Informatiecentrum. Technische nota van de Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek, Administratie Waterwegen en Verkeer van Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. 71 p.

DHN & Royal Haskoning. MER 2003 -Grensmaas deelrapport 3 – grondwater. In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Limburg, De Maaswerken.

De Smedt P. 1977. Hydrogeologie van Nooroost-Limburg. Hydrographica 1977(3). p. 27-36.

De Smedt P. & Loy W. 1986. Hydrogeologie van de Limburgse Maasvallei. In: Het hydrologisch systeem in het grensgebied Luik-Maasbracht, CHO-TNO, rapporten en nota's n° 15

De Smedt F. & Van Vaerenbergh W. 1991. Studie van de regionale grondwaterstroming in het Kempisch plateau en de Maasvallei. In: Het hydrologisch systeem in het grensgebied Luik-Maasbracht; Onderzoeksresultaten 1985-1990, CHO –TNO, rapporten en nota's n° 26.

IWACO, 2000. Grondwatervoeding naar de Maas in droge perioden. In opdracht van Rijkswaterstaat, directie Limburg.

Jodogne F. 1974. De Gemeenschappelijke Maas van 1870 tot 1970. Annales des travaux publics de Belgique – 1974 (2): p.107 – 122.

Loy W. 1980. Hydrogeologische studie van het Kempisch plateau en de Limburgse Maasvallei. N.M.W. In opdracht van de Minister van Vlaamse Aangelegenheden en de Minister van Volksgezondheid.

Meulenberg M. 1986. Het oppervlaktewatersysteem van de Grensmaas tussen Borgharen en Maasbracht. In: Het hydrologisch systeem in het grensgebied Luik-Maasbracht, CHO-TNO, rapporten en nota's n°15.

Nota D.J.G. & van de Weerd B. 1991. De voeding van de Maas vanuit de oostelijke dalwand, in het traject tussen Visé en Maasbracht. In: Het hydrologisch systeem in het grensgebied Luik-Maasbracht; Onderzoeksresultaten 1985-1990, CHO –TNO, rapporten en nota's n° 26.

RWS - Directie Limburg. 1999. Bijlagenrapport – Inventarisatie deelstroomgebieden Maas traject Eisden-Hedel.

Van Autenboer T., Cammaer C. & Poelmans E. 1996. Mijnverzakkingen en het freatisch grondwater (voorlopig rapport). LUC - Toegepaste Geologie, in opdracht van het Ministerie van het Vlaamse Gewest, Bestuur van Natuurlijke Rijkdommen en Energie.

Vandenbussche V., Van Looy K., Vanacker S., Vermeersch S. & Decler K. 2001. Ecologische gebiedsvisie voor het rivierbed van de Grensmaas. In opdracht van en in samenwerking met de Administratie Waterwegen en Zeewezen. IN rapport 2001.9, Brussel.

Vanheel A. & Van der Kleij. 1986. Overzicht grenswaterlopen. Belgisch – Nederlandse commissie voor Grensoverschrijdende onbevaarbare waterlopen.

VHA-Vlaamse Hydrografische Atlas, versie 2000 (eigenaar: AMINAL, Afdeling Water)

WL 1996. Van zorgen om de Maas naar zorgen voor de Maas. Nota over de afvoerproblematiek van de Maas. Rapport ten behoeve van de 2de parlementaire Maasconferentie. WL Delft, Nederland.

WL, ENVICO & ADINCO. 1998. Studieopdracht voor het mijnverzakkingengebied. In opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AWZ, Afdeling Maas en Albertkanaal.

Zuiderveen B.N.W. 1977. De Maas in de droge zomer van 1976. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Afdeling Maas, District Zuidoost, Maastricht, mei 1977.

Websites:

Administratie Waterwegen en Zeewezen (AWZ): <http://intra.lin.vlaanderen.be/awz/>

Bekkenwerking in Vlaanderen:

<http://www.mina.be/wiedoetwat/aminal/taken/water/water/content/index.htm>

Ecologisch Herstel Maas (EHM): <http://www.ecologisch-herstel-maas.nl>

Meetnetten Rijkswaterstaat (RWS): <http://www.actuelewaterdata.nl>

Ondersteunend Centrum GIS Vlaanderen (OC GIS): <http://web.gisvlaanderen.be/gis/index.jsp>

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA): <http://www.riza.nl/>

Digitaal kaartmateriaal

Grote Structuren, versie 1993 (eigenaar: VLM)

VHA, versie 2000 (eigenaar: AMINAL, Afdeling Water)

TABELLEN

Watergebruik volgens Maasafvoeroverdrag					
Onderschr.freq. in dag/jr		Monsin (St.P+Kanne)	Vlaams gebruik	Nederlands gebruik	Gemeen- schappelijke Maas (Borgharen)
1911-1998	2025				
		V+N+G	VL=X+Y	NL=J+L	G
130	136	130	35	35	60
112	120	115	30	30	55
91	101	100	25	25	50
76	88	90	25	25	40
60	75	80	25	25	30
46	61	70	25	25	20
31	48	60	25	25	10
24	41	55	22,5	22,5	10
18	34	50	20	20	10
13	28	45	17,5	17,5	10
8	23	40	15	15	10
3	19	35	12,5	12,5	10
1	13	30	10	10	10
0	9	25	8,3	8,3	8,3
0	0	20	6,7	6,7	6,7

Tabel 1 - Vlaams en Nederlands Maaswatergebruik volgens het Verdrag inzake de afvoer van de Maas ("Maasafvoeroverdrag")

Land	Winning	Watervoerend pakket	Diepte winning (m-mv)	Vergunde onttrekkingshoeveelheid (miljoen m ³ /jaar)	Onttrokken hoeveelheid in 2000 of 2001 (miljoen m ³ /jaar)	type
NL	Roosteren	1	5-25	9	5,1	Drinkwaterwinning
NL	Susteren	2 & 3	100-125 en 135-200	5	4,5	Drinkwaterwinning
NL	Geulle	2	40-75	2	0,82	Drinkwaterwinning
NL	Waterval	2	25-100	2,5	1,4	Drinkwaterwinning
NL	IJzeren kuil	1	15-100	4,5	5,23	Drinkwaterwinning
NL	Borgharen	1/2	10-100	4	1,43	Drinkwaterwinning
NL	Pey	2 & 3	65-110, 120-160, 165-200	3	3,9	Drinkwaterwinning
NL	De Tombe	1	8-100	3	2,7	Drinkwaterwinning
NL	As	3	70	3,5		Drinkwaterwinning
VI	Maaseik	3	200	5,5		Drinkwaterwinning
VI	Eisden	1	6,5-21	14,6		Drinkwaterwinning
VI	Meeswijk	1	20	11,4		Drinkwaterwinning
VI	Bree	2	225	2,2		Drinkwaterwinning
VI	Leut	1	12		5,1	Mijnverzakkingsgebied
VI	Greven	1	12		12,45	Mijnverzakkingsgebied
VI	Meeswijk	1	12		3,7	Mijnverzakkingsgebied
VI	Eisden-Tuinwijk	1	12		0,56	Mijnverzakkingsgebied
VI	Scana Noliko (Bree)	1	25-18	1,5		Industriële onttrekking
VI	Martens Brouwerij (Bocholt)	1	20	0,8		Industriële onttrekking
NL	KNP (Meerssen)	?	?		1	Industriële onttrekking
NL	Verenigde glasfabrieken	?	?		0,86	Industriële onttrekking

Land	Capteerder	Plaats	Sector	Toegestane capaciteit (m ³ /s)	Inschatting werkelijke captatie (m ³ /s)	Werkelijke captatie (m ³ /s)
B	cvba CIRO (centraal bevoeiingsysteem)	Kinrooi	land- en tuinbouw	/	/	0.018
NL	/	Borgharen-Linne	land- en tuinbouw	0.2	0.1	
NL	/	Borgharen-Linne	industrie	0.7	0.5	

Tabel 2 - Overzicht van grondwater- en oppervlaktewaterwinningen

Naam	nr	Lozing in waterloop	Bouwjaar	Inw. aantal	Q (m ³ /d)	Q (m ³ /s)	Gemeten debiet	% afvalwater
Neeroeteren	113	Tapziep (Witbeek)	1979	32503	3962	0,046	/	
Kessenich	177	Witbeek	1999	4058	454	0,005	/	
Bree	111	Breeërsstadsbeek (Abeek)	1980	22406	4070	0,047		
Molenbeersel	171	Abeek	1997	5208	600	0,007	0,169	
Dilsen					4561	0,053		155,26
- zonder industriële lozing	124	Kogbeek	1994	22374	2506	0,029	0,034	85,30
Eisden	99	Langbroeksbeek	1975	5499	633	0,007	/	
Maasmechelen	98	Kikbeek	1965	15215	1804	0,021	0,145	14,40
Lanaken	97	Ziepbeek	1983	22907	3093	0,036	0,044	81,35

Tabel 3 - Overzicht RWZI-lozingsgegevens

Grondwatervoeding in m ³ /s per traject		
Decade	10	12
1	7.27	1.15
2	5.86	1.04
3	5.15	0.96
4	4.75	0.91
5	4.47	0.86
6	4.30	0.83
7	4.12	0.80
8	3.98	0.77
9	3.85	0.74
10	3.75	0.72
11	3.66	0.70
12	3.58	0.68
13	3.52	0.66
14	3.45	0.65
15	3.39	0.63
16	3.34	0.61
17	3.29	0.60
18	3.25	0.59
19	3.21	0.58
20	3.17	0.56
21	3.13	0.55
22	3.10	0.54
23	3.07	0.53
24	3.03	0.52
25	3.01	0.51
26	2.98	0.50
27	2.95	0.50
28	2.93	0.49
29	2.90	0.48
30	2.88	0.47
31	2.85	0.46
32	2.83	0.46
33	2.81	0.45
34	2.79	0.44
35	2.77	0.44
36	2.75	0.43

