



DR. IR. J. KLUCK

Water in en om de stad

Meer energie voor water



Hogeschool van Amsterdam

Water in en om de stad

Water in en om de stad

Meer energie voor water

Openbare Les

uitgesproken op woensdag 13 april 2011

door

dr. ir. Jeroen Kluck

Lector Water in en om de stad in het domein Techniek
aan de Hogeschool van Amsterdam

HVA PUBLICATIES

HvA Publicaties is een imprint van Amsterdam University Press.
Deze uitgave is tot stand gekomen onder auspiciën van de Hogeschool van Amsterdam.

Omslagillustratie: Hemellichten onder steiger
Fotograaf: Peter van den Berg
Vormgeving omslag: Kok Korpershoek, Amsterdam
Opmaak binnenwerk: JAPES, Amsterdam

ISBN 978 90 5629 682 7
e-ISBN 978 90 4851 456 4

© J. Kluck / HvA Publicaties, Amsterdam, 2011

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voorzover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 j^o het Besluit van 20 juni 1974, Stb. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

Inleiding

Onze voorouders vestigden zich bij voorkeur bij water, bijvoorbeeld bij een doorwaadbare plaats in een rivier, want water was een essentieel onderdeel van hun bestaan. Zij dronken het en bereidden er hun voedsel mee. Zij gebruikten het voor de verdediging van hun woonplaats en voor het transport van hun handelswaar. De doorwaadbare plaats verzekerde hun van een stroom van bezoekers om handel mee te drijven.

Hun afvalwater loosden ze op dezelfde rivier, en lange tijd ging dat goed. Pas toen men met velen op een kluitje ging wonen werd het lozen van afvalwater in de rivier een probleem, want door vervuild water te drinken werden de mensen ziek. Het werd nog erger toen er fabrieken met ingewikkelde chemische processen kwamen, die hun afval in de rivier loosden. Het leven in het water werd helemaal om zeep geholpen en uiteindelijk was de rivier niet meer dan een dode en stinkende stroom.

Dezelfde grote bevolkingsdichtheid had intussen aanleiding gegeven tot een tweede probleem. Uit ruimtegebrek was men gaan wonen waar het te nat is of waar gemakkelijk overstromingen kunnen plaatsvinden, met alle gevolgen van dien.

Zo heeft men door schade en schande begrepen dat het belangrijk is om op een verantwoorde manier van zijn afvalwater af te komen en dat niet iedere plaats zonder meer geschikt is voor bebouwing en bewoning.

Met deze paar zinnen is het probleem geschetst van het vervuilde afvalwater en het wonen op plaatsen die gemakkelijk kunnen overstromen. Momenteel houden veel mensen op allerlei niveaus zich hiermee bezig. Dat ik hier sta als lector van de Hogeschool van Amsterdam met als leeropdracht 'Water in en om de stad' heeft er alles mee te maken. Ja, afvalwater en wateroverlast zijn serieuze problemen in onze maatschappij en er wordt hard gewerkt om ze op te lossen.

Eigenlijk begonnen we het watersysteem en de waterketen in Nederland behoorlijk op orde te krijgen. Nederland is voor 99,6% aangesloten op rioolstelsels en praktisch al het afvalwater gaat naar een regionale waterzuivering. Aanvullende zuiveringstrappen zoals voor de verwijdering van fosfaten en nitraten zijn operationeel. Verontreiniging van het stedelijke oppervlaktewater door riooloverstortingen is grofweg gehalveerd en de ergste waterkwaliteitsknelpunten zijn aangepakt.

Maar we zijn er nog niet. Er wordt momenteel gewerkt aan het zuiveren van afvalwater van medicijnen en hormonen. En we denken na over of en hoe we de stedelijke oppervlaktewaterkwaliteit verder kunnen verbeteren. Daarvoor moeten we weten wat er uit het riool op het oppervlaktewater terecht komt en wat de gevolgen daarvan zijn voor de waterkwaliteit. Ook komen vraagstukken naar voren over de waarde van water in de stad, over duurzaamheid en over het energiegebruik van de waterketen. Tot slot roept de klimaatverandering vragen op.

