

De honderdste verjaardag van de afvoerreeks Borgharen

De afvoermeteerreeks bij Borgharen viert dit jaar zijn honderdste verjaardag. Een bijzonderheid, zeker gezien het feit dat er bij Borgharen geen afvoeren (Q) maar waterstanden (h) worden geregistreerd. Deze waterstanden worden middels een Q/h-relatie omgezet in afvoeren. Het oudste deel van de afvoerreeks is gereconstrueerd op basis van waterstandsmetingen te Visé. Vanaf 1951 is de reeks bepaald aan de hand van Q/h-relaties te Borgharen. De meetmethodieken zijn in de loop der jaren steeds geavanceerder geworden. Door wijzigingen in het rivierprofiel is de Q/h-relatie regelmatig geactualiseerd. Ook in de toekomst, met allerlei rivierwerkzaamheden in het verschiet, zal actualisatie van de relatie noodzakelijk blijven. Antropogene invloeden hebben een groot effect op het afvoerregime van de Maas. Voor statistische doeleinden en studies naar afvoertrends is het daarom noodzakelijk om de gehomogeniseerde afvoerreeks te gebruiken: een reeks waarin alle historische afvoeren zijn vertaald naar de huidige toestand van de rivier.

Als bruggen, kanalen en stuwen een respectabele leeftijd bereiken, staan ze in de schijnwerpers totdat ze té oud worden. Dan wordt het tijd voor afbraak, demping of vervanging. Heel anders is het gesteld met minder tastbare objecten, zoals meetreeksen. Ze kunnen niet oud genoeg worden. De afvoerreeks van de Maas bij Borgharen is met een leeftijd van 100 jaar

één van de oudste afvoerreeksen van Europa. Reden voor een feestje! Het is immers deze meetreeks waarop we ons inzicht met betrekking tot hoog- en laagwatersituaties op de Maas grotendeels baseren.

Het meten van de afvoer

Dat Rijkswaterstaat beschikt over een honderdjarige afvoerreeks bij Borgharen

betekent niet dat hier al honderd jaar lang dagelijks afvoermetingen worden verricht. Integendeel, het werkelijke aantal afvoermetingen is zeer beperkt. De afvoeren in de beschikbare reeks zijn grotendeels afgeleid uit gemeten waterstanden. In het befaamde meethuisje bij Borgharen worden dan ook geen afvoeren maar waterstanden geregistreerd. Middels een vastgestelde relatie

Het waterstandstation langs de Maas bij Borgharen.



		1911-1950	1951-1956	1956-1965	1965-1975	1975-1987	1987-2001	2001-2009	2009-heden
waterstand	locatie	Visé-beneden	Borgharen-beneden	Borgharen-beneden	Borgharen-beneden	Borgharen-dorp	Borgharen-dorp	Borgharen-dorp	Borgharen-dorp
	km-raai	0,420	15,460	15,460	15,460	16,000	16,000	16,000	16,000
	frequentie	1 x per dag	6 x per dag	6 x per dag	6 x per dag	1 x per uur	1 x per 10 min.	1 x per 10 min.	1 x per 10 min.
stroomsnelheid	methode	peilschaal	peilschaal	peilschaal	peilschaal	zelf registrerende peilschaal	digitale niveau-meter	digitale niveau-meter	digitale niveau-meter
	methode	drijver	drijver	Ott-molen	Ott-molen	Ott-molen	Ott-molen	ADCP	ADCP
	dwarsprofiel	droog	waterpas	waterpas	theodoliet	theodoliet	theodoliet	GPS	GPS
QH-relatie	nat	peilstok	peilstok	peilstok	staaldraad + peilstok	staaldraad + peilstok	staaldraad + peilstok	meetschip en loding-systeem	meetschip en loding-systeem
	methode	visueel	visueel	visueel	visueel	visueel	visueel / kleinste kwadraten	kleinste kwadraten	kleinste kwadraten
	continue afvoerreeks	QH	QH	QH	QH	QH	QH	QH + akoestische debietmeter	akoestische debietmeter + balans; QH achteraf

Historisch overzicht van meetmethodieken.

tussen de afvoer en de waterstand worden deze waterstanden omgezet in afvoeren. Uiteraard worden bij Borgharen ook af en toe 'echte' afvoermetingen uitgevoerd, al was het maar om de relatie periodiek vast te stellen.

Een afvoermeting bestaat uit de gemiddelde stroomsnelheid, het dwarsprofiel van de rivier en de waterstand. De technische mogelijkheden rondom het meten van deze drie hebben in de afgelopen 100 jaar een enorme vlucht genomen (zie tabel).

