

Verbetering van de peil- en debietreeks voor het station op de Mangelbeek te Lummen

Pieter Cabus

Nota Instituut voor Natuurbehoud
IN.A.2003.220



*Onderzoek uitgevoerd aan het Instituut voor Natuurbehoud
in opdracht van de Afdeling Water van AMINAL*



Instituut voor Natuurbehoud
Kliniekstraat 25, 1070 Brussel



Inleiding

In Vlaanderen worden sinds verschillende decennia peil- en debietmetingen verricht op de onbevaarbare waterlopen. Sinds de oprichting van de Afdeling Water van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap ressorteren de stations onder haar bevoegdheid. Voor de periode 1981-1996 werd de uitlezing en het onderhoud van de stations uitbesteed aan de vakgroep Hydraulica van de Universiteit Gent. Na 1996 werd dit uitgevoerd door het Hydrologisch Informatie Centrum van de afdeling Waterwegen en Zeewezen. Voor deze periode lag de nadruk vooral op het onderhoud en de werking van de stations. Er werd slechts een minimale aandacht besteed aan de data en de kwaliteit ervan. Op initiatief van de Afdeling Water werd door de onderzoeksgroep Landelijk waterbeheer van het Instituut voor Natuurbehoud recent gestart met de doorlichting en validatie van de historische meetreeksen van de limnigrafische stations. In deze nota wordt de verbetering van de reeks van de Mangelbeek te Lummen toegelicht.

De validatie van de meetreeksen gaat uit van een integrale aanpak. Alle informatie over de reeks, het station en de waterloop worden in de analyse betrokken. Dit omvat alle peildata (oorspronkelijke data), alle debietkrommen, de hydrologische jaarboeken van KMI, RUG en HIC, het verloop van de nulhoogte van de peillat, gegevens over belangrijke werken/ruiming, beeldmateriaal van de meetplaats, ...

Het verloop van de procedure kan als volgt worden samengevat:

- Analyse van de debietkromme(n)
- Analyse van de peilreeks
- PDM-modellering
- Verbetering van de debietreeks

Elk van deze bewerkingen op de reeks van de Mangelbeek te Lummen zal uitvoerig toegelicht worden in het vervolg van deze nota.

Analyse van de debietkromme(n) en van de peilreeks

Voor elk van de stations is de debietkromme nagegaan. Hierbij is vooral aandacht besteed aan het bestreken interval van peilen, de spreiding van de calibratiepunten en de verklaring hiervoor, en verschuivingen van peilen in de loop van de tijd.

Simultaan zijn ook de peilreeksen onderzocht op abnormaliteiten en verbanden tussen beide (calibratiepunten en peilreeksen) zijn opgespoord.

QH161

Mangelbeek te Lummen, AMWA nr. 879/4, RUG nr. 42.

Station in 1971 opgericht (AMWA 79/3), in dienst als limnigraaf AMWA879/4 van 4/05/83 tot 12/10/90 en dan verplaatst naar een volgende brug als AMWA879/4

De oppervlakte van het stroomgebied bedraagt 10067 ha. De maximale waterstand was 1,53 m op 25/07/2000. Het gemiddeld jaarmaximum bedraagt met behulp van de RUG-kromme 5,22 m³/s.

Alle ijkingen worden voorgesteld in figuur 1. De ijkingen tot 1983 vormen volgens deze figuur een aparte kromme. Omdat de limnigraaf slechts in 1983 start zijn deze ijkingen niet verder beschouwd. De vergelijking voor deze debietkromme kan als volgt gegeven worden:

$$Q = -0.5430 + 3.9886*h + 3.0865*h*h$$

De ijkingen tot 1990 liggen duidelijk onder de latere metingen (figuur 2) en geven aanleiding tot volgende debietkromme (berekend via het statistisch programma SAS):

$$Q = 0.8511*h + 2.9776*h*h$$

Extrapolatie van de debietkromme is nodig (figuur 3) en geeft aanleiding tot grote onzekerheid als men vergelijkt met de debietkromme van 2001. Er zijn niet genoeg ijkingen om een goede debietkromme op te stellen, en alleen waterlijnberekeningen kunnen mogelijk nog iets aan die situatie veranderen (zie lager).

Het HIC geeft de volgende kromme in 2001:

$$Q = -0.42786 + 3.04919*h + 0.63489*h*h$$

Op 26/01/2002 werd een ijkingsmeting uitgevoerd bij hoge waterstand. Op basis daarvan werd de kromme aangepast tot:

$$Q = 0.08625 + 1.16036*h + 2.12686*h*h$$

De RUG-kromme heeft de volgende vergelijking:

$$Q = 3.9903*(h - 0.1)^{1,074}$$

De RUG-kromme ligt boven de HIC-kromme (2001). De periode na 1990 heeft veel ijkingen met een belangrijke spreiding en zonder patroon. Men kan zich derhalve de vraag stellen in hoeverre de debietkromme van 2001 van het HIC werkelijk verschilt van de debietkromme over de ganse periode 1990-2000 (en dus niet het gevolg is van de metingen op een toevallige datum).

