

# BEKKEN VAN DE GEMEENSCHAPPELIJKE MAAS

INVENTARISATIE VOOR DE OPMAAK  
VAN ZOETWATERSTRATEGIEËN



WATERBOUWKUNDIG  
LABORATORIUM

FLANDERS HYDRAULICS



UNIVERSITEIT  
ANTWERPEN



ECOSYSTEM MANAGEMENT  
RESEARCH GROUP



Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
Departement Leefmilieu en Infrastructuur  
Administratie Waterwegen en Zeewezen

## **Model 720/1**

# **BEKKEN VAN DE GEMEENSCHAPPELIJKE MAAS INVENTARISATIE VOOR DE OPMAAK VAN ZOETWATERSTRATEGIEËN**

Maart 2004

# INHOUDSOPGAVE

Inhoudsopgave	I
LIJST DER TABELLEN	III
LIJST VAN DE FOTO'S	IV
LIJST VAN DE FIGUREN	V
1 Inleiding	1
2 Watersysteemkenmerken	3
2.1 Hydrografie oppervlaktewater	3
2.1.1 Overzicht stroomgebied	3
2.1.1.1 Inleiding	3
2.1.1.2 Frankrijk	3
2.1.1.3 België: Wallonië	4
2.1.1.4 België – Nederland	5
2.1.1.5 Nederland	6
2.1.2 Afbakening studiegebied	6
2.1.3 Overzicht waterlopen die uitmonden in de Gemeenschappelijke Maas	6
2.1.3.1 Linkeroever Gemeenschappelijke Maas	6
2.1.3.2 Rechteroever Gemeenschappelijke Maas	11
2.2 Geologie & Reliëf	13
2.2.1 Geologische geschiedenis van het Maasbekken.	13
2.2.2 Reliëf	15
2.2.3 Breuken	16
2.2.4 Afgedekte geologische kaart	16
2.2.4.1 Bespreking van de lithostratigrafische eenheden	17
2.2.4.1.1 Cambro-Siluur	17
2.2.4.1.2 Devoon (De)	17
2.2.4.1.3 Carboon	17
2.2.4.1.4 Perm-Trias-Jura	17
2.2.4.1.5 Krijt	18
2.2.4.1.6 Tertiair	18
2.2.5 Quartair geologische kaart	22
2.2.5.1 Geschiedenis	23
2.2.5.2 Dikte van het quartair	24
2.2.5.3 Bespreking van de voornaamste lithostratigrafische eenheden	24
2.2.5.3.1 Fluviale (Maas- en Rijn) afzettingen (Beerten 1998, 1999)	24
2.2.5.3.2 Eolische afzettingen (Beerten 1998, 1999, Verstraelen 2000)	27
2.3 Bodem	27
2.4 Hydrogeologie	29
2.4.1 HCOV	29
2.4.2 Voornaamste watervoerende lagen	29
2.4.2.1 De Roerdal Slenk	29
2.4.2.2 Het Kempisch Plateau en de Maasvallei	30
2.4.2.3 Zuid-Limburg	32
2.4.3 Aanvoer van grondwater naar de Maasvallei	33
2.4.4 Grondwatervoeding naar de Maas in droge perioden (IWACO 2000)	34
2.4.5 Kwel- en infiltratiezones in het studiegebied	34
2.4.6 Oude meanders van de Maas	35
2.5 Meetreeksen	35
2.5.1 Het hydrologisch jaar	35

2.5.2	Klimatologische gegevens	36
2.5.3	Hydrografische gegevens	37
2.5.3.1	Overzicht meetstations	37
2.5.3.2	Kwaliteitscontrole	38
2.5.4	Hydrogeologische gegevens	38
2.5.4.1	Overzicht meetreeksen	38
3	Waterketenkenmerken	41
3.1	Situering t.o.v. administratieve grenzen	41
3.2	Kunstwerken	41
3.2.1	Stuwen en sluizen	41
3.2.2	Stuwpannen	41
3.3	Watervoorziening	42
3.3.1	Onttrekkingen oppervlaktewater	42
3.3.1.1	Gemeenschappelijke Maas	43
3.3.1.2	Albertkanaal en Zuid-Willemsvaart	43
3.3.2	Onttrekkingen grondwater	43
3.3.3	Databanken waterverbruik	44
3.4	Afvalwater	45
3.4.1	Zuiveringsgebieden	45
3.4.2	Zuiveringsinstallaties	45
3.4.3	Lozingspunten & rioleringssegmenten	46
3.5	Bodemgebruik	46
3.6	Factoren die de natuurlijke grondwaterstroming beïnvloeden	46
3.6.1	Mijnverzakkingen	47
3.6.1.1	Inleiding	47
3.6.1.2	Waterfluxen	47
3.6.2	Scheepvaartkanalen	48
3.6.3	Grind- (en zand)winning	48
3.6.3.1	Inleiding	48
3.6.3.2	Hydrogeologische relaties	49
3.7	Sectoren	49
3.7.1	Scheepvaart - goederentransport	50
3.7.2	Industrie	50
3.7.3	Elektriciteitcentrales	50
3.7.4	Drinkwatervoorziening	51
3.7.5	Land- en tuinbouw	53
3.7.6	Natuur	55
3.7.7	Recreatie	57
4	Extreme situaties – Hoogwater en Laagwaterproblematiek	59
4.1	Hoogwater en wateroverlast	59
4.2	Laagwater, watertekorten en verdroging	60
4.2.1	Laagwaterperiodes	60
4.2.2	Watertekort	61
4.2.3	Laagwaterverdrag van 1995	62
4.2.4	Verdroging	63
5	Overige informatie	65
5.1	Stroomgebiedbeheerplannen, bekkenbeheerplannen, DULO-waterplannen	65
5.2	Bestaande modellen	66

TABELLEN

FOTO'S

FIGUREN

## LIJST VAN DE TABELLEN

Tabel 1 - Overzicht stuwmeren in het stroomgebied van de Maas (uit Berger & Muggie 1994) .....	T 1
Tabel 2 - Overzicht van waterlopen in het Vlaams-Limburgse gedeelte van het Maasbekken (bron: VHA 2000).....	T 2
Tabel 3 - Overzicht van de verschillende, in het studiegebied aanwezige, lithostratigrafische eenheden, gebaseerd op de verschillende kaartbladen van de afgedekte geologische kaarten (Buffel et al. 2001, Claes et al. 2001 & Sels et al. 2001) en Van Autenboer & De Smedt et al. (2001) .....	T 5
Tabel 4 - Overzicht van de voornaamste (fluviaal en eolisch) lithostratigrafische eenheden van het Quartair in het studiegebied .....	T 8
Tabel 5 - Overzicht HCOV-eenheden van de in het studiegebied voorkomende hydrogeologische eenheden .....	T 9
Tabel 6 - Grondwatervoeding naar de Maas in droge periodes.....	T10
Tabel 7 - Neerslagmetingen in het Limburgs en Waals gedeelte van het Maasstroomgebied.....	T11
Tabel 8 - Temperatuurmetingen in het Limburgs en Waals gedeelte van het Maasstroomgebied ....	T12
Tabel 9 - Evaporatiemetingen in het Limburgs en Waals gedeelte van het Maasstroomgebied.....	T13
Tabel 10 - Overzicht hydrografische meetreeksen Vlaanderen en Nederland (Bronnen: Berger & Muggie 1994 en websites AWZ/waterstanden en Waterland) .....	T18
Tabel 11 - Overzicht hydrografische meetreeksen Wallonië en Frankrijk (Bronnen: Berger & Muggie 1994 en websites SETHY, DIREN Lorraine) .....	T19
Tabel 12 - Overzicht peilbuizen DOV .....	T20
Tabel 13 - Natuurgebieden waar het grondwater wordt gemonitord.....	T21
Tabel 14 - Situering studiegebied t.o.v. administratieve grenzen .....	T22
Tabel 15 - Overzicht kunstwerken in het Maasstroomgebied van Frankrijk tot en met de Gemeenschappelijke Maas.....	T23
Tabel 16 - Overzicht capteerders en gecapteerde volumes (indien beschikbaar).....	T24
Tabel 17 - Overzicht van de Zuiveringsgebieden in het Limburgs gedeelte van het Maasbekken.....	T24
Tabel 18 - Overzicht Vlaamse en Nederlandse zuiveringsinstallaties in het bekken van de Gemeenschappelijke Maas.....	T27
Tabel 19 - Duur (aantal dagen) van laagwaterperiodes met afvoer te Monsin < 50 m <sup>3</sup> /s.....	T28

## LIJST VAN DE FOTO'S

Foto 1 - Zandwinning aan de bron van de Kikbeek.....	F 1
Foto 2 - Lozingspunt RWZI Eisdan in Langbroekbeek aan de voormalige grindwinningsplas Maasbeemden.....	F 1
Foto 3 - Oude aanlegkade van Maaseik net stroomopwaarts van de monding van de Zanderbeek...	F 2
Foto 4 - Waterrecreatie in de voormalige grindwinningsplas te Kessenich (De Spanjaard).....	F 2

## LIJST VAN DE FIGUREN

- Figuur 1 Overzicht stroomgebied Maas
- Figuur 2 Overzicht Gemeenschappelijke Maas
- Figuur 3 Maas ter hoogte van Luik
- Figuur 4 Maas ter hoogte van Maastricht
- Figuur 5 Maas tussen Herbricht en Maasbracht
- Figuur 6 Kilometrerings van de Gemeenschappelijke Maas
- Figuur 7 Reliëf studiegebied
- Figuur 8 Breuken studiegebied
- Figuur 9 Afdedekte geologische kaart
- Figuur 10 Quartair geologische kaart
- Figuur 11 Hydrogeologische doorsneden van figuur 9 en 10
- Figuur 12 Hydrogeologische doorsneden van figuur 9 en 10
- Figuur 13 Hoogtelijnen van de "top" van het Tertiair
- Figuur 14 Bodemassociaties
- Figuur 15 Indicatie ligging oude meanders
- Figuur 16 Neerslagmeetstations
- Figuur 17 Temperatuurmeetstations
- Figuur 18 Evaporatiemeetstations
- Figuur 19 Hydrografische meetstations Vlaanderen - Nederland
- Figuur 20 Hydrografische meetstations Wallonië - Frankrijk
- Figuur 21 Grondwatermonitoring in het Limburgse gedeelte van het Maasbekken (DOV en MAP-meetnet)
- Figuur 22 Grondwatermonitoring in het Limburgse gedeelte van het Maasbekken (overige)
- Figuur 23 Administratieve grenzen
- Figuur 24 Plaatsnamen
- Figuur 25 Stuwen en sluizen – Wallonië en Frankrijk (naar Berger & Mugie 1994)
- Figuur 26 Grondwateronttrekkingen 2003 (DOV)
- Figuur 27 Zuiveringsgebieden en zuiveringsinstallaties
- Figuur 28 Bodemgebruik
- Figuur 29 Evolutie van grindwinning uit de Maas en haar uiterwaarden
- Figuur 30 Grind- (en zand)winnings
- Figuur 31 Grondwaterkwetsbaarheidskaart en drinkwaterwinningscentra
- Figuur 32 Landbouwstreken
- Figuur 33 Landbouwgebruikspercelen
- Figuur 34 Ecosysteemkwetsbaarheidskaart met betrekking tot verdroging
- Figuur 35 Overzicht natuurgebieden in het studiegebied

# 1 INLEIDING

## Laagwater

Met het project “Zoetwaterbeheer tegen watertekorten en verdroging” wordt in eerste instantie gekeken naar **effectgerichte maatregelen** die door de waterwegbeheerder genomen kunnen worden gedurende (of anticiperend op) periodes van laagwater. De uiteindelijke output is een zogenaamde laagwaterstrategie: een set van anticiperende (bv. lekverliezen van sluizen beperken door dichten) en op het ogenblik van het tekort zelf te nemen (bv. gegroepeerd schutten van schepen) maatregelen. Het uitwerken van zo'n laagwaterstrategie gebeurt in verschillende fases.

Een eerste fase bestaat uit een *inventarisatie*, toegespitst op alle mogelijke waterfluxen naar de waterloop (captaties en lozingen van bedrijven & particulieren, sluizen en stuwen, regen, verdamping, grondwaterstroming, ...). Op die manier wordt zowel inzicht verkregen in het watersysteem (natuurlijke waterfluxen) als in de waterketen (antropogene waterfluxen) en worden de eventuele leemtes in de kennis duidelijk. Gedetailleerde terreinmetingen tijdens laagwaterperiodes kunnen deze leemtes reeds ten dele opvullen.

Aansluitend wordt a.d.h.v. *statistische analyses* op debiet- en waterpeilmeetreeksen de terugkeerperiodes van verschillende laagwaterperiodes bepaald. Op die manier kan de gevoeligheid van het watersysteem en de kans op voorkomen van een bepaalde laagwatersituatie (watertekortfase) bepaald worden.

Met behulp van deze resultaten kunnen vervolgens gedetailleerde *waterbalansen* worden opgemaakt voor verschillende laagwaterperiodes. Hierin worden de verschillende toekomstige (neerslag, afvoer) en uitgaande (verdamping, afvoer) fluxen van het watersysteem tegenover elkaar uitgezet.

In een laatste fase wordt aan de hand van de “Methodologie voor het opmaken van laagwaterstrategieën” een maatregelenprogramma uitgewerkt. Hierin wordt een *afweging* gemaakt *tussen de verschillende maatregelen* op basis van 3 criteria, nl. de effectiviteit, de economische kost en de maatschappelijke aanvaarding.

Deze aspecten dienen afzonderlijk bepaald te worden. Afhankelijk van de graad van waterschaarste kan de afweging tussen deze 3 criteria verschuiven, hetgeen zal resulteren in een aangepast maatregelenprogramma per watertekortfase (aanloop-, alarm- en crisisfase).

Het project heeft eveneens als doelstelling *voorspellingen* van aankomende laagwaterperiodes te kunnen uitvoeren. Dit zal gebeuren aan de hand van hydrologische modellen waarin het “geheugen” van de belangrijkste subbekkens een grote rol kan spelen. Dit “geheugen” wordt o.a. bepaald door het effect van de karakteristieken van geologie, bodem (zand, leem, klei, ...), topografie (hellingsgraad) en verstedelijking op de afvoer in kaart te brengen. Het geeft een beeld van het aandeel van de neerslag dat weet te infiltreren en vertraagd via het grondwater in de zomer aan de waterloop ten goede komt.

Aanvullend hierop zou het eveneens wenselijk zijn maatregelen te kunnen testen die het voorkomen van problematische laagwaterperiodes doen afnemen. Het betreft hier eerder **brongerichte maatregelen**, zoals bv. het verhogen van infiltratie in bovenstrooms gelegen gebieden door afkoppeling van regenwater van het rioleringsnetwerk. Dit vergt modellen op subbekken- of zelfs bekkenniveau waarin een gedetailleerd beeld van verstedelijkte milieus, drainagesystemen, ... wordt uitgewerkt. Hiervoor is een verregaande samenwerking tussen de verschillende waterbeheerders noodzakelijk.

## Verdroging

In een tweede luik van het project wordt gekeken naar verdroging van de vallei rond de, als bevaarbaar geklasseerde, waterlopen. In eerste instantie wordt in de inventarisaties van het eerste luik zoveel mogelijk aspecten m.b.t. de **verdrogings**problematiek in kaart gebracht. Daarop wordt een voorstel voor plaatsing van peilbuizen, in raaien loodrecht op de waterloop, uitgewerkt. Na 2 jaar metingen van zowel grond- als oppervlaktewaterfluctuaties is het vervolgens mogelijk het gedrag van oppervlakte-grondwaterinteracties te bestuderen. Het inbrengen van deze interacties in een oppervlakte-

grondwatermodel zou dan moeten toelaten het effect van bepaalde ingrepen (vb. hermeandering, verbreding en verruiming, regeling van sluizen en stuwen, ...) op de grondwaterstand (en dus verdroging) in de omringende vallei te kwantificeren.

## 2 WATERSYSTEEMKENMERKEN

Ondere deze noemer worden alle fysische kenmerken van het “natuurlijke” watersysteem samengebracht. Hiertoe behoren het grond- en oppervlaktewaterstysteem, maar ook de geologie, bodem, reliëf en het klimaat.

### 2.1 Hydrografie oppervlaktewater

#### 2.1.1 Overzicht stroomgebied

##### 2.1.1.1 Inleiding

Het hydrografisch bekken van de Maas strekt zich uit over delen van Frankrijk, Luxemburg, België, Duitsland en Nederland. Het totale stroomgebied beslaat een oppervlakte van 36.000 km<sup>2</sup>, waarvan 10.000 km<sup>2</sup> in Frankrijk, 100 km<sup>2</sup> in Luxemburg, 13.000 km<sup>2</sup> in België (1.596 km<sup>2</sup> in Vlaanderen), 4.000 km<sup>2</sup> in Duitsland en 9.000 km<sup>2</sup> in Nederland (Berger & Mugie 1994, website EHM 2003).

Ze vindt haar oorsprong ongeveer 200 km ten noordoosten van Dijon in Pouilly-en-Bassigny, aan de voet van de hoogvlakte van Langres, op een hoogte van 409 meter boven het zeeniveau. Dit Plateau vormt de waterscheiding tussen bekkens die op de Middellandse Zee afwateren (Sàone), op de Atlantische Oceaan (Seine) en op de Noordzee (Maas). Vervolgens loopt ze noordwaarts door een vallei in het Plateau van Lotharingen, om uiteindelijk door Limburg, via de Bergse Maas en de Amer uit te monden in het Hollands Diep en het Haringvliet, dat in verbinding staat met de Noordzee. Deze route is zo'n 935 kilometer lang. De Maas is een typische regenrivier: het hele jaar door wordt ze gevoed door regenwater, hetgeen zorgt voor hoge afvoeren in de winter en lage afvoeren in de zomer. In onderstaande tabel vind je een overzicht van de grootste zijrivieren van de Maas (Jodogne 1974, Philippart et al. 1988, Middelkoop 1998, AWZ – AMA 1999, Vandenbussche et al. 2001).

Monding in Frankrijk	Monding in België	Monding in Nederland
Chiers (2222 km <sup>2</sup> )	Lesse (+ 1314 km <sup>2</sup> )	Roer (+ 2105 km <sup>2</sup> )
Semois (1358 km <sup>2</sup> )	Sambre (2863 km <sup>2</sup> )	Niers (1358 km <sup>2</sup> )
Viroin (593 km <sup>2</sup> )	Ourthe (3626 km <sup>2</sup> )	Dieze (2800 km <sup>2</sup> )

##### 2.1.1.2 Frankrijk

Het gedeelte van de Maas tussen haar oorsprong en Sedan, d.i. de *Lotharingse Maas* (Fr: Meuse Lorraine) wordt gekenmerkt door een breed dal in grotendeels heuvelachtig, doorlatend terrein met een kalkachtige bodem. Dit heeft tot gevolg dat veel van de neerslag in dit gebied infiltreert en in het grondwater geborgen wordt. In 'droge tijden' komt dit grondwater weer aan de rivier ten goede. Men neemt aan dat deze vertraagde afstroming in de orde van 3-6 maanden ligt (Zuiderveen 1977, Berger & Mugie 1994).

Ter hoogte van Troussey kruist het Canal du Marne au Rhin het Maasbekken en takt de noordelijke tak van het Canal de l'Est van het eersgenoemde kanaal af. Het Canal du Marne au Rhin voegt gedurende het grootste deel van het jaar ca. 0,4 m<sup>3</sup>/s toe aan de Maasafvoer, echter in zeer droge perioden kan er tot 0,2 m<sup>3</sup>/s uit het Maasbekken worden afgevoerd (Zumstein et al. 1978 in Berger en Mugie 1994).

Tussen Troussey en Sedan ligt het Canal de l'Est, parallel aan de rivier. Dit kanaal komt regelmatig samen met de rivier, waardoor het kanaal gevoed kan worden. Op de plaatsen waar kanaal en rivier zich splitsen, bevinden zich stuwen. Stroomafwaarts van de stuwen is de Maas weer ongestuwd, tot aan het volgende gemeenschappelijke traject.

De laagwaterafvoer van de belangrijkste zijrivier op dit traject, de Chiers, is meestal in orde van grootte gelijk aan die van de Maas boven de Chiersmonding (Zumstein et al. 1978 in Berger & Mugie 1994). Ze worden/werden echter beïnvloed door het droogmalen van de ijzermijnen, welke in de tachtiger jaren werden gesloten. Uit een onderzoek bleek dat de laagwaterafvoeren hierdoor met gemiddeld 0,3 m<sup>3</sup>/s zouden afnemen (Anoniem 1987 in Berger & Mugie 1994). Of dit inmiddels het geval is, werd niet geverifieerd.

Stroomafwaarts de samenvloeiing met de Chiers krijgt de Maas een ander karakter. Het verhang neemt sterk toe en de rivier is voor een belangrijk deel in zeer slecht doorlatende gronden gelegen. Dit karakter handhaaft zich tot in Namen.

Via het dal van de Bar heeft het Canal des Ardennes een verbinding met de Aisne. Door reservoirs, aftappingen van zijrivieren en pompen verdwijnt via het Canal des Ardennes gemiddeld ca. 0,3 m<sup>3</sup>/s uit het Maas- naar het Aisnebekken (Berger & Mugie 1994).

Alleen de delen van de Maas in Frankrijk, die worden gebruikt als scheepvaartweg zijn voorzien van een kilometerindeling. Het nulpunt ligt op de Frans-Belgische grens bij Givet en loopt in stroomopwaartse richting tot bij Toul (km 272) (IMC 2002).

### 2.1.1.3 België: Wallonië

De Maas steekt de grens over ter hoogte van Givet en doorkruist België over 193,6 km of 19 % van haar totale lengte (AWZ – AMA 1999) (zie Figuur 1).

Het traject Sedan (Fr) tot Eysden (NL) wordt de *Ardense Maas* genoemd. Vooral de kenmerken van dit traject, haar zijrivieren en het Ardennengebied zelf zijn van grote invloed op het fenomeen van hoogwater. Hier bestaat het stroomgebied van de Maas uit een heuvelachtig gebied waar de steile hellingen, de smalle dalen, de rotsige, slecht doorlatende ondergrond en het grote verhang van de beken en rivieren zorgen voor een snelle afstroming van intensieve regenval. De belangrijkste zijrivieren als de Semois, Lesse, Sambre en de Ourthe (inclusief haar zijrivieren Amblève en Vesdre) voeren het regenwater zo snel af dat hoge Maasstanden zich binnen één dag in de Gemeenschappelijke Maas voordoen. Het zijn vooral de stroombekkens van de Vesdre, de Amblève, de Ourthe en de Lesse die zeer snel reageren op neerslag of smeltende sneeuw en dus een snelle afstroming vertonen. De Sambre heeft deze eigenschappen in veel mindere mate, door het grote aantal stuwen en de geringere neerslag. Alleen in het zuidelijke deel van België doorsnijdt de Maas de kalkgesteenten van de Condruz. Deze zijn poreus en zullen dus een groter gedeelte van de neerslag bergen, welke met enige vertraging alsnog ten goede komt aan de Maas (Zuiderveen 1977, WL 1996, Middelkoop 1998).

Op vele plaatsen in het stroomgebied van de Ardense Maas zijn stuwmuren gebouwd (zie Tabel 1). Op de Vesdre (Eupen en Gileppe) zijn deze in eerste instantie gebouwd om de waterleidingbedrijven en industriën in het stroomgebied en in Luik van water te voorzien, met name in droge tijden. In 2<sup>de</sup> instantie worden ze gebruikt voor het opvangen (vertragen) van hoogwaterpieken. De stuwmuren op de Warche (Bütgenbach en Robertville) zijn aangelegd ten behoeve van het opwekken van elektriciteit. Het stuwmeer van Robertville wordt evenwel ook gebruikt voor de watervoorziening van Malmedy. Ter aanvulling van het debiet van de Sambre in droge perioden is in de Eau d'Heure een stuwmurencomplex gebouwd dat de afvoer van de Sambre op minimaal 5 m<sup>3</sup>/s moet handhaven. Nevendoelen zijn de vermindering van de gevolgen van industriële en huishoudelijke lozingen op de Sambre door verdunning en vergroting van de laagwaterafvoer op de Maas (Berger & Mugie 1994, WL 1996).

In Luik wordt het maaswater afgetapt (16-22m<sup>3</sup>/s) dat via het Albertkanaal en het systeem van de Kempische kanalen naar de Antwerpse haven stroomt. Van dit water wordt nog een groot gedeelte teruggeloozd naar de Maas, via het kanaal van Monsin, het waterverbruik van Chertal, het kanaal Haccourt – Visé en het kanaal van Ternaaien (Berger & Mugie 1994) (zie Figuur 3 en Figuur 4).

De waterkrachtcentrale van Lixhe (zie Figuur 3) bij Eysden (Nederland) zorgt voor grote onnatuurlijke afvoerfluctuaties (wisselende waterstanden en stroomsnelheden) in de Gemeenschappelijke Maas. Door een aangepast beheer van de stuw te Borgharen vlakt Rijkswaterstaat (Directie Limburg) deze nu zoveel mogelijk af (Vandenbussche et al. 2001).

In Wallonië loopt de kilometrering in stroomafwaartse richting en ligt het nulpunt op de Frans-Belgische grens. De kilometeraanduidingen liggen niet op exact een kilometer van elkaar vanwege allerlei aanpassingen die in het verleden in het rivierbed zijn aangebracht (bochtafsnijdingen en aanleg van sluizen en stuwen) (IMC 2002).

#### 2.1.1.4 België – Nederland

Het traject 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. Van 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 *Gemeenschappelijke maas* of *Grensmaas* genoemd. Het tussenliggende stukje (7 km) dat door Maastricht stroomt wordt ook wel de *Stadsmaas* genoemd en is bevaarbaar (zie Figuur 2, Figuur 3, Figuur 4 en Figuur 5).

In het stukje Gemeenschappelijke 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. Een gedeelte van het water dat overblijft in het Albertkanaal, wordt gebruikt als voeding voor de Zuid-Willemsvaart via het Kanaal Briegden-Neerharen (zie Figuur 4).

In Maastricht gebeurt de verdeling van het maaswater over de Zuid-Willemsvaart, de Gemeenschappelijke Maas en het Julianakanaal (zie Figuur 4). De voeding van de Zuid-Willemsvaart ( $\pm 16 \text{ m}^3/\text{s}$ ) gebeurt via de voedingskokers van het voedingskanaal en in beperkte mate via de sluisen van het verbindingskanaal. Via een overlaat wordt nog water van het verbindingskanaal teruggeloopt 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 ( $\pm 16 \text{ m}^3/\text{s}$ ) 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  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  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  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  zijn er afspraken tussen Nederland en België 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 Maastricht tot aan Maasbracht heeft de Maas een nog relatief natuurlijk karakter. In dit gedeelte zijn het verval ( $0,25$  tot  $0,95 \text{ m}/\text{km} = 0,47 \text{ m}/\text{km}$  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 uniek in Europa (Jodogne 1974; WL 1996; AWZ – AMA 1999; Vandenbussche et al. 2001) (zie Figuur 5).

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 belangrijkste zijlopen van de Laaglandmaas zijn de Berwinne, de Voer, de Jeker, de Geul, de Bosbeek, de Abeek en de Geleenbeek.

De grens tussen Vlaanderen en Nederland wordt gevormd door de thalweg (= de verbindinglijn van de diepste punten in de rivier) van de Maas. De plannen om de Gemeenschappelijke Maas herin te richten zodat deze een dynamisch en natuurlijk karakter krijgt (Project 'Levende Grensmaas'), heeft als gevolg dat de ligging van de thalweg lokaal veranderingen zou kunnen ondergaan. De vraag dient bijgevolg gesteld te worden onder welke randvoorwaarden een steeds variërende grens kan gedoogd worden. Het zou ook mogelijk kunnen zijn dat de grens, die nu de thalweg is, thans voor de aanvang van de geplande werken op een éénduidige en definitieve wijze in coördinaten wordt vastgelegd. Het probleem werd aan de federale overheid voorgelegd. Momenteel wordt de thalweg om de vijf jaar opgemeten door Rijkswaterstaat, waarbij een Belgische vertegenwoordiger aanwezig is om bij de meting te helpen (AWZ –AMA, 1999).

De kilometrering van de Gemeenschappelijke Maas begint bij de Belgisch-Nederlandse grens. Vreemd genoeg begint men niet te tellen bij km 0, maar bij km 2,56. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de ligging van het vroegere nulpunt bij de oude stuw van Visé. De kilometrering loopt in stroomafwaartse richting (zie Figuur 6). Het is echter geen exacte afspiegeling van de lengte van de rivier.

Ook hier hebben de bouw van sluizen en stuwen, bochtafsnijding en dergelijke de rivier in de loop der tijd veranderd.

#### 2.1.1.5 Nederland

Bij Maasbracht bevindt zich een ingewikkeld knooppunt van waterwegen. Tijdens periode van droogte is dit één van de kritieke punten met betrekking tot de handhaven van het stuwpeil (Berger & Mugie 1994).

Het *Maasplassengebied* bij Maasbracht en Roermond bestaat uit vele, voor de grind- en zandwinning gegraven plassen, merendeels in open verbinding met de Maas, die er traag doorheen kronkelt. De plassen zijn sterk verschillend van grootte, vorm, ondergrond en waterstandfluctuaties. In dit gedeelte is de Maas een meanderende rivier met lage stroomsnelheid.

De *Gestuwde Maas*, van Maasbracht tot aan Lith is goed bevaarbaar. Het gebied wordt intensief gebruikt voor transport, landbouw en recreatie. In de toekomst wordt de Gestuwde Maas een belangrijke verbindende schakel tussen grote natuurgebieden zoals de Gemeenschappelijke Maas, Fort Sint Andries, de Biesbosch en de Gelderse Poort.

In het laatste traject vanaf Lith tot de monding in de Noordzee, oftewel de *Getijde Maas*, is de rivier ongestuwd. De invloed van het getij is via de Nieuwe Waterweg tot aan Lith merkbaar. De Maas stroomt verder via de Berghse Maas en de Amer naar het Hollands Diep, waar het samenvloeit met de Nieuwe Merwede, een belangrijke Rijntak. Het water wordt in het Haringvliet door een dam met spuisluizen gescheiden van zee (WL 1996).

### 2.1.2 Afbakening studiegebied

Deze gebiedsverkenning zal zich voornamelijk toespitsen op het Vlaamse gedeelte van het Maasbekken, meer in het bijzonder het gedeelte van het Limburgse Maasbekken waarvan de waterlopen rechtstreeks in de Gemeenschappelijke Maas uitmonden (zie Figuur 2). De afbakening is gebeurd a.d.h.v. de hierbij betrokken VHA-zones.

Om een overzicht te krijgen van de waterfluxen die in de Gemeenschappelijke Maas uitmonden is het eveneens noodzakelijk om een stuk van het in Nederland gelegen stroomgebied mee te bekijken, alsook de opwaartse randvoorwaarden te kennen. Van tijd tot tijd zal de verkenning dus iets ruimer zijn om een duidelijker beeld te kunnen schetsen.

### 2.1.3 Overzicht waterlopen die uitmonden in de Gemeenschappelijke Maas

Een overzicht van de Vlaamse bevaarbare en onbevaarbare (van 1<sup>ste</sup> en 2<sup>de</sup> categorie) waterlopen in het Vlaams Limburgse bekken wordt gegeven in Tabel 2. In deze tabel worden eveneens de, per waterloop, unieke VHAG-codes, de lengtes per categorie en eventueel andere benamingen weergegeven.

In wat volgt worden echter enkel de waterlopen beschreven die achtereenvolgens uitmonden op de linker- en rechteroever van de Gemeenschappelijke Maas.

#### 2.1.3.1 Linkeroever Gemeenschappelijke Maas

##### **Jeker**

De Jeker heeft een stroomgebied van 480 km<sup>2</sup> en ontspringt in Lens-Saint-Remy (even ten oosten van Hannut) op het plateau van de Haspengouw op een hoogte van ongeveer 130 m TAW. Van daaruit stroomt zij via Geer, Waremmes en Oreye op Waals grondgebied. Nabij Otrange steekt zij de gewestgrens over en stroomt dan aan de Vlaamse zijde via Lauw en Tongeren naar Sluizen waar ze de gewestgrens terug oversteekt. Via Bassenge en Eben-Emael stroomt ze dan naar Kanne om daar onder het Albertkanaal door uiteindelijk Maastricht te bereiken en aan de voet van de St-Pietersberg uit te monden in de Maas op een hoogte van 47 m TAW.

De Jeker heeft slechts één zijrivier die van belang is: de Yerne. Dit kleine riviertje ontspringt op bijna 200 meter hoogte in het zuiden van het stroomgebied (van Oosterom 1985, Lagneaux 1985).

Het stroomgebied van de Jeker is voornamelijk opgebouwd uit goed doorlatende geologische formaties uit het Mesozoïcum (kalkstenen uit het Campaniaan en Maastrichtiaan), die gelegen zijn op on

doorlatende Carbonische gesteenten of (indien aanwezig) op de Smectiet van Herve. Voornamelijk in het gedeelte van het stroomgebied, ten zuiden van de Jeker, liggen deze kalkstenen aan of dicht onder de oppervlakte. Het ganse stroomgebied is echter veelal bedekt met meters dikke lösslagen uit het Midden en Laat-Pleistoceen. Deze zijn slechts matig doorlatend, maar hebben een groot waterbergend vermogen. Het infiltrerend vermogen is hier, mede onder invloed van de activiteiten van bodemdieren goed. Per dag zou er zo'n 5-50 mm neerslag kunnen infiltreren. De kans op infiltratie wordt daarbij verhoogd doordat het reliëf van het stroomgebied weinig uitgesproken is. Door de geringe hoogteverschillen heeft het regenwater hier een grotere mogelijkheid om te infiltreren.

Door de geologische opbouw, de tamelijk grote oppervlakte, het geringe reliëf van het stroomgebied en de asymmetrische ligging van de waterloop in het stroomgebied is de vertraging die optreedt tussen neerslag en afvoer in de Jeker aanzienlijk. Dit resulteert dan ook op jaarbasis in een tamelijk afgevlakte curve waarin de extreem droge en natte jaren niet opvallen. Er is dus sprake van een bufferwerking (van Oosterom 1985).

Op de isohypsenkaart is te zien dat de loop van de Jeker nagenoeg evenwijdig is aan de isohypsen, m.a.w. de rivierloop staat praktisch loodrecht op de stromingsrichting van het grondwater. Dit heeft tot gevolg dat de Jeker over een groot deel van haar loop al het grondwater kan opvangen. Een relatief hoge basisafvoer zou hierdoor verwacht mogen worden. Dit effect kan echter tegengewerkt worden indien er sprake is van een gedeelte van het grondwater dat onder de bedding van de Jeker door in noordelijke richting (naar het Demerbekken) wordt afgevoerd. Deze grondwaterbeweging zou dan plaatsvinden via de dieper gelegen kalksteenlagen van het Krijt. Bij de berekening van de waterbalans over de periode 1975-1983 werd een jaarlijks verlies van 30-35 % van de nuttige neerslag aangetoond (van Oosterom 1985).

In het stroomgebied van de Jeker wordt gewerkt aan plannen voor de herinrichting van de landelijke en stedelijke Jeker. Bij deze plannen wordt aandacht besteed aan het vergroten van de capaciteit van de Jeker, de bescherming van de trajecten waar de Jeker meandert, versteviging en restauratie van kademuuren, voorzieningen voor vismigratie en het watervoerend maken van de oude beekloop bij de molen Vijf Koppen in Maastricht (SCTV 1998). Onlangs (03/04/2003) werd in Tongeren het eerste internationaal symposium "Nieuwe kansen voor de Jeker" door het grensoverschrijdend stroomgebiedcomité Thornerbeek/Jeker/Voer georganiseerd; een belangrijke stap naar afstemming tussen de verschillende beheerders van de Jeker.

Het beheer in Vlaanderen valt onder de bevoegdheid van Afdeling Water van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Het stukje van Kanne tot Maastricht valt onder de bevoegdheid van Waterschap Roer en Overmaas.

### **Ziepbeek**

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). Het RWZI (rioolwaterzuiveringsinstallatie) van Lanaken lost echter op deze waterloop, waardoor er toch een minimum aan water via de monding in de Maas terecht komt.

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

### **Kikbeek**

De Kikbeek ontspringt ter hoogte van de zandwinningsplas die zich ten westen van Opgrimbie en ten zuiden van de A2 bevindt (zie foto 1). 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 doorgedaan, 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 m<sup>3</sup> 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 voorzien tegen de instroom van Maaswater (WL, ENVICO & ADINCO 1998). Mogelijks is er sprake van kwel of wegzijging 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 3<sup>de</sup> categorie. Van zodra ze het zandwinninggebied verlaat wordt het één van 2<sup>de</sup> categorie. Het beheer ligt dus bij de gemeente Maasmechelen en de provincie Limburg (VHA 2000).

### **Langbroeksbeek**

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 Massenhoven (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, net voor ze langsheen de voormalige grindwinningsplas Maasbeemden stroomt (zie foto 2). Het effluent is momenteel de enige voeding van de beek.

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

### **Rachelsbeek/Genootsbeek**

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, ...). Ter plaatse van de winning van Meeswijk splitst de bedding zich in twee zuidelijke takken. De meest westelijke van de twee staat goeddeels droog en is slechts met moeite als depressie te onderscheiden. De oostelijke tak is vlot watervoerend in de nabijheid van Meeswijk. Ter hoogte van het Vilain XIII Parc, de oorspronkelijke bron van de Genootsbeek, is ze niet meer watervoerend. Dit is het gevolg van de bemalingen (N.V. Mijnschade) die de mijnverzakkingsgebieden dienen droog te houden (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 annexerden 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 Genootsbeek en Rachelsbeek zijn onbevaarbare waterlopen van 2<sup>de</sup> categorie en worden dus beheerd door de provincie Limburg (VHA 2000).

### **Vrietselbeek**

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 mijnverzakkingsgebied 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 staat ze droog.

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

### **Kogbeek**

De Kogbeek stroomt van Dilsen via Stokkem 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 3<sup>de</sup> categorie. Net voordat ze onder Rotem doorstroomt wordt het één van 2<sup>de</sup> categorie. Het beheer ervan ligt dus bij de gemeente Dilsen-Stokkem en de provincie Limburg (VHA 2000).

### **Zanderbeek**

De Zanderbeek mondt via de oude aanlegkade van Maaseik uit in de Maas (zie foto 3). De Zanderbeek wordt deels gevoed met water van de Zuid-Willemsvaart (Loy 1980).

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

### **Tapbeek**

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

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

### **Bosbeek**

De Bosbeek is een van de belangrijkste zijlopen van de Gemeenschappelijke Maas. Ze heeft haar oorsprong te As (+ 82,5 m TAW). Haar bovenloop is van de rest van de waterloop afgescheiden doordat de mijnzetel Zwartberg-Winterslag-Waterschei is verzakt (Van Autenboer et al. 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 (+ 28 m TAW), slechts enkele onbelangrijke bijriviertjes. Haar gemiddelde verval is 0,2% (Loy 1980). Momenteel mondt de Bosbeek nog steeds uit in de grindplas van Herenlaak, die in verbinding staat met de Gemeenschappelijke Maas. Na herinrichting van deze zone zou ze terug rechtstreeks in de Maas uitmonden.

De bovenloop van de Bosbeek is een onbevaarbare waterloop van 3<sup>de</sup> categorie. Nadat ze de gemeente As heeft verlaten wordt het één van 2<sup>de</sup> categorie. Nog verder afwaarts, aan de samenvloeiing met de Kleine beek, ten zuiden van Opglabeek, wordt het één van 1<sup>ste</sup> categorie. Het beheer wordt

uitgevoerd door de gemeente As, de provincie Limburg en Afdeling Water van de Vlaamse Gemeenschap (VHA 2000).

### **Abeek**

De Abeek ontspringt in Helchteren (+ 82 m TAW) en stroomt via een aantal vennen in noordelijke richting naar Meeuwen, waarna ze naar het noord-oosten 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 Itterbeek. Op deze kruising staat een debietsregelaar, waarmee een deel van het debiet van de Abeek via de Itterbeek 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 2<sup>de</sup> categorie. Een 500-tal meter voor de grens tussen de gemeentes Meeuwen-Gruitrode en Bocholt wordt het één van 1<sup>ste</sup> categorie. Het beheer wordt uitgevoerd door de provincie Limburg en Afdeling Water van de Vlaamse Gemeenschap (VHA 2000).

### **Itterbeek**

De Itterbeek heeft haar oorsprong te Gruitrode (+ 73 m TAW). Te Opitter (+ 45 m TAW) ontvangt ze de Wijshagenbeek, die begint te Meeuwen (+ 70 m TAW). De beek verlaat het Kempisch plateau te Opitter en stroomt via een duiker onder de Zuid-Willemsvaart in noord-oostelijke richting. Ze ontvangt de Losbeek en kruist de Abeek te Kinrooi, waar een debietsregelaar de verdeling tussen Itterbeek en Abeek regelt. Daarna volgt ze de Belgisch-Nederlandse grens, ontvangt enkele kleinere beken en de Witbeek, net voor ze de grens oversteekt ter hoogte van Thorn (NL), waar ze uitmondt in de Thornerbeek. Deze mondt uit in de Maas te Wesssem (NL) (+ 26 m TAW). Het gemiddelde verval is 0,2% (Loy 1980).

De bovenloop van de Itterbeek is een onbevaarbare waterloop van 3<sup>de</sup> categorie. Ter hoogte van Neerhoven wordt het één van 2<sup>de</sup> categorie. Het beheer wordt uitgevoerd door de gemeente Meeuwen Gruitrode, de provincie Limburg en Waterschap Peel en Maasvallei (NL) (VHA 2000, Van Heel & Van der Kleij 1986).

### **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 4<sup>de</sup>, 5<sup>de</sup> en 6<sup>de</sup> orde en mondt nabij Thorn (NL) uit in de Itterbeek (Loy 1980). De RWZI's van Kessenich en Neeroeteren lozen, respectievelijk rechtstreeks en onrechtstreeks, op de Witbeek.

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

### **Lossing**

Het gebied tussen de Zuid-Willemsvaart en de Nederlandse grens, ten noorden van de Itterbeek, wordt door het ontwateringssysteem van de Lossing gedraineerd. Dit kunstmatig drainagesysteem stroomt via een duiker, in de buurt van het natuurreservaat Stamprooiersbroek, onder de Abeek. Het debiet is dan reeds groot want ze ontving o.a. al de Lozerbroekbeek, De Rietbeek en de Schuitelbeek.

De Lossing verlaat België ter hoogte van de gemeente Groot Beersel en mondt in de Maas uit in het Nederlandse Meer (Loy 1980).

Zoals hierboven reeds werd vermeld is er mogelijkheid tot naamverwarring met de Abeek vanwege de veranderingen in de loop van deze beek. In het verleden werd immers het water, afkomstig van de bovenloop van de Abeek aangetakt op de Lossing vanwege de verwachte wateroverlast in Nederland door de ontwatering van "Het Groot Broek" bij omzetting naar landbouwgrond. Het water moest dus, i.p.v. via Nederland, rechstreeks naar de Gemeenschappelijke Maas worden afgevoerd.

De bovenloop van de Lossing is een onbevaarbare waterloop van 3<sup>de</sup> categorie. Waar ze de gemeentegrens vormt tussen de gemeente Bree en Boscholt wordt het één van 2<sup>de</sup> categorie. Waar haar parallel verloop met de Abeek stopt, net voor ze de grens oversteekt wordt het één van 1<sup>ste</sup> categorie. Het beheer ligt dus bij de gemeente Bree, de Provincie Limburg en Afdeling Water (VHA 2000).

### 2.1.3.2 Rechteroever Gemeenschappelijke Maas

#### **Ruisseau St-Julienne**

Deze waterloop ligt volledig op Waals grondgebied en mondt, net stroomafwaarts de sluis van Hermalle-sous-Argenteau in de Maas uit. Over deze waterloop werd nagenoeg geen gegevens gevonden.

#### **Berwinne**

De Berwinne heeft een stroomgebied van 140 km<sup>2</sup> (Mombers 1988). Zij ontspringt in de insnijdingen van het Plateau van Herve te Henri-Chapelle en mondt uit in de Maas ter hoogte van Lixhe. De langste zijrivier op dit 29 km lange traject is de Bolland, met een lengte van 14,3 km (Pitsaer 1984).

Meer dan 50% van het stroomgebied van de Berwinne (het westelijk gedeelte van het Plateau van Herve) bestaat uit slecht doorlatende schalies en zandstenen, waardoor de bergingscapaciteit van het systeem gering is. Alleen aan de randen van het vanggebied komen nog plateauresten voor met voldoende bergingscapaciteit. Het overgrote gedeelte van de neerslag wordt dan ook snel via het sterk vertakte en diep ingesneden dalsysteem van de Berwinne afgevoerd, terwijl gedurende droge perioden de afvoer sterk terugloopt (Nota & van de Weerd 1991).

Debietmetingen in 1986 gaven aanleiding tot het vermoeden dat in het benedenstroomse gedeelte, tussen Dalhem en Moelingen, wegzijging naar het grondwater plaatsvindt. Het water van de Berwinne sijpelt er via de poreuze ondergrond naar de Maas. Aangenomen werd dat dit verlies gemiddeld 20 % van het debiet van de Berwinne te Dalhem bedraagt (Van der Beken et al. 1987, Mombers 1988).

De benedenloop van de Berwinne is een waterloop van 1<sup>ste</sup> categorie. Het beheer ligt dan ook bij Afdeling Water (VHA 2000).

#### **Voer**

De Voer heeft een stroomgebied van 59,5 km<sup>2</sup> (Mombers 1988). Zij ontspringt ten zuiden van het dorp Sint-Pieters-Voeren aan de bron "De Drink". Vanuit de bron stroomt achtereenvolgens door de dorpskernen Sint-Martens-Voeren en 's Gravenvoeren op Vlaams grondgebied, waarna ze op Nederlands grondgebied komt, door de dropskern van Mesch stroomt en ter hoogte van Eysden in de Maas uimondt.

Een deel van het debiet van de Voer is afkomstig van het noordelijk gelegen plateau van Margraten. Het is een belangrijk grondwaterreservoir dat vooral via de Voer, Gulp en Geul afwatert op de Maas (Nota & van de Weerd 1991).

Samen met de Berwinne en de Jeker onderscheidt de Voer zich van de overige waterlopen in het gebied van de Gemeenschappelijke Maas. Door een verschil in geologie (krijtlagen) is het substraat en water van de beek verrijkt met calcium. Ook het grotere verval t.o.v. dit in de zandstreek draagt hier toe bij (Bervoets et al. 1996).

De bovenloop van de Voer is een waterloop van 3<sup>de</sup> categorie. Na samenvloeiing met de Veurs wordt het één van 2<sup>de</sup> categorie, meer stroomafwaarts, na samenvloeiing met de Noorbeek, gaat ze over in 1<sup>ste</sup> categorie. Het beheer ligt dus bij de gemeente Voeren, Provincie Limburg en Afdeling Water (VHA 2000). Op Nederlands grondgebied ligt het beheer bij Waterschap Roer en Overmaas.

## **Geul**

De Geul is een van de grootste zijlopen in het studiegebied en heeft een stroomgebiedoppervlakte van 386 km<sup>2</sup> (waarvan circa 200 km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup>) 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 m<sup>3</sup>/s. Tijdens piekafvoeren (max. tot 60 m<sup>3</sup>/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 en 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 leemlagen. Stroomafwaarts van Meerssen raakt het Geuldal onder invloed van de Maas en waterwinningen.

Het beheer van de Geul ligt bij het Waterschap Roer en Overmaas.

### **Tussenliggende kleine beekjes**

Tussen Geul en Geleenbeek liggen nog enkele kleinere beekjes, waarvan hier enkel een opsomming in stroomafwaartse richting wordt gegeven: Molenbeek, Hemelbeek, Ur & Kingbeek.

### **Geleenbeek**

De omvang van het stroomgebied van de Geleen- en Roode Beek inclusief zijwatergangen is 557 km<sup>2</sup>, 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).

Het beheer ligt eveneens bij Waterschap Roer en Overmaas.

De bijdrage van de Geul en de Geleenbeek op de piekafvoeren van de Gemeenschappelijke Maas wordt op 2% geschat, doch het verband tussen het voorkomen van de piekafvoeren in de Gemeenschappelijke Maas en de zijbeken is niet éénduidig.

## 2.2 Geologie & Reliëf

### 2.2.1 Geologische geschiedenis van het Maasbekken.

Het stroomgebied van de Maas kan op basis van de geologie opgedeeld worden in 3 grote zones (De Wit et al. 2001):

1. De Lotharingse Maas (zie 2.1.1.2) waarbij de ondergrond voornamelijk bestaat uit sedimentaire Mesozoïsche (247 tot 65.10<sup>6</sup> jaar geleden) rotsformaties.
2. De Ardense Maas (zie 2.1.1.3) waar de Maas stroomt door Paleozoïsche (574 tot 247.10<sup>6</sup> jaar geleden) gesteenten van het Ardens Massief.
3. De Laaglandmaas (zie 2.1.1.4 en 5) waar de Maas stroomt door de Vlaamse en Nederlandse lage landen, bestaande uit Cenozoïsche (vanaf 65 .10<sup>6</sup> jaar geleden tot heden), losse sedimentaire gesteenten (zand, grind, löss, klei).

In de geologische geschiedenis zijn verschillende perioden geweest waarin grote bergketens tot ontwikkeling kwamen en door erosie weer werden afgebroken. Sinds het *Cambrium* (574 tot 510.10<sup>6</sup> jaar geleden) hebben zich drie gebergtevormingen voorgedaan: de Caledonische, de Hercynische en de Alpiene gebergtevorming. Het mechanisme achter deze gebergtevorming is de platentektoniek waarbij door de zijdelingse druk op de platen plooiingen en breuken in de geologische formaties zijn ontstaan.

Tijdens de vorming van het Caledonisch gebergte (*Siluur*: 446 tot 420.10<sup>6</sup> jaar geleden) bleven grote delen van West-Europa onder de zeespiegel, hoewel ook daar (bv. ter hoogte van het huidige België) gebergtevorming plaatsvond. Met name in de Ardennen is een Caledonische plooiingsgordel aanwezig, die tegenwoordig op verschillende plaatsen aan de oppervlakte komt. Genoemd kunnen worden het Massief van Stavelot (Amblève en Vesdre), het Massief van Rocroi (zuiden van Viroin en aansluitend maasdal) en het **Massief van Brabant** (dit strekt zich uit van Londen, via Belgisch Brabant tot Maastricht).

Bij het begin van het *Devoon* (420 tot 368.10<sup>6</sup> jaar geleden) staken verschillende delen van de huidige Ardennen boven het zeeoppervlak uit. In het huidige Maasgebied vond vooral sedimentatie plaats door vertering van het Caledonisch gebergte. De afbraak leverde aanvankelijk grof materiaal zoals grind en later veel zand dat werd afgezet in de shelfzee die het Caledonisch massief zuidelijk begrenste. Naarmate het continent door de erosie meer afgevlakt werd, steeg het relatieve zeepeil en trad een trapsgewijze transgressie in: alle flanken van het Massief van Brabant kwamen nu onder water te liggen. Door het verminderen van het landoppervlak werd de activiteit van de erosie in het Midden Devoon sterk gereduceerd, zodat bij gebrek aan vers puin in het zuiden van België kalkafzettingen van biologische oorsprong op de zeebodem konden ontstaan. In deze kalksteenafzettingen zijn, in latere perioden (Quartaire), grotten ontstaan door oplossing van het kalksteen. In de Ardennen komen een aantal Devoonafzettingen aan het oppervlak (Goossens 1984 in Berger & Mugie 1994, Mostaert 2003).

Tijdens het *Carboon* (368 tot 288.10<sup>6</sup> jaar geleden) grijpt de Hercynische gebergtevorming plaats. Zo werden de Ardennen samen met andere gebieden ten zuiden en ten oosten van België sterk opgeplooid.

Vanaf het *Boven Carboon* (Namuriaan - 341 tot 315.10<sup>6</sup> jaar geleden) produceerden de nieuwe gebergtes, die zich ten zuiden van België vormden, op hun beurt grote hoeveelheden puin die in de bekens rondom het Massief van Brabant afgezet werden. Door deze opvulling werd de zee gestaag teruggedreven. De verlanding hield echter min of meer gelijke tred met de langzame verzakking van de bekkens. Door het samenplooiingsregime werden deze plooitroggen tussen de gebergtes immers langzaam verder uitgediept. Alzo ontstonden reusachtige moerasgebieden met een overvloedige evenaarsplantengroei. Daar de gebergtevorming vanuit het zuiden begon en zich vervolgens naar het noorden voortzette, manifesteerden deze gebeurtenissen zich in het **Bekken van de Kempen**, ten noorden van het Massief van Brabant, pas tijdens het *Westfaliaan* (315 tot 288.10<sup>6</sup> jaar geleden). De afgestorven plantenresten werden onder het kalme water opeengehoopt en van de lucht afgesloten zodat ze niet verrotten. Door de ritmische schommelingen van de zeespiegel werden deze moerassen periodisch door delta- en zeosedimenten overspoeld. De plantenresten werden door het gewicht van de latere bovenliggende gesteenten samengedrukt en gedeeltelijk ontgast: ze werden in steenkool omgezet. Door herhaaldelijke moerasvorming en verdrinking werd op deze wijze een meer dan 2000

meter dik pakket van sedimenten en steenkoollagen opeengestapeld. Op het hoogtepunt van de Hercynische plooiingsfase duwden de Ardennen het gehele sedimentbekken van Samber en Maas als een accordeon in mekeer en schoven de lagen boven op elkaar. Het Massief van Brabant kon deze druk evenwel opvangen zodat de steenkoollagen ten noorden ervan (in de Kempen) niet geplooid maar enkel gebroken werden. De steenkoolbekkens ten zuiden van het Massief van Brabant zijn wel geplooid, ze vormen het zogenaamde oost-west verlopende **Bekken van Namen**.

Aan het einde van het Carboon-tijdperk, na afloop van de Hercynische gebergtevorming, had zich het grote super-continent Pangea gevormd.

Als gevolg van de Hercynische gebergtevorming lagen tijdens het *Perm* (288 tot 247.10<sup>6</sup> jaar geleden) grote delen van West-Europa (ook België) boven de zeespiegel. Het Hercynisch gebergte werd hierdoor in snel tempo weer afgebroken. Het meestal roodgekleurde sediment is nog slechts in geringe mate in het Maasbekken terug te vinden. Dit zachte sediment is namelijk op vele plaatsen weggeërodeerd. Ten gevolge van het verschuiven van delen van de aardkorst (de platen) passeerde het huidige Maasbekken in het Perm de evenaar en is het sindsdien op het Noordelijk halfrond gelegen.

Het Hercynisch gebergte was tijdens het *Trias* (247 tot 211.10<sup>6</sup> jaar geleden) zover weggeërodeerd dat het grootste gedeelte van West- en Midden-Europa weer op zeeniveau was gekomen. In deze periode wisselde het huidige Maasbekken regelmatig van land naar zee en omgekeerd, waardoor er diverse soorten afzettingen ontstonden.

Vanaf het *Jura*-tijdperk (211 tot 143.10<sup>6</sup> jaar geleden) begon het super-continent Pangea weer uiteen te scheuren en ontstond de Atlantische Oceaan die zich ook tegenwoordig nog voortdurend verbreedt. Door die rek ontstonden er in West-Europa secundaire scheuren waarlangs een aantal smalle langwerpige repen continent zouden wegzakken: de slenken. Deze slenken fungeerden als verzamelbekkens voor grote hoeveelheden afbraakmateriaal. Voor de Maas is voornamelijk de **Roerdal Slenk** van belang. Het Brabants Massief vormde in deze tijden nog altijd een eiland. In de omringende zee werden klei, kalkhoudende klei en zand afgezet. In het deel van het Maasbekken dat in Lorraine ligt (Lot-haringse Maas) is deze goed-doorlatende kalk en mergel aanwezig, maar bedekt door een slecht-doorlatende klei met daarboven goed-doorlatende kalkgronden. Deze afzettingen liggen daar aan de oppervlakte (met uitzondering van het Maasdal zelf). Het dagzomen is veel later veroorzaakt door de Alpiene gebergtevorming (zie verder) waardoor de bovenliggende lagen zijn weggeërodeerd.

Tijdens het *Krijt* (143 tot 65.10<sup>6</sup> jaar geleden) vond opnieuw overspoeling van het Maasbekken plaats, wat kalksteenvorming tot gevolg had. In deze kalksteen doet zich geen grotvorming voor. In het noordelijk deel van het Maasbekken (Roerdal Slenk) ligt de afzetting nu meer dan 1000 m onder het oppervlak. Naar het einde van het Krijt ontstaan er opnieuw bodembewegingen en trekt de zee zich geleidelijk terug, ook van de oprijzende Ardennen. Tijdens deze periode werden de gebieden, die verzakt waren in de Roerdal Slenk door een inversietektoniek terug opgeheven (in mindere mate). In de ondiepe strandzeeën krioelde het van organismen waarvan skeletten en schelpen door de golven tot korrelkrijt werden gemalen. In de valleiwanden van Maas en Jeker is dit prachtig ontsloten en daarom Maastricht Korrelkrijt genoemd. Hierin komt een geelkleurige laag voor die bijzonder geschikt is als bouwsteen en dan ook systematisch werd ontgonnen (Goossens 1984 in Berger & Mugie 1994, Gullentops en Wouters 1996, Sels et al. 2001).

In het *Tertiair* (65 tot 2,5.10<sup>6</sup> jaar geleden) begon de Alpiene opheffing, welke tot op de dag van vandaag nog niet is beëindigd. Door de ontstane druk uit het zuiden vormden zich in het Nederlandse (en noordelijk Vlaamse) gedeelte van het Maasbekken een groot aantal breuken (Feldbiss-breuk, breuk van Rauw, breuk van Reppel, ...) die noordwest-zuidoost verliepen. Deze snijden het Maasdal bij Grevenbicht. Het gebied van de huidige Ardennen en het gedeelte van Limburg ten zuiden van de Feldbiss-breuk (zie verder) werd opgeheven ten opzichte van het gebied ten noorden van deze breuk (de Roerdal Slenk). Aan de noordoostzijde is deze slenk begrensd door de Peelrandbreuk. Door de daling van de slenk kan men de basis van de tertiaire afzettingen hier tegenwoordig op grote diepte terugvinden.

Het Tertiair wordt eveneens gekenmerkt door een opeenvolging van klei- en zandafzettingen. De afwisseling van klei en zand wijst op trans- en regressies (zeespiegelwijzigingen). Hoe zandiger de lagen hoe dichter ze bij de kustlijn zijn afgezet, hoe kleiiger, des te meer ze in iets diepere en rustige omstandigheden tot stand kwamen. De 2 belangrijkste kleilagen voor Vlaanderen zijn de leper klei en de Boom klei. Na een eerste maximale zeespiegelstand tijdens het Tertiair met de afzetting van leper klei bereikte de zeespiegel in het Midden Tertiair (Oligoceen) een tweede maximum, wat zich weeral

manifesteerde in de afzetting van een kleilaag: Boom klei. De kleilagen van het Tertiair zijn continue afschermdende lagen voor het grondwater. De zandige tussenlagen daarentegen zijn dikwijls waardevolle watervoerende lagen.

Het *Quartair* ( $2,5 \cdot 10^6$  jaar geleden tot heden) wordt ingedeeld in het *Pleistoceen* en het *Holoceen*. Het Pleistoceen neemt eigenlijk het volledige Quartair in behalve de laatste 10.000 jaar van het Holoceen. Het Holoceen omvat eigenlijk de laatste huidige warme fase terwijl het Pleistoceen alle voorafgaande warme fasen en ijstijden omvat van de laatste 2,5 miljoen jaar.

Het Pleistoceen is dus het tijdperk van de ijstijden. Er hebben zich ook wel eerder ijstijden voorgedaan, maar deze van het Pleistoceen zijn van groot belang geweest voor de huidige vorm van Noordwest-Europa en het Maasbekken.

Omdat in de ijstijden het water in grote hoeveelheden in de vorm van ijs was opgeslagen was in deze perioden het zeeniveau veel lager dan in de zogenaamde interglaciale perioden. Hierdoor was de eroderende werking van de rivieren veel groter. Bovendien werden tijdens de ijstijden grote hoeveelheden puin met het smeltwater afgevoerd. Aan het einde van een ijstijd steeg het zeeniveau en werden de grote afvoeren kleiner. Het meegevoerde puin kon in de uitgeslepen dalen worden afgezet, waardoor zogenaamde **alluviale vlakten** ontstonden. Bij de volgende ijstijd vond opnieuw uitslijting plaats.

De Maas kon door het dalen van de slenken als de Centrale Slenk zijn puin hierin kwijt. In het zuiden (Limburg) bestaat de afzetting hoofdzakelijk uit grind, verder noordelijk (vanaf Noord-Brabant, NL) met meer zand, klei en leem.

Tijdens de zeer koude en droge eindfase van een ijstijd ontstonden door de grote hoeveelheden ijs boven de ijskap dalende luchtmassa's en hoge drukgebieden met stormachtige winden. Deze winden maakten in droogliggende vlakten en bij puinkegels van gletsjers leem- en zandkorrels los. Op plaatsen waar het materiaal neersloeg ontstonden respectievelijk **löss** en **dekzanden**. Dekzand vindt men ondermeer in de Noorderkempen en Noord-Brabant (NL). Löss werd door zijn kleinere korrelgrootte verder naar het zuiden vervoerd en is tot in Zuid-Frankrijk te vinden. De lagen zijn over het algemeen niet meer dan enkele meters dik, echter plaatselijk tot 20 m.

In het *Holoceen* ( $0,01 \cdot 10^6$  jaar geleden tot nu) heeft de Maas vrijwel haar tegenwoordige loop gevonden (Goossens 1984 in Berger & Mugie 1994).

## 2.2.2 Reliëf

De geologische geschiedenis van het Gemeenschappelijke Maasgebied heeft zijn tekenen achtergelaten in de huidige topografie van het gebied. Zoals hierboven reeds werd aangegeven kunnen we in het studiegebied een 3-tal geologische gebieden onderscheiden. Op Figuur 7 worden de belangrijkste geomorfologische eenheden van deze gebieden weergegeven.

Het meest zuidelijke gedeelte van het studiegebied bevindt zich op de ooststrand van het Massief van Brabant.

Ten westen van de Maas bevindt er zich het **heuvelige landschap van de leemstreek** (Plateau van Haspengouw). De gemiddelde hoogte van de heuvels loopt er op tot 130 m in het westen en 160 m in de omgeving van Halembaye. De heuvels zijn bedekt met een leempakket van 5 tot 20 m dik. Door de eolische oorsprong van deze deklaag zijn ze hoofdzakelijk volgens de noordoost-zuidwestelijke strekking gericht, doorsneden door recente alluviale erosie. De vallei wanden zijn asymmetrisch van vorm; de oostelijke wand is steiler dan de westelijke wand door de werking van vorst en dooi tijdens de laatste IJstijd. In het oosten wordt de leemstreek begrensd door de Maasvallei. De overgang van leemplateau naar Maasvallei is steil.

Langs de oostzijde van de Maas wordt een typisch **krijtlandschap** aangetroffen. Tegen de Maas, in de omgeving van Visé, ligt een leemplateau op ongeveer 140 m. Dit plateau is het bovenzak van verschillende terrassen van de Maas (zie verder). Verder naar het oosten neemt de topografische hoogte toe naar het krijtplateau met een gemiddelde hoogte van 220-240 m (Plateau van Herve) (Claes et al. 2001).

Het centraal gedeelte van het studiegebied bevindt vormt het overgangsgebied tussen het Massief van Brabant en de Roerdal Slenk. Hierin worden verschillende geomorfologische entiteiten onderscheiden : het hoogterras, de laagterrassen, de alluviale vlakte en de vlakte van Bocholt.

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 grind en (dek)zandgronden 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, Vandenbussche et al. 2001).

De **laagterrassen** tussen Lanaken en Maaseik hebben allen dezelfde verschijningsvorm. Ze zijn opgebouwd uit een grindpakket, bedekt met een laag dekzand waardoor het voedselarme karakter van deze bodems is ontstaan. De verschillende terraseen 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 40 m in het zuiden en 20 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, Meeswijk, Stokkem, Dilsen, Maaseik, ...) (Jodogne 1974).

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

### 2.2.3 Breuken

Dwars op de lithologische opbouw is er een breuksysteem gesuperponeerd. Deze breuken hebben als gevolg dat de grenzen tussen verschillende lithostratigrafische lagen plots verspringen (Buffel et al. 2001).

Momenteel worden de breuken geïnventariseerd in hydrogeologische detailstudies ter voorbereiding van de opmaak van het Vlaams Grondwater Model (VGM). Per geohydrologische laag (zoals gedefinieerd in het HCOV: zie verder) worden de tot dat niveau doorwerkende breuken weergegeven (EN-VICO, 2002).

Op basis van deze gegevens werd een kaart (zie Figuur 8) opgesteld met de voornaamste breuken. De namen werden overgenomen uit de toelichtingen bij de geologische kaarten (Claes et al. 2001, Buffel et al. 2001 & Sels et al. 2001). Van deze breuken zijn er slechts 3, de breuk van Heerlerheide, de breuk van Feldbiss en de breuk van Elen die tot in het Quartair gewerkt hebben (Buffel et al. 2001).

### 2.2.4 Afdgedekte geologische kaart

De afdgedekte geologische kaart is de kaart die men verkrijgt na het denkbeeldig verwijderen van de Quartaire dekmantel. Enkel de onder de Quartaire deklaag dazomende eenheden worden hier dus op afgebeeld (zie Figuur 9). Om een volledig beeld van de opbouw van de ondergrond te krijgen kan gebruik gemaakt worden van de profielen die horen bij de verschillende kaartbladen (Maaseik, Rekem en Tongeren) van het studiegebied.

Geologisch gezien behoort het noorden van het studiegebied tot de Roerdalslenk en het Bekken van de Noordzee met eronder het Bekken van de Kempen waarin, in noord-noordoostelijke richting, een steeds vollediger en dikker wordend sedimentpakket aanwezig is. Dit sedimentpakket bestaat uit Caledonische (behorend tot het Massief van Brabant) en Hercynische gesteenten (Bekken van de Kem

pen) in de diepere ondergrond met daar bovenop de restanten van de dekterreinen van Perm-Trias-Jura (enkel in het slenkgebied zijn deze nog aanwezig) en Krijt-Tertiair-Quartaire (Bekken van de Noordzee) ouderdom.

