

Verbetering van de peil- en debietreeks voor het station op de Sint-Jansbeek (Martjesvaart) te Merkem

Pieter Cabus

Nota Instituut voor Natuurbehoud
IN.A.2004.76



*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 Ieperlee te Zuidschote (Ieper) 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 SintJansbeek (Martjesvaart) te Merkem 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.

Qh496

SintJansbeek te Merkem, AMWA nr. 906/2, RUG-nr. 2

Station op de SintJansbeek is opgericht in oktober 1966. De nulhoogte van de peilschaal bedraagt sindsdien 3,581 m. De limnigraaf werd geplaatst in mei 1986 afwaarts van de brug.

Het maximale waterpeil bedroeg 2,85 m op 24/01/1990 wat overeenkomt met een debiet van ongeveer 10,14 m³/s volgens de HIC-kromme of 8,21 m³/s volgens de RUG-kromme. Het gemiddeld jaarmaximum voor het debiet bedraagt 6,235 m³/s (berekend met de RUG-kromme), wat overeenkomt met een hoogte van ongeveer 2,4 à 2,5 m

Er zijn 129 calibratiemetingen verricht. De maximaal bemeten hoogte is 2,37 m. De metingen vertonen een grote spreiding. Het dwarsprofiel ter hoogte van de meetplaats is erg onstabiel en vertoont neiging tot aanslibben. Bij de analyse van de peilreeks sinds 1986 kan deze aanslibbing begroot worden op een 4-tal centimeter per jaar. Ruimingen of uitspoelingen zouden dan plaatsgevonden hebben in 1989, 1990 en 1995.

De RUG_96-kromme: debietkromme bestaat uit één deel. De volgende vergelijking is door de RUG voorgesteld:

$$Q = 0,9168.(h + 0,06)^2 + 0,1411.(h + 0,06) + 0,0322$$

De HIC-kromme bestaat uit vier delen. Een eerste deel (tweede graad) wordt toegepast bij hoogten van 0 cm tot 10 cm. Het tweede deel van de kromme is opnieuw een tweedegraadsvergelijking die vertrekt vanaf 10 cm en loopt tot 69,7 cm. Het derde deel is een rechte van 69,7 cm tot 1,26 m. Dit kan als een overgang beschouwd worden naar het vierde deel, een derdegraadskromme. De HIC-kromme heeft de volgende vergelijkingen :

$$Q = a_0 + a_1.h + a_2.h^2 + a_3.h^3$$

a0	a1	a2	A3	hmin	hmax
0.0483	0.7066	2.2331	0.000	0.000	0.100
0.0273	1.1273	0.1299	0.000	0.100	0.697
-0.033	1.3181	0.000	0.000	0.697	1.260
0.9588	0.8106	-1.0685	0.6749	1.260	2.500

In figuur 2 zijn de ijkingen gegeven samen de HIC-kromme en de RUG-kromme.

Beide krommen vertonen een verschillend verloop. De RUG-kromme ligt aanvankelijk lager dan de HIC-kromme, maar vanaf een hoogte van 1,1 m tot 2,3 m ligt ze boven de HIC-kromme. Bij grotere hoogten geeft de HIC-kromme terug aanleiding tot grotere debieten, wat veroorzaakt wordt door de derdegraadsvergelijking.

Ditzelfde patroon vertoont zich wanneer we de waarnemingen spreiden in de tijd. Voor hoogten tot ongeveer 1 m liggen de ijkingen uit de jaren '90 links (lager) dan vergelijkbare ijkingen uit de jaren '80. Dezelfde vaststelling geldt voor de waarnemingen uit de jaren '70 en '80. Voor dit vreemde fenomeen is nog geen verklaring gevonden. Werden er na 1990 werken (bvb. nieuwe duikers) uitgevoerd afwaarts het station ?

De limnigraaf bevindt zich afwaarts een duiker met één centrale rechthoekige koker en twee kleinere (diameter 1 m) zijkokers waarvan het centrum op ongeveer 0,5 meter boven het vloerpeil ligt. Vermits de limnigraaf zich afwaarts bevindt is er nauwelijks hydraulische invloed te verwachten van deze vreemde combinatie op de debietkromme.

Bij een onderzoek van de peilreeksen blijken enkele verschuivingen voor te komen. Zo zakken de peilen in de loop van de maand mei 1989 met ongeveer 10 cm, en in de maand mei 1990 opnieuw met ongeveer 10 cm (Figuur 5). Calibratiepunten bij lage hoogten liggen in de jaren '90 inderdaad lager dan voorheen, maar bij grote hoogten dan weer niet (cf. supra). Het is dan ook niet vanzelfsprekend om de peilen hier te verbeteren. Bovendien vertoont de

peilreeks heel wat problemen, zoals ontbrekende waarden en valse plateau's (waar de vlotter bleef haperen), zodat het zeer moeilijk is om uitspraken te doen over eventuele ruimingen en daarmee gepaard gaande peilverschuivingen.

