



Jacob Luijendijk, Tauw

Edward Meijer, Tauw

Bert Akkerman, Gemeente Bergen op Zoom

Edwin Arens, Waterschap Brabantse Delta

Integrale beoordeling watersysteem Bergen op Zoom

Naar aanleiding van wateroverlast in augustus 2005 is in opdracht van de gemeente Bergen op Zoom en het Waterschap Brabantse Delta een onderzoek uitgevoerd naar het functioneren van het oppervlaktewatersysteem (de Zoom) en de riolering en de interactie tussen beiden. Bij verdrongen overstortdrempels kan (extra) water op straat optreden door interactie tussen oppervlaktewater en riolering en bij zeer hoge oppervlaktewaterpeilen kan sprake zijn van directe inundatie. Beide aspecten zijn onderzocht met een gekoppeld oppervlaktewater- en rioleringsmodel. Vastgesteld is dat de kans op extra water op straat door interactie met de Zoom in de huidige situatie nog acceptabel klein is. Tevens voldoet het watersysteem nog juist aan de NBW-norm voor bescherming tegen inundatie van stedelijk gebied (T100). In de toekomst wordt het watersysteem echter anders belast door grootschalige afkoppelmaatregelen en door de verwachte klimaatverandering.

In augustus 2005 was sprake van wateroverlast in de Ravelstraat (wijk Meilust) in Bergen op Zoom. Naar aanleiding hiervan hebben de gemeente Bergen op Zoom en het Waterschap Brabantse Delta besloten om gezamenlijk de oorzaak van dit probleem te onderzoeken en

aan de hand hiervan mogelijke oplossingen te formuleren. Het accent van dit onderzoek lag op een goede beschrijving van de relatie tussen het functioneren van het oppervlaktewatersysteem van de Zoom en het overstorten van de (gemengde) riolering op de Zoom.

Kenmerken van het watersysteem

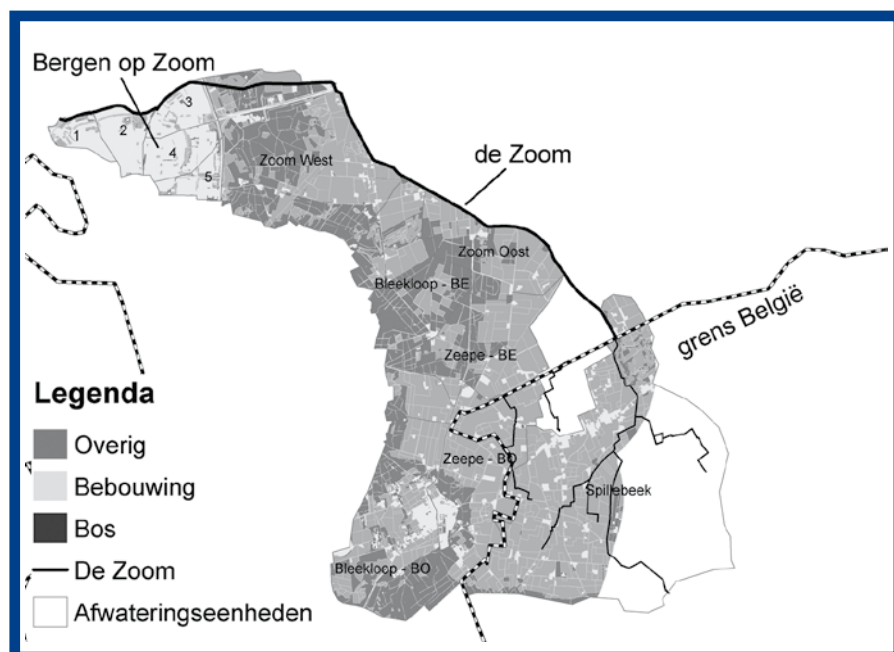
Bergen op Zoom ligt in West-Brabant aan de monding van de oude turfvaart de Zoom. Het stroomgebied van de Zoom heeft een oppervlakte van 5.200 ha, waarvan 1.800 ha in België ligt (zie afbeelding 1). De afstand van de grens tot de monding in de Theodorushaven is circa 13 km, waarvan de laatste drie kilometer in stedelijk gebied. Het stroomgebied is relatief droog vanwege de hoge ligging langs de Brabantse Wal (tot NAP + 33 meter). De belangrijkste waterpartijen in de bebouwde kom zijn de Vijverbergvijvers, de Parkvijver en het Pielekenswater. Het rioolstelsel dat direct of indirect (via genoemde vijvers) kan overstorten op de Zoom strekt zich uit aan beide zijden van de Zoom en wordt belast door 289 ha verhard oppervlak. Vanuit dit stelsel lozen drie overstorten van gemengde stelsels en drie regenwateruitlaten rechtstreeks op de Zoom. De overstort Ravelstraat heeft de laagste drempelhoogte en is daardoor maatgevend voor de herhalingsstijd van interactie. Een deel van het gemengd gerioleerde gebied stort over op water dat niet in verbinding staat met de Zoom.

