

Optimalisering (afval)water-systeem Dordrecht met een integraal model van riolering en oppervlaktewater

H. VAN LUIJTELAAR, TAUW

M. RUISCH, GEMEENTE DORDRECHT

T. DALSTRA, WATERSCHAP HOLLANDSE DELTA

K. VAN HEERINGEN, WLDelft HYDRAULICS

Het doelmatig invullen van de wateropgave uit het Nationaal Bestuursakkoord Water vormde de aanleiding voor het uitvoeren van een watersysteemberekening voor riolering en oppervlaktewater van de gemeente Dordrecht. Een samenwerkingsverband tussen de gemeente Dordrecht, Waterschap De Groote Waard en Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden (inmiddels gefuseerd tot het Waterschap Hollandse Delta) gaf aan Tauw opdracht voor het uitvoeren van dit project. Tauw werkt daarbij samen met WLDelft Hydraulics.

De controle van het functioneren van het watersysteem van Dordrecht wordt uitgevoerd met een zo volledig mogelijk model van riolering en oppervlaktewater. Deze integrale aanpak is gekozen om de interactie tussen riolering en oppervlaktewater zo realistisch mogelijk in beeld te krijgen voor een betere onderbouwing van eventuele verbeteringsmaatregelen.

Voor de toetsing van de NBW-normen is het noodzakelijk om uitspraken te doen over herhalingsstijden van 100 jaar. Met een omvangrijk en gedetailleerd model van het systeem van Dordrecht is het niet haalbaar de beschikbare neerslagreeksen van bijna 100 jaar uursommen door te rekenen. Om dit te realiseren wordt vaak de keuze gemaakt om het model te vereenvoudigen. In dit project is een alternatieve benadering uitgewerkt, waarbij de neerslagreeksen is gereduceerd tot een set van top 40 van maatgevende regenperiodes. Deze opzet is gekozen om meer overzicht en voeling te houden met de feitelijke werking van het systeem. De resultaten van deze studie worden over enkele maanden verwacht.

Volgens het Nationaal Bestuursakkoord Water dienen watersystemen in stedelijk gebied zodanig gedimensioneerd te zijn dat

peilstijgingen die gemiddeld één keer in de 100 jaar optreden niet leiden tot inundatie. Door uitsluitend te kijken naar inundatie wordt voorbijgegaan aan de mogelijke wateroverlast op straat die juist in het stedelijk gebied maatgevend kan zijn voor de benodigde hoeveelheid oppervlaktewater. Water op straat kan namelijk naast een onvoldoende hydraulische afvoercapaciteit van het rioolstelsel ook worden veroorzaakt door een te krap gedimensioneerd oppervlaktewaterstelsel. In dit laatste geval kunnen peilstijgingen van het oppervlaktewater tot boven het niveau van de overstortdempel de afvoer van het rioolstelsel belemmeren.

Het functioneren van het systeem van riolering en oppervlaktewater in Dordrecht wordt beoordeeld op basis van de volgende drie faal-mechanismen:

- **Water op straat** (nr 1 van afb. 1) is in principe een gevolg van onvoldoende afvoercapaciteit van de riolering naar de overstorten. Het functioneren van een rioolstelsel wordt daarom gecontroleerd met een ontwerpbeurt uit de Leidraad Riolering. Traditioneel wordt uitgegaan van relatief korte herhalingsstijden, omdat eventuele overlast vaak van korte duur is.

Er wordt uitgegaan van vrije overstortingen omdat stijgingen in het oppervlaktewater minimaal zijn bij de maatgevende bui.

In zeer extreme situaties kan water op straat overgaan in echte wateroverlast. Het ontstaan van overlast dient hierbij niet alleen te worden toegeschreven aan het disfunctioneren van de riolering, maar vooral ook aan de profilering van het maaiveld. Lokaal lage punten in de stad zijn het gevoeligst. In vlak gebied, zoals in Dordrecht, is dit probleem minder groot dan in hellend gebied in het oosten en zuiden van het land;

- **Interactie** (nr 2 van afb. 1) tussen riolering en oppervlaktewater treedt op wanneer het peil in het oppervlaktewater stijgt tot een niveau boven de overstort. Sterke peilstijgingen kunnen de werking van de overstorten van een rioolstelsel belemmeren, waardoor het functioneren van een rioolstelsel gevoeliger wordt voor water op straat en eventuele overlast. Grotere peilstijgingen in het oppervlaktewater zijn vaak het gevolg van langdurige regenperiodes. Deze vorm van water op straat is daarom vaak langduriger van aard.