Doorheen de punten zijn enkele regressiekrommen getekend. De beste fit doorheen alle punten is bekomen door een eenvoudige kwadratische functie:

$$Q = h^2 \quad (1)$$

Worden alleen de punten van na 1986 geselecteerd (beschikbaarheid uurlijkse data), dan blijkt de volgende derdegraadsfunctie de beste vergelijking op te leveren.

$$Q = 0,93.h + 0,26.h^3 \quad (2)$$

Om de hypothese van ruiming in de loop van de jaren '89 en '90 te onderzoeken werd de kromme berekend voor de punten vanaf 1990:

$$Q = 0,91.h + 0,27.h^3 \quad (3)$$

Verder is onderzocht wat het effect is wanneer de waarnemingen onder en boven 1 m peilschaalhoogte apart beschouwd worden. Hier krijgen we voor de waarnemingen onder 1 m opnieuw een derdegraadskromme en voor de waarnemingen boven 1 m dezelfde kwadratische functie als wanneer we alle punten samen beschouwen.

$$Q = h + 0,52.h^3 \quad (4a)$$

$$Q = h^2 \quad (4b)$$

De verschillende krommen werden samen voorgesteld in figuur 4.

Uit de figuren kunnen we concluderen:

1. De verschillende debietskrommen liggen relatief dicht bij elkaar (verschillen van 10 cm of kleiner), rekening houdend met de spreiding van de meetpunten. Bij piekdebieten bedraagt de afwijking maximaal 1 m³/s. De hoogwaterdebieten zouden dus enigszins betrouwbaar zijn.
2. De verschuiving van de kromme in de loop van de tijd geldt alleen voor lagere hoogten.
3. Wanneer we de waarnemingen opsplitsen in waarden onder en waarden boven 1 m peilschaalhoogte, dan krijgen we, naast het al dan niet verschuiven (punt 2), een verschillend gedrag te zien. Waarden onder 1 m liggen zoals hierboven reeds geschetst inderdaad lager dan waarden boven 1 m. De sprong die hierdoor noodzakelijk is (overgang van vgl. 4a naar vgl. 4b), is niet realistisch, en vormt een probleem.

Op basis van de peilreeks werd getracht de peilverschuivingen in de loop der jaren (vanaf 1986) te begroten. Hierbij werd het nulpunt van de peilschaal als referentie beschouwd. Zo liggen de laagwaterwaarnemingen in 1986 20 centimeter boven dit nulpunt, vanaf oktober 1986 25 centimeter. Tabel 1 geeft de geschatte peilverschillen ten opzichte van het nulpunt weer.

Tabel 1: laagwaterpeilverschillen ten opzichte van het nulpunt

01/01/1986 00:00	0.2
20/10/1986 00:00	0.25
11/12/1988 00:00	0.15
19/04/1990 15:59	0.1
08/05/1990 18:00	0.05
01/08/1990 11:00	0
17/02/1991 00:00	0.1
31/07/1991 00:00	0.17
04/09/1991 08:00	0.05
01/05/1992 14:00	0.1
04/09/1992 08:00	0.15
10/06/1995 09:59	0.075
26/06/1995 09:00	0
22/04/1999 00:00	0.1
04/06/2000 00:00	0.15

Met behulp van deze tabel werden de peilwaarden tot 1 meter peilschaalhoogte ‘verbeterd’ met behulp van de volgende formule:

$$H_v = \delta - \delta \cdot h \quad (5) \text{ met } \delta \text{ het peilverschil uit tabel 2}$$

De op deze manier verbeterde ijkingsmetingen worden voorgesteld in figuur 5. De waarnemingen liggen door deze verbetering inderdaad veel nauwer bij elkaar, en sluiten zeer goed aan bij de debietkromme van het HIC.

Voorgesteld wordt om de peilreeks te ‘verbeteren’ met behulp van de hierboven geschetste methodiek, waarna de debietkromme van het HIC kan gehanteerd worden. Dit station blijft minder geschikt voor het accuraat bepalen van laagwaterafvoeren, gezien de grote afwijkingen in de gemeten hoogtes (naast de onnauwkeurigheden in de peilreeksen).