Deze openbare les zie ik als een mogelijkheid om u rond te leiden in mijn vakgebied: Water in en om de stad. Ik zal eerst laten zien wat de actuele vragen zijn met betrekking tot water in de stad. Ik zal daarbij achtereenvolgens de volgende punten bespreken:

1. Rioolstelsels
2. Afvoer van huishoudelijk afvalwater in de toekomst
3. Duurzaamheid en energie in de waterketen
4. Omgaan met extreme neerslag
5. Waardevol water in de stad

Ten slotte wil ik toelichten wat ik op de Hogeschool van Amsterdam wil bereiken en hoe ik te werk zal gaan.

1. Rioolstelsels

We hebben riolering voor de afvoer van afvalwater en regenwater. De belangrijkste functie van de riolering is ervoor te zorgen dat wij niet in contact komen met ons eigen afval, want dat kan gevaarlijk zijn. Denk bijvoorbeeld aan de uitbraak van cholera in Haïti in 2010. De tweede functie van de riolering is het afvoeren van regenwater. Vaak gebeurt dat samen met het afvalwater in één buizenstelsel: een zogenaamd gemengd stelsel. Zo'n gemengd stelsel heeft enkele nadelen:

- Ongeveer vijf tot tien keer per jaar is de regenval zo heftig dat het water niet in het riool past en het vervuilde water overstort op het oppervlaktewater. Dat is in ieder geval beter dan dat afvalwater in onze woningen dringt.
- Verder krijgt de waterzuivering bij veel regen ineens veel water aangeboden. Dat kan weer problemen geven, als de capaciteit van de zuivering te klein is voor zo'n grote stroom.

Om dergelijke problemen te voorkomen kiest men sinds het einde van de vorige eeuw voor gescheiden stelsels, dat betekent dat er twee aparte buizenstelsels liggen. Die zorgen ervoor dat het afvalwater wordt afgevoerd naar de zuivering en het regenwater rechtstreeks naar het oppervlaktewater. Amsterdam heeft voor het grootste deel een gescheiden stelsel.

1.1 Bronnen van vervuiling van regenwater

Toch betekent het gescheiden houden van regenwater van de andere afvalwaterstromen niet dat regenwater zonder meer geloosd kan worden op het oppervlaktewater. Er zijn namelijk drie belangrijke bronnen van vervuiling.

In de eerste plaats kan regen aanzienlijk verontreinigd zijn met allerlei vuil uit de lucht en van daken en straten.

Een tweede bron van vervuiling van het regenwater zijn de zogenaamde foutieve aansluitingen: daarover spreekt men als afvalwaterstromen worden aangesloten op regenwaterriolen. Met enige procenten foutieve aansluitingen is de verontreiniging uit een gescheiden stelsel al weer even groot als uit een gemengd rioolstelsel. Foutieve aansluitingen ontstaan bij aanpassingen aan huizen in de loop der tijd, maar ook bij nieuwbouw kan het al mis gaan en kunnen verkeerde aansluitingen gemaakt worden. Men heeft daarom geprobeerd af te spreken dat alle regenwaterleidingen grijs zouden moeten zijn en de vuilwaterleidingen bruin. Helaas is er een aantal gemeenten dat het al jarenlang andersom doet en begrijpelijkerwijze niet anders wil gaan werken. Dit blijft daarom een bron van fouten. Er zijn onlangs allerlei methoden beschreven om foutieve aansluitingen op te sporen. De meest simpele is een bolletje kippengaas in de rioolbuis. Als daar wc-papier achter blijft hangen zit er bovenstrooms waarschijnlijk een foutieve aansluiting. Maar het kan ook ingewikkelder met puntmetingen van de temperatuur in het riool (waarmee een warme lozing van een douche of wasmachine zichtbaar wordt) tot trajecttemperatuurmetingen of metingen met geluid. Het blijft een heel gedoe.