Verder is er onzekerheid over de extrapolatie van de debietkromme. Voor zover bekend zijn er geen belangrijke wijzigingen aan de bedding of de duiker geweest die het mogelijk maken dat de kromme voor 2002 lager ligt dan erna. De statistische berekening van de debietkromme 1983-1990 lijkt het ijkingspunt van 2002 te bevestigen.

Er werden waterlijnberekeningen uitgevoerd met behulp van het programma ISIS. De debietkromme die op basis van het model bekomen werd is weergegeven in figuur 4. De tabel hieronder geeft de gesimuleerde invloed weer van het Demerpeil op de waargenomen peilen ter hoogte van de limnigraaf. We zien dat er zeker een invloed is van het Demerpeil, hoewel die volgens het model beperkt blijft tot enkele centimeter.

Tabel 1: Gesimuleerde invloed van het Demerpeil op het limnigraafpeil bij twee verschillende debieten

demerpeil	debiet (m ³ /s)	waterpeil aan limnigraaf (mTAW)
21.50	0.973	23.373
21.75	0.973	23.373
22.00	0.973	23.373
22.5	0.973	23.373
23	0.973	23.396
21.5	4.400	24.186
21.75	4.400	24.187
22	4.400	24.188
22.5	4.400	24.193
23	4.400	24.216

Op basis hiervan kunnen we de kromme tot 1990 behouden tot hoogten van 1 m, waarna de HIC-kromme gehanteerd wordt:

$$Q = 0.8511 \cdot h + 2.9776 \cdot h^2 \quad \text{als } h < 0,65$$

$$Q = -0.5 + 3.15 \cdot h + 0.7 \cdot h^2 \quad \text{als } h > 0,65$$

$$Q = 0.08625 + 1.16036 \cdot h + 2.12686 \cdot h^2 \quad \text{als } h > 1,00$$

Voor de debietkromme na 1990 vindt men volgende vergelijking terug (gebaseerd op alle ijkingen na 1990):

$$Q = 2.592377 \cdot h + 0.835520 \cdot h^2$$

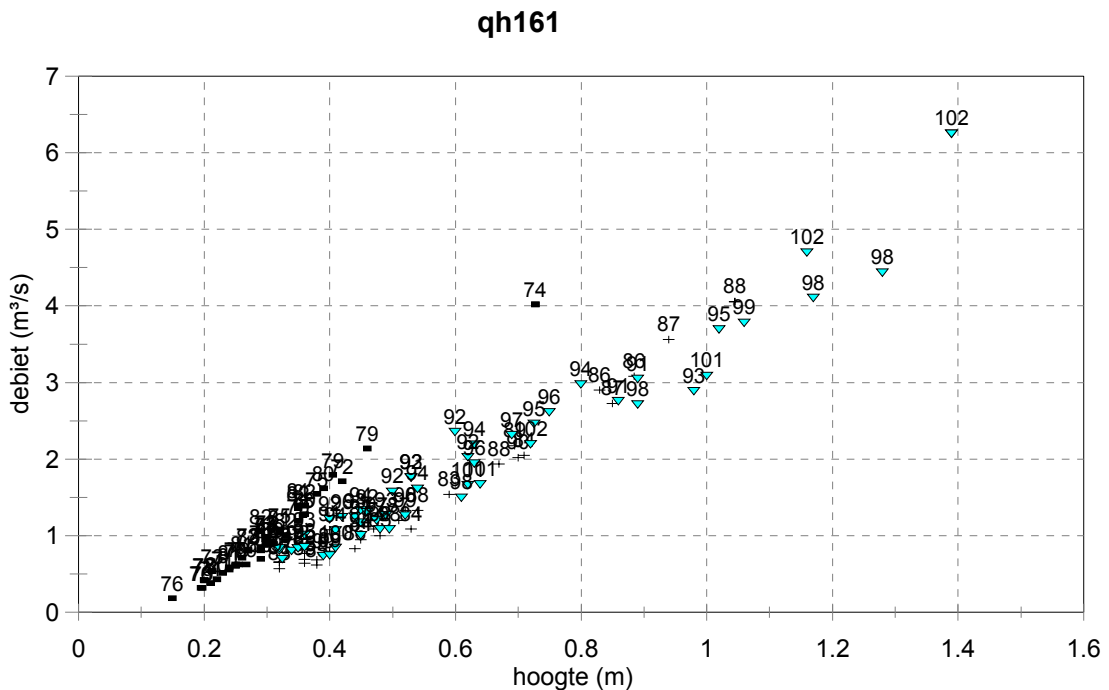
Dit is weergegeven in figuur 5. Deze kromme wijkt enkel bij kleine hoogten af van de HIC_kromme 2002. Het lijkt er dan ook op, gezien de invloed van het Demerpeil, dat de volledige periode (van 1990 tot heden) benaderd kan worden met één debietkromme. De krommen wijken bij laagwater tot 10 centimeter van elkaar af. Dit is relatief veel, maar gezien 1) de opstuwung door afwaartse Demerpeilen en 2) de arbitraire spreiding van de meetpunten in de tijd, lijkt het niet mogelijk een fijnere indeling te maken. We stellen voor hiervoor de bovenstaande vergelijking te gebruiken.