Verder zuidwestwaarts wordt het Bekken van de Kempen begrensd door het Brabant Massief waar Caledonische gesteenten dagzomen of onder een geringe Cenozoïsche- of Krijtbedekking (Bekken van de Noordzee) aanwezig zijn. Doordat meeste lagen afhellen naar het noorden dagzomen naar het noorden toe steeds jongere en naar het zuiden toe steeds oudere lagen. Deze logische opeenvolging wordt echter lokaal verstoord door het effect van breuken of diepere rivierinsnijdingen van recentere tijden, waardoor dit voor het Quartaire niet meer geldt (Sels et al. 2001 & Claes et al. 2001).

#### 2.2.4.1 Bespreking van de lithostratigrafische eenheden

Een overzicht van de verschillende, in het studiegebied aanwezige, lithostratigrafische eenheden wordt gegeven in Tabel 3. Hierin zijn de chrono- en lithostratigrafie, de oude benamingen, de voornaamste lithologische kenmerken, aanvullende beschrijving en variabele dikte overgenomen uit Buffel et al. (2001), Claes et al. (2001) & Sels et al. (2001). De doorlatendheden werden overgenomen uit Van Autenboer & De Smedt (1986).

##### 2.2.4.1.1 Cambro-Siluur

Cambro-Siluur gesteenten, behorend tot het Massief van Brabant, komen voor onder de Krijtlagen op het Haspengouws plateau. Ten oosten hiervan, ongeveer volgens de westrand van de alluviale vlakte van de Maas, is het Massief van Brabant diep weggezonden en wordt het Cambro-Siluur bedekt door jong-Paleozoïcum (Claes et al. 2001).

##### 2.2.4.1.2 Devoon (De)

De oudste Paleozoïsche gesteenten die in het studiegebied onder de quadaire deklaag dagzomen vinden we terug in het uiterste zuiden op het Hoog van Visé (Voerstreek). Het zijn formaties uit het *Frasniaan* & *Givetiaan* die hoofdzakelijk bestaan uit dolomieten, schalies en kalkstenen. In het noorden van het studiegebied (Roerdal Slenk) bevinden deze lagen zich op 6,5 km onder het maaiveld (Sels et al. 2001 & Claes et al. 2001).

##### 2.2.4.1.3 Carboon

Onder Carboon

In het zuiden van het studiegebied dagzomt het *Visiaan* op het Hoog van Visé en t.h.v. Visé aan de Maas en het Albertkanaal. Het bestaat hoofdzakelijk uit blauw- tot donkergrijze kalksteen dat verkiezeld is aan de top.

Boven Carboon

De schiefers en zandsteen van het *Namuriaan* dagzomen t.h.v. Voeren en St-Martens Voeren (Claes et al. 2001).

Het steenkoolvoerende Westfaliaan vinden we in het centrale gedeelte van het studiegebied op grote diepte (t.h.v. Lanklaar bevindt de top zich op -500 m TAW) terug. De meest volledige sequentie van het Westfaliaan bevindt zich aan de rand van de Roerdal Slenk (t.h.v. Neeroeteren), waar de totale dikte oploopt tot 3000 m.

##### 2.2.4.1.4 Perm-Trias-Jura

De volledige sequentie van deze lagen vinden we in het studiegebied slechts terug ten noorden van de breuk van Elen (op grote diepte). Ze start met een transgressief conglomeraat afkomstig van het afgevlakte Hercynische gebergte. Hierop bevinden zich ondiep mariene grijze kalkrijke schiefers en kleirijke kalkstenen die roodverkleuren naar boven toe (*Lid van Helchteren*). De basis van het Trias (*Buntsandstein*) bestaat uit een rood gekleurde afwisseling van siltstenen en zandstenen (*Lid van Gruitrode*), gevolgd door een fluviatiele zandsteensequentie (*Lid van Bullen*) en een hoofdzakelijk siltsteenvpakket (*Lid van Bree*). De volledige Trias sequentie bestaat verder uit Muschelkalk en Keuper. Het Onder-Jura bestaat uit donkere mariene kalkschiefer (*Formatie van Aalberg*). Ten noorden de breuk van Elen kan de dikte van het totale pakket oplopen tot meer dan 1000 m (Buffel et al. 2001 & Sels et al. 2001).

Buiten de Slenk, aan de zuidwestrand van de breuk van Elen, zijn enkel de lagen van het Perm en Trias gespaard gebleven van erosie. De dikte bedraagt hier ongeveer 230 m (Buffel et al. 2001). In het zuiden van het studiegebied komen deze lagen niet meer voor. Ze zijn er volledig weggeërodeerd (Claes et al. 2001).

#### 2.2.4.1.5 Krijt

Tijdens het Krijt wordt het gebied overspoeld door de Laat-Krijt-zee waarbij de Krijtsedimenten van de formaties van Aachen, Vaals, Gulpen en Maastricht worden afgezet (Beerten 1999). Omwille van de Subhercynische inversietektoniek in de slenk, die minstens actief was vanaf het Vroeg-Campaniaan, werden in de slenk een groot deel van de Krijt-sedimenten niet afgezet. Buiten de slenk is er nog een extra detritische influx tengevolge van erosie van de opgeheven slenk. Pas vanaf de afzetting van de Formatie van Maastricht wordt in het gehele bekken een echter krijtsedimentatie teruggevonden zodat ook in de Roerdalslenk een 25 m dikke krijtlaag wordt aangetroffen (Sels et al. 2001).

De **Formatie van Aachen** (Santoniaan – Campaniaan) (Ak) bestaat hoofdzakelijk uit glauconietloos zand. De formatie bevat schelpen en soms klei en ligniet.

Ze dagzoomt onder de quartaire deklaag in het uiterste zuidoosten van het studiegebied, t.h.v. Remersdaal, waar ze een dikte bereikt van 10 m. In het centraal zuidelijk gedeelte van de Maasvallei is ze slechts enkele meters dik. In het centrale gedeelte van het studiegebied is ze niet overal ontwikkeld. Hier komt ze enkel voor in het noorden, ten zuidwesten van de breuk van Heerlerheide (max. 27 m dik) (Buffel et al. 2001 & Claes et al. 2001).

De **Formatie van Vaals** (Campaniaan) (Va) bestaat hoofdzakelijk uit een glauconiethoudend kleiig, kalkrijk zand met donkergroene kleinsten (Smectiet van Herve) en gerolde kwartskorrels aan de basis. Kalkknollen en onregelmatige kalksteenbanken komen er in voor.

In het uiterste zuidoosten (t.h.v. St-Martens Voeren en Remersdaal) dagzoomt deze formatie onder de quartaire deklaag. In de Roerdal Slenk, ten noorden van de breuk van Heerlerheide ontbreekt ze. De dikte varieert tussen 20 en 100 m (Buffel et al. 2001 & Claes et al. 2001).

De **Formatie van Gulpen** (Campaniaan – Maastrichtiaan) (Gu) is bijzonder heterogeen, en globaal sterk zandig en glauconiethoudend onder invloed van de inversie in de Roerdal Slenk. Ze bestaat uit 2 eenheden: het onderste pakket (*Eenheid van Halembaye*) (GuHm) bestaat uit een meestal zeer fijn, zuiver wit krijt met weinig silexen en het bovenliggend pakket (*Eenheid van Hacourt*) (GuHc) is opgebouwd uit grijs hard broos compact krijt met silexen. Het onderscheid tussen beide eenheden is enkel mogelijk in het zuiden van het studiegebied.

De Eenheid van Halembaye dagzoomt onder de quartaire deklaag op het Plateau van Herve, de Eenheid van Hacourt op het Plateau van Haspengouw. De dikte van de formatie varieert tussen 50 en 100 m. Ten noorden van de Heerlerheidebreuk is ze geheel afwezig (Buffel et al. 2001 & Claes et al. 2001).

De **Formatie van Maastricht** (Maastrichtiaan) (Ms) wordt gekenmerkt door grove gele en witte calcarenieten, traditioneel gekend als 'tufkrijt'. Onderaan komen silexbanken voor. Het onderscheid met de Eenheid van Hacourt kan soms moeilijk zijn (zeker in het zuiden van het studiegebied). In de formatie komen een aantal hardgrounds voor, welke kenmerkend zijn voor een tijdelijke sedimentatiestop en een grote hoeveelheid fossielen bevatten.

De formatie dagzoomt onder de quartaire deklaag in het zuiden, op het Plateau van Haspengouw en t.h.v. Maastricht. Ze komt over gans het studiegebied voor en heeft een dikte die varieert tussen 50 en 80 m (Buffel et al. 2001 & Claes et al. 2001).

#### 2.2.4.1.6 Tertiair

Tijdens het Tertiair wordt een hele reeks zanden, kleien en mergels van mariene en – in mindere mate – continentale oorsprong afgezet. De dikte van de lagen neemt progressief toe van zuid naar noord (Beerten 1999).

#### **Groep van Haspengouw**

Deze groep bestaat uit 2 lithologisch totaal verschillende pakketten: de Formatie van Houthem en de Formatie van Opglabbeek. De eerste sluit aan bij de kalkige sedimenten van het Boven-Krijt

terwijl de Formatie van Opglabbeek een nieuwe periode inzet met klastische sedimenten voor de afzetting van de Formatie van Heers.

De **Formatie van Houthem** (Onder-Paleoceen) (Ho) bestaat uit lichtgele soms grofkorrelige calcarenieten en zijn lithologisch bijna niet te onderscheiden van de onderliggende Krijtsedimenten. De grens tussen het Tertiair en de onderliggende Krijtlagen wordt gevormd door een hardground die echter niet overal terug te vinden is.

De formatie dagzoomt t.h.v. Maastricht en Hees. Naar het zuiden toe wigt ze uit en verdwijnt t.h.v. de breuk van Kanne. Naar het noorden toe komt ze waarschijnlijk overal voor. De dikte varieert tussen de 15 en 30 m (Buffel et al. 2001 en Claes 2001).

De **Formatie van Opglabbeek** (Midden-Paleoceen) bestaat uit een plastische ligniethoudende klei (*Lid van Opoeteren*) (Op), die zwart is van kleur in het zuiden van het gebied en bont met fel-rode en gele strepen in het centraal gedeelte. Ze komt slechts voor ten zuiden van de breuk van Waltwilder.

De dikte varieert sterk en loopt maximaal op tot 30 m (Buffel et al. 2001 & Claes et al. 2001).

De **Formatie van Heers** (Midden-Paleoceen) (Hs) bestaat uit het *Lid van Orp* (HsOr), dat opgebouwd is uit fijne donkergroene tot grijsgroene sterk glauconiethoudende kleiige zanden en het *Lid van Gelinden* (HsGe) dat bestaat uit compacte, deels versteende, gespleten witgrijze mergels. Verder werden nog het Lid van Maasmechelen (kalkareniet) en Eisdén (zand) benoemd, die echter niet als afzonderlijk karteerbare eenheden te onderscheiden zijn.

Zij bereikt haar maximale dikte in het centrale gedeelte van het studiegebied (tot 55 m) en wigt uit naar het zuiden en noordoosten. T.h.v. de overgang naar de Slenk heeft zij slechts een dikte van 10 m (Buffel et al. 2001 en Claes et al. 2001).

### **Groep van Landen**

Deze groep bestaat in het studiegebied slechts uit 1 pakket, nl. de Formatie van Hanut.

De **Formatie van Hanut** (Boven-Paleoceen) (Hn)

In het studiegebied komen enkel het Lid van Halen en het Lid van Waterschei voor. Het *Lid van Waterschei* (HnWa) bestaat uit een grijze, zeer harde compacte klei. De kalkrijke basis van dit Lid werd beschreven als een aparte eenheid, het *Lid van Maaseik*. Het *Lid van Halen* (HnHa) bestaat uit een grijsgroen silt tot siltige klei met zachte zandsteen of siltsteen. De basis van deze laatste vormt een geleidelijke overgang naar de onderliggende Klei van Waterschei.

In het centrale gedeelte van het studiegebied komt de formatie bijna overal voor, zij het wel met een variërende dikte. Naar het zuiden toe zijn de afzettingen zeer gereduceerd en helemaal in het zuidoosten wiggen ze zelfs uit. Enkel in het noordoosten zien we een onderscheid tussen het Lid van Halen (15 m dik) en het Lid van Waterschei (tot 40 m dik). Naar het oosten toe zien we nog enkel het Lid van Waterschei dat zich daar voordoet als een meer blauwe tot soms zwarte compacte, kalkhoudende klei met intercallaties van kleisteen (Buffel et al. 2001).

### **Groep van Tongeren**

De formaties van de Tongeren Groep bestaan uit een mariene sequentie (Formatie van St. Huibrechts Hern) en een continentale sequentie (Formatie van Borgloon).

De **Formatie van St. Huibrechts Hern** (Laat-Eoceen) (Sh) bestaat uit zeer fijne groengrijze, glauconiethoudende en glimmerrijke zanden met wisselend kleigehalte. Ze bestaat uit 2 leden; het *Lid van Grimmertingen* (ShGr) is een kleverig zeer fijn groenig, glauconiet- en glimmerhoudend zand, dat naar onder toe veel kleirijker wordt en het *Lid van Neerrepen* (ShNe) dat een los, fijn, groenig zand is met veel glimmers waar meestal een fijne gelaagdheid in waar te nemen valt.

De formatie dagzoomt onder de quartaire deklaag van het uiterste zuidwesten tot boven Maastricht. Zij heeft een minimum dikte van enkele meters en kan naar het noorden (buiten de slenk) tot 35 m dik worden (Buffel et al. 2001 & Claes et al. 2001).

De **Formatie van Borgloon** (Onder-Oligoceen) (Bo) wordt onderverdeeld in 2 leden: het *Lid van Henis* (BoHe) dat zeer heterogeen van aard kan zijn, maar hoofdzakelijk bestaat uit groene vette

klei met zwarte ligniethoudende horizonten en het *Lid van Alden Biesen* (BoOb) dat bestaat uit mergel en een geelachtig, matig tot grofkorrelig zand met brakwaterschelpen.

De formatie dagzoomt onder de quartaire deklaag in het zuiden van het studiegebied, van Itteren tot Hees en bestaat er voornamelijk uit het Lid van Henis. In het centrale en noordelijke gedeelte komt ze slechts sporadisch voor. Ze heeft een minimale dikte van enkele meters en kan tot 15 m dik worden (Buffel et al. 2001 & Claes et al. 2001).

### **Groep van Rupel**

De Rupel Groep kan opgedeeld worden in de Formatie van Bilzen, de Formatie van Boom en de Formatie van Eigenbilzen. Deze bestaan voornamelijk uit kleiige sedimenten afgezet tijdens het Onder-Oligoceen.

De **Formatie van Bilzen** (Bi) bestaat uit 2 zandpakketten (Lid van Berg en Lid van Kerniel) gescheiden door een kleirijke eenheid (Lid van Kleine-Spouwen).

De *Zanden van Berg* (BiBe) bestaan uit een bleekgrijs, soms bruinachtig, half fijn tot grof, licht kleiig zand dat vooral bovenaan veel mariene schelpen bevat.

De *Klei van Kleine-Spouwen* (BiKs) is een groenig bruine tot geelgrijze, vaak kalkhoudende zandige klei.

Het *Zand van Kerniel* (BiKe) is een grijswit tot geel middelmatig zand met een kleiige basis, waarin soms kwarts- of silexgrind voorkomt. Zijn voorkomen kan pas met zekerheid bevestigd worden wanneer de Klei van Kleine Spouwen wordt aangetroffen.

De formatie dagzoomt onder de quartaire deklaag tussen Kleine Spouwen en Rekem. Ze komt in zo goed als gans het studiegebied voor, behalve in het uiterste zuiden. In het zuiden, op de plaatsen waar de formatie dagzoomt, is het mogelijk een onderscheid te maken tussen de verschillende leden van de formatie. Hoe verder naar het noorden, hoe minder gemakkelijk dit onderscheid te maken is. De dikte varieert van 10 tot 40 m (Buffel et al. 2001 & Claes et al. 2001).

De **Formatie van Boom** (Bm) bestaat hoofdzakelijk uit een vette grijze klei, soms zandiger, soms afgewisseld met siltlaagjes. De klei is rijk aan mica's en pyriet en in sommige lagen komen kalkknollen voor. Meer naar het zuiden en oosten toe krijgen we eerder een mengeling van grijsblauwe en bruine klei.

De formatie dagzoomt in het studiegebied, onder de quartaire deklaag, tussen Mopertingen en Maasmechelen.

In het uiterste zuiden van het studiegebied komt ze niet voor. Vanaf Kleine Spouwen is ze aanwezig en wordt ze gemiddeld 10 m dik, meer naar het noorden kan de dikte oplopen tot een 50-tal m. Enkel in de Slenk zijn er aanwijzingen dat de dikte er 100 m bedraagt (Buffel et al. 2001 en Claes et al. 2001).

De **Formatie van Eigenbilzen** (Eg) bestaat hoofdzakelijk uit een grijs tot grijsgroen kleiig fijn zand met een beetje glimmers en weinig of geen fossielen. De basis wordt iets kleiiger, meestal met geleidelijke overgang naar de onderliggende klei.

In het uiterste zuiden van het studiegebied komt ze niet voor. De formatie dagzoomt in het studiegebied, onder de quartaire deklaag, tussen Leut en Eigenbilzen (d.i. de zuidrand van het Kempisch Plateau). Hier heeft ze een gemiddelde dikte van 5 m met een maximum van 10 m. Verder naar het noorden schommelt de gemiddelde dikte tussen de 30 en 50 m (Buffel et al. 2001 & Claes et al. 2001).

De **Formatie van Voort** (Oligoceen) (Vo) bestaat uit groenzwart tot groenbruin zeer glauconietrijk kleiig middelmatig zand dat zeer rijk is aan fossielen en schelpfragmenten. In dit pakket komen ook geregeld groene zandsteenbankjes voor evenals enkele dunne groenbruine kleilagen. Het onderscheid met het onderliggend grijs kleiig fijn zand van de Formatie van Eigenbilzen is niet zo uitgesproken.

De formatie dagzoomt nergens in het studiegebied en komt enkel voor in het centrale en noordelijke gedeelte. De dikte kan oplopen tot 70 m buiten en wel 300 m in de Roerdal Slenk (Buffel et al. 2001).

De **Formatie van Bolderberg** (Mioceen) (Bb) bestaat in het studiegebied uit 3 leden.

Het mariene *Lid van Houthalen* (BbHo) is een glauconietrijk en micahoudend bruingroen tot zwartgroen kleilig fijn zand met (grote) schelpen en vstanden. De basis wordt meestal gevormd door het grind van Elsloo dat vooral bestaat uit zwarte vuursteenkeien, grove kwartskorrels, gerolde groenzwarte zandsteenfragmenten en fosfaatconcreties.

Het lid dagzoomt, onder de quartaire deklaag, tussen Eigenbilzen en Leut, ten noorden van de breuk van Vroenhoven (Buffel et al. 2001, Claes et al. 2001 & Sels et al. 2001).

Het continentale *Lid van Genk* (BbGe) wordt onderverdeeld in 2 pakketten, die gescheiden worden door *het Grind van Opgrimbie*. Het pakket onder het grind is gekenmerkt door fijne en middelgrote, gelige tot asgrijze zanden, vaak met grove glimmers. Verspreid zijn er ligniet- of houtachtige laagjes aanwezig. Tussen de 2 belangrijkste lignietlagen komt een tussenpakket voor dat bestaat uit middelgrote, asgrijze zanden met lignietbrokjes veel grove glimmers en enkele kleine bruine kleilensjes. Onder de ligniet- of houtlagen kunnen verkiezelde kwartsietische zandsteenbanken voorkomen evenals spierwitte zanden (Maasmechelen Zilverzand) die van alle ijzeroxiden zijn ontdaan.

Boven het grind vinden we witte, zeer zuivere, middelmatige tot grofkorrelige zanden. Op sommige plaatsen zijn paarsbruine (organisch rijke) zandlaagjes te herkennen. Verspreid zijn er enkele grindhorizonten en/of grove hoekige kwartsen aanwezig. In het zuiden van het studiegebied wordt geen onderscheid gemaakt op basis van het Grind van Opgrimbie. Het lid bestaat er uit bleekgele tot grijswitte micahoudende fijne zanden, waarin het kleigehalte naar onder toe stijgt. Kenmerkend zijn de grote glimmers en de aanwezigheid van meerdere lignietlagen. Deze lagen zijn vooral bovenaan goed ontwikkeld, naar onder toe worden ze dunner en uiteindelijk wordt er nog enkel lignietgruis aangetroffen tussen het witte zand. Onder de lignietbanken worden af en toe verkiezelde zandsteenbanken aangetroffen (Buffel et al. 2001, Claes et al. 2001 & Sels et al. 2001).

Het lid dagzoomt, onder de quartaire deklaag, over een groot gedeelte van het studiegebied (tussen Eigenbilzen, Meeswijk, Dilsen en As).

Het *Lid van Opitter* (BbOp) is het jongste lid van de formatie en bestaat uit micarijke, fijne, zeer goed gesorteerde zanden, waarin de aanwezigheid van glauconiet zo goed als nihil is. Dit lid dagzoomt, onder de quartaire deklaag, t.h.v. Opitter (Sels et al. 2001).

Ten zuiden van het Kempisch Plateau is de formatie geheel afwezig. De totale dikte neemt toe naar het noord-noordoosten van 25 tot 100 m buiten de slenk en rond de 250 m in de slenk (Buffel et al. 2001, Claes et al. 2001 & Sels et al. 2001).

De **Formatie van Diest** (Mioceen) bestaat in het studiegebied uit het *Lid van de Molen van Gruitrode* (Di). Dit zijn slecht gesorteerde glauconietrijke, halfgrote zanden. Wanneer het glauconiet verweerd is tot roestkleurige ijzerzanden, ontstaan ijzerzandsteenbanken die als bouw materiaal gebruikt werden. Aan de basis van het pakket kunnen herwerkte schelpen van het Bolderiaan gevonden worden. Doordat de basis van deze afzetting zeer erosief was zijn de dikteverschillen relatief groot. Het is meestal echter onmogelijk om de grens tussen de Formaties van Kasterlee en Diest te bepalen. Veelal wordt de dikte van de combinatie van deze formaties aangegeven.

De formatie dagzoomt, onder de quartaire deklaag, tussen Dilsen, Opoeteren, Opglabeek en Waterschei en t.h.v. Opitter. De dikte van beide formaties kan variëren tussen de 10 en 100 m en waarschijnlijk tot 160 m buiten de slenk. In de slenk zelf is de totale dikte van beide formaties veel dikker (250 à 300 m in het meest noordoostelijke punt) dan buiten de slenk (Buffel et al. 2001 & Sels et al. 2001).

De **Formatie van Kasterlee** (Pliocen) (KI) bestaat in het studiegebied uit de *Zanden van Dorperberg*. Het zijn licht glauconiethoudende vrij goed gesorteerde, grijsgroene fijne zanden met kleilenszen.

In Nederland zijn de Formaties van Bolderberg, Diest en wellicht ook een gedeelte van Kasterlee in één formatie ondergebracht, nl. de Formatie van Breda. De formatie dagzoomt in het noorden op het Kempisch plateau en tegen de alluviale vlakte tussen de Fedlbiss- en Heerlerheidebreuk (Sels et al. 2001 & Buffel et al. 2001).

De **Formatie van Mol** (Pliocéen) (MI) bestaat uit grove en matig fijne, meestal opvallend witte zanden die bijna uitsluitend uit kwarts bestaan en om deze reden veelvuldig in de industrie toepassing vinden.

Onderaan in deze formatie vinden we het *Kwartzand van Mol-Donk* (MIDo), dat zeer goed gesorteerd is maar toch ook wisselingen in grofheid vertoont. De klei is uit deze zanden meestal uitgewassen.

Op dit pakket vinden we een dunne kleiïge horizont en sprietlaag (= lokale naam voor bruikool), de *Spriethorizont van De Maat* (MIMa).

Boven de sprietlaag ligt een iets grover kwartzand, dat nog beter gesorteerd is en minder wisselingen in grofheid vertoont, het *Kwartzand van Maatheide* (MIMh).

Aan de top van het geheel kan een lignietachtige veenlaag worden aangetroffen; de *Lignietlaag van Russendorp* (MIRu). De formatie dagzoomt, onder de quartaire deklaag, in het noordwesten van het studiegebied. De dikte van de hele formatie neemt toe in westelijke richting van ongeveer 10 m aan de splitsing van de verschillende breuken bij Bree tot 100 m in het westen (Buffel et al. 2001 & Sels et al. 2001).

Op het einde van het Tertiair (Pliocéen) waren de randbreuken van de Roerdal Slenk zeer actief, zodat vanaf Bree wel 200 m sediment kon worden geborgen. Het zijn overheersend grove zanden en grinden behorend tot de **Kiezeloolietformatie** (Kz). Het bestaat uit fijne tot grove asgrijze zanden waarrin witte kwartskeitjes en kenmerkende verkiezelde oolithische kalksteen overheersen met wat kleiïge intercalaties. Deze afzettingen werden in de slenk hoofdzakelijk aangevoerd door de Rijn voordat deze verbinding had met het Alpeengebied. Het onderscheid met de onderliggende formatie van Kasterlee is meestal duidelijk.

De formatie dagzoomt, onder de quartaire deklaag, in het noordoosten van het studiegebied. Tussen de Heerlerheide- en Feldbissbreuk, enkel het onderste lid voor. Tussen de Feldbiss en de breuk van Elen is echter de volledige formatie aanwezig. Het volledige pakket bereikt tussen de breuken een dikte van 120 m. Ten noordoosten van de Elenbreuk vinden we een totale dikte van om en bij de 160 m.

De formatie bestaat uit 5 leden:

Het *Lid van Waubach* (KzWb) is een zeer grindrijke, grofzandige afzetting, rijk aan kwarts. De dikte van deze laag varieert tussen 10 en 120 m.

Deze laag wordt bedekt door de *Brunssum II Klei* (KzBrII). Dit is een tamelijk homogene, zware compacte klei met bruinkoolinschakelingen en slechts enkele fijnzandige laagjes van geringe dikte. De dikte van deze laag varieert tussen de 10 en 50 m.

Het *Lid van Pey* (KzPey) is een matig grof, grijs zand, soms met een typische klei-intercalatie van 2 à 3 m dikte in het midden. Het zand is soms wat ligniethoudend. De dikte van deze laag varieert tussen de 10 en 90 m.

Daarbovenop vinden we de *Brunssum I Klei* (KzBrI) die bestaat uit donkere ligniteuze klei met lignietlagen. Plaatselijk of aan de basis van het pakket komen fijnzandige laagjes en wortelresten voor. De dikte van dit pakket varieert tussen de 12 en 60 m.

Het *Lid van Jagersborg* (KzJa) is de laatst afgezette laag van deze formatie en bestaat uit fijne tot grove asgrijze zanden met wat kleiïge intercalaties. De dikte varieert tussen de 20 en 90 m (Sels et al. 2001 & Buffel et al. 2001).

Een vereenvoudigde correlatie tussen de Nederlandse en Belgische stratigrafische eenheden is te vinden in van Rooijen (1986).

### 2.2.5 Quartair geologische kaart

De bij dit rapport gevoegde kaart (Figuur 10) is opgesteld op basis van de reeds beschikbare gegevens. Zo zijn bijv. nog niet alle kaartbladen gedigitaliseerd en stemmen de geïnventariseerde stratigrafische eenheden bij de overgang tussen verschillende kaartbladen niet volledig overeen. Deze gegevens zijn dus zeer onvolledig en mogen slechts geïnterpreteerd worden als een eerste opper

vlakke benadering. Van zodra de volledige gegevens beschikbaar zijn, zal daar uiteraard gebruik van worden gemaakt.

#### 2.2.5.1 Geschiedenis

Aan het begin van het *Pleistoceen* diepte de Maas haar dal uit in de oprijzende Ardennen en stroomde via Luik nog door Nederlands Limburg richting Aken. De Maas was een veel belangrijker rivier dan momenteel het geval aangezien ze de Moezel nog als bijrivier had en ze dus een aanzienlijk stuk Vogezen draineerde. Toen het Limburgs blok van de Roerdal Slenk verder wegzakte langs de Breuk van Rauw werd de Maas in Luik naar het noorden afgebogen en zette in de Limburgse Kempen de **Winterslag Zanden** af. Ook de Rijn werd hierdoor aangetrokken en liet in een wijde bocht de **Lommel Zanden** achter.

De Vogezen waren inmiddels voldoende hoog opgerezen zodat bij de volgende klimaatsverslechtering er een belangrijke ijsskap kon ontstaan. Daardoor kregen Moezel en Maas ontzaglijke smeltwaterdebieten die in de Kempen een puinkegel met **Zutendaal Grind** opwierpen. Dit grind is eigenlijk een door een verwilderde rivier afgezette puinwaaier in een lager gelegen gebied dat grotendeels ontstaan is door de tektonische verzakking in de Rijnslenk. Ten zuiden van de Feldbissbreuk werden ontzettend grote hoeveelheden zeer slecht gesorteerd grind afgezet op een substraat dat zich op een hoogte van 80 tot 60 m TAW bevond. Er werden tot 20 m dikke grindpakketten op afgezet. Het huidig oppervlak met Zutendaal Grind in de ondergrond situeert zich dus tussen 100 en 80 m TAW. Naar het noorden en westen vermindert de grindhoeveelheid en in de, ten noorden van de Feldbissbreuk voorkomende, naar beneden gezakte Vlakte van Bocholt ligt het oppervlak niet meer hoger dan 50 m TAW en gaat het over meer zandige fluviatiele afzettingen (Bogemans & Mostaert 2002).

Na de sedimentatie van het Kempisch Hoofdterras tijdens het Mindelglaciaal, sneed de Maas zich scherp in waarbij het geleidelijk een deel van de oorspronkelijk puinwaaier opruimde. Ten zuiden van Lanaken worden twee erosierterrassen gevormd: het **Terras van Mopertingen** met een top van 75 à 77 m en **het Terras van Lanaken** met een top van 65 à 68 m.

Het Rissglaciaal is de belangrijkste periode voor de vorming van de huidige Maasvallei. In het eerste deel van Rissglaciaal werd het **Terras van Caberg-Pietersem** gevormd, in het tweede deel het **Terras van Eisdan-Lanklaar**. Beide sedimentatieperioden, overeenkomend met de vorming van beide terrassen, zijn gescheiden door een belangrijke erosieperiode die nu resulteert in een kleine steilrand nabij Lanaken.

Tijdens het Riss-Würminterglaciaal werd de Maas terug een erosieve rivier en ruimde de Rissterrassen gedeeltelijk op.

Een opnieuw verwilderde rivier zette tijdens het Würmglaciaal het **Terras van Mechelen a/d Maas** af.

Tijdens het Tardiglaciaal verliep de grindsedimentatie door de verwilderde Maas verder en werd het **Terras van Geistingen** (16-18 m dik) opgebouwd en bedekt door een zandig alluvium (1 m).

De datering van de terrassen en de terrasafzettingen is echter niet zo vanzelfsprekend en staat nog steeds ter discussie (Beerten 1999).

In het uiterste zuiden van het studiegebied (kaartblad Tongeren (34)) bevinden zich eveneens terrassen, welke minder goed gekend zijn. Doordat de Quartairgeologie steeds bestudeerd werd per kaartblad en dit door verschillende mensen in verschillende onderzoeksdomeinen, uit verschillende universiteiten, bestaat er geen algemeen geldende nomenclatuur voor deze terrasafzettingen en zijn de onderlinge verbanden tussen de verschillende kaartbladen niet altijd even duidelijk.

We beperken ons hier tot een opsomming (**Terras van Simpelveld, Terras van Wonck, Terras van Bombay, Terras van Hermee, Terras van Eben, Terras van Wolder**) en korte bespreking van het voornaamste, nl het **Terras van St. Pietersberg**. De terrasafzettingen die hiertoe gerekend worden bestaan uit grinden en grove zanden met een dikte van 5 tot 15 m. Deze komen sterk overeen met de afzetting op het Kempisch Plateau, meer bepaald de grinden van Zutendaal (Verstraelen 2000).

De *Holocene* Maas is een eilandenrivier met een hoge sinuositeit en bouwt een brede alluviale vlakte op door talrijk migraties en stroomverplaatsingen, die naast een laterale eveneens een verticale erosie veroorzaken. De bovenste grinden van de laagterrassen worden herwerkt terwijl grote hoeveelheden recent alluvium worden afgezet (Paulissen 1973). Zo ontstonden de **Stokkem Grinden** die overal in

de huidige alluviale vlakte onder de amper 2 m (in oude stroomgeulen echter tot 5 m) dikke leemlagen voorkomen.

#### 2.2.5.2 Dikte van het quartair

Aangezien het merendeel van het grondwatertransport, van belang voor de Gemeenschappelijk Maas, plaatsgrijpt in de afzettingen van het Quartair is het belangrijk een beeld te krijgen van de variatie in de dikte van deze laag.

Als eerste benadering werd bij de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) de top van het Tertiair opgevraagd (zie Figuur 13). De naam van deze kaart is eigenlijk bedrieglijk, aangezien niet alle lagen onder het Quartair van Tertiair ouderdom zijn. Zo is bv. de eerste laag onder het Quartair in het zuiden van het studiegebied van Krijt-ouderdom. De kaart geeft informatie omtrent de hoogte van de basis van het Quartair weer in m TAW. Ze moet echter met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden aangezien ze afgeleid werd uit boorgegevens (puntwaarnemingen). Het is immers bekend dat de basis van het Quartair in het studiegebied lokaal zeer sterk kan variëren. In combinatie met een gedetailleerde topografische kaart kan, gebruik makend van de top van het Tertiair, een benadering van de dikte van het quartair worden bepaald.

Ter voorbereiding van een grondwatermodelleringsstudie van het mijnverzakkingsgebied voor de Afdeling Maas en Albertkanaal (WL, ENVICO & ADINCO 1998) werd eveneens een contourkaart opge maakt van de basis van het grind t.o.v. het maaiveld.

Hiervoor werden eveneens boorbeschrijvingen gebruikt. Deze waren afkomstig van:

- de Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening (V.M.W.)
- de Administratie Natuurlijke Rijkdom en Energie (A.N.R.E.)
- de N.V. Mijnschade te Eisden
- de boringen uitgevoerd in het kader van het MER Gemeenschappelijke Maas (Projectbureau Gemeenschappelijke Maas Nederland)

Veel van deze gegevens zijn terug te vinden in de Databank Ondergrond Vlaanderen (D.O.V.)

Ter plaatse van de winningen te Eisden, te Meeswijk en ter plaatse van het mijnterrein werd op basis van deze gegevens een vrij gedetailleerd beeld van de basis van het grind bekomen. Buiten deze gebieden moet deze berekende basis echter eerder als gemiddelde waarde beschouwd worden aangezien er onvoldoende gegevens zijn om deze sterk variërende parameter in kaart te brengen (WL, ENVICO & ADINCO 1998). Bij een vernieuwing van dergelijk onderzoek zou het eveneens wenselijk zijn om boorgegevens van de grindwinningsmaatschappijen en de Belgisch Geologische Dienst (B.G.D.) mee te implementeren.

Ten slotte moet er nog melding gemaakt worden van het initiatief van de Afdeling Water om voor elke hydrogeologische laag (HCOV- zie verder) een contourkaart op te maken. Deze zullen dienen als basis voor de opmaak van het Vlaams Grondwater Model (VGM).

#### 2.2.5.3 Bespreking van de voornaamste lithostratigrafische eenheden

In deze gebiedsverkenning worden slechts de voornaamste lithostratigrafische eenheden van het quartair besproken: dit omhelst enkel de fluviatiele en eolische afzettingen. Een overzicht wordt weer gegeven in Tabel 4.

##### 2.2.5.3.1 Fluviatiele (Maas- en Rijn) afzettingen (Beerten 1998, 1999)

##### **Formatie van Kaulille**

Deze formatie vormt samen met de Formatie van As de sedimenten van het hoofdterras. Het bestaat uit Maasafzettingen met Rijninvloed.

##### *Lommel Zanden*

Deels voor en deels gelijktijdig met het afzetten van de Winterslag Zanden is tevens de Rijn aange trokken geweest door de werking van de Rauw-breuk. Beide zanden zijn dus waarschijnlijk lateraal afgezet. De Lommel zanden bestaan voornamelijk uit middelmatig tot grof zand. Sommige

niveaus zijn zeer grindrijk. De dikte varieert van 7-8 m op het plateau en tussen 3 en 15 m in de Vlakte van Bocholt.

#### *Bocholt Zanden*

Zoals boven reeds werd aangehaald is de Rijn vroeger aangetrokken geweest door de werking van de Rauw-breuk. De Bocholt Zanden zijn dan ook afgezet door een combinatie van Maas en Rijn. Het zijn middelmatige tot groffe zanden, met beperkte bijmenging van fijn grind, dikwijls granulegrind, en vooral onderaan met talrijke kleibrokken. De basis is meestal een zeer heterogene afzetting van grof grind, zand, leem en klei. De dikte varieert van 4,5 m over een waarde van 10 à 15 m tussen de breuken tot 26 m ten oosten van de breuken. Het preciese verband tussen de Lommel Zanden, Bocholt Zanden, Winterslag Zanden en Zutendaal Grinden is nog steeds troebel. Nieuwe boringen wijzen uit dat tenminste een gedeelte van de Bocholt Zanden ouder zijn dan de Winterslag Zanden, terwijl dit laatste ouder is dan de Zutendaal Grinden.

#### *Hamont Klei*

Geïntercaleerd tussen beide Rijnzanden kan een zeer kleiig facies worden aangetroffen. Lithologisch bestaat deze eenheid uit lemige klei tot kleiige leem aan de top, overgaand in zandig leem en lemig fijn zand met uiteindelijk aan de basis fijn tot middelmatig zand. Deze afzetting heeft waarschijnlijk een gemengde afkomst van Maas en Rijn. Het verbreidingsgebied is beperkt tot de Vlakte van Bocholt, ten noorden van Bocholt. De afzettingssomstandigheden voor deze eenheid waren eerder rustig, met in het begin nog fluviaatiele invloed, later overgaand in een gesloten milieu. Zowel een verlaten arm van een meanderend systeem als een meer komen in aanmerking.

#### **Formatie van As**

De afzettingen binnen deze formatie zijn allen Maasafzettingen, zonder Rijninvloed.

#### *Winterslag zanden*

Dit lid wordt beschouwd als het zandfaciës op het Kempisch Plateau. Lithologisch bestaat het voornamelijk uit middelmatig tot grof zand met grinden die verspreid of in banken voorkomen. De sedimentaire structuren wijzen in de richting van een verwilderde rivier. De dikte schommelt tussen 3 en 20 m.

#### *Zutendaal Grinden*

Het Lid van Zutendaal is een afzetting van fluvio-glaciale grove Maasgrinden in een al dan niet aanwezige leemmatrix met weinig zand; leemlenzen (soms tot 4 à 5 m dik) zijn plaatselijk geïntercaleerd. De grinden zijn afgezet door een verwilderde rivier in een koud klimaat. Hun verbreidingsgebied valt essentieel samen met een deel van het Kempisch Plateau ten oosten en in een smalle strook ten westen van de Bosbeek en breidt zich verder uit naar het noordoosten over de rand van Bree heen. Stratigrafisch komen ze in principe boven de Winterslag Zanden te liggen maar meestal zijn deze laatste volledig weggeschuurd vooraleer het grindfaciës afgezet geweest is. Dit lid heeft een dikte die schommelt tussen 6 en 22 m.

Zowel de Winterslag Zanden als de Zutendaal Grinden zijn in reliëf gezet en vormen nu het hoofdterras van de Maas dat morfologisch overeenkomt met het Kempisch Plateau. Het onderscheid tussen beide leden van de Formatie van As is soms moeilijk te maken in boorbeschrijvingen: de verweringsgraad en de dominantie van grind of zand zijn de gehanteerde criteria.

#### **Formatie van Mopertingen (Caberg-Pietersem Grinden & Lanaken Grinden)**

Dit zijn hellingsterrasgrinden ingesneden in het hoofdterras (Formatie van As), afgezet tijdens het Saaliaan. Ook leem- en zandbedekkingen kunnen in principe voorkomen. Deze afzettingen dateren van voor het verlies van de Moezel en zijn bijgevolg gekenmerkt door de aanwezigheid van Moezelmineralen.

#### **Formatie van Lanklaar**

Dit zijn dalbodemgrindafzettingen die in principe gekenmerkt zijn door de afwezigheid van Moezelmineralen. De dikte varieert van 5 tot 22 m. In het algemeen is de basis van deze grindafzettingen zeer onregelmatig. Op korte afstand (250 m) kan het grindpakket meer dan 5 m dikker worden. Regelmatig komen er dikke leemlenzen voor (soms tot 4 à 5 m dik).

### *Eisden-Lanklaar Grinden*

Dit lid bestaat uit fluviatiele dalbodemplanden met beperkte bijmenging van zand en leem, afgezet door een verwilderde rivier tijdens een koud klimaat. Bedekking door de Formatie van Dilsen is mogelijk. Ze hebben een dikte van 8 tot 18 m. Door erosie zijn ze morfologisch zichtbaar in het landschap en vormen het terras van Eisden-Lanklaar.

### *Maasmechelen Grinden*

Dit lid bestaat eveneens uit fluviatiele dalbodemplanden, zeer gelijkaardig aan de Eisden-Lanklaar Grinden. Bedekking door de Formatie van Wildert is mogelijk maar niet noodzakelijk. De dikte varieert van 6 tot 22 m. Mogelijk bevinden zich nog resten van de Eisden-Lanklaar grinden eronder. Later zijn ze in reliëf gezet door verdere erosie en vormen nu het terras van Mechelen a/d Maas.

In een aantal boringen, uitgevoerd op de dalbodemplanden van de Maas is een leempakket aangetroffen, variërend in dikte van een halve meter tot maximaal 2 m. Deze laag komt steeds in hetzelfde stratigrafische verband voor: geïntercalleerd tussen de grinden en het dekzand, of aan de top van de grinden indien geen dekzand aanwezig is, en dit zowel op de Eisden-Lanklaar Grinden als de Maasmechelen Grinden. Deze leem is echter niet in een lithostratigrafische eenheid ondergebracht maar gewoon lithologisch benoemd en enkel aangegeven in de databank en de profielen (niet op de kaarten).

### *Geistingen Grinden*

Dit lid heeft dezelfde kenmerken als de vorige 2 leden. Ze zijn hoofdzakelijk van Ardense afkomst. Bedekking door de Formatie van Wildert is mogelijk. De dikte schommelt tussen 7 en 14 m. Het is zeer waarschijnlijk dat oudere Maasafzettingen aanwezig zijn onder deze grinden. De grinden zijn bedekt met een lemig en kleiig alluvium van de Maas (Formatie van Leut).

### *Onbekende Maasgrinden*

Op basis van de hoogteligging van de top van de grindafzettingen is een bijkomend niveau in de grinden van de Holocene alluviale vlakte gelokaliseerd. Het is tevens bedekt door de Formatie van Leut. Mogelijk is dit een intermediair niveau, mogelijk sluit dit aan bij het terras van Geistingen.

### *Stokkem grinden*

Dit lid bestaat uit fijn tot grof grind met beperkte bijmenging van leem en voornamelijk grof zand, afgezet door de Maas. In feite gaat het om herwerkte Pleistocene Maasafzettingen, gedeponeerd als beddinggrinden door een rivier met een gemengde lading. Ze komen voor in de huidige alluviale vlakte van de Maas. De dikte varieert tussen de 5 en 20 m. Het onderste deel van dit grindpakket bestaat waarschijnlijk uit oudere grinden (Geistingen, Maasmechelen of Eisden-Lanklaar) die nog niet herwerkt zijn door de huidige Maas. Opmerkelijk is dat op sommige plaatsen de Maasgrinden (bv. sommige plaatsen in de grindgroeve van Gralex (Stokkem)) zeer dun (nauwelijks 2 à 3 m dik) zijn. In principe zijn de Stokkem Grinden bedekt met fijn alluvium van de Maas (Formatie van Leut).

### **Formatie van Leut**

Dit is het fijne alluvium, getransporteerd en afgezet door de Maas tijdens het Holoceen. Ruimtelijk kan het opgesplitst worden in geul- en overstromingssedimenten. Naast deze ruimtelijke differentiatie is er een chronologische differentiatie die zeer goed merkbaar is in de oudere geulsegmenten. Men onderscheidt het oudere kleiig alluvium (Mulleem-klei) en het jongere lemig alluvium (Heppeneert-leem). In het ideale geval liggen ze boven elkaar. De dikte van de Formatie varieert van minder dan 1 m op de grindbanken tot 5 m in de geulen en kan op zeer korte afstand veranderen.

### **Herwerkte Maasafzettingen**

Dit zijn recente afzettingen die materiaal van vorige maasafzettingen bevatten. Zo zijn bijvoorbeeld grote hoeveelheden grind getransporteerd geweest bij de afbraak van de oostelijke steilrand van het Kempisch Plateau. Een deel van deze grinden zijn achtergebleven in de verschillende dalletjes, een deel is opgenomen door de Maas en tenslotte is er een deel gesedimenteerd

op de grinden van Eisdien-Lanklaar als een puinkegel. De dikte varieert van 1 à 2 m op het Kempisch Plateau tot meer dan 10 m in de Slenk

#### 2.2.5.3.2 Eolische afzettingen (Beerten 1998, 1999, Verstraelen 2000)

De sedimenten die de grootste verspreiding hebben in het studiegebied zijn de eolische afzettingen door hun allesbedekkende wijze van afzetting. Deze lemen en zanden werden tijdens de laatste 2 ijstijden vanuit het noordoosten aangevoerd door een sterke wind die in stand werd gehouden door een sterk hogedrukgebied boven de ijskap die op dat moment nagenoeg gans noordelijk Europa bedekte.

##### 2.2.5.3.2.1 Dek- en duinzanden

###### **Formatie van Dilsen**

Deze formatie bestaat uit zwaklemige eolische zanden, afgezet tijdens het Saale. De dikte varieert van 0.5 m tot 8 m. In principe worden ze slechts teruggevonden op de oostelijke flank van het Kempisch Plateau.

###### **Formatie van Wildert**

Deze formatie bestaat uit fijne zwaklemige allochtone eolische zanden, afgezet tijdens het Weichsel. Lokaal kan er grindbijmenging optreden door cryoturbaties. De dikte van de formatie varieert van 0,5 tot 8 m. Op het Kempisch Plateau zijn deze zanden maximaal 2 m dik. Op de laagterassen bereiken ze een maximale dikte van 3 m. De realiteit in verband met de dekzanden op het Kempisch Plateau is dat het eigenlijk zeer discontinu is afgezet (vlekken van bv. 1 ha).

###### **Formaties van Bouwel & Hechtel**

Beide formaties omvatten lokale verstuiwingen van reeds afgezette eolische zanden. De Formatie van Hechtel omvat duinzanden uit het Weichsel terwijl de Formatie van Bouwel alle Holocene verstuiwingen van Pleistocene duin- en dekzanden groepeerd. De dikte varieert van 1 tot 5 m en voor de Formatie van Bouwel tot zelfs 15 m voor de formatie van Hechtel.

##### 2.2.5.3.2.2 Lemen

Het leem vormt de belangrijkste afzetting in het zuiden van het studiegebied. Het eolische leem is opgebouwd uit verschillende leempakketten die gescheiden worden van elkaar door bodems en elk het gevolg zijn van een nieuwe influx van eolisch materiaal.

De vroegste leemafzettingen dateren van het Rissglaciaal of ouder en zijn meestal enkel te vinden in oplossingsgaten in de krijtplateaus of de Maasterrassen. Deze positie beschermd de leem van deflatie tijdens latere ijstijden.

De eerste leem die grote delen van het landschap bedekt en op vele plaatsen terug te vinden is, is de **Henegouwenleem** van het Riss. De leem is zandig en heeft een gebande structuur, met rode, beige en lichtgrijze kleuren. Boven op deze lemen uit het Riss is op sommige plaatsen een duidelijke bodem ontwikkeld. Deze wordt de **Rocourtbodem** genoemd.

De **Haspengouwloess**, die deze Rocourtbodem bedekt, is een gelaagde loess met een iets grijzer karakter dan de onderliggende. Het gelaagde karakter van de loess komt voort uit de talrijke verspoelingen van de leem na de afzettingen van de loess in het koude maar vochtige klimaat. Deze laag kan bedekt worden door de **Bodem van Kesselt**.

Daar zowel de Rocourt- als de Kesseltbodern vaak ontbreekt of zwak ontwikkeld is, is het meestal moeilijk een onderscheid te maken tussen de Henegouwen- en Haspengouwleem. Ze worden dan ook vaak als één leempakket aanzien.

Het volgende en jongere leempakket bestaat uit een bruine korrelige loess, die in de Belgische stratigrafie de **Brabantleem** wordt genoemd (Verstraelen 2000).

## 2.3 Bodem

*Dit stuk is gebaseerd op de Ontwerpversie van de Omgevingsanalyse voor het Bekkenbeheerplan van de Maas (Mennen 2001).*

Op de bodemkaart van Vlaanderen wordt het bodemprofiel tot op 1,25 m diepte weergegeven. Het Belgische bodemclassificatiesysteem wordt bepaald door drie hoofdelementen:

- Textuur: geeft een beeld over het moedermateriaal van een bodem
- Draineringsklasse: geeft een beeld over de vochttoestand van een bodem
- Profielontwikkeling: geeft een beeld over het evolutiestadium van een bodem

Een bodem wordt derhalve gekenmerkt door een bodemserie opgebouwd uit bovenvermelde drie elementen. Omwille van de grote regionale variabiliteit wordt vaak gebruik gemaakt van bodemassociaties. Dit zijn groeperingen van bodems op basis van overeenkomstige bodemkarakteristieken.

De bodemkenmerken hebben een belangrijke invloed op de waterhuishouding van een gebied:

- Samen met het reliëf en het bodemgebruik is het bodemtype een bepalende factor voor bodemerosie
- De textuurklasse van de bodem geeft een richtwaarde voor het vochtophoudend vermogen en de verzadigde hydraulische conductiviteit van de bodem, hetgeen een impact heeft naar infiltratie (grondwaterbevoorrading) en erosiegevoeligheid van de bodem toe.
- De draineringsklasse geeft een indicatie van de gemiddelde grondwaterstand in de bodem en wordt dikwijls ook gehanteerd als indicatie voor zones waar kwel optreedt
- De aanwezigheid van substraat op geringe diepte heeft een belangrijke invloed op de waterhuishouding en de bodemerosiegevoeligheid

In de ontwerpversie van de O.A. voor de opmaak van het B.B.P. van de Maas wordt een bodemassociatiekaart (Figuur 14) voorgesteld waarbij de bodemseries worden ingedeeld in functie van water. Hierin worden de voornaamste 2 parameters samengenomen die een beeld geven over de vochttoestand van een bodem, namelijk de textuur en de draineringsklasse.

Deze kaart geeft duidelijk het voorkomen van de verschillende textuurklassen weer. Zo zijn zandbodems voornamelijk terug te vinden op de hoger gelegen gronden van het Kempisch Plateau, nl. in de brongebieden van de Bosbeek, Kikbeek en Ziepebeek. De lemig-zandbodems komen voor in grote delen van de deelstroomgebieden van de Abeek, Itterbeek en Bosbeek. Lichte zandleembodems zijn in hoofdzaak beperkt tot de deelstroomgebieden van Abeek, Itterbeek en Zanderbeek (omgeving Zuid-Willemsvaart). Zandleembodems domineren de Maasvallei. Op de hogere delen van het Kempisch Plateau komen verspreid enkele landduinen voor. Stenige leembodems beperken zich tot de hogere gronden van de Voerstreek. Veenbodems vinden we vooral terug in de valleien van Abeek, Lossing, Itterbeek en Bosbeek.

De drainageklasse van een bodem is afhankelijk van de diepte van het grondwater, de permeabiliteit van de oppervlakkige laag, het voorkomen van een weinig doorlatende ondergrond en de topografische omstandigheden. Evoluties in de drainageklasse kunnen een indicatie geven van de evolutie van de grondwaterstand. De bodemkaart van België werd echter opgesteld in de jaren '60 en '70. Vermits vele natte gronden de voorbije decennia werden ontwaterd, geeft de drainageklasse van deze kaart niet noodzakelijk meer een goed beeld van de huidige drainagetoestand van de bodem weer. Wel is het een "goede" referentietoestand om de evolutie van grondwaterstanden (de mate van verdroging) sinds de jaren '60 en '70 te bestuderen.

Algemeen kan gesteld worden dat de streek ten zuiden van het Albertkanaal en de Voerstreek gedomineerd wordt door zeer droge leembodems terwijl de Maasvallei (tot aan de rand van het Kempisch Plateau) gekenmerkt wordt door zeer droge zandleembodems. Zeer droge zandgronden komen enkel voor op het Kempisch Plateau.

De valleien van Abeek, Lossing, Itterbeek en Bosbeek vormen "zeer natte" linten in de overwegend droge bodems van het Kempisch Plateau. Opvallend zijn ook de zeer natte zandleem- en lemig zandbodems in het "Kempens Broek", ten noordoosten van de Zuid-Willemsvaart (deelstroomgebieden van Abeek, Lossing en Itterbeek).

## **2.4 Hydrogeologie**

### **2.4.1 HCOV**

HCOV staat voor Hydrogeologische Codering van de Ondergrond van Vlaanderen en is een codering van ondergrond die werd ontwikkeld in nauwe samenwerking tussen AMINAL, Afdeling Water, de Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde van de VUB, het LTGH van de RUG, de Belgisch Geologische Dienst (BGD), de Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening (VMW), de Provinciale en Intercommunale Drinkwatermaatschappij der Provincie Antwerpen (PIDPA), het Vlaams Instituut voor Technologisch Onderzoek (VITO) en de Administratie Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE).

De stratigrafie ligt aan de basis van deze hydrogeologische codering, daar de opbouw van de verschillende watervoerende pakketten afhangt van de aard van de verschillende geologische formaties. Door de hydrogeologische opbouw van HCOV kan het echter goed zijn dat er zich, in een welbepaalde hydrogeologische basiseenheid, geologische lagen bevinden van compleet verschillende stratigrafie. Anderzijds kunnen bepaalde lagen met dezelfde stratigrafische opbouw, gesplitst zijn over verschillende hoofdeenheden.

Het HCOV is hiërarchisch opgebouwd uit 14 hoofdeenheden, die telkens verder opgedeeld kunnen worden in 9 subeenheden en 9 basiseenheden. In Tabel 5 vind je de eenheden terug die in het studiegebied van belang zijn. Hierin wijzen de termen aquifer en aquitard op het overwegend watervoerend, respectievelijk niet-watervoerend karakter van de hoofdeenheden. De termen aquifersysteem wordt gebruikt waar de hoofdeenheid is opgebouwd uit een opeenvolging van alternerende watervoerende en afsluitende grondlagen, die dan meestal in de subeenheden beschreven worden, maar globaal toch een overwegend doorlatend geheel vormen (Meyus et al. 2000).

### **2.4.2 Voornaamste watervoerende lagen**

Ter voorbereiding van het VGM werden in de hydrogeologische detailstudies eveneens hydrogeologische doorsneden gemaakt (ENVICO 2002). Deze profielen zijn aangeduid op de quartair- en tertiair-geologische kaarten (Figuur 9 en Figuur 10) en zijn schematisch weergegeven in Figuur 11 en Figuur 12. Ze behandelen het centrale en noordelijke gedeelte van het studiegebied. Aan de hand van deze profielen kunnen we inzicht verkrijgen in de belangrijkste grondwaterstromingen in dit gedeelte van het studiegebied.

In het studiegebied kunnen we 3 grote grondwatersystemen onderscheiden: de Kiezeloölietformatie in de Slenk, de Quartaire maasgronden met onderliggende Tertiaire zanden van het Kempisch Plateau en de Maasvallei en de Heersiaan mergels en Krijtformaties van Zuid-Limburg.

#### **2.4.2.1 De Roerdal Slenk**

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 (KzJa). De basis van het pakket wordt hier gevormd door de Brunssum I Klei (KzBrI) (Beerten 1998, Vandormael 1992 in Buffel et al. 2001).

Onder dit eerste pakket vormen de Zanden van Pey (KzPey) en Waubach (KzWb) afgesloten watervoerende lagen, boven respectievelijk de Brunssum II Klei (KzBrII) en de kleihoudende Zanden van Dorperberg (Formatie van Kasterlee - KI).

Door de V.M.W. werd de streek tussen Neeroeteren en Kinrooi hydrogeologisch verkend a.d.h.v. boringen en peilputten. Hieruit bleek dat de 1<sup>ste</sup> watervoerende laag zich bevindt onder een afdekkende leemlaag van 5 à 6 m dik, en opgebouwd uit 10 m Maasgrind gevolgd door 45 tot 33 m fijne tot grove zanden van de Kiezeloölietformatie (KzJa).

Uit deze studie bleek eveneens dat het Zand van Pey (35 t.o.v. 14 m) en de Brunssum I-klei (48 t.o.v. 14 m) veel dikker ontwikkeld is in Kinrooi. Bovendien is het Zand van Pey er grofzandig. Het Zand van Waubach is op beide boorplaatsen meer dan 70 m dik ontwikkeld en is grofkorrelig over het ganse pakket. Uit pompproeven werden k-waarden van 6,8 tot 25 m/dag genoteerd voor het Zand van Pey en 28,3 tot 47 m/dag voor dat van Waubach (respectievelijk voor Neeroeteren en Kinrooi) (Loy et al. 1991).

Volgens van Rooijen (1986) liggen tussen de Heerlerheide- en de Feldbissbreuk de Zanden van Waubach (KzWb) (met een doorlatendheid van 40-80 m/dag) onmiddellijk onder de Maasgrinden. Dit is inderdaad het geval voor het westelijke gedeelte. In het oostelijk gedeelte (d.i. het gedeelte binnen het interessegebied) daarentegen bestaat de eerste Tertiaire dagzomende laag uit de, half- tot ondoorlatende, kleiige Zanden van Dorperberg (KI) (Buffel et al. 2001).

#### 2.4.2.2 Het Kempisch Plateau en de Maasvallei

In een brede zone langsheen de Maas (Kempisch Plateau, de Lage terrassen en de Alluviale vlakke) worden de Tertiaire afzettingen bedekt door de goed doorlatende Pleistocene grindafzettingen van de Maas, die een dikte van 10 à 25 m kunnen bereiken en voornamelijk bestaan uit grind vermengd met grof zand en soms met leemlenzen.

#### **Kempisch Plateau**

Door de algemene helling van de lagen naar het noorden zien we, van zuid naar noord, onder het Quartaire dek achtereenvolgens het zandige gedeelte van de Formatie van Eigenbilzen, de zandige Formatie van Bolderberg, het kleiig zand van Voort, de zandige Formatie van Diest en het kleihoudend zand van Kasterlee (Dorperberg) dagzomen. Het Maasgrind vormt samen met deze onderliggende Neogene afzettingen één hydrogeologisch geheel, waardoor het watervoerende pakket in noordelijke richting in dikte toeneemt (van ± 20-30 m in het zuiden tot 240-260 m nabij de Feldbissbreuk). Lokale heterogeniteiten (lignietlagen, klei- en leemlenzen) kunnen echter plaatselijk de verticale continuïteit van deze watervoerende laag verstoren. Ook is er een groot verschil in doorlatendheid tussen de grinden en de onderliggende sedimenten. In de Maasgrinden zijn k-waarden van 1250 m/dag gemeten terwijl voor de onderliggende zanden waarden rond 6 tot 16 m/dag gehanteerd worden (Zanden van Bolderberg 10-20 m/dag). De basis van dit watervoerende pakket wordt gevormd door de kleiige basis van de Formatie van Eigenbilzen samen met de onderliggende Formatie van Boom. Enkel de oudste afzetting van de Ruppelgroep, de Zanden van Berg, vormt nog een watervoerende spanningslaag die echter een lage opbrengst heeft. Onderaan wordt ze afgesloten door de lokaal relatief kleiige Formatie van St. Huibrechts-Hern en de onderliggende Formatie van Hannut die hier bestaat uit siltige klei (Lid van Halen) tot zeer harde compacte klei (Lid van Waterschei) (De Smedt & Loy 1986, Beerten 1998, 1999, Hammenecker in Buffel et al. 2001, Verstraelen 2000).

Het freatisch waterpeil onder het Kempisch Plateau ligt op relatief 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 Maasafzettingen (Maasgrind van het Hoogterras = Zutendaal Grinden) op het oostelijk gedeelte van deze hoogvlakte volledig ontwaterd zijn. De watertafel bevindt er zich in de onderliggende Tertiaire zanden (De Smedt 1977, Loy 1980, De Smedt & Loy 1986, Van Autenboer et al. 1996).

De talrijke vennen die op de hoogvlakte voorkomen, zijn dus onafhankelijk van de waterlaag in de Tertiaire zanden. Ze worden gevoed door lokale hangende watertafels die door diepe bemaling niet beïnvloed worden doch die bij uitgravingen (groeven, autowegen, ...) dermate kunnen geschonden worden dat ze verkleinen of zelfs verdwijnen.

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, Wijshagenbeek, Itterbeek, ...) ligt het freatisch grondwater op minder dan 5 m onder de dalbodem, plaatselijk zelfs gelijk met het maaiveld.

Ter hoogte van de diepe dalinsnijding van de Bosbeek vertonen de isohypsen van de grondwatertafel een instulping die nabij As geaccentueerd wordt door een waterwinning. Kleine instulpingen van de isohypsen worden vastgesteld bij de Wijshagerbeek en Itterbeek (De Smedt 1977, Loy 1980, De Smedt & Loy 1986).

Bij het meten van de stromen in een netwerkmodel van de grondwaterstroming (Loy 1980) werd vastgesteld dat de beken (Bosbeek, Itterbeek) in hun bovenloop water onttrekken aan het model, terwijl ze, bij hun overgang van het plateau naar de Maasvallei water afgeven aan de omgeving (De Smedt & Loy 1986).

### **De Lage terrassen en de Alluviale vlakte ten zuiden van de breuk van Heerlerheide**

De grondwaterstroming in de Maasvallei wordt beïnvloed door de deklaag, de Quartaire afzettingen van de Lage terrassen en Alluviale vlakte en de onderliggende Tertiaire formaties.

De dikte van de deklaag bedraagt gemiddeld 3 m, maar kan plaatselijk sterk variëren (1 tot 5 m) op heel korte afstand. Op basis van de bodemkaart kan gesteld worden dat de aard van de deklaag ten westen van de Zuid-Willemsvaart eerder zandig is van aard. Ten oosten van de Zuid-Willemsvaart bestaat de deklaag uit zandige tot zelfs kleiige leem. Globaal gezien is de deklaag ten oosten van de Zuid-Willemsvaart vrij intact gebleven en komen hier weinig hiaten in voor. Ten westen van de Zuid-Willemsvaart is door de mijnwerkzaamheden en de bebouwing een groot gedeelte van de deklaag vergraven zodat mag aangenomen worden dat grote vlakken zonder deklaag aanwezig zijn (WL, ENVICO, ADENCO, 1998).

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 talrijke breuken echter zeer onregelmatig. De dikte van het 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 Feldebissbreuk 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 Zijpbeek. Soms zorgen hangende watertafels op kleiig sediment voor moerassige gebieden, o.a. het van "Onder de Berg" in Maasmechelen.

Onder de lager gelegen gebieden (Alluviale vlakte, Lagere terrassen) ligt het freatische grondwater op 1 tot 5 m diepte afhankelijk van plaats en seizoen. 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).

De grote doorlatendheid van het grind in de Maasvlakte (tot 3000 m/dag) heeft als gevolg dat de stroomsnelheden van het grondwater heel groot zijn. Bijgevolg kan de totale verblijftijd van het grondwater, dat is de tijd dat een grondwaterdeeltje in de grond verblijft tussen het tijdstip van infiltratie en van uitstroming (kwel, onttrekking) heel kort zijn (WL, ENVICO & ADINCO, 1998).

De grondwaterstanden in het Maasdal ondergaan zeer sterke fluctuaties onder invloed van de sterk wisselende waterstanden in de rivier (Garritsen & Helmer 1991 in Vandenbussche et al. 2001). Bij hoogwater van de Maas dringt rivierwater het watervoerende pakket binnen en vindt een verhoging van de stijghoogte in de grind- en zandlaag plaats. Bij normale en lage peilen draineert de rivier het grondwater. De schommelingen nemen echter sterk af met de afstand tot de rivier (Vandenbussche et al 2001). De sterke fluctuaties zorgen voor een alternatie van in- en uitstromende grondwaterfluxen met overeenkomstige veranderingen in oeveropslag tot gevolg. De Maas is dus verbonden met een grondwaterstroomsysteem van variabele afmeting (bv. nabij Maaseik 4 -5 km lang en 20-30m dik). Dicht bij de rivier bestaat het grondwater voornamelijk uit geïnfiltreerd rivierwater met sterke fluctuaties in grondwaterproporties overeenkomstig de waterstandfluctuaties in de rivier. Deze zone is verankerd in een buitenste enveloppe van grondwater dat afkomstig is van de plateaus en heuvels aan beide

zijden van de rivier, die hydraulisch nog onder invloed staat van de fluctuerende waterstanden in de rivier (Engelen 1990).

Algemeen stroomt het grondwater door het eerste watervoerende pakket naar het Maasdal en de rivier. De mate waarin de ondergrond met klei/leem is afgedekt bepaalt in hoeverre kwel vanuit de rivier of omliggende heuvels aan de oppervlakte komt. De aanwezigheid van dikke kleilagen veroorzaakt een opstuwing van rivierkwel in oude stroomgeulen, waardoor deze plaatsen sneller onder water komen. Het uittrekkende grondwater kan afkomstig zijn uit de Maas, maar ook van elders. Naarmate een periode van hoogwater langer duurt zal het aandeel van het Maaswater groter worden (Vandenbussche et al 2001).

De kwaliteit van het grondwater in de uiterst kwetsbare Pleistocene terrasafzettingen wordt in grote mate bepaald door antropogene invloeden. Een beïnvloeding vanuit de landbouw kan niet worden ontkend, maar ook industriële activiteit, in het bijzonder vanuit de non-ferro industrie en de steenkool-exploitatie hebben lokaal hun stempel gedrukt op de kwaliteit van het grondwater (Verstraelen 2000). Door de kwel vanuit de onderliggende lagen in combinatie met het contrast in permeabiliteit zal de vervuiling zich echter veelal beperken tot de grinden (lange smalle beïnvloedingspluim) (Van Autenboer et al. 1996).

#### 2.4.2.3 Zuid-Limburg

De hydrogeologie ten zuiden van de lijn Gellik-Elsloo wordt gekenmerkt door de afwezigheid van de ondoorlatende Ruppelgroep.

Hier vormen de Tertiaire formaties van de Tongeren Groep, de Formatie van Heers, de Formatie van Opglabbeek en het Krijt het watervoerend pakket. De verschillende watervoerende lagen binnen een pakket worden onderling gescheiden door continue of onderbroken weinig of slecht doorlatende lagen (Claes et al. 2001).