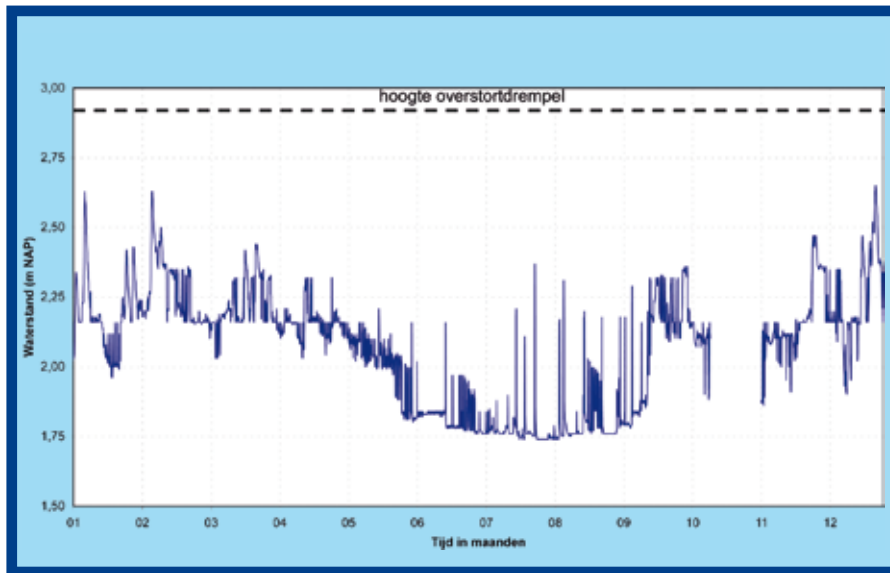
Probleemanalyse en toetsingsmethodiek

Wateroverlast in stedelijk gebied kan op verschillende manieren ontstaan:

- riolering
- Door onvoldoende afvoercapaciteit van de

Afb. 1: Het stroomgebied van de Zoom.





Afb. 2: Gemeten waterstanden van de Zoom op locatie Ravelstraat.

riolering. Deze vorm van wateroverlast is in de regel kortstondig (minuten tot uur) en hoeft in de praktijk niet altijd te leiden tot klachten en schade. Deze overlast is toelaatbaar met een herhalingstijd van meer dan twee jaar, mits dit niet leidt tot schade;

■ interactie

Door stijging van het oppervlaktewaterpeil boven het drempelpeil van de overstorten. Het waterpeil beïnvloedt de waterstand in het rioolstelsel en beperkt daarmee de afvoercapaciteit van het stelsel. Deze vorm van wateroverlast kan langer aanhouden (uren), waardoor zich meer water kan verzamelen in laaggelegen gebieden met een grotere kans op schade. De toelaatbare herhalingstijd van interactie zal mede afhankelijk zijn van de aard en omvang van de overlast die hierdoor ontstaat. De studie voor Bergen op Zoom had mede als doel om de overlast door interactie in beeld te brengen en een advies uit te brengen over het gewenste veiligheidsniveau voor dit faalmechanisme;

■ inundatie

Door stijging van het oppervlaktewaterpeil boven maaiveld waardoor oppervlaktewater vanuit de watergangen op straat komt te staan (inundatie). Dit is de meest ernstige vorm van water op straat, kan langdurig zijn (uren tot dagen) en leidt in de praktijk vrijwel altijd tot overlast en schade. Deze overlast is toelaatbaar met een herhalingstijd boven 100 jaar (NBW-werknorm).

Het rioolstelsel van Bergen op Zoom was al getoetst op het eerste criterium en de knelpunten zijn in beeld. De herhalingstijd en de effecten van interactie en inundatie zijn onderzocht aan de hand van tijdreeksberekeningen met een SOBEK-model van het rioolstelsel en het oppervlaktewater. Voor de statistische onderbouwing van de extreme waterstanden is uitgegaan van een selectie van maatgevende neerslagperiodes uit de 97-jarige neerslagreeks (uurcijfers) van De Bilt. Uit ervaring blijkt dat het grondwatersysteem de grootste piekafvoeren geeft bij hoge (meer)daagse sommen. Het rioolstelsel reageert het meest op hoge uursommen. Bij een combinatie van beide buitypen zijn de

effecten van interactie naar verwachting het grootst. Bij de selectie van neerslaggebeurtenissen is hiermee rekening gehouden^{1),2)}.