Beschikbare ijkingen

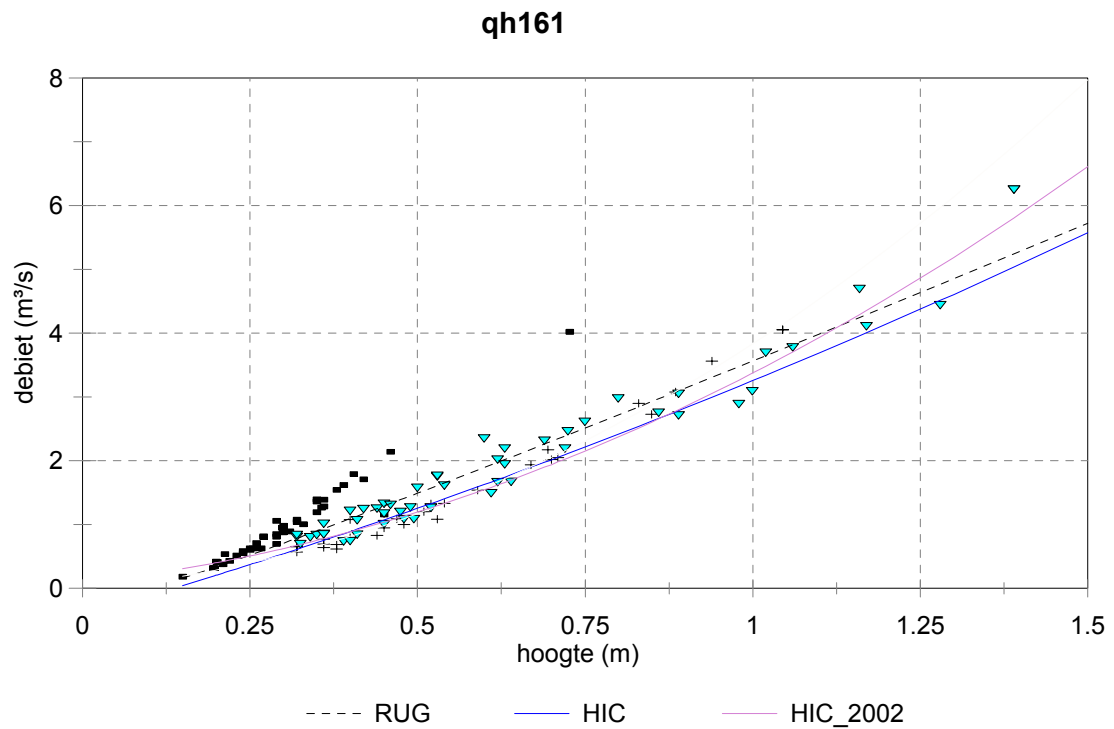
DATUM	Q	H
31/12/1971	0.518	0.23
30/04/1972	1.713	0.42
31/10/1972	0.986	0.30
13/03/1973	0.819	0.27
7/06/1973	0.543	0.21
24/10/1973	0.957	0.30
19/02/1974	0.856	0.29
16/07/1974	0.384	0.21
23/10/1974	4.025	0.73
11/02/1975	1.077	0.32
10/04/1975	1.548	0.38
11/02/1976	1.198	0.35
11/05/1976	0.322	0.20
12/07/1976	0.185	0.15
14/04/1977	0.884	0.30
2/08/1977	0.419	0.20
1/02/1978	1.271	0.36
20/09/1978	0.424	0.20
25/10/1978	0.628	0.25
10/01/1979	1.795	0.41
20/03/1979	2.144	0.46
22/05/1979	0.609	0.25
7/06/1979	0.629	0.26
24/09/1979	0.322	0.20
22/10/1979	0.628	0.27
27/02/1980	0.899	0.31
25/04/1980	0.699	0.29
11/06/1980	0.432	0.22
10/09/1980	1.285	0.36
26/11/1980	0.811	0.29
23/12/1980	1.623	0.39
30/01/1981	1.400	0.35
25/02/1981	1.043	0.32
15/04/1981	0.714	0.26
11/06/1981	0.558	0.24
31/08/1981	0.589	0.24
9/11/1981	0.943	0.30
21/01/1982	1.366	0.35
22/02/1982	1.011	0.33
15/04/1982	1.064	0.29
11/06/1982	0.808	0.27
27/08/1982	1.395	0.36
5/11/1982	0.886	0.30
25/01/1983	1.160	0.45
24/06/1983	0.655	0.32
28/10/1983	0.572	0.32
9/12/1983	1.542	0.59