Tabel 4 - Grondwatervoeding naar de Gemeenschappelijke Maas in droge periodes voor het traject van de Gemeenschappelijke Maas tussen Borgharen en Maasbracht (traject 10) en de Geul en zijrivieren (traject 12) (IWACO 2000)

Borgharen-dorp (km 16)	Grensmaas	21260	243058	174456	MSW-BORD	debiet & waterstand	Qh relatie	per 10 minuten
Lanaken-Smeermaas	Grensmaas	21260	242550	176287	508 Lanaken	debiet & waterstand	Qh relatie	registratie per 2 minuten - omgerekend naar uur-waarden
Meerssen	Geul	338	245475	176525		debiet & waterstand	drukopnemer	per 15 minuten
Eisloo (km 29,4)	Grensmaas		247448	183986	MSW-ELSL	waterstand	DNM	per 10 minuten
Dilsen-Rotem (Stokkem)	Grensmaas		247992	193369	506 Rotem	waterstand	borrelbuislimnigraaf	registratie per 2 minuten - omgerekend naar uur-waarden
Grevenbicht (km 43,9)	Grensmaas		247971	193284	MSW-GREV	waterstand	DNM	per 10 minuten
Maaseik (km 52,8)	Grensmaas	21787	250429	199258	505 Maaseik	debiet & waterstand	Qh relatie	registratie per 2 minuten - omgerekend naar uur-waarden
Opoeteren	Bosbeek	61,92	241490	197086	518 Opoeteren (AMWA 831)	debiet & waterstand	Qh relatie (vlotterlimnigraaf)	registratie per 2 minuten - omgerekend naar uur-waarden
Bree	Abeek	58,42	236034	206967	513 Bree (AMWA 833/2)	debiet & waterstand	Qh relatie (vlotterlimnigraaf)	registratie per 2 minuten - omgerekend naar uur-waarden
Stevensweert (km 61)	Grensmaas		252523	203426	MSW-STEV	waterstand	DNM	per 10 minuten
Roosteren	Geleenbeek		252515	197438		debiet & waterstand	drukopnemer	per 15 minuten
Kessenich	Witbeek	51,70	252370	205749	517 Kessenich (AMWA 832)	waterstand	waterstand (vlotterlimnigraaf)	registratie per 2 minuten - omgerekend naar uur-waarden

Tabel 5 - Overzicht van de vaste waterstand- en debietmeetstations

Methode	Waterloop	Plaats / km	Datum	Begin meting	Einde meting	Q (m ³ /s)	Aantal metingen
ADCP	Grensmaas	16.00	19/08/2003	13:05	13:33	8.07	4
ADCP	Grensmaas	16.80	19/08/2003	14:40	15:05	11.12	4
ADCP	Grensmaas	19.50	19/08/2003	16:28	16:46	11.17	5
ADCP	Grensmaas	22.80	20/08/2003	8:56	9:17	14.44	6
ADCP	Grensmaas	25.60	20/08/2003	10:28	10:45	14.49	6
ADCP	Grensmaas	28.80	20/08/2003	13:03	13:23	14.00	4
ADCP	Grensmaas	31.60	20/08/2003	13:54	14:02	14.56	4
ADCP	Grensmaas	33.00	20/08/2003	14:41	14:54	14.76	5
ADCP	Grensmaas	36.20	20/08/2003	15:42	16:05	15.64	5
ADCP	Grensmaas	37.40	20/08/2003	16:30	16:49	15.95	4
ADCP	Grensmaas	39.70	21/08/2003	9:36	9:55	14.54	4
ADCP	Grensmaas	46.70	21/08/2003	11:03	11:33	16.40	5
ADCP	Grensmaas	48.70	21/08/2003	12:02	12:20	17.54	4
ADCP	Grensmaas	52.15	21/08/2003	13:06	13:27	17.71	9
ADCP	Grensmaas	54.00	21/08/2003	15:27	15:49	17.19	4
Flo-Mate	Grensmaas	Lanaken	23/07/2003			13.73	2
						14.08	
Flo-Mate	Grensmaas	Rotem	23/07/2003			17.70	2
						20.13	
Flo-Mate	Grensmaas	Maaseik	22/07/2003			19.07	1
			24/07/2003			18.44	1
Flo-Mate	Abeek	Ophoven	8/08/2003	9:00	9:35	0.11	1
			19/08/2003			0.17	1
Flo-Mate	Bosbeek	Aldeneik	8/08/2003	10:50	11:10	0.07	2
				10:45	11:00	0.07	
Flo-Mate	Zanderbeek	Heppeneert	8/08/2003	11:45	12:15	0.02	1
			21/08/2003			0.03	2
Flo-Mate	Kogbeek	Bichterweerd	8/08/2003	13:30	13:50	0.02	1
			21/08/2003			0.03	1
Flo-Mate	Kikbeek	Maasmechelen	8/08/2003	15:30	15:50	0.12	1
			21/08/2003			0.15	1
Flo-Mate	Ziepbeek	Kotem	11/08/2003	10:30	10:50	0.06	1
			21/08/2003			0.04	1
Flo-Mate	Kingbeek	Illikhoven	21/08/2003			0.01	2
						0.02	
Flo-Mate	Ur	Urmond	21/08/2003			0.08	1
Flo-Mate	Hemelbeek	Elsloo	21/08/2003			0.03	1
Flo-Mate	Molenbeek	Geulle	21/08/2003			0.02	1
Flo-Mate	Geul	monding	21/08/2003			1.49	1

Tabel 6 - Overzicht ruwe meetgegevens zomer 2003

km	afstand tot Borgharen (km)	begin waterstandstijging (20/08/03)				einde waterstijging (20/08/03)			
		min/km begin stijging	duur tot begin stijging (min)	tijd begin stijging (berekend)	tijd begin stijging (waargenomen)	min/km einde stijging	duur tot einde stijging (min)	tijd einde stijging (berekend)	tijd einde stijging (waargenomen)
16	0		0	1:30	1:30		0	8:50	8:50
16.8	0.8		12	1:42			21	9:10	
17	1	15.46	15	1:45		26.04	26	9:16	
18	2	15.86	31	2:01		26.00	52	9:42	
19	3	16.26	48	2:17		25.96	78	10:08	
19.5	3.5		56	2:25			91	10:20	
20	4	16.65	64	2:34		25.93	104	10:33	
21	5	17.05	81	2:51		25.89	130	10:59	
22	6	17.44	99	3:08		25.85	156	11:25	
22.8	6.8		113	3:22			176	11:46	
23	7	17.84	117	3:26		25.82	181	11:51	
24	8	18.24	135	3:44		25.78	207	12:17	
25	9	18.63	153	4:03		25.74	233	12:43	
25.6	9.6		165	4:14			248	12:58	
26	10	19.03	172	4:22		25.70	259	13:08	
27	11	19.43	192	4:41		25.67	284	13:34	
28	12	19.82	212	5:01		25.63	310	14:00	
28.8	12.8		228	5:17			330	14:20	
29	13	20.22	232	5:21		25.59	336	14:25	
29.3	13.3		238	5:28	5:50		343	14:33	15:10
30	14	20.61	253	5:42		25.56	361	14:51	
31	15	21.01	274	6:03		25.52	387	15:16	
31.6	15.6		286	6:16			402	15:31	
32	16	21.41	295	6:24		25.48	412	15:42	
33	17	21.80	317	6:46		25.44	438	16:07	
34	18	22.20	339	7:08		25.41	463	16:33	
35	19	22.59	362	7:31		25.37	488	16:58	
36	20	22.99	385	7:54		25.33	514	17:23	
36.2	20.2		389	7:59			519	17:28	
37	21	23.39	408	8:17		25.29	539	17:49	
37.4	21.4		417	8:27			549	17:59	
38	22	23.78	432	8:41		25.26	564	18:14	
39	23	24.18	456	9:05		25.22	589	18:39	
39.7	23.7		473	9:23			607	18:57	
40	24	24.58	480	9:30		25.18	615	19:04	
41	25	24.97	505	9:55		25.15	640	19:29	
42	26	25.37	531	10:20		25.11	665	19:54	
43	27	25.76	557	10:46		25.07	690	20:19	
44	28	26.16	583	11:12	10:50	25.03	715	20:45	20:20
45	29	26.56	609	11:39		25.00	740	21:10	
46	30	26.95	636	12:06		24.96	765	21:34	
46.7	30.7		655	12:25			782	21:52	
47	31	27.35	664	12:33		24.92	790	21:59	
48	32	27.75	691	13:01		24.89	815	22:24	
48.7	32.7		711	13:21			832	22:42	
49	33	28.14	719	13:29		24.85	840	22:49	
50	34	28.54	748	13:58		24.81	864	23:14	
51	35	28.93	777	14:26		24.77	889	23:39	
52	36	29.33	806	14:56		24.74	914	0:03	
52.15	36.15		806	14:56			918	0:07	
52.8	36.8		830	15:20	15:30		934	0:23	0:50
53	37	29.73	836	15:26		24.70	939	0:28	
54	38	30.12	866	15:56		24.66	963	0:53	

Tabel 7 - Overzicht van de werkelijke en berekende tijdstippen van het begin en einde van de waterstandsverhogingen voor de afvoergolf van +6,6 m³/s op 20/08/03 voor de verschillende ADCP-meetplaatsen.