Een derde bron voor vervuiling van het regenwaterstelsel is het feit dat veel mensen niet weten dat er een aparte regenwaterafvoer bestaat. Zij lozen oude olie, verfresten en zakjes met hondenspoep op straat of in de straatkolk van het regenwaterriool. Zij zijn zich niet bewust dat regenwater vaak niet naar een waterzuivering gaat, maar rechtstreeks de grond in verdwijnt (infiltratie) of afgevoerd wordt naar een vijver.

1.2 Zuiverende voorzieningen

Regenwaterstelsels worden daarom – bij enige twijfel – voorzien van zuiverende voorzieningen die een deel van de vuiligheid uit het water halen, voordat

het water op het oppervlaktewater terecht komt. We weten echter vaak niet goed wat er in dat water zit en hoe goed die voorzieningen werken. Gelukkig wordt er op allerlei plaatsen onderzoek gedaan naar hun effectiviteit en worden ervaringen met het buitenland uitgewisseld. Maar zelfs met die kennis zijn we er niet. We weten niet hoe vies het rioolwater is en wat er wordt tegengehouden, en ook niet hoeveel vuiligheid we moeten tegenhouden om problemen met de oppervlaktewaterkwaliteit te voorkomen. Maar hoe moet het dan wel?

1.3 Regenwater bovengronds

De visie van dit moment is het regenwater niet af te voeren via een ondergronds stelsel, maar zoveel mogelijk in het zicht te laten en het lokaal te bergen en te infiltreren. Zonder een ondergronds systeem kan er niets verkeerd worden aangesloten. De gedachte is dat als de mensen zien wat er met het water gebeurt, ze het minder snel vervuilen. Een goede aanpak, die echter niet eenvoudig in een dichtbebouwde kom is in te passen. Bovendien: bestaande stelsels sloop je er niet zomaar uit.

Voor de situatie dat het regenwater ondergronds afgevoerd wordt en vervuiling een probleem is, kun je denken aan een verbeterd gescheiden stelsel.

1.4 Verbeterd gescheiden stelsel

Jaren geleden heeft men bedacht dat er een verbinding moest zijn tussen het hemelwaterriool en het afvalwaterriool, zodat het eerste deel van de regen naar de zuivering wordt afgevoerd. Dit zogeheten verbeterd gescheiden stelsel heeft twee voordelen:

- Bij geen of beperkte neerslag stroomt al het water naar de zuivering, dus ook het afvalwater uit foutieve aansluitingen op het regenwatersysteem.
- Daarnaast zal bij regen het eerste en in theorie vuilste water van de straten naar de waterzuivering stromen. Als het te hard regent en de aanvoer te groot is, stort het water over naar het oppervlaktewater.

Dit leek het ei van Columbus, maar toch is hiermee het probleem van de regenwaterzuivering niet opgelost. De schatting is dat gemiddeld over een jaar circa 75% van de inloop in zo'n verbeterd gescheiden regenwaterstelsel naar de zuivering wordt afgevoerd. Dit hoge percentage geeft aanleiding tot problemen bij de waterzuivering, want voor een waterzuiveringsinstallatie is de aanvoer van relatief schoon water ongewenst. Het kost immers extra energie, en de capaciteit van de zuivering moet voldoende groot zijn. Bovendien wordt de geloosde hoeveelheid vuil groter naarmate er meer water naar de zuivering

wordt afgevoerd. Dus blijft de vraag: Wat dan wel? Wat moeten we doen met het regenwater?

1.5 Speciale regenwaterzuivering

Een betere optie zou een speciale regenwaterzuivering zijn, waar het water van het verbeterd gescheiden regenwaterstelsel heen gepompt wordt. Zo'n regenwaterzuivering kan speciaal ingericht worden op water met weinig verontreiniging. Mogelijk zijn helofytenfilters (rietvelden) hiervoor geschikt. Een dergelijke zuivering zou ook voor het grijze afvalwater (uit keuken, douche, vaatwas en wasmachine) kunnen worden gebruikt.

Al met al is er nog veel te doen, vooral om verontreiniging van het oppervlaktewater te voorkomen.

