

---

# Het samenvallen van hoogwatergolven op de Maas en zijrivieren

Marcel de Wit  
Rolf van der Veen  
Leo van Hal

---

*Deze studie beschrijft het patroon van samenvallen van hoogwatergolven op Maas en zijrivieren in Limburg. Aan de hand van gemeten waterstanden en afvoeren is het tijdsverschil tussen hoogwaterpieken op Maas en in Limburg uitmondende zijrivieren in beeld gebracht. Ook is de bijdrage van de zijrivieren aan de hoogwatergolf op de Maas gekwantificeerd en is gekeken naar de mogelijke invloed van de Maaswerken en ingrepen in de zijrivieren op het patroon van samenvallen. Uit deze studie blijkt dat het patroon van samenvallen verschilt per hoogwater. Echter voor nagenoeg alle bemeeten hoogwaters lopen de zijrivieren vóór op de Maas. Dit impliceert dat het vertragen van hoogwatergolven op de zijrivieren het patroon van samenvallen ongunstig kan beïnvloeden. De Maaswerken zullen het patroon van samenvallen in het traject bovenstrooms van Roermond gunstig beïnvloeden en in het traject benedenstrooms van Roermond ongunstig beïnvloeden. De beïnvloeding is echter relatief klein.*

## Inleiding

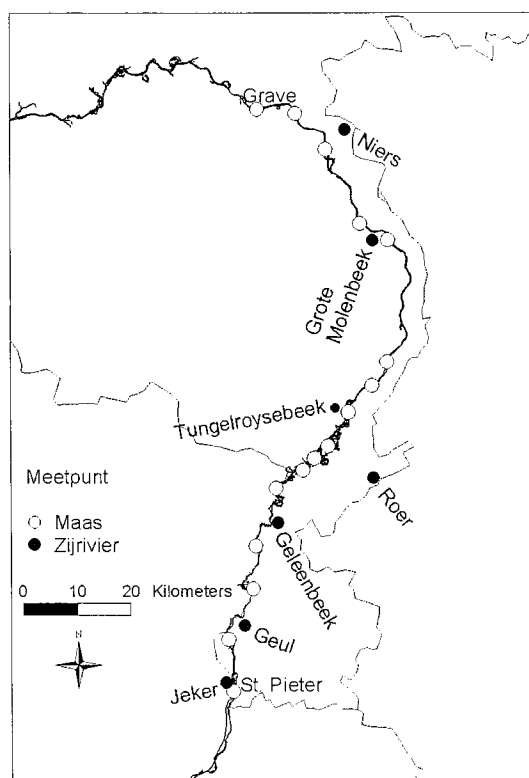
In het kader van het Nationaal Bestuursakkoord Water, ontwikkelt de Provincie Limburg in samenwerking met de waterschappen plannen om het regionale watersysteem op orde te brengen. Een belangrijke doelstelling hierbij is om het water in het regionale systeem via natuurlijke retentiemaatregelen langer vast te houden. Ook in de overstromingsvlakte van de Maas worden maatregelen genomen in het kader van het project Maaswerken. Dergelijke ingrepen in Maas en zijrivieren kunnen ook invloed hebben op het samenvallen van hoogwatergolven op de Maas en de zijrivieren. Dit kan zowel voor de Maas als voor de zijrivieren (opstuwing) negatieve gevolgen hebben. Doel van deze in opdracht van Rijkswaterstaat directie Limburg uitgevoerde studie is om op basis van gemeten afvoergolven na te gaan hoe de hoogwatergolven in Maas en de in Limburg uitmondende zijrivieren thans samenvallen. Een compleet verslag van deze studie is gerapporteerd in De Wit e.a. (2004). Een en ander bouwt voort op een eerdere studie welke in opdracht van de Provincie Limburg is uitgevoerd (Luijendijk en Terpstra, 2002).

---

De auteurs zijn werkzaam bij Rijkswaterstaat RIZA afdeling Rivieren. Postbus 9072, 6800 ED Arnhem, m.dwit@riza.rws.minvenw.nl.