Tot 1956 werden stroomsnelheden gemeten met stok- en kettingdrijvers. Het basisprincipe van een drijver is eenvoudig: gooi hem in het water en meet hoe lang hij erover doet om een bepaald traject af te leggen. Je zou hiervoor bij wijze van spreken ook sinaasappelen kunnen gebruiken, ware het niet dat je daarmee alleen de stroomsnelheid aan het wateroppervlak meet. De stok (of ketting) geeft de drijver een verticale component. Middels een correctiefactor werd de gemiddelde stroomsnelheid in de diepte berekend. Metingen met stok- en kettingdrijvers moesten diverse malen en op verschillende afstanden van de oever herhaald worden.

Tussen 1956 en 2001 werden stroomsnelheden gemeten met Ott-molens: een propeller die aangedreven wordt door het stromende water. Ott-molenmetingen waren een stuk nauwkeuriger dan drijvermetingen, omdat een vrijwel rechtlijnig verband bestaat tussen de omwentelingssnelheid van de as van de propeller en de stroomsnelheid. Om het gehele snelheidsprofiel in beeld te brengen, moesten Ott-molenmetingen op verschillende locaties en meerdere dieptes worden uitgevoerd.

Metingen met drijvers of Ott-molens konden meerdere uren in beslag nemen. Omdat de

Maasafvoer nabij Borgharen sterk kan fluctueren, was het lastig om een representatieve stroomsnelheid (en dus afvoer) bij een bepaalde waterstand te bepalen. Pas met de introductie van de *acoustic doppler current profiler* (ADCP) in 2001 zijn veel snellere stroomsnelheidsmetingen mogelijk geworden.

Voor de bepaling van het dwarsprofiel wordt onderscheid gemaakt tussen het 'droge' en 'natte' profiel van de rivier. Het droge profiel werd aanvankelijk vastgelegd met de waterpas, later maakte men gebruik van de theodoliet. Tegenwoordig wordt het dwarsprofiel met GPS bepaald. Voor het natte profiel is de langdurig gebruikte peilstok geleidelijk vervangen door lodingen op basis van geluidspulsen. Vanaf 2001 is de meting van het natte dwarsprofiel geïntegreerd in de ADCP-meting.

De waterstand bij Borgharen werd aanvankelijk slechts één keer per dag bepaald door visuele aflezing van een peilschaal, de zogenaamde 8-uurwaarde. De peilschaal is in het begin van de vorige eeuw diverse malen verplaatst. Pas in 1931 werd 'Borgharen' een vaste meetlocatie. Ook vonden in het verleden regelmatig graafwerkzaamheden plaats, waardoor het rivierprofiel steeds wijzigde. Het gevolg hiervan is dat de waterstandreeks van Borgharen tot 1950 een slechte maat voor de afvoer is.

Vanaf 1951 werd de peilschaal zes maal per dag visueel afgelezen. Om te komen tot een daggemiddelde afvoer werd visueel een gewogen gemiddelde bepaald. In 1974 werd de eerste zelfregistrerende peilschaal geïnstalleerd, waarmee de waterstanden op een grote papierrol automatisch geregistreerd werden. In 1987 werd deze peilschaal vervangen door de digitale niveau-meter. Op basis van circa 360 waarnemingen per tien minuten wordt

sindsdien een centraal 10-minuten-gemiddelde waterstand berekend.

De totstandkoming van de Q/h-relatie

Bij Borgharen wordt gebruik gemaakt van een Q/h-relatie om gemeten waterstanden om te kunnen zetten in afvoeren. Om die relatie te kunnen vaststellen, moeten de beschikbare afvoermetingen met bijbehorende waterstanden uitgezet worden in een grafiek. Vroeger trok men visueel een lijn door de punten, tegenwoordig wordt de kleinste-kwadratenmethode toegepast. Met de Q/h-functie kan vervolgens iedere waterstand in een afvoer worden omgezet. Omdat de waterstandreeks bij Borgharen uit de eerste helft van de vorige eeuw geen goede maat voor de afvoer is, is het lastig betrouwbare Q/h-relaties voor deze periode op te stellen. Van het meetpunt Visé (België) is vanaf 1911 gelukkig wel een niet beïnvloede waterstandreeks beschikbaar. Door de beschikbare historische afvoermetingen te koppelen aan de waterstanden van Visé, is een bijzondere Q/h-relatie ontstaan met de 'h' van Visé en de 'Q' van Borgharen. Hiermee is het oudste deel van de afvoerreeks Borgharen (1911-1950) gereconstrueerd. Vanaf 1951 bestaat de Q/h-relatie uit 'eigen' Borgharense waterstanden.