1ste dag (19/08/03)						
ADCP-meting	Tijdstip ADCP-meting	Overeenkomend tijdstip Borgharen	Extra afvoer Borgharen	Extra afvoer overlaat Bosscherveld	Mogelijke correctietermen	Vertraging tov verandering in Borgharen
1ste meting km 16		13:00	1,20	0	0,2	0 min
	13:10	13:10	0,60	0		
	13:20	13:20	0,00	0		
	13:30	13:30	0,00	0		
		13:40	0,00	0		
2de meting km 16,8		14:10	1,80	0		12 tot 21 min
		14:20	0,60	0	1,00	
	14:40	14:30	0,60	0	0,60	
	14:50	14:40	0,60	0		
	15:00	14:50	0,60	0		
		15:00	0,60	0		
		15:10	0,60	0		
3de meting km 19,5		15:00	0,60	0	0,6	56 tot 91 min
		15:10	0,60	0	0,3	
		15:20	0,00	0	0,3	
	16:30	15:30	0,60	0	0,9	
	16:40	15:40	1,20	0		
		15:50	0,60	0		

Tabel 8 - Mogelijke correctietermen voor de ADCP-metingen van 19 augustus

Maas	Zijrivier	km	Afvoer Maas (m³/s)				Afvoer zijrivier (m³/s)	Grondwaterstroming (m³/s)			
			Gemeten	Correctie 1	Correctie 2	Correctie 3		Zonder correctie	Correctie 1	Correctie 2	Correctie 3
Borgharen 1	Overlaat van Bosscherveld	16,00	8,07	8,27	8,27	8,27	0,50	2,55	1,35	1,75	1,35
		16,60									
Borgharen 2		16,80	11,12	10,12	10,52	10,12					
Itteren	Geul	19,50	11,17	10,87	10,27	10,57	1,49	0,05	0,75	-0,25	0,45
		22,55						1,78	-0,32	1,19	0,38
Herbricht	Molenbeek	22,80	14,44	12,04	12,95	12,44	0,02	0,03	-0,53	0,15	0,03
Geulle	Hemelbeek	25,45	14,49	11,53	13,12	12,49	0,03	-0,52	1,23	-0,39	0,26
		28,33									
Eisloo	Ziepbeek	28,80	14,00	12,79	12,76	12,78	0,04	0,52	0,55	0,58	0,56
Maasmechelen 1	Kikbeek	31,30	14,56	13,38	13,38	13,38	0,15	0,05	0,06	0,06	0,06
		32,70									
Maasmechelen 2	Langbroekbeek	33,00	14,76	13,59	13,59	13,59	0,00	-0,12	-0,08	-0,08	-0,08
	Lozing DSM	35,50				1,00					
Urmond 1	Ur	36,20	15,64	14,51	14,51	14,51	0,08	0,23	0,24	0,24	0,24
		37,21									
Urmond 2		37,40	15,95	14,83	14,83	14,83		-1,41	-0,29	-0,29	-0,29
Berg aan de Maas		39,70	14,54	niet van toepassing							
	Rachelsbeek/Genootsbeek	42,60		niet van toepassing			0,00	1,83	1,83	1,83	1,83
	Vrietselbeek	43,20		niet van toepassing			0,00				
	Kogbeek	46,18		niet van toepassing			0,03				
Elen	Kingbeek	46,70	16,40	niet van toepassing			0,01	1,13	1,13	1,13	1,13
		48,50			niet van toepassing						
IJlikhoven	Zanderbeek	48,70	17,54	niet van toepassing			0,03	0,14	0,14	0,14	0,14
Maaseik 1		51,90	17,71	niet van toepassing				-0,52	-0,52	-0,52	-0,52
Maaseik 2		54,00	17,19	niet van toepassing							
	Bosbeek	57,40					0,10				
	Abeek	59,53					0,17				
	Geleenbeek	65,50					1,10				
Totaal				8,92	8,92	8,92	4,76	5,73	5,53	5,53	5,53

Tabel 9 - Gebruikte parameters voor de berekening van de mogelijke correctietermen van dag 2

2de dag (20/08/03)											
ADCP-meting	Tijdstip ADCP-meting	Overeenkomend tijdstip Borgharen	Extra afvoer Borgharen	Extra afvoer overlaat Bosscheveld	Overeenkomend tijdstip Elsloo	Berekende extra afvoer Elsloo	Overeenkomend tijdstip Grevenbicht	Berekende extra afvoer Grevenbicht	Mogelijke correctietermen		
		5:50	2.40	0.40			niet van toepassing				
		6:00	2.40	0.40							
		6:10	2.40	0.40							
		6:20	2.40	0.80	11:40	2.40					
4de meting km 22,8	9:00	6:30	2.40	0.00	11:50	2.40				2.20	
	9:10	6:40	1.80	0.00	12:00	2.40				2.00	
	9:20	6:50	1.80	0.00	12:10	2.40				1.80	
		7:00	1.80	0.00	12:20	2.40				1.59	
					12:30	1.20				1.49	
					12:40	1.20				1.69	
					12:50	1.20		1.79			
		6:10	2.40	0.40			niet van toepassing				
		6:20	2.40	0.40							
		6:30	2.40	0.80							
		6:40	1.80	0.00	12:00	2.40					
5de meting km 25,6	10:30	6:50	1.80	0.00	12:10	2.40				2.23	
	10:40	7:10	1.80	0.00	12:20	2.40				1.80	
		7:20	2.40	0.40	12:30	1.20				1.37	
					12:40	1.20				2.10	
					12:50	1.20				1.56	
					13:00	1.20				1.70	
		7:00	1.80	0.00			niet van toepassing				
		7:10	1.80	0.00					1.24		
		7:20	2.40	0.40					1.23		
		7:30	1.80	0.00	13:00	1.20			1.22		
		7:40	2.40	0.00	13:10	1.20			1.21		
6de meting km 28,8	13:00	7:50	1.80	0.00	13:20	1.20					
	13:10	8:00	1.20	0.00	13:30	1.20					
	13:20	8:10	1.80	0.00	13:40	1.20					
					13:50	1.20					
					14:00	1.20					
					14:10	1.20					
7de meting km 31,6	13:50	niet van toepassing					18:40	1.06			
							18:50	1.06			
							19:00	1.06			
							13:00	1.20	19:10	1.06	1.18
							13:10	1.20	19:20	1.06	
							13:20	1.20	19:30	1.06	
							13:30	1.20			
13:40	1.20										
							18:40	1.06			
							18:50	1.06			
							19:00	1.06			
							19:10	1.06			
							13:10	1.20	19:20	1.06	1.17
							13:20	1.20	19:30	1.06	
							13:30	1.20			
13:40	1.20										
8ste meting km 33	14:40	niet van toepassing					18:20	1.06			
							18:30	1.06			
							18:40	1.06			
							18:50	1.06			
							12:50	1.20	19:00	1.06	
							13:00	1.20	19:10	1.06	1.13
							13:10	1.20	19:20	1.06	
13:20	1.20	19:30	1.06								
							13:30	1.20			
							13:40	1.20			
							13:50	1.20			
							14:00	1.20			
9de meting km 36,2	15:40	niet van toepassing					18:50	1.06			
							19:00	1.06			
							19:10	1.06			
							13:10	1.20	19:20	1.06	1.12
							13:20	1.20	19:30	1.06	
							13:30	1.20	19:40	1.06	
							13:40	1.20	19:50	1.06	
							13:50	1.20			
							14:00	1.20			
							14:10	1.20			
10de meting km 37,4	16:30	niet van toepassing					18:50	1.06			
	16:40						19:00	1.06			
	16:50						19:10	1.06			
							13:10	1.20			
							13:20	1.20	19:20	1.06	
							13:30	1.20	19:30	1.06	
							13:40	1.20	19:40	1.06	
							13:50	1.20			
							14:00	1.20			
							14:10	1.20			

Tabel 10 - Mogelijke correctietermen voor de ADCP-metingen van dag 2

Mod. 720-12 Gemeenschappelijke Maas. Laagwatermetingen zomer 2003

Maas	Zijrivier	km	Afvoer Maas (m ³ /s)				Afvoer zijrivier (m ³ /s)	Grondwaterstroming (m ³ /s)			
			Gemeten	Correctie 1	Correctie 2	Correctie 3		Zonder correctie	Correctie 1	Correctie 2	Correctie 3
Borgharen 1		16,00	8,07	8,27	8,27	8,27					
	Overlaat van Bosscheveld	16,60					0,50	2,55	1,35	1,75	1,35
Borgharen 2		16,80	11,12	10,12	10,52	10,12					
		19,50	11,17	10,87	10,27	10,57		0,05	0,75	-0,25	0,45
	Geul	22,55					1,49	1,78	-0,32	1,19	0,38
Herbricht		22,80	14,44	12,04	12,95	12,44					
	Molenbeek	25,45					0,02	0,03	-0,53	0,15	0,03
Geulle		25,60	14,49	11,53	13,12	12,49					
	Hemelbeek	28,33					0,03	-0,52	1,23	-0,39	0,26
Elsloo		28,80	14,00	12,79	12,76	12,78					
	Ziepbeek	31,30					0,04	0,52	0,55	0,58	0,56
Maasmechelen 1		31,60	14,56	13,38	13,38	13,38					
	Kikbeek	32,70					0,15	0,05	0,06	0,06	0,06
Maasmechelen 2		33,00	14,76	13,59	13,59	13,59					
	Langbroekbeek	35,00					0,00				
	Lozing DSM	35,50					1,00	-0,12	-0,08	-0,08	-0,08
Urmond 1		36,20	15,64	14,51	14,51	14,51					
	Ur	37,21					0,08	0,23	0,24	0,24	0,24
Urmond 2		37,40	15,95	14,83	14,83	14,83					
Berg aan de Maas		39,70	14,54	niet van toepassing				-1,41	-0,29	-0,29	-0,29
	Rachelsbeek/Genootsbeek	42,60		niet van toepassing			0,00				
	Vrietselbeek	43,20					0,00	1,83	1,83	1,83	1,83
	Kogbeek	46,18					0,03				
Elen		46,70	16,40								
	Kingbeek	48,50					0,01	1,13	1,13	1,13	1,13
Illikhoven		48,70	17,54	niet van toepassing							
	Zanderbeek	51,90					0,03	0,14	0,14	0,14	0,14
Maaseik 1		52,15	17,71	niet van toepassing							
Maaseik 2		54,00	17,19	niet van toepassing				-0,52	-0,52	-0,52	-0,52
	Bosbeek	57,40					0,10				
	Abeek	59,53					0,17				
	Geleenbeek	65,50					1,10				
Totaal				8,92	8,92	8,92	4,76	5,73	5,53	5,53	5,53

Tabel 11 - Waterbalans per ADCP-meetpunt met mogelijke correcties. Correctie 1 en 2 geven samen de maximale spreiding van de grondwatervoeding weer, terwijl correctie 3 het meest waarschijnlijke weergeeft.