## Data en methodiek

In totaal zijn afvoer- en waterstandsgegevens voor 14 hoogwatergolven in de periode 1991-2003 geanalyseerd. Voor al deze golven geldt dat de maximale afvoer bij Borgharen meer dan  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$  bedraagt. In totaal zijn gegevens van 23 meetstations gebruikt: 16 stations op de Maas tussen St. Pieter en Grave en 7 stations van beken/zijrivieren die tussen St. Pieter en Grave in de Maas uitmonden (zie figuur 1). Idealiter zouden voor al deze stations en hoogwaters uurafvoeren beschikbaar zijn. Dit is echter niet het geval. Voor de Maas zijn enkel voor het station Borgharen complete en betrouwbare afvoerreksen beschikbaar. Voor de overige stations zijn enkel waterstandreeksen beschikbaar. Ook de waterstand- en afvoerreksen van de zijrivieren zijn verre van compleet. Bijkomend probleem is dat met name voor de meetstations op de Niers, Tungelroyse beek en Grote Molenbeek de afvoer en waterstand tijdens hoogwater beïnvloed worden door de Maas. Voor de Niers betekent dit dat alle geleverde afvoergegevens onbruikbaar zijn voor de analyses beschreven in deze studie. Ook de afvoermetingen op de Geul en Geleenbeek worden tijdens hoogwater enigszins beïnvloed door de Maas. De geleverde afvoermetingen zijn hiervoor echter gecorrigeerd, waardoor toch redelijk betrouwbare gegevens beschikbaar zijn. Een gedegen analyse van de betrouwbaarheid van de afvoergegevens van de zijrivieren valt buiten de opdracht van dit onderzoek. In deze studie zijn enkel hoogwaters/zijrivieren meegenomen waar uurreksen beschikbaar zijn en zijn hoogwaters/zijrivieren waar enkel dagafvoeren of incidentele waarden beschikbaar zijn buiten beschouwing gelaten. Een aantal stations op



**Figuur 1:** Gebruikte meetpunten Maas en zijrivieren (zie ook tabel 2).

**Tabel 1:** Piekafvoeren Maas en zijrivieren (m<sup>3</sup>/s). Maximaal waargenomen waarden zijn vetgedrukt

| Rivier/beek   | Jan 91 | Dec 91 | Jan 93      | Dec 93      | Jan 95 | Nov 98      | Dec 99 | Jan 01 | Mrt 01 | Jan 02 | Feb 02 | Feb 02      | Feb 02       | Jan 03      | Gem. |
|---------------|--------|--------|-------------|-------------|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|--------------|-------------|------|
| Maas /Borg.*  | 1843   | 1660   | 2281        | <b>3039</b> | 2746   | 1823        | 2122   | 1933   | 1893   | 2020   | 2488   | 1792        | 2113         | 2730        | 2181 |
| Jeker         | 4,4    | 5,1    | 6,5         | 10,9        | 10,5   | 12,0        | 11,4   | 10,7   | 11,5   | 9,3    | 9,5    | 11,2        | 10,9         | <b>13,1</b> | 9,8  |
| Geul          | 14,1   | 27,1   | 30,3        | 26,4        | 32,0   | 32,8        | 17,9   | 16,8   | 23,4   | 34,2   | 26,8   | <b>39,1</b> | 34,2         | 29,5        | 27,5 |
| Geleenbeek    | 11,1   | 26,1   | <b>31,4</b> |             |        |             |        | 14,2   | 17,5   | 20,2   | 18,3   | 23,9        | 20,5         | 19,9        | 20,3 |
| Roer          | 83,3   | 105,0  | 102,1       | 112,2       | 103,0  | 96,8        | 65,4   | 44,0   | 82,8   | 111,3  | 106,9  | 116,1       | <b>120,4</b> | 105,9       | 96,8 |
| Tungelr. beek |        |        |             |             |        | <b>26,4</b> |        | 8,3    | 12,1   |        |        |             |              |             | 15,6 |
| Gr. Molenbeek |        |        |             |             |        |             |        | 5,9    | 4,8    |        | 5,0    | <b>10,2</b> |              |             | 6,5  |
| Niers         |        |        |             |             |        |             |        |        |        |        |        |             |              |             | ± 25 |

\* Gecorrigeerde data op basis van Q(h) relatie Borgharen-Dorp (Barneveld en Bastings, 1998)

de zijrivieren hebben echter hiaten in de afvoerreeksen. Op basis van algemeen inzicht is een inschatting gemaakt of een reeks met hiaten bruikbaar is voor de analyse. Voor het precieze overzicht van de voor dit onderzoek gebruikte afvoer- en waterstandgegevens wordt verwezen naar De Wit e.a. (2004).