Tabel 2: Ijkingen

DATE	Q	H
26 september 1998	0.02	-0.04
28 juli 1997	0.05	-0.01
27 juni 1994	0.08	0.08
11 september 1973	0.011	0.13
23 april 1991	0.127	0.17
28 september 1995	0.262	0.18
26 augustus 1968	0.017	0.19
24 augustus 1982	0.049	0.19
27 mei 1974	0.026	0.19
25 juni 1968	0.003	0.19
5 september 1983	0.041	0.2
16 november 1972	0.044	0.22
20 november 1997	0.294	0.22
13 september 1972	0.036	0.22
27 oktober 1971	0.02	0.22
27 oktober 1975	0.04	0.23
12 juli 1971	0.024	0.23

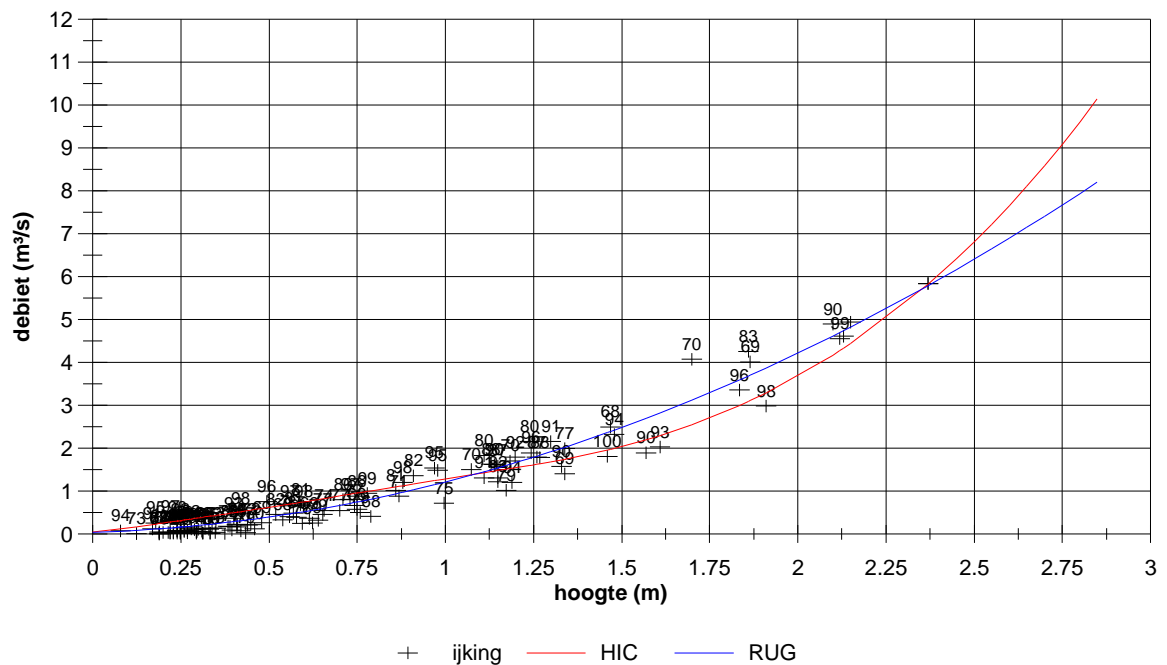
27 april 1998	0.29	0.24
8 juni 1982	0.083	0.24
25 augustus 1981	0.073	0.24
20 augustus 1980	0.06	0.24
19 oktober 1967	0.02	0.24
9 november 1967	0.034	0.25
20 mei 1980	0.07	0.25
24 augustus 1967	0.019	0.25
1 oktober 1969	0.023	0.25
16 oktober 1992	0.234	0.25
27 mei 1987	0.082	0.26
5 december 1967	0.062	0.26
24 september 1990	0.147	0.26
12 juni 1981	0.086	0.27
6 september 1979	0.032	0.27
4 november 1982	0.168	0.28
15 juni 1984	0.12	0.28
12 juni 1986	0.103	0.29
15 april 1971	0.019	0.30
20 april 1976	0.046	0.30
1 augustus 1972	0.058	0.30
4 november 1980	0.112	0.3
1 juli 1974	0.066	0.31
11 september 1978	0.024	0.31
14 augustus 1978	0.023	0.32
1 juli 1985	0.129	0.32
11 augustus 1975	0.117	0.33
14 oktober 1970	0.027	0.34
4 juni 1970	0.027	0.34
14 april 1982	0.14	0.34
7 november 1978	0.044	0.35
2 mei 1973	0.145	0.35
26 november 1979	0.183	0.39
7 juni 1988	0.181	0.39
14 november 1977	0.099	0.40
17 juni 1993	0.364	0.4
16 februari 1981	0.23	0.41
15 september 1975	0.171	0.41
5 november 1979	0.21	0.41
g 20 april 1998	0.484	0.42
29 december 1970	0.079	0.42
16 augustus 1979	0.032	0.44
1 maart 1973	0.218	0.44
2 maart 1972	0.221	0.45
17 september 1970	0.125	0.46
24 april 1969	0.267	0.48
29 oktober 1996	0.763	0.495
12 februari 1982	0.455	0.52
4 december 1968	0.335	0.54
9 januari 1976	0.405	0.56
30 juni 1997	0.657	0.56
14 april 1981	0.486	0.57
6 december 1985	0.399	0.58
4 november 1981	0.687	0.59
15 februari 1978	0.25	0.60
8 oktober 1998	0.66	0.6