In het uiterste zuiden van het studiegebied, in Voeren en Visé, kan de verkarste Dinantiaankalksteen (Onder-Carboon) een belangrijke rol spelen in de watervoorziening. Kwaliteitsproblemen noopten echter reeds tot stopzetting van winningen en tot permanente waakzaamheid. De onregelmatige verbreiding van karst maakt de inplanting van succesvolle waterboringen echter onzeker. Naar het noordwesten toe krijgt de aquifer een artesisch karakter. Diep convectief watertransport doorheen het Dinantiaan leidt tot thermale bronnen, waarvan de bekendste op Vlaams grondgebied gelegen is in de Elvenschans (Navagne) te Moelingen (Claes et al. 2001).

In de Voerstreek en op het Plateau van Herve is het kleigehalte in de Formatie van Vaals zo laag dat deze formatie hier, samen met de zanden van de Formatie van Aachen, een belangrijke watervoerende laag vormt. Meer naar het noorden neemt het kleigehalte van de Formatie van Vaals zodanig toe dat zij ondoorlatend wordt.

De krijtlaag van de Formatie van Gulpen heeft een kleine korrelgrootte en is bijgevolg enkel in zijn ontsluitingszone een belangrijke watervoerende laag: de formatie heeft er een grote secundaire spleetporositeit en een permeabiliteit tot 150 m/dag.

Het korrelkrijt en calcareniet van de Formaties van Houthem en Maastricht zijn door hun grote spleetporositeit en de korrelgrootte van de bioklasten sterk doorlatend. Deze spleetporositeit verdwijnt echter met toenemende diepte maar de grove korrels zorgen ervoor dat de doorlatendheid aanzienlijk blijft. In Zuid-Limburg vormen zij de belangrijkste aquifer. Zij vormen een hydrogeologisch geheel met het fijne krijt van de Formatie van Gulpen. Deze aquifer wordt onderaan begrensd door de (inmiddels) kleirijke zanden van de Formatie van Vaals en de harde gesteenten van het Paleozoïcum.

De Mergels van Gelinden (Formatie van Heers) zijn in hun ontsluitingszone (niet in het studiegebied) door een grote spleetporositeit watervoerend. Naarmate deze mergels dieper begraven zijn neemt de porositeit eveneens snel af en verliest de laag zijn watervoerend karakter. Deze aquifer wordt onderaan begrensd door de slibrijke zanden van het Lid van Orp en plaatselijk door de continentale afzettingen van de Formatie van Opglabbeek.

De kleirijke zanden van de Formatie van Sint-Huibrechts-Hern vormen een semi-permeabele laag die de onderliggende aquifers beschermt tegen insijpelende vervuiling; de zandige zones kunnen watervoerend zijn, maar het veelvuldig voorkomen van verschillende kleirijke lagen zorgt voor de bescherming.

De Zanden en Mergels van Alden Biesen (Formatie van Borgloon) vormen samen met het Zand van Berg (Formatie van Bilzen) een spanningslaag die onderaan begrensd wordt door de Klei van Henis (Claes et al. 2001).

Deze gelaagdheid komt eveneens voor in het centraal en noordelijke gedeelte van het studiegebied, onder de Klei van Boom. Het pakket onder de Ruppelgroep wordt er gevormd door de Formatie van St. Huibrechts-Hern die lokaal relatief kleiig is en bijgevolg als ondoorlatend mag beschouwd worden. Ook de onderliggende Formatie van Hannut die hier bestaat uit siltige klei (Lid van Halen) tot zeer harde compacte klei (Lid van Waterschei) vormt een ondoorlatend geheel. Bovendien vertonen de Mergels van Gelinden, door de relatief diepe begraving, geen spleetporositeit meer zodat ook deze laag zijn watervoerend karakter verliest. Uiteindelijk vormen dan de zanden van het Lid van Orp samen met de plaatselijke aanwezige Opoeteren Klei van de Formatie van Opglabbeek het diepste gedeelte van dit dik ondoorlatend pakket.

Hieronder liggen de grove calcarenieten van de Formaties van Houthem en Maastricht, die opnieuw een belangrijke aquifer vormen en voornamelijk in het zuiden zeer belangrijk kan zijn voor de drinkwatervoorziening. De permeabiliteit van dit pakket varieert van 1,8 tot 4,6 m/dag. Het water is van goede kwaliteit maar kan plaatselijk vrij ijzerhoudend zijn. De onderliggend krijtlaag van Gulpen heeft een veel kleinere korrelgrootte en is bijgevolg veel minder interessant evenals de glauconiethoudende kleiige zanden van de Formatie van Vaals.

De oudste Mesozoïsche watervoerende laag is het Zand van Aachen, welke tot eenzelfde aquifer behoort als het steenkoolterrein en niet meer geschikt is voor drinkwatervoorziening wegens het hoge zoutgehalte (Hammenecker in Buffel et al. 2001).

### 2.4.3 Aanvoer van grondwater naar de Maasvallei

In de studie van De Smedt & Loy (1986) werd de aanvoer van grondwater **van het Kempisch plateau** naar de Maasvallei kan als volgt geraamd

$$Q = S.k.i \text{ (formule van Darcy)}$$

met:

$$Q = \text{debiet in m}^3/\text{s}$$

$$S = \text{doorstroomoppervlakte van de steilrand in m}^2 \text{ (lengte van de steilrand = 32 km x dikte van de watervoerende laag is gemiddeld 30m) = } 96.10^4 \text{ m}^2$$

$$k = \text{doorlatendheid in m/s (grootte-orde } 10^{-4} \text{ m/s)}$$

$$i = \text{de gradiënt van het wateroppervlak = 1 tot 1,5 \%}$$

De doorlatendheden van de watervoerende lagen verschillen aanzienlijk, maar zoals uit De Smedt & Loy (1986) blijkt is een minimum waarde van  $10^{-4}$  m/s voor neogene zanden in Noordoost-Limburg aannemelijk.

- Maasgrinden te Maasmechelen:  $2.10^{-3}$  m/s
- Maasgrinden te Meeswijk:  $8.10^{-3}$  tot  $1,5. 10^{-2}$  m/s
- Zeer grove zanden van Mol (Opitter):  $4. 10^{-4}$  m/s
- Zanden van Mol:  $10^{-4}$  tot  $3. 10^{-4}$  m/s
- Zanden van Diest:  $10^{-4}$  tot  $2. 10^{-4}$  m/s

Rekening houdend met deze waarden, kan het debiet geraamd worden op 83.000 à 124.000 m<sup>3</sup>/dag.

Gezien voor de berekening van de hogervermelde waarden steeds gebruik werd gemaakt van de laagst mogelijke doorlatendheid ( $10^{-4}$  m/s) is een gemiddeld dagelijks debiet van 100.000 m<sup>3</sup>/dag niet overdreven. Dit komt overeen met 1,16 m<sup>3</sup>/s (De Smedt 1977, Loy 1980 & De Smedt & Loy 1986). De berekening is echter gebaseerd op een zeer ruwe benadering van de hydrogeologische opbouw van de Maasvallei.

Nota & van de Weerd (1991) hebben de grondwatertoevoer naar de Maas **vanuit de oostelijke dalwand** tussen Visé en Maasbracht berekend op  $51.10^6$  m<sup>3</sup>/jaar (1,6 m<sup>3</sup>/s). De directe ondergrondse

toestroming van grondwater bleek het grootst in het deelgebied tussen de Feldebissbreuk en Maasbracht doordat, als gevolg van het geringere reliëf, de drainerende werking van de zijdalen van de Maas hier veel kleiner is.

#### 2.4.4 Grondwatervoeding naar de Maas in droge perioden (IWACO 2000)

Naar aanleiding van het streven van Rijkswaterstaat om tijdens droge perioden een minimale afvoer van 10 m<sup>3</sup>/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 ganse 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.

Vertrekkende van gemiddelde grondwaterstanden (uitgaande van een jaargemiddeld neerslagoverschot en gemiddelde Maaswaterstanden bij 250 m<sup>3</sup>/s) werd per traject het uitputtingsverloop van het grondwatersysteem berekend voor een periode van 36 decaden zonder neerslagoverschot. Voor wat betreft de Maaswaterstanden bij dit uitputtingsverloop is de verhanglijn gekozen die hoort bij de 'kritische' Maasafvoer van 10 m<sup>3</sup>/s. Een uittreksel van dit verloop voor de, in deze studie relevante trajecten, is te vinden in Tabel 6. Daaruit blijkt dat de rechtstreekse grondwatervoeding voor het Gemeenschappelijke Maastraject van Borgharen tot Maasbracht (zonder de bijdrages van de zijrivieren) voor gemiddelde grondwaterstanden een 7,3 m<sup>3</sup>/s bedraagt. Na één jaar zonder grondwateraanvulling (= decade 36) is dit nog steeds 2,8 m<sup>3</sup>/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.

Aangezien de modelberekeningen geen rekening houden met de droogtegraad van de aan het jaar voorafgaande periode (zowel de winter als de zomer ervoor) 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 de correlaties de verwachte grondwatertoevoer worden berekend.

Zo werd berekend dat bij een grondwaterstands daling van circa 1 meter in het beïnvloedingsgebied van de Gemeenschappelijke Maas nog steeds een grondwatertoevoer van circa 4,3 m<sup>3</sup>/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).

#### 2.4.5 Kwel- en infiltratiezones in het studiegebied

Van Vaerenberg (1985) heeft aan de hand van een stationair, regionaal grondwatermodel de freatische grondwaterstroming in het Kempisch plateau en de Limburgse Maasvallei bestudeerd. Hieruit blijkt dat het overgrote gedeelte van het gebied, meer bepaald 84 %, infiltratiegebied is. De overblijvende 16% zijn kwelgebieden, die voornamelijk overeenkomen met de bovenloop van de voornaam

ste waterlopen, zoals Dommel, Warmbeek, Abeek, Itterbeek, Bosbeek en Zijpbeek. In het geheel komt het Kempisch plateau naar voren als een gebied met bijna uitsluitend infiltratiezones. De kwelzones manifesteren zich voornamelijk in de Vlake van Bocholt en de Alluviale vlakte van de Maas. Eveneens opmerkelijk is het feit dat de Maas zelf geen kwelzone is in de streek Eisden - Maasmechelen, hetgeen verklaard kan worden door de zeer grote artificiële grondwateronttrekkingen in dit gebied (zie verder). Heel waarschijnlijk zal de Maas in dit gebied dus water verliezen naar de grondwaterlaag. Ook de bovenloop van de Ziepbeek blijkt in dit gebied geen kwelzone te zijn.

Onder aan de oostelijke steilrand komen ook enige geïsoleerde kwelzones voor die overeenkomen met waterrijke gebieden, zoals de zandgroeven op de Mechelse heide en de Limburg-Maas kolenmijnen.

De grondwaterstanden dalen van 65 m TAW aan de waterscheidingskam op het Kempisch plateau min of meer radiaal in alle richtingen tot minimum 25 m TAW in het noordwesten waar de Maas zijn laagste peil bereikt. Op het Kempisch plateau dalen de grondwaterpeilen geleidelijk en gelijkmatig, soms lokaal beïnvloed door de drainage van de waterlopen. De diepte van de watertafel onder het maaiveld in het centrum van het Kempisch plateau is in de grootte orde van 10 m. Ter hoogte van de steilrand daalt het grondwaterpeil sneller, vooral in het zuid-oostelijk deel van het studiegebied, waar het Kempisch plateau overgaat in het terras van Eisden-Lanklaar. Nabij de steilrand ligt het grondwater meer dan 20 m diep beneden het maaiveld aan de zijde van het plateau en slechts enkele meters diep aan de andere zijde. In de lager gelegen Vlake van Bocholt en Maasvlakte is het verloop van de grondwatertafel opnieuw geleidelijker. Bijna overal staat de grondwatertafel hier zeer dicht bij het grondoppervlak. De enige belangrijke uitzondering hierop is de zone van Eisden en Maaseik, waar de grondwaterpeilen concentrisch dalen naar de grote grondwateronttrekkingen, te Maaseik, Eisden en Meeswijk. Lokaal staat de grondwatertafel er tot meer dan 10 m diep.

Globaal is de grondwaterstroming gericht vanaf het Kempisch plateau naar de omliggende lager gelegen gebieden. Lokaal zijn er kleine afwijkingen nabij de kwelgebieden. Vanaf de infiltratiezones aan de bovenloop van de Dommel en Warmbeek stroomt het grondwater naar het noorden; in het voedingsgebied tussen de bovenloop van de Abeek en Bosbeek stroomt het grondwater naar de Vlake van Bocholt en in het gebied ten zuiden van de Bosbeek stroomt het grondwater oostelijk naar de Maas, met echter een sterke afbuiging naar de grondwateronttrekkingzones (De Smedt & Van Vaerenberg 1991).

#### 2.4.6 Oude meanders van de Maas

In de alluviale vlakte kunnen oude, met leem en klei, opgesedimenteerde meanders van de Maas er voor zorgen dat de lokale grondwaterstroming sterk afwijkt van deze in de rest van de vallei.

Aan de hand van de Bodemkaart van Vlaanderen (IWT 2001) is het mogelijk een inzicht te verkrijgen in de ligging van deze oude meanders. Op Figuur 15 wordt een indicatie weergegeven van hun ligging op basis van het voorkomen van natte tot vochtige leem- en zandleembodems.

In zijn studie omtrent de morfologie en Quartairstratigrafie van de maasvallei werden deze meanders door Paulissen (1973) nader onderzocht. Binnen het tijdsbestek van deze inventarisatie was het echter niet mogelijk hier nog dieper op in te gaan.

### **2.5 Meetreeksen**

#### 2.5.1 Het hydrologisch jaar

Het hydrologisch jaar begint op 1 oktober. Vanaf dan begint de aanvulling van de aquifer omdat de verdamping via de planten (evapotranspiratie) minder bedraagt dan de toevoer via de neerslag. Deze situatie duurt tot april, waarna de bijdrage van de evapotranspiratie snel toeneemt, waardoor er in het algemeen sprake is van een neerslagtekort. Op grond hiervan zullen in de periode van september tot november meestal de laagste afvoeren worden gemeten en in de periode maart-april de hoogste. Deze relatie is echter afhankelijk van de geologische, & hydrologische opbouw van het stroomgebied en de antropogene invloeden hierop en dus moeilijk te achterhalen (van Oosterom 1985).

## 2.5.2 Klimatologische gegevens

### **Neerslag**

Een overzicht van de, bij het KMI, beschikbare neerslagmeetreeksen voor het Limburgs en Waals gedeelte van het stroomgebied is te vinden in Tabel 7. Op Figuur 16 worden enkel de, voor het Limburgs gedeelte, relevante posten weergegeven.

Er worden 2 types toestellen gebruikt om gegevens omtrent neerslag te bekomen: pluviometers (dagwaarden) en pluviografen (10-minuten en uurlijkse waarden).

### **Temperatuur**

In Tabel 8 wordt een overzicht gegeven van de bij het KMI beschikbare temperatuurmeetreeksen voor het Limburgs en Waals gedeelte van het stroomgebied. Op Figuur 17 worden enkel de, voor het Limburgs gedeelte, relevante posten weergegeven.

Er bestaan 2 types toestellen, die in de gesloten thermometerhutten van het KMI, gebruikt worden om gegevens omtrent temperatuur te bekomen: min./max. thermometers en thermohydrografen.

Met de min./max. thermometers worden dagelijks 3 luchttemperaturen bepaald:

- Maximale temperatuur: deze waarden worden gemeten in een hut op 1,5 m boven gazon en telkens afgelezen om 8 uur Officiële Tijd en ingeschreven op de datum van de voorgaande dag.
- Minimale temperatuur: deze waarden worden gemeten in een hut op 1,5 m boven gazon en telkens afgelezen om 8 uur Officiële Tijd en ingeschreven op de datum van de waarneming zelf.
- Gemiddelde temperatuur: deze waarden zijn de rekenkundige gemiddelden van de gemeten maximum en minimum temperaturen van de dag.

Met de thermohydrografen wordt de luchtvochtigheid en temperatuur 3-uurlijks geregistreerd.

### **Evaporatie - evapotranspiratie**

In Tabel 9 en op Figuur 18 vind je een overzicht van de, bij het KMI, beschikbare verdampingmeetreeksen voor het Limburgs en Waals gedeelte van het stroomgebied.

In eerste instantie wordt per meetpost de potentiële verdamping van een open wateroppervlak ( $E_0$  in mm/dag) berekend aan de hand van de Penman-vergelijking. In deze vergelijking wordt o.a. gebruik gemaakt van de totale zonnestraling ( $J/cm^2$ ), de latente verdampingswarmte van water ( $J/kg$ ), de atmosferische druk (hPa), temperatuur ( $^{\circ}C$ ) en de gemiddelde dagelijkse windsnelheid (km/h) (Gellens-Meulenberghs & Gellens.1992).

Vervolgens wordt, gebruik makend van de berekende  $E_0$  de Potentiële EvapoTranspiratie (PET) berekend voor 3 verschillende bodembedekkingenstypes (grasland, loofhout en naaldhout) (Gellens-Meulenberghs & Gellens 1992).

Deze verdamping is echter de theoretische evapotranspiratie die zou optreden indien de vegetatie over voldoende water zou beschikken om een onbeperkte verdamping te doen plaatsvinden. Meestal is de waterbeschikbaarheid in de lente en zomer echter gelimiteerd waardoor de werkelijke of Actuele EvapoTranspiratie (AET) kleiner is dan de PET. Deze kan wel berekend worden op basis van de PET, het grondgebruik en de waterbeschikbaarheid, maar daarbij komt de moeilijkheid dat de nodige gegevens meestal niet beschikbaar zijn. Het waterbalansmodel VUBMOD geeft hier een oplossing voor.

### **Gebruik van klimatologische gegevens**

De verschillende beschikbare klimatologische gegevens moeten met de nodige voorzichtigheid gebruikt worden. Een voorstudie waarin de representativiteit van de verschillende klimatologische gegevens voor een bepaald gebied wordt onderzocht kan noodzakelijk zijn. Zo werd in een studie van Peeters & De Graef (1991) voor het ruilverkavelingsgebied van Ophoven (zie verder) geconcludeerd dat de gegevens van Ukkel, die in ons land de meest volledige zijn, in geen geval in aanmerking komen voor de Maasvallei, aangezien de regenval er aanmerkelijk geringer is dan in Ukkel. Door het laboratorium voor landtechniek werd de voorkeur gegeven aan de klimaatgegevens van Beek (Zuid-Limburg, KNMI). Dit weerstation is gelegen op ca. 10 km ten noordoosten van Maastricht en ca. 20 km ten zuiden van Maaseik. Uit de studie van de klimatologische gegevens betreffende neerslag en verdamping merkten zij dat er gemiddeld van september tot maart meer neerslag is dan verdamping. Dit

overschot aan water loopt deels af naar de waterlopen, blijft deels weerhouden in de bodem en vervoegt deels het grondwater. Vanaf april tot en met augustus is de verdamping groter dan de neerslag. In de droge jaren is echter de hoeveelheid regenval kleiner en het aantal uren zonneshijngroter, met een grotere verdamping en dus een groter neerslagtekort tot gevolg.

## 2.5.3 Hydrografische gegevens

### 2.5.3.1 Overzicht meetstations

In Tabel 10 en Tabel 11 en Figuur 19 en Figuur 20 wordt een overzicht gegeven van de Vlaamse-Nederlandse en Waalse-Franse meetstations. De op Figuur 20 afgebeelde meetstations zijn beperkt tot dewelke staan afgebeeld in het werk van Berger & Mugie (1994).

Provincie Limburg (VI) voert metingen uit op de kleinere beken, zoals de Ziepbeek (Geneut). Deze werden echter niet in deze inventarisatie opgenomen.

Hieronder worden enkele bemerkingen uit de literatuur met betrekking tot de beschikbare meetreeksen weergegeven.

#### **Waterstanden**

Bij extreme laagwateromstandigheden worden de waterhoogten te Maaseik beïnvloed door de afwaartse stuw te Linne, waardoor problemen ontstaan met het afleiden van de debieten uit de Qh-relatie (Van Erdeghem 1990).

Jodogne (1974) maakt melding van een waterstandmeetreeks van Hocht (Lanaken) vanaf 1930.

#### **Debieten – Wallonië**

Gedurende deze inventarisatie werd, met betrekking tot de Waalse meetgegevens, enkel literatuuronderzoek uitgevoerd. De kans bestaat dus dat de hieronder vermelde bemerkingen reeds achterhaald zijn.

In het Waalse deel van de Maas vindt er over vrijwel het gehele traject scheepvaartverkeer plaats. De rivier is dan ook vrijwel geheel gestuwd. Gedetailleerde afvoergegevens op basis van waterstanden (Qh-verbanden) ontbreken daardoor meestal. Voor enkele stuwen of een punt in de omgeving ervan wordt het debiet evenwel berekend. Daarbij wordt gebruik gemaakt van waterpeilen, klepstanden en afvoeren via waterkrachtcentrales, sluizen en vispassages (Berger & Mugie 1994).

Zo wordt het debiet van de *Maas* in *Ampsin-Neuville* (stroomopwaarts Luik) berekend als de som van volgende debieten:

1. de debieten die langs de 4 turbines van de hydro-elektriciteitscentrale stromen
2. de debieten langs de 5 kleppen van de stuw
3. de debieten die onder de 5 kleppen voorkomen
4. het debiet van de noordersas en de middensas (136 x 16 x 4 m)
5. het debiet van 2 vistrappen en verschillende lekken

Voor periodes met lage tot middelmatige afvoeren (tot 300 m<sup>3</sup>/s) zijn de termen 2 en 3 gelijk aan nul (Laurent et al. 1986).

Het debiet van de *Ourthe* te *Angleur* wordt bepaald aan de stuw van de "Grosses Battes" en bestaat uit de som van volgende termen:

- 1) het debiet dat langs de hellende drempel stroomt
- 2) het debiet dat langs de linkeroever over en onder de mobiele kleppen stroomt
- 3) de debieten afkomstig van : watercaptatie door de Cu-Zn fabriek, kanaal van de Ourthe en vistrappen., ...

Voor periodes van laagwater zoals in 1979 is term 2 gelijk aan nul. De ijkingscurve van de stuw is geldig vanaf 1/1/78 en wordt regelmatig gecontroleerd. De drempel, die 60° helt t.o.v. de as van de rivier, maakt door zijn uitgestrektheid (120 m) het limnometrisch station te Angleur evenwel gevoelig

voor laagwaterperiodes. De debieten te Angleur worden verder nog vergeleken met de som van de debieten, meer stroomopwaarts gemeten te Chaudfontaine (Vesdre), Martinrive (Amblève) en Tabreux (Ourthe), rekening houdend met het tussenliggend afwaterend gebied (Laurent et al. 1986).

### **Debieten – Gemeenschappelijke Maas**

De debietmeetreeks *Maas Monsin* is een kunstmatige meetreeks, door RWS samengesteld uit het gemeten debiet te Borgharen en de debieten van de verschillende, van Maaswater voorziene, kanalen. Dit station vertegenwoordigt de 'onverdeelde Maas'. Deze reeks is beschikbaar vanaf 1911.

Door de werken op de Maas in het kader van het project 'Levende Grensmaas' (zie verder) zullen de metingen van verschillende posten op de Gemeenschappelijke Maas beïnvloed worden (periodes volgens meest actuele planning): Smeermaas (vanaf 2005 tot 2012), Borgharen Dorp (RWS; van 2005 tot 2009), Borgharen (RWS; van 2008 tot 2012). Om het verlies aan gegevens gedurende deze periode te ondervangen, zullen er echter een hele reeks extra posten bijkomen in de komende jaren (persoonlijke commentaar AMA).

Voor de calibratie van het MEUSEFLOW 2.1 model werd gebruikt gemaakt van de debietmeetreeksen: Gendron (Lesse 1968-1995), Chaudfontaine (Vesdre 1968-1995), Martinrive (Amblève 1968-1995), Tabreux (Ourthe 1968-1995), Chooz (Maas 1967-1995) en Moha (Mehaigne 1969-1995).

### **Het 'referentiejaar' 1976**

Het jaar 1976 wordt veelal gebruikt als referentiejaar voor laagwaterperiodes. Alhoewel 1976 een uitzonderlijk droog jaar was mogen de debieten van deze periode niet altijd als absoluut minimum worden aanzien. Het is immers mogelijk dat voor bepaalde meetpunten zwaardere laagwaters zich hebben voorgedaan gedurende een andere periode. Bovendien zijn de debietwaarden tijdens deze periode niet altijd even betrouwbaar vanwege de onzekerheden van metingen tijdens laagwaterperiodes en de minder nauwkeurige meetmethodes van 1976 (website DIREN Lorraine 2003).

#### 2.5.3.2 Kwaliteitscontrole

Een belangrijk punt bij de interpretatie van de gegevens is opmerkzaam te blijven voor mogelijke antropogene invloeden op de data in de debiet- en waterstandmeetreeksen. Een grondige inventarisatie van de historiek van het inplanten van sluizen, stuwen, e.d. en het aansluiten van verharde oppervlakken op het riolerings en afvalwaterzuiveringsnetwerk kan hierbij zinnige informatie opleveren.

Zo hebben volgende gebeurtenissen naar alle waarschijnlijkheid een invloed gehad op de debieten te Borgharen: einde aanleg Albertkanaal (1930), einde van W.O. II met als gevolg een toename van de scheepvaart op het Albertkanaal en dus groter waterverbruik (1945), in werking treden waterkrachtcentrale te Monsin (1953), in werking treden vernieuwde sluis te Ternaaien (vergroting schutwatercapaciteit) (1961) (RWS 1970).

## 2.5.4 Hydrogeologische gegevens

### 2.5.4.1 Overzicht meetreeksen

#### **Meetnetten**

Het grondwatermeetnet bestaat principieel uit 3 niveaus, nl. het primaire, het secundaire en het tertiaire niveau. Het "primaire niveau" bestaat uit een beperkte reeks peilputten, gelegen buiten de antropogene invloedssfeer en zodanig geselecteerd dat zij gegevens verstrekken die representatief zijn voor een (qua ontginning) belangrijke watervoerende laag. De exploitatie van dit primaire niveau stelt zich tot doel de basistoestand van een bepaalde watervoerende laag te bepalen en de natuurlijke evolutie in de tijd te volgen. Dit niveau wordt uitgebouwd en beheerd door AMINAL Afdeling Water.

Dit primaire niveau geldt als referentie voor de meer specifiekere monitoring zoals:

- voor de opvolging van de nitraat-problematiek (MAP-meetnet)
- voor de opvolging van grote grondwateronttrekkingen (drinkwaterwinningen en belangrijke industriële grondwaterwinningen - vanaf een vergund debiet van 30.000 m<sup>3</sup>/jaar dient elke exploitant minstens één peilput in de omgeving van zijn grondwaterwinning te voorzien)

- voor de monitoring van abiotische omstandigheden in natuurgebieden (door natuurbeheerders onder supervisie van het Instituut voor Natuurbehoud)
- voor de opvolging van gebieden waar ingrepen gepland en/of uitgevoerd worden (naar aanleiding van de opmaak van MER-rapporten)
- voor allerhande studies (bv. naar de relatie tussen oppervlakte- en grondwaterstanden van rivier-systemen om de impact van waterbeheermaatregelen zoals actief peilbeheer te kunnen evalueren)

Het “secundair niveau” van het grondwatermeetnet ontstaat vanuit de groepering van de putten die vanuit een specifieke problematiek zijn ontstaan (vb. alle peilputten die toelaten de evolutie van de stijghoogte in de sokkel te volgen), zodanig dat op basis van die waarnemingen een voldoende gedetailleerd beeld wordt verkregen van de grondwatersituatie en de evolutie ervan in ruime gebieden waar menselijke activiteiten het grondwaterpeil of de grondwaterkwaliteit beïnvloeden.

Het “tertiaire niveau” wordt onderscheiden om aan te geven dat het om sterk gedetailleerde gegevens gaat op die plaatsen waar kortstondige, specifieke en/of erg lokale menselijke ingrepen veranderingen in de grondwatersituatie veroorzaakt hebben of kunnen veroorzaken. Deze meetnetten situeren zich in een ruimtelijk eerder beperkt gebied.

Tal van instanties zijn bij de grondwatermonitoring in Vlaanderen betrokken, elk vanuit een eigen invalshoek. Hieronder wordt een opsomming gegeven van de verschillende instanties. In Tabel 12 en Tabel 13 en op Figuur 21 en Figuur 22 vindt u een overzicht van de beschikbare gegevens. Het overgrote deel van de peilbuizen wordt 2-wekelijks opgemeten.

#### **DOV**

In DOV (Databank Ondergrond Vlaanderen) worden veel van de peilbuisgegevens verzameld. Daarbij worden volgende codes toegekend aan de individuele peilfilters die in de peilputten voorkomen:

- meetnet 0: oorsprong/beheerder onbekend
- meetnet 1: peilputten AMINAL – Afd. Water – meetreeksen met voldoende kwaliteit
- meetnet 2: peilputten AMINAL – Afd. Water – meetreeksen met onzekere kwaliteit
- meetnet 3: peilputten AMINAL – Afd. Water – gebruikt voor tijdelijke projecten
- meetnet 4: peilputten van andere Vlaamse en Belgische overheden
- meetnet 5: peilputten van drinkwatermaatschappijen
- meetnet 6: peilputten van privé-bedrijven
- meetnet 7: grondwaterwinningsputten

In Tabel 12 en op Figuur 21 worden enkel de peilputten die tot meetnetten 1, 4, 5 en 6 behoren weergegeven.

#### **MAP**

In het kader van het MestActiePlan worden er momenteel door Afdeling Water in heel Vlaanderen extra peilbuizen geplaatst ter controle van de waterkwaliteit van het eerste watervoerende pakket. Dit gebeurt aan de hand van het plaatsen van 3 filters per peilput. Daarbij worden 2 filters gestoken in de oxidatiezone, één net onder de watertafel en één aan de basis van de oxidatiezone. De 3<sup>de</sup> filter wordt gestoken in de reductiezone. Op Figuur 21 staan de voorlopige locaties van deze peilbuizen aangegeven. Bij de effectieve plaatsing is het evenwel mogelijk dat hiervan lichtjes wordt afgeweken. De afronding van de plaatsing van deze peilbuizen is voorzien tegen eind 2003.

#### **IN**

Op het Instituut voor Natuurbehoud worden alle grondwatergegevens bijgehouden met betrekking tot de monitoring van natuurgebieden en dit zowel van overheidsinstanties (Afdeling Natuur) als van natuurorganisaties (Natuurpunt, Stichting Limburgs Landschap, ...). In Tabel 13 vindt je een overzicht van de natuurgebieden waar het grondwater reeds gemonitord wordt.

### **UA-VUB: Vijverbroek en Maaswinkel**

In het kader van het “Systeemonderzoek Grensmaas” heeft de onderzoeksgroep Hydrologie van Prof De Smedt (VUB), in samenwerking met de onderzoeksgroep Ecosysteembeheer van Prof. Meire (UA) een reeks peilbuizen geplaatst in Vijverbroek en Maaswinkel. Deze werden echter handmatig geboord en reiken dus niet tot in de grindlaag, waardoor ze de kans lopen, tenminste een gedeelte van het jaar, boven het niveau van de watertafel te steken.

### **VLM – natuurinrichtingsprojecten**

Bij het onderzoek, voorafgaand aan een Natuurinrichtingsproject, wordt de geohydrologie van het in te richten gebied uitvoerig gemeten en bestudeerd, waardoor er eveneens peilbuisgegevens van deze gebieden beschikbaar zijn. Binnen het studiegebied zijn de natuurinrichtingsprojecten “Bergerven” en “Smeetshof” gelegen.

### **Project Negenoord – Afdeling Maas en Albertkanaal (AWZ)**

Voor de herinrichting van het gebied “Negenoord” (t.h.v. Stokkem), dient onderzocht of de herinrichting een nadelige invloed kan hebben op de drinkwaterwinning van VMW. Ter voorbereiding van een gedetailleerd grondwatermodel, welke uitsluitsel moet geven op deze vraag, werd door Afdeling Maas en Albertkanaal peilbuizen geplaatst in de directe omgeving van dit gebied. Deze peilbuizen zijn uitgerust met een datalogger die het waterpeil om de 15 minuten registreert. Met deze methode kan een meer gedetailleerd beeld worden bekomen van de kortstondige waterstandfluctuaties. Controlemetingen om de 2 weken zijn echter noodzakelijk om afwijkingen tijdig op te sporen.

### **IMDC**

In het kader van het project “Levende Grensmaas” omtrent het creëren van een nevengeul te Herbricht, werden hier door IMDC 6 peilbuizen geplaatst. Deze hadden tot doel het toegedekt stort Tielens te monitoren.

### **Proefproject “Meers”**

Eveneens in het kader van het project “Levende Grensmaas” werd aan Nederlandse zijde begonnen met het proefproject “Meers”. Voor de herinrichting van dit gebied wordt eveneens een uitvoerige monitoring van het grondwaterregime uitgevoerd. Daarbij zijn er eveneens peilbuizen geplaatst aan Vlaamse zijde van de Maas.

## 3 WATERKETENKENMERKEN

Ondere deze noemer worden alle menselijke aspecten en invloeden op het “natuurlijke” watersysteem samengebracht. Hiertoe behoren alle aanpassingen aan het watersysteem, onttrekkingen en lozingen, het bodemgebruik en de betrokken sectoren.

### 3.1 *Situering t.o.v. administratieve grenzen*

Het bekken van de Maas (in Vlaanderen) is voor het grootste gedeelte gelegen in de provincie Limburg (65%). Het overige gedeelte ligt in het noorden van de provincie Antwerpen.

In Tabel 14 wordt een overzicht gegeven van de gemeentes, gelegen in het Limburgse Maasbekken, samen met een overzicht van de percentages van de deeloppervlaktes van deze gemeentes die tot het Limburgse Maasbekken behoren, evenals de percentages van de deeloppervlaktes die tot het studiegebied behoren.

Uit deze gegevens kan afgeleid worden dat 42,9% van de oppervlakte van de Provincie Limburg tot het Maasbekken behoort, dat 30,8% van de oppervlakte van de Provincie Limburg tot het studiegebied behoort en dat het studiegebied 51,1% van het Limburgse Maasbekken omvat.

Dit cijfermateriaal kan goed van pas komen bij het gebruik van allerhande gegevens, opgesomd per bekken, provincie of gemeente.

Een overzicht van de gemeentes en enkele relevante plaatsnamen worden weergegeven in Figuur 23 en Figuur 24.

### 3.2 *Kunstwerken*

#### 3.2.1 Stuwen en sluizen

Over een groot deel van haar traject is de Maas gestuwd. Dit gebeurt vooral om de vaardiepte voor de scheepvaart te vergroten. Stuwen spelen ook een rol bij de watervoorraadvorming, de voeding van kanalen, de recreatie, de aanvoer van industrieel water, koelwater en drinkwater, de energiewinning, ...

Het beheer van de stuwen is in handen van stuwmeesters, die deze functie vaak combineren met de taak als sluismeester. Voor elke stuw zijn er één of meer stuwmeesters.

Zowel in Frankrijk, België als Nederland bevinden zich stuwen in de Maas. De ligging van de Belgische en Nederlandse stuwen in de Maas is weergegeven in Figuur 3, Figuur 4, Figuur 5 en Figuur 25. Een overzicht van alle stuwen en sluizen in het Maasstroomgebied van Frankrijk tot en met de Gemeenschappelijke Maas wordt gegeven in Tabel 15. Gedurende deze inventarisatie werd, met betrekking tot de Waalse en Franse gegevens, enkel literatuuronderzoek uitgevoerd. De kans bestaat dus dat de opgenomen lijsten reeds gedeeltelijk achterhaald zijn.

#### 3.2.2 Stuwpannen

Door de aanwezigheid van stuwen en sluizen kan de Maas niet meer als een vrij afstromende rivier beschouwd worden en kan de rivier opgedeeld worden in zogenaamde stuwpannen, d.w.z. trajecten van de rivier die door een stuw/sluis of –complex worden beïnvloed.

#### **Stuwpan Luik**

In Luik (Figuur 3) gebeurt de verdeling van het maaswater over het watersysteem van het Albertkanaal en de Kempische kanalen en het maaswater dat in het stuwpan Maastricht verder wordt verdeeld. De voeding van het Albertkanaal gebeurt enkel via scheepvaartbewegingen door de sluis van het Albertkanaal. Van dit water wordt nog een groot gedeelte teruggeloozd in de Maas, via het kanaal

van Monsin, het waterverbruik van Chertal, het kanaal Haccourt – Visé en het kanaal van Ternaaien (Figuur 4) (Berger & Mugie 1994). De Maas in het stuwpand Luik is gestuwd door de stuwen te Monsin, Hermalle-sous-Argenteau en Lixhe en Borgharen.

### **Stuwpand Maastricht**

In Maastricht (zie Figuur 4) wordt het water verdeeld over het Julianakanaal, de Gemeenschappelijke Maas en de Zuid-Willemsvaart. Het Julianakanaal wordt gevoed via de sluis van Limmel, welke het merendeel van de tijd open staat, met uitzondering van extreme hoog- of laagwaterstanden. De sluis van Born is uitgerust met een pomp om in tijde van geringe afvoer van het benedenstroomse pand naar het bovenstroomse pand te pompen.

De stuw met bijhorende stuwsluis van Borgharen zorgen voor de voeding van de Gemeenschappelijke Maas.

De Zuid-Willemsvaart wordt gevoed via het voedingskanaal dat in open verbinding staat met de Maas. De duiker tussen het voedingskanaal en de Zuid-Willemsvaart bestaat uit 4 kokers, waarbij de in te laten hoeveelheid water wordt bepaald door de instelhoogte van de schuiven aan de bovenstroomse zijde van de kokers. Het inlaatdebiet wordt nog vermeerderd met het schutdebiet van de sluis van Bosscheveld op het verbindingkanaal. Vanuit het verbindingkanaal bestaat eveneens de mogelijkheid om overtollig water via de overlaat van Bosscheveld terug naar de Gemeenschappelijke Maas af te voeren. Een laatste mogelijkheid van voeding voor de Zuid-Willemsvaart is deze via de oude sluisjes 19 & 20, die recent terug in werking zijn gesteld (van Leeuwen 1983).

### **Stuwpand Linne**

De aanvoer naar het stuwpand Linne (zie Figuur 5) wordt gevormd door het resulterend debiet van de sluisen te Maasbracht en Panheel en de afvoer van de Gemeenschappelijke Maas. In periodes van tekorten leveren de sluisen van Panheel en Maasbracht echter niets aangezien het schutwater op dat ogenblik wordt teruggepompt. Het gevolg is dat de Gemeenschappelijke Maas op zulke momenten de enige aanvoer is voor het stuwpand Linne. Gebleken is, dat wanneer de Gemeenschappelijke Maas in Borgharen uitsluitend met het lekwater van de stuw gevoed wordt (1 à 2 m<sup>3</sup>/s) (zoals het geval was in de droge zomer van 1976) de afvoer in Maasbracht toch in de orde van 8 à 9 m<sup>3</sup>/s bedraagt (Zuiderveen 1977).

Het pand Linne kan water verliezen via:

- a. Kanaal Wessem-Nederweert via het pompemaal bij de sluis van Panheel.
- b. Lateraal kanaal via de sluis van Heel
- c. Maas via de sluis en stuw van Linne

De sluis van Heel in het Lateraal kanaal overbrugt het peilverschil tussen het pand Linne en het stuwpand Belfeld in één keer. Het waterverbruik van deze sluisen is dan ook groter dan via de alternatieve oude route via de sluisen Linne en Roermond. De stuw van Linne zorgt ervoor dat het Maaspeil voldoende is opgestuwd voor de scheepvaart van de grindproductie.

## **3.3 Watervoorziening**

### **3.3.1 Onttrekkingen oppervlaktewater**

Een vergunning voor het onttrekken van oppervlaktewater wordt door de waterwegbeheerder verleend conform de artikelen 80 tot en met 89 van het Decreet van 21 december 1990 (B.S. 29.12.1990) houdende begrotingstechnische bepalingen alsmede bepalingen tot begeleiding van de begroting 1991 (in onderstaande tekst decreet genaamd), de wijzigingen van dit decreet en het Besluit van de Vlaamse Regering van 3 mei 1991 (B.S. 19.07.1991) betreffende het afleveren van vergunningen voor het capteren van water uit de, in het Vlaamse Gewest gelegen, bevaarbare waterlopen, kanalen en havens (in onderstaande tekst BVR genaamd).

Hierin wordt ondermeer gesteld dat:

- een vergunning voor een watervang nodig is voor hoeveelheden van meer dan 500 m<sup>3</sup>/jaar; voor kleinere hoeveelheden bestaat een meldingsplicht (**Art. 80 decreet**)

- bij uitzonderlijk lage waterstanden, waarbij captatie van water gevaar kan opleveren voor de scheepvaart, een tijdelijk verbod of beperking van captatie kan worden opgelegd (de Vlaamse regering bepaalt de modaliteiten hiervan). (**Art. 81 decreet**)
- de vergunning voor een watervang mits motivering door de vergunningverlenende overheid te allen tijde in het belang van de watervang geheel of ten dele kan worden ingetrokken, geschorst of gewijzigd zonder dat de vergunninghouder enige aanspraak kan maken op schadeloosstelling (**Art. 5 BVR**)
- voor de vergunning een bedrag verschuldigd wordt, dat bepaald wordt door het totale volume water dat door middel van pompen, hevels of andere goedgekeurde installaties uit de waterweg gecapteerd wordt.
- een vermindering van het verschuldigde bedrag kan bekomen worden indien het gecapteerde water na gebruik teruggestort wordt in de waterweg waar het gecapteerd werd (**Art. 83 decreet**)
- voor het vaststellen van het totale volume gecapteerd water per jaar, alle bestaande en nog te bouwen watervangen moeten uitgerust worden met een debietmetingsysteem, op kosten van de vergunninghouder (**Art. 85 decreet**)
- voor het vaststellen van het totale volume teruggestort water/jaar de vergunninghouder een bijkomend debietmetingssysteem moet voorzien (**Art. 85 decreet**)

#### 3.3.1.1 Gemeenschappelijke Maas

Voor verschillende aangelanden is de Gemeenschappelijke Maas een belangrijke bron van water: zo verzorgt de cvba CIRO voor de waterverdeling via het centraal bevoeiingssysteem van de "ruilverkaveling Ophoven" (zie verder). Het water wordt gecapteerd uit de voormalige grindwinningsplas (huidge jachthaven) "De Spanjaard" te Ophoven. Jaarlijks maken zo'n 55 tot 65 bedrijven gebruik van deze voorziening.

In Maasmechelen wordt nog door enkele land- en tuinbouwers water aan de Maas onttrokken.

In Tabel 16 wordt een overzicht gegeven van de capteerders en indien geregistreerd eveneens de gecapteerde jaarvolumes. Deze jaarvolumes geven echter geen beeld van het seizoenaal of dagelijks gebruik, waardoor de waterbehoefte tijdens een bepaalde periode niet eenduidig begroot kan worden.

#### 3.3.1.2 Albertkanaal en Zuid-Willemsvaart

Captaties uit de kanalen zullen aan bod komen in de "Inventarisatie voor de opmaak van laagwaterstrategieën voor het watersysteem van de Kempische kanalen en het Albertkanaal".

#### 3.3.2 Onttrekkingen grondwater

Het Decreet van 24 januari 1984 houdende maatregelen inzake grondwaterbeheer vormt de basis voor het reglementeren van het gebruik van grondwater. Het B.VI.R. van 27/03/1985 houdende reglementering en vergunning voor het gebruik van grondwater en de afbakening van waterwingebieden en beschermingszones gaf tot 30 april 1999 uitvoering aan deze bepaling. Sedert 1 mei 1999 wordt de vergunningsplicht gereguleerd via VLAREM.

Inzicht in de vroegere wetgeving is nog noodzakelijk aangezien aanvragen ingediend voor 1 mei nog dienden afgehandeld te worden volgens de oude procedure en omdat de bepalingen van VLAREM niet van toepassing zijn op deze afgeleverde vergunningen.

Door deze verandering zijn de gegevens in de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) in een overgangsfase en dus niet meer éénduidig. Het merendeel van de vergunde grondwaterwinnings staat nog geklasseerd volgens de oude procedure.

De vroegere wetgeving maakte een onderscheid in 3 categorieën vergunningen:

- Categorie A: < 96 m<sup>3</sup>/dag of < 30.000 m<sup>3</sup>/jaar of ≥ 96 m<sup>3</sup>/dag gedurende minder dan 1 jaar
- Categorie B: ≥ 96 m<sup>3</sup>/dag of ≥ 30.000 m<sup>3</sup>/jaar of het kunstmatig aanvullen van het grondwater
- Categorie C: winningen en kunstmatige infiltratie bestemd voor de openbare drinkwatervoorziening

Volgens de huidige wetgeving (VLAREM) worden de onttrekkingen ingedeeld volgens volgende 3 klassen:

- Klasse 1: vergunningsplichtig, vergund debiet > 30.000 m<sup>3</sup>/jaar
- Klasse 2: vergunningsplichtig, vergund debiet tussen 500 & 30.000 m<sup>3</sup>/jaar
- Klasse 3: meldingsplicht, tot 500 m<sup>3</sup>/jaar

Op Figuur 26 vind je een overzicht van de huidige (in 2003) vergunde grondwaterwinningen. Aan de hand van de vergunde volumes werden ze in bovenstaande klassen ingedeeld.

### 3.3.3 Databanken waterverbruik

In Vlaanderen bestaan verschillende databanken waarin gegevens verzameld worden met betrekking tot het waterverbruik in Vlaanderen. In een studie omtrent het huidige en toekomstige watergebruik in Vlaanderen werden deze databanken op hun bruikbaarheid voor de analyse van het waterverbruik in Vlaanderen geëvalueerd (ECOLAS & WES 2002).

Zo wordt er, door VMM, sinds 1991 twee databanken bijgehouden voor de berekening van de heffing op waterverontreiniging. Deze heffing wordt berekend op basis van het waterverbruik in het jaar voorafgaand aan het heffingsjaar. Hierbij wordt conform de milieuwetgeving een onderscheid gemaakt tussen grootverbruikers en kleinverbruikers. De grens tussen klein- en grootverbruikers ligt op 500 m<sup>3</sup> gefactureerd waterverbruik via de openbare watervoorzieningsmaatschappij en/of eigen waterwinning met een pompvermogen van 5 m<sup>3</sup>/u. Deze opdeling resulteert in 2 databanken, één voor grootverbruikers en één voor kleinverbruikers.

In de **databank voor de heffing op waterverontreiniging grootverbruikers** zijn hoofdzakelijk bedrijven (industrie en landbouw) opgenomen. In de databank wordt een opsplitsing gemaakt naar leidingwater, grondwater, oppervlaktewater, hemelwater en koelwater. Het verbruik van oppervlaktewater, hemelwater en koelwater wordt echter enkel vermeld in de databank indien de heffingsplichtige dit aangeeft.

Niet alle *landbouw*bedrijven zijn in deze databank opgenomen, gezien de meeste landbouwbedrijven kleinverbruikers zijn. Door het feit dat de berekeningscoëfficiënten voor grootverbruikers voordeliger zijn dan voor kleinverbruikers dienen toch heel wat landbouwers hun jaarlijkse aangifte in hoewel het vaak kleinverbruikers betreft.

Deze databank leent zich goed voor de analyse van het waterverbruik in de *industrie*-sector.

Ze kan echter niet gebruikt worden voor de begroting van het waterverbruik van de *drinkwater*sector. Het gaat enkel om het percentage water dat geloosd wordt en waarop heffingen zijn. Dit vormt dus een deel van de productieverliezen van de drinkwatermaatschappijen. Ten hoogste vormt het gebruik van de databank een controle op de productieverliezen van de drinkwatermaatschappijen.

In de **databank voor de heffing op waterverontreiniging kleinverbruikers** zijn hoofdzakelijk gezinnen, kleine bedrijven (waaronder ook landbouwbedrijven) en de dienstensector opgenomen. Het water dat een abonnee verbruikt kan zowel leidingwater, eigen winning (grondwater en oppervlaktewater) als hemelwater zijn. De gegevens worden verstrekt door de drinkwatermaatschappijen wat het leidingwaterverbruik betreft en door de abonnee zelf voor de eigen waterwinning. De gegevens worden echter niet éénduidig verzameld: voor de periode 1991-2000 zijn er meer dan 40 tabellen opgemaakt, waarvan de opbouw niet steeds gelijk is. De databank(en) zijn volledig wat betreft het leidingwaterverbruik, maar de eigen en gecombineerde waterverbruiken zijn zeer onvolledig.

In de databank(en) wordt een onderscheid gemaakt tussen bedrijven en huishoudens (gezinnen) op basis van de naam van de abonnee. Hierdoor zullen zowel bedrijven beschouwd worden als huishoudens alsook (misschien in mindere mate) huishoudens beschouwd worden als bedrijf.

De databank leent zich dus enkel goed voor de analyse van het leidingwatergebruik. De overige gegevens zijn minder volledig.

Door Afdeling Water van AMINAL wordt sinds 1990 een aantal **leidingwaterdatabanken** bijgehouden. Hiervoor worden jaarlijks de gegevens bij de verschillende drinkwatermaatschappijen opgevraagd. De databank is volledig voor de jaren 1991-1994. Voor de periode 1995-1999 is deze databank niet volle

dig en zijn de gegevens minder gedetailleerd dan de databank voor heffing op waterverontreiniging kleinverbruikers.

De leidingwaterdatabank bevat specifieke informatie omtrent het totale waterverbruik in Vlaanderen, de aanlevering van leidingwater door de diverse watermaatschappijen, de watertransfers tussen de gewesten en met de buurlanden, de productie van ruw- en reinwater per drinkwatermaatschappij en de niet geregistreerde verbruiken. Ze vormt dan ook een goede basis voor de opbouw van de waterbalans van de drinkwatermaatschappijen, echter niet op het niveau van de afzonderlijke winningen.

De **grondwatervergunningendatabank** (zie ook 3.3.2) wordt eveneens beheerd door Afdeling Water en geeft voor elke vergunde grondwaterwinning de geografische coördinaten, het vergund debiet per dag en per jaar, de watervoerende laag, het werkelijk opgepompt debiet per installatie per jaar, ... . Wegens de onvolledigheid van de gegevens (enkel werkelijk opgepompte debieten indien vergunning > 30.000 m<sup>3</sup>/jaar) is de databank niet bruikbaar voor analyses van watergebruik.

De **grondwaterheffingendatabank** wordt eveneens beheerd door de Afdeling Water en werd vanaf 2000 geïntegreerd in de VMM-databank voor grootverbruikers. Hierin zijn alle grondwaterwinningen vanaf 500 m<sup>3</sup>/jaar opgenomen. Dit betekent dat in deze databank meer debieten per jaar zijn opgenomen dan in de grondwatervergunningendatabank. De databank blijkt echter eveneens niet bruikbaar voor analyses van het watergebruik aangezien de in deze databank opgenomen hoeveelheden eveneens vergunde hoeveelheden zijn. Hierdoor wordt het werkelijk gebruik overschat (ECOLAS & WES 2002).

### 3.4 Afvalwater

De lozing van huishoudelijk en industrieel afvalwater kan beschouwd worden als een netto inkomend debiet. Volgens Mombers (1988) zou de agglomeratie Luik gemiddeld  $\pm 1$  m<sup>3</sup>/s huishoudelijk afvalwater lozen, uitgaande van 500.000 inwoners die met een dagelijks verbruik van 180 l/dag.

Het huishoudelijk afvalwater van de gemeente Maastricht wordt voor een deel direct en voor een deel via een aantal zuiveringsinstallaties op de Maas en op de Zuid-Willemsvaart geloosd. Indien aangenomen wordt dat het aantal inwonersequivalent dat op de Maas loost gelijk is aan 100.000 geeft dit gemiddeld  $\pm 0,2$  m<sup>3</sup>/s.

#### 3.4.1 Zuiveringsgebieden

In de databank van VMM wordt Vlaanderen opgedeeld in zuiveringsgebieden. Het afvalwater van een zuiveringsgebied loost op één of enkele RWZI's (rioolwaterzuiveringsinstallatie) of KWZI's (kleinschalige waterzuiveringsinstallatie). Tabel 17 geeft een overzicht van het aantal inwoners per zuiveringsgebied, het percentage van het aantal inwoners dat reeds is aangesloten op riolering en het aantal inwoners dat op een RWZI/KWZI loost.

Hierbij dient opgemerkt dat de zuiveringsgebieden niet overeenstemmen met de afgebakende deelbekkens of VHA-zones (zie Figuur 27). Via pompstations worden bepaalde afvalwaterstromen namelijk afgeleid naar een bepaald RWZI, waardoor de natuurlijke grenzen van de deelbekkens overschreden kunnen worden.

#### 3.4.2 Zuiveringsinstallaties

In Tabel 18 wordt een overzicht gegeven van de Vlaamse en Nederlandse RWZI's, de totaal aangesloten vuilvracht en de waterloop waarop het effluent wordt geloosd. Voor de Vlaamse zuiveringsinstallaties zijn de gegevens voor 1999-2000 afkomstig van VMM en van 2001-2002 van Aquafin.

De cijfers van VMM komen overeen met de werkelijke vuilvrachten en zijn berekend a.d.h.v. het aantal inwoners dat aangesloten is op de RWZI + de eventuele aangesloten industriële vuilvrachten. Voor de berekening van de huishoudelijke lozingen wordt uitgegaan van een verbruik van 112l/dag/persoon. De gegevens van industriële lozingen zijn afkomstig van metingen (meestal via meetgoot) van de bedrijven zelf, zoals verplicht via de vergunningen.

De cijfers van Aquafin komen overeen met de werkelijk opgepompte debieten. Hierin zit dus niet alleen de vuilvracht, maar eveneens regenwater dat via het rioleringsstelsel in de RWZI's toekomt.

De Nederlandse gegevens zijn afkomstig van het Zuiveringschap Limburg. De dagafvoer van deze RWZI's worden het ganse jaar door gemeten. De cijfers zijn gebaseerd op deze metingen + de hoeveelheid bufferwater, afkomstig uit het regenwaterbuffergedeelte van de zuiveringsinstallaties. Bij het bekijken van dit cijfermateriaal moet eveneens rekening gehouden worden met het feit dat bepaalde installaties nog door oppervlaktewaterstromen worden gevoed, waardoor de gemeten debieten extreem hoog lijken.

### 3.4.3 Lozingspunten & rioleringssegmenten

VMM beschikt eveneens over een overzicht van alle belangrijke lozingspunten. Een lozingspunt is het eindpunt van een gemeentelijke rioolstreng, een collector of een RWZI waarlangs het huishoudelijk afvalwater van de bewoning in verschillende straten, één straat of een deel van een straat of afkomstig van industrie in oppervlaktewater terecht komt. Het betreft hier lozingen van afvalwater van huishoudelijke of gemengde oorsprong en industriële lozingen. Hierbij bestaat de mogelijkheid elk lozingspunt te koppelen aan een VHA-segment.

VMM beschikt eveneens over een overzicht van rioleringssegmenten waarmee een koppeling kan gemaakt worden tussen de verharde oppervlaktes en de lozingspunten.

Op de Gemeenschappelijke Maas is één grote lozing van belang; deze van DSM, nabij Sitard en Geleen. Ze onttrekt ca. 1,5 m<sup>3</sup>/s uit het Julianakanaal bendenstrooms van Bunde en loost daarvan ongeveer 1 m<sup>3</sup>/s tussen de Hemelbeek en de Ur in de Maas.

## **3.5 Bodemgebruik**

*Dit stuk is gebaseerd op de Ontwerpversie van de Omgevingsanalyse voor het Bekkenebeheerplan van de Maas (Mennen 2001).*

Onder bodemgebruik wordt het actuele bodemgebruik van een perceel grond bedoeld. Niettegenstaande de bestemmingen zijn vastgelegd in een gewestplan, komt het huidige bodemgebruik hiermee niet steeds overeen. Denken we bijvoorbeeld aan braakliggende gronden in woongebieden of landbouwactiviteiten in natuurgebieden. Het spreekt voor zich dat in dergelijke gevallen de impact van het huidige bodemgebruik sterk kan afwijken van deze zoals te verwachten valt vanuit het bestemmingsplan. Om een beeld te krijgen van een actueel bodemgebruik wordt best uitgegaan van recente kaarten die een beeld geven van het bestaande bodemgebruik of toch althans een deel ervan.

Verder is het noodzakelijk om de aard van het bodemgebruik voldoende te definiëren binnen een bestemmingstype. Binnen eenzelfde bestemmingstype (bv. landbouw) zal de impact op het watersysteem sterk variëren door het specifieke bodemgebruik (bv. grasland versus akkerbouw).

De waterhuishouding speelt een belangrijke rol in de bestemming en het eraan verbonden bodemgebruik van sommige gebieden, maar ook de bestemming en het eraan verbonden bodemgebruik hebben een zeer belangrijke invloed op het geheel van de waterhuishouding. De ruimtelijke verbreiding van het landgebruik heeft een dominerende invloed op het watersysteem. Het landgebruik beïnvloedt het watersysteem zowel kwantitatief als kwalitatief. Het type bodemgebruik heeft invloed op verschillende termen van de waterbalans.

Zo kan worden gedacht aan de invloed van het grondgebruik op het neerslagoverschot, op de voeding van de (diepere) watervoerende pakketten. Het landgebruik, i.c. het gewastype of de mate van verharding, bepaalt in sterke mate de grootte van verdamping en daardoor het neerslagoverschot. Met behulp van de bodemgebruikkaart en specifieke evapotranspiratiewaarden kan een beeld gegeven worden van de potentiële verdamping van het bekken.

De bodemgebruikkaart (Figuur 28) is afgeleid uit de, tot op perceelsniveau gedetailleerde, Biologische Waarderingskaart (BWK). Voor de wijze waarop deze laatste wordt omgezet verwijzen we naar de Omgevingsanalyse van het BBP van de Maas (Mennen 2001).

## **3.6 Factoren die de natuurlijke grondwaterstroming beïnvloeden**

Volgende factoren beïnvloeden de natuurlijke grondwaterstroming in het studiegebied (De Smedt & Loy 1986, Van Erdeghem 1990) :

- mijnverzakkingen en bemalingen van de mijnen (zie 3.6.1)
- waterwinningen van drinkwatermaatschappijen en industrie
- scheepvaartkanalen en kleinere verbindingskanalen (zie 3.6.2)
- waterkerende structuren zoals stuwen, sluizen, keermuren, ...
- grindwinning (zie 3.6.3)
- sterk schommelende waterstanden in de Maas zelf

### 3.6.1 Mijnverzakkingen

#### 3.6.1.1 Inleiding

In een oost-west strook doorheen Centraal Limburg zijn er nog vele uiterlijke tekens van een lange periode steenkoolwinning te vinden, vooral in en rond de 7 ex-exploitatietzetsels (Beringen, Zolder, Houthalen, Winterslag, Zwartberg, Waterschei en Eisden). Hier ontgon men op grote schaal kolenlagen gelegen tussen 600 en 1000 m diepte. Bij de uitbating van de steenkool werd de ontgonnen ruimte door het laten instorten van de bovenliggende lagen opnieuw aangevuld. Dit veroorzaakte verzakkingen van de bovengrond.

Een verzakkingskom bevindt zich ter plaatse van het dorp Eisden (Figuur 7). De kern van de verzakking bevindt zich ten noorden van het dorp. Een deel van deze verzakkingskom loopt onder de Zuid-Willemsvaart door. Een tweede verzakkingskom bevindt zich ter plaatse van het dorp Meeswijk, waarvan de kern van de verzakkingskom zich bevindt ten noord-oosten van het dorp. Een derde verzakkingskom bevindt zich ter plaatse van het dorp Leut (WL, ENVICO & ADINCO, 1998).

Deze verzakkingen hebben tot gevolg gehad dat enkele beken (bv. Genootsbeek, Vrietselbeek, Bosbeek) werden onthoofd waardoor de natuurlijke afwatering wordt verhinderd. Deze afwateringen worden nu kunstmatig gecontroleerd door een waaier van pompsystemen en andere korrektiemaatregelen (Van Autenboer et al., 1996).

Een ander gevolg van de verzakkingen is de daling van het maaiveld beneden het grondwater niveau. 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 VMW is een deel van de gevraagde ontwateringscapaciteit ter plaatse van de mijnverzakkingsgebieden overgenomen door de plaatsing van drinkwaterwinningsputten (WL, ENVICO & ADINCO, 1998).

#### 3.6.1.2 Waterfluxen

##### **Pompstation Leut**

Dit pompstation bestond voor november 1995 uit een aantal putten. Na november 1995 zijn deze putten vervangen door een drainagebuis op ca. 3 m onder het maaiveld en 3 dieptepompen op 8 m onder het maaiveld. Het water wordt afgevoerd naar een pompstation in de Koetestraat waar het via een persleiding naar de Maas wordt verpompt. De dieptepompen worden slechts ingeschakeld bij hoge waterstand in de Maas. Van dit pompstation zijn debieten vanaf 1996 beschikbaar. De maximale pompcapaciteit bedraagt zo'n 10480 m<sup>3</sup>/u of 2,91 m<sup>3</sup>/s. De leidingen hebben echter een maximum capaciteit van 7400 m<sup>3</sup>/u of 2,055 m<sup>3</sup>/s.

##### **Pompstation Greven**

Dit pompstation 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 overtollige water af uit de Vrietselbeek en pompt dit over naar de Zuid-Willemsvaart. De maximale pompcapaciteit bedraagt hier zo'n 4550 m<sup>3</sup>/u of 1,26 m<sup>3</sup>/s. De leidingen hebben een maximum capaciteit van 4400 m<sup>3</sup>/u of 1,22 m<sup>3</sup>/s.

##### **Pompstation Meeswijk**

Het pompstation aan de Genootsbeek 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

ting over een gedeelte van de Genootsbeek 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.MW. te Meeswijk. In tegenstelling tot het pompstation van Eisdén voert het pompstation Meeswijk tijdens droge periodes en bij lage Maasstanden "geen" water meer af. Het water wordt verpompt naar de Maas. De maximale pompcapaciteit bedraagt zo'n 5690 m<sup>3</sup>/u of 1,58 m<sup>3</sup>/s. De leidingen hebben een maximum capaciteit van 4300 m<sup>3</sup>/u of 1,19 m<sup>3</sup>/s.

### **Pompstation Eisdén – Tuinwijk**

Het pompstation Eisdén – Tuinwijk bestaat uit een put (2 op 2 m en 4 m diep) waaruit water wordt opgepompt. Dit pompstation dient om bij wateroverlast, het overtollige hemelwater, dat samenvloeit in de vijver, naar de Zuid-Willemsvaart over te pompen. Van dit pompstation zijn afvoergegevens vanaf 2001 beschikbaar. Door N.V. Mijnschade is meegedeeld dat dit station in 1996, 1997 en 1998 een verwaarloosbare hoeveelheid water heeft afgevoerd. Dit in tegenstelling tot 1995 toen ongeveer 800000 m<sup>3</sup> water werd afgevoerd. De maximale pompcapaciteit bedraagt hier slechts 550 m<sup>3</sup>/u of 0,15 m<sup>3</sup>/s.

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).

## 3.6.2 Scheepvaartkanalen

Uit de geologische dwarsprofielen kan men opmaken dat er mogelijk watertransport optreedt van de kanalen naar de Maas toe, via de Maasgronden. De kanalen van waaruit mogelijk transport optreedt zijn de Zuid-Willemsvaart, het Julianakanaal en het Albertkanaal.

In Van Erdeghem (1990) werd het watertransport vanuit het Albertkanaal naar de Maas ter hoogte van Lanaye (waar de gradiënt het grootst is) uitgerekend:

- stuwpeil Albertkanaal = 60 m T.A.W.
- peil van de Maas = stuwpeil van Borgharen = ± 46 m T.A.W.
- peilverschil:  $\Delta h = 14$  m
- gemiddelde afstand  $\Delta x = 700$  m
- gradiënt  $\Delta h/\Delta x = 0,02$
- transmissiviteit  $T = \pm 0,1$  m<sup>3</sup>/s per meter kanaal
- $Q = T \cdot \Delta h/\Delta x = 2$  m<sup>3</sup>/s per km kanaal

Het grondwatertransport in dit pand zou dus vrij groot zijn. Op andere plaatsen echter is dit transport veel kleiner, vooral door een kleinere gradiënt.

Deze berekening mag echter niet als absolute waarheid worden aanzien. Er is hier bijvoorbeeld geen rekening gehouden met de afdichtende werking van slib op de bodem van het kanaal, wat voor een aanzienlijke vermindering van het transport kan zorgen.

## 3.6.3 Grind- (en zand)winning

### 3.6.3.1 Inleiding

Het Maasgrind is een zeer gewaardeerde grondstof. Het wordt in beton verwerkt voor de bouw van kunstwerken, de aanleg van wegen, ... . Tot in 1949 werden baggerwerken op de Gemeenschappelijke Maas uitgevoerd waarbij rivierverbetering (bescherming tegen hoogwater) en grindwinning hand in hand gingen. Daar de rivierbedding steeds minder grind opleverde in verhouding met de stijgende vraag werden de exploitaties verplaatst naar de uiterwaarden. Sinds 1954 is de grindproductie uit de rivier dan ook sterk achteruit gegaan terwijl de exploitatie van de uiterwaarden een geweldige toename kende (zie Figuur 29). Door de grindwinning in het zomerbed ligt de bodem en het waterpeil nu veelal 1 à 1,5 m lager dan vroeger. Op sommige plaatsen zou dit zelfs tot 3 m bedragen (Helmer et al. 1991). Een mooie illustratie hiervan in het landschap is de oude aanlegkade van Maaseik, aan de

monding van de Zanderbeek (zie foto 3). Door het dalen van het water is deze niet meer toegankelijk voor scheepvaart.

Bij de exploitatie in de uiterwaarden was de grindproductie merkelijk groter dan in de rivier, aangezien hier geen beperkingen waren met betrekking tot de diepgang van de ontginning. Er wordt dan ook meestal gebaggerd tot op de totale diepte van de grindlaag.

Op Figuur 30 wordt een overzicht gegeven van bestaande en verlaten grind- (en zand) winningen. De kaart is samengesteld uit gegevens afkomstig uit de studie van Tractionel (1986) en ontginningszones zoals aangeduid op CORINE Landcover (OC GIS 1996). Meer gedetailleerde gegevens zijn verkrijgbaar bij de Administratie Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE).

Het grind werd bij de meeste maatschappijen gewassen en gezeefd op de baggermolens, andere maatschappijen wassen, zeven en breken het grind op de stapelplaatsen (Jodogne 1947, 1965 & 1974). Dit water wordt veelal onttrokken aan de Maas.