In tabel 1 zijn de gemeten piekafvoeren voor Borgharen en de zijrivieren weergegeven. Hieruit valt op te maken dat de piekafvoeren van de in Limburg uitmondende zijrivieren (met uitzondering van de Roer) klein zijn ten opzichte van de piekafvoer van de Maas. Uit tabel 1 valt ook op te maken dat de maximale piekafvoer in de verschillende zijrivieren niet allemaal gedurende dezelfde hoogwaterperiode zijn waargenomen. In tabel 2 is de kilometrage van de meetstations op de Maas en de monding van de zijrivieren in de Maas weergegeven. Hiermee is de positie van de zijrivieren ten opzichte van de meetstations op de Maas bepaald. Door voor de zijrivieren het tijdstip van de piek van de afvoergolf bij de monding van de Maas te bepalen kan het samenvallen van de afvoergolf op de Maas en op de zijrivieren ruimtelijk worden weergegeven. Aangezien de stations op de zijrivieren niet precies aan de monding liggen moet er gecorrigeerd worden voor de looptijd van het meetstation tot de monding in de Maas. In tabel 3 is weergegeven welke looptijden van

**Tabel 2:** Kilometrage meetstations Maas en monding zijrivieren.

| Rivier/beek | Station      | km   | Rivier/beek   | Station     | km    |
|-------------|--------------|------|---------------|-------------|-------|
| Maas        | St. Pieter   | 10,8 | Maas          | Heel Ben    | 85,1  |
| Jeker       | Monding      | 12,8 | Tungelr. beek | Monding     | 89    |
| Maas        | Borgharen D  | 16   | Maas          | Neer        | 90,1  |
| Geul        | Monding      | 22,5 | Maas          | Belfeld Ben | 100,2 |
| Maas        | Elsloo       | 29,3 | Maas          | Well dorp   | 132,1 |
| Maas        | Grevenbicht  | 44,9 | Gr. Molenbeek | Monding     | 133   |
| Geleenbeek  | Monding*     | 55,1 | Maas          | Sambeek Ben | 147,7 |
| Maas        | Stevensweert | 61,6 | Maas          | Gennep      | 155,1 |
| Maas        | Heel Bov     | 67,3 | Niers         | Monding     | 156,1 |
| Maas        | Linne Ben    | 70,4 | Maas          | Mook        | 165,8 |
| Roer        | Monding      | 78,2 | Maas          | Grave Ben   | 177   |
| Maas        | Roermond Bov | 79,8 |               |             |       |

\* Monding Oude Maas, zie voetnoot tabel 3.

**Tabel 3:** Ligging meetstation zijrivieren ten opzichte van monding Maas.

| Rivier/beek   | Station         | Meetstation waterschap | Oppervlakte bovenstrooms gebied (km <sup>2</sup> ) | Afstand van meetstation tot monding Maas (km) | Veronderstelde looptijd van station tot monding Maas (uur) |
|---------------|-----------------|------------------------|--|---|--|
| Jeker         | Nekum           | Roer en Overmaas       | 436  | ongeveer 3                                    | 1  |
| Geul          | Meerssen        | Roer en Overmaas       | 388  | ongeveer 3                                    | 1  |
| Geleenbeek    | Oud-Roosteren * | Roer en Overmaas       | 400  | 1 à 2 *                                       | 1*   |
| Roer          | Drie Bogen      | Roer en Overmaas       | 2135   | ongeveer 20                                   | 7**  |
| Tungelr. beek | Hammermolen     | Peel en Maasvallei     | 364  | 1 à 2   | 1  |
| Gr. Molenbeek | Hoekerhof       | Peel en Maasvallei     | 158  | 1 à 2   | 1  |
| Niers         | Ven Zelderheide | Peel en Maasvallei     | 1320   | 9   | -  |

\* De benedenloop van de Geleenbeek is een oude tak van de Maas (Oude Maas) welke tijdens hoogwater overstroomt. De afstand/looptijd van station Oud-Roosteren tot aan de monding van de Maas is dus korter gedurende hoogwater dan gedurende normale omstandigheden. Het getal in de tabel refereert naar de situatie tijdens hoogwater.

\*\* Tussen Drie Bogen en de monding van de Roer in de Maas liggen een aantal omvangrijke overstromingsgebieden welke de afvoergolf wezenlijk beïnvloeden.