Analyse huidige situatie

De dagafvoer van de Zoom varieerde de afgelopen 15 jaar gemiddeld tussen één en drie kubieke meter per seconde tijdens winterhoogwaters en vrijwel nul tijdens droge zomermaanden. Op 14 september 1998 werd een afvoer van acht kubieke meter per seconde gemeten als gevolg van een neerslag van 104 mm in 24 uur. Op basis van de meetreeks van De Bilt is de herhalingstijd van deze neerslaggebeurtenis groter dan 100 jaar. De gemeten waterstand van de Zoom op de locatie Ravelstraat varieerde in de periode 2000-2002 tussen NAP + 2,8 m tijdens winterhoogwaters en NAP + 1,75 m in de zomer. In deze jaren werd de laagste overstortdrempelhoogte niet overschreden en trad dus geen interactie op. Uit de metingen van 2001 blijkt dat de waterstand op de Zoom in het winterhalfjaar gemiddeld 40 cm hoger ligt dan in de zomer (zie afbeelding 2). De zeer snelle peilstijgingen in de zomermaanden zijn het gevolg van riooloverstortingen uit het stedelijke gebied. De hoogste waterstanden treden echter altijd op tijdens winterhoogwaters vanuit het landelijke gebied. Het SOBEK-model van het rioolstelsel en de Zoom is gekalibreerd door simulatie van het waargenomen afvoer- en peilverloop in de periode 2000-2002 op zowel seizoenschaal als tijdens winterhoogwaters en riooloverstortingen.

Toetsing huidige situatie

Omdat de initiële grondwatersituatie een grote invloed heeft op het afvoerloop bij een bepaalde neerslaggebeurtenis, zijn afzonderlijke reeksberekeningen uitgevoerd voor zomer- en wintergebeurtenissen. Bij deze gebeurtenissen varieert het maximale Zoompeil op de locatie Ravelstraat tussen NAP + 2,25 m en NAP + 3,19 m (afbeelding 3, huidige situatie). Op basis van de statische methode Peak Over Threshold is de herhalingstijd van de extreme waterstanden berekend.

Bij negen winter- en drie zomersituaties stijgen de waterstanden boven de overstortdrempel en treedt interactie op. De hoogste waterstand op de Zoom treedt op bij de langdurige neerslag van oktober 1998 (90 mm in vijf dagen, 195 mm in 15 dagen). Bij deze hoogwatergolf duurt de interactie meer dan een week. De op één na hoogste waterstand treedt op bij de extreme zomerbui van juni 1961 (16 mm in één kwartier, 46 mm in een uur). De interactie duurt dan enkele uren.

Met het rekenmodel is vervolgens onderzocht wat het effect van deze interactie is op de mate van water op straat. Daarbij werd vastgesteld dat interactie alleen op beperkte schaal tot extra water op straat leidt, wanneer het rioolstelsel gelijktijdig wordt belast door een extreme zomerbui (zoals in juni 1961). Door de relatief lage neerslagintensiteiten tijdens winterhoogwaters blijft zowel met als zonder interactie geen water op straat staan in Bergen op Zoom. Het overtollige water kan worden afgevoerd zonder dat in het rioolstelsel grote peilstijgingen optreden.

Bij de overstort aan de Ravelstraat is de berekende gemiddelde herhalingstijd van interactie circa acht jaar (tabel 1). De herhalingstijd van extra water op straat door interactie (tijdens drie intensieve zomerbuïen) bedraagt circa 33 jaar.