De grindwinning in de alluviale vlakte van de Maas en op het Kempisch plateau wordt geregeld door het Decreet van 14/07/93 tot oprichting van het Grindfonds en tot regeling van de grindwinning. Dit decreet is een raamdecreet dat in werking trad via het B.VI.R. van 20.07.94. Het decreet is een aanvulling op de wetgeving inzake graverijen en groeven en legt de nadruk op een economisch, sociaal en ecologisch verantwoorde exploitatie alsmede een reconversiebeleid tot het jaar 2006. Tot deze datum mag nog slechts 60 miljoen ton grind gewonnen worden, bij voorkeur op twee locaties binnen de Maasvallei, met name Meerheuvel (Dilsen) en Boterakker (Kessenich).

Het Grindfonds dat een instelling van openbaar nut is, heeft de middelen die zullen worden aangewend voor de reconversie. Het werkingsgebied beperkt zich tot de lijst van grindgemeenten binnen de Provincie Limburg. Deze lijst omvat de gemeenten Kinrooi, Maaseik, Dilsen-Stokkem en Maasmechelen.

Het Grindherstructureringscomité beschouwt de verder ontwikkelingen in een aantal grindwingebieden. De belangrijkste accenten liggen op de gebieden Boterakker en Meerheuvel. Het Grindherstructureringscomité heeft een Globale Structuurvisie Maasland laten uitwerken door het Instituut voor Natuurbehoud. Uit de globale visie werden voor specifieke grindwingebieden ecologische detailstudies gemaakt, zoals de ecologische impactstudie voor Boterakker en Meerheuvel (AWZ – AMA, 1999).

Ook in Nederland wordt op termijn een eind gesteld aan de grindwinning, doch daar wordt geopteerd voor ondiepe grindwinning in de rivier en haar uiterwaarden, in plaats van op 1 lokatie. Aan deze grindwinning wordt natuurherstel en -ontwikkeling gekoppeld (AWZ – AMA, 1999).

### 3.6.3.2 Hydrogeologische relaties

De grindwinningen hebben een belangrijke invloed op de lokale grondwaterstromingen. Het is dus zinvol de huidige en vroegere exploitatie-sites te kennen en er rekening mee te houden in de verschillende deelaspecten van het zoetwaterbeheer.

Tussen de grindgroeven nabij de Maas en de Maas zelf bestaat een hydrogeologische relatie. Deze relatie hangt af van het grondwaterpeil, maar vooral ook van de (sterk schommelende) waterstanden van de Maas. Bij lage waterstand in de Maas treedt onder normale omstandigheden een watertransport op van de groeve naar de Maas. Bij hoogwaterregime daarentegen treedt een uitvloeijing op van de Maas naar de groeve (Van Erdeghem, 1990).

In verband hiermee voerden De Smedt en Loy (1986) een pompproef uit op de groeve Bichterweert in Dilsen. Bij laagwater bedroeg het watertransport van de groeve naar de Maas ongeveer 1 m<sup>3</sup>/s. Bij hoogwater trad een uitvloeijing op van de Maas naar de groeve van ± 0,6 m<sup>3</sup>/s.

Het verband is echter niet zo eenvoudig. Door berging van water in de grindgroeves tijdens hoogwater, geraken de bodems van deze plassen dichtgesmeerd met slib, waardoor het water er steeds langer blijft staan (AMA, persoonlijke mededeling).

## **3.7 Sectoren**

Voor het uitoefenen van hun activiteiten hebben de verschillende sectoren behoefte aan water. Naargelang de beschikbaarheid, de kwaliteits- en kwantiteitseisen zal gebruik gemaakt worden van een andere bron. Bovendien zijn er bepaalde periodes waarin de behoefte voor water groter is dan ande

ren. Veelal zijn er jaargegevens beschikbaar. Hierin wordt dus geen rekening gehouden met eventuele seizoensverschillen. Dit maakt het inschatten van de werkelijke waterbehoefte in de tijd geen eenvoudige zaak.

### 3.7.1 Scheepvaart - goederentransport

In de vorige eeuw was er scheepvaart op de Maas. Daartoe werd, tegen de rivier een zomerdijk opgetrokken, die hoofdzakelijk dienst deed als jaagpad voor de scheepvaart. De betekenis van de Maas als scheepvaartweg ging in 1932 verloren, toen het Julianakanaal deze functie overnam.

Momenteel is er geen scheepvaart op de Gemeenschappelijke Maas, behalve in een klein deel, afwaarts van Maaseik, voornamelijk voor het transport van grind. Dit wordt mogelijk gemaakt door de werking van de stuw te Linne (Nederland). Vanaf kilometer 57 (dit is 4,5 km afwaarts van de brug te Maaseik) wordt de Gemeenschappelijke Maas bevaarbaar voor schepen tot 600 ton (AWZ – AMA, 1999).

De Maas vormt tevens de voeding van een gans netwerk van kanalen die een verbinding vormen tussen de havens van Antwerpen en Rotterdam en het Europese vasteland. Ongeveer 30.000 vrachtschepen per jaar maken gebruik van de Maas. Het kan verwacht worden dat deze aantallen in de nabije toekomst nog zullen toenemen aangezien de lokale overheden het transport via het water stimuleren. Laagwater (en hoogwater) verkleint de transportcapaciteit van de waterwegen en kan leiden tot aanzienlijke economische schade (De Wit et al. 2001).

### 3.7.2 Industrie

Langs de Gemeenschappelijke Maas zijn er, aan Vlaamse zijde, geen industrie-bedrijven die water voor hun processen onttrekken uit de rivier. Het merendeel van de industrie in het studiegebied is gelegen langs de kanalen. Deze zullen aan bod komen in de "Inventarisatie voor de opmaak van laagwaterstrategieën voor het watersysteem van de Kempische kanalen en het Albertkanaal".

De overige industrie in het studiegebied maakt gebruik van grond- of leidingwater.

Bij industriële oppervlaktewateronttrekkingen is het veelal zo dat het water na gebruik in het productieproces weer geloosd wordt. Dit is bijvoorbeeld ook het geval met de staalfabriek van Chertal (Luik), die volgens Van Craenenbroeck et al. (1985) gemiddeld 2,8 m<sup>3</sup>/s onttrekt uit het Albertkanaal, dat na gebruik als koelwater in de Maas wordt geloosd. De waterhoeveelheden die definitief aan de Maas (of kanalen) worden onttrokken, zijn dan ook eerder beperkt (Van Erdeghe 1990).

### 3.7.3 Elektriciteitscentrales

#### **Kernenergie**

Langs de Maas staan elektriciteitscentrales die het Maaswater als koelwater gebruiken. Na gebruik wordt het water weer in de Maas geloosd, zij het met een hogere temperatuur. Hierdoor ontstaat extra verdamping. De belangrijkste warmtelozers zijn: de kerncentrale van Chooz (Frankrijk), de kerncentrale van Tihange (bij Aampsin-Neuville) in België en de Clauscentrale (bij Maasbracht). Ze zijn allen voorzien van centrale koeltorens, die vooral gebruikt worden om in perioden van lage afvoeren toch warmte te kunnen lozen zonder dat het Maaswater te veel in temperatuur stijgt. De totale hoeveelheid te verdampen water kan, in vergelijking met andere kunstmatige onttrokken hoeveelheden, klein genoemd worden en bedraagt in de meeste gevallen minder dan 1 m<sup>3</sup>/s. De kerncentrale van Chooz gebruikt een afvoer van 4,75 m<sup>3</sup>/s, waarvan tussen de helft en 2/3 deel teruggestort wordt naar de Maas.

Het gebruik van water door de koeltorens wordt berekend door voor elke 1000 MW vermogen van de centrale een verdamping van 0,6 m<sup>3</sup>/s te veronderstellen. Overigens is het niet reëel om te veronderstellen dat de centrales in perioden van zeer lage afvoeren op vol vermogen zullen werken, omdat laagwater vooral in de zomer voorkomt en het hoogste energieverbruik in de winter (Berger & Mugie 1994).

## Waterkracht

Elke stuw in de Maas biedt, vanwege het verval, de mogelijkheid om energie te winnen met een waterkrachtcentrale. Uit oogpunt van een economisch rendabele winning dient het verval en de (laagwater)afvoer zo groot mogelijk te zijn.

In Frankrijk vindt slechts op kleine schaal electriciteitsopwekking plaats via waterkrachtcentrales bij stuwen. In Wallonië zijn alle stuwen tussen Namen en Eysden voorzien van waterkrachtcentrales. Ook in Nederland wordt bij de stuwen van Linne en Lith energie opgewekt. Bij de meeste centrales hebben de turbines een regelbaar debiet en zijn de gevolgen voor het milieu klein. Bij een aantal centrales kennen de turbines echter slechts 2 standen, aan of uit, zoals bij de centrale van Lixhe. Het gevolg is dat bij deze centrales het debiet trapsgewijs verandert, en een veelvoud is van de afvoer door een enkele turbine. In Lixhe heeft elk van de 4 turbines een capaciteit van ca. 80 m<sup>3</sup>/s. Bij afvoeren groter dan 320 m<sup>3</sup>/s kan continu electriciteit worden gegenereerd. Bij lagere afvoeren ontstaan, door het frequent in- en uitschakelen van de turbines, onnatuurlijke variaties in waterstanden en stroomsnelheden die stroomafwaarts over grote afstand merkbaar zijn. De Gemeenschappelijke Maas ondervindt de gevolgen van de centrale bij Lixhe. Vaak treden op één dag meerdere variaties in de waterstand op waardoor vissen, waterplanten en andere organismen weggespoeld worden en hiervan schade ondervinden (bv. de in de bedding afgezette eieren vallen droog of worden weggespoeld). Stroomafwaarts van Lixhe is bij de stuw van Borgharen sinds mei 1993 het stuwbeheer aangepast om de schadelijke effecten hiervan te beperken (Berger & Mugie 1994, WL 1996). Het dempen van de afvoerfluctuaties in de Gemeenschappelijke Maas is ondanks deze grote inspanningen maar ten dele succesvol, omdat het handhaven van een waterpeil in Maastricht voor de scheepvaart prioriteit heeft bij het stuwbeheer. Bovendien zijn de afvoervariaties moeilijk te voorspellen. In Wallonië wordt het doorlaatdebiet namelijk bepaald door de electriciteitsmaatschappijen. Zij moeten echter de waterstand bij de stuw binnen een bepaalde marge houden. Door deze constructie wordt het voor de waterbeheerder benedenstrooms echter onduidelijk welke afvoer hij kan verwachten, aangezien de electriciteitsmaatschappij zal streven naar een zo groot mogelijk verval en de doorvoer afhankelijk kan stellen van de momentane vraag naar electriciteit. Opvallend is dat de gebouwde centrales capaciteiten hebben die circa anderhalf keer de gemiddelde afvoer zijn (Berger & Mugie 1994). Het aantal afvoerfluctuaties (door de waterkrachtcentrale van Lixhe) varieert van 0 tot meer dan 20 per dag, gemiddeld wordt 8 à 9 maal per dag een turbine in- of uitgeschakeld (Salvedra et al. 2000).

### 3.7.4 Drinkwatervoorziening

#### Inleiding

Voor drinkwaterwinningen is de verblijftijd van het opgepompte water vanaf het punt van infiltratie tot de winning van belang voor de kwaliteit van het drinkwater. Enerzijds dient de verblijftijd voldoende groot te zijn om het water vrij te maken van bacteriologische verontreiniging (door de anaerobe toestand in de verzadigde zone kunnen bacteriën niet lang overleven). Anderzijds worden vele microverontreinigingen geabsorbeerd door de ondergrond waardoor het water gezuiverd wordt. Een voldoende grote verblijftijd is dus noodzakelijk om de kwaliteit van het opgepompte grondwater te garanderen.

De kwetsbaarheid van het grondwater wordt bepaald tal van factoren van statische en dynamische aard. Deze omvatten o.m. de omvang en aard van de watervoerende laag en van de deklaag, de hydraulische parameters van de formaties, de grondwatertoestand in natuurlijke en in kunstmatige omstandigheden, de wisselwerking tussen aangrenzende formaties, de aard en omvang van de verontreiniging, .... Voor het opstellen van de kwetsbaarheidskaart van het grondwater van het Vlaams Gewest werd enkel gebruik gemaakt van de aard en omvang van de watervoerende lagen en deklagen en de hydraulische parameters (vnl. doorlatendheid) hiervan. De kaart (zie Figuur 31) geeft de risicograad weer van verontreiniging van het grondwater in de bovenste watervoerende laag door stoffen, die vanop de bodem in de grond dringen, enkel rekening houdend met statistische parameters (Van Autenboer & De Smedt 1986).

De codes op de kaart geven een waarde voor de aard van de watervoerende laag, de aard van de deklaag en de dikte van de onverzadigde zone:

- Aa1: Krijt, kalksteen, mergel, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van 10 m of minder
- Aa2: Krijt, kalksteen, mergel, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van meer dan 10 m

- Ab: Krijt, kalksteen, mergel, met een lemige deklaag
- Ac: Krijt, kalksteen, mergel, met een kleiige deklaag
- Ba1: Grind, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van 10 m of minder
- Ca1: Zand, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van 10 m of minder
- Ca2: Zand, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van meer dan 10 m
- Cb: Zand met een lemige deklaag
- Cc: Zand met een kleiige deklaag
- Da1: Leemhoudend of kleihoudend zand zonder deklaag met een onverzadigde zone van 10 m of minder

Om ervoor te zorgen dat achteruitgang van de kwaliteit van het opgepompte grondwater tijdig kan gedetecteerd worden, is elke drinkwaterwinning voorzien van 3 beschermingszones. Daarbij is beschermingszone I het gebied waar het grondwater binnen 24u de winning kan bereiken, zone II in 60 dagen en zone III de chemische beschermingszone. In elke beschermingszone gelden andere regels.

De beschermingszones rond de, recent opgestarte, winning van Maaseik waren nog niet beschikbaar.

### Productiecentra

De drinkwatervoorziening in het studiegebied wordt, met uitzondering van de Stad Tongeren, door de Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening (V.M.W.) verzorgd. De Stad Tongeren wordt voorzien door de Watteregie Stad Tongeren.

Het waterproductiecentrum van **Bree** ligt slechts 500 m ten noorden van de Feldbissbreuk, in de overgangszone tussen het Kempisch Plateau en de Vlakte van Bocholte. We treffen er achtereenvolgens 30 m Maasgrind aan (hoofdterras van de Maas), de volledige sequentie van de Kiezeloölietformatie tot op een diepte van 220 m, met daaronder de Formaties van Kasterlee en Diest, over 100 m aangeboord.

Het eerste watervoerend pakket wordt gevormd door het Maasgrind, dat hydrologisch een geheel vormt met de bovenste 80 m van de Kiezeloölietformatie, het Zand van Jagersborg. De freatische watertafel bevindt zich vlak onder het maaiveld. Mede door het ontbreken van een belangrijk leemdek en door de hoge doorlatendheid van de zandhoudende Maasgrinden is deze watervoerende laag zeer kwetsbaar voor verontreiniging.

Het tweede en derde watervoerend pakket bestaat uit respectievelijk het Zand van Pey (40 m dik) en het Zand van Waubach (50 m dik). De Brunssum I- en II Kleien vormen de scheidende lagen. Het kleihoudend zand van de Formatie van Kasterlee sluit het derde watervoerende pakket onderaan af. Tot in 1994 werd water gewonnen uit de ondiepe freatische watervoerende laag. Om redenen van kwaliteit (overmaat aan nitraten) moesten de putten echter verlaten worden, en werd overgeschakeld op de diepe watervoerende laag van het Zand van Waubach. De waterwinning bestaat momenteel uit twee putten van 220 m diep, die vergund zijn voor 6.000 m<sup>3</sup>/dag of 2.190.000 m<sup>3</sup>/jaar (Sels et al. 2001).

Het drinkwaterproductiecentrum Vlakenhof in **Maaseik** is in werking getreden vanaf 2001. De winning staat voorlopig echter in stand-by, waardoor er momenteel slechts zeer beperkte hoeveelheden grondwater worden opgepompt. Dit gebied is qua hydrogeologische opbouw identiek aan de winning van Bree. Over een diepte van 200 m worden ook hier dezelfde 3 watervoerende pakketten onderscheiden. Van boven naar onder zijn dit het Maasgrind met het Zand van Jagersborg, het Zand van Pey en het Zand van Waubach. Daar waar in Nederland de drie watervoerende pakketten worden aangesproken is dit in het Vlaamse Maasbekken niet het geval. Daar werd geopteerd voor het Zand van Waubach, omwille van zijn diepe ligging (tussen 140 en 200 m onder maaiveld) en zijn hoog bergingsvermogen. Bovendien zorgen de Brunssumkleien voor een afdoende bescherming tegen verontreiniging, in tegenstelling met het kwetsbare eerste watervoerende pakket. De winning in het Zand van Waubach is vergund voor 15.000 m<sup>3</sup>/dag of 5.475.000 m<sup>3</sup>/jaar (Sels et al. 2001).

De waterwinningen van **Eisden** en **Meeswijk** liggen in het mijnverzakkingsgebied. Het water dat noodgedwongen wordt opgepompt om de dorpskommen te vrijwaren van overlast, wordt voor een groot deel aangewend voor de drinkwaterproductie. Tesaamen vertegenwoordigen ze een productieca

paciteit van 71.200 m<sup>3</sup>/dag of 25.988.000 m<sup>3</sup>/jaar. Wegens de ondiepe ligging van de freatische wattertafel en de hoge doorlatendheid van het Maasgrind (500 tot 1500 m/dag en hoger) is het grondwater in de alluviale vlakke van de Maas uiterst kwetsbaar en zijn rond de waterwinningen uitgestrekte beschermingszones afgebakend. Het nog resterende kwelwater van de verzakkingsgebieden wordt momenteel nog naar de Maas verpompt (permanente bemaling), maar zal in de toekomst hoogstwaarschijnlijk eveneens als drinkwater gevaloriseerd worden via een tussenopslag in een spaarbekken (Hammenecker in Buffel et al. 2001).

De winning van Eisden bestaat momenteel uit 14 onttrekkingsputten met een totaal vergund debiet van 40.000 m<sup>3</sup>/dag.

De winning van Meeswijk bestaat momenteel eveneens uit 14 onttrekkingsputten. Het totaal vergunde debiet voor de winning bedraagt 31500 m<sup>3</sup>/dag.

De winning van **As** pompt water op uit het Zand van Bolderberg die op geringe diepte voorkomt in het centrale deel van het Limburgse Maasbekken. De watervoerende laag is freatisch en wordt gekenmerkt door een relatief goede permeabiliteit (10 tot 20 m/dag). Ook hier spelen lokaal de effecten van de mijnverzakkingen een rol: het statisch waterpeil zou zonder de permanente bemalingen boven het maaiveld uitstijgen. De winning heeft een capaciteit van 10.000 m<sup>3</sup>/dag of 3.500.000 m<sup>3</sup>/jaar. Gezien de kwetsbaarheid van de ondiepe waterlaag werd rond de waterwinning een ruime beschermingszone afgebakend.

Voor 1999 werd ook nog gebruik gemaakt van de winning **Neerharen (Lanaken)**. De winning werd in mei 1999 noodgedwongen gesloten vanwege de sterke afname van de waterkwaliteit. Dit was voornamelijk te wijten aan het feit dat het hier ging om een ondiepe winning uit het 1<sup>ste</sup> watervoerende pakket waardoor de toename in nitraatgehalte snel voelbaar werd.

In **Tongeren** wordt het drinkwater onttrokken uit de Krijtaquifer. De Waterregie Tongeren heeft een vergunning voor 3.500 m<sup>3</sup>/dag of 1.200.000 m<sup>3</sup>/jaar en VMW 2 van 3.000 m<sup>3</sup>/dag of 1.000.000 m<sup>3</sup>/jaar.

### **Spaarbekkens en buffercapaciteit**

Na het beëindigen van de grintontginning in de gringroeve Meerheuvel te Rotem (tegen 2007), zal deze eveneens aangewend worden voor de productie van drinkwater. Door middel van oeverbemaling zal het groevewater, dat in feite grondwater is, worden opgepompt en tot drinkwater worden verwerkt (Hammenecker in Buffel et al. 2001).

### 3.7.5 Land- en tuinbouw

In het overgrote deel van het studiegebied wordt er landbouw bedreven. Elke teelt heeft zijn eigen vereisten wat betreft voedsel- (bodem) en watervoorziening.

Het studiegebied behoort geografisch tot 4 landbouwstreken (Figuur 32); de Kempen in het noordwesten, de Zandleemstreek in een strook langsheen de Maas, verderlopend aan de zuidkant van het Albertkanaal, de Leemstreek in het zuidwesten en de Weidestreek in het zuidoosten. Deze streken worden gekenmerkt door andere teelten.

Zo blijkt uit de landbouwgebruikspercelen van VLM (2001) (Figuur 33) dat de landbouwpercelen in de Kempen voornamelijk gebruikt worden als graslanden en maïsakkers. In mindere mate worden er ook groenten, tarwe en gerst, aardappelen, fruit en suikerbieten geteeld.

In de Zandleemstreek vinden we iets meer fruit en groenten, aardappelen en suikerbieten.

In de Leemstreek wordt voornamelijk tarwe, suikerbiet en aardappel geteeld. Ook grasland en fruitteelt hebben hier een belangrijk aandeel.

In de Weidestreek bestaan de landbouwpercelen voornamelijk uit gras- of weiland, maar ook fruit, aardappelen, suikerbieten en maïs wordt hier geteeld.

## **Waterge- en verbruik**

Het watergebruik duidt op de totale hoeveelheid water (=bruto-behoefte) die een agrarisch bedrijf nodig heeft om haar produktie-activiteit te garanderen.

Het waterverbruik verwijst naar de netto-behoefte, d.w.z. de hoeveelheid water die volledig benut wordt tijdens het produktieproces en dus aan de watercyclus onttrokken wordt. Het verbruikte water wordt effectief vastgelegd in de agrarische produktie (Hubrechts et al. 1993).

### **Aktief en passief watergebruik**

Voor het watergebruik in de landbouw onderscheidt men een actief en een passief gebruik. Het actief watergebruik is het gebruik via beregening, irrigatie, hydrocultuur, veehouderij en voedingverwerkende nijverheid. Het gebruik via natuurlijke weg, bv. d.m.v. van bodem- en gewasverdamping van neerslagen/of grondwater, wordt onder de term passief watergebruik samengevat. In de studie van Hubrechts et al. (1993) werd, per gemeente, het actief en passief watergebruik voor elke subsector berekend a.d.h.v. statistische gegevens van het NIS (Landbouw- en Tuinbouw telling van 1991, Volkstelling 1989, Statistiek van de ingezette produktiemiddelen in de agro-industrie 1990), literatuurgegevens omtrent het specifiek watergebruik van de veestapel, glastuinbouw en bosbouw en berekeningen met een waterbalansmodel voor het specifiek watergebruik van het areaal cultuurgrond. Deze gegevens zijn wel verouderd, maar kunnen een inschatting geven van de waterbehoefte van deze sector. Deze gegevens geven echter enkel een beeld van de jaarlijkse waterbehoefte en geven geen inzicht in de temporele variatie van het watergebruik. Ook wordt er geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende aangewende waterbronnen.

### **Watervoorziening**

Voor de land- en tuinbouwsector is wateraanvoer mogelijk via het leidingnetwerk (drinkwater in de stallen), via opvang van de neerslag (vb. kasteelten) of via autonome bevoorrading van grond- en oppervlaktewater (irrigatie, drinkwater in de weide, proceswater). De kwaliteit van het water is bepalend voor de aanwending ervan. Aan drink- en proceswater stelt men hogere eisen dan voor het reinigings- of doorspoelingswater (Hubrechts et al. 1993).

Maaswater wordt voornamelijk gebruikt voor irrigatie van landbouwpercelen in Vlaanderen en Zuid-Nederland. Over het algemeen is de nood aan water voor de landbouw het grootst net op het ogenblik dat het debiet in de Maas het kleinst is (zomerperiode-droogteperiodes). Langdurige laagwaters in de Maas zouden de waterbevoorrading voor de landbouw kunnen limiteren (De Wit et al., 2001).

### **Ruilverkaveling Ophoven**

Een voorbeeldproject van watervoorziening voor de land- en tuinbouwsector werd opgezet in de gemeente Ophoven. Hier werd in 1991 een centrale beregeningsinstallatie in dienst gesteld ten behoeve van de land- en tuinbouw in dit gebied, die op dat ogenblik reeds met een belangrijk watertekort te kampen had. Dit watertekort is sinds enkele decennia, door een samenspel van natuurlijke en onnatuurlijke oorzaken, ontstaan.

De Maas heeft steeds een zeer grote invloed gehad op de streek. Door erosie in de Ardennen werd de Maasvallei bezaaid met een tientallen meters dikke kiezel- en zandlaag, die de ondergrond vormt in heel Noord-Oost Limburg. Na de ijstijden werd een lösslaag afgezet in de leem- en zandleemstreek. Door erosie werd dit materiaal aangevoerd door de Maas en afgezet in het 'Maasbroek'. Hieruit ontstond een vruchtbaar leempakket op een zeer doorlatende kiezel. Het is vruchtbare en goed bewerkbare grond welke in natte winters wel eens overstromd wordt. Door windverstuivingen werd naast het Maasbroek op de kiezellaag een duinenrij gevormd van droge zandige gronden, waar het water 3 meter onder de ploegzool voorkomt. De boeren bewerkten zowel de gronden in het vruchtbare Maasbroek als de drogere zandgronden op het zgn. 'Maasplateau'.

Sinds enkele decennia zijn er echter een aantal factoren opgetreden die een algemene grondwaterpeilverlaging onder de landbouwgronden hebben veroorzaakt:

- het Albertkanaal werd gegraven en (in de jaren '70) verbreed, waardoor het debiet en peil van de Maas is gedaald.
- door grindwinning in de Maasbedding is het waterpeil nog verder gedaald.

- op vele plaatsen in de alluviale vlakte van de Maas is de leem weggegraven en de Maaskiezel ontgraven. Hierdoor zijn grote waterplassen ontstaan, die in open verbinding staan met de Maas. Bij laag waterpeil ingevolge droogte, vloeit het grondwater gemakkelijker dan vroeger naar de waterplassen.
- de boeren hebben een groot deel van de vruchtbare leemgronden in de alluviale vlakte moeten verlaten, ten voordele van de grindwinningen. Er restten hen nog de zandige duingronden waar het grondwaterpeil was gedaald. De meest vooruitstrevende landbouwers hebben sindsdien putten geboord om water te pompen voor beregening van hun akkers. Dit pompen van water heeft op zijn beurt nogmaals een daling van het grondwaterpeil voor gevolg gehad.

Het ruilverkavelingscomité was zich bewust dat moest geprobeerd worden om de nadelige gevolgen van de, voor de landbouw, nefaste daling van het grondwaterpeil op te vangen. Temeer daar er, in vergelijking met het landsgemiddelde, de neerslag beduidend kleiner en de verdamping beduidend groter bleek. Een centraal waterdistributie-systeem zou een oplossing kunnen bieden. Via een haalbaarheidsstudie werd het concept tot in de details uitgewerkt. Uit deze analyse bleek een pompinstallatie in de grindgroeve van Ophoven het meest ideaal. Aangezien de oppervlakte van de grindgroeve zo'n 150 ha bedraagt, en aangezien de watervoorraad van de groeve dagelijks met zo'n 10.000 m<sup>3</sup> grondwater wordt aangevuld, bestaat er geen gevaar voor een watertekort aan de pompinstallatie. Hoe lager de waterstand, hoe meer de grindgroeve gevoed wordt door grondwater, en hoe minder door Maaswater. Als bijkomend voordeel kan gesteld worden dat er niet moet gevreesd worden voor de nadelige invloed van de verontreinigingen van het Maaswater, die voornamelijk in de zomer hoge concentraties kunnen bereiken. Het water wordt door dompelpompen uit de grindgroeve omhooggestuwd naar het pompstation (Peeters & De Graef, 1991). Cvba CIRO verzorgt de administratie van het verdeelnetwerk.

### 3.7.6 Natuur

#### **Natuurgebieden in het watersysteem**

Natuurgebieden kunnen een belangrijke rol spelen in het watersysteem. Met name in de waterconservering, d.w.z. in het bergen van water tijdens nattere periodes, zijn hier belangrijke potenties.

Daarbij kan gedacht worden aan berging in natuurgebieden, gelegen langsheen de waterlopen, ter voorkoming van wateroverlast in meer stroomafwaartse, economisch schadegevoeligere gebieden. De waterkwaliteit vormt hierbij echter een beperkende randvoorwaarde. Het bergen van water kan eveneens geschieden door het ophouden van het grondwater (vernatting) in het gebied. Hiervoor is meestal een wijziging in het beheer van de waterloop (minder ruiming, waardoor de grondwatertafel wordt opgetrokken) noodzakelijk. Daarbij stelt zich het probleem dat het gebruik van de omringende percelen hiervan hinder kan ondervinden door een te hoge grondwatertafel. Natuurgebieden, die niet gelegen zijn langsheen een waterloop, kunnen die rol eveneens vervullen. Veelal gaat het hier om infiltratiegebieden. Een goede inpassing in het landschap is hiervoor dus noodzakelijk.

#### **Natuurwaarden en de Gemeenschappelijke Maas**

De rivierkundige ingrepen van de afgelopen eeuwen hebben enorme gevolgen gehad voor de oorspronkelijke flora en fauna in en langs de rivier. Het leefmilieu in de rivier werd steeds extremer, door het enorme verschil in stroomsnelheid tussen zomer en winter. Door deze rivierkundige ingrepen zijn de karakteristieke zand- en grindbanken, nevengeulen en eilanden verdwenen, met als gevolg dat veel waterorganismen, waaronder vissen en waterinsecten in aantallen en soorten zijn afgenomen.

Minstens zo belangrijk was de invloed die de landbouw op het landschap van de rivier had. Reeds eeuwen geleden maakte het rivierbegeleidende bos plaats voor hooilanden, weilanden en grienden. Vanaf 1680 begon men ook langskades en zomerkades aan te leggen om deze gebieden 's zomers te vrijwaren van overstromingen. Door het ontbreken van bos in de uiterwaarden begon langzamerhand de hoeveelheid dood hout (zgn. 'klinkhout') in de rivier af te nemen. Dit hout heeft een belangrijke functie in het aquatische milieu: insektenlarven, garnaalachtigen en andere filteraars hechten zich met name aan dit hout en vormen een belangrijke bijdrage aan een gezonde waterkwaliteit. De verarming van het aquatisch leven werkt via de voedselketen door in andere delen van het rivierecosysteem. Visetende vogels zagen hun voedselaanbod slinken. Bovendien nam hun broed- en rusthabitat af, door de afname van steile oevers, moerassen en hoge bomen.

De Gemeenschappelijke Maas, welke slechts in beperkte mate door menselijke ingrepen werd gereguleerd vormt momenteel echter nog steeds een voor Europa uniek natuurgebied (WL 1996).

In het project "Levende Grensmaas" wordt op het globale planniveau het volledige alluvium van de rivier tussen Maastricht en Kinrooi beschouwd. Drie scenario's waarin hoogwaterbeheer en natuurbehoud gecombineerd worden, werden in dit project voor de Gemeenschappelijke Maasvallei uitgetekend (Van Looy & De Blust 1996). Het 'Vrije Maas' scenario geeft de maximale ruimte voor de dynamische rivier. In het 'Levende Grensmaas' scenario krijgt het contact tussen de rivier en het winterbed een centrale plaats, terwijl in het 'Traditioneel Uiterwaardenlandschap' scenario het bedijkte cultuurlandschap uit een recent verleden als streefbeeld fungeert. De Vlaams-Nederlandse Coördinatiecommissie Grensmaas verkoos in 1995 het scenario 'Levende Grensmaas' voor de verdere planuitwerking. Dat scenario vertrekt van een aantal ingrepen die het contact tussen de rivier en het winterbed herstellen. Bij volledige uitvoering zal één grootschalig natuurontwikkelingsplan over het riviertraject van zo'n 50 km gerealiseerd zijn (Van Looy & De Blust 2002).

### **Waterbehoefte**

De waterbehoefte van een natuurgebied is moeilijk te begroten. Voor behoud of herstel van natuurwaarden in een bepaald gebied is het van groot belang dat zowel de oppervlaktewater- als grondwaterdynamiek zo weinig mogelijk wordt beïnvloed. De ecosystemen die zich hier ontwikkelen zijn dan ook voorzien op deze natuurlijke dynamiek en behoeven geen extra water.

Bepaalde natuurgebieden, met een eerder cultuurhistorische oorsprong, worden vanoudsher met "gebiedsvreemd" water bevoorrad. Zo zijn er bijvoorbeeld de vloeibeemden langs de Zuid-Willemsvaart en de Kempische kanalen. Op deze (al dan niet voormalige) landbouwgronden werd getracht, met behulp van het voedselrijke kanaalwater, de arme kempische zandbodems te bevloeien en zodoende te bemesten. De oude cultuur van bevloeien en maaien had een langzame aanrijking van de bodem tot gevolg. Met de aanvoer van het Maaswater werd eveneens zaadmateriaal van het Maasstroomgebied in de vloeiveides ingevoerd. Hierdoor werden deze wateringen bijzonder bloemenrijke percelen waarin meerdere bijzondere soorten tot ontwikkeling kwamen. Door het in onbruik geraken van deze techniek vinden we de beschreven soortenrijkdom er echter nog slechts zelden terug. Een aantal van deze gebieden werden echter opgekocht door een natuurvereniging die het oude bevoeiingssysteem terug in ere heeft hersteld. Hiervoor wordt dus water aan het kanaal onttrokken. De gebieden liggen echter buiten het studiegebied (Lommel, Neerpelt, ...) en zullen besproken worden in de "Inventarisatie voor de opmaak van laagwaterstrategieën voor het watersysteem van de Kempische kanalen en het Albertkanaal".

### **Ecosysteemkwetsbaarheid met betrekking tot verdroging**

De ecosysteemkwetsbaarheidkaart met betrekking tot verdroging (Figuur 34) is een signaalkaart waarop aangeduid staat waar, door een ingreep (potentieel), negatieve effecten met betrekking tot verdroging te verwachten zijn. Ruimtelijke "kwetsbaarheid" werd voor deze kaart gedefinieerd als de integratie tussen "gevoeligheid" van een cartografisch object (karteringseenheid) en een maatschappelijk-sectoriële evaluatie, in dit geval de betekenis voor het natuurbehoud. Met een ruimtelijke "gevoeligheid" wordt de eigenschap van karteringseenheden (b.v. ecotopen) of van een andere landschapscomponent (b.v. faunagroep, geomorfologie, bodem, kwelzone) om beïnvloedbaar te zijn door een ingreep of proces. Gevoeligheden worden uitgedrukt in een graduele en relatieve schaal. Een beoordeling naar kwetsbaarheid gebeurt door rekening te houden met zowel het actuele als potentiële belang t.a.v. het natuurbehoud (Peymen et al. 2000).

Op de kaart valt in eerste instantie op dat het merendeel van de bron- en valleigebieden kwetsbaar tot zeer kwetsbaar zijn m.b.t. verdroging. Dit is te verwachten doordat in de valleigebieden (al dan niet lokale) grondwaterstromingen samenkomen waarop de natuur zich heeft weten ontwikkelen. Deze natuur is daardoor grondwaterafhankelijk en dus gevoelig voor verdroging.

### **Overzicht natuurgebieden, reservaten, natuur- en landinrichtingsprojecten, ...**

In het studiegebied komen verschillende natuurgebieden voor (Figuur 35).

Zo zijn er 2 natuurinrichtingsprojecten; Bergerven en Het Smeethof, waarvoor de Vlaamse Landmaatschappij (VLM) een integrale gebiedsvisies uitwerkt. Natuurinrichtingsprojecten kunnen opgestart worden in gebieden die voor minstens 90% gelegen zijn in het VEN of in groen-, park-, bos- of buffergebieden. Met natuurinrichtingsprojecten worden maatregelen en inrichtingswerkzaamheden beoogd

die gericht zijn op het behoud, het herstel en de ontwikkeling van natuur en natuurlijk milieu in het gebied. De waaier aan mogelijke maatregelen omvat onder meer herstel van de hydromorfologische kenmerken van de waterloop en actief peilbeheer.

De Vlaamse regering kan terreinen die van belang zijn voor het behoud en de ontwikkeling van de natuur of voor het behoud en het ontwikkelen van het natuurlijk milieu aanwijzen of erkennen als natuurreservaat. Verschillende statuten van beschermd natuurgebied zijn te onderscheiden. "Vlaamse natuurreservaten" (vroeger "staatsnatuurreservaten") worden beheerd door AMINAL, afdeling Natuur. Verschillende natuurterreinen zijn in huur of eigendom van terreinbeherende verenigingen. Deze natuurreservaten kunnen door de Vlaamse regering als "erkend natuurreservaat" worden aangeduid. De overige natuurreservaten zijn niet door de Vlaamse regering erkend. Voor elk natuurreservaat (Vlaams of erkend) kan, binnen de groengebieden en bosgebieden of het VEN, een uitbreidingszone (zgn. 'perimeter') worden vastgesteld waar het recht van voorkoop van toepassing is. Voor elk natuurreservaat wordt een beheersplan opgesteld. Het vermeldt de maatregelen die worden getroffen voor het beheer en de inrichtingen van het gebied.

Daarnaast kunnen door de Vlaamse regering ook "Bosreservaten" worden aangeduid. Het zijn bosgebieden met een hoofdfunctie natuur, die tevens van belang worden geacht voor het wetenschappelijk bosbouwonderzoek. Nagenoeg alle bosreservaten worden beheerd door AMINAL, afdeling Bos en Groen. Ook voor elk bosreservaat wordt, conform het Bosdecreet, een beheerplan opgesteld.

Ook werd er, in opdracht van de Vlaamse Minister van Leefmilieu en Landbouw, door het Regionaal Landschap Kempen en Maasland vzw een "Masterplan Nationaal Park Hoge Kempen" opgesteld. Het projectgebied van het Nationaal Park Hoge Kempen omvat een oppervlakte van 5746 ha, gelegen binnen de gemeenten Maasmechelen (53%), Lanaken (23%), Dilsen-Stokkem (8%), As (6%), Genk (5%) en Zutendaal (5%). In het Masterplan wordt een langetermijnvisie voorgesteld en wordt een meerjarenprogramma uitgestippeld om binnen deze perimeter een groot aaneengesloten natuurgebied te realiseren. Het Masterplan omvat voorstellen m.b.t. taakverdeling en financiering.

### 3.7.7 Recreatie

Veel watergebonden subsectoren van de recreatie-sector hebben eveneens behoefte aan voldoende water. Andere subsectoren ondervinden hier echter geen hinder van. Weer andere subsectoren hebben dan weer eerder behoefte aan een voldoende hoge waterkwaliteit, welke tijdens laagwaterperiodes wel eens in het gedrang durft te komen.

#### **Pleziervaart**

Voor de pleziervaart is een voldoende hoge waterstand van belang (vnl. voor waterskiën, zeilen, surfen, speedboten en jachten). Deze subsector kent de voorbije jaren in de Gemeenschappelijke Maas een duidelijk toename (AWZ – AMA, 1999). Hiervoor zijn vooral Aldeneik en Kessenich belangrijk. Heerenlaak, het watersportcentrum (Jachthaven) in Aldeneik en de Spanjaard, te Kessenich vormen hierbij belangrijke centra. De waterstand wordt hier echter kunstmatig hoog gehouden door de stroomafwaarts gelegen stuw te Linne, waardoor de laagwaterproblematiek voor deze centra niet onmiddellijk een bedreiging vormt.

Ook de kajakvaart op de Gemeenschappelijke Maas kent de laatste jaren een duidelijke toename. Bij extreme laagwaters zou deze echter wel hinder kunnen ondervinden. Dit was tijdens de zomer van 2003 echter nog niet het geval. Ook de waterkwaliteit kan hier een beperkende factor zijn.

#### **Zwemmen**

Voor het zwemmen is een voldoende hoge waterkwaliteit van groot belang. Langs de oude grindwinning te Kessenich vormt het watersportcentrum "De Spanjaard" tijdens de zomerperiode de locatie bij uitstek waar ééndagstoeristen zich van een portie zon, strand en water voorzien (zie foto 4). Het gevaar op een te lage waterkwaliteit is hier echter beperkt doordat de grindwinningsplas gevoed wordt door grondwater en in mindere mate van water voorzien wordt door de Maas.

#### **Hengelsport**

Voor de hengelsport, welke eveneens een grote vlucht heeft genomen is eveneens de waterkwaliteit van groot belang (AWZ – AMA, 1999).

### **Wandelen en fietsen**

De Maasvallei is eveneens zeer aantrekkelijk voor zachte recreatievormen zoals wandelen en fietsen. Voor de belevingswaarde van bovengenoemde recreatieve functies is de landschappelijke en cultuurhistorische waarde van het stroomgebied van belang. Deze subsector zal weinig hinder ondervinden van laagwaterperiodes behalve dan bij extreme laagwaters waardoor de (voor fietsers en voetgangers gratis) diensten van het veer van Berg/Urmond (NL) Meeswijk/Maasmechelen (VI) in het gedrang zouden kunnen komen.

Ook de veerdiensten (tussen Uikhoven en Geulle) die elk jaar (van 1 juni tot 1 september) voor de Kiezelfeesten door het Kiezecomité worden aangevraagd bij de Nederlandse Rijkswaterstaat en Afdeling Maas en Albertkanaal zouden hiervan hinder kunnen ondervinden. Ook op enkele andere plaatsen langs de Gemeenschappelijke Maas wordt, na het verkrijgen van de toestemming daartoe, tijdens de zomermaanden een voetveer uitgebaat (AWZ – AMA, 1999).

## 4 EXTREME SITUATIES – HOOGWATER EN LAAGWATERPROBLEMATIEK

### 4.1 Hoogwater en wateroverlast

Tijdens regenperiodes in winter en voorjaar doen zich van tijd tot tijd hoge waterafvoeren van 2500-3000 m<sup>3</sup>/s voor op de Gemeenschappelijke Maas. In de zomer kan dit ook voorkomen, maar minder frequent. De gemiddelde maandelijkse afvoeren zijn het grootst in de maanden december-maart. De hoogst waargenomen afvoer te Borgharen is 3120 m<sup>3</sup>/s op 22 december 1993 (DIHO 1995). Afvoeren groter dan 500 m<sup>3</sup>/s treden gemiddeld 40-50 dagen per jaar op; afvoeren van meer dan 1000 m<sup>3</sup>/s gemiddeld 8 dagen. Bij een afvoer groter dan 1500 m<sup>3</sup>/s spreekt men van hoogwater en treedt de rivier buiten haar zomerbedding. Dergelijke afvoeren komen gemiddeld ongeveer om de 2 jaar voor, voornamelijk in de winter en het voorjaar. Bij een debiet van 2000 m<sup>3</sup>/s hebben ook enkele woonkernen (Herbricht en Kotem-Hal) en enkele afzonderlijke woningen langs de Gemeenschappelijke Maas te lijden van wateroverlast. Bij een afvoer van 2500 m<sup>3</sup>/s, die ongeveer eenmaal per 50 jaar voorkomt is er belangrijke schade door kwel en opstuwende beken (Helmer et al. 1991 & Vandenbussche et al. 2001). Er blijkt een tendens naar extremere hoog- en laagwaterstanden. De afvoerpieken (maximale debieten) in deze eeuw kennen een toename van 10 à 12 %. Deze toename wordt vaak toegeschreven aan de verbetering van de rivierinfrastructuur en aan de verandering van grondgebruik in het stroombekken (WL 1994).

De onvoorspelbaarheid van de rivier zorgde ervoor dat de eerste bewoners zich op het eerste laagterras van de Maasvallei, net buiten de alluviale vlakte vestigden. De eerste open winterdijken dateren reeds van de Middeleeuwen. Ze werden aangelegd aan de buitenzijde van het overstromingsgebied. De winterdijken vormden een constructie waarvan een gedeelte, enkele kilometers stroomafwaarts, parallel aan de Maas liep met een gedeelte er loodrecht op; enkele bewoningskernen (Heppeneert en Booien) en geïsoleerde woningen op hoger gelegen delen binnen het winterbed werden beschermd met kleine dijken. Deze dijkaanleg en –versteviging was er op gericht de bewoningskernen te beschermen tegen overstromingen en vormde een onderbroken net van winterdijken. Hierdoor konden nog steeds uitgestrekte gebieden buiten de bewoningskernen overstroomd worden (Vandenbussche et al. 2001).

Ten behoeve van de afscherming van het mijnverzakkingsgebied, de intensivering van de landbouw en de toegenomen verstedelijking werd in de 20ste eeuw een zo groot mogelijke oppervlakte onttrokken aan de invloed van de rivier door het optrekken van winterdijken binnen het overstromingsgebied. Door het verstevigen van de zomeroevers en het opsedimenteren van het winterbed nam het stroomvoerend vermogen en de bergingscapaciteit van de vallei sterk af en ontstond de noodzaak tot het aanleggen van een ononderbroken net van dijken. Het water wordt nu gedwongen binnen een eenvoudige geul. Door combinatie van zeer hoge debieten, opsedimentatie van het winterbed en inperking van de stroomvoerende breedte neemt de kracht van de rivier enorm toe en wordt het gevaar op overstroming groter.

Het rivierbeheer dat de laatste decennia gevoerd en gehandhaafd werd bood geen oplossing voor de hoogwaterproblematiek, waardoor een ommekeer in het beleid zich nu opdringt. Dit houdt enerzijds het stopzetten in van normalisatie/kanalisatie en de hiermee samenhangende versnelde afvoer en anderzijds het rekening houden met ecologische aspecten. Deze ommekeer werd uitgetekend in de Nederlandse Boertiencommissie (Vandenbussche et al. 2001).

In 1926 bereikte de waterafvoer een historisch maximum met 3000 m<sup>3</sup>/s. In de jaren tachtig zijn ook verschillende hoogwaters opgetreden, maar pas in 1993 was er een hoogwater van een vergelijkbare grootteorde als in 1926. De hoge waterstand van 1980 en 1984 hebben uiteindelijk geleid tot de aanvaarding van het Maasdijkenplan. De bedoeling van dit plan is dat op termijn al de bestaande winterdijken in Limburg eigendom worden van het Vlaams gewest en dat ze zodanig verbeterd worden dat ze waterkerend zijn voor de afvoerdebieten van 3000 m<sup>3</sup>/s plus 0,5 m waakhoogte. Waar nog geen

dijk is aangelegd of waar tracéwijzigingen zich opdringen, worden nieuwe dijken voorzien zodat een volledig gesloten systeem bekomen wordt.

Het Maasdijkenplan voorziet in de bescherming van de woonkernen in de Maasvallei, zijnde: Neerharen, Rekem, Uikhoven, Boorseem, Kotem met uitzondering van een gedeelte van de Halstraat, Geneuth, Vucht, Eisdén, Leut, Mzenhoven, Meeswijk, Stokkem, Dilsen, Rotem, Booien, Elen, Heppe-neert en Maaseik. Er weze opgemerkt dat de bescherming van Herbricht niet is opgenomen in het Maasdijkenplan daar deze woonkern volledig binnen het winterbed van de Maas is gelegen en een aanzienlijk obstakel is voor de vlotte afvoer van de piekdebieten. Het dorp zou tegen 2010 onteigend moeten zijn (AWZ – AMA, 1999).

## **4.2 Laagwater, watertekorten en verdroging**

### **4.2.1 Laagwaterperiodes**

Er is sprake van een lage afvoer wanneer het debiet te Monsin (Luik) kleiner wordt dan 60m<sup>3</sup>/s. Zulke situaties kunnen zich voordoen tijdens zomer en najaar. Omdat de Gemeenschappelijke Maas (voor het grootste deel) niet gestuwd is, zijn de waterstanden tijdens zulke periodes zeer laag en kan de rivier zelfs plaatselijk droogvallen (De Wildt 1983). Bij zeer lage afvoeren vormt de Gemeenschappelijke Maas een aaneenschakeling van langgerekte, traagstromende poelen, van elkaar gescheiden door korte drempels met stroomversnellingen. Wanneer de afvoer beneden 10 m<sup>3</sup>/s valt, wordt het afvalwater afkomstig van enkele bedrijven niet voldoende meer verdund en ondervinden aquatische fauna en flora negatieve effecten hiervan (Vandenbussche et al. 2001).

Ook blijkt dat het in gebruik stellen in de jaren 30 van het Albertkanaal en het Julianakanaal alleen een effect heeft gehad op lage waterstanden, terwijl bij grote debieten en waterstanden de invloed verwaarloosbaar is (Vandenbussche et al. 2001).

Voor laagwater wordt in het algemeen Monsin als referentiestation genomen in plaats van Borgharen-Dorp, omdat de afvoer te Borgharen-Dorp niet meer de onverdeelde Maasafvoer is. Immers, het Albertkanaal, de Zuid-Willemsvaart en het Julianakanaal voeren in perioden van laagwater een aanzienlijk percentage van het water af, zodat de Maas bij Borgharen maar een deel van de afvoer bij Monsin ontvangt. Het nadeel van de keuze van Monsin is echter, dat er op deze plaats geen debiet gemeten wordt. Het debiet aldaar wordt berekend met behulp van Borgharen-Dorp. Daarbij is voor de kanalen een bepaalde onttrekkingswaarde aangehouden, die zich in de loop van de jaren heeft vergroot. Tot voor enkele jaren heeft men de afvoer te Monsin bepaald met behulp van reële schutdebieten. In Tabel 19 zijn de periodes weergegeven waarbij de afvoer bij Monsin kleiner was dan 50 m<sup>3</sup>/s (Berger & Mugie 1994).

In het kader van het NOP-II (National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change) project 'Effects of Climate Change on the Hydrology of the river Meuse' werden aan de Universiteit van Wageningen enkele Nederlandse historische neerslag- en debietmeetreeksen geanalyseerd naar het voorkomen van lage waterafvoeren. De analyse toonde duidelijk aan dat de duur van een laagwater periode niet alleen afhangt van de neerslag in de zomer, maar ook van de hoeveelheid neerslag gedurende de voorafgaande winter. Dit komt doordat in bepaalde delen van het stroomgebied een belangrijk deel van het neerslagoverschot vertraagd wordt afgevoerd. Statistische analyse van afvoereeksen, gemeten op 24 verschillende locaties (waaronder de kunstmatige meetreeks Maas Monsin), toonde grote verschillen in de mate en snelheid van afvoerfluctuaties in het riviernetwerk. Deelstroomgebieden met kleine en langzame afvoerfluctuaties suggereren een dominantie van langzame afvoercomponenten (grondwaterstroming), terwijl deelstroomgebieden met grote en snelle afvoerfluctuaties een dominantie aangeven van snelle afvoercomponenten. De laatste zijn waarschijnlijk gevoeliger met betrekking tot het optreden van overstromingen en laagwater.

Gevoelige deelstroomgebieden liggen in het zuidelijkste puntje van het Franse stroomgebied van de Maas, het oostelijk deel van de stroomgebieden van de Chiers en de Semois en in de Ardennen. De grondwaterreservoirs in deze gebieden dienen beschermd te worden teneinde een minimum waterafvoer in de Maas te kunnen handhaven tijdens langdurige droge perioden (De Wit et al 2001).

In de studie van Uilenhoet et al. (2001) werd gekeken naar afvoercharacteristieken van een aantal subbekkens. Aan de hand van de statistische analyse van debietmeetreeksen werden de verschillende

subbekkens gerangschikt aan de hand van grootte van variatie- en recessiecoëfficiënten van debietsfluctuaties. Hieruit bleek, zoals te verwachten dat niet enkel de grootte van het subbekken hierin een rol speelde. Ook lithologie en geologie werden (oppervlakkig) bekeken. Zo bleek dat subbekkens met kleine en trage debietsfluctuaties voornamelijk bestonden uit kalkrijke rotsen. Ook voor de subbekkens die voornamelijk bestaan uit pleistocene zandgronden werd een gelijkaardig patroon verwacht. In de analyse werden echter slechts 2 zulke laaglandsubbekkens bekeken. Voor de Essche stroom klopte deze redenering, maar voor deze van de Nieuwe Leij niet. Als conclusie werd gesteld dat hier andere (antropogene) factoren dan de lithologie in mee speelden (De Wit et al. 2001).

Ook werd aan de hand van 3 verschillende neerslag-afvoermodellen (SIMGRO, SCHEME en MEUSFLOW) voor 4 verschillende deelstroomgebieden (Beerze, Ourthe, Mehaigne, Maas opwaarts Borgharen) gekeken naar het effect van verandering in landgebruik. Een simulatie van het verwijderen van drainagebuizen en afwateringssloten en het stoppen van irrigatie suggereert dat een dergelijke verandering in watergebruik door de landbouw het afvoerregiem van beken in het Nederlandse deel van het stroomgebied zal temperen. Dit kan resulteren in lagere afvoeren gedurende de winter en een hogere basisafvoer gedurende de zomer. Of deze drastische maatregelen ook effectief zullen zijn in andere delen van het stroomgebied van de Maas dient nader onderzocht te worden. Simulatie van totale bossing van twee gebieden in het Belgische stroomgebied suggereert dat dit de gemiddelde hoogwaterstanden zou kunnen reduceren, maar tevens de problemen met betrekking tot laagwater zou kunnen doen toenemen (De Wit et al. 2001).

De langste periodes van laagwater in de Maas zijn gekend van 1921 en 1976. In beide jaren werd een droge winter gevolgd door een zeer droge zomer. De winters van 1932/1933 en 1995/1996 waren eveneens zeer droog, maar er was geen sprake van langdurige laagwaterperiodes in de daaropvolgende zomers, aangezien deze van 1933 en 1996 niet gekenmerkt waren door droogte. De zomers van 1975 en 1991 waren veel droger dan de zomers van 1964, 1971 en 1973 niettegenstaande de duur van de laagwaterperiode in laatstgenoemde jaren veel langer duurde dan in 1975 en 1991. Dit kan verklaard worden door een relatief natte winter in 1975 en 1991, terwijl deze van 1964, 1971 en 1973 relatief droog waren. Dit suggereert dat langdurige periodes van laagwater slechts kunnen voorkomen wanneer een droge winter gevolgd wordt door een droge zomer. Een droge winter, gevolgd door een natte zomer of een natte winter, gevolgd door een droge zomer resulteren niet in een lange laagwaterperiode in de Maas (De Wit et al. 2001).

De afvoer van de Gemeenschappelijke Maas tijdens de zomer van 1976 was bij Maasbracht 8 à 9 m<sup>3</sup>/s. Zuiderveen (1977) schat dat de helft afkomstig was van de beken Geul, Ur (effluent DSM), Bosbeek, Groenbeek, Geleenbeek en Molenbeek; de bijdrage van het grondwater werd gelijk aan 30% van de afvoer geschat en de afvoer bij Borgharen (alleen lekverlies) 1 à 2 m<sup>3</sup>/s. Stroomafwaarts Maaseik wordt het water opgenomen door het kanaal Wessem-Nederweert (gemaal bij sluis Panheel) (3 m<sup>3</sup>/s), de pompen bij Maasbracht ten behoeve van het Julianakanaal, het Lateraal Kanaal (sluis Heel) en de Maas (sluis en stuw te Linne).

#### 4.2.2 Watertekort

Het water van de Maas wordt gebruikt voor de watervoorziening van rond de 6 miljoen mensen in België (vnl. via de kanalen) en Nederland (RIWA 1995 in WL 1996). De vraag naar water van goede kwaliteit is toegenomen met de opkomst van industrie en de snelle populatiegroei en het wordt verwacht dat deze in de nabije toekomst nog verder zal stijgen (WL 1996). Er bestaat immers de tendens om meer gebruik te maken van oppervlaktewater i.p.v. grondwater.

De zomer van 1976 was de op één na (1947) warmste zomer van de 20<sup>ste</sup> eeuw. Alleen in 1921 had zich in Nederland nog een ongunstiger combinatie van lage afvoer en neerslagtekort in Nederland voorgedaan. De zomer van 1976 was lang, zonnig, warm en daarom extreem droog. Het buitengewoon lage debiet stelde de waterhuishouding van de gebieden die afhankelijk zijn van Maaswater zwaar op de proef. In Wallonië, waar de Maas geheel gestuwd is, nam de verblijftijd van het Maaswater per stuwpand toe tot 2-4 weken. Problemen deden zich voor met de peilbeheersing van de verschillende Maas- en kanaalpanden, de watervoorziening van de Zuid-Willemsvaart en de daarmee verbonden kanalen, de veelvuldige schut- en diepgangbeperkingen voor de scheepvaart en de inname van drinkwater (WL 1996).

De droge zomer van 1996 had in alle landen van het Maasstroomgebied gevolgen voor de landbouw, de scheepvaart, de industrie, de drinkwatervoorziening, de natuur en het toerisme. In België had dit gevolgen voor de landbouw, de binnenvaart, de drinkwatervoorziening, de natuur en het toerisme. Veehouders moesten hun winterreserves aanspreken en akkerbouwers vreesden voor hun oogst. Op sommige plaatsen in Wallonië was het drinkwater op en moest overgegaan worden op distributie met tankwagens van de Civiele Bescherming. Ook de waterrecreatie (kajakken op wildwaterrivieren als de Lesse en de Ourthe) heeft hinder ondervonden van de lage waterstanden (WL 1996).

In Frankrijk liggen nog veel oude stuwen die hoge schutverliezen kennen. In droge perioden zijn er dan ook veel diepgang restricties voor de scheepvaart. Wanneer het debiet te Chooz gedurende 12 achtereenvolgende dagen lager is dan 20 m<sup>3</sup>/s, wordt 1 productie-eenheid van de kerncentrale bij Chooz stopgezet.

Problemen in Wallonië in geval van watertekorten concentreren zich op de inname van koelwater door de kerncentrales te Tihange en de inname van drinkwater voor Brussel te Tailfer. Bij een afvoer lager dan 50 m<sup>3</sup>/s wordt de productie van de centrale bij Tihange aangepast, evenals bij het overschrijden van kritische temperatuurgrenzen. Bij een afvoer lager dan 30 m<sup>3</sup>/s wordt de inname van drinkwater voor Brussel te Tailfer beperkt (WL 1996).

### 4.2.3 Laagwaterverdrag van 1995

Voor de Maasafvoer bij lage waterstand werd er het "Verdrag tussen het Vlaamse Gewest en het Koninkrijk der Nederlanden inzake de afvoer van het water van de Maas" op 17 januari 1995 ondertekend. Met de ondertekening van dit verdrag hebben beide partijen zich ertoe verbonden bij lage Maasafvoeren het beschikbare water gelijk te verdelen volgens een vooropgesteld besparingsscenario. Vanaf een debiet van 100 m<sup>3</sup>/s op de Maas treedt het zogenaamde 'laagwaterscenario' in werking die de debieten als volgt verdeelt:

	Maasafvoer (m <sup>3</sup> /s)	Afvoer Gemeenschappelijke Maas (m <sup>3</sup> /s)	Vlaams gebruik (m <sup>3</sup> /s)	Nederlands gebruik (m <sup>3</sup> /s)
Aanlooffase	100	≥ 50	≤ 25	≤ 25
Alarmfase (*)	60	≥ 10	≤ 25	≤ 25
	50	≥ 10	≤ 20	≤ 20
	40	≥ 10	≤ 15	≤ 15
Crisisfase (**)	30	10	10	10
	27	9	9	9
	24	8	8	8
	20	6.7	6.7	6.7

(\*) gemiddeld 32 dagen per jaar van toepassing

(\*\*) gemiddeld 3 dagen per jaar van toepassing

Met de **Maasafvoer** wordt de afvoer van de Maas bedoeld in Luik, voor de afsplitsing van het Albertkanaal, de Kempense kanalen, de Zuid-Willemsvaart en het Julianakanaal. Het is de som van de afvoer van de Maas te Maastricht/St-Pieter en het debiet van het Albertkanaal te Kanne. Dit is dus een theoretisch debiet voor Monsin.

De afvoer van de **Gemeenschappelijke Maas** is de afvoer van de Maas achter de stuw te Borgharen

Met het **Vlaams gebruik** wordt de voeding van het Albertkanaal (dat gedeelte dat gelegen is in het Vlaams Gewest) en de Kempense kanalen bedoeld. Het **Nederlands gebruik** is de voeding van de Zuid-Willemsvaart via Lozen en het Julianakanaal via Borgharen.

In navolging van dit verdrag werd door de Vlaamse delegatie van de Werkgroep Afvoerregulering Maas in 1997 een besparingsscenario uitgewerkt. In dit scenario worden verschillende waterbespa

rende maatregelen voorgesteld die tijdens het verloop van de laagwaterperiode moeten genomen worden.

Ook de frequentie van lage Maasafvoeren werd hierin bekeken. Als basis werd de Maasafvoerreeks van 1977-1982 genomen, waaruit de gemiddelde onderschrijdingsfrequentie van het Maasdebiet te Monsin in deze periode werd afgeleid. In onderstaande tabel worden de resultaten van deze analyse weergegeven.

	Maasafvoer (m <sup>3</sup> /s)	Onderschrijdingsfrequentie (dagen/jaar)
Aanloophase	100	90
Alarmfase	60	32
	50	18
	40	10
Crisisfase	30	3
	20	0,2

Dit zou betekenen dat gemiddeld 32 dagen per jaar de alarmfase van het besparingsscenario in werking moet treden, de besparingen voor de crisisfase gemiddeld 3 dagen per jaar.

Ook werd gekeken naar de onderschrijdingsfrequentie in de 'droge' jaren (= die jaren waarin gedurende meer dan 100 dagen het debiet te Monsin lager was dan 60m<sup>3</sup>/s) voor de periode 1911-1982. Onderstaande tabel geeft hiervan een overzicht.

	Maasafvoer (m <sup>3</sup> /s)	1921	1934	1947	1949	1959	1964	1971	1973	1976	Gem.
Alarmfase	60	159	131	139	107	134	122	118	118	195	136
	50	142	115	106	77	90	89	101	90	167	109
	40	114	98	94	12	38	60	57	58	133	74
Crisisfase	30	7	39	-	-	12	19	5	7	80	19
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	4	0,4

Voor de 'droge' jaren (dit zou zich gemiddeld eenmaal om de 8 jaar voordoen) zou gemiddeld gedurende 136 dagen per jaar de alarmfase van het besparingsscenario in werking zijn getreden en gedurende 19 dagen per jaar de crisisfase (Anoniem 1995).

Gemiddeld ondervindt men in Nederland gedurende ongeveer één maand per jaar problemen met te lage afvoeren van de Maas. Maatregelen als het terugpompen van schutverliezen in de kanalen en het beperken van het schutten van schepen worden dan van kracht. Gemiddeld 5 dagen per jaar zijn aanvullende maatregelen als het korten van de wateraanvoer naar landbouw en industrie nodig. Vanwege onomkeerbare droogteschade wordt de natuur zoveel mogelijk ontzien (WL 1996).

#### 4.2.4 Verdroging

Wanneer gesproken wordt over verdroging kunnen verschillende aspecten belicht worden. In het merendeel van de gevallen wordt daarmee verwezen naar het verlies van natuurwaarden door een grondwaterstanddaling (of verdwijnen van lokale kwel). De grondwaterstanddaling heeft immers een wijziging in de bodemchemie tot gevolg waardoor er meer voedingsstoffen vrijkomen. Het milieu wordt hierdoor aangerijkt waardoor er meer concurrentiële soorten ten tonele verschijnen (verruiging) en de soortenrijkdom aanzienlijk afneemt. Deze verdroging wordt echter door vele actoren als weinig storend ervaren en verworpen. Nochtans is het veelal een vooraankondiging van een meer algemene

trend. Zoals geldt voor de meeste milieuverstoringen liggen de tolerantiegrenzen van kwetsbare natuurwaarden namelijk een pak lager dan die van de mens.

Ondertussen tonen diverse studies aan dat het grondwaterpeil op heel wat locaties in Limburg een dalende tendens vertoont. Opnamen van de moerasvegetatie in vochtige gebieden op langere termijn toonden aan dat de verandering van de vegetatie voor een kwart van de gevallen te verklaren is door verdroging.

Er is een stijgende tendens bij industriële en landbouwbedrijven om grondwater als bevoeiings-, proces- of koelwater te gebruiken. Fundamentele ingrepen, zoals bodemverhardingen, drainages, grachtenstelsels en rioleringsystemen leidden er toe dat regenwater minder kan doordringen in de bodem, zodat de grondwaterreserves niet worden aangevuld. Zo zijn er in de loop der tijd in de omgeving van Bree-Molenbeersel talrijke ontwateringsgrachten aangelegd en rivierlopen gewijzigd om de moerassen te draineren, waardoor het grondwaterpeil er 1 à 2 m gedaald is (De Smedt 1977, Loy 1980 & Mennen 2001).

De resultaten van het primair grondwatermeetnet bevestigen die vaststellingen. De resultaten van een meetperiode van 5 tot 10 jaar tonen aan dat het grondwaterpeil in de verschillende watervoerende lagen daalt (Mennen 2001).

Voor een rivierbegeleidende vallei is het verband tussen de grondwatertafel en het zomerwaterpeil een bepalende factor voor de grondwaterstand (en dus verdroging) in de omliggende vallei.

Diverse studies tonen aan dat er vanaf 1925 een duidelijke waterstandsdeling is waar te nemen als gevolg van grindwinning in het zomerbed (zie 3.6.3). Bij Maaseik, waar aanzienlijke ontgroning heeft plaatsgevonden, daalden de laagste en gemiddelde waterstanden met ongeveer 3 m en de hoogste waterstanden ongeveer 2 m (Jodogne 1974 & Helmer et al. 1991). De gemiddelde zomerwaterstand te Hocht (Lanaken) is in de laatste eeuw 1,9 m gedaald.

Een, tijdens de laatste decennia, merklijk gedaald gemiddeld zomerwaterpeil te Maaseik, heeft voor gevolg dat méér grondwater uit de aangrenzende gebieden naar de Maas en naar de grindgaten toestroomt. Dit debiet dat gedraineerd wordt van het plateau naar de Maas tussen Lanaken en Kessenich, over een front van 30 km, wordt geraamd op 100.000 m<sup>3</sup>/dag of 3.300 m<sup>3</sup>/dag/km of een debiet van 10.000 m<sup>3</sup>/dag naar de grindgroeve van Ophoven (Peeters & De Graef, 1991).

Naar de toekomst toe zal de waterstandsverlaging zich waarschijnlijk verder zetten, zeker wanneer de, door de Nederlanders voorspelde en verwachte waterstandsdeling zich, na uitvoering van het Gemeenschappelijke Maasproject, zal doorzetten. Ten gevolge van deze werkzaamheden wordt door hen immers een oppervlaktewaterstandsdeling verwacht die bij extreem hoge waterstanden op sommige plaatsen meer dan 2 m is (AWZ – AMWA, 1999).

Door de verlaging van het Maaspeil zal ook de grondwaterstand aan weerszijden van de Gemeenschappelijke Maas dalen. Aangezien de dalingen van het Maaspeil sterker zijn naarmate de afvoer hoger is, zullen de verlagingen in de winter echter sterker zijn dan in de zomer. Daarnaast zullen de geplande weerdverlagingen en stroomgeulverbredingen ervoor zorgen dat op verschillende plaatsen het grondwater wordt aangesneden. Ook dit zal grondwaterstandsdelingen tot gevolg hebben (Vermulst 2003).