**Tabel 4:** Tijdstip piekafvoeren Maas en zijrivieren. T = 0 is tijdstip hoogwater piek Maas Borgharen. Voor de andere stations is het tijdstip van de piek bepaald ten opzichte van de piek bij Borgharen (aantal uren). Hierbij is een zoekvenster van 4 dagen voor en 4 dagen na t = 0 gebruikt. In het geval dat er meerdere pieken binnen dit venster vallen is consequent de hoogste piek geselecteerd. Pieken in de zijrivieren die niet binnen dit venster vallen worden dus niet meegenomen. Voor de zijrivieren is de looptijd van het meetstation tot de monding in de Maas (zie tabel 3) meegenomen.

| Locatie        | km    | Jan 91 | Dec 91 | Jan 95 | Dec 93 | Jan 95 | Nov 98 | Dec 99 | Jan 01 | Mrt 01 | Jan 02 | Feb 02 | Feb 02 | Feb 02 | Jan 03 | Gem  |
|----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| St. Pieter     | 10,8  |        | 0      | 1      | 0      | -1     | 0      | -1     | -2     | 0      | 0      | -2     | -1     | 0      | -2     | -1   |
| Jeker monding  | 12,8  | -22    | -22    | -14    | -22    | -25    | -17    | -24    | -23    | -13    | -13    | -18    | -14    | -51    | -36    | -23  |
| Borgharen D    | 16    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    |
| Geul monding   | 22,5  | -17    | -16    | -6     | -5     | -25    | -10    | -7     | -21    | -9     | -10    | -11    | -12    | -43    | -95    | -21* |
| Elsloo         | 29,3  | 4      | 1      | 7      | 0      | -3     | 1      | 1      | 1      | 3      | 2      | 2      | 2      | 3      | 1      | 2    |
| Grevenbicht    | 44,9  | 24     | 2      | 16     | 8      | 3      | 3      | 6      | 5      | 7      | 5      | 5      | 3      | 4      | 8      | 7    |
| Geleenb. mond. | 55,1  | -23    | -36    | -15    | -35    |        | -18    |        | -24    | -15    | -21    | -18    | -24    | -29    | -55    | -26  |
| Stevensweert   | 61,6  | 27     | 8      | 25     | 9      | 5      | 9      | 10     | 11     | 11     | 26     | 12     | 10     | 10     | 9      | 13   |
| Heel Bov       | 67,3  | 28     | 11     | 23     | 13     | 14     | 16     | 18     | 14     | 13     | 31     | 16     | 17     | 12     | 12     | 17   |
| Linne Ben      | 70,4  |        |        |        |        |        | 17     | 18     | 15     | 17     | 29     | 18     | 25     | 16     | 16     | 19   |
| Roer monding   | 78,2  | 92     | 1      | 10     | 9      | -9     | 7      | 2      | -12    | 7      | 18     | 13     | 11     | -14    | -5     | 9**  |
| Roermond Bo    | 79,8  |        |        |        |        |        | 28     | 23     | 25     | 21     | 37     | 30     | 33     | 27     | 23     | 27   |
| Heel Ben       | 85,1  | 53     | 24     | 43     | 35     | 16     | 36     | 26     | 28     | 27     | 42     | 32     | 36     | 30     | 24     | 32   |
| Tung.B. Mond.  | 89    |        |        |        |        |        | -13    |        | -22    | -46    |        |        |        |        |        | -27  |
| Neer           | 90,1  |        |        |        |        |        | 31     | 27     | 32     | 29     | 42     | 31     | 37     | 27     | 23     | 31   |
| Belfeld Ben    | 100,2 | 56     | 29     | 44     | 37     | 18     | 37     | 29     | 36     | 31     | 44     | 35     | 41     | 29     | 27     | 35   |
| Well dorp      | 132,1 | 64     | 35     | 53     | 58     | 28     | 45     | 38     | 43     | 39     | 56     | 42     | 52     | 36     | 35     | 45   |
| G.M.B. Mond.   | 133   |        |        |        |        |        |        |        | -34    | -50    |        | -86    | 37     |        |        | -33  |
| Sambeek Be     | 147,7 | 71     | 39     | 65     | 68     | 35     | 54     | 53     | 52     | 49     | 64     | 53     | 63     | 46     | 45     | 54   |
| Gennep         | 155,1 |        |        |        |        |        | 60     | 54     | 52     | 51     | 67     | 60     | 65     | 50     | 46     | 56   |
| Niers Monding  | 156,1 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |      |
| Mook           | 165,8 |        |        |        |        |        | 62     | 57     | 54     | 52     | 69     | 66     | 64     | 58     | 51     | 59   |
| Grave Ben      | 177   |        | 47     | 93     | 81     | 38     | 63     | 58     | 54     | 54     | 69     | 68     | 73     | 64     | 56     | 62   |