13 november 1969	0.366	0.62
24 april 1979	0.258	0.63
21 februari 1979	0.32	0.64
16 mei 1977	0.458	0.65
18 februari 1974	0.551	0.66
8 april 1977	0.548	0.70
2 december 1980	0.808	0.71
15 oktober 1997	0.815	0.73
29 januari 1977	0.671	0.74
16 april 1986	0.885	0.75
26 november 1968	0.581	0.75
26 januari 1979	0.504	0.76
21 januari 1999	0.952	0.78
16 september 1968	0.414	0.79
20 januari 1981	1.024	0.86
4 februari 1971	0.888	0.87
4 maart 1998	1.203	0.88
21 januari 1982	1.356	0.91
20 december 1995	1.542	0.97
4 januari 1995	1.485	0.98
4 februari 1975	0.721	1.00
10 januari 1970	1.506	1.08
6 februari 1980	1.828	1.11
7 januari 1991	1.313	1.11
17 maart 1988	1.636	1.13
19 februari 1990	1.625	1.14
20 maart 1987	1.582	1.15
16 november 1993	1.223	1.15
28 oktober 1992	1.312	1.15
27 maart 1979	1.019	1.17
10 januari 1970	1.706	1.19
10 januari 1994	1.205	1.19
24 maart 1992	1.796	1.2
3 april 1980	2.157	1.24
13 februari 1996	1.897	1.245
27 maart 1987	1.794	1.26
12 januari 1988	1.788	1.27
6 mei 1991	2.16	1.3
11 december 1990	1.574	1.33
14 februari 1969	1.409	1.34
21 februari 1977	1.996	1.34
5 januari 2000	1.815	1.46
8 februari 1968	2.494	1.47
10 december 1994	2.322	1.48
27 december 1990	1.894	1.57
13 januari 1993	2.029	1.61
9 januari 1970	4.08	1.70
21 november 1996	3.363	1.835
6 april 1983	4.256	1.86
17 december 1969	4.018	1.87
5 november 1998	2.987	1.91
g 15 februari 1990	4.895	2.1
15 december 1999	4.561	2.12
2 november 1968	4.611	2.13
6 februari 1984	4.937	2.15
30 augustus 1996	5.841	2.37