29/03/1984	1.087	0.53
12/06/1984	1.090	0.47
27/09/1984	0.947	0.45
27/11/1984	2.048	0.71
22/05/1985	1.000	0.48
5/06/1985	0.688	0.38
27/08/1985	0.658	0.32
4/09/1985	0.693	0.36
30/10/1985	0.620	0.38
26/11/1985	0.643	0.36
13/01/1986	2.904	0.83
24/01/1986	3.081	0.89
20/05/1986	0.831	0.44
18/06/1986	0.798	0.40
25/02/1987	1.203	0.51
26/03/1987	3.565	0.94
16/11/1987	2.730	0.85
19/01/1988	1.332	0.54
3/03/1988	1.939	0.67
15/03/1988	4.056	1.05
27/04/1989	2.177	0.70
9/05/1989	0.770	0.36
30/01/1990	1.331	0.52
16/02/1990	2.022	0.70
10/06/1991	1.078	0.40
7/11/1991	2.756	0.86
18/12/1991	3.049	0.89
20/03/1992	1.216	0.40
27/03/1992	1.308	0.46
5/06/1992	0.837	0.32
2/09/1992	2.353	0.60
23/10/1992	0.839	0.35
26/10/1992	1.576	0.50
18/11/1992	2.023	0.62
3/12/1992	1.765	0.53
25/03/1993	0.855	0.36
28/05/1993	1.757	0.53
15/06/1993	1.013	0.36
16/11/1993	2.890	0.98
18/11/1993	1.250	0.44
2/12/1993	0.809	0.32
8/12/1993	1.269	0.49
5/01/1994	2.978	0.80
27/04/1994	1.331	0.45
26/05/1994	1.068	0.41
6/06/1994	2.190	0.63
18/11/1994	1.613	0.54
24/11/1994	1.006	0.45
23/01/1995	3.696	1.02
16/02/1995	2.462	0.73

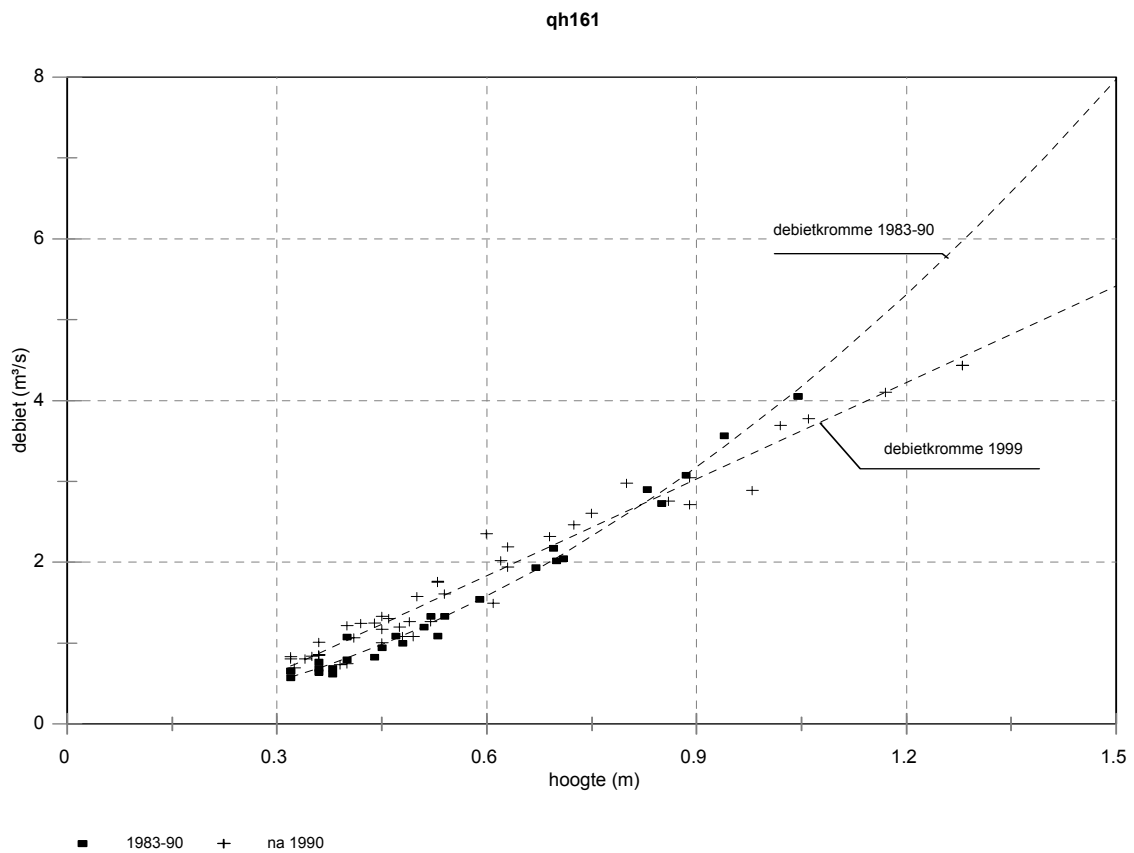
28/11/1995	0.851	0.36
31/08/1996	2.610	0.75
2/10/1996	1.245	0.42
21/11/1996	1.944	0.63
23/06/1997	1.200	0.48
14/07/1997	2.318	0.69
4/08/1997	0.804	0.34
16/10/1997	1.173	0.45
8/12/1997	0.696	0.33
21/01/1998	1.085	0.50
17/03/1998	1.084	0.48
16/09/1998	4.438	1.28
17/09/1998	4.108	1.17
18/09/1998	2.713	0.89
16/10/1998	1.495	0.61
20/04/1999	1.265	0.52
3/06/1999	0.736	0.39
12/08/1999	0.745	0.40
13/12/1999	3.781	1.06