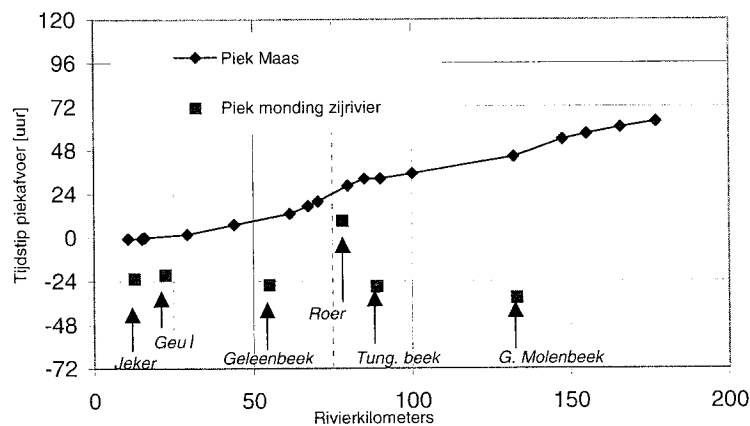
\* Het gemiddelde voor de Geul is -15 indien het hoogwater van Januari 2003 buiten beschouwing wordt gelaten. Op t = -20 was er ook een piek op de Geul, maar die was lager dan de piek op t = -95.

\*\* Het gemiddelde voor de Roer is 3 indien het hoogwater van januari 1991 buiten beschouwing wordt gelaten. Op t = -14 en t = 26 waren er ook pieken op de Roer, maar die waren lager dan de piek op t = 92.

meetstation tot de monding van de zijrivier hiervoor zijn verondersteld. Het tijdstip van de piek kan nu voor zowel de Maas als de zijrivieren worden uitgezet tegen de kilometrage van de Maas.

### Samenvallen hoogwaterpieken Maas en zijrivieren

Tabel 4 illustreert dat de voortplantingssnelheid van de hoogwatergolf op de Maas sterk kan fluctueren. Uitschieters zijn de hoogwaters van december 1993 en januari 1995. De waargenomen looptijd van de golf op de Maas tussen Borgharen en Grave bedroeg respectievelijk 83 en 38 uur. Ook blijkt dat het tijdstip van de piek van de hoogwatergolf op de zijrivier ten opzichte van het tijdstip van de piek bij Borgharen voor ieder hoogwater anders is. Gevolg is dat het patroon van samenvallen van de hoogwatergolven verschilt van geval tot geval. Toch kan er een redelijk eenduidig algemeen beeld worden afgeleid.



**Figuur 2:** Gemiddeld patroon van samenvallen piekatvoeren Maas en zijrivieren. T = 0 is tijdstip hoogwater piek Maas Borgharen. Voor de andere stations is het tijdstip van de piek bepaald ten opzichte van de piek bij Borgharen. Voor de zijrivieren is de looptijd van het meetstation tot de monding in de Maas (zie tabel 3) meegenomen. Hoe kleiner de afstand tussen de lijn (hoogwatergolf Maas) en de vierkante punten (hoogwatergolf zijrivier) hoe meer Maas en desbetreffende zijrivier samenvallen.

Dit beeld is weergegeven in figuur 2. De hoogwatergolven op de zijrivieren lopen vóór op de hoogwatergolf op de Maas. Met uitzondering van de Roer pieken de zijrivieren gemiddeld ongeveer één dag voor het optreden van de piek op de Maas bij Borgharen. Indien het hoogwater van 2003 buiten beschouwing wordt gelaten is het gemiddelde voor de Geul ruim een halve dag (zie voetnoot tabel 4). Voornaamste oorzaak van het vóórlopen van de zijrivieren is dat het stroomgebied van de Maas bovenstrooms van Borgharen vele malen groter is dan het stroomgebied van de in Limburg uitmondende zijrivieren.