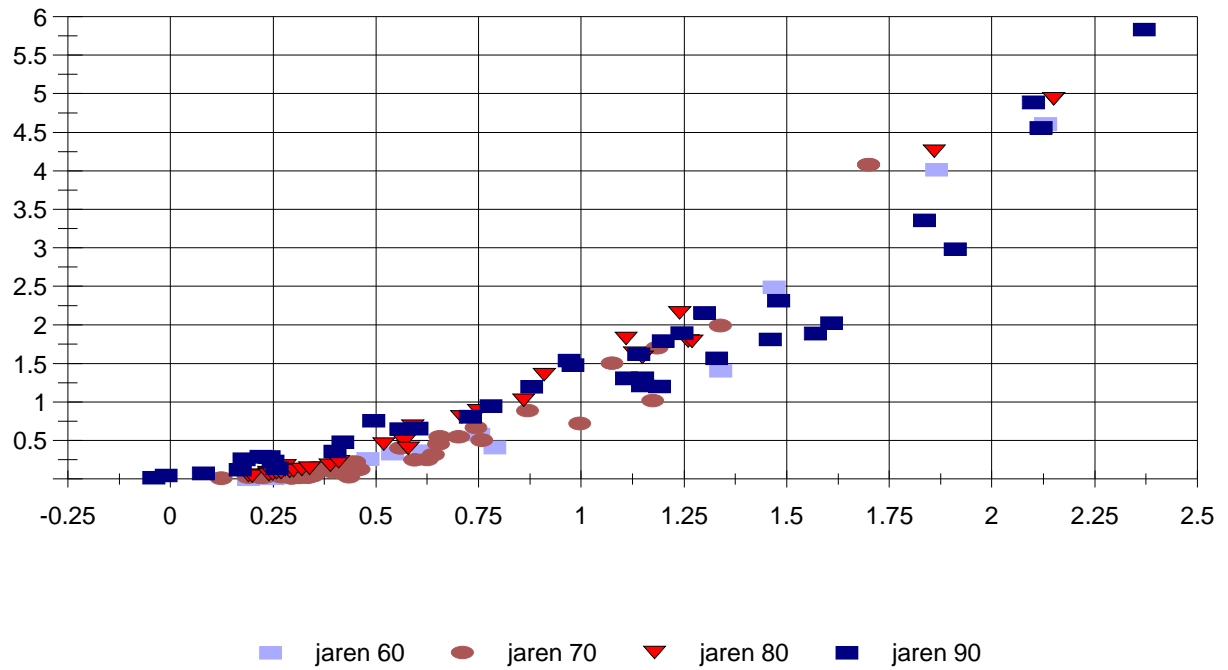


Figuur 1: overzichtsfoto van de meetplaats

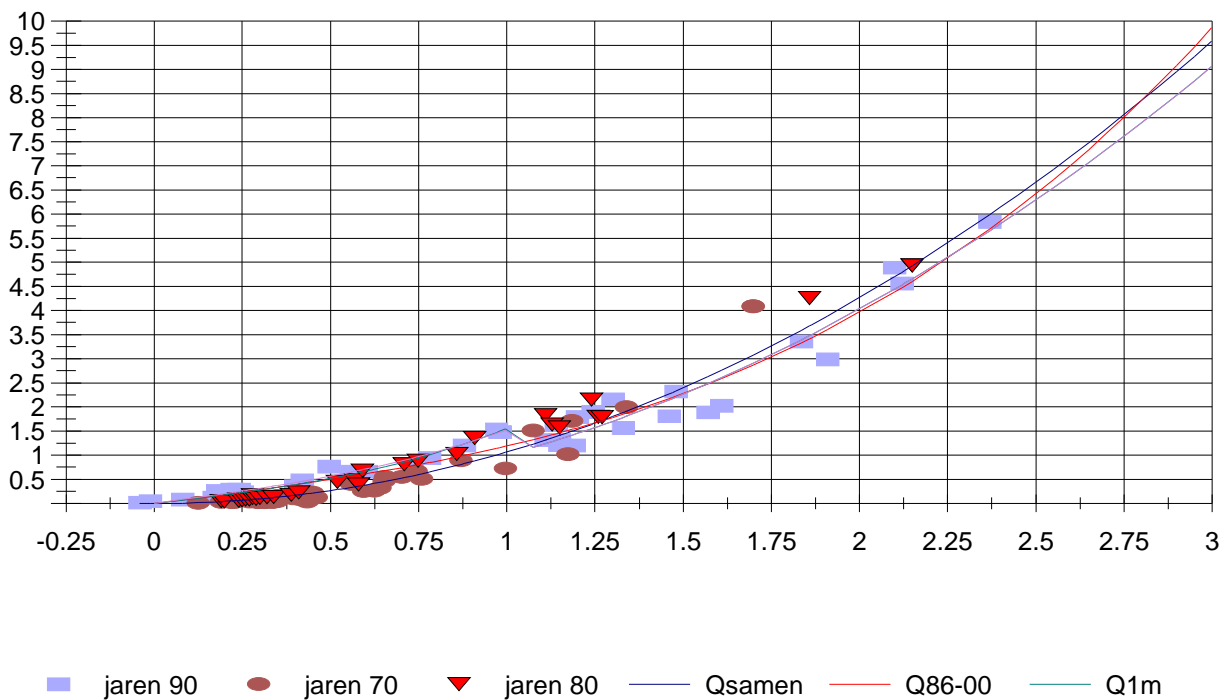
Qh_496 (906/2)
St.-Jansbeek (Merkem)



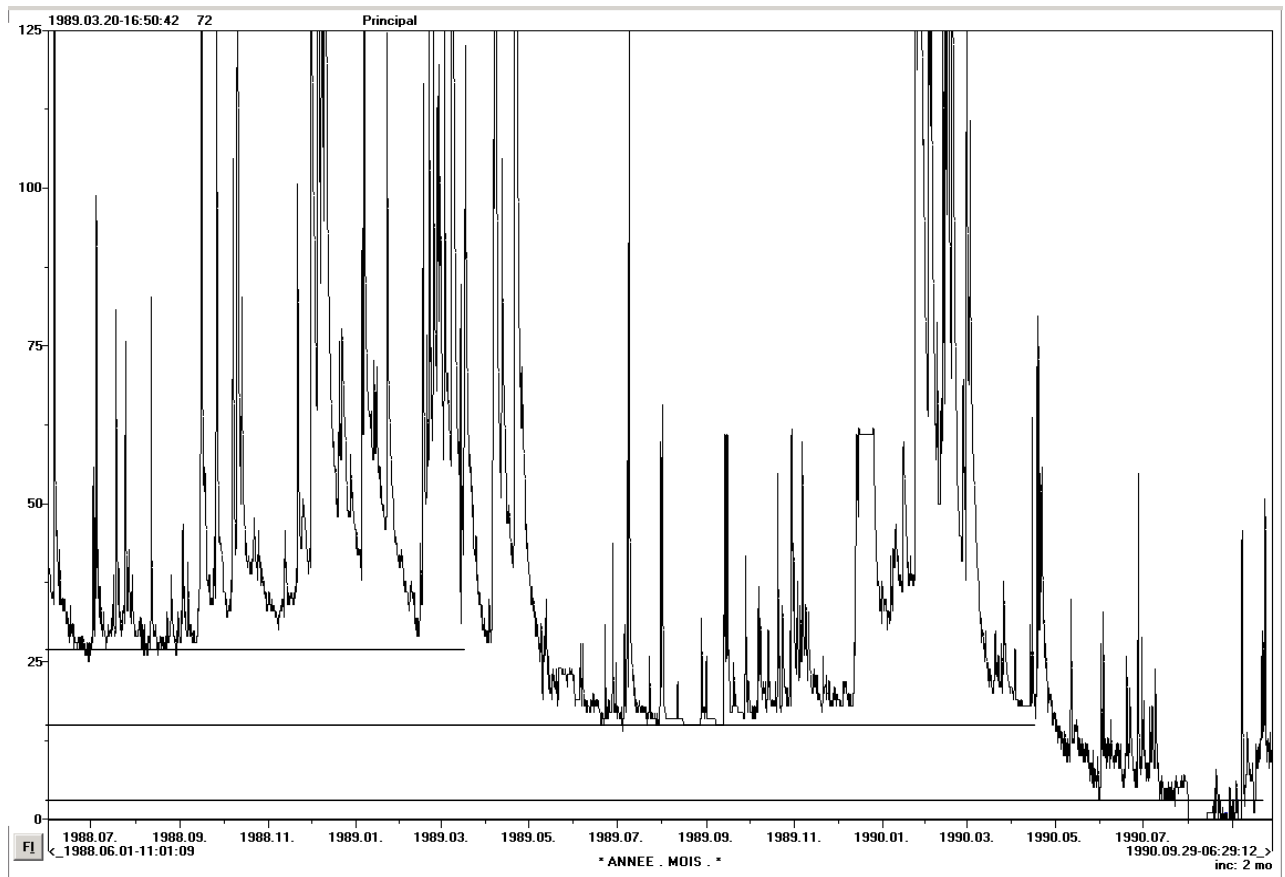
Figuur 2 : ijkingen en debietskrommen van HIC en RUG (labels verwijzen naar het jaar van de meting)