Interactie tussen riolering en oppervlaktewater wordt beoordeeld voor regenperiodes met relatief korte herhalingsstijden (twee tot tien jaar). Bij extremere buien is interactie vrijwel altijd onvermijdelijk en is geen sprake meer van een normaal functionerend rioolstelsel. Interactie is niet altijd het gevolg van te snelle peilstijgingen in het oppervlaktewater, maar kan ook worden veroorzaakt door te laag gelegen overstortdempels;

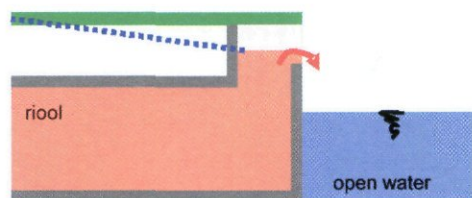
- **Inundatie** (nr 3 van afb. 1) vanuit het oppervlaktewater kan het gevolg zijn van onvoldoende afvoer- en/of bergingscapaciteit in het oppervlaktetestelsel. In een gebied kan bijvoorbeeld een structureel tekort zijn aan oppervlaktewater. Of er zitten knelpunten in het stelsel, waardoor lokaal grote opstuwings in delen van een stelsel kunnen optreden.

Inundatie als gevolg van overbelasting van het oppervlaktewaterstelsel is in principe van een andere orde van grootte dan water op straat als gevolg van overbelasting van de riolering en interactie. Duur en omvang van de overlast als gevolg van inundatie zijn vele malen groter. Daarom wordt hierbij uitgegaan van substantieel langere herhalingsstijden.

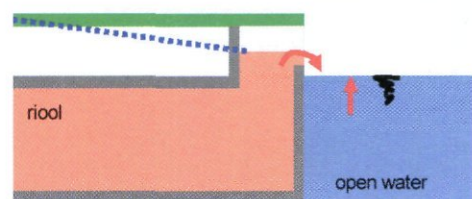
Modellering

De interactie tussen riool- en oppervlaktewaterstelsel kan in Dordrecht bepalend zijn voor het functioneren van het stedelijke (afval)watersysteem. In deze studie is daarom gekozen voor een volledig geïntegreerd model

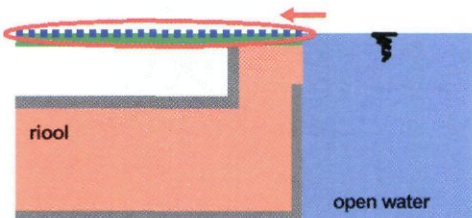
1 **water op straat** riolering, de afvoercapaciteit van het rioolstelsel naar de overstorten is onvoldoende



2 **interactie** riolering en oppervlaktewater, peilstijgingen in het oppervlaktewater kunnen het functioneren van de riolering belemmeren, als buitenwaterstanden boven het drempelniveau van een overstort stijgen



3 **inundatie** oppervlaktewater, totale afvoer- en bergingscapaciteit van het oppervlaktewaterstelsel is niet ruim genoeg om zeer extreme regenhoeveelheden te kunnen verwerken



Afb. 1.

op strengniveau. Een koppeling van de modellen van riolering en oppervlaktewater is nodig om de wisselwerking tussen beide systemen zo realistisch mogelijk te benaderen.

Voor het falen van het (hydraulisch) functioneren van het rioolstelsel kunnen andere neerslaggebeurtenissen maatgevend zijn dan voor het oppervlaktewaterstelsel. Voor de riolering zijn dit vaak korte hevige onweersbuien met zeer hoge piekintensiteiten. Voor inundatie zijn vaak langere regenperiodes maatgevend. Bij interactie is op voorhand niet aan te geven welke regenperiode maatgevend zal zijn. Dit is afhankelijk van gebiedskenmerken als bodemsamenstelling, de verhouding tussen het verhard en onverhard oppervlak en de grootte van het gebied.

Voor het beoordelen/toetsen van water op straat wordt gebruik gemaakt van controlebuien uit de Leidraad Riolerings. Dit zijn gestandaardiseerde buien met extreme piekintensiteiten. Voor het beoordelen/toetsen van de interactie en de (NBW-)inundatienorm is gebruik gemaakt van de 97 jarige neerslagreeks van De Bilt (1906-2003). Deze reeks is opgebouwd uit uursommen en wordt in het waterbeheer gebruikt voor de toetsing van het functioneren van oppervlaktewatersystemen.

Deze reeks is minder geschikt voor de toetsing van het hydraulisch functioneren van de riolering op piekintensiteiten. Voor de controle van het functioneren van riolering en oppervlaktewater in een integraal model zijn uursommen juist meer geschikt. De werking van het rioleringsmodel valt minder snel buiten zijn toepassinggebied, omdat minder (snel)

water op straat voorkomt als gevolg van kortdurende piekintensiteiten.