Door de looptijd van de hoogwatergolf op de Maas, loopt het verschil in optreden van piek op de Maas en zijrivier op in benedenstroomse richting, tot gemiddeld ongeveer 3 dagen voor de Grote Molenbeek (zie figuur 2). De piek van de Roer ter hoogte van Roermond vindt gemiddeld genomen enkele uren later plaats dan de piek van de Maas bij Borgharen (zie tabel 4). Doordat de looptijd van de hoogwatergolf op de Maas van Borg-

haren tot Roermond gemiddeld genomen ongeveer één dag bedraagt loopt de afvoergolf van de Roer gemiddeld genomen iets minder dan een dag voor op de afvoergolf op de Maas (zie figuur 2). Het gemiddelde patroon zoals weergegeven in figuur 2 kan voor een specifiek hoogwater afwijken (zie bijvoorbeeld 1993 en 1995 in tabel 4). Er blijkt overigens geen eenduidig verband tussen de piekafvoer en golfvorm bij Borgharen enerzijds en de mate van samenvallen van de hoogwatergolven op de Maas en zijrivieren anderzijds (De Wit e.a., 2004).

In dit onderzoek zijn alleen pieken op de zijrivieren meegenomen die binnen een venster van 4 dagen vóór tot 4 dagen na het passeren van de top bij Borgharen ( $t = 0$ ) vallen (zie tabel 4). Luijendijk en Terpstra (2002) concluderen dat door verschillen in lokale neerslagpatronen in zo'n 10 à 20% van de hoogwaters de afvoerpiek van de zijrivieren door een andere neerslaggebeurtenis wordt bepaald dan de afvoerpiek op de Maas. In dergelijke gevallen wijkt het patroon van samenvallen sterk af van het gemiddelde patroon zoals weergegeven in figuur 2. Door het hanteren van een venster vallen dergelijke afwijkingen in dit onderzoek enigszins buiten beeld. De hoogwaters van januari 1991 op de Roer en januari 2003 op de Geul zijn echter typische voorbeelden van dit fenomeen (zie tabel 4).

Op basis van tabel 4 kan voor ieder hoogwater het tijdstip worden ingeschat dat de hoogwatergolf op de Maas de monding van de zijrivier bereikt. Voor dit tijdstip kan de afvoer van de zijrivier bepaald worden. In tabel 5 is de ratio tussen de afvoer op de zijrivier ten tijde van de piek op de Maas en de piekafvoer op de zijrivier weergegeven. Een waarde van 1 zou dus duiden op het volledig samenvallen van de hoogwaterpiek op Maas en zijrivier. Uit deze tabel volgt dat ten tijde van het passeren van de hoogwatergolf op de Maas de afvoer van de in Limburg uitmondende zijrivieren in de regel al sterk is afgenomen. Voor de Roer met gemiddeld een kwart. Voor de Geleenbeek met gemiddeld tweederde en voor de overige beken is de afvoer gemiddeld genomen al bijna gehalveerd ten tijde van de passage van de hoogwaterpiek op de Maas. Met name voor de Tungelroyse beek en de Grote Molenbeek dienen deze getallen met enige voorzichtigheid te worden bekeken, omdat ten tijde van de passage van de hoogwatergolf op de Maas de afvoer van deze beken sterk wordt beïnvloed door de Maas.

**Tabel 5:** Ratio tussen afvoer van de zijrivier ten tijde van de passage van de hoogwaterpiek op de Maas en de piekafvoer van de zijrivier (-).

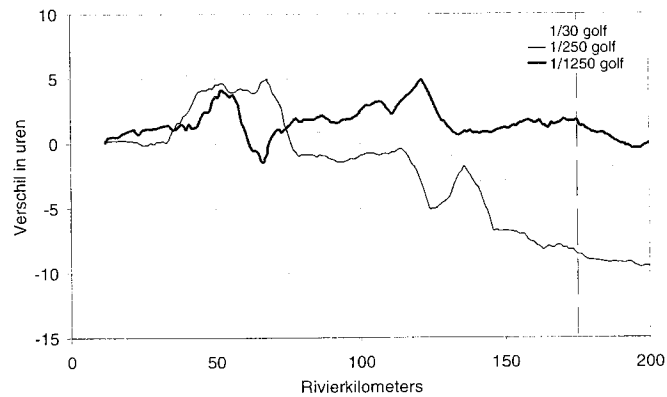
| Rivier/beek     | Jan 91 | Dec 91 | Jan 93 | Dec 93 | Jan 95 | Nov 98 | Dec 99 | Jan 01 | Mrt 01 | Jan 02 | Feb 02 | Feb 02 | Feb 02 | Jan 03 | Gem. |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Jeker           | 0,75   | 0,52   | 0,70   | 0,60   | 0,41   | 0,44   | 0,41   | 0,36   | 0,64   | 0,78   | 0,73   | 0,80   | 0,62   | 0,46   | 0,59 |
| Geul            | 0,47   | 0,41   | 0,41   | 0,59   | 0,77   | 0,51   | 0,76   | 0,54   | 0,63   | 0,59   | 0,79   | 0,49   | 0,42   | 0,62   | 0,57 |
| Geleenbeek      | 0,43   | 0,14   | 0,19   |        |        | 0,14   |        | 0,19   | 0,26   | 0,21   | 0,38   | 0,30   | 0,36   | 0,99   | 0,33 |
| Roer            | 0,77   | 0,55   | 0,58   | 0,87   | 0,67   | 0,69   | 0,72   | 0,69   | 0,78   | 0,86   | 0,78   | 0,81   | 0,89   | 0,82   | 0,75 |
| Tungelr, beek * |        |        |        |        |        | 0,57   |        | 0,49   | 0,50   |        |        |        |        |        | 0,52 |
| Gr, Molenbeek   |        |        |        |        |        |        |        | 0,39   | 0,51   |        | 0,50   | 0,84   |        |        | 0,56 |
| Niers           |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |      |