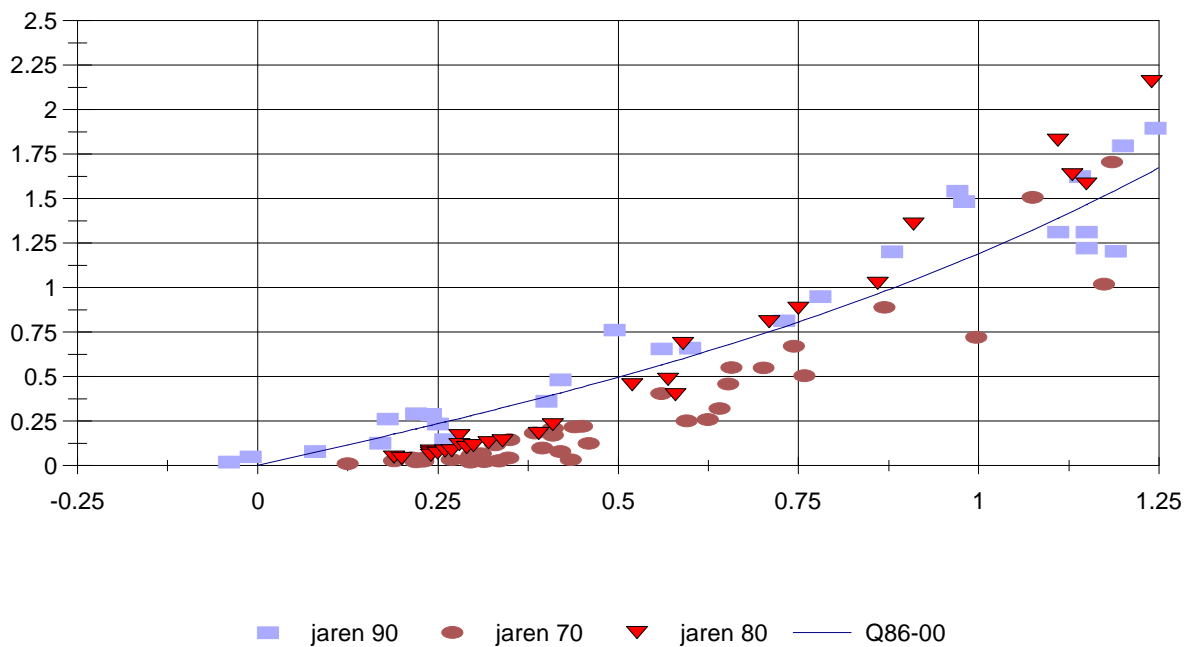
Figuur 3 : Uitsplitsing van de ijkingen per decennium



Figuur 4: Drie debietskrommen doorheen de verbeterde hoogtes. Qsamen is de kromme doorheen alle punten, Q86-00 de kromme doorheen de punten vanaf 1986 en Q1m de kromme met opsplitsing van de punten bij 1 m



Figuur 5: Peilverschivingen in 1989 en 1990



Figuur 6: inzooming op lage hoogten met het weerhouden Q/h-verband.

PDM-modellering

Aan de hand van de verbeterde debietkrommen werden de peilgegevens (voor deze reeks de aangepaste peilen ! cf. debietkromme) 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 startwaarden 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.