Figuur 1 : ijkings voor de Mangelbeek (labels verwijzen naar de jaartallen van de meting, punten zijn de ijkings voor 1983, kruisjes tussen 1983 en 1990 en driehoekjes na 1990)

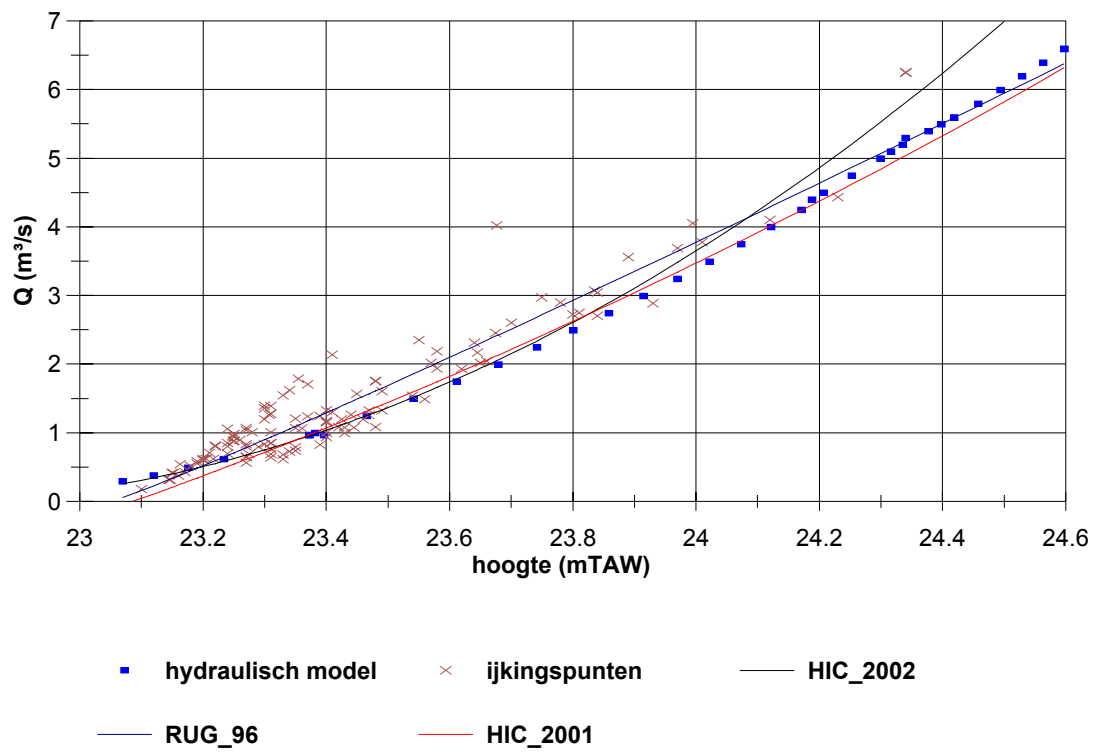


Figuur 2 : debietkrommen van de RUG en het HIC

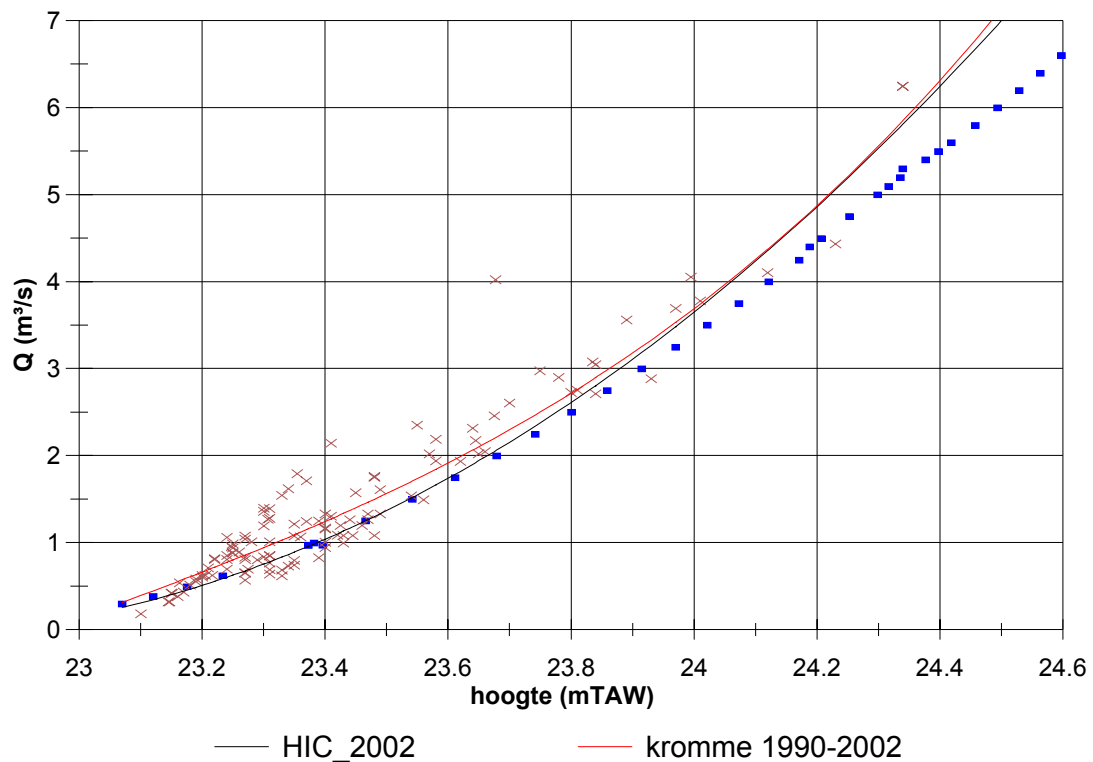


Figuur 3 : voorgestelde debietkromme 1983-90

Qh 161 Mangelbeek



**Figuur 4 : debietkrommen in vergelijking met de resultaten van het hydraulisch model
Qh 161 Mangelbeek**



Figuur 5 : debietkromme voor de periode na 1990

PDM-modellering

Aan de hand van de verbeterde debietkrommen werden de peilgegevens getransformeerd tot een debietreeks. Deze reeks werd gebruikt als input voor een eenvoudig PDM-model. Het resultaat van dit model kan dienen als hulpmiddel bij de verbetering