## 5 OVERIGE INFORMATIE

### 5.1 *Stroomgebiedbeheerplannen, bekkenbeheerplannen, DULO-waterplannen*

#### **Stroomgebiedbeheerplan**

Het opstellen van een (internationaal) stroomgebiedbeheerplan volgt uit de bepalingen van de Europese Kaderrichtlijn Water. In geval van internationale stroomgebiedsdistricten zorgen de lidstaten voor de nodige coördinatie om tot één enkel internationaal stroomgebiedbeheerplan te komen. Blijkt dit in de praktijk niet mogelijk, dan moet elke lidstaat ten minste voor zijn deel van het stroomgebiedsdistrict een plan opstellen. De eerste stroomgebiedbeheerplannen moeten ten laatste eind 2009 gepubliceerd worden. Nadien moeten ze om de 6 jaar worden getoetst en bijgesteld.

Samengevat moet dit plan de volgende gegevens omvatten:

- de kenmerken van de oppervlaktewateren en het grondwater
- de belasting door menselijke activiteiten en de effecten hiervan op de toestand van de wateren
- de vermelding van de beschermde gebieden en illustratie ervan aan de hand van kaarten
- de weergave op kaart van de meetpunten en de resultaten van de monitoringsprogramma's
- de vermelding van de milieudoelstellingen en weergave ervan op kaart
- de samenvatting van de economische analyse van het watergebruik
- de samenvatting van het maatregelenprogramma

Overeenkomstig de Verklaring van Luik zal de multilaterale coördinatie voor de tenuitvoerlegging van de Kaderrichtlijn Water op het niveau van het internationale stroomgebiedsdistrict Maas plaatsvinden in de schoot van de Internationale MaasCommissie (IMC). Hiervoor wordt één internationaal stroomgebiedbeheerplan opgesteld. De planning ervan wordt door de IMC uitgewerkt, getoetst en waar nodig aangepast.

#### **Bekkenbeheerplannen**

Voor de 11 bekkens in Vlaanderen worden in de bekkenbeheerplannen visies voor de langere termijn opgesteld en korte- en middenlange termijn maatregelen gedefinieerd. Het is de bedoeling dat op termijn het opstellen van plannen op verschillende schaalniveaus voor het beheer van water in een hiërarchische orde gebeurt. Dit wil zeggen dat in eerste instantie stroomgebiedbeheersplannen zouden worden opgesteld die als kader moesten dienen voor de bekkenbeheerplannen. In de praktijk zullen de bekkenbeheerplannen echter eerder uitgewerkt zijn dan de stroomgebiedbeheerplannen. In de huidige visie vormen de bekkenbeheersplannen op hun beurt het kader voor de plannen op deelbekkenniveau of thematische deelplannen.

#### **Duurzame Lokale (DuLo-) waterplannen op deelbekkenniveau**

Deelbekkenbeheerplannen geven invulling aan het lokale waterbeheer en zijn afgestemd op de bekkenbeheersplannen, voor zover deze reeds bestaan. Zij zoomen in op het lokale waterbeheer op het niveau van een deelbekken. De nadruk ligt daarbij, wat de waterberging en -afvoer betreft, op de onbevaarbare waterlopen van 2<sup>de</sup> categorie tot en met de detailafwatering. Zij omvatten één of meerdere VHA-zones en worden opgemaakt door een samenwerking tussen provincies, gemeenten en de eventuele polders en wateringen. Deze samenwerking steunt enerzijds op de Samenwerkingsovereenkomst van het gewest met gemeenten en provincies en anderzijds op het Subsidiebesluit voor Polders en Wateringen dd. 18/01/2002 voor wat betreft het opstellen van het waterhuishoudingsplan.

Inhoudelijk streeft het DuLo-waterplan naar een plan voor het deelbekken waarin een brongerichte aanpak met betrekking tot het remediëren en voorkomen van wateroverlast, waterverontreiniging, aantasting van het natuurlijk milieu van het watersysteem, verdroging en erosie beschreven wordt.

De **samenwerkingsovereenkomst** is een vrijwillige overeenkomst die een gemeente of provincie kan afsluiten met de Vlaamse overheid op vlak van milieu. Als de gemeente of provincie de overeenkomst ondertekent, krijgt ze in ruil voor het uitvoeren van een aantal taken die in deze overeenkomst worden opgesomd, financiële en inhoudelijke ondersteuning van de Vlaamse overheid. De gemeente of provincie kan - binnen zekere marges - zelf kiezen welke onderdelen van de overeenkomst ondertekend worden en welke ambitieniveaus ze wenst te behalen. De samenwerkingsovereenkomst werd principieel goedgekeurd door de Vlaamse regering voor een periode van 6 jaar maar zal contractueel aan de gemeenten en provincies worden voorgelegd voor twee maal drie jaar. De provincie staat hierbij in voor de coördinatie met betrekking tot de DuLo-waterplannen. De provincie staat in voor zowel de afstemming tussen de verschillende deelbekkenplannen als tussen de individuele deelbekkenplannen en het bekkenbeheerplan.

## **5.2 Bestaande modellen**

### **Hydrologische modellen**

MEUSEFLOW 1.0: waterbalansmodel op maandbasis voor het gehele stroomgebied van de Maas

MEUSEFLOW 2.0: waterbalansmodel op 10-daagse basis voor het gehele stroomgebied van de Maas, waarmee de gevolgen van klimaatsveranderingen op het hydrologisch regime van de Maas geanalyseerd kunnen worden. Het model was echter minder geschikt voor het bepalen van de laagwatersituaties in het Maasstroomgebied voor klimaatveranderingen.

MEUSEFLOW 2.1: een verbeterde versie van MEUSEFLOW 2.0, met speciale aandacht voor het bepalen van de laagwatersituaties voor klimaatveranderingen

MEUSEFLOW-LIGHT: geaggregeerde versie van MEUSEFLOW 2.1; in deze versie worden de berekeningen voor de substroomgebieden geaggregeerd om de rekentijden te verkleinen. De invoer voor dit model bevat geaggregeerde waarden van de ruimtelijk gedistribueerde variabelen en parameters van MEUSEFLOW 2.1.

Hydrologisch (HBV) modellen van Vesdre, Lesse en Amblève: deze conceptuele hydrologische modellen werden door RIZA WL Delft Hydraulics ontwikkeld voor het verhogen van de zichttijd van de hoogwatervoorspelling voor Borgharen van 12 naar 18 uur.

### **Hydraulische modellen**

ZWENDL (RWS): 1D-model, waarin rekening gehouden werd met mogelijke berging in de grove grindpakketten in de ondergrond van het winterbed van de Maas tussen Borgharen en Maaseik. In de loop van de tijd werd duidelijk dat door de grote plaatsstap in de ZWENDL-schematisatie rivierkundige inrichtingsmaatregelen slechts in beperkte mate op de juiste wijze en op de juiste lokatie geschematiseerd konden worden. Het tempo waarin de geplande grootschalige veranderingen zich zouden voltrekken en de omvang van de veranderingen leidden tot de behoefte voor een meer gedetailleerde en goed reproduceerbare 1D-modelschematisatie.

SOBEK (RWS): 1D-model dat werd ontworpen ter vervanging van ZWENDL. De schematisatie beschrijft de Maas tussen Eijsden (km 2.56) en de Anna-Jacominaplaat (km 262.3) en wordt gebruikt als instrument voor beleidsmatige studies en voor hoogwatervoorspellingen.

Er werd ook getracht laagwaterperiodes mee door te rekenen, maar daarmee konden bv. droogvallende grindbanken niet gesimuleerd worden. In dit model wordt eveneens de interactie met het grondwater tussen Borgharen en Maaseik meegenomen als wezenlijk onderdeel van de waterbeweging (van der Veen et al. 1998). Ook de werking van stuwen is in dit model ingebouwd (pers. comm RWS - Directie Limburg).

WAQUA (RWS): 2D-model met een gedifferentieerde geometrische nauwkeurigheid (grof tot zeer fijnmazig, afhankelijk van de gegevens die voorhanden zijn). Dit model werd oorspronkelijk ontworpen om afvoergolven tijdens hoogwaters door te rekenen, maar wordt momenteel afgeijkt om eveneens laagwaterperiodes te simuleren (pers. comm RWS - Directie Limburg).

MIKE 11 (AWZ): dit quasi 2D-model werd op het WLH ontwikkeld om de effecten van de ingrepen, voorzien in het project 'Levende Grensmaas', met betrekking tot hoogwater te kunnen simuleren (D'Haeseleer et al. 2002).

River Habitat Simulation Model (RHASIM): dit model werd ontwikkeld om inzicht te verwerven in de effecten van laagwaterperiodes op de ecologische ontwikkeling in de Gemeenschappelijke Maas.

Hydrologisch-hydraulische hoogwatermodellen Afdeling Water: voor het hoogwaterbeheer wordt voor verschillende waterlopen (Voer, Itterbeek, Jeker, Bosbeek, Abeek, Berwinne , ...) in opdracht van de Afdeling Water computermodellen ontwikkeld. De ontwikkelde hydrologische modellen (PDM) worden gebruikt als voeding voor de hydraulische modellen (ISIS).

### **Grondwatermodellen**

IWACO Zandmaas/Maasroute model (RWS) : dit model werd gebruikt om het uitputtingsverloop van de grondwatervoeding naar de Maas tijdens droge perioden te berekenen (IWACO 2000).

Royal Haskoning – DHV grondwatermodel Grensmaasproject: in het kader van het MER Grensmaas 2003 werd een regionaal grondwatermodel ontwikkeld van het gebied tussen Maastricht en Maasbracht, zowel aan Vlaamse als aan Nederlandse zijde.

Vlaams Grondwater Model (VGM): de Afdeling Water heeft het startschot gegeven voor de opmaak van enkele regionale grondwatermodellen van Vlaanderen. Daarbij wordt geen rekening gehouden met de bekkengrenzen, maar zijn de grenzen van de grondwatersystemen (die vaak bekkenoverschrijdend zijn) van belang.

Borgerhout, maart 2004

De onderzoekers, belast met de studie

Johan Baetens

Katrien Van Eerdenbrugh

Gezien,

Dr. Frank Mostaert

Afdelingshoofd Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek

## REFERENTIES

### Literatuur:

- 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.
- Beerten K. 1999. Technisch Verslag bij de Quartairkaart – Kaartblad Maaseik (18). KUL, Afdeling Historische Geologie.
- Belgroma 1998. Effectenanalyse van het Natuurontwikkelingsplan voor het Gemeenschappelijke Maasgebied. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL Afdeling Natuur, AWZ Afdeling Maas en Albertkanaal.
- Berger H.J.E. & Mugie A.L. 1994. Hydrologische Systeembeschrijving Maas. RIZA notanr. 94.022.
- Bervoets L., Schneiders A. & Wils C. 1996. Onderzoek naar de verspreiding en de typologie van ecologisch waardevolle waterlopen in het Vlaams Gewest. Deel III. Maasbekken. In opdracht van de Vlaamse Gemeenschap Afdeling Water.
- Bogemans F. & Mostaert F. 2002. Het Oud-Quartair: toelichtingen bij de excursie van 16 februari 2002 in het kader van de Excursiereeks Geologie van België georganiseerd door het Genootschap van Geologen van de Universiteit Gent.
- 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.
- 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 Kemisch plateau en de Maasvallei. In: Het hydrologisch systeem in het grensgebied Luik-Maasbracht; Onderzoeksresultaten 1985-1990, CHO –TNO, rapporten en nota's n° 26.
- De Wildt P.J.W. 1983. Sedimenttransport in de Maas. Rijkswaterstaat, Directie Limburg, Nota 81.24, Projectnr. 61.007.02
- De Wit M., Warmerdam P., Torfs P., Uijlenhoet R., Roulin E., Cheymol A., van Deursen W., van Walsum P., Ververs M., Kwadijk J. & Buiteveld H. 2001. Effect of Climate Change on the Hydrology of the River Meuse. Rapport 104 – Wageningen University, Environmental Sciences, Sub-department water resources.

DIHO 1995. Verslag hoge waterstanden Grensmaas Dec 93 en Jan-Feb 95 gerelateerd aan vroegere hoge waterstanden.

ECOLAS & WES 2002. Prognose waterverbruik Vlaanderen. In opdracht van AMINAL, Afdeling Water.

Engelen G.B. 1990. Hydrological systems of the Kempian Plateau and its surroundings. In: Het hydrologisch onderzoek in het grensgebied Luik-Maasbracht; onderzoeksresultaten 1985-1990. CHO-TNO, rapporten en nota's n° 26.

ENVICO. 2002. Voorlopig eindrapport : Hydrogeologische detailstudie van de ondergrond van Vlaanderen / deelgebied 4. In opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, Afdeling Water.

Gellens-Meulenbergs F. & Gellens D. 1992. L' évapotranspiration potentielle en Belgique: variabilité spatiale et temporelle. KMI-publicatie serie A nr. 130.

Gullentops F. & Wouters L. 1996. Delfstoffen in Vlaanderen. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie

Helmer W., Overmars W. & Litjens G. 1991. Toekomst voor een grindrivier. Hoofdrapport + 10 deelrapporten. Bureau Strooming in opdracht van Provincie Limburg.

HubrechtsL., Van der Velden M. & Feyen J. 1993. Raming van het actief en passief watergebruik in de Land- en Tuinbouwsector per gemeente en per stroomgebied voor het Vlaams Gewest. Instituut voor Land- en Waterbeheer, KUL, in opdracht van Bestuur Landinrichting en –beheer, AMINAL.

IMC, 2002. De kilometrering van de Maas – conceptverslag juni 2002

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

Jodogne F. 1947. Het regime der Gemeenschappelijke Maas van 1870 tot 1945. Annales des travaux publics de Belgique – april 1947: p.177 – 199.

Jodogne F. 1965. De Gemeenschappelijke Maas van 1870 tot 1960. Annales des travaux publics de Belgique – 1965 (1): p.71 – 88.

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

Lagneaux C. 1985. Convention pour l'etude des debits de crue relatifs au bassin hydrographiques du Geer. Environnement et Progrès, Waremme: 112 pp + 88 pp bijlage.

Laurent J., Heyndrickx J. & Deworm. Y. 1986. La Meuse et le systeme Mosan entre Liege et Maas-tricht. In: Het hydrologisch systeem in het grensgebied Luik-Maasbracht, CHO-TNO, rapporten en nota's n°15.

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.

Loy W. , Hammenecker J. & Laga P. 1991. Hydrogeologische karakteristieken van de Pey- en Wau-bachformaties in Belgisch Noord-Oost Limburg. In: Het hydrologisch systeem in het grensgebied Luik-Maasbracht; Onberzoeksresultaten 1985-1990, CHO –TNO, rapporten en nota's n° 26.

Mennen W. 2001. Ontwerpversie omgevingsanalyse voor het bekkenbeheersplan van de Maas.

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

Meyus Y., De Smet D., De Smedt F., Walraevens K., Batelaan O. & Van Camp M. 2000. Hydrogeologische codering van de ondergrond van Vlaanderen (HCOV) – [nieuwsbrief@wel](mailto:nieuwsbrief@wel) nr.8

Middelkoop H. (red) 1998: Twee Rivieren. Rijn en Maas in Nederland. RIZA rapport 98.041 Arnhem: RIZA.

Mombers K. 1988. Bijdrage tot de studie van de waterbalans van het Maasbekken in het gebied Luik-Venlo. Afstudeerwerk, Faculteit Toegepaste Wetenschappen, VUB.

Mostaert F. 2003. Cursus Geologie en Fysica van de aardbol. Limburgs Universitair Centrum, Diepenbeek 205 pp.

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.

Paulissen E. 1973. De morfologie en de kwartairstratigrafie van de Maasvallei in Belgisch Limburg. Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België. Klasse der Wetenschappen, 35, 127, pp.226.

Peeters A. en De Graef R. 1991. Het beregeningsproject 'Ruilverkaveling Ophoven' Water – 56:23-32

Peymen J., Oosterlynck P., Defloor W., Van Gulck T, van Straaten D. & Kuijken E. 2000. Opstellen en beoordelen van ecosysteemkwetsbaarheidkaarten met betrekking tot biotoopverlies en barrière-effect. Eindverslag van project 97/05. Studie uitgevoerd voor rekening van de Vlaamse Gemeenschap binnen het kader van het Vlaams Impulsprogramma Natuurontwikkeling in opdracht van de Vlaamse minister bevoegd voor natuurbehoud.

Pitsaer X. 1984. Etude des parametres de ruissellements sur le bassin versant de la Berwinne – Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingenieur Agronome – Université Catholique de Louvain, 91 pp.

Philippart J.C., Gillet A. & Micha J.C. 1988. Fish and their environment in large European river ecosystems: The river Meuse. Sciences de l'Eau, vol. 7.

RWS – Directie Limburg – Afdeling Studiedienst. 1970. Verloop van minimale jaarlijkse afvoer te Borgharen van 1926 t/m 1965. Nota 70.2.

RWS – Directie Limburg. 1999. Inventarisatie deelstroomgebieden Maastraject Eijsden – Hedel.

Salverda P., Schulze F, Geilen N. & Janssen S. 2000. Ecologisch acceptabele afvoerfluctuaties: een norm voor de Grensmaas. H<sub>2</sub>O, nr. 9: p. 30-32.

SCTV (Stroomgebiedscomité Thornerbeek – Jeker – Voer) 1998. Jaarrapportage 1998.

Sels O., Claes S. & Gullentops F. 2001. Kaartblad 18-10 Maaseik – Beverbeek. Toelichtingen bij de geologische kaart van België – Vlaams Gewest, Belgisch Geologische Dienst en Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, Brussel. 50 p.

Uilenhoet R., de Wit M. Warmerdam P. & Torfs P. 2001. Statistical Analysis of Daily Discharge Data of the River Meuse and its Tributaries (1968 – 1998): Assessment of Drought Sensitivity. Rapport 100 – Wageningen University/Environmental Sciences/Sub-department water resources.

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.

Van Autenboer T. & De Smedt P. 1986. Kwetsbaarheidskaart van het Grondwater – Provincie Limburg, in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu.

Van Craenenbroeck W. & Stas P. 1986. Het oppervlaktewatersysteem: de Belgische kanalen. In: Het hydrologisch systeem in het grensgebied Luik-Maasbracht, CHO-TNO, rapporten en nota's n°15.

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

Van der Beken A., Vandewiele G.L., Bauwens W., Keppens E., Dom A., Toorman A. & Vancauterem L. 1987. Synthese Hydrologische Studie van de Maas afwaarts Luik - Deel Oppervlaktewater. Uitgevoerd door Dienst Hydrologie van de VUB in opdracht van het Ministerie van Openbare Werken/ Bestuur der Waterwegen.

van der Veen R., Pakes U., van Essen J. & Schutte L. 1998. Callibratie SOBEK-Maas (versie 1998.1). RIZA-rapport nr. 98.038

Van Erdeghe D. 1990. Wiskundig model ter voorspelling van wasdebieten op de Gemeenschappelijke Maas – Vijfde deel. Laboratorium voor Hydrologie, RUG. In opdracht van Ministerie van Openbare Werken/ Bestuur der Waterwegen, Dienst voor Hydrologisch Onderzoek.

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

van Leeuwen J. 1983. Onderzoek naar het optredende debiet in de Zuid-Willemsvaart te Maastricht. Projectnr. 89.100.01 – Nota 82.16 RWS – Directie Limburg.

Van Looy K. & De Blust G. 1996. De Maas natuurlijk ?! Aanzet tot een grootschalig natuurontwikkelingsproject in de Gemeenschappelijke Maasvallei. Mededelingen Instituut voor Natuurbehoud, nr.2, Brussel.

Van Looy K. & De Blust G. 2002. Dynamische planning in beeld: de Gemeenschappelijke Maas als leerschool. Natuur.focus 1(2):69-75.

van Oosterom W. 1985. De Jeker: een hydrogeologische afvoerstudie. Landbouwhogeschool – Vakgroep Bodemkunde en Geologie, afdeling hydrogeologie.

Van Rooijen P. 1986. Het hydrogeologisch systeem van het stroomgebied van de Maas tussen Visé en Maasbracht. In: Het hydrologisch systeem in het grensgebied Luik-Maasbracht, CHO-TNO, rapporten en nota's n°15

Van Vaerenbergh W. 1985. Studie van de regionale grondwaterstroming in het Kempisch plateau en de Limburgse Maasvallei. Interuniversity Postgraduate Programme in Hydrology, Proefschrift: 110 blz. + bijlagen.

Vermulst J. 2003. Onderzoek grondwatereffecten ten behoeve van het MER Grensmaas 2003. Royal Haskoning, in opdracht van De Maaswerken.

Verstraelen A. 2000. Technisch Verslag bij de Quartairkaart – Kaartblad Tongeren (34). KUL, Afdeling Historische Geologie.

WL 1994. Onderzoek Watersnood Maas. Deelrapport 4: Hydrologische aspecten. Waterloopkundig Laboratorium Delft, Nederland.

WL 1996. Van zorgen om de Maas naar zorgen voor de Maas. Nota over de afvoerproblematiek van de Maas. Rapport ten behoeve van de 2<sup>de</sup> parlementaire Maasconferentie. Waterloopkundig Laboratorium Delft, Nederland.

WL, ENVICO & ADINCO. 1998. Studieopdracht voor het mijnverzakkingsgebied. 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:**

Aquafin, afvalwaterzuivering: <http://www.aquafin.be/>

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>

Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (KMI): <http://www.meteo.be/nederlands/index.php>

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI): <http://www.knmi.nl/>

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

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement – Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) Lorraine: <http://www.environnement.gouv.fr/lorraine/bulquo.htm>

Ministère Wallon de l'équipement et des transports, Direction générale des Voies hydrauliques, Direction des Etudes hydrologiques et des Statistiques, Service d'Etudes Hydrologiques (SETHY):  
<http://voies-hydrauliques.wallonie.be>

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

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

Samenwerkingsovereenkomst Vlaams Gewest / gemeentes en provincies:  
[www.samenwerkingsovereenkomst.be](http://www.samenwerkingsovereenkomst.be)

Vlaamse Landmaatschappij: <http://web.gisvlaanderen.be/gis/index.jsp>

### **Digitaal kaartmateriaal:**

OC GIS-Vlaanderen

Digitale versie van de Bodemkaart van Vlaanderen, IWT, uitgave 2001 (OC GIS-Vlaanderen)

Digitale versie van de Tertiaire geologische kaart, MVG, EWBL, afdeling Natuurlijke Rijkdommen & Energie, uitgave 2001 (OC GIS-Vlaanderen).

Vectoriële versie van de Administratieve grenzen, NGI 1993 België (OC GIS-Vlaanderen)

Vectoriële versie van Bosreservaten Vlaanderen, MVG-LIN-AMINAL-IBW (GIS-Vlaanderen)

Vectoriële versie van de Corine-landcover, NGI, 1989-1990 (1/100.000), uitgave 1996 (OC GIS-Vlaanderen).

Vectoriële versie van de Grote Structuren, NGI, subset 1993 (1/25.000) (OC GIS-Vlaanderen).

Vectoriële versie van de Landbouwgebruikspercelen, VLM-mestbank, versie 2001 (OC GIS-Vlaanderen)

Vlaamse Hydrografische Atlas – digitale vectoriële bestanden, toestand 13/06/2000 (1/10.000), opge-  
maakt door MVG, LIN, AMINAL, Afdeling Water.

## **Overige**

Digitaal Hoogte Model Maasbekken 2002, MVG, AWZ-AMINAL

Ecosysteemkwetsbaarheidkaarten met betrekking tot biotoopverlies en barrière-effect (IN, 2000).

ENVICO. 2002. Digitale breukbestanden van voorlopig eindrapport : Hydrogeologische detailstudie van de ondergrond van Vlaanderen / deelgebied 4. In opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, Afdeling Water.

Ontwerpversie Quartair geologische kaarten – MVG, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen & Energie kaartbladen 18, 26 en 34 (DOV)

RWS-Directie Limburg 2002. Digitale bestanden waterlopen Maasbekken Limburg.

Top tertiair - digitale bestanden - MVG, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen & Energie (DOV)

VMM digitale geografische gegevens Zuiveringsinfrastructuur – Maasbekken 2003.

WLH-kaart waterlopen

# TABELLEN

**Tabel 1 - Overzicht stuwmeren in het stroomgebied van de Maas (uit Berger & Mugie 1994)**

Naam	Plaats	Waterloop	Uitmondend in	Capaciteit (miljoen m³)	Functie	Bouw	Bijdragende oppervlakte (km²)	
Stuwmeer Lac du Val Joly	(Fr)	Helpe Majeure	Sambre	?	?	?	?	
Complex van Eau d'Heure	Stuwmeer van Eau d'Heure	Froidchapelle (B)	Eau d'Heure	14,8	afvoer van Sambre op min. 5 m³/s houden	1975-1980	?	
	Stuwmeer van Platte Taille	Froidchapelle (B)	Eau d'Heure	67,8	vergroten opslagcapaciteit van het stuwmeercomplex	1975-1980	?	
	Voormeer van Falemprie	Cerfontaine (B)	Eau d'Heure	1,2	schommeling stuwmeer Eau d'Heure verminderen voor toerisme	1975-1980	?	
	Voormeer van Ry Jaune	Cerfontaine (B)	Eau d'Heure	1,1		1975-1980	?	
	Voormeer van Feronval	Froidchapelle (B)	Eau d'Heure	0,8		1975-1980	?	
Barrage de la Vierre	Chiny (B)	Vierre	Semois	1,3	opwekking electriciteit	1970	?	
Stuwmeer Ry de Rome	Couvin (B)	Ry de Rome	Viroin	2,2	drink- en industriewater	1974	10	
Etang de Virelles	Virelles (B)	Eau Blanche	Viroin	?	?	?	?	
Stuwmeer van Nisramont	La Roche-en-Ardenne (B)	Ourthe	Maas	3	aanvoer water + opwekking electriciteit	1958	?	
Stuwmeer van Bütgenbach	Bütgenbach (B)	Warche	Amblève	11	opwekking electriciteit + reductie hoogwatergolven	1932	72	
Stuwmeer van Robertville	Robertville (B)	Warche	Amblève	7,7	opwekking electriciteit + watervoorziening Malmedy + reductie hoogwatergolven	1929	118 (incl. stuwmeer van Bütgenbach)	
Stuwmeer van Heid de Goreux	bij Lorcé (B)	Amblève	Ourthe	0,05	opwekking electriciteit	?	?	
Complex van Coo	1ste hooggelegen stuwmeer (stuwmerencomplex van Coo)	Coo (B)	Amblève	Ourthe	4,5	opwekking electriciteit	?	?
	2de hooggelegen stuwmeer (stuwmerencomplex van Coo)	Coo (B)	Amblève	Ourthe	8,5		?	?
	Laaggelegen stuwmeer (stuwmerencomplex van Coo)	Coo (B)	Amblève	Ourthe	4		?	?
Stuwmeer van de Gileppe	Membach (B)	Gileppe	Vesdre	26	drink- en industriewater in stroomgebied en Liège + reductie hoogwatergolven	1876 (verhoogd in 1979)	54	
Stuwmeer van de Vesdre	Eupen (B)	Vesdre	Ourthe	25		1949	106	

**Tabel 2 - Overzicht van waterlopen in het Vlaams-Limburgse gedeelte van het Maasbekken (bron: VHA 2000)**

VHAG code	Categorie	Benaming van de waterloop aan de monding	Andere namen	Lengte (km)
15	bevaarbaar	Zuid-Willemsvaart		43,90
114	bevaarbaar	Aftakking Zuid-Willemsvaart		1,82
151	bevaarbaar	Arm Zuid-Willemsvaart		1,43
160	bevaarbaar	Oud Kanaal		2,65
4	bevaarbaar	Albertkanaal		13,37
68	bevaarbaar	Kanaal Briegden - Neerharen		4,75
9501	bevaarbaar	Maas		46,61
5	bevaarbaar	Kanaal Bocholt - Herentals		23,61
<b>Totaal bevaarbare waterlopen</b>				<b>138,144</b>
9505	1 <sup>ste</sup> onbevaarbaar	Abeek	Abeek - Lossing	29,30
9536	1 <sup>ste</sup> onbevaarbaar	Berwinne		4,73
10004	1 <sup>ste</sup> onbevaarbaar	Bosbeek		20,84
9512	1 <sup>ste</sup> onbevaarbaar	Dommel	Dommel - Boven Dommel	16,67
9522	1 <sup>ste</sup> onbevaarbaar	Itterbeek		10,39
9504	1 <sup>ste</sup> onbevaarbaar	Jeker	Jeker - Geer	16,43
9967	1 <sup>ste</sup> onbevaarbaar	Lossing	Lossing - Abeek - Uffelsche Beek	5,18
9646	1 <sup>ste</sup> onbevaarbaar	Oude Jeker	Vloedgracht - Oude Jeker	2,94
9574	1 <sup>ste</sup> onbevaarbaar	Voer		2,77
9508	1 <sup>ste</sup> onbevaarbaar	Warmbeek	Warmbeek - Tongelreep (Ned) - Broekbeek - Vrenenbeek - Jongemans	9,72
<b>Totaal onbevaarbare waterlopen 1<sup>ste</sup> categorie</b>				<b>118,97</b>
9505	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Abeek	Abeek - Lossing	10,95
9872	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Afviersloot		1,30
9547	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Baatsbeek		1,09
263	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Balkenloop	Balkenloop - Balkerbeek	1,94
473	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Balkenloop	Balkenloop - Balkerbeek	3,93
9568	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Beek		5,41
9705	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Beek	Le Beek - Beek	2,10
9775	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Beek		4,72
9856	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Beek		5,91
9940	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Beverbeekloop	Beverbeekloop - Rioolbeek - Bosbeek	1,39
9702	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Bolisenbeek		7,92
10004	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Bosbeek		4,18
9814	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Brandbeek	Vlietbeek - Brandbeek	0,02
10075	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Bremsloot		1,27
9862	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Broekbeek	Broekbeek - Retselbeek	2,94
9596	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Broekheideloop		2,66
10126	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Broekziep		2,22
10131	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Busselziep		2,03
9760	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	De Loper		0,87
10014	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	De Vliet		3,68
9512	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Dommel	Dommel - Boven Dommel	13,32
9664	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Dorperloop		2,73
9988	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Eindergatloop		2,36
9509	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Erkbeek	Erkbeek - Kleine Dommel - Grote Aa - Bulder Aa - Kranjesbeek	0,76
9714	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Ezelsbeek		9,24
9622	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Genootsbeek		0,28
9663	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Gielisbeek		7,20

9897	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Gortenloop	Gortenloop - Winnerloop	4,72
9768	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Hamonterbeek		1,12
66	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Heeswater	Heeswater - Hezerwater	6,28
9800	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Heiwickbeek		1,70
135	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Hesewater	Lauw - Allewijzouw	1,19
9846	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Hoebroeksloot		0,72
9875	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Holvenloop	Holvenloop - Holvensebeek	8,69
10038	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Horstgaterbeek		8,11
9669	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Houterstraatloop		2,18
9522	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Itterbeek		11,02
9685	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Jettenbeek		1,92
10107	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Kadasterloop		0,23
10102	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Kanielstraatbeek		2,51
10082	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Kattenbeek		2,23
46	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Kiewitbeek		0,32
9986	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Kikbeek		6,70
9633	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Kleinbeek		2,39
9662	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Kogbeek		3,64
9507	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Kolksgracht		1,14
9520	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Langbroeksbeek		0,83
43	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Langkeukelbeek		7,97
67	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Langkeukelbeek		2,28
10029	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Lograafbeek		0,99
228	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Lossing		3,48
9967	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Lossing	Lossing - Abeek - Uffelsche Beek	7,58
142	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Louw		2,08
9506	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Lozerbroekbeek	Lozerbroekbeek - Tungelroysche Beek - Lossing - De Raam - Neerbeek	2,95
9607	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Mabroekbeek		1,51
9964	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Millenbeek		2,20
9757	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Molenloper		1,09
10007	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Neerbroeklossing		0,12
10114	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Nieuwbeek		0,51
9682	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Noorbeek		2,05
10005	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Oude beek		1,39
9816	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Oude Dommel		1,88
9785	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Oude Lossing		1,10
9991	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Pastoorsbosbeek		3,88
9960	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Pastoorisdijklossing		0,92
9843	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Pastoorsvenloop		0,39
9744	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Peerderloop		1,47
9769	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Prinsenloop		7,57
10046	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Prinsenloop	Prinsenloop - Haagbroekerloop	8,14
9749	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Raambeek	Raambeek - Laakbeek - Langesvenbeek	1,95
9558	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Rachelsbeek	Rachelsbeek - Oude Maas	1,48
10143	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Renne	Renne - Simpelrenne	1,55
9767	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Reppelerbeek	Reppelerbeek - Rietbeek - Schuittelbeek	5,15
9882	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Retselbeek		2,33
332	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Rieterheideloop		0,94
9850	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Schaagterziep		8,65

9890	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Soerbeek	Soerbeek - Zuurbeek - Genattebeek - Gerdingbeek - Zoeterbekerbeek	9,55
10109	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Tieselrieterloop		0,25
9701	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Veeweid waterloop	Veeweiderloop - Veeweide Waterloop	1,78
9955	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Vloedgracht		4,09
9574	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Voer		4,29
9629	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Vrietselbeek	Vrietselbeek - Breusbeek	7,14
9508	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Warmbeek	Warmbeek - Tongelreep (Ned) - Broekbeek - Vrenenbeek - Jongemans	15,19
9631	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Waterafloop		1,44
172	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Wijerkensbeek	Wyerkenbeek - Wijerkenzouw	1,24
9569	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Wijshagerbeek	Wijshagerbeek - Eetseveldebeek	7,59
9823	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Witbeek	Witbeek - Zwartwater - Kleine Beek - Thornerbeek (Ned)	19,26
9700	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Zanderbeek	Zanderbeek - Diepbeek	7,53
9766	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Ziepbeek	Ziepbeek - Zijpbeek	10,61
9929	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	Zouw		7,16
10201	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	onbenoemd		1,97
10201	2 <sup>de</sup> onbevaarbaar	onbenoemd		1,56
<b>Totaal onbevaarbare waterlopen 2<sup>de</sup> categorie</b>				<b>354,340</b>

**Tabel 3 - Overzicht van de verschillende, in het studiegebied aanwezige, lithostratigrafische eenheden, gebaseerd op de verschillende kaartbladen van de afgedekte geologische kaarten (Buffel et al. 2001, Claes et al. 2001 & Sels et al. 2001) en Van Autenboer & De Smedt et al. (2001)**

Chronostratigrafie	Lithostratigrafie		Oude benaming	Groep	Code	Voornaamste lithologisch kenmerk	Aanvullende beschrijving	Hydrogeologische karakteristieken		Variabele dikte					
Devoon	Frasiaan & Givetiaan ?				De		dolomieten, schales en kalkstenen								
Carboon	Onder Carboon	Visiaan ?/ Dinantiaan			Vi	dolomiet en kalksteen	kalksteen, verticaal aan de top								
	Boven Carboon	Namuriaan			H		?								
		Westfaliaan				?		steenknutuerende laag			tot 3000 m				
Perm		Lid van Hekhteren				shievers en kalksteen	kalkrijke shievers en kleinrijke kalkstenen								
Trias	Buntsandstein	Lid van Grullrode				silt- en zandstenen									
		Lid van Bullen				zandsteen									
		Lid van Bree				siltsteen									
	Muschelkalk														
Keuper															
Jura	Formatie van Aalberg					kalkschiefer									
Krijt	Santoniaan	Formatie van Aachen		Cr1 & Cr2 (Senoniaan)	Ak		zandige kleien, kleilge zanden, fijne zanden of conglomeraat zandsteen			10 tot 27 m					
	Campaniaan	Formatie van Vaals	Smedtiet van Herve	Cr2 (Senoniaan)	Va	kleilig kalkrijk zand	zanden & zandsteenbanken	basis van watervoerende lagen		20 tot 100 m					
		Formatie van Gulpen		Cr3 (Senoniaan)	Gu	krijt	mergel, krijt, calcareniet, chert	watervoerend	50 tot 100 m						
			Eenheid van Hallembaye							GuHm	krijt				
		Eenheid van Hacourt		GuHc	krijt	watervoerend									
Maastrichtiaan	Formatie van Maastricht		Cr4 (Senoniaan) & M (Maastrichtiaan)	Ms	tufkrijt	krijt, calcareniet, chert nodules	doorlatend	watervoerend gaat over van freatisch naar artesisch, verzilt in het N	50 tot 80 m						
Tertiair	Paleoceen	Formatie van Houthem		Heersiaan	H	Ho	kalksteen	zachte glauconiethoudende calcareniet, schelpenbanken, kalksteenknotten	15 tot 30 m						
		Formatie van Opglabbeek	Lid van Opoeteren							Op	klei	plastische ligniethoudende klei	ondoorlatend	tot 30 m	
		Formatie van Heers								Hs					
			Lid van Orp							HsOr	kleilig zand	fijne, sterk glauconiethoudende, kleilge zanden	watervoerend in beperkte mate	10 tot 55 m	
										Lid van Gellinden	HsGe	mergel	compacte, deels versteende, gespleten mergels		watervoerend in ontsluitingszone
		Formatie van Hanut								L1 (Landeniaan)	L	Hn	klei	ondoorlatend	
			Lid van Waterschei							L1c (Landeniaan)	L	HnWa	klei	zeer harde compacte klei, met kalkrijke basis	ondoorlatend
Lid van Halen	L1d (Landeniaan)			L	HnHa	silt of klei met zandsteen	silt tot siltige klei met zachte zandsteen of siltsteen	ondoorlatend							

Eoceen - Oligoceen	Formatie van St. Hultrechts Hern		Tg1 (Tongerlaan)	T o n g e r e n	Sh	zand en/of klei				
			Lid van Grimmerdingen		Tg1c (Tongerlaan)	ShGr	kleilig zand	kleverig, zeer fijn glauconiet- en glimmerhoudend zand, dat naar onder toe veel kleirijker wordt	weinig doorlatend	
		Lid van Neerrepn	Tg1d (Tongerlaan)	ShNe	zand	los, fijn zand	matig doorlatend			
Oligoceen	Formatie van Borgloon		Tg2 (Tongerlaan)	Bo	zand & klei					
		Lid van Henis	Tg2n (Tongerlaan)	BoHe	klei	zeer heterogeen, maar hoofdzakelijk bestaand uit vette klei met ligniethoudende horizonten	ondoorlatend			tot 15 m
		Lid van Alden Biesen	Tg2o (Tongerlaan)	BoOb	mergel en zand	mergel en een matig- tot grofkorrelig zand	doorlatend			
	Formatie van Bilzen		R1 (Rupellaan)	Bi	zand en/of klei					
		Lid van Berg	R1b (Rupellaan)	BiBe	zand	halfijn tot grof, licht kleilig zand		watervoerend artesisch		
		Lid van Kleine-Spouwen	R1c (Rupellaan) / Nucula klei	BiKs	zandige klei	vaak kalkhoudende zandige klei	ondoorlatend			10 tot 40 m
		Lid van Kerniel	R1d (Rupellaan)	BiKe	zand	middelmatig zand met kleilige basis, waarin soms kwarts- of silexgrind voorkomt	matig doorlatend			
	Formatie van Boom		R2c (Rupellaan)	Bm	klei	vette klei, soms zandiger, soms afgewisseld met silttaagjes	ondoorlatend	niet watervoerend		10 tot 50 m
	Formatie van Eigenbilzen		R2d (Rupellaan)	Eg	kleilig zand	kleilig fijn zand met iets kleiiger basis				5 tot 50 m
	Formatie van Voort			Vo	kleilig zand	zeer glauconietrijk kleilig middelmatig zand met zandsteenbankjes en dunne kleilagen		weinig doorlatend		70 tot 300 m
Mioceen	Formatie van Bolderberg		Bd (Bolderlaan)	Bb	zand		doorlatend	watervoerend		
		Lid van Houthalen		BbHo	kleilig zand	glauconietrijk en micahoudend kleilig fijn zand, meestal met grindige basis				25 tot 250 m
		Lid van Genk		BbGe	zand	fijne tot grove zanden met ligniet- of houttaagjes, zandsteenbanken en grindhorizonten				
		Lid van Opfler		BbOp	zand	micarieke, fijne, zeer goed gesorteerde zanden				
	Formatie van Diest		Lid van de Molen van Grutrode	D (Diestaan)	Di	zand	slecht gesorteerde glauconietrijke, halfgrove zanden	goed doorlatend	zeer uitgebreide aquifer watervoerend - lokaal semi-artesisch onder zanden van Kasterlee	10 tot 100 m

		Formatie van Kasterlee	Lid van Dorperberg		Kl	kleig zand	licht glauconiethoudende fijne zanden met kleilenzen	halfdoorlatend/ ondoorlatend	zorgt voor onderbreking van waterpakket	10 tot 50 m
		Formatie van Mol			Ml	zand	grove en matig fijne zanden die bijna uitsluitend uit kwarts bestaan	doorlatend	watervoerend	
			Lid van Donk		MlDo	zand	kwartzand met bovenaan een dunne kleige horizon			10 tot 100 m
			Sprinthorizont van De Maat		MlMa	bruinkool				
			Lid van Maatheide		MlMh	zand	iets grover kwartzand			
			Lignietlaag van Russendorp		MlRu	veen	lignietachtige veerlaag			
	Pliocene	Formatie van Kiezeloet			Kz	grinden en zanden met klei	grove zanden en grinden waarin kwartskeijes en kenmerkende verkiezelde oolthische kalksteen overheersen met kleige intercalaties			
			Lid van Waubach		KzWb	zand met grind	zeer grindrijk grof zand	doorlatend ( $k = 40$ tot $80$ m/dag)	watervoerend	10 tot 120 m
			Brunsum II Klei		KzBrII	zware klei	homogene, zware compacte klei met bruinkoolinschakelingen en slechts enkele fijnzandige laagjes	ondoorlatend	niet watervoerend	10 tot 50 m
			Lid van Pey		KzPey	zand	matig grof zand met typische klei-intercalatie van 2 à 3 m dikte in het midden	doorlatend	watervoerend	10 tot 90 m
			Brunsum I Klei		KzBrI	klei	klei met lignietlagen en plaatselijk of aan de basis fijnzandige laagjes	ondoorlatend	niet watervoerend	12 tot 60 m
			Lid van Jagersborg		KzJa	zand	fijne tot grove zanden met wat kleige intercalaties	doorlatend	watervoerend	20 tot 90 m

**Tabel 4 - Overzicht van de voornaamste (fluviatiel en eolisch) lithostratigrafische eenheden van het Quartair in het studiegebied**

Chronostratigrafie		Lithostratigrafie		Voorlaagend	Doorlatendheid (m/dag)	Variabele dikte	
<b>Fluviatiele Maas -en Rijnafzettingen</b>							
P l e i s t o c e e n	Midden-Pleistoceen	Cromer	Formatie van Kaulille	Bocholt Zanden	middelmatig tot grof zand met bijmenging fijn grind en kleibrokken	5 tot 26 m	
				Hamont Klei	via lemig fijn zand aan de basis over zandig leem en kleiige leem naar lemige klei aan de top	?	
				Lommel Zanden	middelmatig tot grof zand met grindrijke niveaus	3 tot 15 m	
			Formatie van As	Winterslag Zanden	middelmatig zand met grinden, verspreid of in banken	tot 1250	7 tot 20 m
				Zutendaal Grinden	grof grind al dan niet in leemmatrix met weinig zand, plaatselijke leemlenzen		6 tot 22 m
			Elster				
	Holstein						
	Boven-Pleistoceen	Saale	Formatie van Mopertingen	Lanaken Grinden	grind	?	
				Caberg-Pietersem Grinden	grind	?	
				Eisden-Lanklaar Grinden	fijn tot grof grind met grof zand	8 tot 18 m	
		Eem					
		Weichsel	Formatie van Lanklaar	Maasmechelen Grinden	fijn tot grof grind met grof zand	6 tot 22 m	
				Geistingen Grinden	fijn tot grof grind met grof zand	7 tot 14 m	
Tardi-Weichsel		Onbekende Maasgrinden	fijn tot grof grind met grof zand	?			
Holoceen		Formatie van Leut	Stokkem Grinden	fijn tot grof grind met grof zand	2 tot 20 m		
			Mullem Klei	klei, lemige klei en zandige klei	1 tot 5 m		
		Heppeneert Leem	leem en zandleem				
<b>Eolische zanden</b>							
P l e i s t o c e e n	Weichsel	Saale		Formatie van Dilsen	zwaklemig zand	0,5 tot 8 m	
		Eem					
		Haspengouw					
		Brabant		Formatie van Wildert	fijn zwaklemig zand, mogelijk grindbijmenging door cryoturbaties	0,5 tot 8 m	
Tardi-Weichsel		Formatie van Hechtel	fijn zand	1 tot 5 m			
Holoceen		Formatie van Bouwel	fijn zand	tot 15 m			
<b>Eolische lemen</b>							
P l e i c e e n	Weichsel	Saale		Henegouwen leem	zandig leem		
		Eem		Rocourt bodem	bodem ?		
		Vroeg Weichsel		Haspengouw leem	leem		
		Midden-Weichsel		Kesselt bodem	bodem ?		
		Tardi-Glaciaal		Brabant leem	leem		
Holoceen							

**Tabel 5 - Overzicht HCOV-eenheden van de in het studiegebied voorkomende hydrogeologische eenheden**

Hoofdeenheid		Sub-eenheid		Basiseenheid	
<b>0000</b>	<b>Onbepaald</b>				
<b>0100</b>	<b>Quartaire Aquifersystemen</b>	0140	Alluviale dekklagen		
		0150	Dekklagen	0151	Zandige dekklagen
				0152	Zand-lemige dekklagen
				0153	Lemige dekklagen
				0154	Kleiige dekklagen
		0170	Maas- en Rijnafzettingen	0171	Afzettingen Hoofdterras
				0172	Afzettingen Tussenterrassen
0173	Afzettingen Maasvlakte				
<b>0200</b>	<b>Kempens Aquifersysteem</b>	0210	Afzettingen ten noorden van de Feldbiss-breukzone	0211	Zandige eenheid boven de Brunssum I-klei
				0212	Brunssum I-klei
				0213	Zand van Pey
				0214	Brunssum II-klei
				0215	Zand van Waubach
		0230	Pleistoceen en Plioceen Aquifer	0232	Zand van Mol
				0234	Zand van Poederlee en/of zandige top van Kasterlee
		0240	Pleistocene kleiige laag	0242	Kleiige overgang tussen de zanden van Kasterlee en Diest
		0250	Mioceen Aquifersysteem	0252	Zand van Diest
				0253	Zand van Bolderberg
				0254	Zand van Berchem en/of Voort
0256	Zand van Eigenbilzen				
<b>0300</b>	<b>Boom Aquitard</b>			0301	Kleiige deel van Eigenbilzen
<b>0400</b>	<b>Oligoceen Aquifersysteem</b>	0410	Zand van Kerniel	Zand van Kerniel	
		0420	Klei van Kleine-Spouwen	Klei van Kleine-Spouwen	
		0430	Ruisbroek-Berg Aquifer	0431	Zand van Berg
				0433	Kleilig zand van Oude Biezen
		0440	Tongeren Aquitard	0411	Klei van Henis
		0450	Onder-Oligoceen Aquifersysteem	0451	Zand van Neerrepn
0452	Zand-klei van Grimmertingen				
<b>1000</b>	<b>Paleoceen Aquifersysteem</b>	1020	Landeniaan en Heersiaan Aquitard	1021	Siltige afzettingen van Halen
				1022	Klei van Waterschei
				1023	Slecht doorlatend deel van de Mergels van Gelinden
		1030	Heersiaan en Opglabbeek Aquifersysteem	1031	Doorlatend deel van de Mergels van Gelinden
				1032	Zand van Orp
				1033	Zand van Eisdén
				1034	Klei van Opoeteren
				1035	Zand van Maasmechelen
<b>1100</b>	<b>Krijt Aquifersysteem</b>	1110	Krijt Aquifer	1111	Kalksteen van Houthem
				1112	Tufkrijt van Maastricht
				1113	Krijt van Gulpen
		1120	Afzettingen van Vaals	Smectiet van Herve	
		1130	Zand van Aken	Zand van Aken	

**Tabel 6 - Grondwatervoeding naar de Maas in droge periodes**

Grondwatervoeding in m <sup>3</sup> /s voor trajectnummer uit IWACO-model (IWACO 2000)								
Decade	3	9	10	11	12	13	14	Totaal
1	1,52	0,00	7,27	1,35	1,15	0,18	0,36	11,83
2	1,25	0,00	5,86	1,30	1,04	0,17	0,34	9,96
3	1,11	0,00	5,15	1,25	0,96	0,16	0,32	8,95
4	1,03	0,00	4,75	1,22	0,91	0,15	0,31	8,37
5	0,98	0,00	4,47	1,19	0,86	0,15	0,30	7,95
6	0,94	0,00	4,30	1,17	0,83	0,14	0,29	7,67
7	0,91	0,00	4,12	1,14	0,80	0,13	0,28	7,38
8	0,88	0,00	3,98	1,12	0,77	0,13	0,27	7,15
9	0,85	0,00	3,85	1,10	0,74	0,12	0,26	6,92
10	0,83	0,00	3,75	1,08	0,72	0,12	0,25	6,75
11	0,81	0,00	3,66	1,06	0,70	0,11	0,25	6,59
12	0,79	0,00	3,58	1,05	0,68	0,11	0,24	6,45
13	0,78	0,00	3,52	1,03	0,66	0,11	0,23	6,33
14	0,76	0,00	3,45	1,01	0,65	0,10	0,23	6,20
15	0,75	0,00	3,39	1,00	0,63	0,10	0,22	6,09
16	0,74	0,00	3,34	0,98	0,61	0,10	0,21	5,98
17	0,73	0,00	3,29	0,97	0,60	0,09	0,21	5,89
18	0,72	0,00	3,25	0,96	0,59	0,09	0,20	5,81
19	0,71	0,00	3,21	0,95	0,58	0,09	0,20	5,74
20	0,70	0,00	3,17	0,94	0,56	0,08	0,19	5,64
21	0,69	0,00	3,13	0,92	0,55	0,08	0,19	5,56
22	0,68	0,00	3,10	0,91	0,54	0,08	0,18	5,49
23	0,68	0,00	3,07	0,90	0,53	0,07	0,18	5,43
24	0,67	0,00	3,03	0,89	0,52	0,07	0,17	5,35
25	0,66	0,00	3,01	0,88	0,51	0,07	0,17	5,30
26	0,66	0,00	2,98	0,87	0,50	0,07	0,16	5,24
27	0,65	0,00	2,95	0,86	0,50	0,06	0,16	5,18
28	0,65	0,00	2,93	0,86	0,49	0,06	0,16	5,15
29	0,64	0,00	2,90	0,85	0,48	0,06	0,15	5,08
30	0,64	0,00	2,88	0,84	0,47	0,06	0,15	5,04
31	0,63	0,00	2,85	0,83	0,46	0,05	0,14	4,96
32	0,63	0,00	2,83	0,82	0,46	0,05	0,14	4,93
33	0,63	0,00	2,81	0,81	0,45	0,05	0,14	4,89
34	0,62	0,00	2,79	0,81	0,44	0,05	0,13	4,84
35	0,62	0,00	2,77	0,80	0,44	0,05	0,13	4,81
36	0,61	0,00	2,75	0,79	0,43	0,04	0,13	4,75

- 3 = Maas in stuwpand Linne-Maasbracht  
 9 = beken linkeroever ten zuiden van Roermond (Witbeek & Itterbeek)  
 10 = Maas van Borgharen tot Maasbracht (Grensmaas)  
 11 = Maas tussen Eysden en Borgharen  
 12 = Geul en zijbeken  
 13 = beken rechteroever ten zuiden van Maastricht (Voer & Berwinne)  
 14 = beken linkeroever ten zuiden van Maastricht (Jeker)

Tabel 7 - Neerslagmetingen in het Limburgs en Waals gedeelte van het Maasstroomgebied

Beheerder	Eigena	Nr. station	Naam	Lambx	Lamby	Opslag-frequentie	Start meet-periode	Einde meet-periode	Start 2de meet-periode	code RR KMI	Aard gegevens
<b>Meetreeksen Maasbekken Provincie Limburg</b>											
KMI	KMI	EL10	Achel	227840.8	221779.5	dagelijks	01-12-55	01-12-88		2607	pluviometer
		EL7	As	235496.4	189848.2		01-10-81		2506		
		G23	Bilzen	229940.6	173256.2		01-11-92		3510		
		EL2	Genk	229707.0	192321.5		01-05-68	01-12-84	2401		
		DS	EL55		228938.5		181307.2	01-03-52		2601	
		KMI	EL2	Gerdingen-Bree	235290.4		204742.4	01-01-51	01-12-66	2401	
			G12	Glons	233289.9		160668.5	01-01-51	01-01-64	3600	
			L8	Hombourg (Plombières)	259232.7		157746.1	01-06-76		5409	
			EL3	Houthalen	226834.3		188909.5	01-01-51	01-12-73	2402	
			G21	Juprelle	230913.8		155841.1	01-01-62	01-03-74	3503	
	EL11		Kessenich	252518.7	204621.5	01-06-56		2500			
	Lu. M.		EL6	Kleine Brogel	226430.9	207015.0	01-04-53		2404		
	KMI	EL9	Lanaken	242434.5	177913.1	01-12-89		2406			
	DS	EL53		242434.5	177913.1	01-08-52		2409			
	KMI	GV51	Lanaye	243162.7	165563.6	01-01-51	01-12-97	3705			
	Lu. M.	EL1	Leopoldsburg	212506.5	199936.3	01-01-00	01-12-81	2400			
	KMI	EL56	Lommel	219956.7	214465.1	01-01-71		2602			
	DS	EL54	Lozen-Bocholt	232813.0	211347.5	01-03-52		2600			
		EL51	Maasmechelen	244470.3	184192.8	01-03-52		2407			
	KMI	EL5	Meeuwen	230444.5	200059.7	01-02-74		2403			
	DS	EL52	Neeroeteren	242439.1	199610.3	01-03-52		2408			
	KMI	G11	Tongerren/Ruten	225213.9	160577.1	01-06-98		3409			
		GV52	Visé	243004.2	160152.3	01-01-51		3706			
		L4	Voeren	254759.6	159694.5	01-09-81	01-12-86	5500			
				254760.0	159695.0	10-minuten, uurlijks	01-09-81	01-12-86		pluviograaf	
		L9	Voeren (Grav)	247376.8	161220.8	dagelijks	01-07-87		5501	pluviometer	
	<b>Meetreeksen Waals gedeelte stroomgebied</b>										
KMI	KMI	G26	Acosse	198178.1	143725.9	dagelijks	01-06-71	01-08-84		3500	pluviometer
				198178.0	143726.0	10-minuten, uurlijks	01-08-71	01-08-84		pluviograaf	
		MS6	Amblève	277921.8	116072.3	dagelijks	01-01-51		5801	pluviometer	
		GV60	Andenne	199614.3	131162.8		01-08-81		3904		
		H14	Anderlues	144154.6	121383.4	01-01-51	01-09-85	4100			
		GV6	Angleur	235891.3	146680.1	01-01-51		3704			
		NM4	Anlier	239139.9	53378.4	01-06-75	01-09-83	6602			
				239140.0	53378.0	10-minuten, uurlijks	01-06-75	31-10-83		pluviograaf	
		G16	Ans	232094.8	150605.8	dagelijks	01-10-54	01-12-93	3608		
		O10	Arlon (FUL)	255002.5	42387.1		01-07-92		6810		
		O4	Arlon (gare)	254120.0	42400.8		01-01-51	01-05-96	6804		
		O13	Attert	252418.0	49599.3		01-05-97		6813		
		O7	Aubange	253152.1	30175.2		01-06-85		6802		
		HV51	Auvelais	168247.4	126943.1		01-03-74	01-12-85	01-01-93	4403	
		GV7	Awirs	223256.6	143490.9		01-10-55		3906		
		NP6	Bastogne	246314.4	78132.2		01-01-51	01-06-86	6303		
		I58	Beaumont-Stree	144733.4	107262.3		01-01-51	01-12-86	4703		
		K58	Beauraing	192405.4	88582.6		01-07-51		5106		
		NP13	Bellevaux	202006.4	59808.6	01-04-74	01-06-91	6506			
				202006.0	59804.0	10-minuten, uurlijks	24-04-74	30-06-91		pluviograaf	
	GV5	Ben-Ahin	206725.7	133459.6	dagelijks	01-01-51		3703			
	GV58		207979.9	134091.3		01-01-51	01-08-83	3902			
	NN2	Bertogne	242860.1	86599.7	01-06-73	01-08-98	6101				
			242860.0	86600.0	10-minuten, uurlijks	01-06-73	30-09-98		pluviograaf		
	NP53	Bertrix	214930.2	60104.9	dagelijks	01-01-51		6307			
	NN7	Beth-Opont	204093.6	70674.9		01-10-68		6201			
	MS8	Beverce	268993.0	126093.4		01-01-51	01-11-92	5803			
	Belgoc ontrol	G13	Bierset	226318.6	147984.5	01-06-51		3601			
				226319.0	147985.0	10-minuten, uurlijks	01-01-67	heden		pluviograaf	
	KMI	KMI	NP3	Bièvre	196539.4	70356.2	dagelijks	01-01-51	01-07-96	6302	pluviometer
			G54	Bolinne	188698.1	143894.5		01-02-66	01-12-96	3504	
			M1	Botrange-parc	272753.5	133288.3		01-11-84	01-08-89	5505	
			M3		272394.5	133465.4		01-08-51	01-12-84	5600	
NV52			Bouillon	200769.3	53338.8	01-06-51		01-10-85	6702		
NP5			Bourcy	252941.4	84560.7	01-08-77		01-04-81	6504		
I5			Boussu-en-Fagne	145031.0	86251.6	01-01-51			4602		
I25			Boussu-Lez-Walcourt	150575.3	101760.0	01-11-74			4500		
				150575.0	101760.0	10-minuten, uurlijks		01-11-74	heden		pluviograaf
NP9			Bruly-de-Pesche	155697.2	76303.6	dagelijks		01-11-97		6507	
				156931.5	76737.6	01-06-80		01-11-97	6507		
				155697.0	76304.0	10-minuten, uurlijks		01-11-97	heden		pluviograaf
				156932.0	76738.0	10-minuten, uurlijks		01-06-80	01-11-97		pluviograaf
MS11			Burg-Reuland	276169.7	99958.7	dagelijks		01-11-84	01-11-94	6009	pluviometer
MS3			Butgenbach	280679.2	125319.4	01-01-51		01-04-86	5708		

		O8	Buzenol	237885.9	34693.0		01-07-87			6807	
		NP2	Carlsbourg	200996.8	65082.5		01-01-51	01-04-87		6301	
				200997.0	65083.0	10-minuten, uurlijks	01-01-67	01-10-86			pluviograaf
		I24	Cerfontaine	153076.8	95087.1	dagelijks	01-10-67	01-12-87		4502	pluviometer
				153077.0	95087.0	10-minuten, uurlijks	01-10-68	01-05-89			pluviograaf
		M4	Chevron (Stoumont)	247058.1	119957.3	dagelijks	01-01-97			5506	pluviometer
		I56	Chimay	146160.7	81368.9		01-01-51			4701	
		NP1	Chimay Forges	148048.6	74323.3		01-01-51			6300	
				148049.0	74323.0	10-minuten, uurlijks	01-06-66	heden			pluviograaf
		NV1	Chiny	220346.9	47813.7	dagelijks	01-01-51	01-01-87		6700	pluviometer
		K57	Ciney	201425.3	109179.5		01-01-51	01-03-98		5105	
		K10	Clavier	217877.3	124414.1		01-01-51	01-07-84		5007	
		K50	Comblain-Au-Pont	235745.4	130299.0		01-10-87	01-10-94		5203	
		KV52		235745.4	130299.0		01-05-54	01-10-87		5302	
		K4	Crupet	192421.4	116206.2		01-01-51	01-03-98		5002	
		NP12	Cul-des-Sarts	156638.2	72473.4		01-06-71			6509	
		NN8	Daverdisse	203853.2	78644.4	dagelijks	01-10-68	01-01-83		6202	
				203853.0	78644.0	10-minuten, uurlijks	01-11-69	01-11-82			pluviograaf
		I2	Denée Maredsous	178329.3	108386.9	dagelijks	01-01-51	01-12-81		4601	pluviometer
	DS	EA51	Dessel	205487.1	214042.4		01-02-51	01-03-93		2101	
	KMI	IV1	Dinant	188071.3	105389.3		01-01-51	01-12-88		4800	
		IV51		188264.3	106101.3		01-01-51			4803	
		NV54	Dohan	206041.8	54164.1		01-11-85			6707	
		I12	Donstiennes	148099.3	106673.1		01-03-71	01-08-89		4705	
		I0	Dourbes	166318.2	87418.1		01-10-65			4704	
				166318.0	87418.0	10-minuten, uurlijks	01-01-67	heden			pluviograaf
		NPS8	Ebly	234424.4	60563.5	dagelijks	01-09-61			6502	pluviometer
	Lu. M.	M24	Eisenborn	278687.7	131668.3		01-01-87			5605	
				278688.0	131668.0	10-minuten, uurlijks	01-01-87	heden			pluviograaf
	KMI	NN3	Erezée	237115.5	109400.5	dagelijks	01-11-85			6102	pluviometer
		I25	Epion	148989.3	100153.4		01-01-69	01-07-74		4500	
				148989.3	100153.4	10-minuten, uurlijks	01-01-69	01-07-74			pluviograaf
		M25	Eupen	289272.8	148227.4	dagelijks	01-01-51	01-05-51		5606	pluviometer
		M54	Eupen-Barrage	271334.7	146051.0		01-01-51			5700	
		M52	Eupen-Ternell	276755.7	141450.2		01-11-51			5608	
		L6	Evegnée (Soumagne)	244668.4	148345.5		01-01-51			5404	
		G19	Fize-Fontaine	214719.0	142018.9		01-01-86			3508	
		NPS6	Flamierge	237811.3	80487.9		01-08-70			6500	
	Lu. M.	I7	Florennes	170768.1	103068.0		01-01-51			4603	
	Lu. M.			170768.0	103068.0	10-minuten, uurlijks	01-01-67	heden			pluviograaf
KMI	KMI	G20	Forville	195428.7	141013.0	dagelijks	01-02-86			3507	pluviometer
		MV53	Fraipont	247528.7	139311.9		01-03-80	01-08-91		6003	
		K60	Fraiture (Sprimont)	237855.5	131477.2		01-05-95			5110	
		O51	Fratin	237209.2	39255.4		01-02-70	01-01-86		6806	
		G28	Fumal	207329.4	144930.4		01-06-71	01-10-97		3502	
		NN55	Gedinne	194029.3	74876.9		01-01-51			6108	
		MS14	Geromont-Malmédy	269942.0	123426.1		01-06-85			5809	
		I4	Gerpennes	144962.7	76858.8		01-12-97			4709	
		I13	Gimnée	175103.8	91438.4		01-10-67	01-03-81		4509	
		I6	Gochenée	178150.7	97324.3		01-10-67	01-02-89		4508	
				178151.0	97324.0	10-minuten, uurlijks	01-10-68	01-05-89			pluviograaf
		H8	Godarville	144560.1	131795.8	dagelijks	01-09-73	01-12-85		4004	pluviometer
		H58		144560.1	131795.8		01-01-64			4203	
		K1	Goesnes	210538.0	125807.8		01-01-84			5000	
		M58	Gospinal-Jalhay	263060.4	136687.1		01-09-51	01-06-96		5704	
	Belgoc ontrol	H0	Gosselies	155384.4	127810.1		01-01-71			4204	
				155384.0	127810.0	10-minuten, uurlijks	01-01-67	heden			pluviograaf
	KMI	NN4	Gouvy	263234.9	98121.0	dagelijks	01-05-53			6103	pluviometer
		NN0	Grandmenil	243131.4	114045.8		01-09-70	01-12-82		6206	
			Grandmenil (Chêne-Al-P.)	243131.0	114046.0	uurlijks	01-01-70	01-12-82			pluviograaf
				243131.0	114046.0	10-minuten	01-01-70	01-12-82			
		K55	Hamois-en-Condroz	205879.3	114786.7	dagelijks	01-01-51	01-12-96		5103	pluviometer
		KV10	Han-Sur-Lesse	208578.1	90683.4		01-05-97			5308	
		IV54	Hastière	182189.1	98737.8		01-01-51			4806	
		K54	Havelange	212462.7	119928.3		01-01-51			5102	
		MS15	Heid de Goreux	245198.9	128792.7		01-01-51	01-05-83		5808	
		L3	Herbestal	265153.2	151722.3		01-01-51	01-05-83		5402	
		GV53	Hermalle-sous-Argenteau	242328.5	155102.8		01-01-51	01-07-94		3707	
		L2	Herve	250838.7	148398.7		01-01-51	01-11-54		5401	
		L7		251224.5	148777.0		01-10-52	01-10-83		5405	
		M56	Hestreux (Jalhay?)	268104.4	141032.2		01-09-51			5702	
		NN53	Heyd	232546.1	116743.5		01-01-71			6106	
		NN1	Hives	236713.2	94066.6		01-01-51			6100	
		M57	Hockai	265813.8	130627.6		01-01-51			5703	
		NPS4	Hollange-Sainlez	245540.0	69125.7		01-01-51			6309	
		MS4	Holzheim	286929.0	117318.2		01-11-84	01-06-92		5709	
		MS2	Honsfeld	285560.2	120559.2		01-01-51	01-12-80		5707	