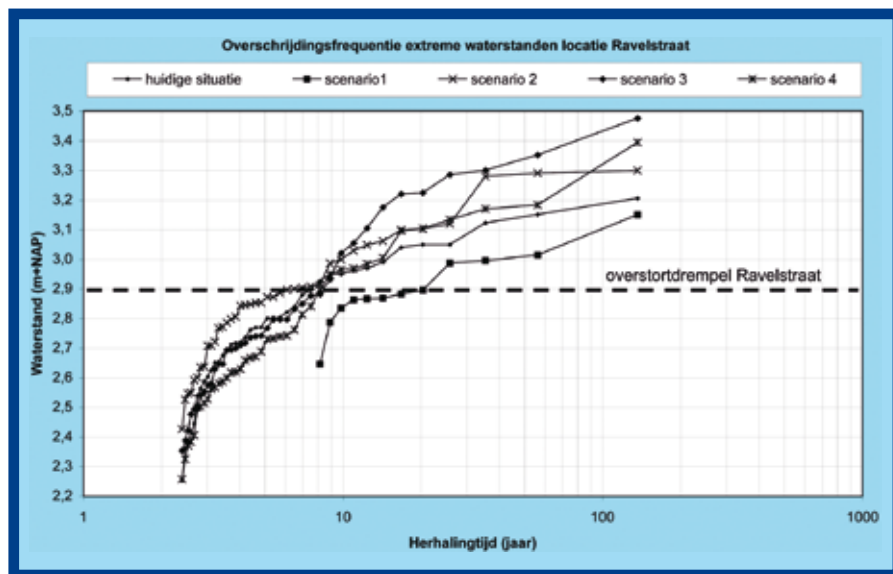
Tenslotte is onderzocht of binnen het stroomgebied van de Zoom wordt voldaan aan het NBW-criterium voor inundatie. Geconcludeerd werd dat in de huidige situatie in de laaggelegen wijk Meilust-Zuid een beperkt inundatierisico bestaat. De berekende T100-waterstand op de Zoom is nagenoeg gelijk aan de laagste kruinhoogte van de kade langs deze wijk.

Effecten van toekomstscenario's

Door autonome ontwikkelingen en geplande maatregelen kan het risico van wateroverlast in Bergen op Zoom wijzigen. Naar aanleiding hiervan zijn de volgende toekomstscenario's onderzocht:

- situatie na tot leggerprofiel baggeren van de Zoom (is ook uitgangspunt in de navolgende scenario's);
- rioolstelsel na basisinspanning (onder andere aanleg bergbezinkbassin en sluiten van diverse gemengde overstorten op vijvers) en 15 procent afkoppelen (situatie 2007);
- de helft afkoppelen en klimaatverandering volgens WB21-middenscenario 2050 (situatie 2015);
- 95 procent afkoppelen en klimaatverandering volgens WB21-middenscenario 2050 (situatie 2050).

De referentiedata van de drie laatste scenario's hebben vooral betrekking op het percentage afkoppelen. Er is van uitgegaan dat daarbij geen herdimensionering van het rioolstelsel plaatsvindt. Bij de afkoppelmaatregelen is als uitgangspunt gehanteerd dat de RWA-lozingen zoveel mogelijk plaats vinden op de Vijverbergvijvers, de Parkvijver en het Pielekenswater en van daaruit vertraagd afstromen naar de Zoom.



Afb. 3: Berekende waterstanden en herhalingstijden locatie Ravelstraat.

De berekende waterstanden op de locatie Ravelstraat bij de verschillende toekomst-scenario's zijn weergegeven in afbeelding 3 en de kansen op interactie en inundatie zijn samengevat in tabel 1. De herhalingstijd van extra water op straat is gerelateerd aan de kans op interactie tijdens zomerbuien. Bij de twee laatste scenario's bedraagt de herhalingstijd van interactie tijdens zomerbuien 33 jaar. Door het afkoppelen wordt het rioolstelsel echter minder belast, waardoor de kans op water op straat verder af zal nemen (bij gelijkblijvende buisdiameters). De kansen van water op straat zijn niet nauwkeurig berekend.

- Door het baggeren van de Zoom (eerste scenario) worden de maximale waterstanden 10 tot 25 cm lager, waardoor de kansen op interactie en inundatie afnemen;
- Bij een toenemend areaal afgekoppeld oppervlak (de laatste drie scenario's) worden de piekwaterstanden op de Zoom lager en daarmee de kansen op interactie en inundatie vanuit de Zoom kleiner. Dit enigszins onverwachte effect is het gevolg van de bufferende werking van de vijvers. Hierdoor wordt de Zoom tijdens pieksituaties minder zwaar belast vanuit het stedelijke gebied, waardoor de maximale waterstanden iets afnemen. De consequentie van de buffering is dat de kansen

op interactie en inundatie vanuit de vijvers toenemen;

- Als gevolg van de verwachte klimaatverandering neemt de belasting van het watersysteem door extreme neerslaghoeveelheden toe (laatste twee scenario's). De kans op inundatie wordt groter dan in de huidige situatie en het systeem voldoet niet meer aan de NBW-norm.