van de gegevensreeks. Bij de opmaak en de calibratie van het model werd daarom vooral aandacht besteed aan een goede simulatie van de basisafvoer. In de modelleringstudies kunnen andere parametersets naar voor komen, omdat hier het accent ligt op de piekafvoeren. Hoewel beiden niet los kunnen gezien worden kunnen de twee benaderingswijzen toch tot verschillende resultaten leiden. Voor de calibratie werd de methodologie gehanteerd zoals ze voorgeschreven is in het bestek voor de modelleringstudies van de afdeling Water.

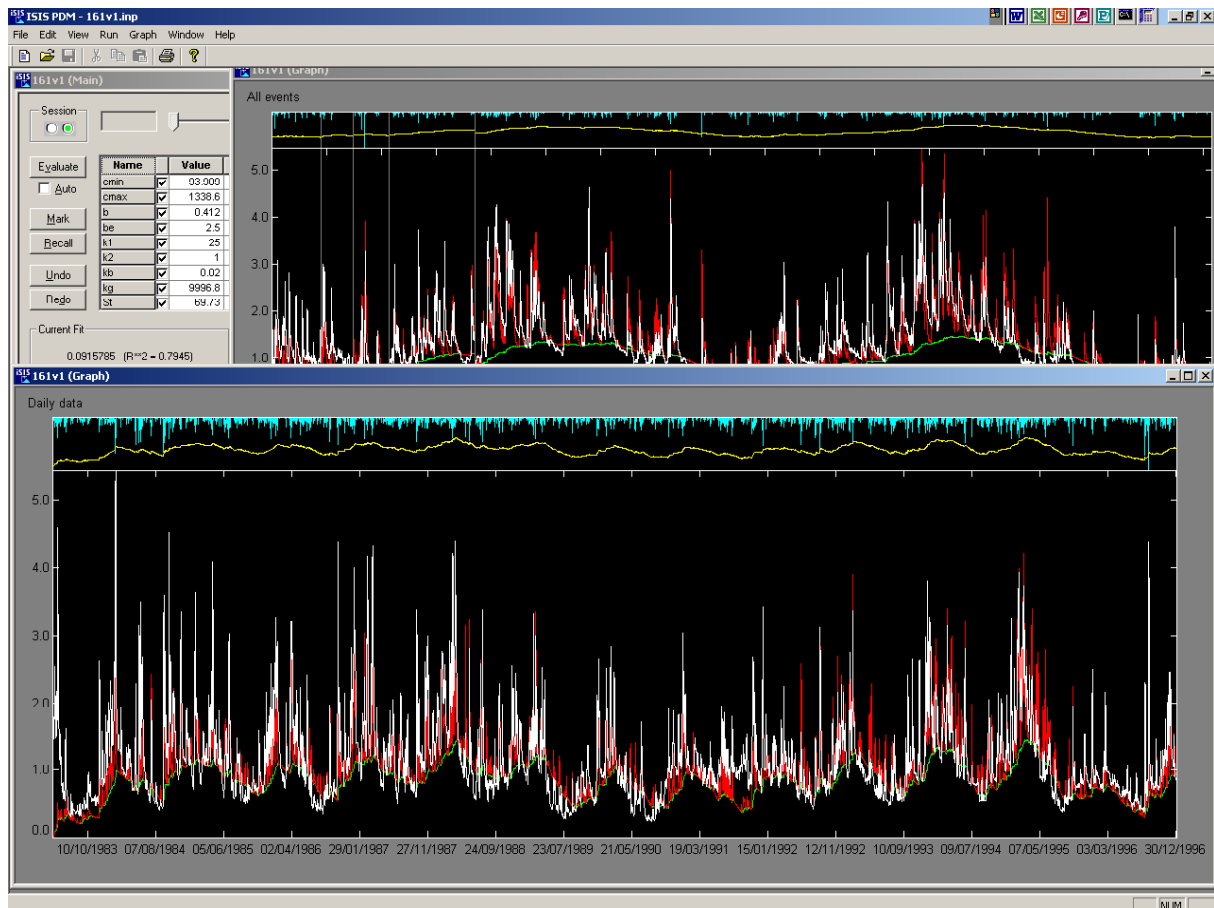
Voor de bepaling van de parameters k_1 en k_2 werd gebruik gemaakt van de regressie tussen de stroomgebiedoppervlakte en de parameters die konden getrokken worden met behulp van de modelparameters uit de modelleringstudies 1999.