NNS1	Houffalize	251497.4	92444.1		01-01-51	01-11-90		6109	
KV55	Houyet	195448.3	97537.5		01-01-51			5305	
GV1	Huy	211072.1	134188.1		01-01-51	01-06-83		3700	
GV56	Ivoz-Ramet	227192.2	142033.0		01-01-51			3900	
K15	Izier (Durbuy)	235987.1	120321.4		01-04-97			5206	
MV51	Jalhay-Gileppe	263424.5	142628.9		01-01-51	01-03-96		6001	
K14	Jambes (Géronsart)	187231.6	126054.7		01-01-92			5205	
GV62	Jambes (Grand-Malades)	187313.8	128372.7		01-08-85			3909	
G51	Jeneffe	220078.3	150246.0		01-01-54	01-12-92		3604	
M8	La Gleize	255792.6	124853.7		01-01-51	01-01-97		5604	
H10	La Hestre	141638.9	129049.6		01-05-86			4205	
IV53	La Plante	185256.7	126319.2		01-01-51			4805	
M59	La Reid	253491.7	133430.4		01-01-51	01-11-92		5705	
NN52	La Roche en Ardenne	236118.9	97641.5		01-01-51	01-07-76		6105	
NV0	Lacuisine	216880.9	49530.4		01-10-72	01-06-83		6705	
NV51		218644.2	44732.4		01-01-51			6701	
		218644.0	44732.0	10-minuten, uurlijks	01-09-66	heden			pluviograaf
HV2	Landelies	149960.6	118599.4	dagelijks	01-09-85			4404	pluviometer
G5	Landen	200043.2	160491.9		01-01-51	01-10-96		3404	
G25	Landenne	198661.9	133965.8		01-07-97			3512	
KV4	Lessive	205632.9	91176.9		01-06-74			5307	
NN54	Libin	213884.5	73966.2		01-01-51	01-12-80		6107	
NP14	Libramont	220595.2	69848.7		01-07-74			6505	
NP10	Libramont (SNCB)	222595.4	67959.8		01-01-51	01-08-83		6305	
GV54	Liège-Monsin	239863.0	151227.7		01-01-51			3708	
H16	Lobbès	142289.3	115051.6		01-08-51	01-07-84		4101	
NP52	Longlier	228085.4	60930.4		01-01-51			6306	
MS13	Lorce	247800.5	124668.4		01-01-51	01-04-86		5807	
FS52	Luitre	151576.1	132998.5		01-01-51	01-10-83		3302	
NN9	Maissin	208117.3	72880.3		01-10-68	01-05-92		6203	
		208117.0	72880.0	10-minuten, uurlijks	01-10-68	01-05-92			pluviograaf

KNMI-code	Naam station	start waarnemingen	X (Parijs)	Y (Parijs)	X (Lam72)	Y (Lam72)
N973	Beek N	31/05/1946	185	326	251600.40	180172.41
N979	Echt	30/06/1971	192	345	258340.62	199265.26
N950	Eysden Breust	1/01/1992	178	310	244820.09	164079.76
N980	Epen	1/05/1980	192	308	258844.46	162271.22
N971	Noorbeek	16/11/1943	185	310	251818.66	164175.35
N966	Schinnen	1/10/1912	189	327	255586.12	181226.78
N965	Schaesberg	1/11/1908	200	323	266638.72	177377.17
N982	Schinveld	1/05/1995	197	332	263516.84	186334.92
N962	Ubachsberg	03/04/1886	192	318	258708.22	172269.21
N963	Valkenburg	1/03/1904	187	319	253695.51	173200.88
N968	Vaals	29/12/1919	198	309	264829.55	163352.71
N974	Buchten	1/09/1948	185	339	251423.14	193170.59
N969	Stein	1/12/1925	181	330	247546.43	184117.23

Tabel 8 - Temperatuurmetingen in het Limburgs en Waals gedeelte van het Maasstroomgebied

Beheerder	Eigenaar	Nr. station	Naam	Lambx	Lamby	Opslag-frequentie	Start meet-periode	Einde meet-periode	Start 2de meet-periode	code TT KMI	Aard gegevens		
<b>Meetreeksen Maasbekken Provincie Limburg</b>													
KMI	KMI	EL10	Achel	227840.8	221779.5	dagelijks	01-12-55	01-12-88		805	Min./Max. Thermometer		
		G23	Bilzen	229940.6	173256.2		01-11-92			1111			
		EL2	Genk	229707.0	192321.5		01-05-68	01-12-84		801			
		EL2	Gerdingen-Bree	235290.4	204742.4		01-12-53	01-12-66		801			
		G12	Glons	233289.9	160668.5		01-12-53	01-01-64		1107			
		EL3	Houthalen	226834.3	188909.5		01-12-53	01-12-73		802			
		G21	Juprelle	230913.8	155841.1		01-01-62	01-03-64		1203			
		EL11	Kessenich	252518.7	204621.5		01-11-88			809			
		Lu. M.	EL6	Kleine Brogel	226430.9	207015.0		01-12-53				803	
		KMI	EL1	Koersel	213351.7	194445.3		01-01-82				800	
	EL9		Lanaken	242434.5	177913.1		01-12-89			808			
	EL1		Leopoldsburg	212506.5	199936.3		01-01-00	01-12-81		800			
	EL5		Meeuwen	230444.5	200059.7		01-02-74			806			
	L4		Voeren	254759.6	159694.5		01-09-81	01-12-86		1603			
				254760.0	159695.0	3-uurlijks	01-09-81	01-12-86			Thermohydrograaf		
	L9	Voeren (Grav)	247376.8	161220.8	dagelijks	01-07-87			1499	Min./Max. Thermometer			
	G15	Waremmé	212168.7	154657.8		01-11-80			1200				
<b>Meetreeksen Waals gedeelte stroomgebied</b>													
KMI	KMI	GV6	Angleur	235891.3	146680.1	dagelijks	01-12-53			1206	Min./Max. Thermometer		
		O10	Arlon (FUL)	255002.5	42387.1		01-07-92			1812			
		O4	Arlon (gare)	254120.0	42400.8		01-12-53	01-05-96		1808			
		O7	Aubange	253152.1	30175.2		01-06-85			1804			
		GV5	Ben-Ahin	206725.7	133459.6		01-11-94			1211			
		MS8	Beverce	268993.0	126093.4		01-12-53	01-11-92		1601			
		Belgo control	G13	Bierset	226318.6	147984.5		01-12-53				1108	
					226319.0	147985.0	3-uurlijks	01-01-67	heden				Thermohydrograaf
		KMI	NP3	Bièvre	196539.4	70356.2	dagelijks	01-12-53	01-07-96			1707	Min./Max. Thermometer
			M3	Botrange	272394.5	133465.4		01-12-53	01-12-84			1505	
	M1		Botrange-parc	272753.5	133288.3		01-11-84	01-08-89		1510			
	NV52		Bouillon	200769.3	53338.8		01-02-59	01-10-85		1800			
	MS11		Burg-Reuland	276169.7	99958.7		01-11-84	01-10-94		1610			
	O8		Buzenol	237885.9	34693.0		01-07-87			1810			
	NP2		Carlsbourg		200996.8	65082.5		01-12-54	01-04-87		1706		
					200997.0	65083.0	3-uurlijks	01-01-67	01-10-86			Thermohydrograaf	
	I24		Cerfontaine		153076.8	95087.1	dagelijks	01-10-67			1309	Min./Max. Thermometer	
					153077.0	95087.0	3-uurlijks	01-01-67	01-01-88				
	NP1		Chimay Forges		148048.6	74323.3	dagelijks	01-12-53			1705	Min./Max. Thermometer	
					148049.0	74323.0	3-uurlijks	01-01-67	heden				
	K57		Ciney		201425.3	109179.5	dagelijks	01-12-53			1401	Min./Max. Thermometer	
					235745.4	130299.0		01-10-87	01-09-94		1413		
	KV52		Comblain-Au-Pont		235745.4	130299.0		01-05-54	01-09-87		1406		
				192421.4	116206.2		01-10-68	01-03-98		1404			
	I2	Denée Maredsous		178329.3	108386.9		01-12-53	01-12-83		1301			
				206041.8	54164.1		01-11-85			1711			
	NV54	Dohan		166318.2	87418.1		01-10-65			1303			
				166318.0	87418.0	3-uurlijks	01-01-67	heden			Thermohydrograaf		
	Lu. M.	M24	Elsborn		278687.7	131668.3	dagelijks	01-01-87			1512	Min./Max. Thermometer	
					278688.0	131668.0	3-uurlijks	01-01-87	heden			Thermohydrograaf	
	KMI	NN3	Erezée		237115.5	109400.5	dagelijks	01-11-85			1710	Min./Max. Thermometer	
					172466.3	141358.6		01-01-63			1009		
					276755.7	141450.2		01-11-85			1511		
					214719.0	142018.9		01-01-86			1210		
					237811.3	80487.9		01-12-96					code TT KMI:
	Lu. M.	I7	Florennes		170768.1	103068.0		01-12-53			1302		
					170768.0	103068.0	3-uurlijks	01-10-70	heden			Thermohydrograaf	
	KMI	G20	Forville		195428.7	141013.0	dagelijks	01-08-87			1208	Min./Max. Thermometer	
					237855.5	131477.2		01-05-95			1417		
					269942.0	123426.1		01-06-85			1612		
					144963.0	76859.0		01-12-97			1314		
					178150.7	97324.3		01-10-67	01-02-89		1308		
					178151.0	97324.0	3-uurlijks	01-01-68	01-01-88				Thermohydrograaf
KMI	H8	Godarville		144560.1	131795.8	dagelijks	01-09-73	01-12-85		604	Min./Max. Thermometer		
				210538.0	125807.8		01-01-84			1410			
	Belgo control	H0	Gosselies		155384.4	127810.1		01-01-71				603	
KMI	NN4	Gouvy		263234.9	98121.0		01-12-54			1702			
				208578.1	90683.4		01-05-97			1429			
	IV54	Hastière	182189.1	98737.8		01-12-53			1307				

L3	Herbestal	265153.2	151722.3		01-12-53	01-05-83		1502	
L7	Herve	251224.5	148777.0		01-12-53	01-10-83		1503	
NN1	Hives	236713.2	94066.6		01-08-77			1701	
M57	Hockai	265813.8	130627.6		01-10-57			1602	
MS4	Holzheim	286929.0	117318.2		01-11-84	01-06-92		1608	
KV55	Houyet	195448.3	97537.5		01-12-53			1407	
GV1	Huy	211072.1	134188.1		01-12-53	01-06-83		1205	
K15	Izier (Durbuy)	235987.1	120321.4		01-04-97			1418	
MV51	Jalhay-Gileppe	263424.5	142628.9		01-12-53	01-03-96		1605	
K14	Jambes (Geronsart)	187231.6	126054.7		01-08-92			1416	
M8	La Gleize	255792.6	124853.7		01-10-53			1509	
H10	La Hestre	141638.9	129049.6		01-05-86			607	
NN52	La Roche en Ardenne	236118.9	97641.5		01-12-53	01-07-76		1701	
NV0	Lacuisine	216880.9	49530.4		01-10-72	01-06-83		1802	
NV51		218644.2	44732.4		01-11-66			1801	
		218644.0	44732.0	3-uurlijks	01-01-67	heden			
HV2	Landelies	149960.6	118599.4	dagelijks	01-09-85			606	Min./Max. Thermo meter
KV4	Lessive	205632.9	91176.9		01-06-74			1400	
NP14	Libramont	220595.2	69848.7		01-07-74			1803	
NP10	Libramont (S.N.C.B.)	222595.4	67959.8		01-12-53	01-08-83		1709	
GV54	Liège-Monsin	239863.0	151227.7		01-12-53			1207	
H16	Lobbès	142289.3	115051.6		01-12-53	01-07-84		601	
NN9	Maissin	208117.3	72880.3		01-10-68	01-05-92		1700	
		208117.0	72880.0	3-uurlijks	01-11-83	01-05-92			
IV2	Malonne	180743.2	125518.3	dagelijks	01-01-54			1305	Min./Max. Thermo meter
I3	Malonne (Haute Fontaine)	182763.4	124325.5		01-09-97			1313	
HV4	Marcinelle	154447.5	116469.4		01-12-53	01-08-74		605	
NP7	Marvie	0.0	0.0		01-08-98			1716	
MS16	Maspelt	277219.9	102487.3		01-11-89			1613	
I51	Mettet	170435.7	112089.0		01-05-69	01-10-91		608	
M55	Mont-Rigi	270189.8	135052.6		01-01-76			1600	
NPS7	Morhet	238621.4	71292.7		01-09-69	01-12-86		1704	
MS17	Murringen	287675.1	123581.2		01-07-92			1614	
O5	Mussy-La-Ville	242298.7	29112.1		01-11-70	01-10-78		1809	
O9		243598.3	29505.4		01-09-90			1811	
NN6	Nadrin	243761.4	94093.9		01-12-77			1703	
		243761.0	94094.0	3-uurlijks	01-12-77	heden			
MS18	Neidingen (St.-Vith)	276633.6	105440.2	dagelijks	01-07-97			1615	Min./Max. Thermo meter
K0	Ouffet Neblon Le Moulin	227686.5	123190.0		01-07-73	01-12-87		1408	
GV2	Ougrée-Cointe	234749.9	146754.2		01-11-64	01-12-88		1209	
NP4	Petite Chapelle (Couvins)	160129.3	70810.5		01-02-90			1713	
K6	Ramelot	218033.3	129144.0		01-01-60	01-07-96		1402	
KV1	Rochefort	211035.4	96365.8		01-12-53			1405	
		211035.0	96366.0	3-uurlijks	01-01-67	heden			
I50	Saint-Gérard	175979.2	115234.2	dagelijks	01-12-91			1311	Min./Max. Thermo meter

G24	Vedrin	184880.9	132403.8	01-08-97			1112
L10	Verviers	256367.5	143253.9	01-05-71	01-04-88		1501
MS12	Vielsalm	260557.1	110395.3	01-11-84			1607
O0	Virton	233636.1	29124.4	01-12-53			1805
O2		231745.5	29218.9	01-12-53	01-12-76		1807
O1	Virton (Fouss)	233472.5	29307.3	01-12-53	01-04-83		1806
GV52	Visé	243004.0	160152.0	01-01-51			1211
NM5	Vlessart	242121.5	54510.6	01-10-84			1611
L5	Walhorn	267641.3	155517.4	01-04-73			1504
IV3	Waulsort	185381.5	98851.0	01-12-53	01-11-77		1306
K7	Werbomont	243835.0	120084.4	01-12-53			1411

**Tabel 9 - Evaporatiemetingen in het Limburgs en Waals gedeelte van het Maasstroomgebied**

Beheerder	Eigenaar	Nr. station	Naam	Lambx	Lamby	Opslag-frequentie	Start meet-periode	Einde meet-periode	Start 2de meet-periode	
<b>Meetreeksen Maasbekken Provincie Limburg</b>										
KMI	Belgo control	G13	Bierset	226318,6	147984,5	dagelijks	01-01-67			
	KMI	EA25	Geel	193490,6	205459,4		01-08-97			
		EA26	Mol	201346,2	210939,9		01-01-67	04-01-96		
		L4	Voeren	254760,0	159695,0		01-01-82	01-12-86		
<b>Meetreeksen Waals gedeelte stroomgebied</b>										
KMI	KMI	NP2	Carlsbourg	200997,0	65083,0	dagelijks	01-01-67	01-10-86		
		I0	Dourbes	166318,2	87418,1		01-01-67			
		FS0	Ernage Gembloux	172466,3	141358,6		01-01-67			
	Lu. M.	I7	Florennes	170768,1	103068,0		01-01-70			
	KMI	KMI	NP1	Forges	148048,6		74323,3	01-01-67		
			I6	Gochenée	178151,0		97324,0	01-10-67	01-02-89	
			NV51	Lacuisine	218644,2		44732,4	01-01-67		
			NN9	Maissin	208117,0		72880,0	01-01-70	01-12-91	
			NN6	Nadrin	243761,4		94093,9	01-01-67		
			KV1	Rochefort	211035,4		96365,8	01-01-67		
			I23	Soumoy	155415,8		97838,9	01-01-70		
			Belgo control	M6	Spa		255836,7	131499,1	01-01-67	01-08-86
	NP8	St-Hubert		223905,2	81357,7		01-01-67			

**Tabel 10 - Overzicht hydrografische meetreeksen Vlaanderen en Nederland (Bronnen: Berger & Muggie 1994 en websites AWZ/waterstanden en Waterland)**

**Legende beheerder:** **c= Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap**  
**d= Rijkswaterstaat en Provinciale waterstaat Limburg**  
**e= Waterschap Roer en Overmaas**

Meetstation	Waterloop	Land	Bemeten oppervlakte (km²)	Beheerder	begin metingen	einde metingen	x	y	code	opmerkingen	Type meting	Meetmethode	Opslagfrequentie metingen							
Moelingen (Q)	Benouwe	België	127.2	c	11/12/1985		244761.00	161443.00	561 Moelingen		debiet	QH relatie	per 2 minuten omgerekend naar uurwaarden							
Moelingen														waterstand	vlotterlimnigraaf met rol					
St-Martensvoeren (Q) AMWA 871	Veurs		9.23				2/03/1967		251971.00	160858.00	569 St-Martens-Voeren (AMWA 871)		debiet	QH relatie						
St-Martensvoeren AMWA 871																				
s Gravenvoeren/Noorbeek AMWA 872	Noorbeek		9.66		61.85			geen gegevens	2/03/1967	250215.00	162506.00	568 's Gravenvoeren		waterstand	vlotterlimnigraaf met rol					
s Gravenvoeren/Voer afgeschaft																				
Lauw (Q) AMWA 860	Voer		228.92						23/09/1966	3/08/2000	223688.00	159106.00	556 Lauw (AMWA 860)	afgeschaft	debiet	QH relatie	continu op papier			
Lauw AMWA 860																				
Mal (Q) AMWA 967	Jeker		351.88						1/01/1997		231220.00	162617.00	555 Mal (AMWA 967)		debiet	QH relatie				
Mal AMWA 967																				
Kanne (Q) stuw B-NI grens													10/05/1970	17/03/1995		5531 Kanne stuw B-NI gens		afgeschaft	QH relatie	per 2 minuten omgerekend naar uurwaarden
Kanne													11/08/1992		241720.00	168188.00		5533 Kanne (Hopw. stuw)	metingen verlegd tot 10 m achter stuw	
							11/04/1990				5535 Kanne (Hildep stuw)	meting boven klep stuw		berekend op basis van stuwstand en opwaarts peil						
Nekum		Nederland		e	1/01/1971		241857.62	169383.22				vlotter								
Kanne-Noord (Vroenhoven) (Q)	Albertkanaal	België	n.v.t.	c	12/10/1998		240088.00	169124.00	572 Kanne		debiet	ADM	per 2 minuten omgerekend naar uurwaarden							
Genk								0/12/2002	230537.00	180244.00	571 Genk									
Eysden-grens	Maas	Nederland	20588	d	1/01/1976		242723.19	161661.14	MSW-ELUS		waterstand	DNM	per 10 minuten							
Maastricht St-Pieter Noord (Q)								1/01/1991	243593.11	169712.95	MSW-SINT			debiet	ADM					
Maastricht St-Pieter Noord								21/02/1990						waterstand	DNM					
Borgharen-dorp (Q)								1/01/1911	243050.28	174455.67	MSW-BORD	b/m 1932 gebaseerd op QH-relatie Vise		debiet	QH relatie					
Borgharen-dorp								1/01/1975				1930 t/m 1974 meting te Borgharen beneden		waterstand	DNM					
Lanaken-Smeermaas (Q)	België		21260	c	18/10/1985		242550.00	176287.00	508 Lanaken		debiet	QH relatie	per 2 minuten omgerekend naar uurwaarden							
Lanaken-Smeermaas																				
Eisloo	Gemeenschappelijke Maas	Nederland	21590	d	11/06/1938		247440.23	183985.88	MSW-ELSL	na 1995 00 m. in bovenstroomse richting verplaatst	waterstand	DNM	per 10 minuten							
Dilsen-Rotem (Stokkem)		België	21782	c	9/12/1963		247992.00	193369.00	506 Rotem		waterstand	DNM								
Grevenbicht		Nederland		d	1/01/1874		247971.36	193283.52	MSW-GREV		waterstand	DNM								
Maaseik (Q)		België		21787	c	1/01/1979		250429.00	199258.00	505 Maaseik		debiet		QH relatie	per 2 minuten omgerekend naar uurwaarden					
Maaseik									7/06/1973											
Maaseik (Q)	Nederland		21790	d	08/06/1848		250142.34	199093.54	MSW-MAAE	om het debiet van Maaseik te berekenen doet RWS beroep op de QH-relatie van Vlaanderen	debiet	QH relatie	n.v.t.							
Maaseik																				
Stevensveert																				
Borgharen Julianakanaal																				
Bunde (Q)																				
Bunde	Julianakanaal		n.v.t.		1/01/1979		245008.05	177402.36	MSW-BUND		debiet	ADM	per 10 minuten							
Bunde																				
Echt			317/0/1995		31/10/1995		253672.10	200601.65	MSW-ECHT		waterstand	DNM								
Smeermaas																				
Bree-beek	Zuid-Willersvaart	België		c	9/03/1973	28/09/1995	236774.00	206782.00	536 Bree-beek		waterstand	vlotter/ott								
Lozen		Nederland		d	1/01/1979		236494.80	213438.76	MSW-LOOZ		debiet	ADM								
Lommel	Kanaal Bocholt-Herentals	België		c	1/01/1969		212408.00	215759.00	028 Lommel		debiet	ADM	per 10 minuten							
Meerssen	Geul	Nederland	338	e	1/01/1994		245475.05	176524.73			waterstand									
								1/01/1969						debiet	drukopnemer					
Roosteren	Gelenbeek				1/01/1971		252515.04	197437.78			waterstand									
Opoeteren (Q) AMWA 831	Bosbeek	België	61.92	c	18/12/1984		241490.00	197086.00	518 Opoeteren (AMWA 831)		debiet	QH relatie	per 2 minuten omgerekend naar uurwaarden							
Opoeteren AMWA 831																				
Bree (Q) AMWA 833/2	Abeek	58.42					17/12/1984		236034.00	206967.00	513 Bree (AMWA 833/2)		debiet	QH relatie						
Bree AMWA 833/2																				
Kessenich (Q) AMWA 832	Witbeek	51.70					17/12/1984		252370	205749	517 Kessenich (AMWA 832)		debiet	QH relatie	continu op papier					
Kessenich AMWA 832																				
Heel beneden	Lateralkanaal	Nederland	n.v.t.	d	1/01/1973		258454.69	208517.65	MSW-HEEO		waterstand	vlotterlimnigraaf met rol	uurlijks							
Heel boven	Gemeenschappelijke Maas				1/01/1973		258327.99	208258.95	MSW-HEEB				DNM	per 10 minuten						
Linne beneden	Maas				1/01/1930		258848.02	207542.91	MSW-LINN					uurlijks						

**Tabel 11 - Overzicht hydrografische meetreeksen Wallonië en Frankrijk (Bronnen: Berger & Muggie 1994 en websites SETHY, DIREN Lorraine)**

Legende beheerder: a= DIREN Lorraine

b= SETHY

Meetstation	Waterloop	Land	Bemeten oppervlakte (km²)	Min.afvoer bij laagwater 1976 (m³/s)	Laagwaterdebiet (l/10l)	Beheerder	begin metingen	x	y	coördinatenstelsel	code	opmerkingen	Type meting	Meetmethode	Opslagfrequentie metingen					
Boncourt	Maas	Frankrijk	364		0.067	a	14/11/1971	843470	2365250	Lambert II étendu	B 105 0010			QH relatie						
Neufchâteau			862		0.028				848030	2378800	Lambert II étendu					QH relatie				
Domrémy																				
Commercy					2320			1.67	22/05/1995	840190	2423850	Lambert II étendu	B 315 0020	debeten beïnvloed door voeding kanaal (St-Mihiel heeft daar minder last van)			QH relatie			
Ally s/M. (Saint Mihiel)					2540			1.9	26/06/1968	834410	2435050	Lambert II étendu	B 222 0010				QH relatie			
Stenay					3904		3.45	5.55	1/01/1982	806010	2503400	Lambert II étendu	B 315 0020				QH relatie			
Montcy Notre Dame (Charleville Mézières)					7724			17.1		772800	2534330	Lambert II étendu	B 507 0010	dit station meet het debiet in de bocht, zonder rekening te houden met het debiet dat door de bevaarbare afsnijding loopt						
Monthemé					9170			19.5		04/00	772280	2545240	Lambert II étendu		dit station is slechts een theoretisch station, gebaseerd op berekeningen					
Chooz					10120		10.2	20.8	a+b	2/02/1953	777057	2569084	Lambert II étendu	B 707 0010	goed station voor alle afvoeren		QH relatie			
Amay			België						b		217370	136670	Parijse (Lambert)				ADM			
Ampsin-Neuville																				
Visé																				
Lixhe										243320	158030	Parijse (Lambert)				ADM				
Soulousse-sous-Saint-Elophé	Vair				443		0.0385			1/07/1968	851460	2383990	Lambert II étendu	B 201 2010						
Othe	Offrain				247		0.26			1/09/1966	825080	2504070	Lambert II étendu	B 435 2010						
Cheveuges	Bar				389															
Lafrancheville	Vence				124		0.395			3/04/1968	771580	2528240	Lambert II étendu	B 522 2010						
Belval	Sornonne				368		0.775			10/10/1969	765930	2533910	Lambert II étendu	B 537 2010						
Sommerecourt	Mouzon				200		0.04			?	847210	2363600	Lambert II étendu	B 105 ....						
Villars					405															
Chauweny-Je-Château	Chiers				1700		4.59			1/08/1957	815000	2506000	Lambert II étendu	B 450 1010	kwaliiteit geschikt voor het bepalen van lage en					
Carignan			1967		4.38		1/11/1965	804120	2518370	Lambert II étendu	B 453 1010	gemiddelde afvoeren, maar geen piekafvoeren								
Haulmé	Semois		1336		2.07			776370	2543510	Lambert II étendu	B 611 1010									
Membre		België	1235		0.54	b														
Landrichamps	Houille	Frankrijk	186			a														
Felenne																				
Vierves	Virvin																			
Treignes			554		0.21															
Hastière (e)	Hermelton		161																	
Houyet	Lesse																			
Bendron			1314		0.71															
Varamant	Mollignée		127																	
Yvoir	Bocq																			
Evrehailles			188																	
Solre-sur-Sambre																				
Thuin	Sambre					b														
Marcinelle																				
Namur (Satzinnes)		België	2863											afvoer over stuw	1/1dag					
Marchin	Hoyoux		246																	
Moha	Mehaigne		345																	
Verviers	Vesdre		333																	
Chaufontaine			677		2															
Martiniève	Amblève		1044		2															
Nisramont																				
Tabreux (Hamoir)	Ourthe		1597		0.64															
Angleur																				
Dalhem	Berwinne		118			b ?														
Berneau						?														
Bergilers	Joker																			
Haccourt	Albertkanaal		n.v.t.			b								ADM						

Tabel 12 - Overzicht peilbuizen DOV

Meet-net	Beheerder	Eigenaar	Gemeente	Lambx	Lamby	Start meetperiode	Einde meetperiode	Code DOV	Diepte (m)	HCOV
1	Afdeling Water	AMINAL	As	234550	189180	14-03-96		7-0349	149	0300
				233945	189330	14-03-96		7-0350	91	0253
				234550	189180	14-03-96		7-0367	149	0300
			Bocholt	233600	209350	8-04-98		7-0356	283.86	0252
				238095	210180	18-05-98		7-0357	264	0252
				238100	210180	18-05-98		7-0358	264	0252
			Bree	238885	201030	16-04-97		7-0353	84	0253
				241670	203290	16-04-97		7-0355	260	0252
			BGD	247762	196520	15-10-84		7-0186	261	0252
			AMINAL	Dilsen-Stokkem	241160	192405	14-03-96		7-0351	65
		243910			192395	8-04-98		7-0352	123.71	0253
		246935			194670	16-06-98		7-0359	52	0232
		247250			193560	16-06-98		7-0360	52	0253
		BGD	Hamont-Achel	229514	220782	15-01-91		7-0038	253	0234
				Hechtel-Eksel	221861	205400	30-07-86		7-0201	72
			Kinrooi	249971	203209	26-09-79		7-0101	29.5	0232
		247400		203655	26-09-79		7-0110	33	0232	
		VMW	251850	204925	27-04-79	13-04-01	7-0111	8	0170	
		BGD	244080	203780	26-09-79		7-0112	30	0232	
		AMINAL	251365	204540			7-0361	72	0211	
			Lommel	219775	214740	1-03-84		7-0174	30	0232
		VMW	250370	201575	27-04-79		7-0118	12	0170	
		BGD	Maaseik	243510	197585	26-09-79		7-0138	26	0232
				245905	197990	26-09-79		7-0139	28	0232
		AMINAL	250510	200945	18-06-97		7-0342	260	0252	
			250510	200940	18-06-97		7-0343	260	0252	
		VMW	237755	184400	14-01-87		7-0125	26	0253	
		IHE	241196	184135	15-05-98		7-0196			
		VMW	231045	193605	14-01-87		7-0140	12	0170	
		CORENOX	236030	195710	7-02-94		7-0366	45	0252	
			222643	215646	1-02-84		7-0172	26	0232	
		BGD	227728	213921	14-01-88		7-0272	300	0252	
		VMW	231650	191115	14-01-87		7-0134	15	0160	
AMINAL	Opglabbeek	232660	194640	14-03-96		7-0345	17.5	0252		
		234085	194595	14-03-96		7-0346	17	0100		
		238350	194480	14-03-96		7-0347	13	0252		
	Overpelt	220730	213030	14-10-83		7-0176	30	0232		
BGD	Peer	226779	202850	30-07-86		7-0202	102	0252		
		234400	163800	28-01-69		7-0047	30	1112		
		236258	167540	13-01-87		7-0203	45	1112		
	Tongeren	222900	160350	28-01-69		7-0041	28	1112		
AMINAL	Zutendaal	236820	181175	14-10-96		7-0340	202.7	1112		
		236825	181175	14-10-96		7-0341	202.7	1112		
VMW	Kinrooi	251845	205350	12-05-97		7-0362	75.7	0212		
VMW	Maasmechelen	239570	184195	14-01-87		7-0104	38	1035		
Afdeling Water	IHE	Bree	240920	200910	14-01-87		7-0095	27.35	0232	
2	Afdeling Water		Maaseik	251100	200400			7-0113	8	0100
		As	233485	188505	14-01-87		7-0132	12	0160	
	Afdeling Water	VMW	Dilsen-Stokkem	246950	194330	26-03-79		7-0136	8.5	0170
			Maasmechelen	241085	184170	14-01-87		7-0091	14.6	1035
			Peer	227140	196675	15-02-94		7-0365	39	0000
	VMW	AMINAL	Dilsen-Stokkem	241100	191500	14-01-87	14-02-96	7-0135	43	1035
				239810	190325	14-01-87		7-0137	38	1035
245505				204900	16-04-97		7-0354	252	0252	
4	?		As	235260	188360			7-0098		
				235280	190560			7-0114		
				234360	189730			7-0124		
			242400	191610			7-0157			
			Dilsen-Stokkem	245160	194700			7-0158		
				246420	192360			7-0159		
			Lommel	215320	216420			7-0166	203	0252
			Meeuwen-Gruitrode	238740	196290			7-0122		
				234860	194260			7-0081		
				235760	193140			7-0082		
		236790		194780			7-0083			
		Opglabbeek	236230	191820			7-0119			
			231440	192070			7-0223			
			219660	211846			7-0182	300	0254	
		Overpelt	219652	211846			7-0183	300	0254	
			222990	160310			7-0042			
		BGD	Tongeren	222990	160310			7-0042		
	Zutendaal	236180	180880			7-0153				
SCK	SCK	Lommel	212425	217790	4-03-81		7-0325	560	0254	
			212426	217790	4-03-81		7-0326	560	0254	

			Overpelt	219510	210580	28-12-76	11-12-89	7-0026	81	0252
5	VMW	VMW	Kinrooi	247965	203132			7-0255		
				247965	203132			7-0256		
				247836	203024			7-0258		
				247836	203024			7-0287		
				247891	203061			7-0289		
			247891	203061			7-0290			
			Lommel	216208	216361			7-0235		
				214212	216617			7-0239		
				214716	216630			7-0245		
				215191	216623			7-0278		
			As	234848	189298			7-0262		
				235002	189787			7-0263		
				234294	189055			7-0264	13	0100
				235351	190197			7-0270		
				235716	190525			7-0271		
			Dilsen-Stokkem	246552	190498			7-0282		
				247198	190024			7-0295		
				247573	190013			7-0315		
			Kinrooi	245567	189854			7-0322		
				247936	203161			7-0253		
				247965	203132	18-01-96		7-0254		
				247836	203024			7-0257		
			Lanaken	248034	202983			7-0285		
				247891	203061			7-0288		
				239686	177259			7-0283		
				239656	177218			7-0291		
			Lommel	242544	180811			7-0306		
				242556	180853			7-0307		
				215733	216520			7-0168		
				215370	216995			7-0181		
				213294	216321			7-0216		
				213306	216298			7-0217		
				215642	216511			7-0220		
				215134	216396			7-0225		
				215514	217375			7-0227		
				212934	217102			7-0228		
				213799	216499			7-0232		
				213091	216691			7-0237		
				212854	216117			7-0238		
				215050	216098			7-0242		
				215018	215641			7-0243		
				220045	215116			7-0246	205	0252
				217437	216868			7-0250		
			215493	216493			7-0251			
			215760	216513			7-0252			
			215737	216571			7-0259			
			217092	216017			7-0260			
			217257	216384			7-0261			
			Maaseik	246013	200434			7-0292		
				246041	200401			7-0293		
246378	199901				7-0303					
245974	200382				7-0304					
246080	200261				7-0305					
Maasmechelen	245317	188514			7-0152					
	247049	188263			7-0274					
	246879	189015			7-0275					
	247163	188774			7-0276					
	247773	188399			7-0279					
	247773	188388			7-0280					
	247950	188509			7-0281					
	246232	187038			7-0284					
	246166	188414			7-0294					
	246080	186741			7-0296					
	247632	188070			7-0297					
	247643	188067			7-0298					
	246925	188702			7-0299					
	246959	188702			7-0300					
	246202	187319			7-0301					
	247440	188781			7-0302					
	246204	188580			7-0308					
	245979	186811			7-0309					
	244632	186956			7-0310					
	247585	188441			7-0311					
246364	189827			7-0312						
247020	188726			7-0313						
246737	189243			7-0314						
246538	189397			7-0316						
246410	188262			7-0317						

				246871	189162			7-0318				
				247022	189000			7-0319				
				247153	188600			7-0320				
				246907	188690			7-0321				
5	VMW	VMW	Neerpelt	226836	212715			7-0170				
				226182	212324			7-0221				
				225575	211942			7-0222	50	0232		
				227496	212782			7-0224				
				226488	212491			7-0226				
				226164	212551			7-0229				
				226194	213765			7-0230				
				226339	212401			7-0231				
				226268	211619			7-0240				
				224901	211982			7-0244	50	0232		
				226242	211806			7-0247				
				226162	213278			7-0248				
						Tongeren	224469	160049			7-0213	
						224126	159517			7-0241		
6		Henri Janssen	Bocholt	233300	210750			7-0078				
		Jan Boonen		228000	216480			7-0031				
		Van Samang		231000	213070			7-0062				
		Mathieu Slenders		231690	218120			7-0063				
		Frans Geusens		228810	217020			7-0064				
		Willy Schuurmans		230450	216700			7-0145				
		Delta Belgium		229120	215620			7-0156				
		Vaesens Alfons		230670	216230			7-0173				
		Brabantia Achel N.V.		226790	218770			7-0177				
		Albert Soons		246160	205220			7-0033				
		Harlinois en Relinoi		250350	203000			7-0053				
		Janssen Willem		215700	216500			7-0167				
		NMWD		215380	217000			7-0180				
		NMWD		215620	217380			7-0185				
		Willem Janssens		216000	217380			7-0190				
		Vanherk Mathieu		224210	217510			7-0066				
		Paesen		226870	212700			7-0169				
		Huyttens De Terbecq		221020	208900			7-0059				
		Geudens-Kwanten		223530	210880			7-0165				
		Weltjens		225350	208740			7-0054				
		gemeentebestuur van		223470	203420			7-0058				
		Jan Vermeulen		226610	203310			7-0061				
		Moors Theodoor		229360	204730			7-0065				
		Antoon Smeets Kuppen		228950	206230			7-0075				
	Mentens-Geussens		222190	202270			7-0076					
	Schoofs J.		225700	200250			7-0077					

**Tabel 13 - Natuurgebieden waar het grondwater wordt gemonitord**

Beheerder	Code IN	Natuurgebied	Gemeente(n)	Lambx	Lamby	Eerste meetperiode	Tweede meetperiode
Afdeling Natuur, Limburg	BWY	Berwijn	Voeren	245500	161000		
	MEC	Mechelse Heide	Maasmechelen	238500	186000	1986-2001	
	ORT	Ortolaan	Hechtel-Eksel & Peer	224800	206000		
	SMA	St. Martensheide	Bree	241000	208000	1998-1999	
	VEU	Veursvallei	St.Martens Voeren	254500	159700		
	ZIE	Ziepbeekvallei	Lanaken	239500	181350	2000-2001	
KU Leuven	ZJU	Zuurbeekbroek	Bree	239500	206200	2001	
	ELS	Elsbroek	Hamont-Achel	230700	219400	2002	
Natuurpunt, Bocholt	SME	Smeetshof	Bocholt	238000	211000	1999-2001	
Natuurpunt, Neerpelt en Noord-Limburg	HAG	Hageven	Neerpelt	223000	217000	1991-2001	
Stichting Limburgs Landschap	SOT	Schotsheide incl. den tōsh	Neeroeteren	246200	198500	2000	
	STA	Stamprooierbroek incl. de Zig & Hasselterbroek	Neerpelt	242500	208500	1994-1995	2000
	WAR	Warmbeekvallei	St. Huibrechts Lille	228600	217000	2000-2001	
	VIJ	Vijverbroek	Ittervoort, Kessenich & Thorn	251500	206500	1996-2001	

**Tabel 14 - Situering studiegebied t.o.v. administratieve grenzen**

Gemeente	Post nummer	NIS nummer	Opp. gemeente (km <sup>2</sup> )	Opp. in Limburgs Maasbekken (km <sup>2</sup> )	Aandeel opp. in Limburgs Maasbekken	Opp. in het studiegebied (km <sup>2</sup> )	Aandeel opp. in studiegebied
Hamont-Achel	3930	72037	43,8	43,8	100%	0,0	0%
Neerpelt	3910	72025	42,9	42,9	100%	0,0	0%
Lommel	3920	72020	102,4	52,1	51%	0,0	0%
Overpelt	3900	72029	40,8	38,9	95%	0,0	0%
Bocholt	3950	72003	59,4	59,4	100%	37,8	64%
Kinrooi	3640	72018	54,9	54,9	100%	54,9	100%
Peer	3990	72030	87,2	87,2	100%	12,8	15%
Bree	3960	72004	64,9	64,9	100%	64,9	100%
Hechtel-Eksel	3940-3941	72038	76,7	17,6	23%	0,0	0%
Meeuwen-Gruitrode	3670	72040	91,2	86,8	95%	85,9	94%
Maaseik	3680	72021	77,0	77,0	100%	77,0	100%
Houthalen-Helchteren	3530	72039	78,0	2,5	3%	0,0	0%
Dilsen-Stokkem	3650	72041	66,0	66,0	100%	66,0	100%
Opglabbeek	3660	71047	25,2	24,3	97%	24,3	97%
As	3665	71002	22,1	19,1	86%	19,1	86%
Genk	3600	71016	87,6	0,2	0%	0,2	0%
Maasmechelen	3630	73107	77,0	76,3	99%	76,3	99%
Zutendaal	3690	71067	32,0	1,4	4%	1,4	4%
Lanaken	3620	73042	58,8	55,8	95%	55,8	95%
Bilzen	3740	73006	76,0	12,2	16%	12,2	16%
Riemst	3770	73066	58,1	51,7	89%	51,7	89%
Tongereren	3700	73083	87,9	54,1	62%	54,1	62%
Voeren	3790	73109	50,6	50,6	100%	50,6	100%
Herstappe	3717	73028	1,3	1,3	100%	1,3	100%
<b>Totaal</b>			<b>1461,8</b>	<b>1041,3</b>		<b>746,6</b>	

	Maasbekken Vlaanderen	Maasbekken Provincie Limburg	Maasbekken Provincie Antwerpen	Provincie Limburg
<b>Opp. (km<sup>2</sup>)</b>	1595,8	1041,1	554,778	2427,6

**Tabel 15 - Overzicht kunstwerken in het Maasstroomgebied van Frankrijk tot en met de Gemeenschappelijke Maas**

Land	Km-punt (Frans)	Naam	Beschrijving	Waterloop	Breedte (m)	Bouwjaar	Stuwpeil (m TAW)	Verval (m)	Aanwezigheid waterkrachtcentrale	
Frankrijk		Troussey	fixe maçonnerie		130	voor 1880		0,9		
	152	Commercy	naaldstuw	Maas ?	27,8	1878	228,69	2,2		
		Boncourt	fixe maçonnerie		185	1880		1		
		Mecrin	fixe maçonnerie		140	voor 1700		1,2		
		Blussot	fixe maçonnerie		170	voor 1700		1,6		
	182	Montmeuse	naaldstuw	Maas ?	40	1878	216,69	2,25		
		Morvaux	fixe maçonnerie		175	voor 1830		1		
	187	Maizey	naaldstuw	Maas ?	43,6	1878	213,42	2,1		
		Bannoncourt	fixe maçonnerie		361,75	voor 1600		1,3		
		Itilly	fixe maçonnerie		180	voor 1700		1,3		
		Monthairons	fixe maçonnerie		229	voor 1700		1,4		
		Grand gueulard	fixe maçonnerie		89	1776		2,5		
	232	Belleville-sur-Meuse	naaldstuw	Maas	72,9	1874/1880	191,76	2		
		Charny	fixe maçonnerie		180	voor 1700		1,8		
		Consenvoye	fixe maçonnerie		170	voor 1600		1,5		
	262	Sivry-sur-Meuse	naaldstuw	Maas	43,6	1874/1880	178,36	2		
		Vilosnes	fixe maçonnerie		186,5	voor 1600		1,2		
		Dun	fixe maçonnerie		133,40; 51,00	voor 1600		2,2		
	284	Sassey	naaldstuw	Maas ?	50,2	1874/1880	169,01	1,5		
		Stenay	fixe maçonnerie		17,80; 28,90; 35,4	voor 1600		1,98		
	298	Stenay	naaldstuw	Maas ?	39,2	1874/1880	161,9	1,8		
		Pouilly	fixe maçonnerie		136	voor 1600		1,67		
	317	L' Alma	naaldstuw	Maas ?	52,45	1875/1880	157,24	2		
		Mouzon	fixe maçonnerie		114,65	zeer oud		2,6		
	332	Villers-devant-Mouzon	naaldstuw	Maas ?	52,2	1875/1880	152,03	1,5		
		Sedan	fixe maçonnerie		128,7	zeer oud		1,6		
		Glaire	fixe maçonnerie		120,6	zeer oud		0,8		
		Donchery	fixe maçonnerie		192	zeer oud		1,5		
	365	Dom-le-Mésnil	naaldstuw	Maas ?	72,25	1875/1880	143,65	1,3		
	375	Romery	naaldstuw	Maas ?	72,6	1870/1875	142,61	1,8		
	380	Mézières	naaldstuw	Maas ?	77	1875/1880	140,65	1,6		
	403	Montcy	naaldstuw	Maas ?	72,45	1870/1875	137,06	1,6		
	404	Joigny	naaldstuw	Maas ?	78,6	1875/1880	135,4	1,8		
	410	Levresy	naaldstuw	Maas ?	78,6	1875/1880	133,87	2,2		
	418	Monthermé	naaldstuw	Maas ?	89,8	1870/1875	131,36	1,8		
	425	La Commune	naaldstuw	Maas ?	88,6	1870/1875	128,19	1,8		
	427	Dames-de-Meuse	naaldstuw	Maas	85,2	1870/1875	126,26	1,8		
	434	Orzy	naaldstuw	Maas ?	95,1	1870/1875	122,89	1,8		
	437	Saint-Nicolas	naaldstuw	Maas ?	88,5	1870/1875	121,2	2,5		
	448	Saint-Joseph	naaldstuw	Maas ?	115,4	1870/1875	117,19	2,6		
	450	L'Uf	naaldstuw	Maas ?	79,8	1870/1875	114,58	2,6		
	454	Vanne-Alcorps	naaldstuw	Maas ?	95,15	1870/1875	112,21	2,4		
	458	Fépin	naaldstuw	Maas ?	89,45	1870/1875	110,02	2,4		
	461	Montigny	naaldstuw	Maas ?	91,6	1870/1875	107,86	2,4		
	467	Mouyon	naaldstuw	Maas ?	129,1	1870/1875	105,52	1,8		
	471	Ham-sur-Meuse	naaldstuw	Maas	106,25	1870/1875	103,74	2,7		
	489	Quatre Cheminées	naaldstuw	Maas ?	111,47	1875	97,29	2,8		
	België	493	Hastière	gecombineerde stuw	Maas		recent omgebouwd			
		498	Waulsort	gecombineerde stuw	Maas		recent omgebouwd			
505		Anseremme	segmentstuw	Maas	4x19	1988	93,2			
509		Dinant	segmentstuw	Maas	4x22,5	1988	90,97			
512		Houx	segmentstuw	Maas	4x22,5	1988	89,14			
517		Hun	segmentstuw	Maas	4x22,5	1987	87,12			
522		Rivière	segmentstuw	Maas	4x22,5	1987	84,32			
527		Tailfer	segmentstuw	Maas	4x22,5	1986	82,27			
534		La Plante	segmentstuw	Maas	4x22,5	1986	80,05			
		Namur-Salzennes	stuw met schutsluis	Sambre						
537		Grands Malades	schuifstuw	Maas	5x22	1984	78,4		x	
553		Andenne-Seilles	schuifstuw	Maas	5x22	1980	74,5		x	
571		Ampsin-Neuville	schuifstuw	Maas	5x24	1958	69,25		x	
586		Ivoz-Ramet	schuifstuw	Maas	5x24	1940	64,45		x	
		Grosses Bâtes	stuw	Ourthe						
603		Monsin	schuifstuw	Maas	6x27	1940	60		x	
610		Hermalle sous Argen-teau	naaldstuw	Maas	1062x0,10		54,3			
617	Lixhe	schuifstuw	Maas	6x27	1980	53,3		x		
Nederland	630	Borgharen	sluis & schuifstuw	Maas	3x23; 1x30	1931	46,33			
	684	Linne	stoneyschuiven (s) en poiréeschotten (p)	Maas	s:3x17; p:15x4	1929	23,13		x	
		Heel	sluis	Lateraal kanaal						

**Tabel 16 - Overzicht capteerders en gecapteerde volumes (indien beschikbaar)**

Capteerder	Gemeente	Sector	Verbruik (m³/jaar)											Terugstorting		
			1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000		2001	
cvba CIRO (centraal bevoeiingssysteem)	Kinrooi	land- en tuinbouw	388454	729312	345513	427384	536563	939330	950121	469686	344663	692236	294179	633903	0%	
Houben Robert	Maasmechelen											x	x	x		
Kortleven Leon													x	x	x	
L.V. Egelmeers-Engels													x	x	x	
Mechels-Maanen													x	x	x	
NV DRAGETRA	Maaseik	grindwasserij				705183.5	845246.5	684211.5	1293523	1357188	1033620	3745	/	?	90%	
Smeets Roger	Maasmechelen	land- en tuinbouw										x	x	x		

**Tabel 17 - Overzicht van de Zuiveringsgebieden in het Limburgs gedeelte van het Maasbekken**

Zuiveringsgebied	Gebied nr.	Inwoners	inw op riool	huid riograad	inw aansluitbaar	inw nooit op riool	toek riograad	RWZI nr.	inw op RWZI	huid zuivgraad
Lanaken	97	24.823	23.935	96,4	367	522	97,9	97	23.456	94,5
Maasmechelen	98	16.703	16.327	97,7	274	102	99,4	98	16.309	97,6
Eisden	99	5.553	5.414	97,5	0	139	97,5	99	5.414	97,5
Tongeren	102	21.948	20.300	92,5	1.404	244	98,9	102	14.887	67,8
Bree	111	26.237	23.843	90,9	356	2.038	92,2	11	23.631	90,1
Bocholt	112	11.185	10.026	89,6	354	804	92,8	112	9.716	86,9
Neeroeteren	113	39.591	36.333	91,8	1.673	1.585	96	113	36.058	91,1
Overpelt	114	19.752	18.931	95,8	415	407	97,9	114	18.695	94,6
Lommel	115	29.958	25.107	83,8	4.219	632	97,9	115	25.107	83,8
Hamont	116	8.526	8.241	96,7	145	140	98,4	116	8.158	95,7
Dilsen	124	25.356	24.150	95,2	593	614	97,6	124	24.091	95
Riemst	133	10.972	10.729	97,8	68	174	98,4	133	9.042	82,4
Peer	134	8.577	7.398	86,3	530	649	92,4	134	7.398	86,3
Achel	137	13.804	12.250	88,7	815	738	94,6	138	12.130	87,9
Eksel	145	14.586	13.595	93,2	625	366	97,5	146	13.551	92,9
Molenbeersel	168	7.101	6.072	85,5	161	868	87,8	171	6.072	85,5
Kessenich	172	4.768	4.335	90,9	53	380	92	177	4.301	90,2
Zichen	193	7.915	7.671	96,9	206	38	99,5	198	6.358	80,3
Lozen	244	2.559	1.674	65,4	173	713	72,2	251	0	0
Moelingen	246	915	768	83,9	111	37	96,1	252	0	0
Teuven	277	873	411	47,1	218	244	72,1	301	0	0
Voeren	278	2.541	1.063	41,8	1.105	373	85,3	302	0	0
Boorseem	279	1.956	1.777	90,8	151	28	98,6	303	0	0
Eben - Emael	353	157	157	100	0	0	100	354	0	0
Maastricht - Bosscherveld (NL)	361	1.026	1.023	99,7	0	3	99,7	270	1.023	99,7

**Tabel 18 - Overzicht Vlaamse en Nederlandse zuiveringsinstallaties in het bekken van de Gemeenschappelijke Maas**

Naam	Type	nr.	Inw. aantal	Q (m³/d) 1999-2000	Q (m³/d) 2001-2002	Bouwjaar	LambX	LambY	Eigenaar	Waterloop
Peer - Breugelhoeve	KWZI	0				gepland	229583,66	206835,69	AQF	
Lanaken	RWZI	97	22907	3093	7888	1983	244051,39	180479,39	VMM	Ziepbeek
Maasmechelen	RWZI	98	15215	1804	1948	1965	243995,30	184257,34	VMM	Kikbeek
Eisden	RWZI	99	5499	633	1639	1975	245302,41	186611,50	VMM	Langbroekbeek
Tongeren	RWZI	102	14585	1639	6806	br	230480,27	163517,64	VMM	Jeker
Bree	RWZI	111	22406	4070	11217	1980	238170,96	205329,01	VMM	Breeërsstadsbeek
Bocholt	RWZI	112	8929	1189	6460	1974	234170,68	208383,55	VMM	Kapelbeek
Neeroeteren	RWZI	113	32503	3962	12048	1979	244658,36	200637,51	VMM	Tapziep
Overpelt	RWZI	114	16889	1949	3657	1967	223815,36	213503,83	VMM	Dommel
Lommel	RWZI	115	25090	7405	11417	1975	220367,74	214013,88	VMM	Eindergatloop
Hamont	RWZI	116	7372	1052	2296	1990	231014,07	218168,93	VMM	Beverbeekloop
Dilsen	RWZI	124	22374	4561	11238	1994	246760,50	194855,50	AQF	Koerbeek
Riemst	RWZI	133	9091	1018	2817	20/10/95	239065,27	171648,02	AQF	Heeswater
Peer	RWZI	134	7212	1260	6766	15/12/95	224730,05	203152,75	AQF	Dommel
Achel	RWZI	138	9621	1078	9586	27/03/98	227552,04	221371,86	AQF	Haagbroekerloop
Eksel	RWZI	146	11787	1320	8206	2/08/99	224191,26	207057,96	AQF	Dommel
Kinrooi - Molenbeersel	RWZI	171	5208	600	2203	18/04/97	247269,14	204369,95	AQF	Lossing
Kessenich	RWZI	177	4058	454	1319	2/08/99	251192,80	204334,75	AQF	Witbeek
Zichen	RWZI	198			2769	25/10/00	238933,18	164936,72	AQF	Zouw
Lozen	RWZI	251				gepland	233904,16	210595,85	AQF	
Moelingen	KWZI	252				gepland	243946,61	161326,67	AQF	
Voeren	KWZI	302				gepland	247095,15	161942,96	AQF	
Teuven	KWZI	301				gepland	256032,40	162072,87	AQF	
Boorseme	RWZI	303				gepland	245763,60	183220,93	AQF	
Eben - Emael		354				?				

RWZI	Totaal (effluent + bufferwater) geloosd in 2002 (m³/jaar x 10 <sup>6</sup> )	LambX	LambY	Waterloop
Heerlen	2597	261630,49	176509,02	Geleenbeek
Hoensbroek	37515	258752,72	179279,88	Caumerbeek (Geleenbeek)
Kerkrade	5643	268335,68	176425,23	Anselderbeek (Geleenbeek)
Maastricht- B'veld	7481			Zuid-Willemsvaart
Maastricht- Heugem	7411	244722,85	168121,40	Zeep
Maastricht- Limmel	13237			Maas
Panheel		255702,46	207854,17	Slijbeek
Rimburg	4876	271279,18	180217,26	Worm (Geleenbeek)
Simpelveld	1647	262722,53	170261,89	Eijserbeek
Stein	3140	247239,63	185787,12	Ur
Susteren	24002	252767,26	195809,09	Vloedgraaf (Geleenbeek)
Wijlre	6760	257479,91	169650,48	Geul

**Tabel 19 - Duur (aantal dagen) van laagwaterperiodes met afvoer te Monsin < 50 m³/s**

Jaar	Aantal dagen Monsin < 50 m³/s	Jaar	Aantal dagen Monsin < 50 m³/s
1911	3	1953	34
1919	4	1954	9
1921	142	1955	33
1928	2	1959	90
1929	6	1962	20
1933	23	1963	3
1934	115	1964	89
1935	25	1967	23
1938	35	1969	36
1939	3	1970	2
1941	1	1971	101
1942	12	1972	16
1943	35	1973	90
1944	21	1974	43
1945	10	1975	22
1946	6	1976	167
1947	106	1977	24
1949	77	1978	22
1952	7	1979	27
Uit De Wildt (1983) in Berger & Mugie (1994)			

# FOTO'S



Foto 1 - Zandwinning aan de bron van de Kikbeek



Foto 2 - Lozingspunt RWZI Eisden in Langbroekbeek aan de voormalige grindwinningsplas Maasbeemden

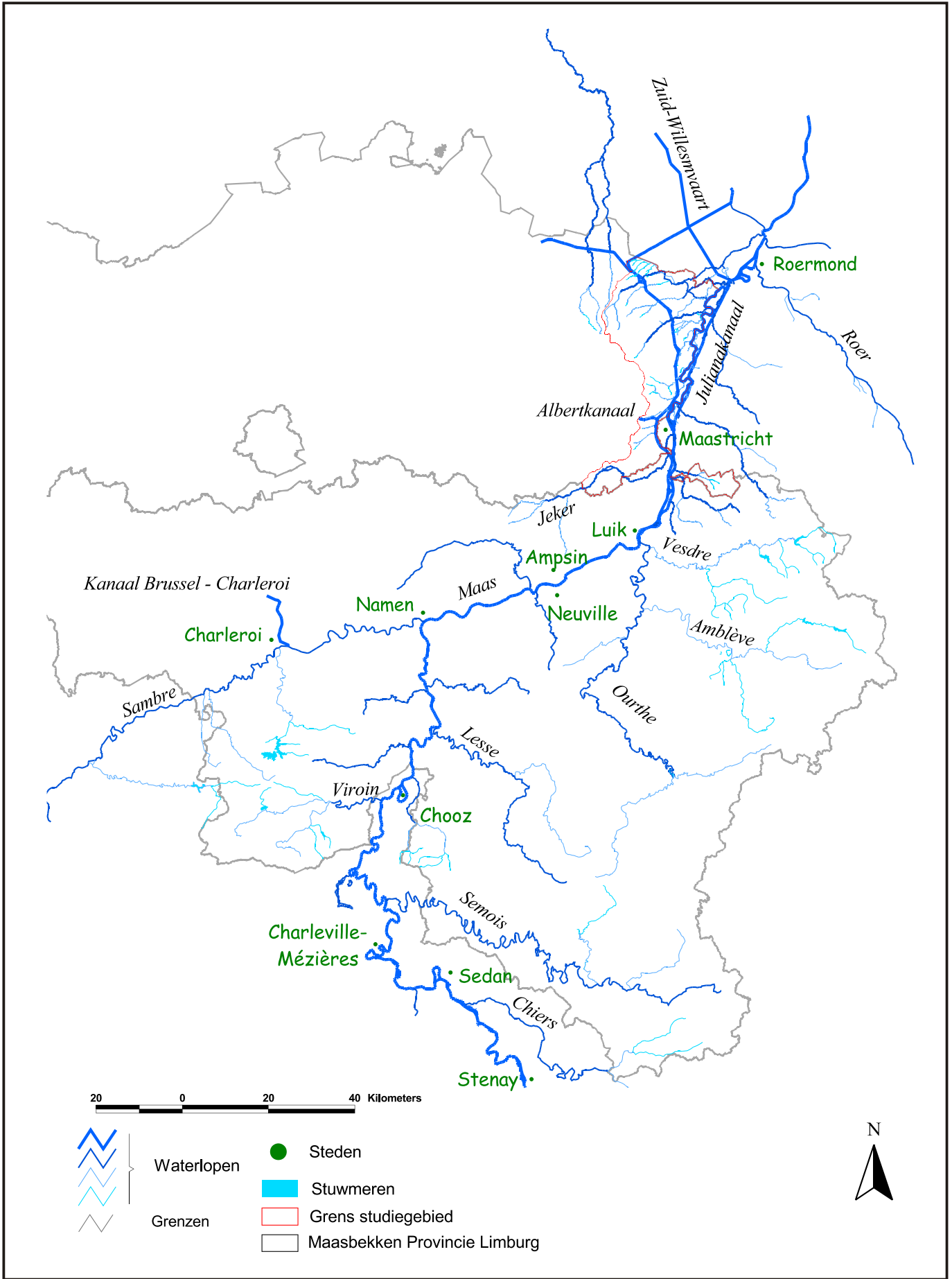


Foto 3 - Oude aanlegkade van Maaseik net stroomopwaarts van de monding van de Zanderbeek



Foto 4 - Waterrecreatie in de voormalige grindwinningsplas te Kessenich (De Spanjaard)

# FIGUREN



Overzicht stroomgebied Maas

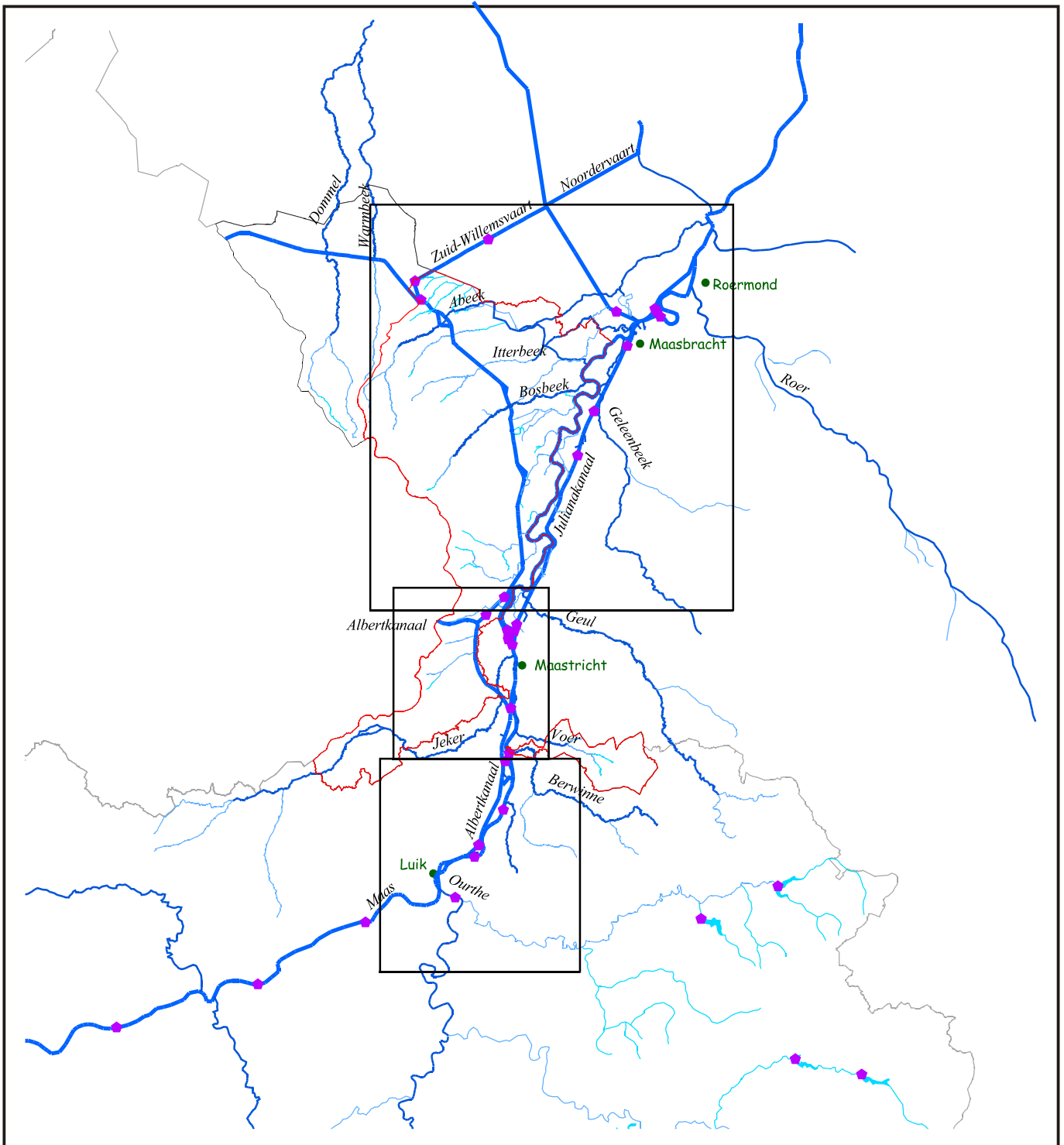
W.L. 04.0003



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

**M 720/1**

Figuur 1



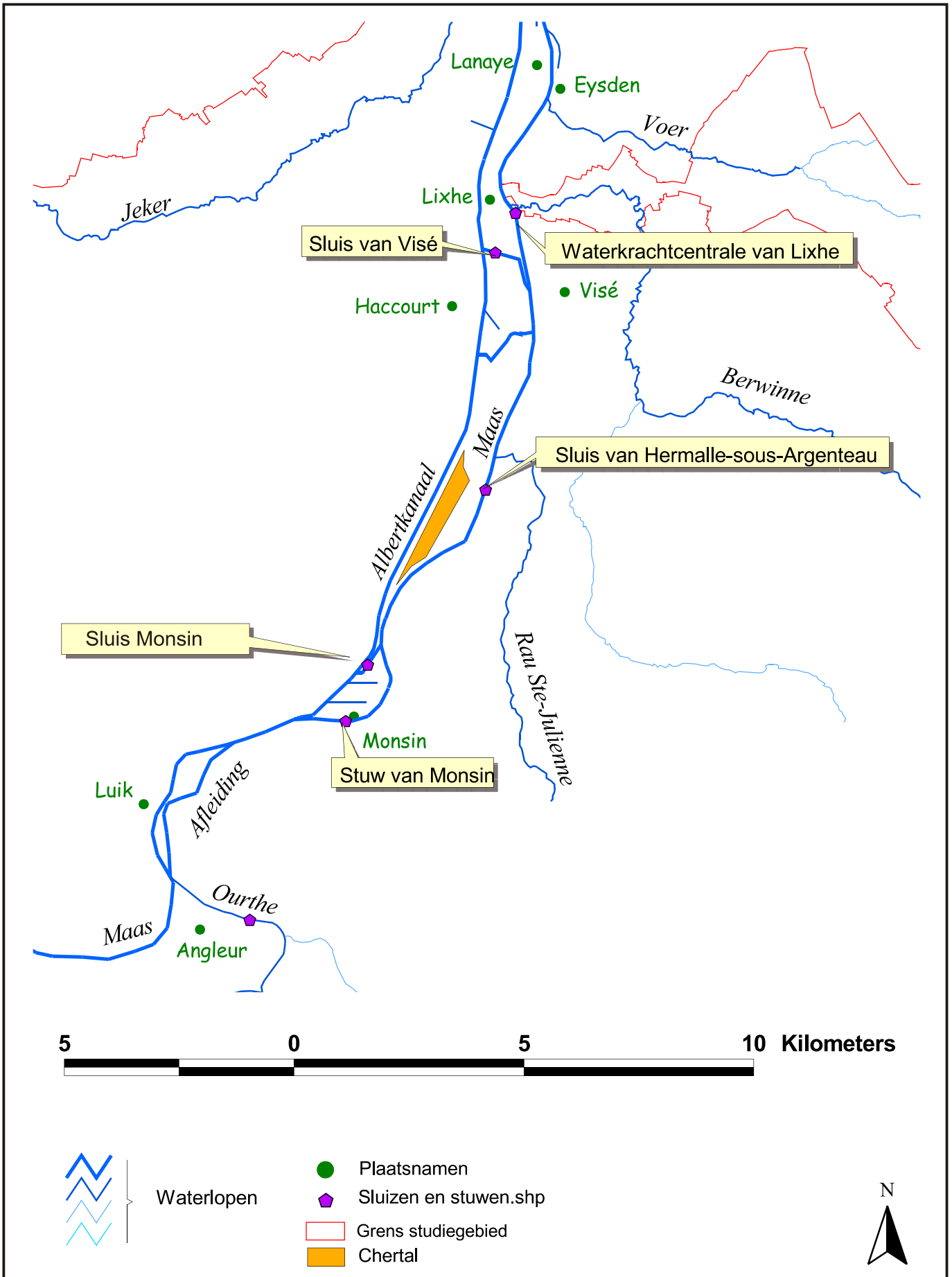
Waterlopen  
Grenzen

- Plaatsnamen
- ◆ Sluizen en stuwen
- Stuwmeren
- Grens studiegebied
- Maasbekken Provincie Limburg