Maas	Zijrivier	km	Afvoer Maas (m³/s)		Afvoer zijrivier (m³/s)	Grondwaterstroming (m³/s)
			Gemeten	Correctie 3		
Borgharen 1		16.00	8.07	8.27		
	Overlaat van Bosscheveld	16, 60			0.50	+ 1,80
Borgharen 2		16.80	11.12	10.12		
Itteren		19.50	11.17	10.57		
	Geul	22.55			1.49	
Herbricht		22.80	14.44	12.44		+ 0,41
	Molenbeek	25.45			0.02	
Geulle		25.60	14.49	12.49		
	Hemelbeek	28.33			0.03	
Eisloo		28.80	14.00	12.78		+ 0,81
	Ziepbeek	31.30			0.04	
Maasmechelen 1		31.60	14.56	13.38		
	Kikbeek	32.70			0.15	+ 0,06
Maasmechelen 2		33.00	14.76	13.59		
	Langbroekbeek	35.00			0.00	
	Lozing DSM	35.50			1.00	
Urmond 1		36.20	15.64	14.51		+ 0,16
	Ur	37.21			0.08	
Urmond 2		37.40	15.95	14.83		
Berg aan de Maas		39.70	14.54	niet van toepassing		- 0,29
	Rachelsbeek/ Genootsbeek	43.20		niet van toepassing	0.00	+ 1,83
	Vrietselbeek	44.00		niet van toepassing	0.00	
	Kogbeek	46.18		niet van toepassing	0.03	
Elen		46.70	16.40			
	Kingbeek	48.50			0.01	
Illikhoven		48.70	17.54			+ 1,27
	Zanderbeek	51.90			0.03	
Maaseik 1		52.15	17.71			
Maaseik 2		54.00	17.19	niet van toepassing		- 0,52
	Bosbeek	57.40			0.10	
	Abeek	59.53		niet van toepassing	0.17	?
	Geleenbeek	65.50			1.10	
Totaal				8.92	4.76	5.53

Tabel 12 - Waterbalans 2003

Maas	Zijrivier	km	Afvoer Maas (m³/s)	Afvoer zijrivier (m³/s)	Grondwaterstroming (m³/s)
Borgharen		16.40	1.50		+ 0,2
Itteren		19.80	1.70		
	Geul	22.55		1.30	/
	Kanjelbeek			0.05	
Geulle		25.40	3.00		
	Hemelbeek	28.33		0.10	+ 0,5
Elsloo		30.90	3.60		+ 0,35
	Ziepbeek	31.30		0.00	
	Kikbeek	32.70		0.05	
Maasband		33.50	4.00		- 0,20
	Langbroekbeek	35.00		0.00	
Urmond		37.20	3.80		-0,40
	Ur	37.21		1.20	
Berg aan de Maas		39.62	4.60		+ 1,30
	Oude Maas - Genootsbeek	43.20		0.00	
Grevenbicht		45.54	5.90		+ 0,80
	Kogbeek	46.18		0.05	
	Kingbeek	48.50		0.00	
	Zanderbeek	52.33		0.05	?
Maaseik		52.64	6.80		
	Bosbeek	57.40		0.00	
	Abeek	59.53		0.20	
	Geleenbeek	65.50		1.20	
	Thornderbeek	67.00		0.00	
Maasbracht			8.20		
Totaal			6.70	4.20	2.55

Tabel 13 - Waterbalans 1976

BIJLAGEN

BIJLAGE A: FOTO'S ADCP-METINGEN



ADCP-meetploeg



ADCP-meettoestel in Trimaran-behuizing



Meting met ADCP



Via telemetrie worden de meetgegevens in een laptop ontvangen



Meting afgerond? Op naar de volgende meetplaats

BIJLAGE B: FOTO'S DEBIETMEETPLAATSEN OP ZIJRIVIEREN



Koker monding Kingbeek



Stroomopwaarts monding Kingbeek
(zicht stroomafwaarts)



Stroomopwaarts monding Ur
(zicht stroomopwaarts)



Stroomopwaarts monding Hemelbeek
(zicht stroomafwaarts)



Stroomopwaarts monding Molenbeek
(zicht stroomafwaarts)



Monding Geul



Monding Ziepbeek



Duiker onder winterdijk Kogbeek
(zicht stroomafwaarts)



Koker stroomopwaarts monding Kogbeek
(zicht stroomopwaarts)



Duiker Zanderbeek
(zicht stroomafwaarts)



Brug stroomopwaarts duiker Zanderbeek
(zicht stroomopwaarts)



Debietmeting Bosbeek op de brug te Aldeneik

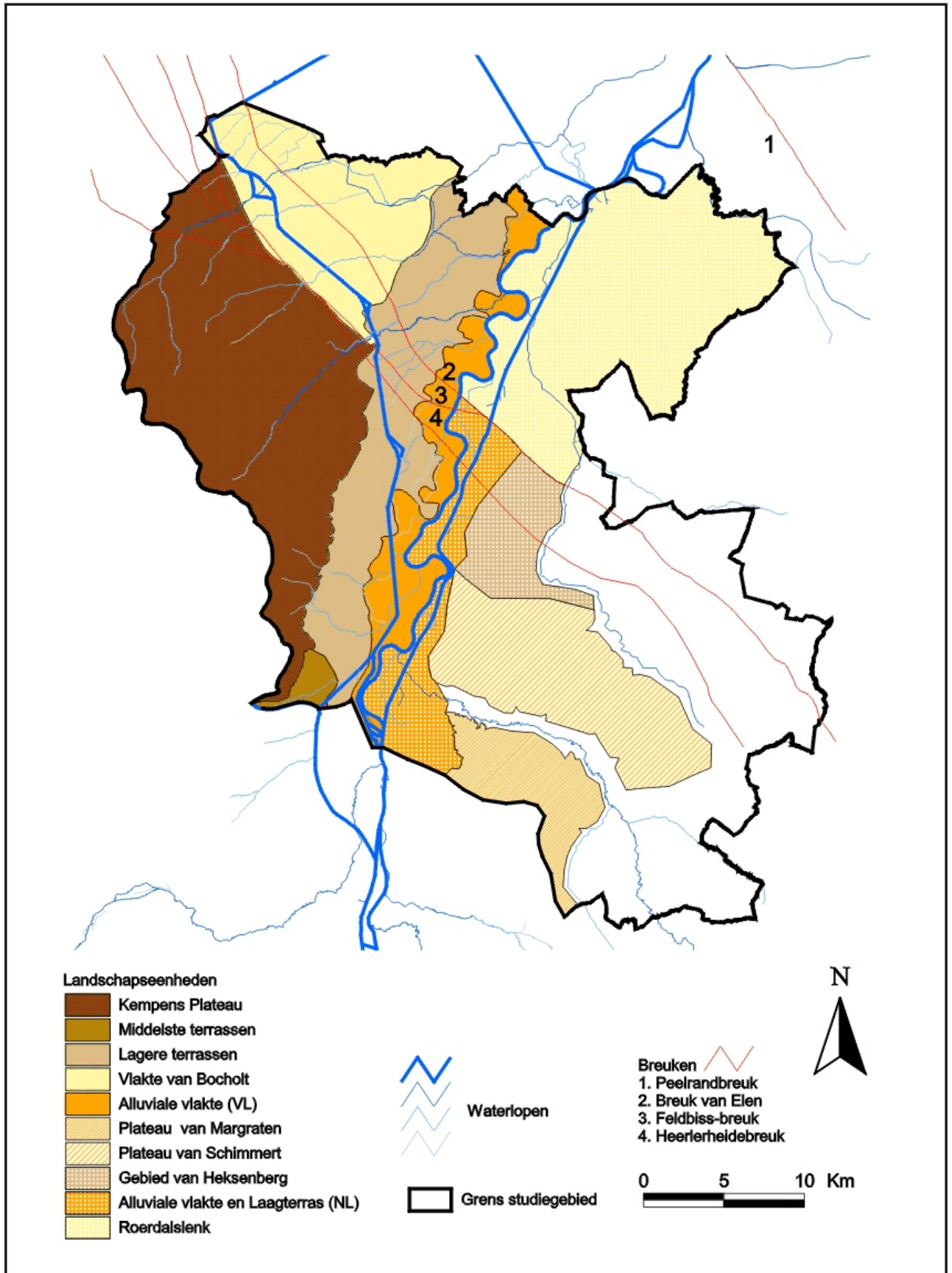


Natte sectie brug Bosbeek
(zicht stroomafwaarts)



Brug Abeek stroomopwaarts monding
(zicht stroomafwaarts)