De Q/h-relatie voor Borgharen is in de afgelopen honderd jaar regelmatig aangepast als gevolg van geleidelijke en soms grote veranderingen in het dwarsprofiel. Zo is het winterbed door de aanleg van het Julianakanaal (1935) en de aanleg van kades (1995) verkleind. Daarnaast is het zomerbed door grindwinning en autonome bodemdaling aanzienlijk lager komen te liggen. Het beperkte aantal hoogwatersituaties maakt actualisatie echter lastig door gebrek aan meetgegevens, met name in het hoge afvoerbereik. Deze leemte wordt zo

goed mogelijk ingevuld met resultaten van hydraulische modelberekeningen.

In de komende jaren liggen nog diverse wijzigingen van het dwarsprofiel in het verschiep, zoals de rivierverruiming bij Bosscherveld, Borgharen en Itteren. De komende jaren zal de Q/h-relatie bij Borgharen daardoor nog regelmatig wijzigen. Rijkswaterstaat heeft daarom in 2009 besloten het referentiepunt voor de hoogwatervoorspelling te verplaatsen van Borgharen naar meetstation St.-Pieter. Dit meetstation is voorzien van een akoestische debietmeter (ADM).

Wijzigingen in het afvoerregime

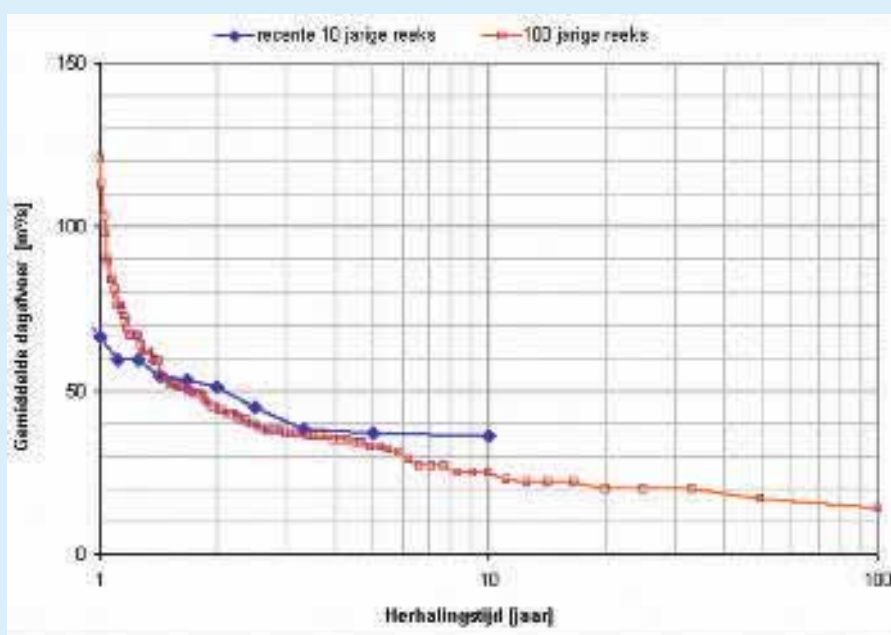
In de afgelopen honderd jaar heeft de mens het afvoerregime van de Maas behoorlijk beïnvloed, met name door de aanleg van kanalen. In 1911 werd voor de voeding van het kanaal Maastricht-Luik (1850) en de Zuid-Willemsvaart (1826) zo'n 19 kubieke meter per seconde onttrokken aan de Maas bovenstrooms van Borgharen. In de jaren '30 kwamen daar de onttrekkingen van het Julianakanaal (1935) en het Albertkanaal (1939) nog bij. Het Albertkanaal heeft zich ontwikkeld tot de belangrijkste scheepvaartverbinding tussen Luik en Antwerpen. In Nederland verlegde de belangrijkste scheepvaartroute zich naar het Julianakanaal. Het kanaal Maastricht-Luik werd in de jaren '60 gedeeltelijk gedempt.

Het Albertkanaal en het Julianakanaal gingen steeds meer water aan de Maas onttrekken. Samen met de Zuid-Willemsvaart bedroeg de totale onttrekking in 2009 gemiddeld ongeveer 52 kubieke meter per seconde, bijna drie keer zoveel als in 1911. Ten opzichte van de gemiddelde afvoer bij Borgharen van 225 kubieke meter per seconde is dat een substantiële afname van het beschikbare water. Tijdens de droge zomer van 1976 zijn bij de sluizen op het Julianakanaal pompen geïnstalleerd (deels gereviseerd) waarmee het waterverbruik door schutten en lekverliezen sindsdien kan worden beperkt. Op het Albertkanaal worden thans om dezelfde reden ook pompen geïnstalleerd.