2. Afvoer van huishoudelijk afvalwater in de toekomst

In 2009 verscheen de langetermijnvisie Verbindend Water, opgesteld voor en door de verschillende Nederlandse overheden (rijk, provincie, waterschappen en gemeenten). Deze visie beschrijft hoe we ons afvalwater in de toekomst in gescheiden stromen kunnen opvangen en lokaal behandelen. Het doel van deze gescheiden opvang is dat de stromen afzonderlijk gezuiverd kunnen worden en dat warmte en grondstoffen kunnen worden teruggewonnen.

Men onderscheidt naast het regenwater:

- Grijs afvalwater uit douche, wasmachine en keuken.
- Zwart afvalwater uit de wc's. Met droge of composttoiletten is het mogelijk om het watergebruik minimaal te houden. Er blijft een goed behandelbare fractie over waaruit door vergisting energie kan worden gewonnen.
- Geel afvalwater (urine). Het overgrote deel van medicijnresten zoals hormonen en chemotherapeutica bevindt zich in het gele en zwarte afvalwater. Het is de moeite waard om van locaties waar veel medicijnen worden gebruikt (ziekenhuizen en verzorgingstehuizen), het gele afvalwater te scheiden van dat van de douches, wasmachines en keukens, en speciaal te behandelen. Dat dit van belang is, blijkt uit het feit dat vissen in de natuur hermafrodiet worden door de vrouwelijke hormonen die met het afvalwater in het oppervlaktewater terechtkomen.

In het algemeen kan ik stellen dat iedereen het eens is over het nut van een gescheiden opvang en inzameling van afvalwater, hoogstens is er discussie over de vraag in welke mate er een gescheiden inzameling moet plaatsvinden.

We leven in een tijd waarin wij ons bewust worden dat grondstoffen steeds schaarser en duurder worden. Het gaat daarbij niet alleen om aardolie voor vervoer en verwarming, maar ook om een stof als fosfaat. Daarom is het zinvol om te kijken naar de mogelijkheid om warmte en fosfaat terug te winnen uit afvalwater.

Eenvoudig winbaar fosfaat raakt wereldwijd op. Het zwarte afvalwater (afvoer van wc's) bevat circa 80% van de totale hoeveelheid fosfaat in het huishoudelijke afvalwater. Fosfaat uit het afvalwater kan worden gevangen in struviet, een natuurlijke meststof die verkocht zou kunnen worden.

Een centrale of decentrale behandeling van het afvalwater

Een punt van discussie is of de behandeling van afvalwater centraal of decentraal moet plaatsvinden. In de langetermijnvisie wordt gepleit voor een decentrale behandeling. Decentraal houdt in dat we in de toekomst – naast onze geavanceerde verwarmingsinstallatie – ook een installatie zullen hebben voor het zuiveren van ons afvalwater en voor terugwinning van warmte en fosfaat. Het gezuiverde water en de teruggewonnen energie kunnen ter plaatse benut worden.

Een nadeel van een decentrale behandeling van het afvalwater is dat al die afzonderlijke installaties beheerd en onderhouden moeten worden. Bovendien is mij niet duidelijk wat je thuis meer kunt doen met fosfaat dan mooie bloemen kweken.

Naar mijn mening gaat de langetermijnvisie er te veel van uit dat scheiding aan de bron en decentrale behandeling inderdaad duurzaam zullen zijn. Ik betwijfel dat, en ben van mening dat een gecentraliseerde behandeling de voorkeur verdient, want die kan efficiënter zijn. Een nadeel van gecentraliseerde behandeling is natuurlijk het transport van het afvalwater. Verderop zal ik laten zien dat het energiegebruik voor het transport erg laag is.

Ondanks mijn bezwaren ben ik er vóór om de langetermijnvisie nader te onderzoeken en een goede afweging te maken in de mate van de gescheiden inzameling van het afvalwater en het wel of niet centraal of decentraal behandelen. In deze afweging speelt ook de duurzaamheid van de waterketen een grote rol.