KAARTEN



Overzicht studiegebied

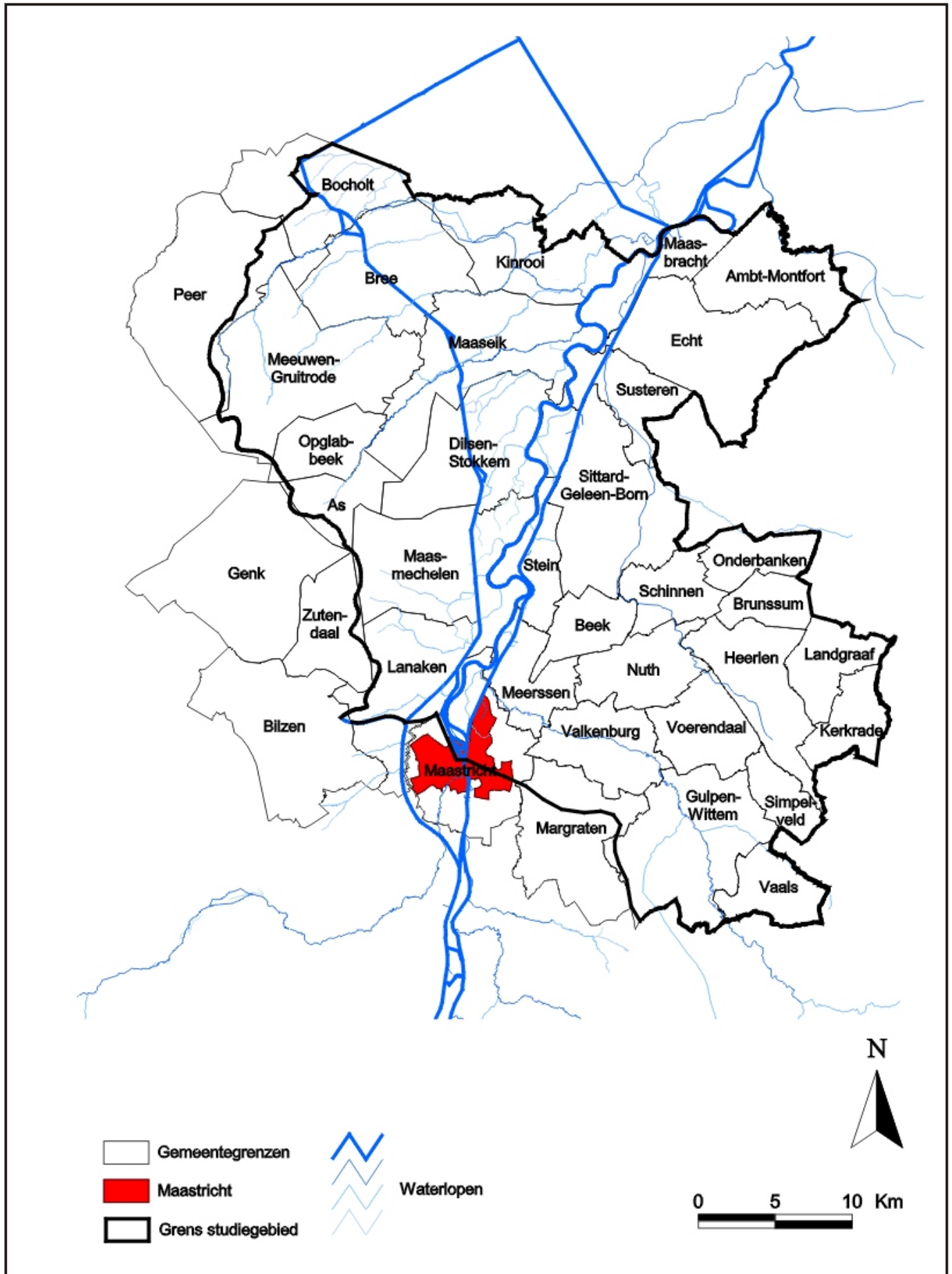
W.L. 04.0141



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**
Borgerhout - Antwerpen

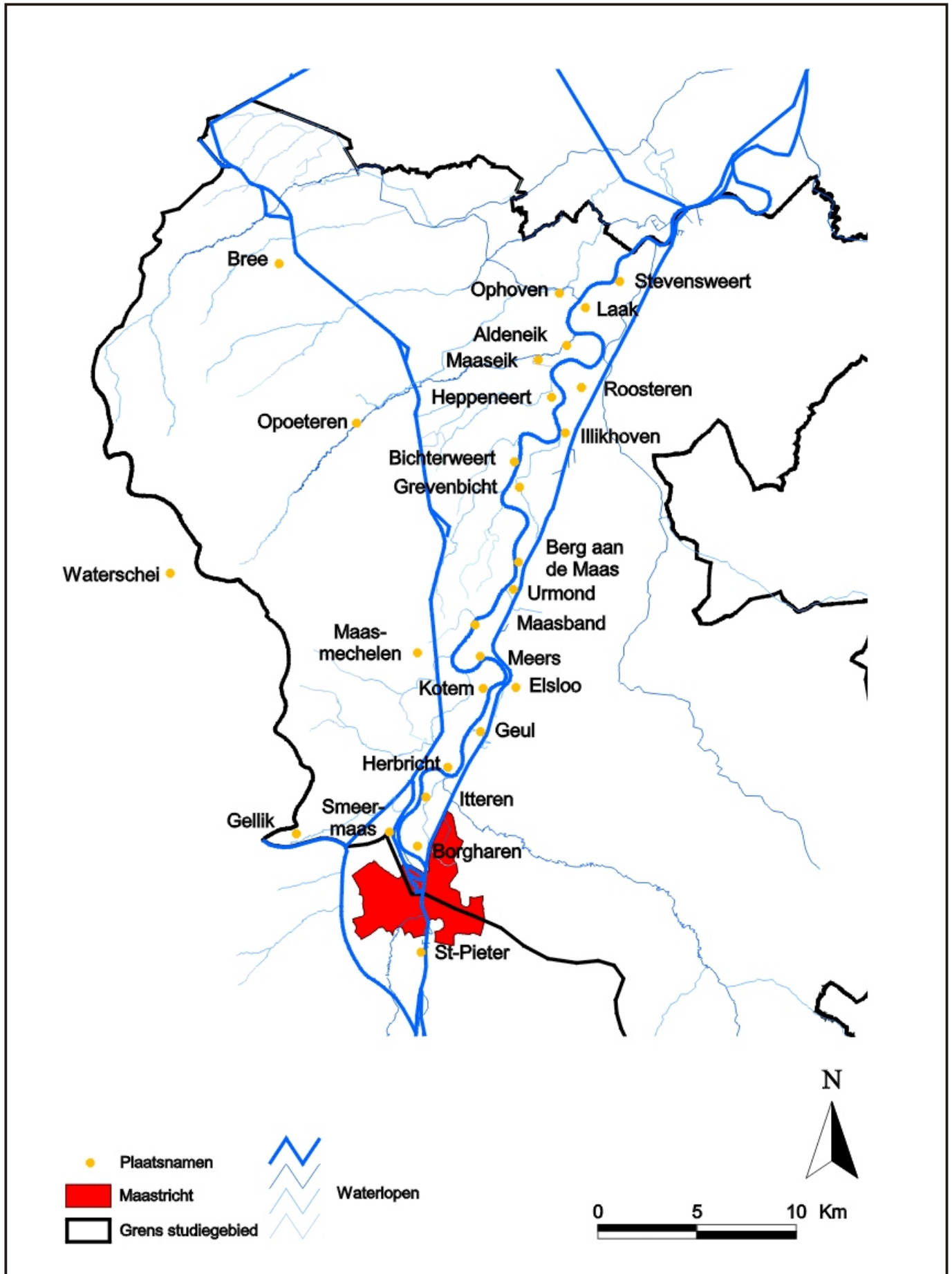
M 720/12

Kaart 1

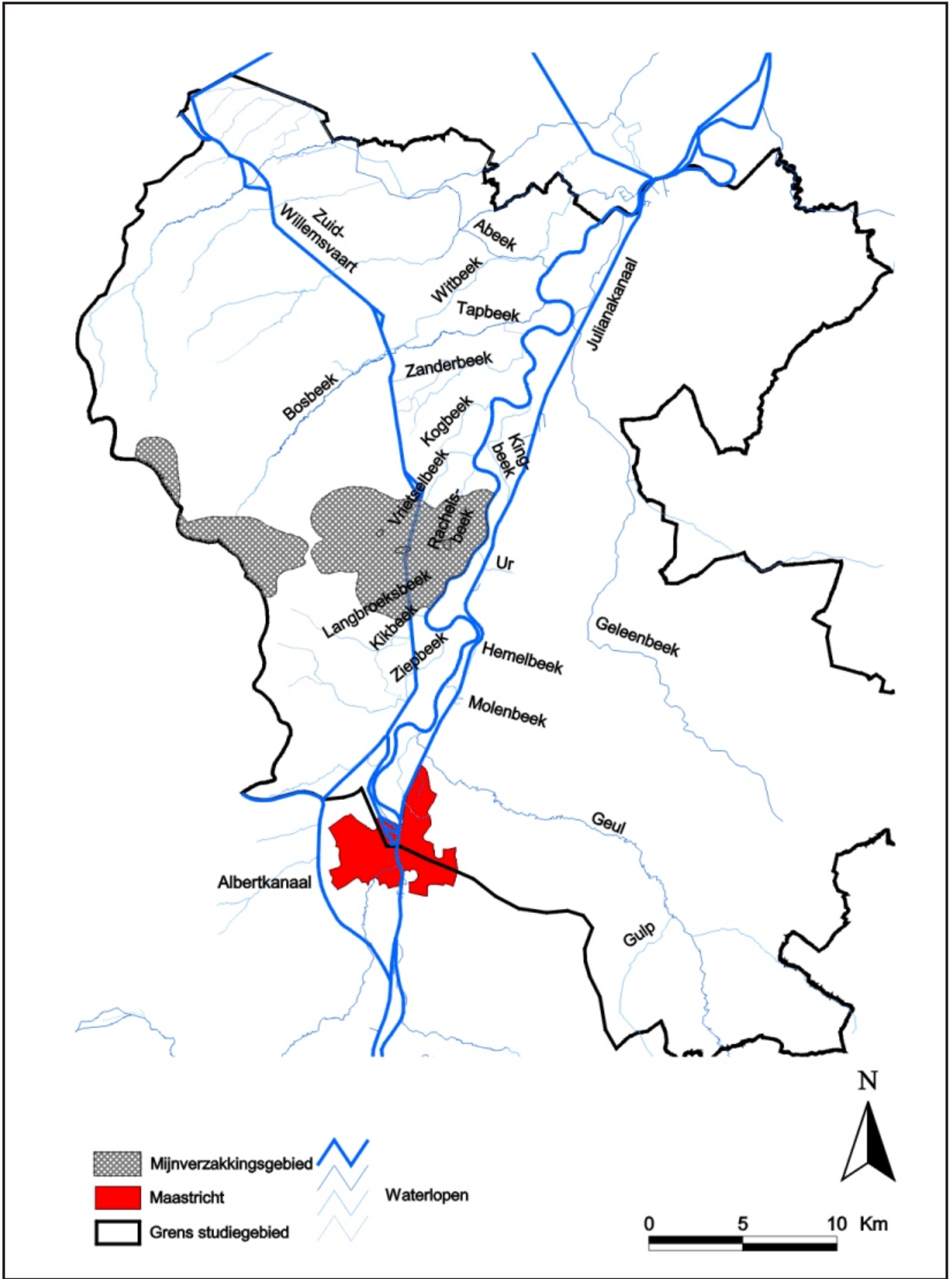


Gemeentegrenzen





Plaatsnamen



Waterlopen

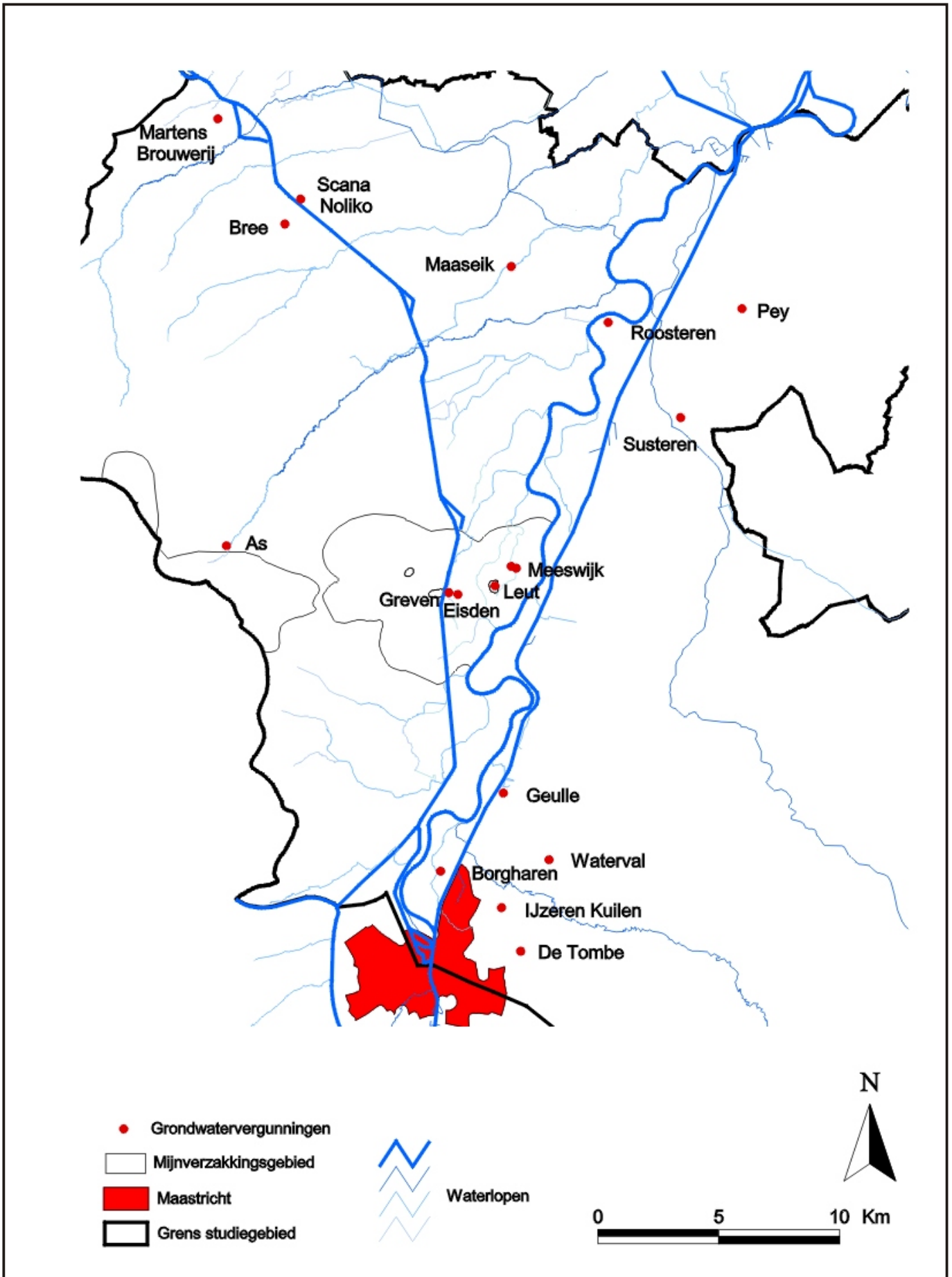