Een optimale parameterset geeft voor de calibratie-events een correlatie van 80 %. Hierbij werden de parameters uit tabel ? gebruikt en een $tdly$ -waarde van 0,914 uur.

De volledige reeks wordt dan gesimuleerd met een correlatie van 71 %. In figuur 6 worden de simulatieresultaten weergegeven.

Tabel 2: Optimale parameterset van het PDM-model voor de Mangelbeek te Lummen

Cmin	93
Cmax	1340
B	0.4
Be	2.5
k_1	25
k_2	1
Kb	1
Kg	9996
St	69.7
Qconst	-0.015



Figuur 6: Simulatieresultaten voor de Mangelbeek te Lummen

Verbetering van de debietreeksen

Met behulp van de opmerkingen uit de visuele inspectie, opmerkingen uit de analyse van de debietkromme, de reeks van Thiessenneerslag voor het stroomgebied, de gemodelleerde reeks en de ‘ongekuiste’ reeksen van naburige stations werd de reeks van de Mangelbeek te Lummen grondig doorgelicht en opgekuist. Dit gebeurde met behulp van het programma WISKI-TV.

Deze reeks bevatte veel perioden met schommelingen, regelmatig plateau's bij laagwaterafvoeren en soms zeer vreemde pieken. Voornamelijk deze laatste waren moeilijk te verbeteren.

Effecten reeksverbetering

Om een eerste indruk van het belang van de ‘verbetering’ te geven zijn hieronder enkele karakteristieken van de oude en nieuwe reeks getoond.