3. Duurzaamheid en energie in de waterketen

Er bestaan verschillende waterketens. De meest bekende is de keten van de regen die op aarde valt en na korte of lange omzwervingen verdampt door de warmte van de zon en weer valt als regen.

| eenheid | afgekort | definitie | voorbeeld | voor water- deskundigen |
|------------------|----------|---|--|--|
| joule | J | bepaalde hoeveelheid energie | Het kost 1 joule om een kopje thee (100 gram) 1 meter op te tillen. | Dit kun je vergelijken met een volume. |
| watt | W | bepaalde hoeveelheid energie per tijdseenheid; dus vermogen $1 \text{ watt} = 1 \text{ joule per seconde}$ | Een kaars levert 1 watt licht. Een pc verbruikt 100 tot 200 watt. | Dit kun je vergelijken met een debiet. |
| kilowattuur | kWh | veelgebruikte, alternatieve eenheid van energie: gedurende 1 uur 1000 watt (= 3,6 megajoule) | Zie uw elektriciteitsrekening. | |
| watt per persoon | Wpp | energieverbruik per persoon ($1 \text{ Wpp} = 1 \text{ joule per seconde per persoon}$) | | |

Tabel 1. Eenheden van energie

In het vervolg zal ik energieverbruik uitdrukken in watt per persoon (Wpp) alsof de energiebehoefte voor een bepaald onderdeel, bijvoorbeeld voor verlichting, wordt uitgespreid in een continu verbruik.

Laat dat even op u inwerken, want veel mensen die dit voor het eerst horen en over deze eenheid nadenken, vragen vervolgens over welke tijdseenheid het gaat of hoe lang die watt per persoon duurt. Een watt is energiegebruik per seconde, dus het gaat om een continu gemiddeld energiegebruik per persoon.

Energieverbruik in huishoudens

Ter referentie zal ik laten zien hoeveel energie we thuis per persoon verbruiken. Het verwarmen van ons huis kost ons de meeste energie: gemiddeld per persoon circa 650 watt. Aan elektriciteit gebruik je gemiddeld 170 watt per

persoon, waarvan 30 watt per persoon voor alle verlichting in huis. Dus alsof je continu een lamp van 30 watt laat branden.

Voor een eerlijke vergelijking van de onderdelen van ons energieverbruik moet u beseffen dat het maken van elektriciteit energie kost. Gemiddeld wordt in een elektriciteitscentrale energie slechts voor 40% omgezet in elektriciteit. De overige 60% wordt omgezet in warmte. In de toekomst wordt dat wel wat beter. De nieuwste gasgestookte centrales dienen 60% van de energie om te zetten in elektriciteit zodat grofweg de helft wordt omgezet in warmte. Deze warmte kan slechts ten dele worden benut en wordt grotendeels door koeling afgevoerd. Daarnaast is er nog elektrisch energieverlies tijdens het transport.¹

In het vervolg wil ik, om een eerlijke vergelijking tussen met olie of gas geproduceerde energie en elektrische energie mogelijk te maken, het begrip primaire energie gebruiken. Olie- en gasenergie zijn primaire energieën en om het energiegebruik voor bijvoorbeeld elektrische apparaten te vergelijken met die voor verwarming, moet je de elektrische energie grofweg delen door 50% of met een factor 2 vermenigvuldigen.

| | watt per persoon | primaire energie in watt per persoon (na correctie voor energiebron) |
|--------------------------------------|---------------------|--|
| gebruik elektriciteit in huishoudens | 170 | 170 x 2 = 340 |
| waarvan voor verlichting | 30 | 30 x 2 = 60 |
| gas (voornamelijk verwarming huis) | 650 | 650 |

Tabel 2. Huishoudelijk energiegebruik per persoon

Operationeel energieverbruik van de waterketen

Om de waterketen te laten functioneren is circa 10 watt per persoon nodig. Dat noemen we de operationele energie. Het is goed om te beseffen dat voor het functioneren van de waterketen zo weinig energie nodig is. Het kost circa evenveel als een spaarlamp of elke dag 1,5 liter thee zetten of elke dag je pc 1 uur aan.