Overzicht Gemeenschappelijke Maas





Maas ter hoogte van Luik

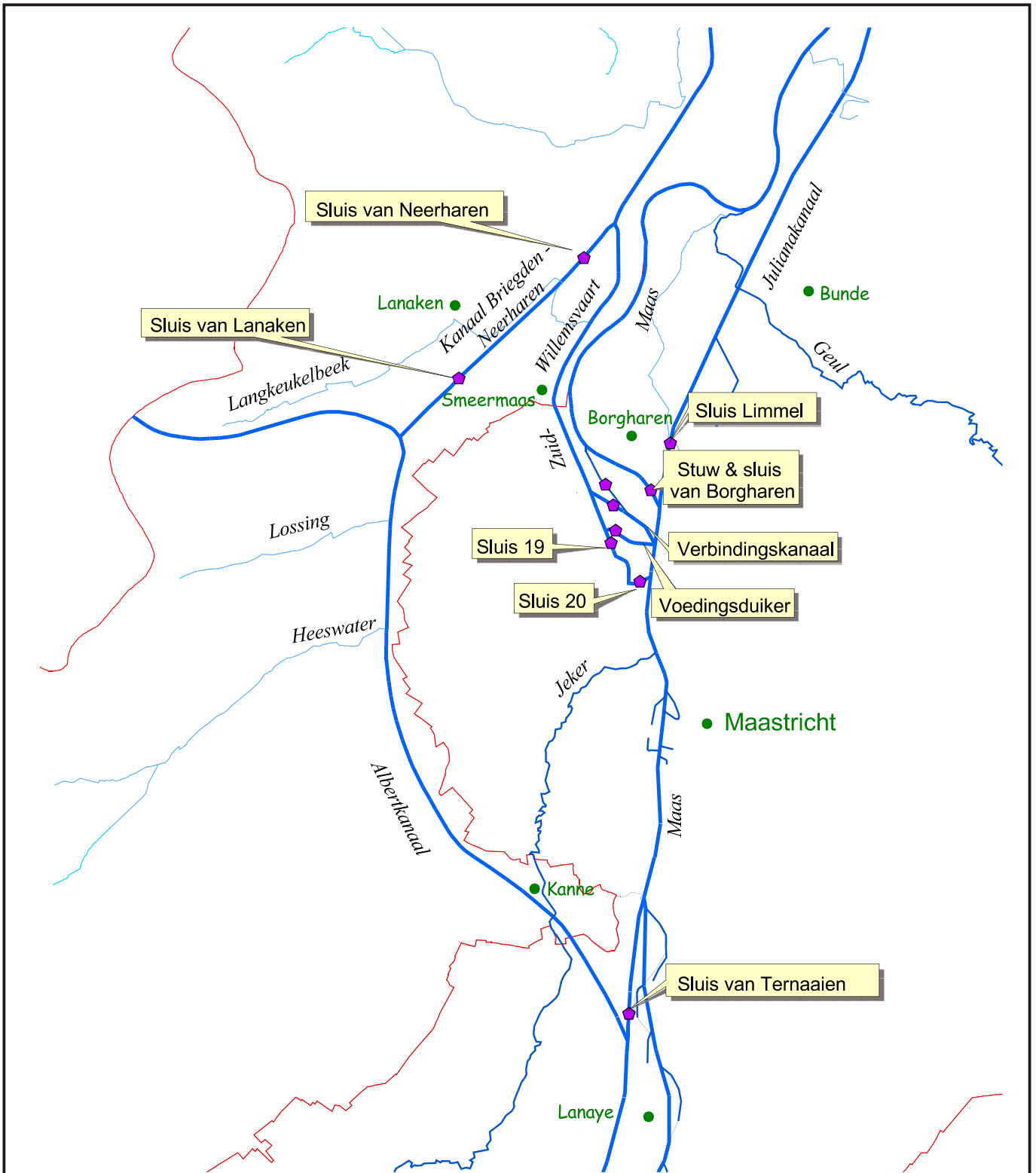
W.L. 04.0005






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

**M 720/1**

Figuur 3



Waterlopen

-  Sluizen en stuwen
-  Plaatsnamen
-  Grens studiegebied



Maas ter hoogte van Maastricht

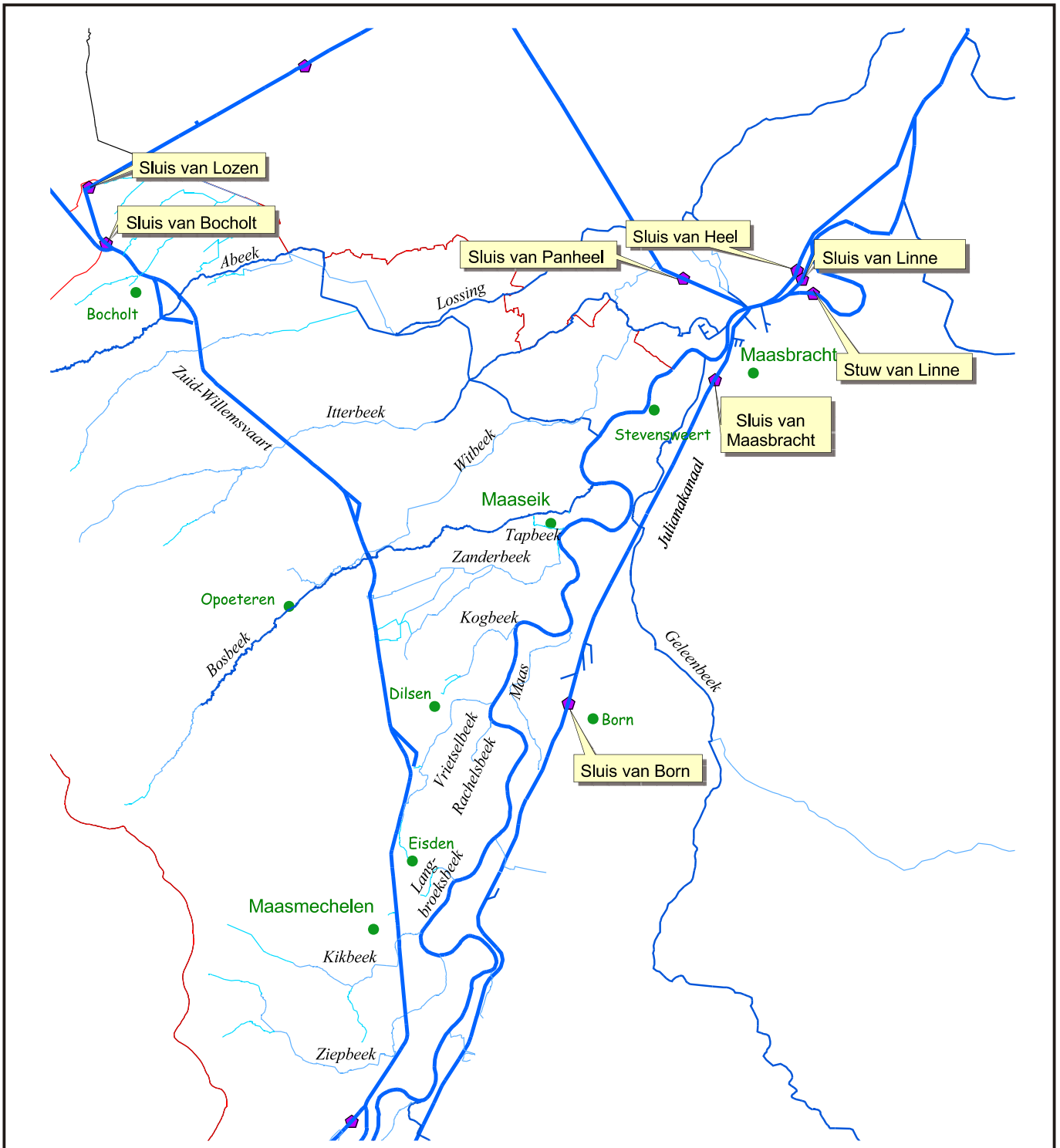
W.L. 04.0006



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

**M 720/1**

Figuur 4



Waterlopen



Sluizen en stuwen



Plaatsnamen



Grens studiegebied



Maasbekken Provincie Limburg



Maas tussen Herbricht en Maasbracht

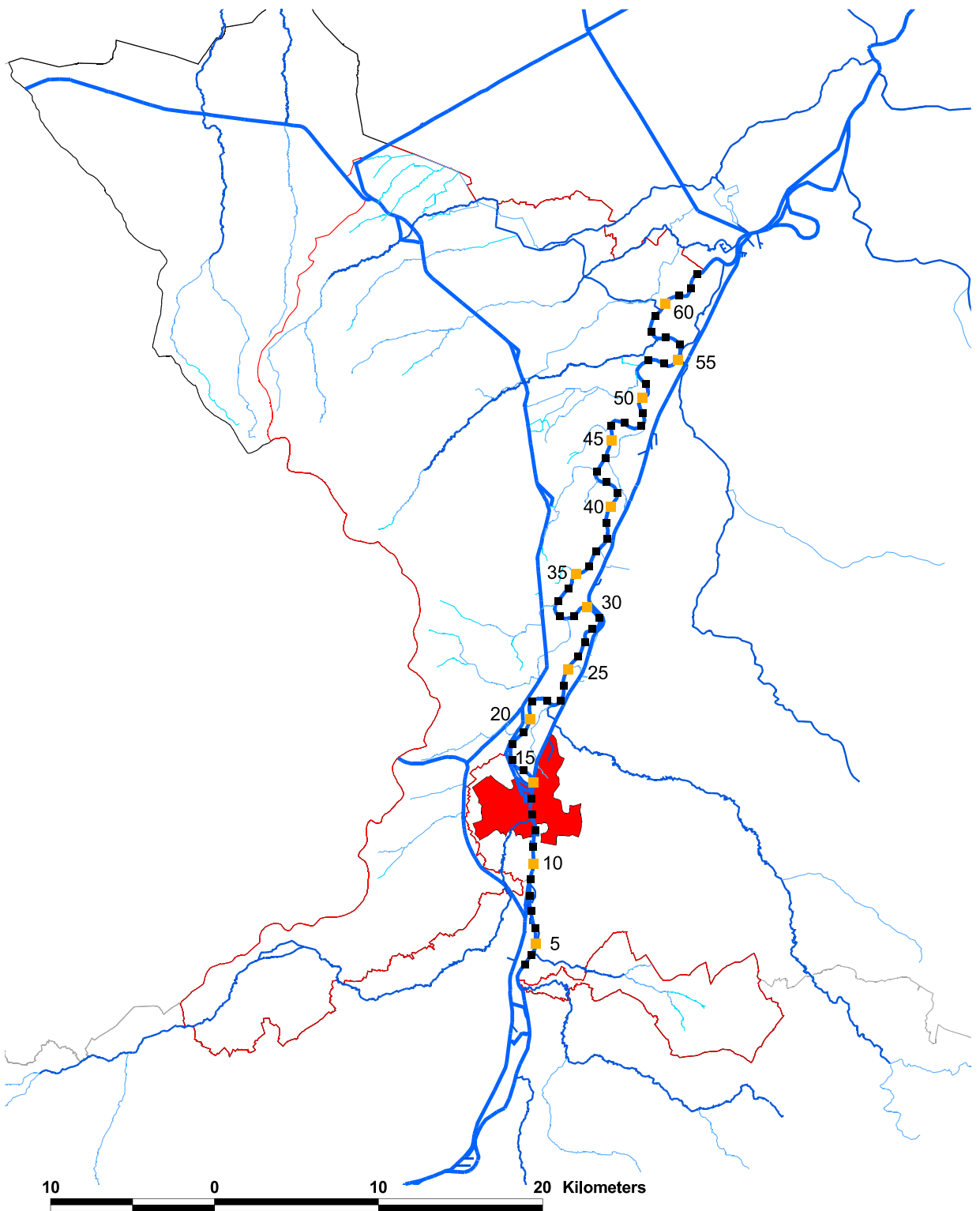
W.L. 04.0007



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

**M 720/1**

Figuur 5



10 0 10 20 Kilometers

-  Waterlopen
-  5 km punten
-  Maastricht
-  Grens studiegebied
-  Grenzen
-  Maasbekken Provincie Limburg



Kilometring van de Gemeenschappelijke Maas

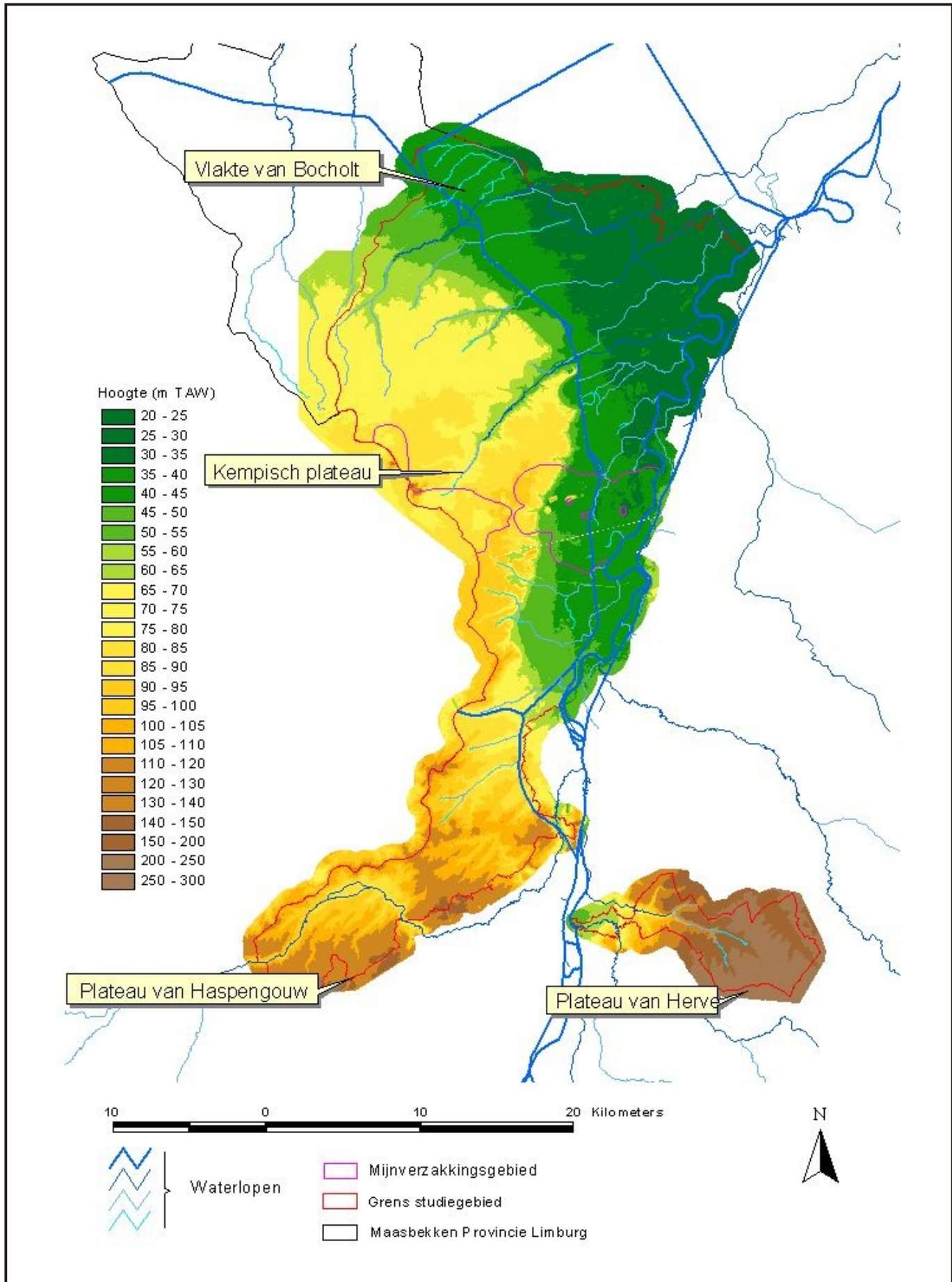
W.L. 04.0008



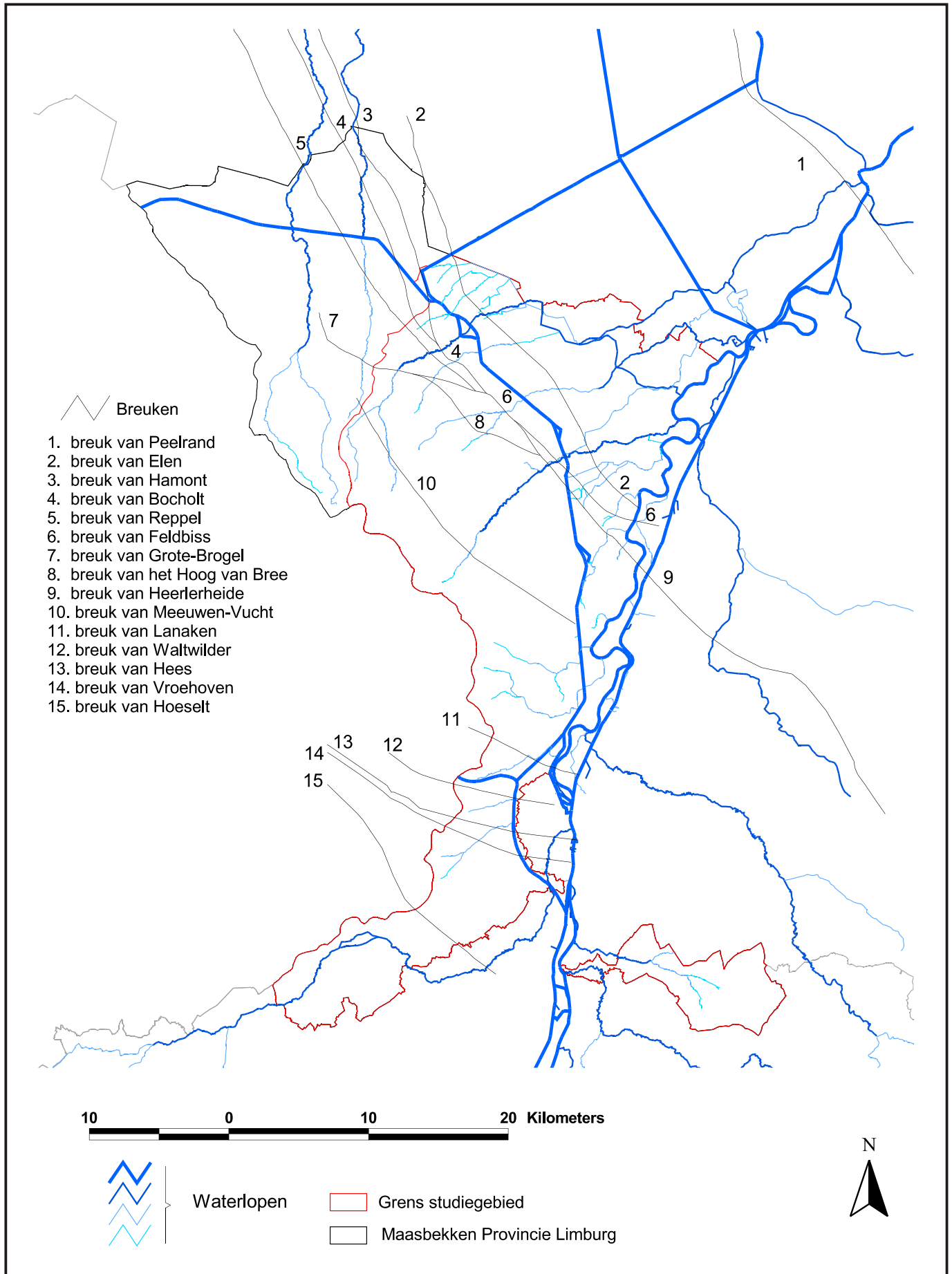
**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 720/1**

**Figuur 6**



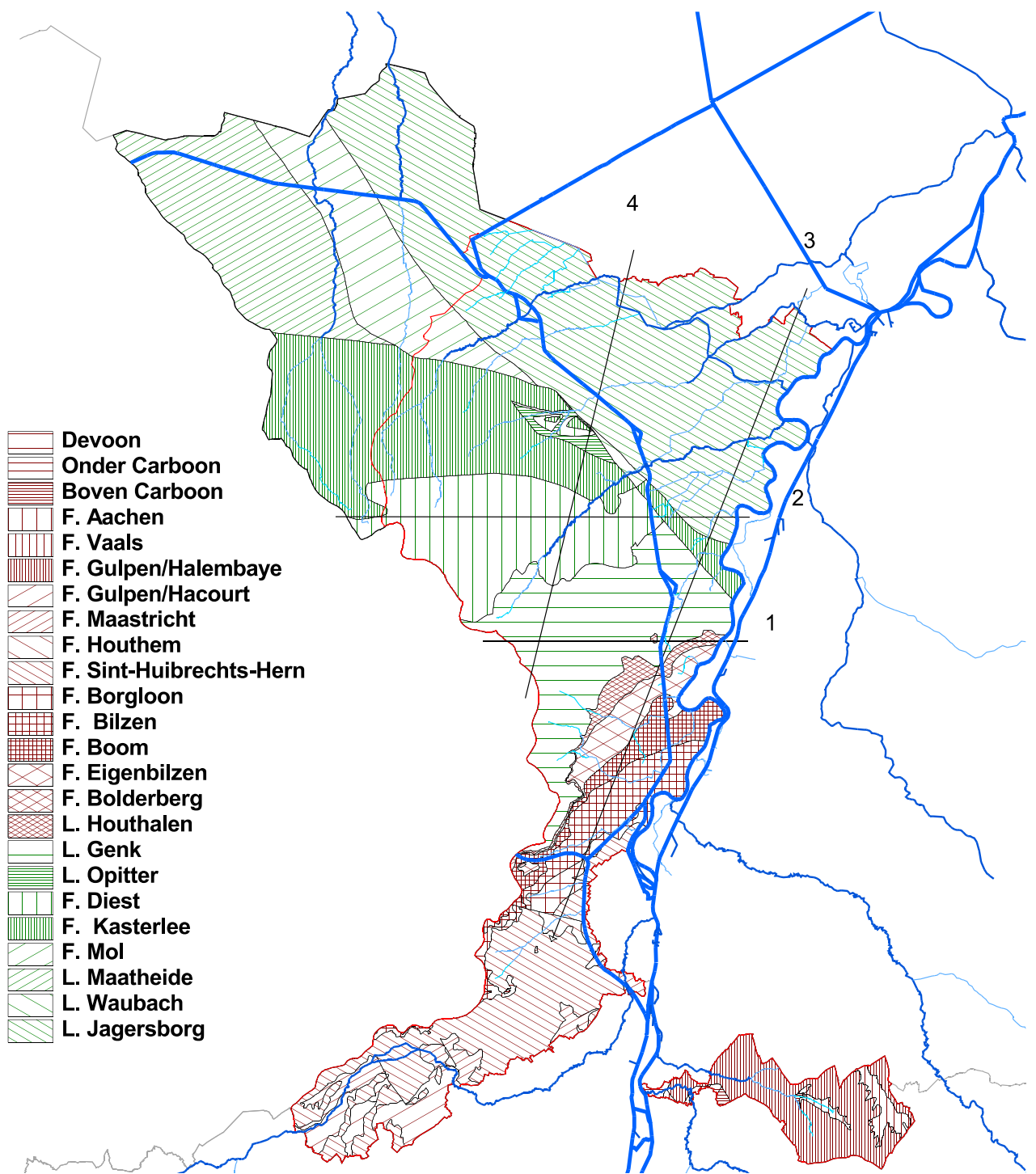
Reliëf studiegebied



Breuken studiegebied

W.L. 04.0010





- Devoon
- Onder Carboon
- Boven Carboon
- F. Aachen
- F. Vaals
- F. Gulpen/Halembaye
- F. Gulpen/Hacourt
- F. Maastricht
- F. Houthem
- F. Sint-Huibrechts-Hern
- F. Borgloon
- F. Bilzen
- F. Boom
- F. Eigenbilzen
- F. Bolderberg
- L. Houthalen
- L. Genk
- L. Opitter
- F. Diest
- F. Kasterlee
- F. Mol
- L. Maatheide
- L. Waubach
- L. Jagersborg

10                      0                      10                      20 Kilometers

- Waterlopen
- Grenzen
- Dwarsprofielen
- Grens studiegebied
- Maasbekken Provincie Limburg



Afgedekte geologische kaart

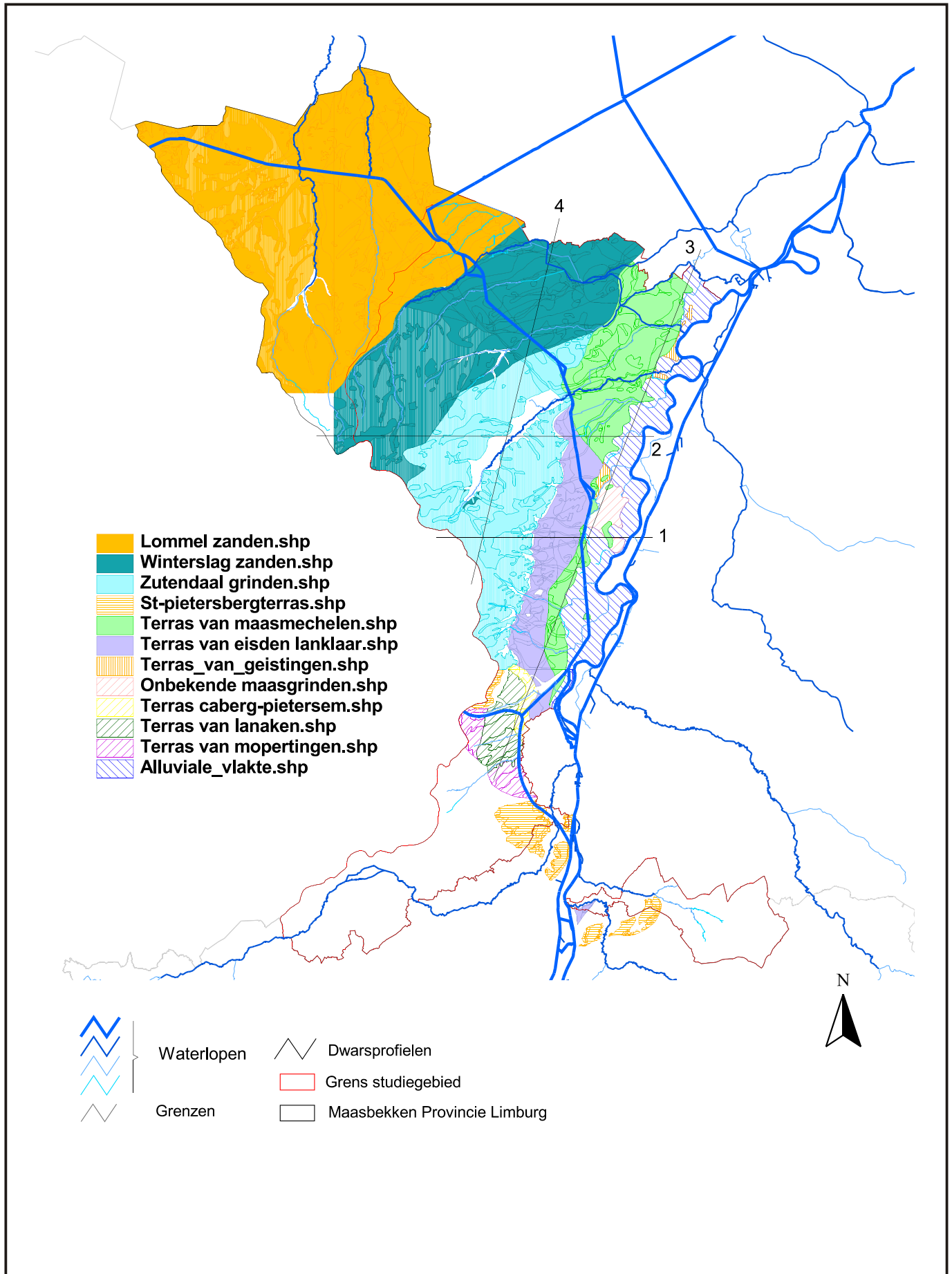
W.L. 04.0011



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

**M 720/1**

**Figuur 9**



Quartair geologische kaart

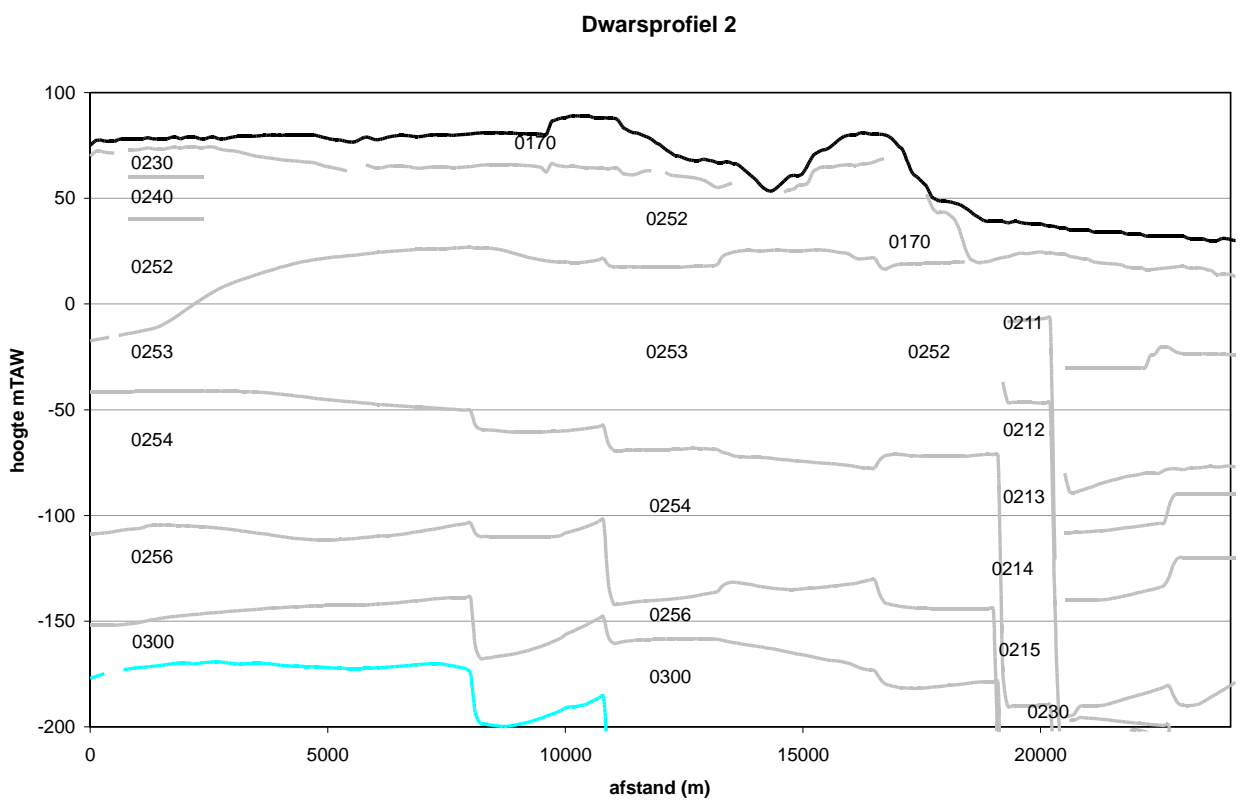
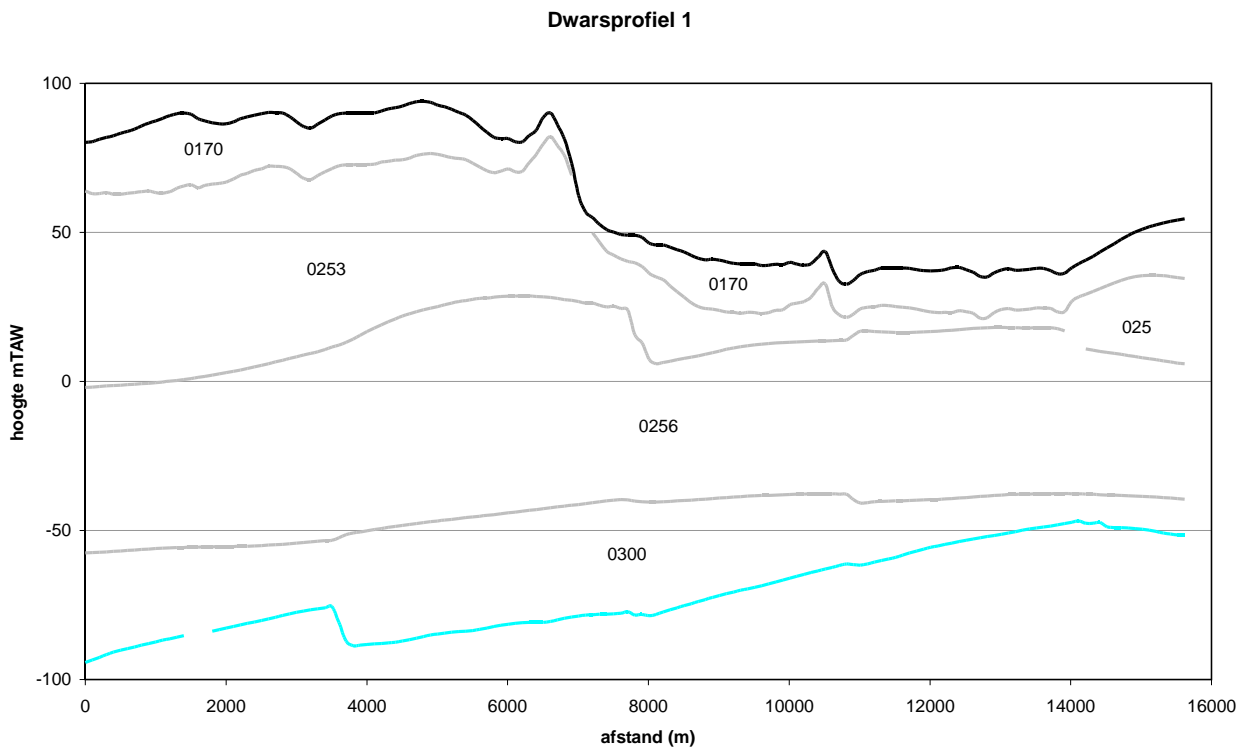
W.L. 04.0012



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

**M 720/1**

Figuur 10



De verschillende hydrogeologische lagen worden hier aangeduid met de overeenkomstige HCOV-code.

Hydrogeologische doorsneden van figuur 9 en 10

W.L. 04.0013

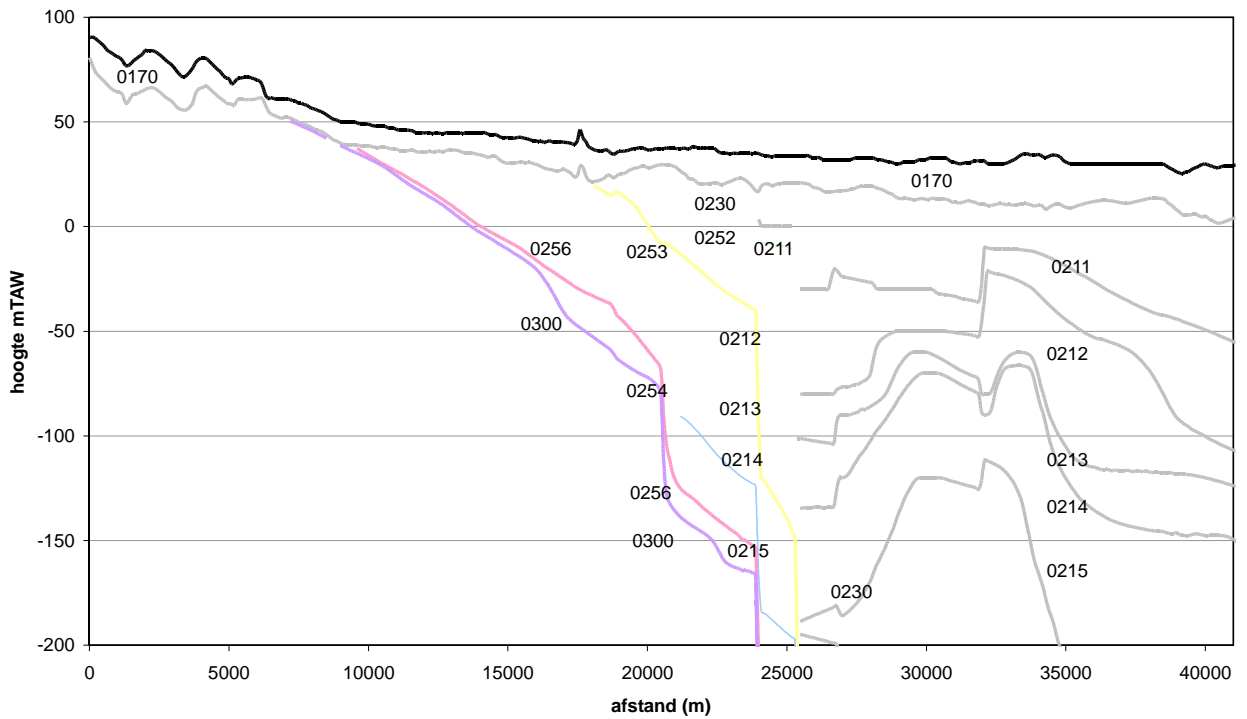


**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

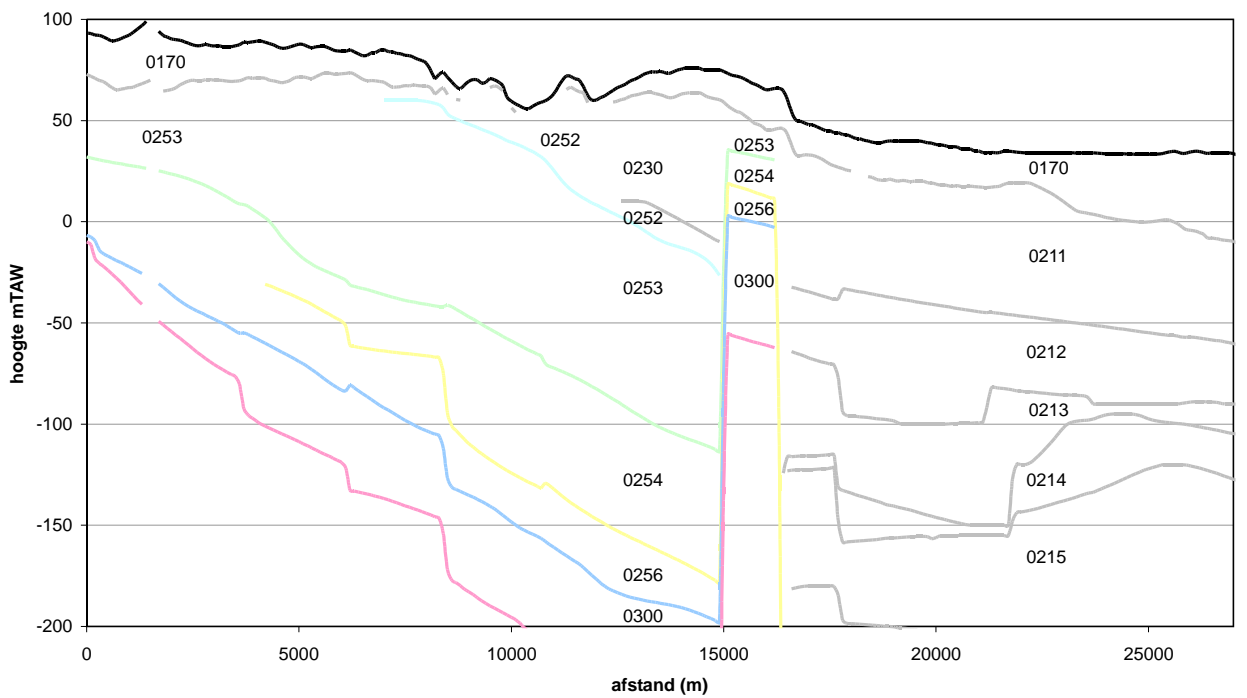
**M 720/1**

**Figuur 11**

### Dwarsprofiel 3



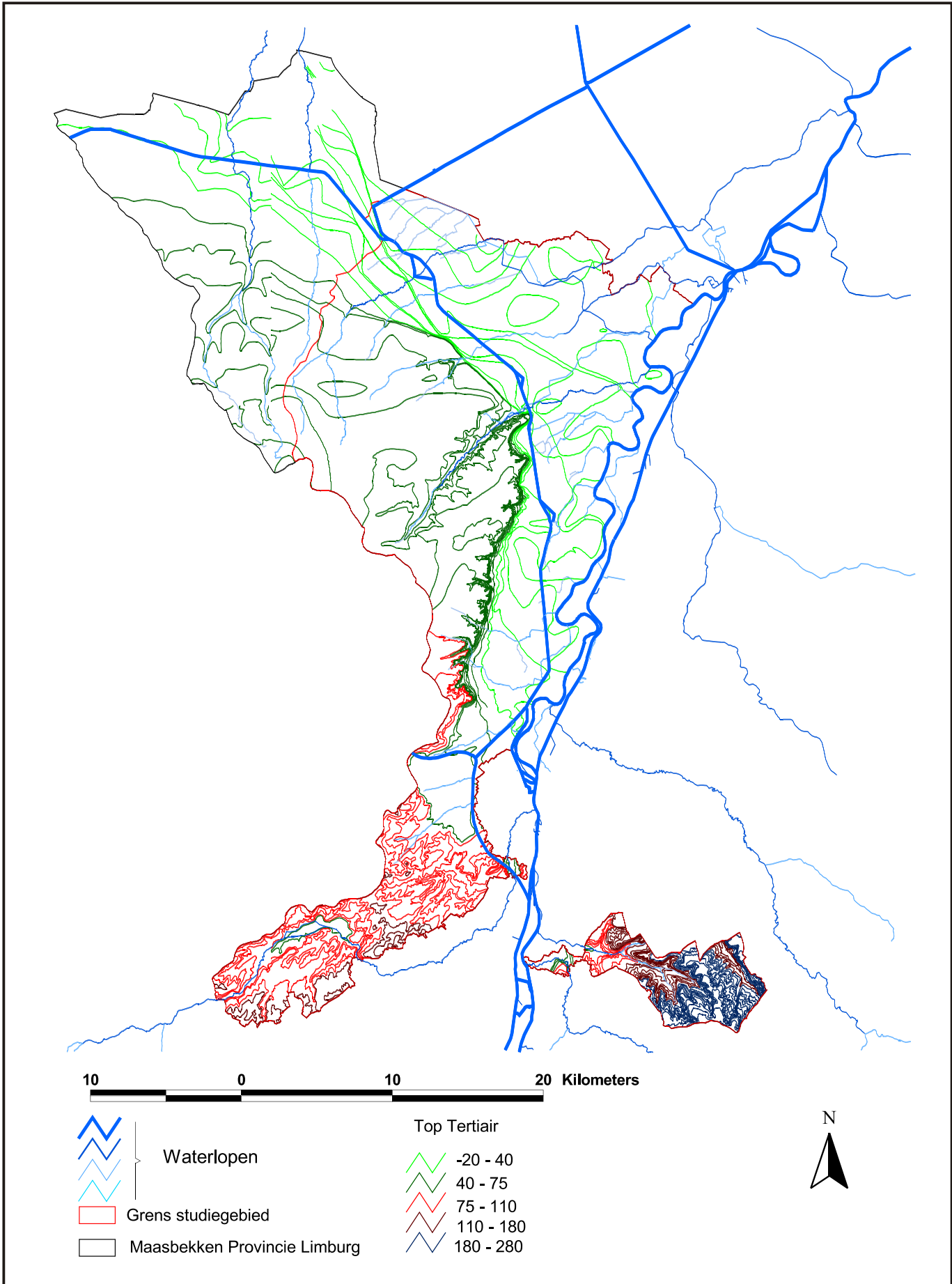
### Dwarsprofiel 4



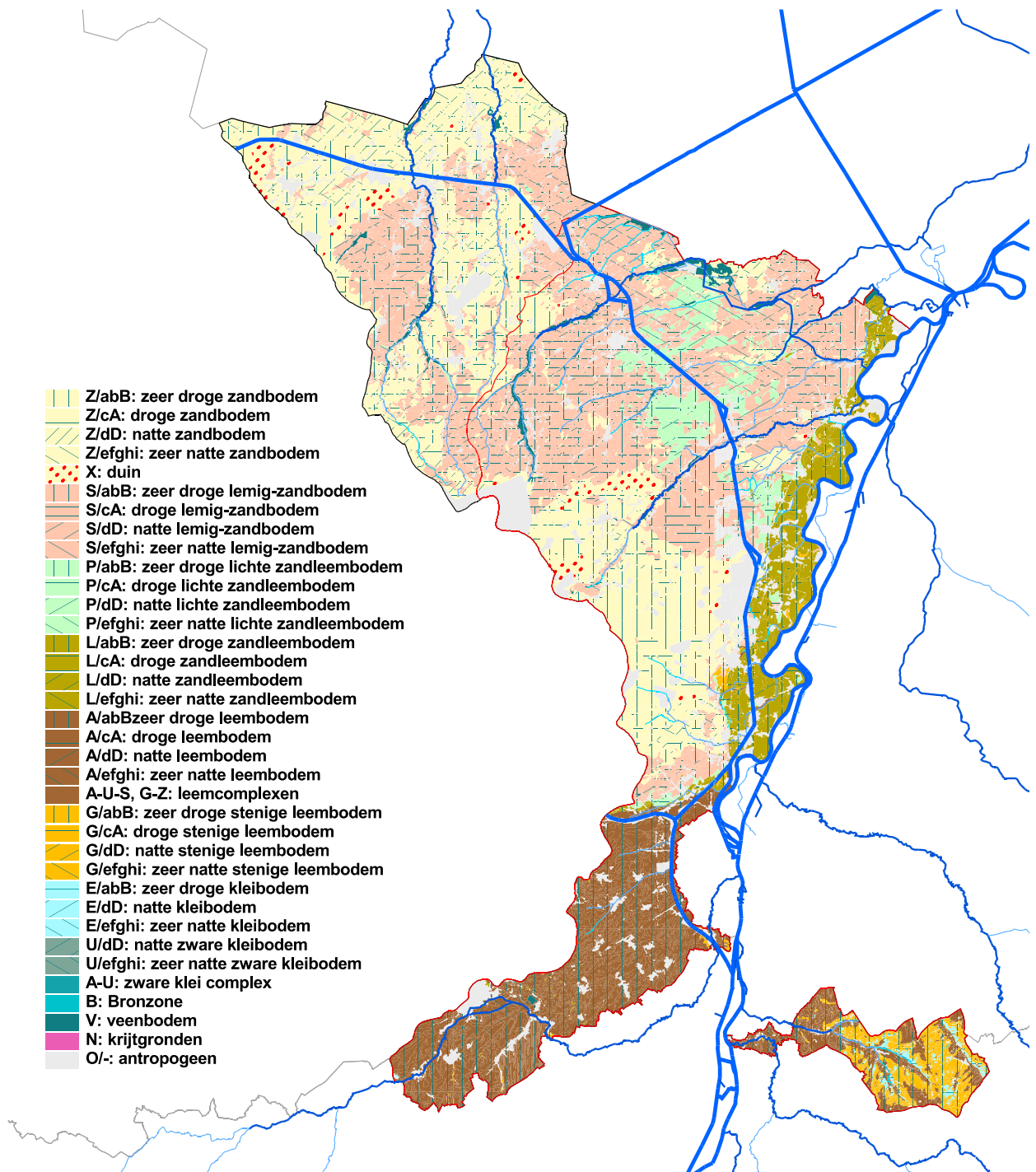
De verschillende hydrogeologische lagen worden hier aangeduid met de overeenkomstige HCOV-code.

Hydrogeologische doorsneden van figuur 9 en 10





Hoogtelijnen van de "top" van het Tertiair



- Z/abB: zeer droge zandbodem
- Z/cA: droge zandbodem
- Z/dD: natte zandbodem
- Z/efghi: zeer natte zandbodem
- X: duin
- S/abB: zeer droge lemig-zandbodem
- S/cA: droge lemig-zandbodem
- S/dD: natte lemig-zandbodem
- S/efghi: zeer natte lemig-zandbodem
- P/abB: zeer droge lichte zandleembodem
- P/cA: droge lichte zandleembodem
- P/dD: natte lichte zandleembodem
- P/efghi: zeer natte lichte zandleembodem
- L/abB: zeer droge zandleembodem
- L/cA: droge zandleembodem
- L/dD: natte zandleembodem
- L/efghi: zeer natte zandleembodem
- A/abB: zeer droge leembodem
- A/cA: droge leembodem
- A/dD: natte leembodem
- A/efghi: zeer natte leembodem
- A-U-S, G-Z: leemcomplexen
- G/abB: zeer droge stenige leembodem
- G/cA: droge stenige leembodem
- G/dD: natte stenige leembodem
- G/efghi: zeer natte stenige leembodem
- E/abB: zeer droge kleibodem
- E/dD: natte kleibodem
- E/efghi: zeer natte kleibodem
- U/dD: natte zware kleibodem
- U/efghi: zeer natte zware kleibodem
- A-U: zware klei complex
- B: Bronzone
- V: veenbodem
- N: krijtgronden
- O/-: antropogeen