\* Aangezien de data van het meetstation op de Tungelroyse beek hiaten bevatten betreft het hier een schotting (interpolatie) op basis van aanwezige data voor het betreffende hoogwater.

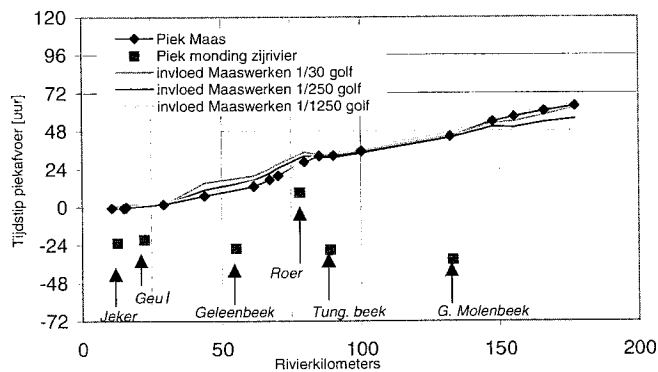
### *Ingrepen in Maas en zijrivieren*

De ingrepen welke thans worden voorbereid binnen het project Maaswerken ([www.maaswerken.nl](http://www.maaswerken.nl)) zullen de hoogwatergolf op de Maas beïnvloeden. In de Grensmaas

zal door rivierverruiming de afvoergolf enigszins worden vertraagd. In de Zandmaas zullen de golven enigszins worden versneld door de aanleg van kaden op de meest kwetsbare locaties. Dit geldt niet voor golven 'hoger' dan de golf met een terugkeertijd van eens in de 250 jaar, omdat de kades dan zullen overstromen. Een en ander is weergegeven in figuur 3. De berekeningen die ten grondslag liggen aan figuur 3 zijn gebaseerd op zogenaamde standaardgolven. In werkelijkheid zal het effect van de voorgenomen maatregelen per golf variëren. Om een indruk te krijgen hoe de Maaswerken het samenvallen van Maas en zijrivier beïnvloeden zijn de veranderingen uit figuur 3 geëxtrapoleerd naar het gemiddelde patroon van samenvallen zoals weergegeven in figuur 2 (zie figuur 4).



**Figuur 3:** Effect Maaswerken op looptijd hoogwatergolf Maas. Verschil in looptijden als gevolg van de Maaswerken. Negatieve waarde is versneld, positieve waarde is vertraagd. Bron: Maaswerken (2003).



**Figuur 4:** Invloed Maaswerken op samenvallen hoogwaterpieken. Toelichting zie figuur 2

Uit figuur 4 kan worden opgemaakt dat de voorgenomen ingrepen op de Grensmaas het patroon van samenvallen gunstig zal beïnvloeden. Doordat de voortplanting van de hoogwatergolf in het traject tussen Maastricht en Roermond enigszins vertraagd zal worden, zullen de zijrivieren in dit traject nog enkele uren meer voor gaan lopen dan nu al het geval is. Vanaf Roermond zorgen een aantal van de voorgenomen ingrepen juist voor een ver-

snelling van de golfsnelheid, waardoor het hoogwater op de Maas enkele uren eerder zal arriveren dan thans het geval is. Deze versnelling van de golf (+/- 10 uur voor de 1/250<sup>ste</sup> golf) is echter klein ten opzichte van het huidige verschil in het tijdstip waarop gemiddeld genomen Maas en benedenstrooms gelegen zijrivieren pieken (3 tot 4 dagen).