W.L. 04.0144



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**
Borgerhout - Antwerpen

M 720/12

Kaart 4



Onttrekkingen

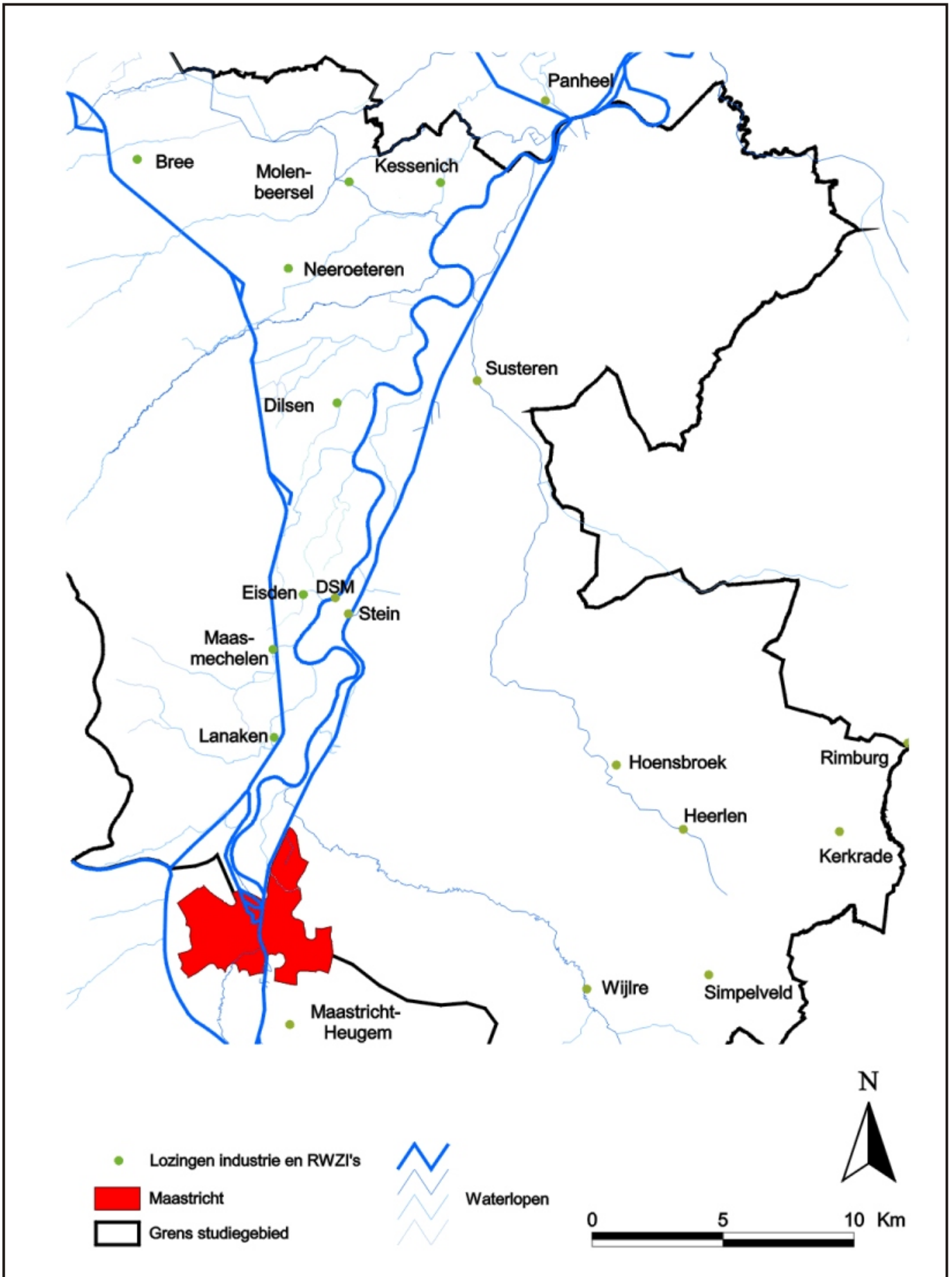
W.L. 04.0145



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
 EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**
 Borgerhout - Antwerpen