Conclusies en aanbevelingen

Als aanvulling op de NBW-beschermingsnorm voor inundatie van stedelijk gebied wordt door steeds meer gemeenten en waterschappen tevens gekeken naar de nog toelaatbare effecten van interactie door verdrinking van overstortdrempels. De gemeente Bergen op Zoom en Waterschap Brabantse Delta zullen in het kader van de stedelijke wateropgave nadere afspraken maken over het na te streven veiligheidsniveau.

Uit de onderzoeksresultaten voor Bergen op Zoom volgt dat het watersysteem relatief ongevoelig is voor wateroverlast door interactie met de Zoom. Interactie treedt vooral op tijdens winterhoogwaters, terwijl het rioolstelsel juist zwaar belast wordt door zomerbuien. Omdat de waterstand van de Zoom in de zomer relatief laag is (NAP + 1,7 m), kan een peilstijging van meer dan een meter optreden, voordat sprake is van interactie. Dit doet zich alleen voor tijdens zeer extreme zomerbuien (eens in de 33 jaar).

Ook bij een (zeldzame) combinatie van een hoogwatergolf op de Zoom en een piekbelasting van het rioolstelsel zullen de afvoerpieken van beide deelsystemen vanwege het looptijdverschil normaal gesproken niet samenvallen. Hierdoor kunnen de effecten van interactie relatief meevallen.

De (piek)belasting van de Zoom zal in de toekomst toenemen door afkoppeling en klimaatverandering. Door de bestaande vijvers in Bergen op Zoom in te zetten als regenwaterbuffer voor het afgekoppelde areaal kan worden voorkomen dat op de Zoom ontoelaatbare peilstijgingen met interactie optreden tijdens zomerbuien. De inzetbaarheid van de vijvers als regenwaterbuffer is echter wel aan grenzen gebonden. De kans op directe inundatie vanuit de vijvers is vrij klein, maar door verdrinking van de overstorten en RWA-lozingspunten op deze vijvers kan mogelijk overlast ontstaan op de laagste percelen die via het rioolstelsel hiermee in verbinding staan. Door een optimalisatie van de peilbeheersing van de vijvers en de aflat op de Zoom kunnen de kansen op wateroverlast vanuit de Zoom en vanuit de vijvers worden geminimaliseerd.

In deze studie is de toelaatbaarheid van interactie beoordeeld op basis van de berekende kans en de toename van water op straat. Met name in hellende gebieden is het berekende beeld van water op straat niet altijd een goede weergave van de eventuele wateroverlast en de kans op schade. In de praktijk zal het water zich verzamelen op de laagste percelen en daar mogelijk schade veroorzaken. Een objectieve beoordeling van de toelaatbaarheid van interactie en het vaststellen van een veiligheidsniveau is mogelijk op basis van een kosten-batenanalyse. Om de waterschade door interactie nader te kwantificeren, kunnen gedetailleerde berekeningen met een tweedimensionaal Overlandflowmodel een geschikt hulpmiddel zijn.

De watersysteemanalyse en modelberekeningen hebben duidelijk gemaakt welke processen verantwoordelijk (kunnen) zijn voor extra water op straat en mogelijk waterschade door interactie. Door een tijdreeksanalyse is tevens duidelijk geworden hoe groot de kans is dat dergelijke situaties optreden.

Voor stedelijke gebieden die gevoelig zijn voor water op straat en verdrinking overstortdrempels wordt aanbevolen om bij de uitwerking van de stedelijke wateropgave gebruik te maken van een integraal rekenmodel (oppervlaktewater en riolering) om zo tot een optimale oplossing te komen voor de eventuele overlast en waterschade door interactie.

LITERATUUR

- 1) Tauw / WL|Delft Hydraulics (2006). Optimalisatie watersysteem Dordrecht. Rapport R002-4315068AWL-pda-V01-NL.
- 2) Van Luijckelaar et. al (2005). Optimaliseren (afval) watersysteem Dordrecht met een integraal model van riolering en oppervlaktewater. H₂O nr. 19, pag. 52-54.

Tabel 1: Herhalingstijden van interactie, extra water op straat en inundatie.

	interactie Ravelstraat (jaar)	extra water op straat (jaar)	inundatie (jaar)
huidige situatie	8	33	100
baggeren tot leggerprofiel	25	>100	>100
idem + basisinspanning inclusief 15% afkoppelen	7	>12*	90
idem inclusief 50% afkoppelen + klimaatontwikkeling 2050	9	>33*	35
idem inclusief 95% afkoppelen + klimaatontwikkeling 2050	9	>33*	70

* Alleen de kans op interactie tijdens zomerbuien is berekend, niet de kans van extra water op straat.