Het doorrekenen van een geïntegreerd model op strengniveau met de volledige neerslagreeks vergt veel rekencapaciteit en -tijd. Voor de toetsing van het systeem onder extreme condities is het simuleren van een volledige reeks een overmatige inspanning, omdat

slechts een beperkt aantal gebeurtenissen maatgevend is. Daarom is een optimum bepaald tussen enerzijds het doorrekenen van een minimale set regenperiodes en anderzijds het verkrijgen van voldoende nauwkeurige informatie om uitspraken te kunnen doen over de faalkansen van het watersysteem. De keuze voor een beperkte set maatgevende regenperiodes betekent dat vereenvoudigingen aan het model van riolering en oppervlaktewater achterwege kunnen blijven.

Selectie maatgevende regenperiodes

Voor de selectie van de maatgevende regenperiodes is een brede analyse van de 97 jarige neerslagreeks van De Bilt uitgevoerd. Daarbij is niet alleen gekeken naar neerslaghoeveelheden maar ook naar overstortingshoeveelheden.

Voor de selectie van de maatgevende regenperiodes is een stapsgewijze benadering gevolgd:

- definiëren en bepalen van de begrenzing van een regenperiode,
- bepalen van de kenmerken per regenperiode (neerslagintensiteiten over een duur van een uur tot tien dagen en overstortingsintensiteiten over een duur van één tot vijf uur),
- bepalen van de herhalings tijden per kenmerk,
- bepalen van een aantal varianten van karakteristieke regenperiodes op basis van een combinatie van specifieke kenmerken,

volg-nummer	datum begin periode	datum einde periode	kort	middel	lang	score
1	1953.0613	1953.0617	63	3	14	77
2	1961.0605	1961.0613	32	5	8	50
2	1960.1010	1960.1117	7	78	35	42
4	1998.0929	1998.1114	38	6	57	40
5	1952.0703	1952.0704	8	41	15	35
6	1966.0706	1966.0813	11	20	16	25
7	1917.0729	1917.0803	1	44	22	24
8	1994.0731	1994.0801	16	10	6	24
9	1997.0822	1997.0907	20	2	5	23
10	1965.1117	1965.1224	19	3	16	16
11	1912.0821	1912.0911	11	8	18	15
12	1995.0524	1995.0528	11	2	3	15
13	1909.0809	1909.0809	13	0	3	14
14	1946.0128	1946.0209	2	30	7	14
15	1979.0521	1979.0614	10	3	4	14
16	1998.0605	1998.0618	4	8	8	12
17	1969.0812	1969.0829	6	3	20	12
18	2001.0826	2001.1006	13	2	12	11
19	1948.0801	1948.0812	3	16	4	11
20	1942.0706	1942.0727	2	16	6	10

- voor bijvoorbeeld korte hevige buien, gemiddelde en langdurige natte perioden,
- berekenen van een gewogen herhalingstijd per regenperiode op basis van een aantal combinaties van herhalingstijden van neerslaghoeveelheden voor verschillende tijdsintervallen,
- combineren gewogen herhalingstijden tot een totaalscore per regenperiode,
- selecteren top 40 van regenperioden op basis van berekende score.

Bij de selectie van maatgevende regenperioden is onder meer onderscheid gemaakt in verschillende karakteristieken van buien. Selecties van maatgevende perioden zijn samengesteld op basis van extreme neerslagen en overstortingshoeveelheden in perioden variërend van een uur, enkele uren, dagen tot meerdere dagen (10 tot 15).

In de tabel op pagina 53 is een overzicht gegeven van de eerste 20 van 40 maatgevende regenperioden.

Per regenperiode is de score aangegeven van de gewogen herhalingstijden, voor een selectie van neerslagintensiteiten over een met korte, middellange en lange duur (in de orde van uren tot meerdere dagen). De top 40 van regenperioden met de hoogste gemiddelde score vormen de selectie van maatgevende regenperioden.

Deze aanpak beoogt alle mogelijke maatgevende typen regenperioden mee te nemen in de beoordeling. In de selectie zitten daarom niet alleen gebeurtenissen met extreme kwartier- en uursommen, maar ook gebeurtenissen met een grote totale neerslagsom en/of natte perioden die gevolgd worden door een neerslagpiek. De resultaten van de top 40 van maatgevende regenperioden is teruggekoppeld naar resultaten van watersysteemberekeningen die eerder uitgevoerd zijn door het WL en Tauw. Verreweg het grootste deel van de berekende meest extreme waterstanden treedt op bij een gebeurtenis uit de lijst van top 40 van maatgevende regenperioden.