In het regionale systeem binnen het Nederlandse Maasstroomgebied is het beleid er op gericht om water langer vast te houden door hermeanderen van beken, aanleggen van retentiegebieden, verontdiepen van waterlopen en beperken van de afvoer van hogere delen. De overvloed aan water dient te worden opgevangen waar deze ontstaat. Het bergen vindt plaats in speciaal daarvoor bestemde gebieden. Uiteindelijke doel is om daardoor op een meer gecontroleerde wijze water af te kunnen voeren. Van Bakel e.a. (2001) illustreren dat het effect van dergelijke maatregelen op het ontstaan van hoogwatergolven niet altijd even eenduidig en voorspelbaar is. Ook wijzen zij erop dat het actief inzetten van de voorgestelde maatregelen in de zijrivieren nadelig kan zijn voor het samenvallen van de hoogwatergolven van de zijrivieren met die van de Maas. Kolen (2001) wijst op het belang om bij het vertragen van afvoergolven te streven naar het spreiden van afvoergolven en derhalve stromende berging niet toe te passen op beken die in de regel vóórlopen op de hoofdrivier. Luijendijk e.a. (2001) stellen dat in de Tungelroysebeek de verminderde ontwatering en beekherstel een beperkte positieve en soms zelfs een geringe negatieve bijdrage kunnen opleveren in de reductie van afvoergolven vanuit het stroomgebied.

### **Conclusies**

Ten tijde van de passage van de hoogwatergolf op de Maas zijn de afvoergolven van de in Limburg uitmondende zijrivieren in de regel al met zo'n 25 tot 50 procent gedaald. Zouden de hoogwatergolven op de Maas en zijrivieren meer samenvallen dan zou dat ongunstig zijn, met name voor de gebieden aan de monding van de zijrivieren omdat door opstuwing vanuit de Maas de afvoer vanuit de zijrivier wordt geblokkeerd. Afstemming tussen het hoogwaterbeheer in regionale en rijkswateren is derhalve van groot belang. De resultaten uit deze studie kunnen daar mede vorm aan geven. Op dit moment loopt een vergelijkbare studie naar het samenvallen van de hoogwatergolf op de Maas en zijrivieren voor het gehele Maasstroomgebied. Deze studie vindt plaats onder toezicht van de werkgroep hydrologie en hoogwater van de Internationale Maas Commissie en beoogt een betere afstemming van maatregelen in het internationale stroomgebied van de Maas.

### **Dankwoord**

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Limburg. Sander Bastings, Jaap Goudriaan en Arjan Heesters worden bedankt voor de begeleiding. De afvoergegevens voor de zijrivieren zijn beschikbaar gesteld door Waterschap Roer en Overmaas en Waterschap Peel en Maasvallei.



## Referenties

- Bakel, P. van, J. Hoogendoorn, J. Luijendijk en J. Peerboom (2001)** Hoogwaterreductie vanuit regionale stroomgebieden: samenhang of tegenstellingen?; in *H<sub>2</sub>O*, jrg 2001, nr 3, pag 27–29.
- Barneveld, H. en S. Bastings (1998)** Q (h) relatie Borgharen-dorp, ontwikkeling vanaf 1993; Rijkswaterstaat Directie Limburg.
- Kolen, B. (2001)** Waterberging onderweg; in *H<sub>2</sub>O*, jrg 2001, nr 2, pag 21–23.
- Luijendijk, J. en W. Terpstra (2002)** Risicoanalyse timing regionale afvoergolven tijdens Maashoogwaters; Concept rapportage aan Provincie Limburg. Tauw, Deventer.
- Luijendijk, J., J. Hoogendoorn, J. Peerboom en A. Blonk (2001)** Herstel watersysteem Tungelroyse beek (deel 4). Modelleren van het watersysteem: hoogwater in perspectief; in *H<sub>2</sub>O*, jrg 2001, nr 2, pag 18–20.
- Maaswerken (2003)** Kennis en Kwaliteit Zandmaas; Rapport 21, Projectorganisatie De Maaswerken, Maastricht.
- Wit, M.J.M. de, L. van Hal en R. van der Veen (2004)** Samenvallen hoogwaterpieken Maas en zijrivieren; Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA), rapport nr 2004.126x, Lelystad.