M 720/12

Kaart 5



Lozingen

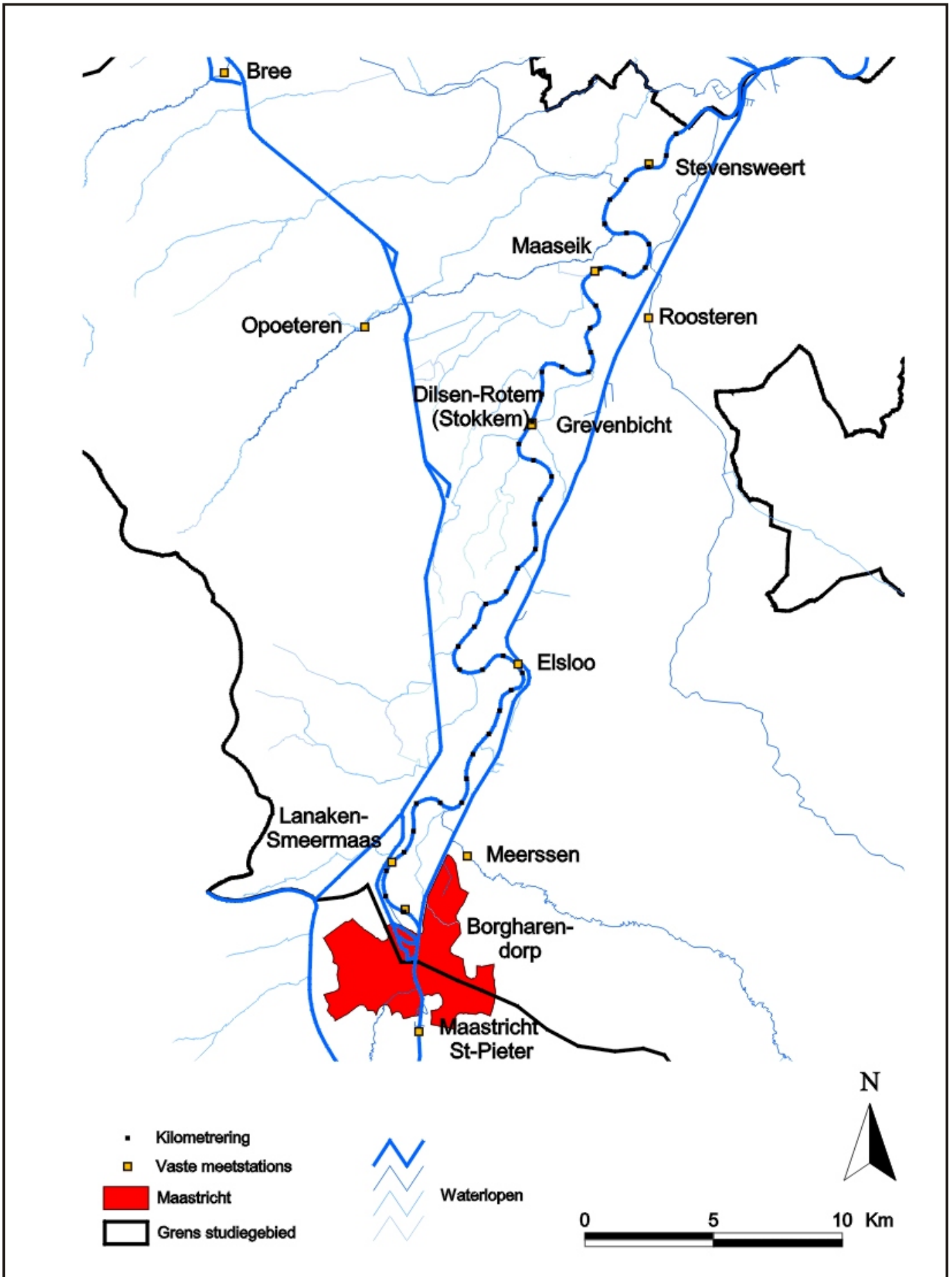
W.L. 04.0146



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**
Borgerhout - Antwerpen

M 720/12

Kaart 6



Vaste meetstations

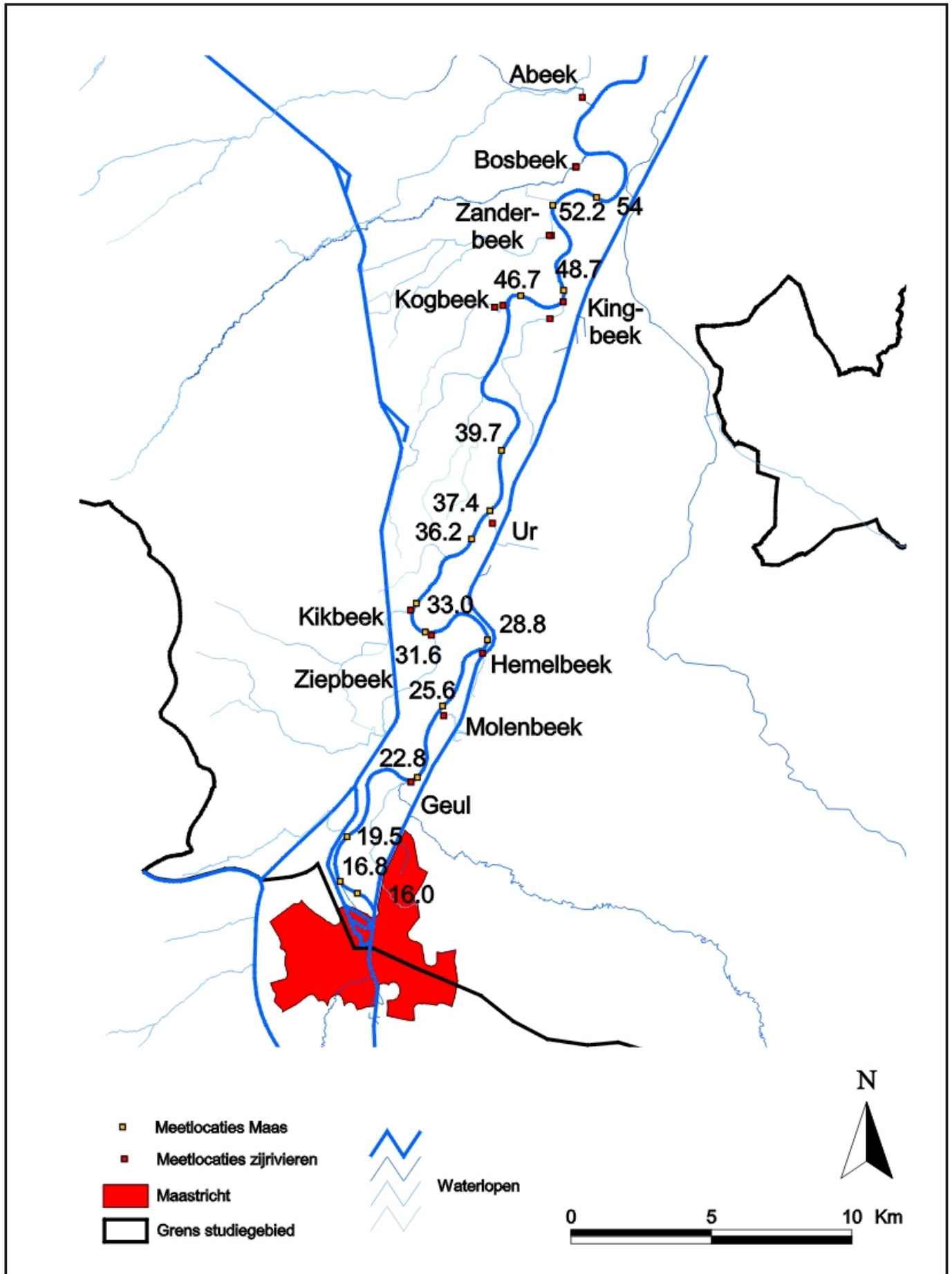
W.L. 04.0147



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
 EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**
 Borgerhout - Antwerpen