In eerste instantie werd gestart met de parameterset die optimaal was voor de Ieperlee te Ieper. Met deze parameterwaarden werd reeds een aanvaardbare correlatie bekomen. Na verfijning van de waarden werd een optimale parameterset bekomen. Deze geeft een correlatie van 75 % voor de totale afvoerreeks (validatie).

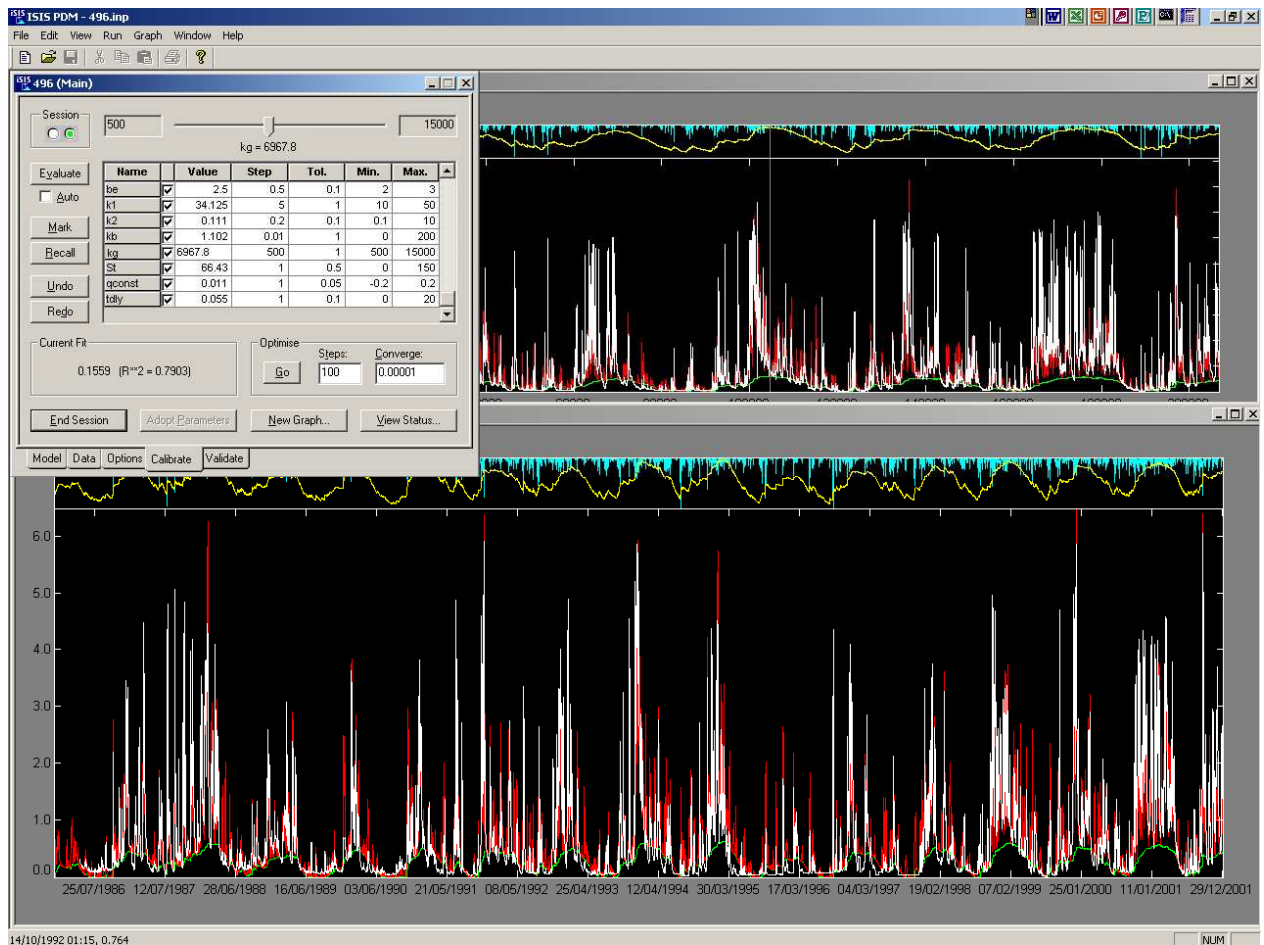
Deze optimale parameterwaarden werden uiteindelijk weerhouden:

Tabel 3: Optimale parameterset van het PDM-model voor de Sint-Jansbeek te Merkem

Cmin	9.1
Cmax	507
B	1,2
Be	2,5
k_1	34,1
k_2	0.11
Kb	1.1
Kg	6967
St	66,4
Qconst	0.01

Een t_{dely} -waarde van 0.055 uur werd hierbij gehanteerd.

In figuur 7 worden de simulatieresultaten weergegeven.