Ook stuwen en waterkrachtcentrales beïnvloeden het afvoerverloop van de rivier. In het gehele stroomgebied van de Maas veroorzaken ze onnatuurlijke pieken en dalen in het dagelijkse afvoerverloop. Op de langetermijngemiddelden hebben deze fluctuaties echter geen invloed.

Gebruik afvoerreeks

Een lange historische afvoermeetreeks is van grote betekenis voor waterbeheerders, beleidsmakers en initiatiefnemers van riviergebonden activiteiten. Hoe langer de afvoerreeks, des te groter de statistische waarde. Kijken we alleen naar de afgelopen tien jaar, dan zullen de uitkomsten heel anders zijn dan als we de afgelopen honderd jaar onder de loep nemen (zie grafiek). Daarnaast wordt de afvoerreeks gebruikt voor het ontwikkelen van toekomstscenario's. Is wellicht sprake van een bepaalde trend? Krijgen we gemiddeld steeds meer of



Afb. 1: Herhalings tijden van de daggemiddelde Maasafvoer te Monsin (nabij Luik).

steeds minder water? En hoe zit het met de kans op hoog- of laagwater? Trends in de afvoer kunnen het gevolg zijn van veranderingen in het stroomgebied, maar ook van klimaatveranderingen. Het KNMI heeft enkele jaren geleden klimaatscenario's ontwikkeld die wijzen op hogere winterafvoeren en lagere zomerafvoeren in de toekomst. Hogere winterafvoeren leiden tot een verhoogde kans op hoogwater. Of de kans op een extreem laagwater ook groter wordt, is de vraag. Mogelijk wordt een afname van de zomerneerslag (deels) gecompenseerd door een verhoging van de basisafvoer*. Om dit te onderzoeken, is een tijdreeksanalyse van de afvoer essentieel.

Zoals eerder beschreven kent de historische afvoerreeks van de Maas grote antropogene invloeden, die de statistiek danig in de war kunnen brengen. Zolang geen rekening wordt gehouden met deze invloeden, is de meetreeks niet geschikt voor statistische uitspraken en trendanalyses. Iedere onnatuurlijke verandering in het riviersysteem veroorzaakt immers een trendbreuk in de reeks. Om nu toch de gehele meetreeks te kunnen gebruiken voor statistische doeleinden, is de afvoerreeks gehomogeniseerd. Dit houdt in dat afvoeren uit het verleden vertaald zijn naar de huidige toestand van de rivier. Voor de laagwaterstatistiek zijn vooral de veranderingen in de onttrekkingen van belang. Een afvoer uit 1911 uit de gehomogeniseerde reeks van Borgharen is in de gehomogeniseerde reeks met 33 kubieke meter per seconde verlaagd om rekening te houden met de onttrekking van later gerealiseerde kanalen (Albert- en Julianakanaal). Bij de hoogwaterstatistiek wordt naast verandering in de onttrekkingen ook rekening gehouden met een schatting van de werkelijke afvoertop en met de veranderingen in de rivier. Zo is de piekafvoer van 1.205 kubieke meter per seconde uit het hydrologisch jaar 1911 verhoogd met 119 kubieke meter. Op basis van de gehomogeniseerde reeks kan worden vastgesteld met

welke frequentie een bepaalde afvoer in de huidige situatie te verwachten is. Daarmee kunnen vervolgens uitspraken worden gedaan ten aanzien van bijvoorbeeld de rentabiliteit van een waterkrachtcentrale, de kans van voorkomen van een afvoerrange in het paaiseizoen van vis of de kans van voorkomen van een hoogwater.

Het vervolg

De honderdste verjaardag van de afvoerreeks Borgharen mag met recht gevierd worden. Maar of de reeks lang genoeg is om ons waterbeleid voor de toekomst erop te kunnen baseren? Rijkswaterstaat streeft naar het zo lang mogelijk voortzetten van de meetreeks en is inmiddels begonnen met de registratie van de tweede eeuw afvoerge-tallen. Een eeuwreeks die opvallend genoeg begonnen is met een flink hoogwater (afgelopen januari), op de voet gevolgd door een ongewoon (voor de tijd van het jaar) lange periode met lage afvoeren. Is dit een signaal dat daadwerkelijk meer hoogwaters in het verschiep liggen en dat onze zomers steeds meer gekenmerkt zullen worden door lagere afvoeren? Onze achterkleinkinderen zullen het weten, als zij over honderd jaar hun statistische analyses uitvoeren. En wellicht dat ook zij er dan een artikel over zullen schrijven in H₂O.

Mirjam van Roode (Rijkswaterstaat Limburg)
Rolf van der Veen (Rura Arnhem)

NOTEN

* De Wit M. (2008). Van regen tot Maas. Veen Magazines.