M 720/12

Kaart 7



Meetlocaties zomer 2003

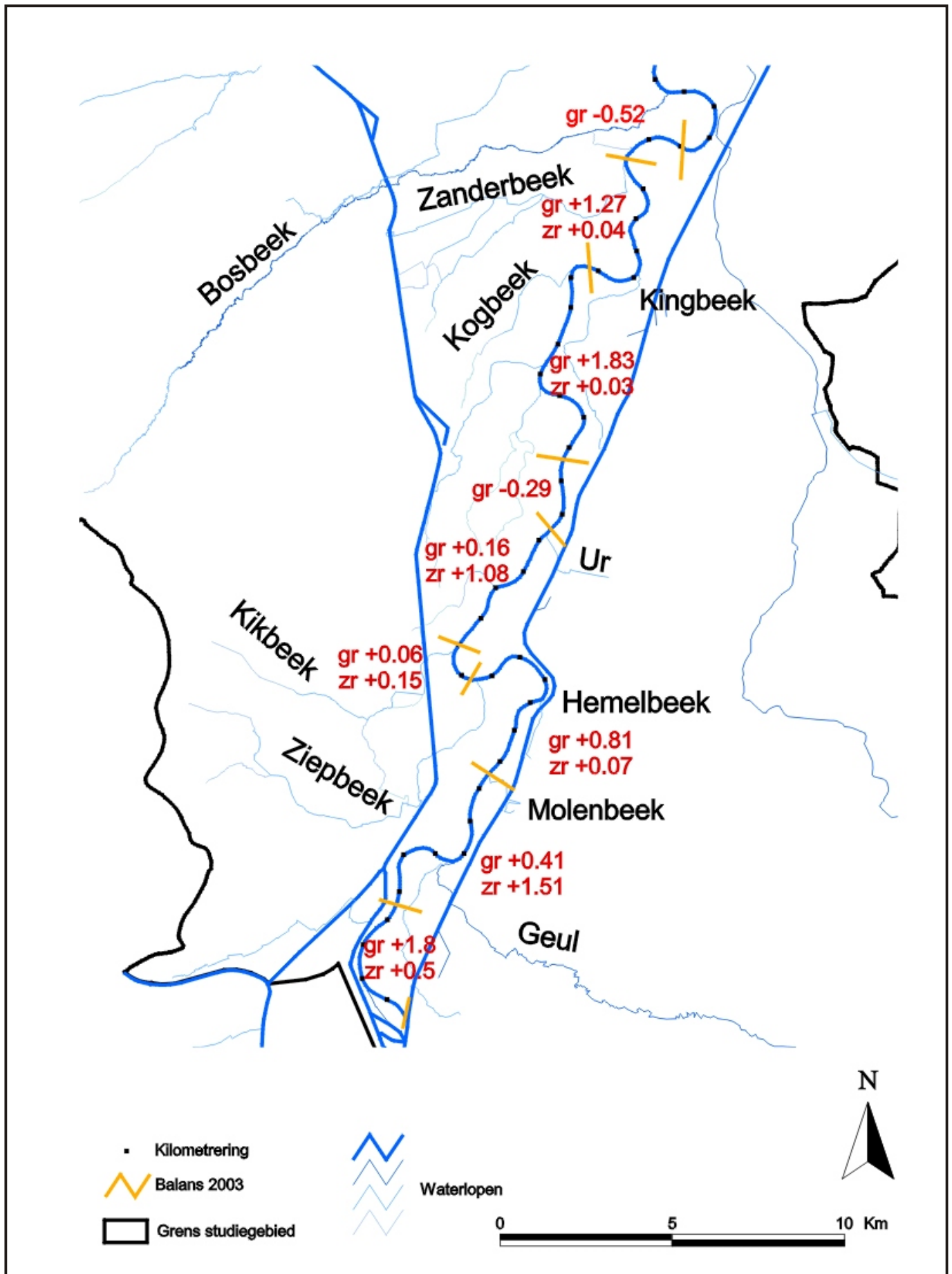
W.L. 04.0148



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**
Borgerhout - Antwerpen

M 720/12

Kaart 8



Waterbalans zomer 2003

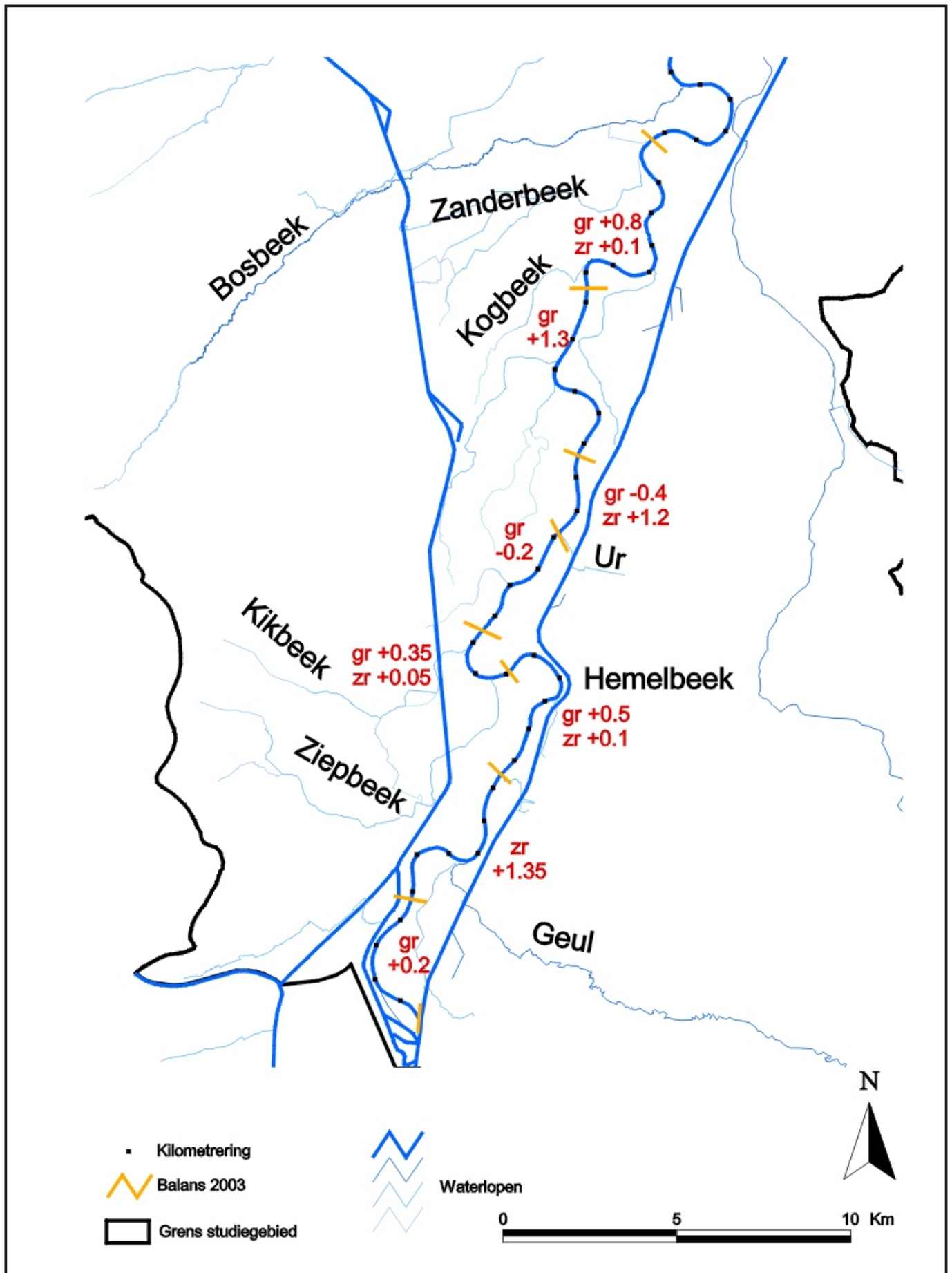
W.L. 04.0149



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**
Borgerhout - Antwerpen

M 720/12

Kaart 9



Waterbalans zomer 1976

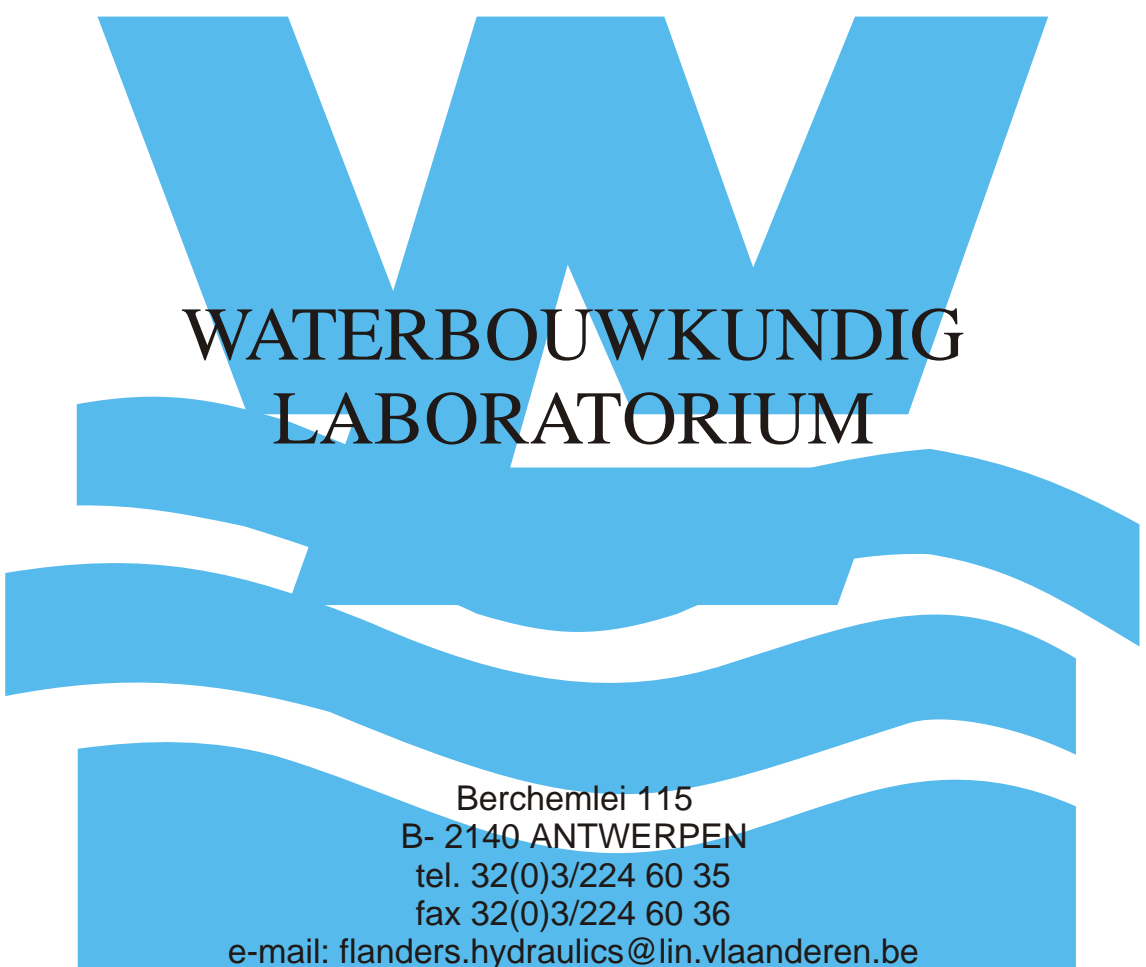
W.L. 04.0150



**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**
Borgerhout - Antwerpen

M 720/12

Kaart 10



**WATERBOUWKUNDIG
LABORATORIUM**

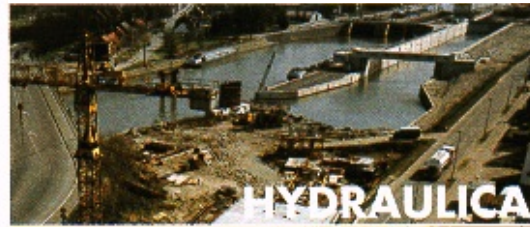
Berchemlei 115
B- 2140 ANTWERPEN
tel. 32(0)3/224 60 35
fax 32(0)3/224 60 36
e-mail: flanders.hydraulics@lin.vlaanderen.be
watlab@lin.vlaanderen.be

<http://watlab.lin.vlaanderen.be>

FLANDERS HYDRAULICS RESEARCH

WATERBOUWKUNDIG
LABORATORIUM

FLANDERS
HYDRAULICS
RESEARCH



ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
departement Leefmilieu en Infrastructuur
administratie Waterwegen en Zeewezen
afdeling Waterbouwkundig Laboratorium