Initiële condities

Een belangrijke factor in de simulatie van de effecten van maatgevende regenperioden op de berekende waterstanden in een oppervlaktewaterstelsel is de keuze van de bodemconditie in de beginsituatie. Een extreme bui na een lange droge periode heeft een andere uitwerking dan een extreme bui na een natte periode.

De maatgevende regenperioden zijn vaak samengesteld uit een clustering van natte perioden voor en na het extreme deel van de periode, zodat in de meeste gevallen al sprake is van een zekere voorgeschiedenis. Voor Dor-

drecht is uitgegaan van een initiële grondwaterstand op streefpeil en een voorlooptijd van vijf dagen. In een droge voorlooptijd kan de grondwaterstand wat uitzakken ten opzichte van het streefpeil, in een natte periode kan de grondwaterstand zich wat opbouwen.

Maatstaven en meetmethoden

De resultaten van de modelberekeningen worden getoetst aan de volgende maatstaven:

Voor de toetsing van water op straat wordt het rioleringsmodel (zonder de koppeling met het oppervlaktewatermodel) doorgerekend met de buien 06 en 08 uit de Leidraad Riolerings, met respectievelijk een herhalingstijd van één en twee jaar. Bij bui 06 toegepast op het volledige model van de riolering mag geen water op straat optreden. Bij bui 08 is water op straat, volgens de norm die gemeente Dordrecht hanteert, toelaatbaar. Door het doorrekenen van deze bui ontstaat inzicht in de meest gevoelige plaatsen voor wateroverlast.

Voor de toetsing van interactie en inundatie wordt het integrale model van riolering en oppervlaktewater doorgerekend met de top 40-selectie van maatgevende regenperioden. De resultaten van deze berekeningen bestaan uit 40 maximale peilstijgingen. Deze resultaten (berekende peilstijgingen) worden bewerkt met behulp van partiele reeksanalyse, volgens de 'peak over threshold' (POT)-methode. Met deze methode kunnen bruikbare uitspraken worden gedaan over herhalingstijden van berekende waterstanden, in een interval van circa twee tot 100 jaar.

De interactie tussen riolering en oppervlaktewater kan met de aanpak ook worden beoordeeld voor herhalingstijden in de range van vijf en tien tot 20 jaar. Waterstanden met een herhalingstijd van twee jaar dienen beneden het drempelniveau van de overstorten te blijven of maximaal 25 cm boven streefpeil als de waakhogte kleiner is dan 25 cm. Berekende waterstanden met een herhalingstijd van 100 jaar mogen niet leiden tot inundaties in het stedelijke gebied.

Maatregelen (optimalisatie riool- en oppervlaktewaterstelsel)

Voor de beoordeling van het functioneren van het watersysteem van Dordrecht wordt voor de ontwikkeling van het klimaat uitgegaan van het Middenscenario voor 2050. Dit scenario gaat uit van een toename van tien procent van de piekneerslagen in de zomerbuien en tien procent van de extreme meerdaagse neerslagsommen in de winterperiode. In het stedelijk waterplan is aangegeven dat er in Dordrecht naar wordt gestreefd om in 2050

en 2100 respectievelijk 40 en 60 procent van het verharde oppervlak te hebben afgekoppeld. Omdat ook afkoppeling een belangrijke rol speelt bij de relatie tussen riool- en oppervlaktewaterstelsel, zijn tevens de verwachte ontwikkelingen met betrekking tot afkoppelen doorgerekend.

Op grond van het doorrekenen van de scenario's klimaatontwikkeling en afkoppelen worden de knelpunten in het systeem bepaald en wordt bepaald welke maatregelen er moeten worden uitgevoerd om te voldoen aan de wateropgave. Hierbij hanteren waterschap en gemeente de uitgangspunten dat de maatregelen voldoende duurzaam moeten zijn en dat er naar moet worden gestreefd om tegen de laagst maatschappelijke kosten te voldoen aan de wateropgave (in vergelijking met optimalisaties die worden uitgevoerd in de afvalwaterketen).

Samengevat

Een aanpak met een beperkte set maatgevende regenperioden is voldoende om statistisch onderbouwde uitspraken te doen over het functioneren van de riolering en het oppervlaktewater in extreme weersomstandigheden met een zo volledig mogelijk gedetailleerd model. Door het regenreeks te reduceren tot een beperkt aantal maatgevende perioden kunnen vereenvoudigingen in het model achterwege blijven. Deze aanpak bespaart rekentijd en houdt de kwaliteit van het model toch op peil. Ook ontstaat meer ruimte voor een verantwoorde onderbouwing van maatregelen.

Voor meer informatie kunt u contact opnemen met Edwin Arens, nu werkzaam bij Waterschap Brabantse Delta.