10 0 10 20 Kilometers



Waterlopen

Grenzen

Grens studiegebied

Maasbekken Provincie Limburg

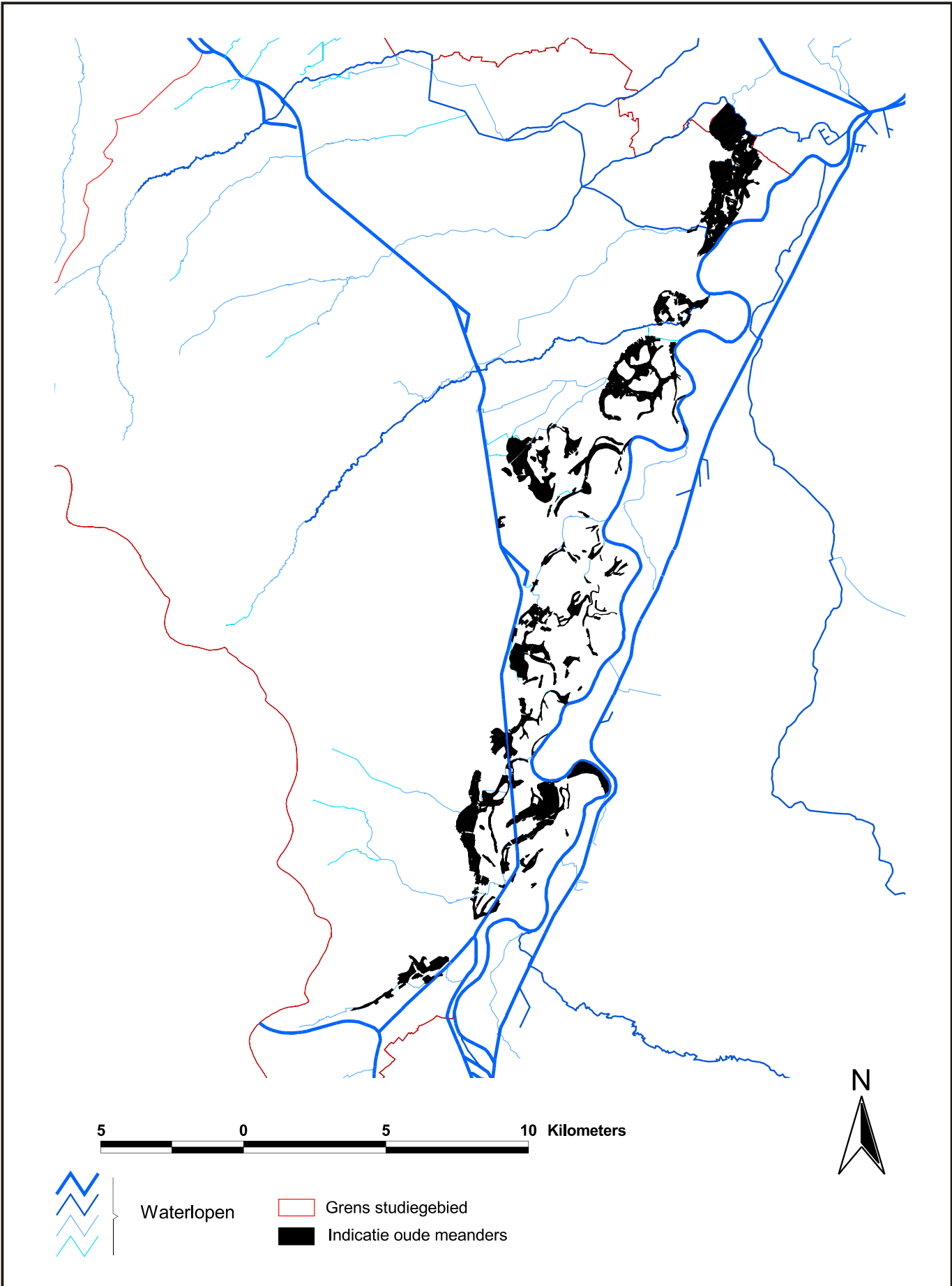
Bodemassociaties



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

**M 720/1**

Figuur 14



Indicatie ligging oude meanders

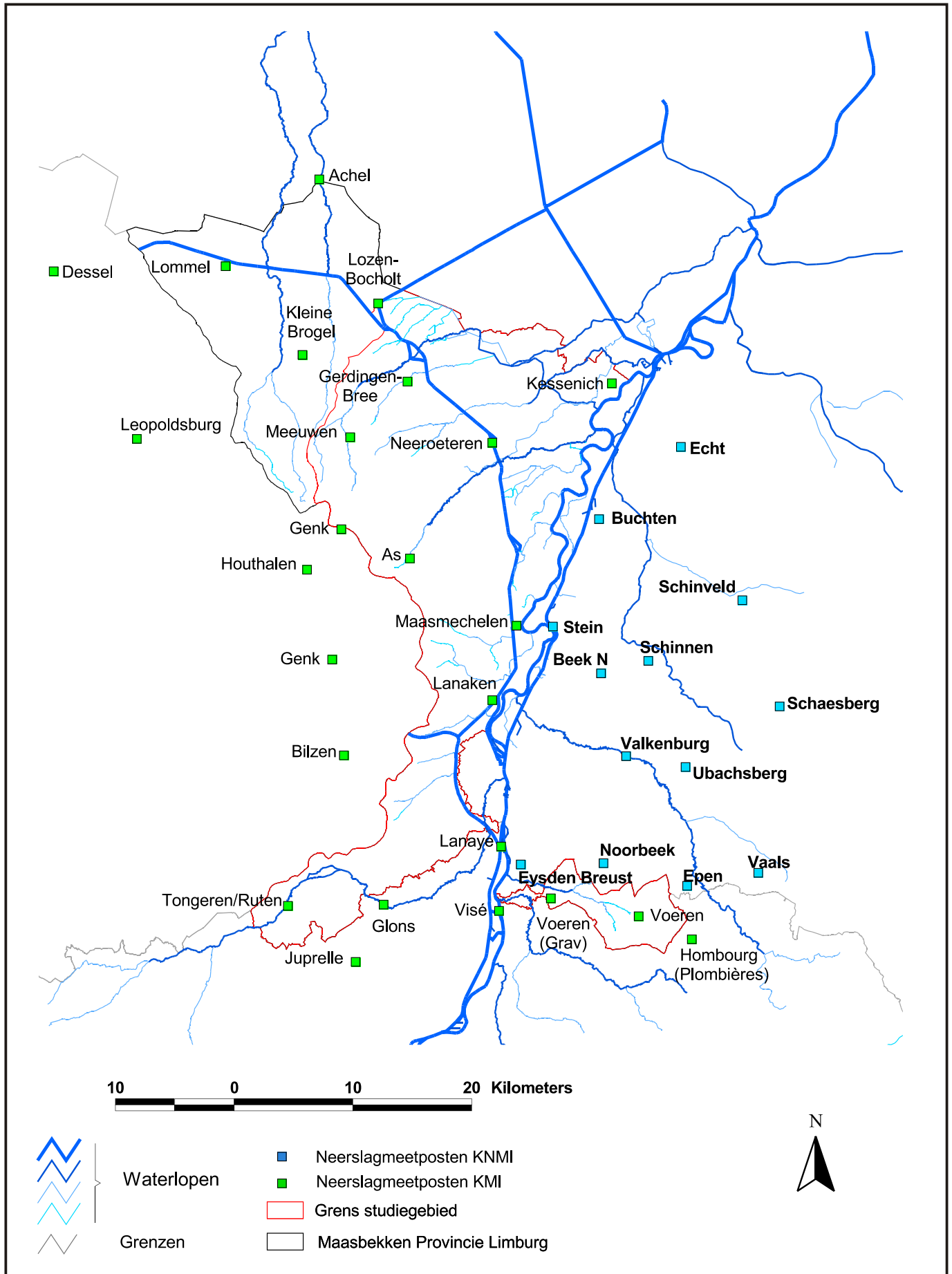
W.L. 04.0017



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

**M 720/1**

**Figuur 15**



Neerslagmeetstations

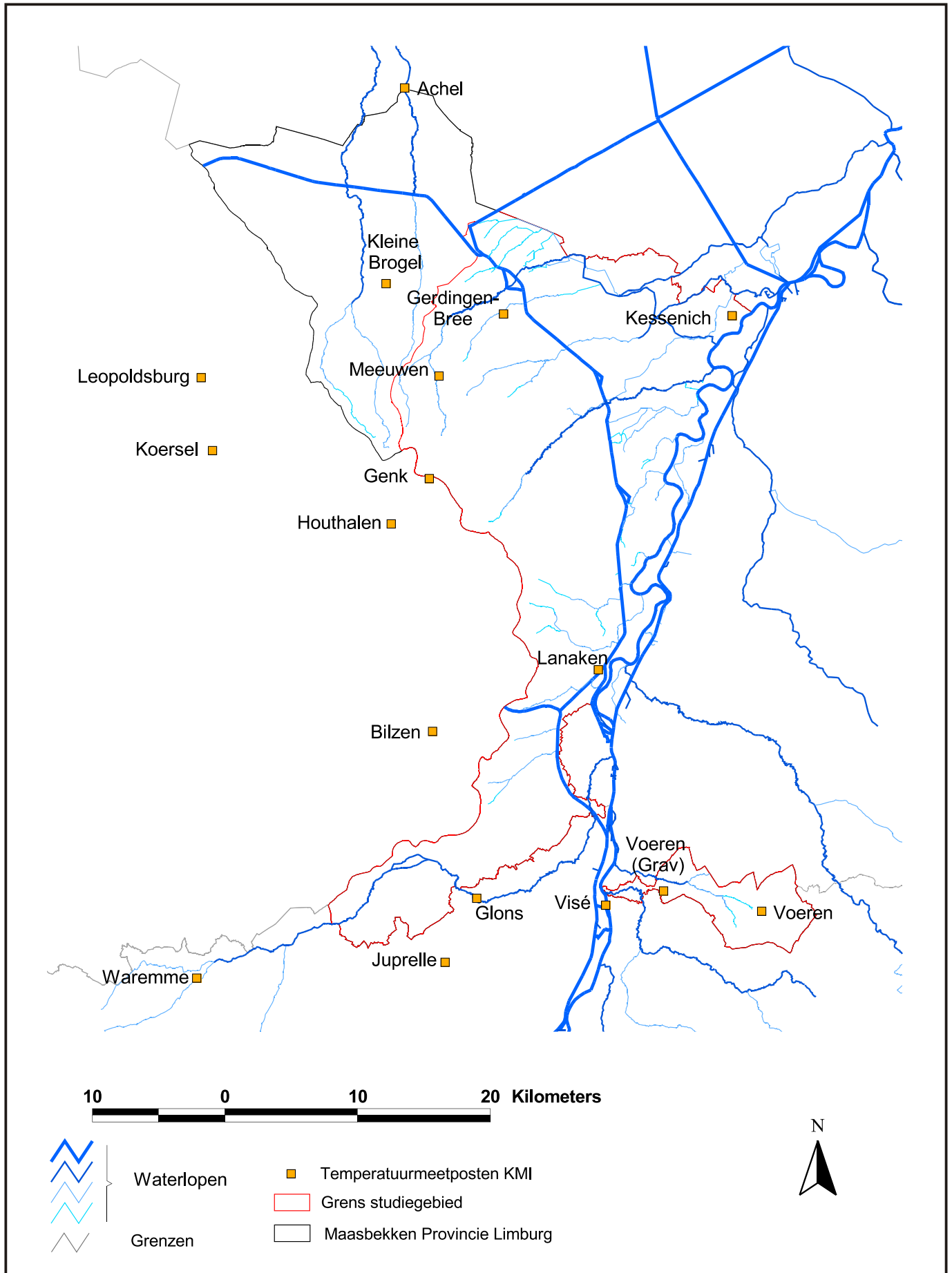
W.L. 04.0018



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

**M 720/1**

**Figuur 16**



Temperatuurmeetstations

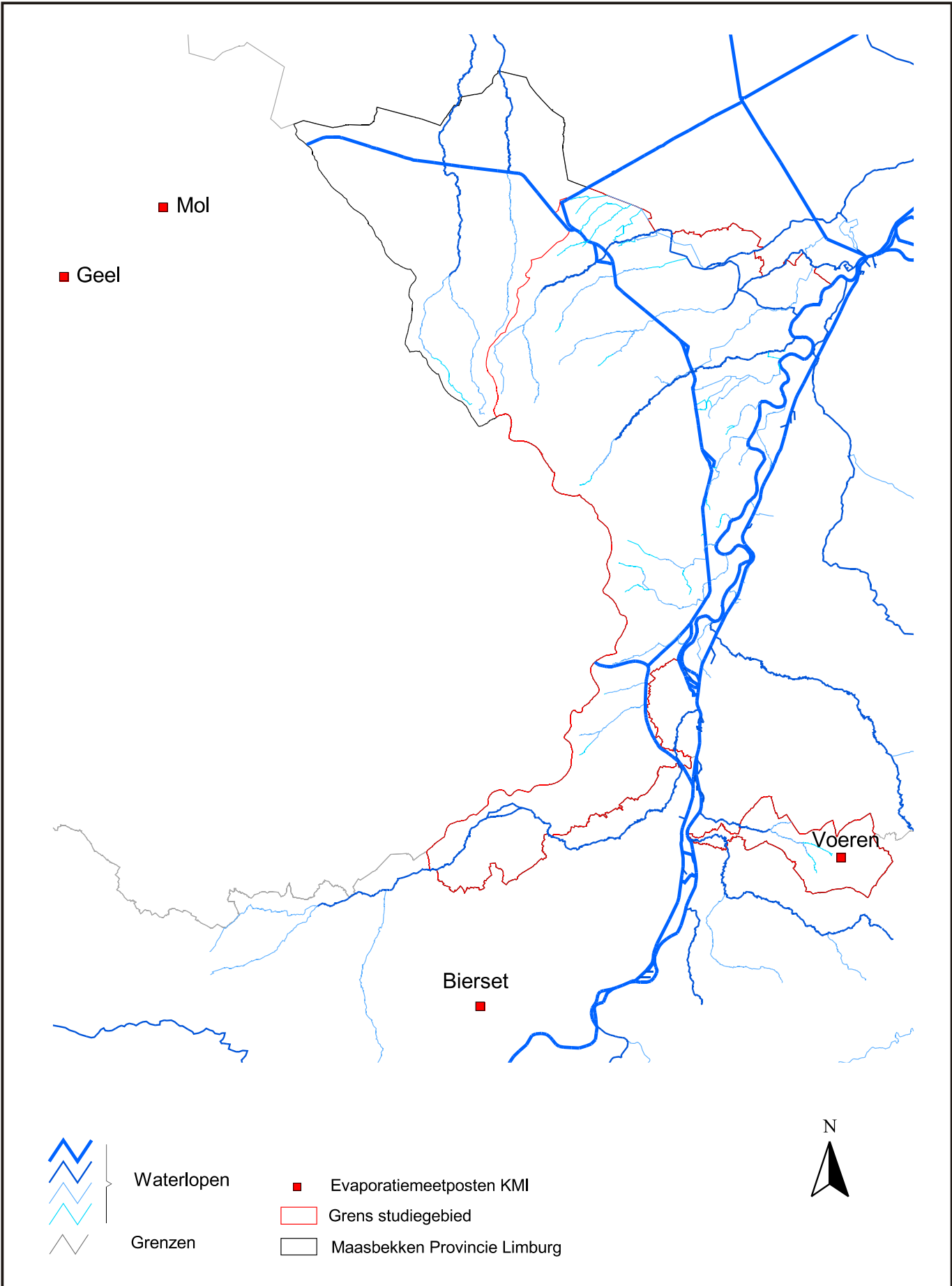
W.L. 04.0019



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

**M 720/1**

Figuur 17



Evaporatiemeetstations

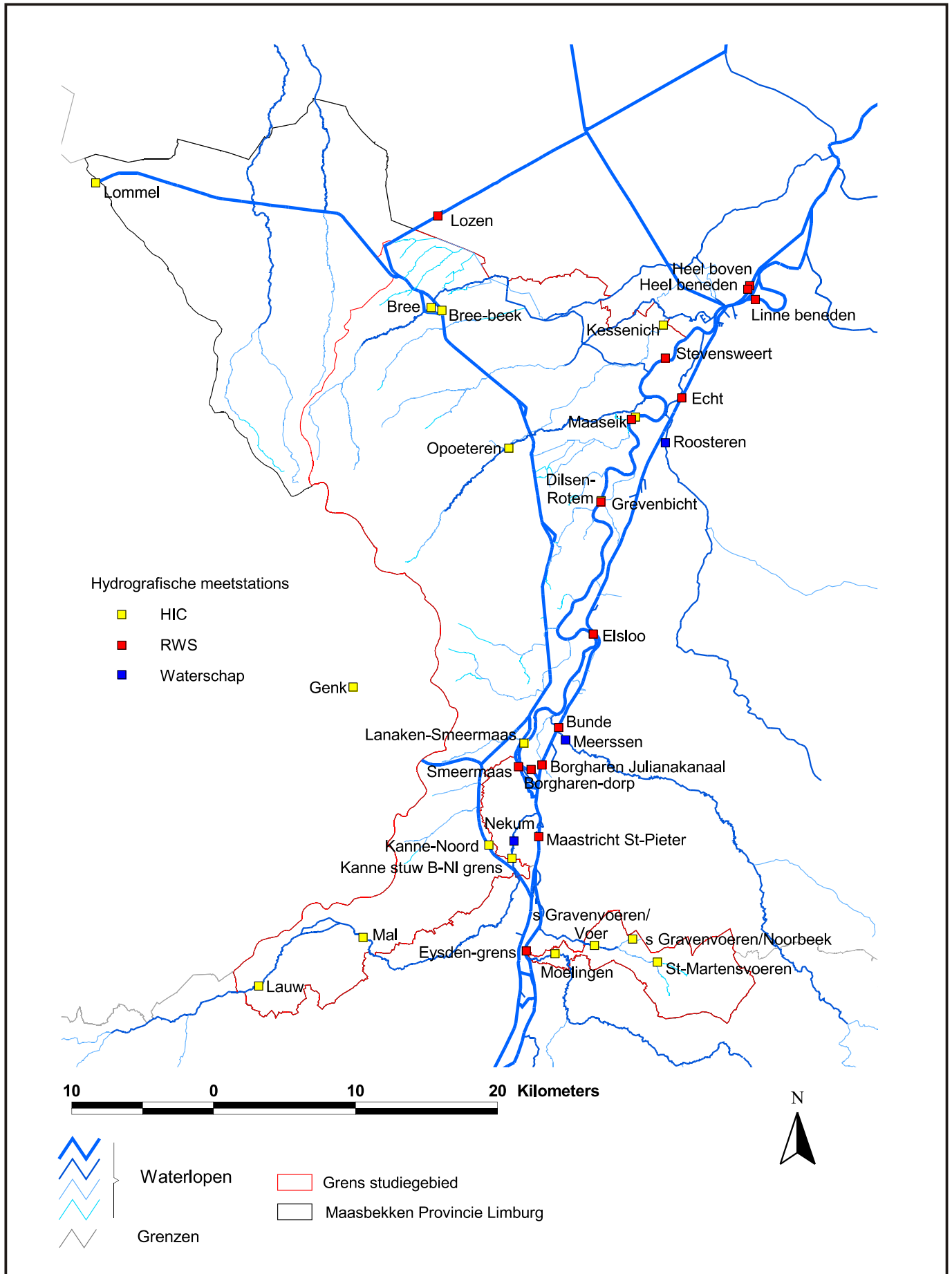
W.L. 04.0020



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

**M 720/1**

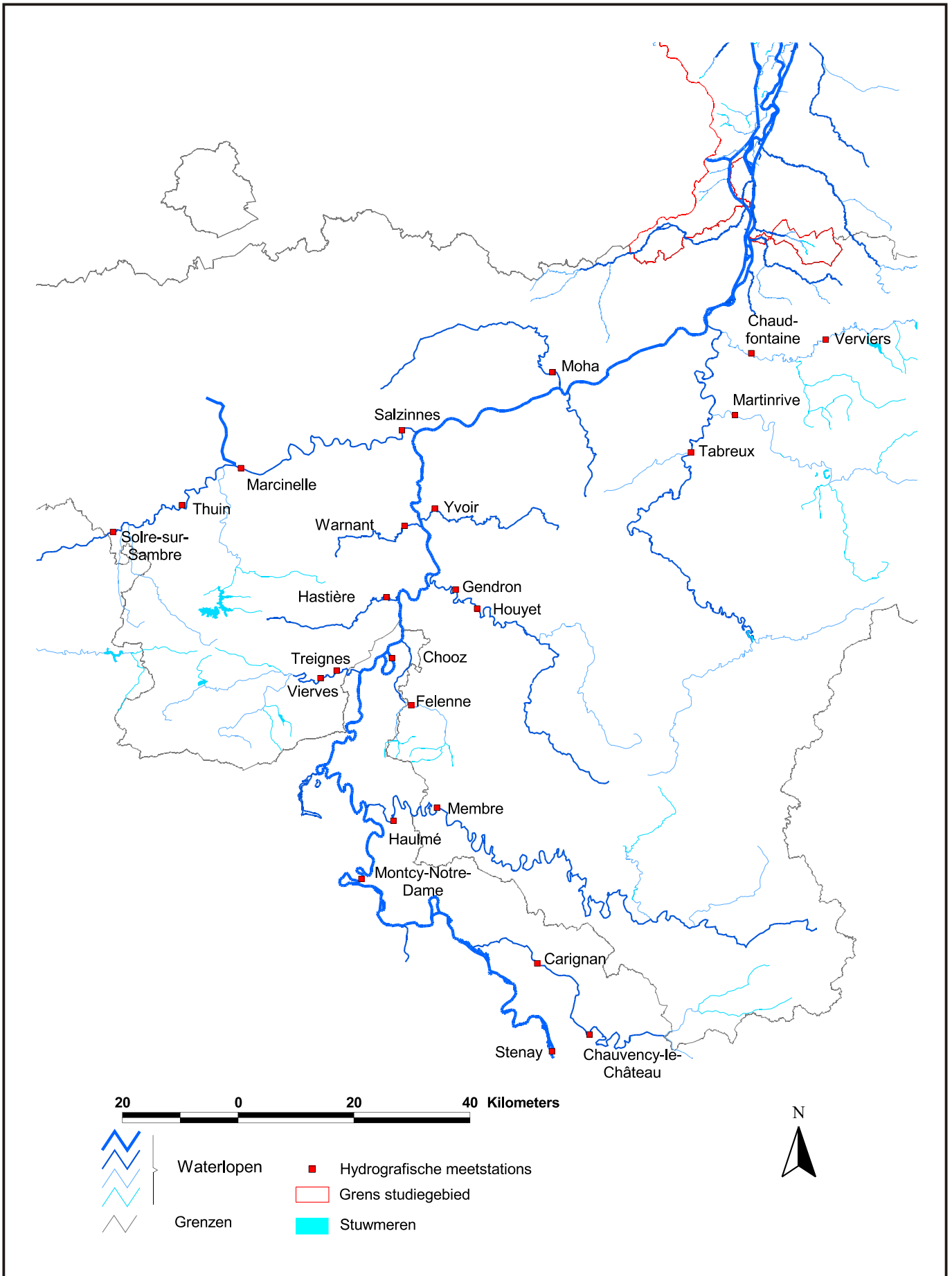
Figuur 18



Hydrografische meetstations Vlaanderen - Nederland

W.L..0.0021

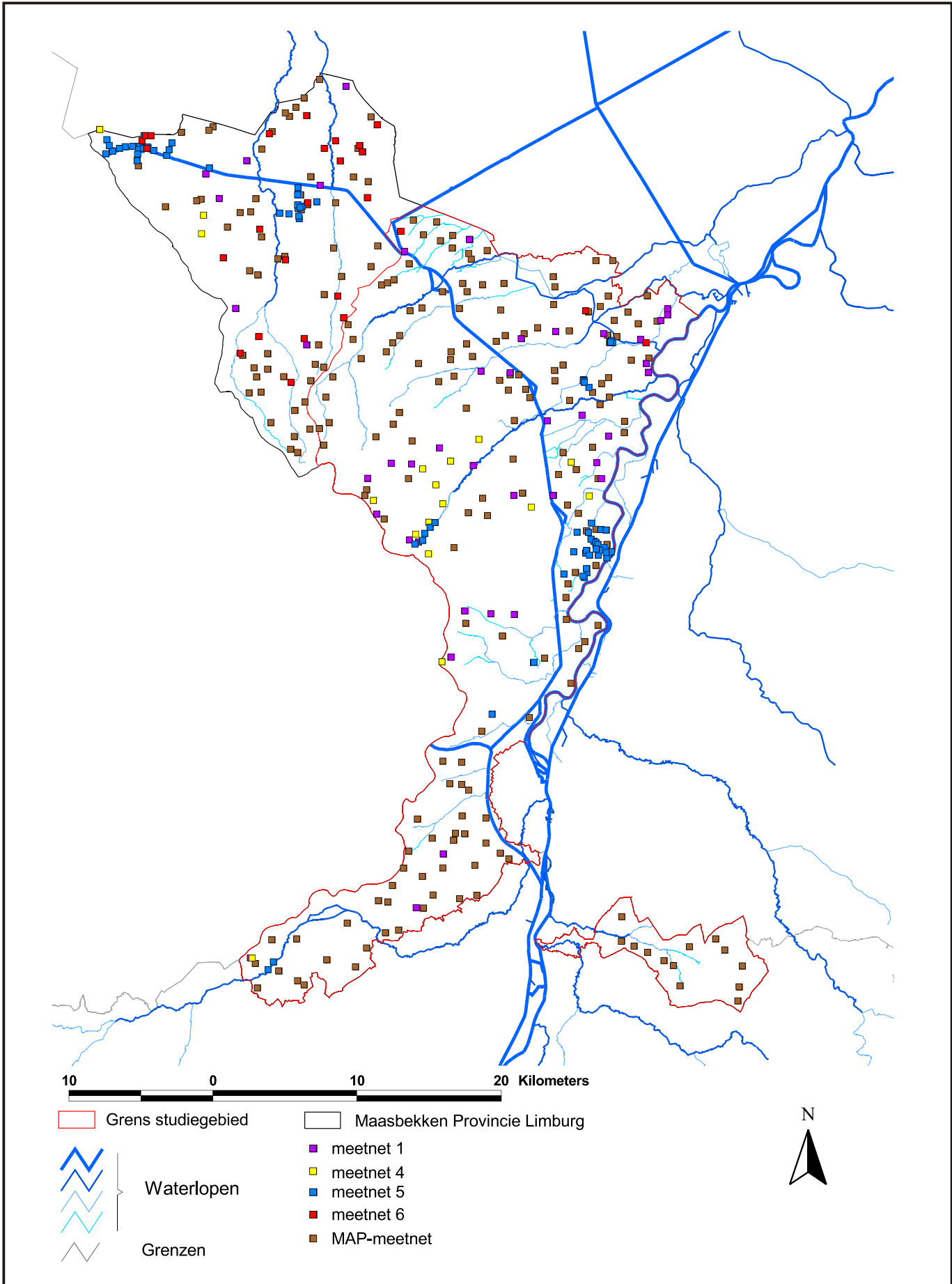




Hydrografische meetstations Wallonië - Frankrijk

W.L. 04.0022

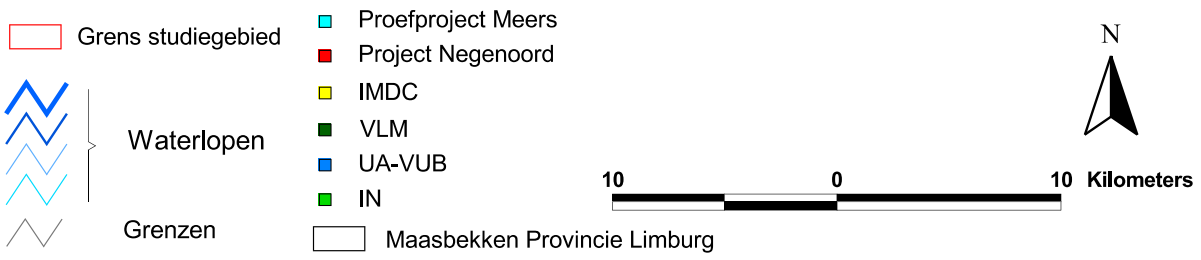
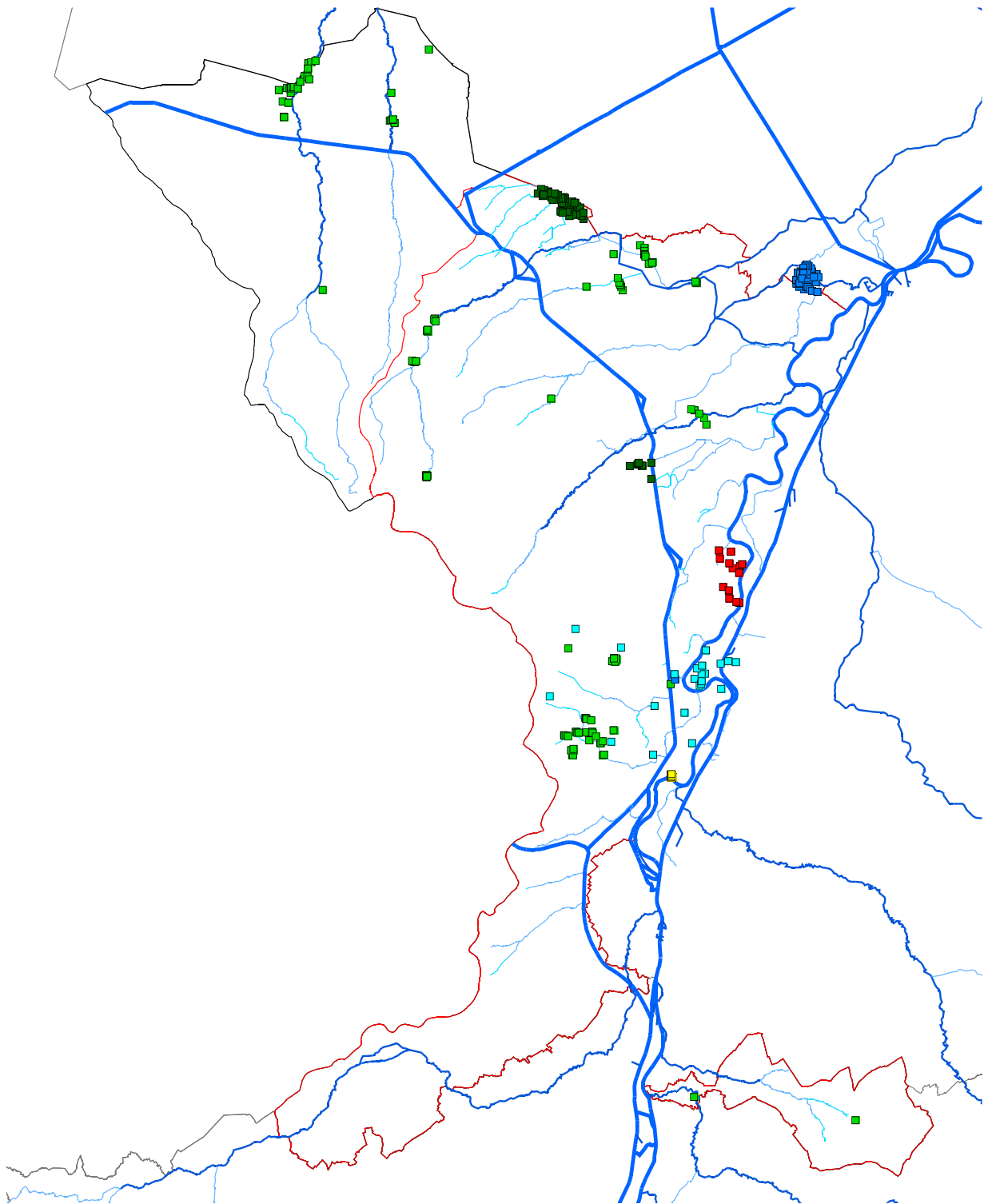




Grondwatermonitoring in het Limburgse gedeelte van het Maasbekken (DOV en MAP-meetnet)

W.L. 04.0023





Grondwatermonitoring in het Limburgse gedeelte van het Maasbekken (overige)

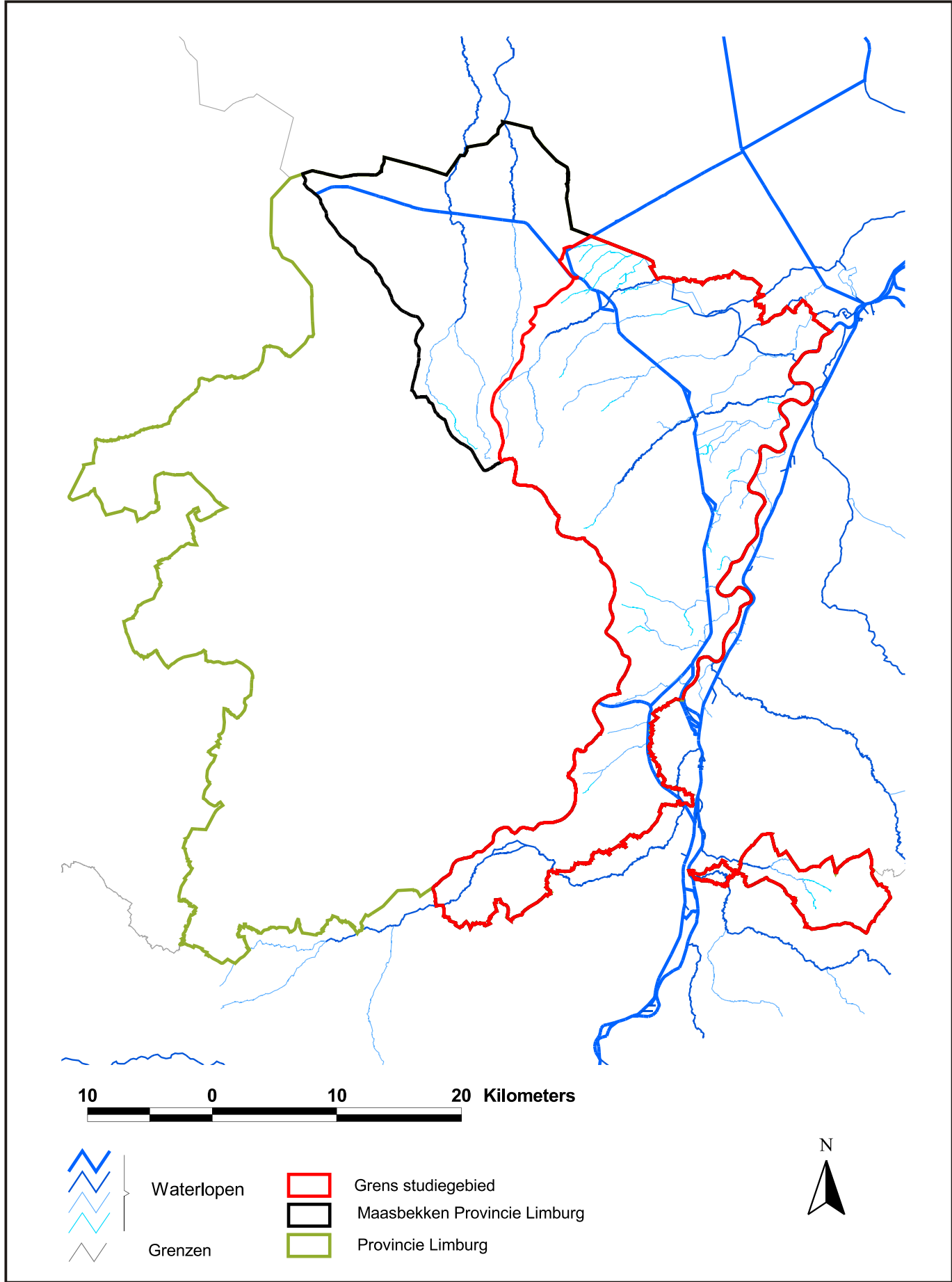
W.L. 04.0024



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

**M 720/1**

**Figuur 22**



Administratieve grenzen

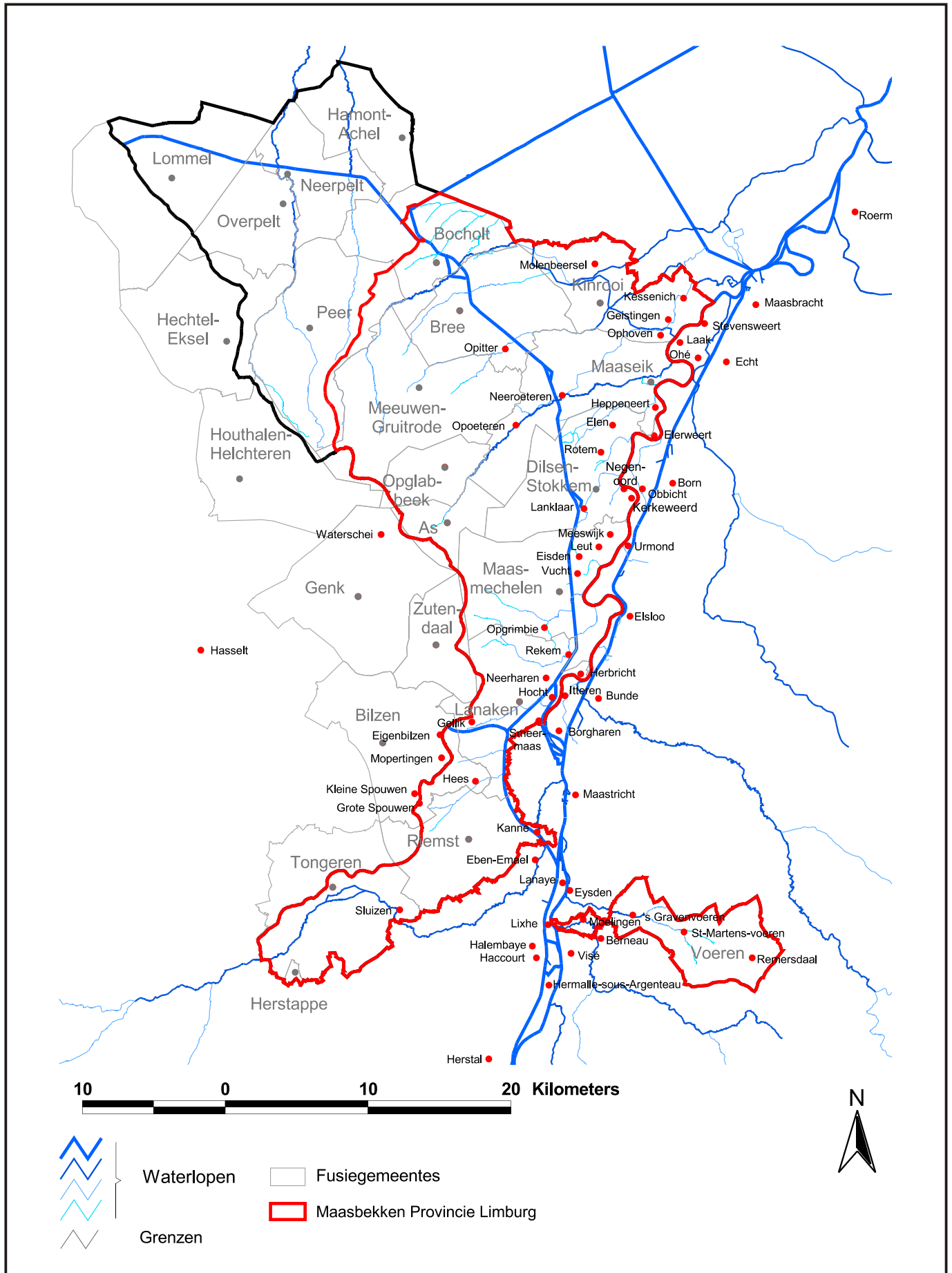
W.L. 04.0025



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

**M 720/1**

**Figuur 23**



Plaatsnamen

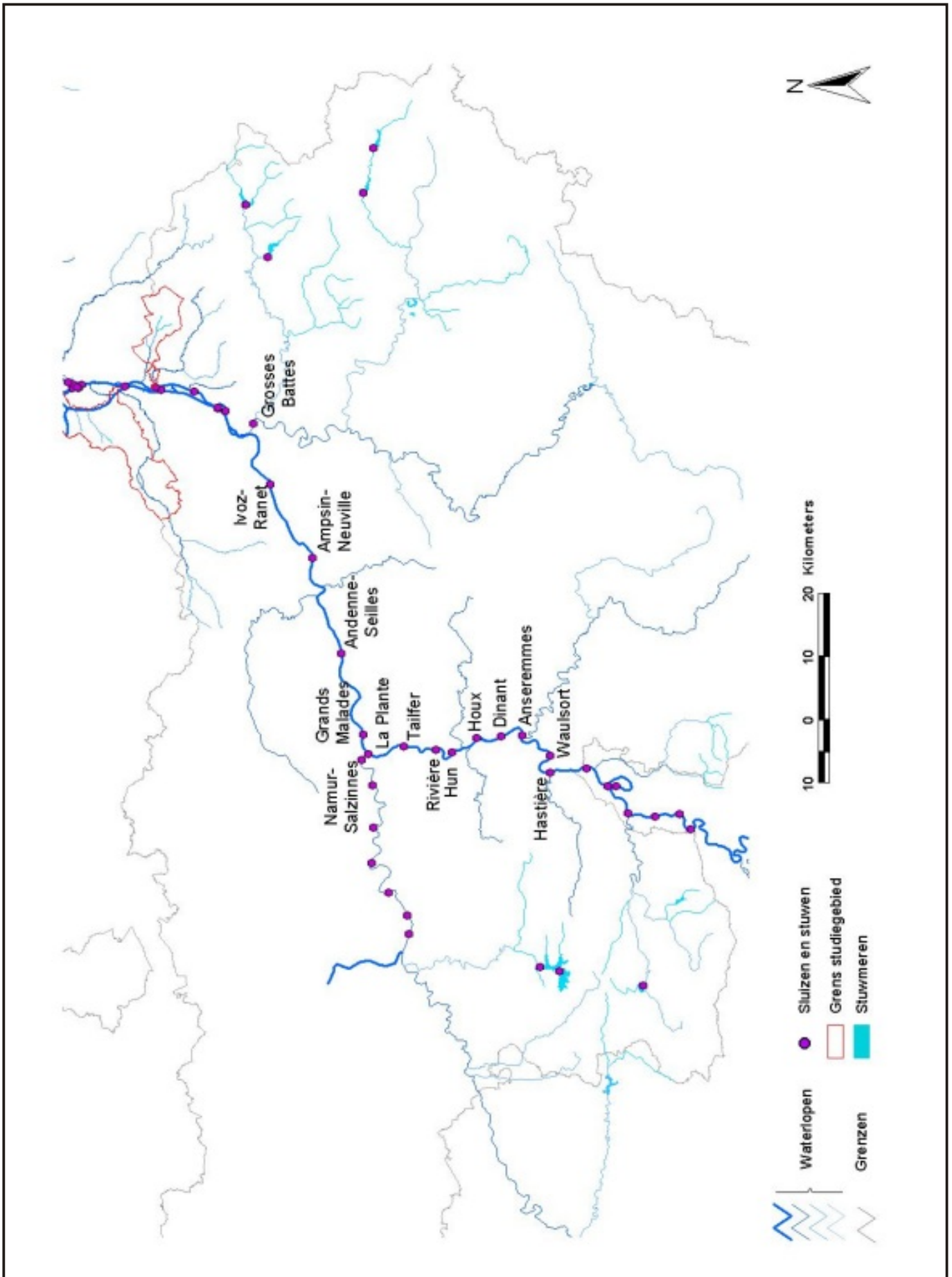
W.L. 04.0026



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

**M 720/1**

**Figuur 24**



Stuwen en sluisen - Wallonië en Frankrijk (naar Berger & Mugie 1994)

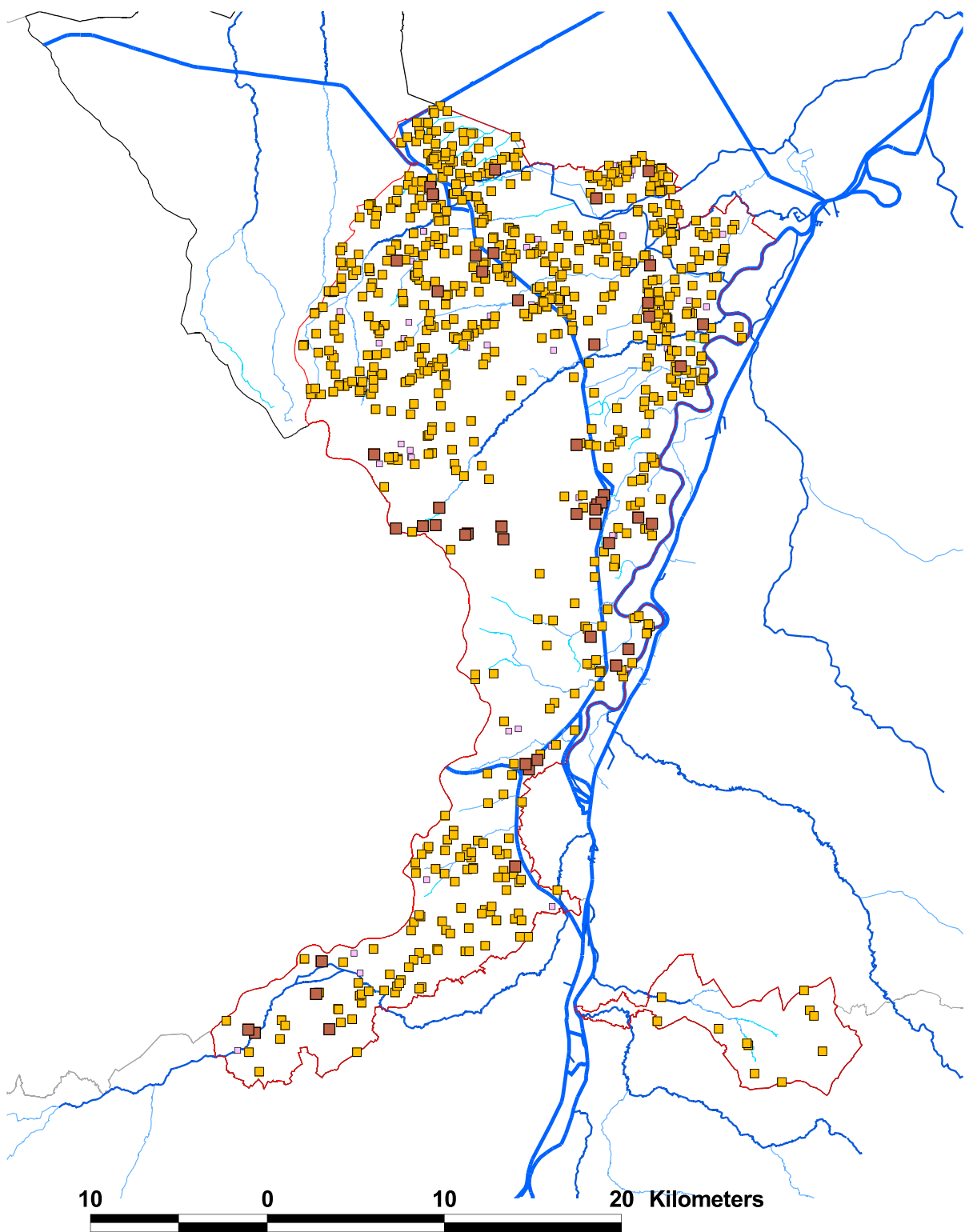
W.L. 04.0027



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

**M 720/1**

Figuur 25



Waterlopen  
Grenzen

Grondwatervergunningen

- ▣ klasse 3
- ▣ klasse 2
- ▣ klasse 1

▭ Grens studiegebied

▭ Maasbekken Provincie Limburg



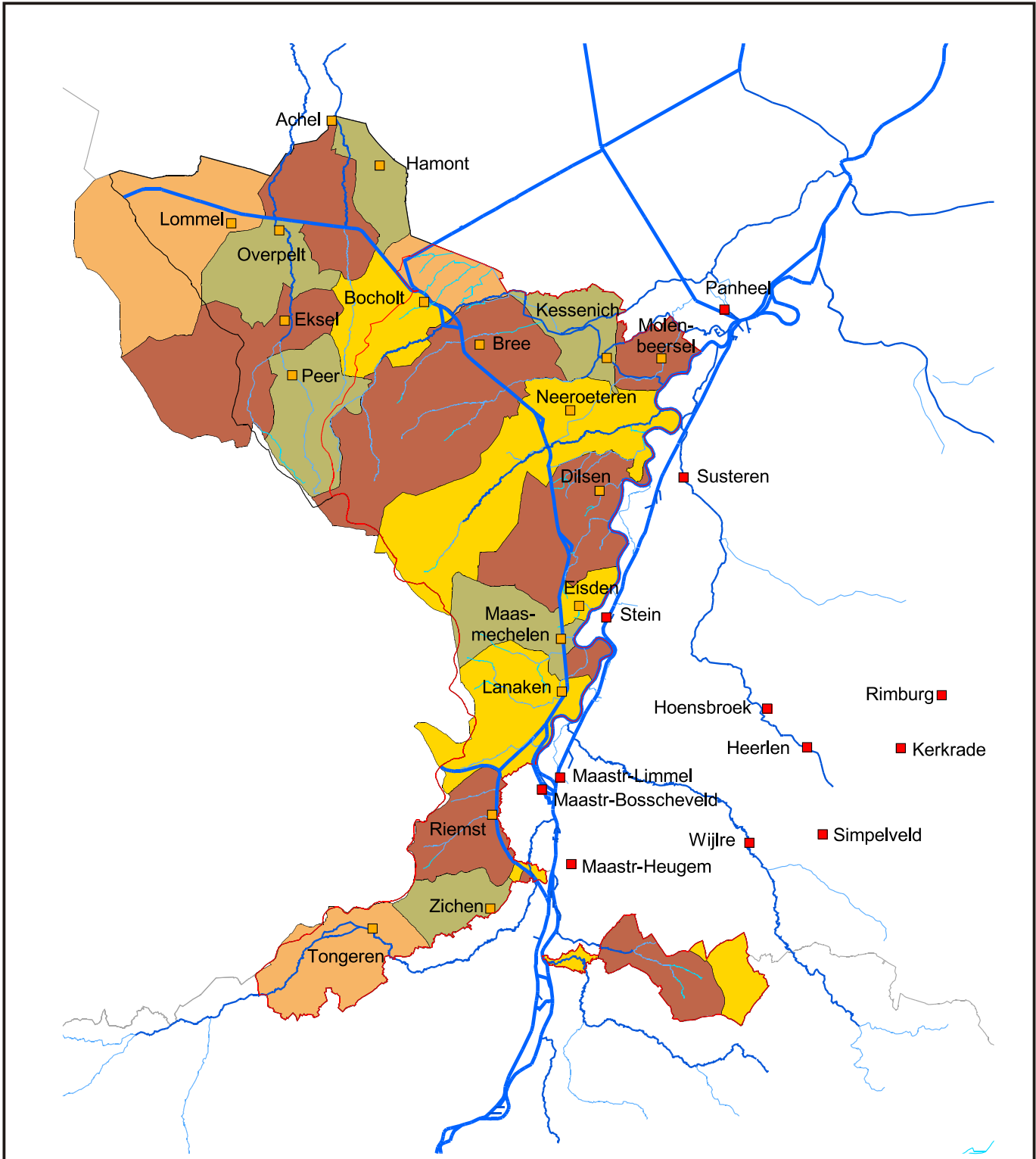
Grondwateronttrekkingen 2003(DOV)



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

**M 720/1**

Figuur 26



20 0 20 Kilometers

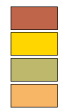


Waterlopen

Grenzen

- RWZI Vlaanderen
- RWZI Nederland
- Grens studiegebied
- Maasbekken Provincie Limburg

Zuiveringsgebieden



Zuiveringsgebieden en zuiveringsinstallaties

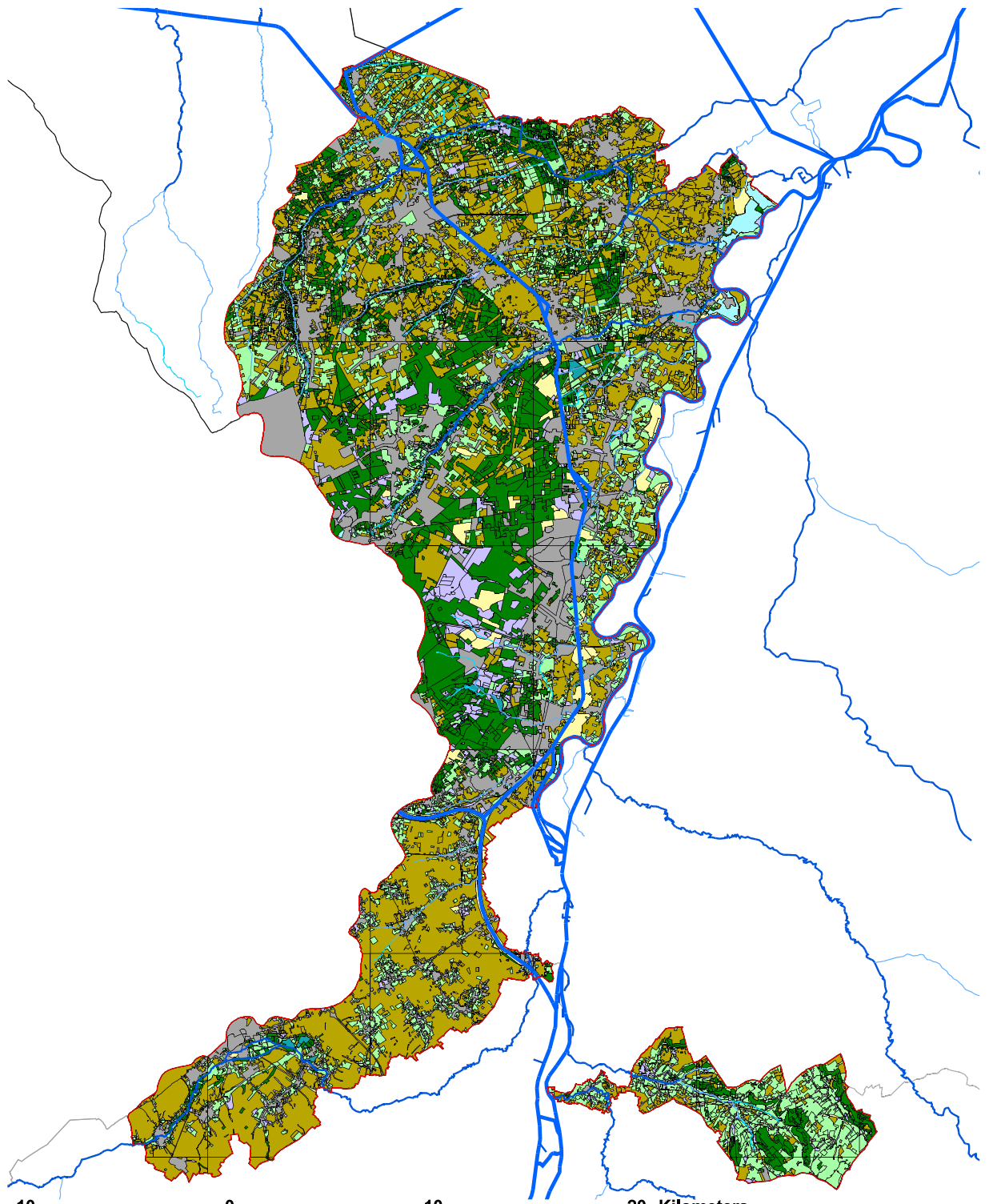
W.L. 04.0029



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

**M 720/1**

Figuur 27



10 0 10 20 Kilometers

- |  |                              |  |  |
|--|------------------------------|--|--|
|  | Waterlopen                   |  | Wateroppervlak                                   |
|  |                              |  | Moeras   |
|  | Grenzen                      |  | Bos  |
|  | Grens studiegebied           |  | Grasland   |
|  | Maasbekken Provincie Limburg |  | Akkerbouw  |
|  |                              |  | Niet verharde oppervlakte - onbewerkte terreinen |
|  |                              |  | Niet verharde oppervlakte - geaccidenteerd       |
|  |                              |  | Bebouwde of verharde oppervlakte                 |



Bodemgebruik

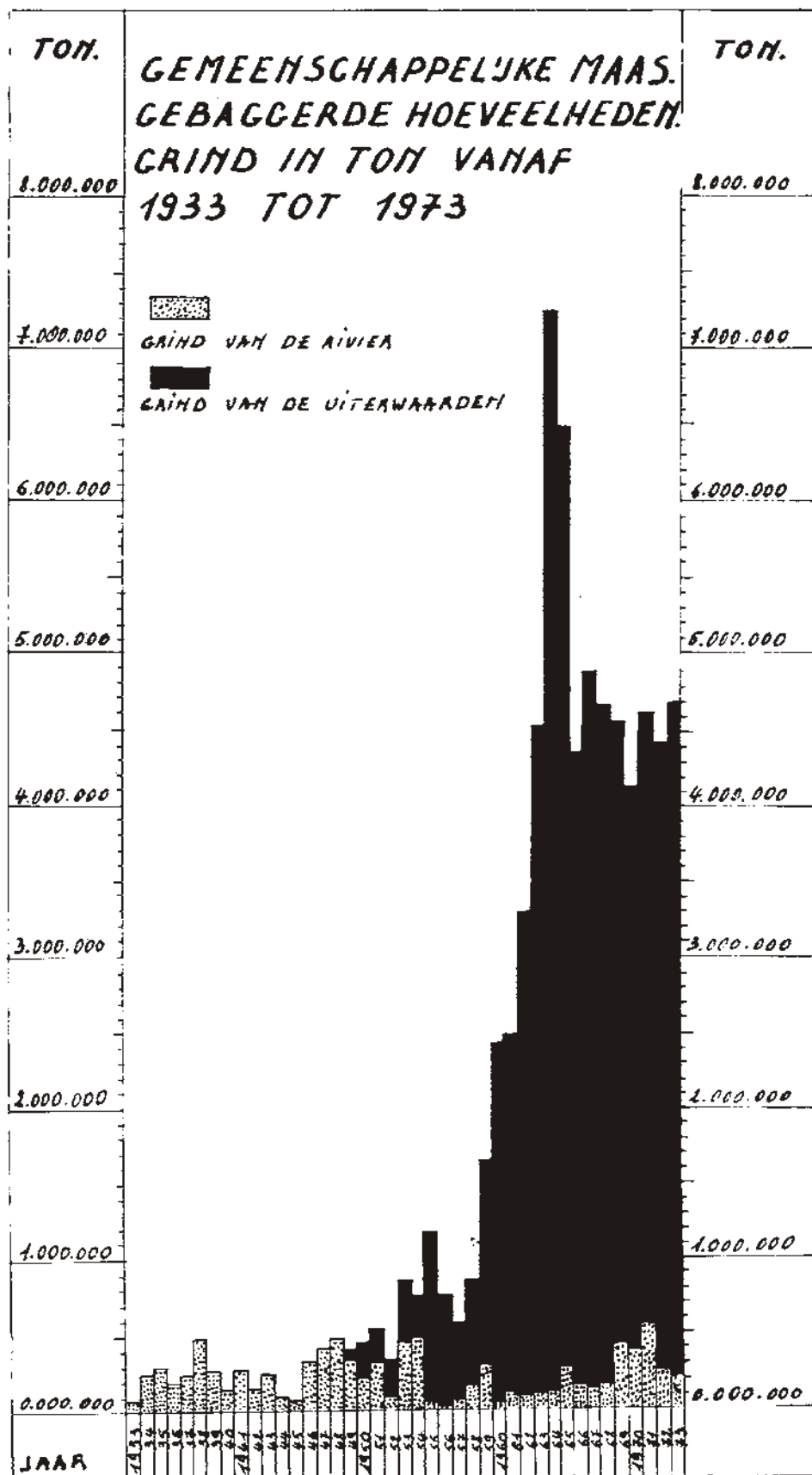
W.L. 04.0030



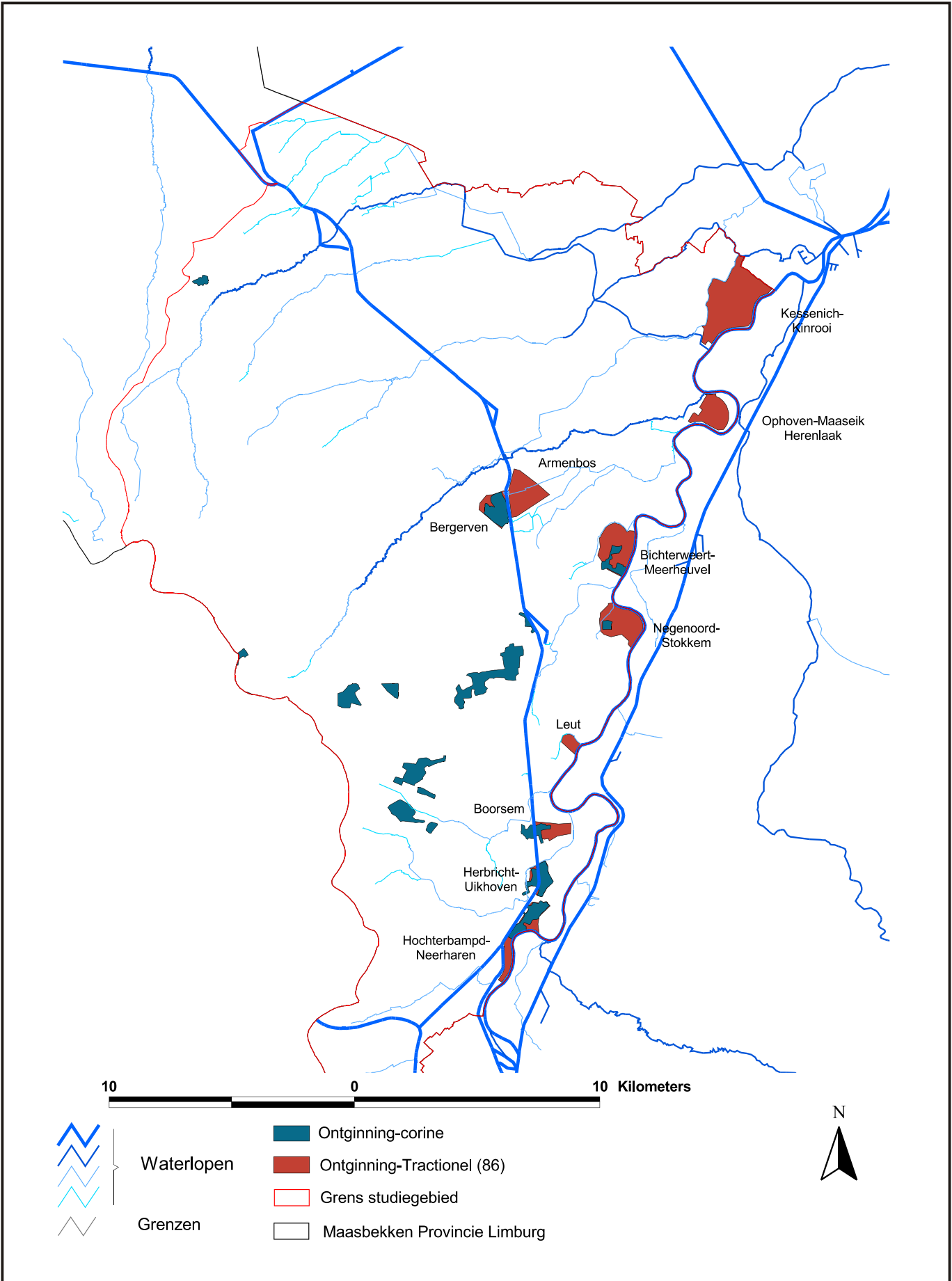
**WATERBOUWKUNDIG LABORATORIUM  
EN HYDROLOGISCH ONDERZOEK**  
Borgerhout - Antwerpen

**M 720/1**

**Figuur 28**



Evolutie van grindwinning uit de Maas en haar uiterwaarden



Grind- (en zand)winningen

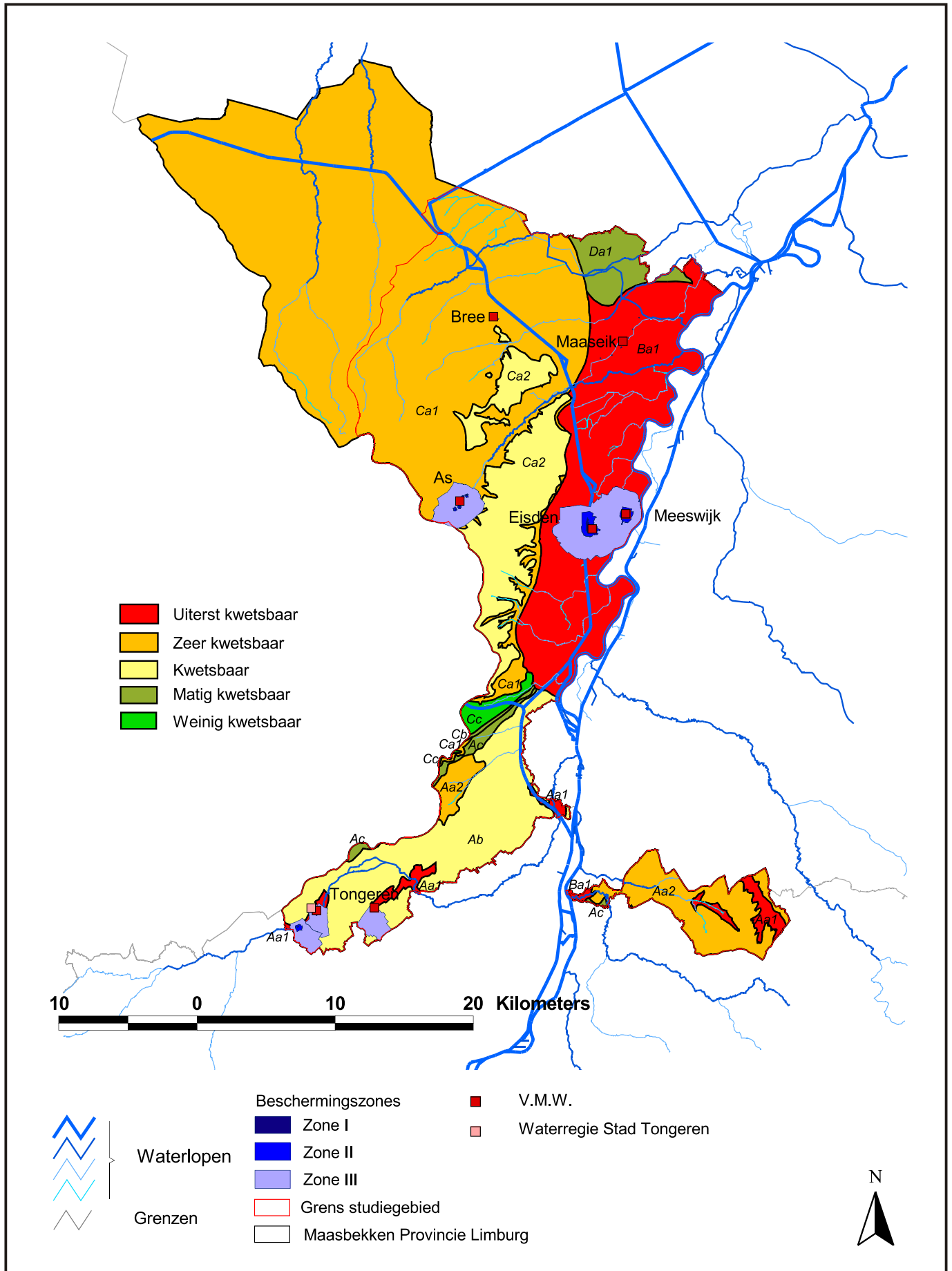
W.L. 04.0032



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

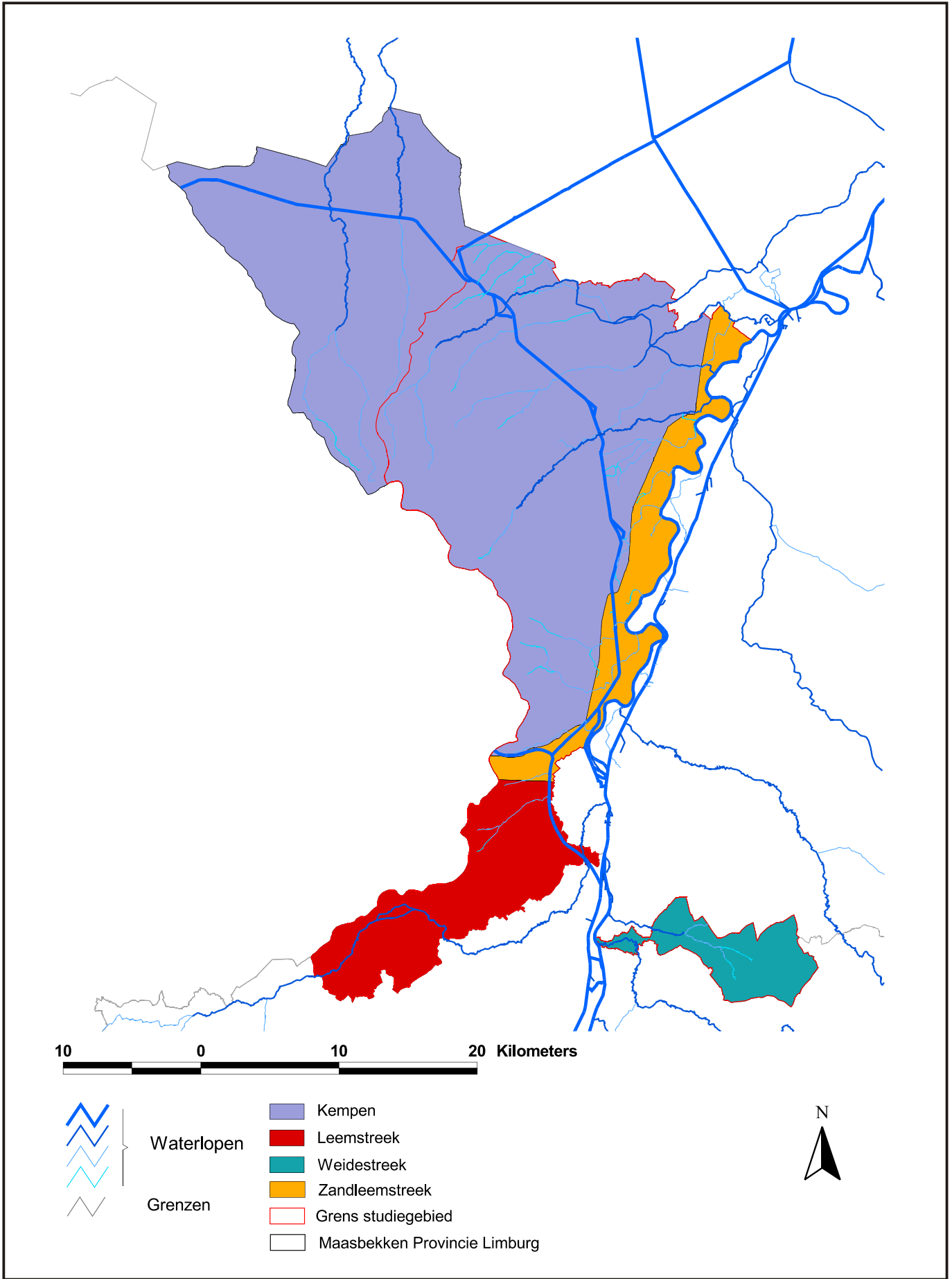
**M 720/1**

**Figuur 30**



Grondwaterkwetsbaarheidskaart en  
drinkwaterwinningscentra





Landbouwstreken

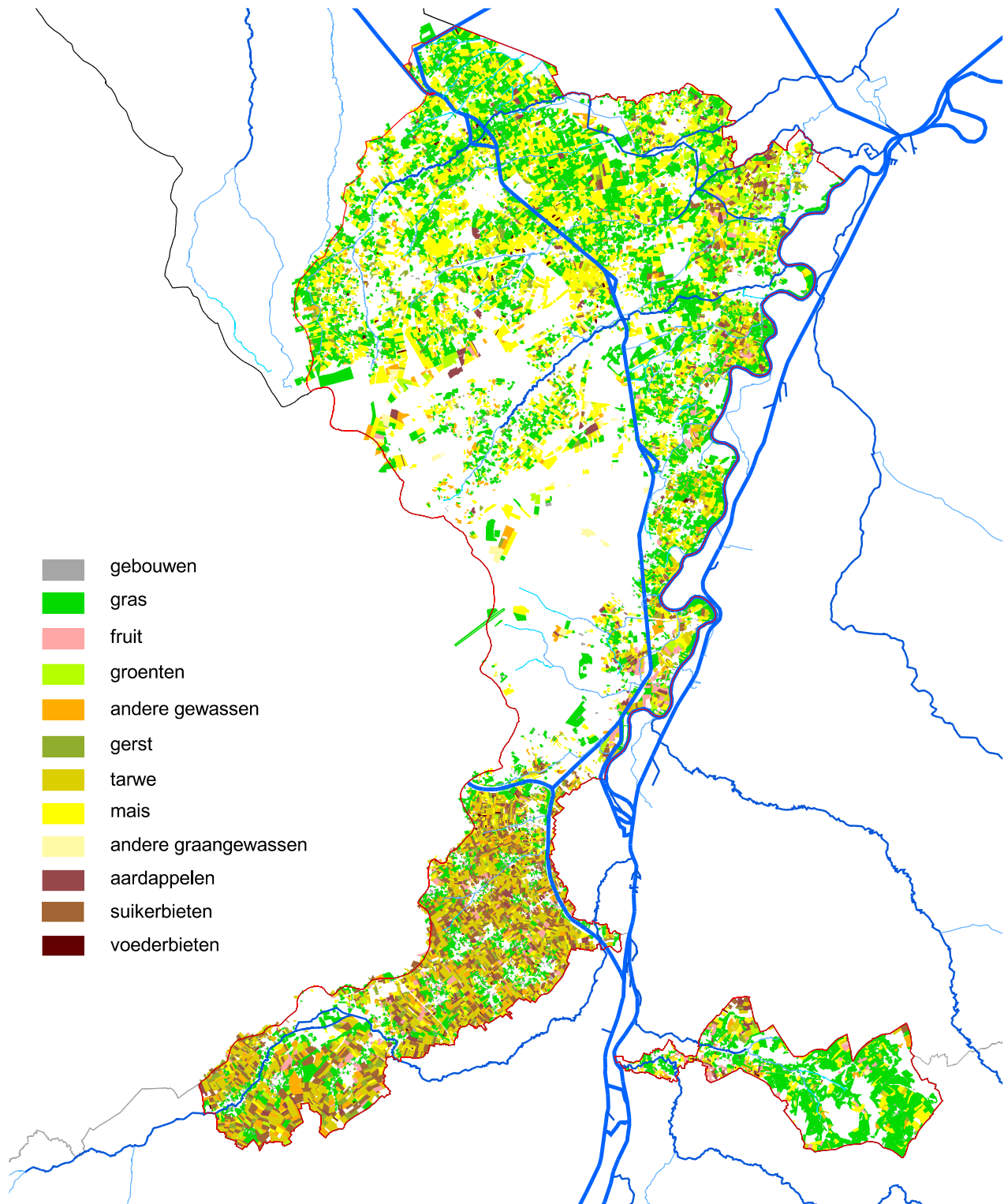
W.L. 04.0034



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

**M 720/1**

**Figuur 32**



- gebouwen
- gras
- fruit
- groenten
- andere gewassen
- gerst
- tarwe
- mais
- andere graangewassen
- aardappelen
- suikerbieten
- voederbieten

10                      0                      10                      20 Kilometers



Waterlopen

Grens studiegebied

Maasbekken Provincie Limburg

Grenzen



Landbouwgebruikspercelen

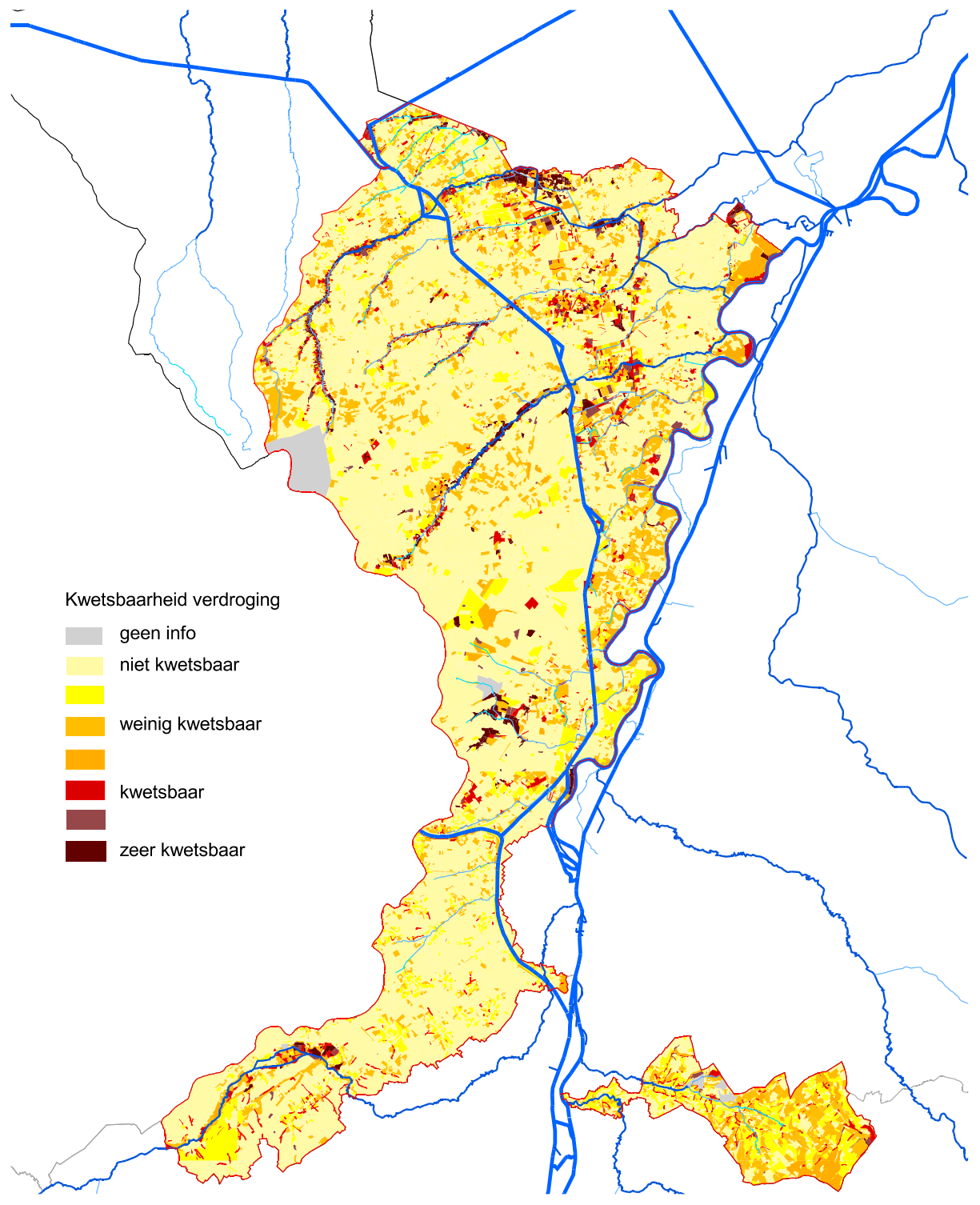
W.L. 04.0035



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

**M 720/1**

**Figuur 33**



10 0 10 20 Kilometers



Waterlopen

Grenzen

Grens studiegebied

Maasbekken Provincie Limburg



Ecosysteemkwetsbaarheidskaart met betrekking tot verdroging

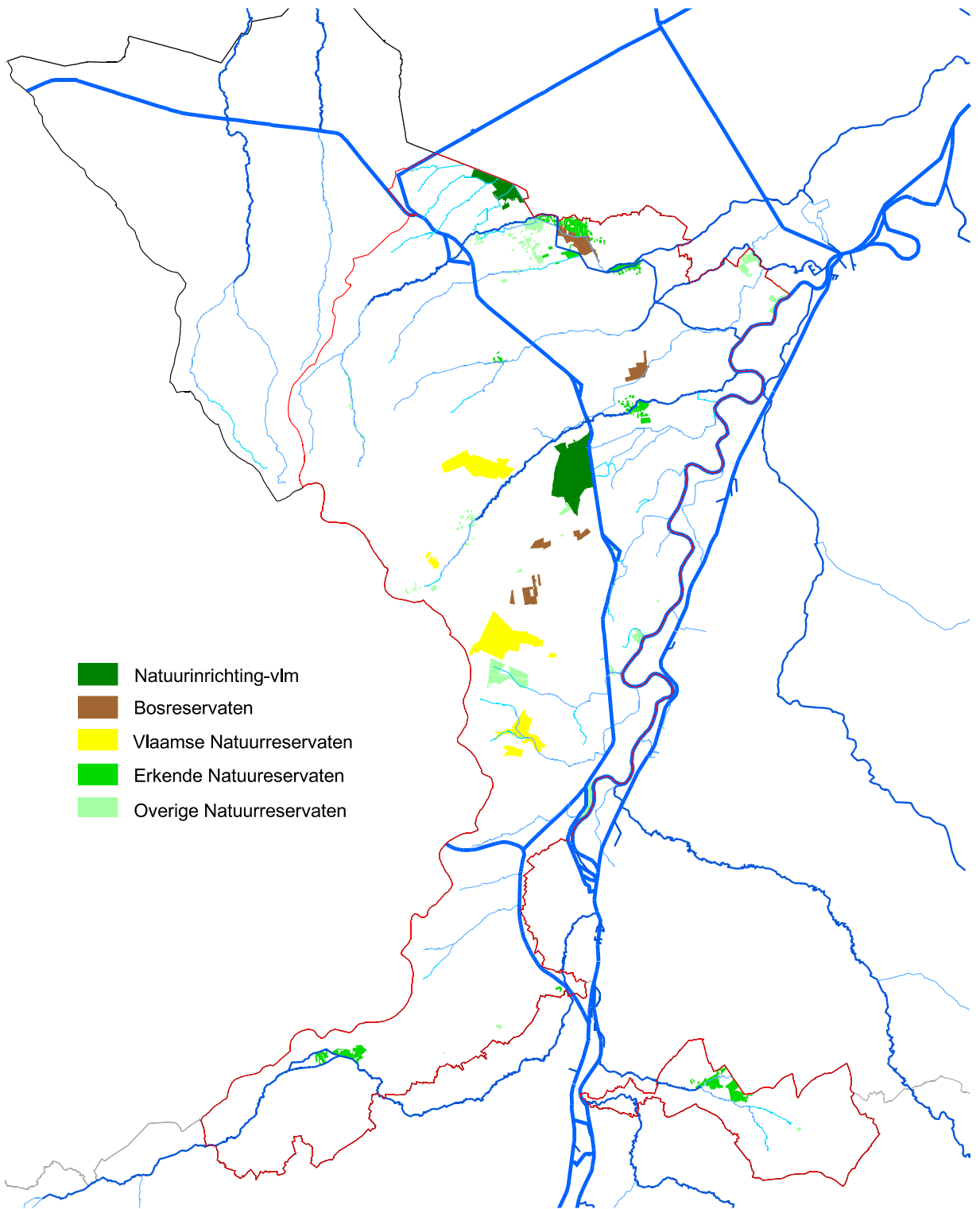
W.L. 04.0036



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

**M 720/1**

**Figuur 34**



- Natuurinrichting-vlm
- Bosreservaten
- Vlaamse Natuurreservaten
- Erkende Natuurreservaten
- Overige Natuurreservaten

10                      0                      10                      20 Kilometers



Waterlopen

Grenzen

- Grens studiegebied
- Maasbekken Provincie Limburg



Overzicht natuurgebieden in het studiegebied

W.L. 04.0037



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

**M 720/1**

**Figuur 35**



**Waterbouwkundig Laboratorium  
en Hydrologisch Onderzoek**

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](mailto:flanders.hydraulics@lin.vlaanderen.be)  
[watlab@lin.vlaanderen.be](mailto:watlab@lin.vlaanderen.be)

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



**Universiteit Antwerpen  
Departement Biologie**



**Onderzoeksgroep  
Ecosysteembeheer (Ecobe)**

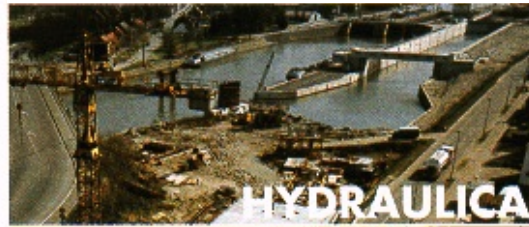
Universiteitsplein 1C  
B-2610 WILRIJK  
tel. 32 (0)3/820 22 64  
fax: 32 (0)3/820 22 71

<http://www.ua.ac.be/ecobe>

# FLANDERS HYDRAULICS RESEARCH

WATERBOUWKUNDIG  
LABORATORIUM

FLANDERS  
HYDRAULICS  
RESEARCH



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