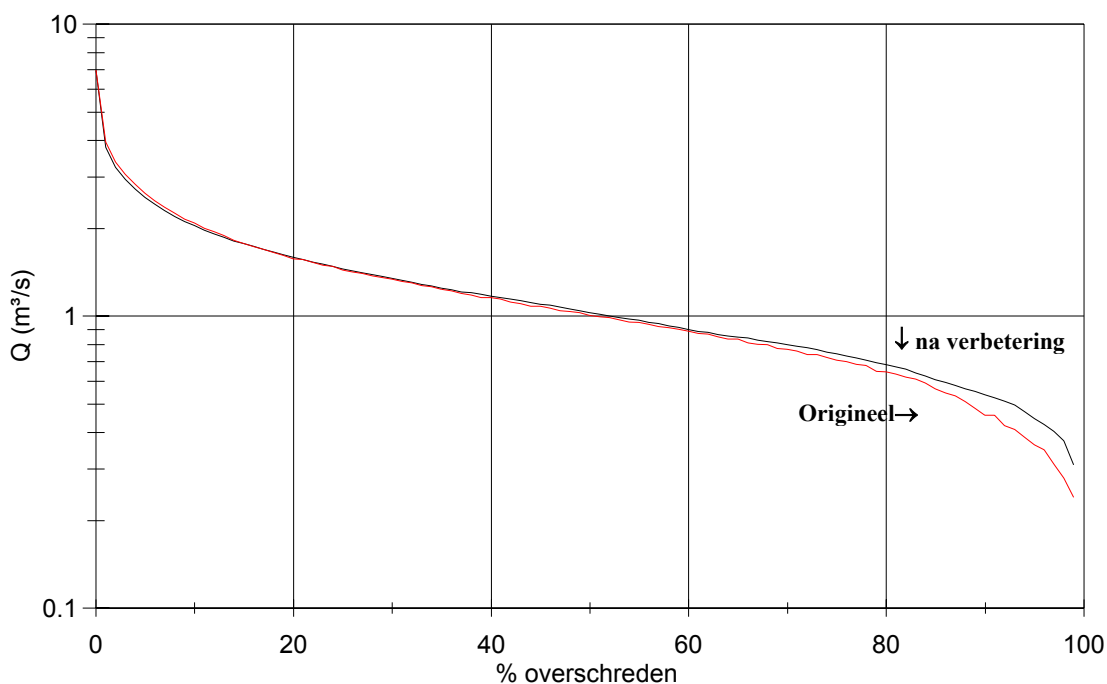
1. frequentieverdeling

In figuur 7 worden de overschrijdingsprocenten van de afvoeren voor de Mangelbeek voorgesteld (frequentieduurlijnen). In Tabel 3 worden de respectievelijke overschrijdingspercentages getoond.

Voor de Steenbeek wijzigt de frequentieverdeling aanzienlijk voor de lage afvoeren. Deze stijging zal grotendeels te wijten zijn aan de aanpassing van de debietkromme voor lage afvoeren. Gemiddelde afvoeren wijzigen nauwelijks.

Tabel 3 : Overschrijdingsdebieten voor de Mangelbeek

%	Debiet verb	Debiet onverbeterd	verhouding (verb/onverb)
max	5.256	6.9	0.76
5	2.553	2.641	0.97
10	2.044	2.084	0.98
25	1.454	1.441	1.01
50	1.03	1.008	1.02
75	0.744	0.708	1.05
90	0.538	0.459	1.17
95	0.446	0.363	1.23
98	0.375	0.279	1.34



Figuur 7: Duurlijnen voor de Mangelbeek: in het rood de originele, in het zwart de verbeterde reeks

2. volume's

In Tabel 4 worden de gemiddelde afgevoerde volume's uitgezet (mm/jaar) van zowel de totale afvoer als basisafvoer en snelle afvoer. Ook worden de verhoudingen tussen deze waarden voor de verbeterde en onverbeterde reeks gegeven. Voor de bepaling van de basisafvoer werd de 'eenvoudige' methode gebruikt die voorgesteld werd door het *Institute of Hydrology*:

- De methode maakt gebruik van de gemiddelde dagafvoeren.
- Er worden n niet overlappende blokken van 5 dagen gevormd. De minimumwaarden voor de afvoer in deze blokken noemt men Q_1, Q_2, \dots, Q_n .
- Per drie blokken worden de minimumwaarden vergeleken: $(Q_1, Q_2, Q_3), (Q_2, Q_3, Q_4), \dots, (Q_{n-2}, Q_{n-1}, Q_n)$. Als voor een groep de buitenste waarden Q_{i-1} en Q_{i+1} beide groter zijn dan 90 % van de centrale waarde Q_i dan is de waarde Q_i een deel van de basisafvoerkromme. Op die manier bekomt men een non-equidistante reeks van basisafvoerwaarden.
- Deze reeks wordt lineair geïnterpoleerd om terug een equidistant reeks te krijgen met basisafvoerwaarden. Steeds wordt gecontroleerd of de basisafvoer bij deze interpolatie niet hoger komt te liggen dan de werkelijke afvoer.

Voor de Mangelbeek bedraagt de stijging van het afgevoerde volume tengevolge de verbeteringen 1,2 %. Deze stijging is te wijten aan een stijging van de basisafvoer met 14 mm/jaar (5,6 %) en wordt gecompenseerd door een daling van het aandeel snelle afvoer met gemiddeld 10 mm/jaar (10 %).

Tabel 4: Volume's en verhoudingen voor de Mangelbeek te Lummen

	Totale runoff (mm/jaar)	Basis- afvoer (mm/jaar)	Snelle afvoer (mm/jaar)	RC globaal (%)	Neerslag (mm/jaar)
Verbeterd	347.3	259.1	88.2	11.2	784.0
Onverbeterd	343.3	245.3	98.0	12.5	
Verhouding (%)	101.2	105.6	90.0	90.0	

BESLUIT OPTIMALISATIE

Het station 161, op de Mangelbeek te Lummen vertoont vrij veel schommelingen, waardoor de verbetering vrij veel tijd in beslag nam. Niettemin blijven de wijzigingen tengevolge deze verbetering relatief beperkt.

De aanpak van zowel debietkrommen als de reeks zelf garandeert een 'integrale' benadering en een zo volledig mogelijke verbetering. Het onderzoek van de debietkromme heeft een invloed op alle gegevens, zowel hoog- als laagwater, waar de reeksverbetering zich voornamelijk concentreert op aanpassingen van laagwater, gezien de grote onnauwkeurigheid en de vele fouten die hier optreden. De modellering met behulp van PDM geeft aanvaardbare resultaten die als basis kunnen gebruikt worden voor de verbetering.

Zowel de ruwe debietwaarden (na omzetting met de 'beste' debietkromme), als de 'verbeterde' debietreeks kunnen, samen met dit verslag gedownload worden van <ftp://ftp.instnat.be/users/pcabus/data>.