Figuur 7: Simulatieresultaten voor de leperlee te Zuidschote

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 reeksen van naburige stations werd de reeks van de Sint-Jansbeek te Merkem grondig doorgelicht en opgekuist. Dit gebeurde met behulp van het programma WISKI-TV.

Deze reeks bevatte enkele perioden met ontbrekende waarnemingen en frequent plateau's bij laagwaterafvoeren. Tengevolge het ingrijpend verbeteren door de debietkromme en het vrijere karakter van de reeks was de manuele 'verbetering niet zo intensief.

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.

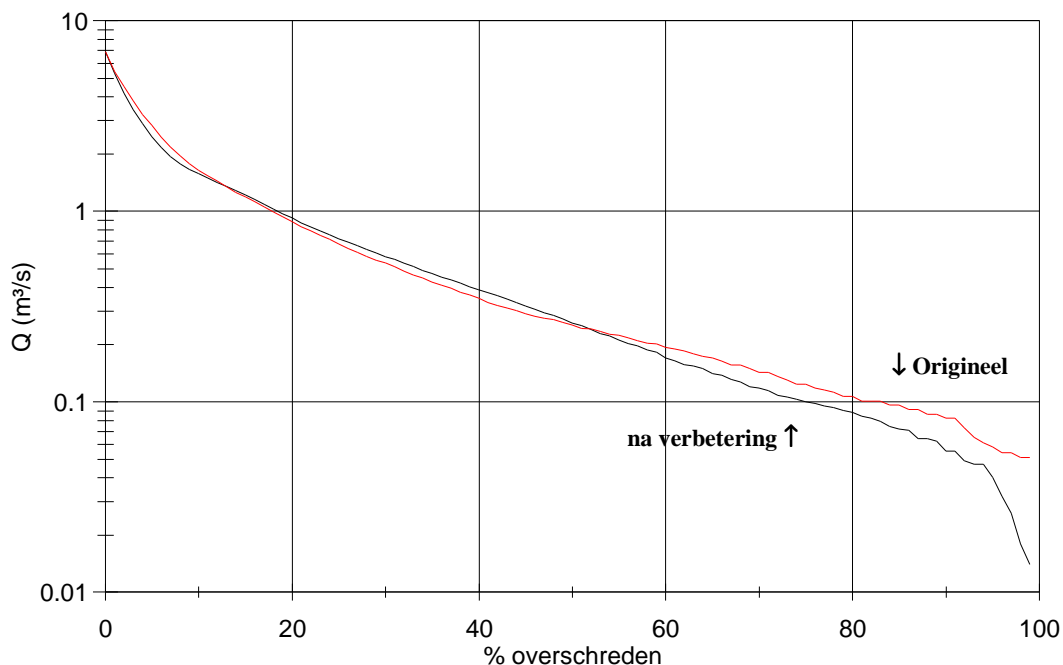
1. frequentieverdeling

In figuur 7 worden de overschrijdingsprocenten van de afvoeren voor de Sint-Jansbeek voorgesteld (frequentieduurlijnen) . In Tabel 4 worden de respectievelijke overschrijdingspercentages getoond.

De belangrijkste verschuivingen zijn te wijten aan de aanpassing van de debietkromme. Hoogwaterafvoeren stijgen, laagwaterafvoeren dalen.

Tabel 4 : Overschrijdingsdebieten voor de Sint-Jansbeek

%	Debiet verb	Debiet onverbeterd	verhouding (verb/onverb)
max	10.14	8.21	1.24
5	2.46	2.82	0.87
10	1.57	1.64	0.96
25	0.72	0.67	1.07
50	0.26	0.25	1.03
75	0.10	0.12	0.81
90	0.06	0.08	0.67
95	0.04	0.06	0.69
98	0.02	0.05	0.35



Figuur 8: Duurlijnen voor de Ieperlee: in het rood de originele, in het zwart de verbeterde reeks

2. volume's

In Tabel 5 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 Sint-Jansbeek bedraagt de daling van het afgevoerde volume tengevolge de verbeteringen 2,9 %. Deze daling is te wijten aan een daling van de basisafvoer met 2,6 mm/jaar (1,4 %) en een daling van de runoff met 4 % (6,2 mm/jaar). De globale runoffcoëfficiënt bedraagt 19,3 %.

Tabel 5: Volume's en verhoudingen voor de Sint-Jansbeek te Merkem

	Totale runoff (mm/jaar)	Basis- afvoer (mm/jaar)	Snelle afvoer (mm/jaar)	RC globaal (%)	Neerslag (mm/jaar)
Verbeterd	260.6	108.5	151.2	19.3	783.0
Onverbeterd	268.3	110.1	157.4	20.1	
Verhouding (%)	97.1	98.6	96.0		

BESLUIT OPTIMALISATIE

Het station 496, op de Sint-Jansbeek te Merkem vertoont is een vrij "propere" reeks, waardoor er niet veel verbetering behoefde. Voornamelijk het onderzoek van de debietkromme leverde belangrijke aanpassingen.

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>.