Van deze 10 watt per persoon is circa 3 watt per persoon voor het bereiden en distribueren van het drinkwater. Het zuiveren van het afvalwater kost 6 watt per persoon. Het energieverbruik voor het inzamelen en transporteren van het afvalwater en regenwater naar de afvalwaterzuivering bedraagt slechts 1 watt per persoon. Het transport van het regenwaterdeel naar de zuivering kost grofweg de helft. Dat betekent dat het niet afvoeren van regenwater naar de zuivering amper een besparing kan opleveren in de transportenergie.

| | watt per persoon | primaire energie watt per persoon |
|----------------------|------------------|--------------------------------------|
| drinkwater | 3 | 6 |
| transport/inzameling | 1 | 2 |
| zuivering afvalwater | 6 | 12 |
| totaal | 10 | 20 |

Tabel 3. Energieverbruik waterketen

Energieverbruik waterketen versus huishouden

Voor de *huishoudens* is het energieverbruik voor het laten functioneren van de waterketen zeer beperkt. Het energieverbruik voor verlichting, verwarming en allerlei apparaten is vele malen groter.

Voor *waterschappen* is het energieverbruik wel groot, omdat het om het water van veel personen gaat. Het energiegebruik van een zuivering waarop 100.000 personen zijn aangesloten, is met 6 watt per persoon al 600 kW. Dat zijn circa 60.000 spaarlampen van 10 watt. Voor de waterschappen is er dus alle reden om te zoeken naar duurzamer werken.

Daarom hebben zij medio 2008 afgesproken elk jaar hun energieverbruik met 2% te verminderen tot een reductie van 30% in 2020. Bij onderzoek naar de mogelijkheden om deze reducties te bereiken, heeft men gevonden dat zelfs meer mogelijk zal zijn. Men praat nu al over een energieneutrale afvalwaterzuivering en zelfs over een energieproducerende. Straks zal ik laten zien hoe dat kan: hoe je energie kunt winnen uit de afvalwaterketen.

Chemische energie in afvalwater

Afvalwater bevat net zoals onze brandstoffen (hout, gas en olie) biomassa, maar dan in de vorm van de afvalstoffen die wij erin stoppen. Het zijn vooral de boodschappen die we bij de supermarkt, de bakker en de slager halen, die we in verbruikte vorm aanleveren. Er zit veel energie in. Bij de chemische omzetting van deze stoffen tot restproducten als koolstofdioxide (CO₂), water (H₂O) en stikstof (N₂) komt energie vrij. Daarom noemen we dit chemische energie. Op basis van de gemiddelde hoeveelheid afvalwater per persoon (125 liter/dag), gaat het in theorie om een vermogen van 20 watt per persoon.

Het is echter niet haalbaar dit vermogen volledig te benutten, vooral omdat het afvalwater letterlijk veel te nat is. Een beproefde manier om (een deel van) de energie te benutten is om eerst het afvalwater via vlokvorming en bezinking in te dikken. Circa twee derde van de chemische energie gaat verloren door de

groei van bacteriën en in de reststromen. Het overige, een derde deel (grootveeg 7 watt per persoon) is in principe beschikbaar voor energiewinning via verbranding of biogasproductie. Door in vergisters de slibstroom aan methaanvormende bacteriën te voeren wordt methaan gevormd. Zo verkrijgt je energie in de vorm van biogas. De huidige beproefde technieken maken het mogelijk circa 4 watt per persoon energie op te wekken.

Waterschappen zijn echter bezig substantieel meer energie uit het afvalwater terug te winnen en de afvalwaterbehandeling energieneutraal te maken. Als ontlasting gescheiden van urine en ander afvalwater wordt opgevangen en op de zuivering wordt aangeleverd, kan er gemakkelijker en meer energie uit worden gewonnen. Het proces van indikking is immers niet nodig en een kleinere hoeveelheid dient opgewarmd te worden tot 37°C, de temperatuur waarop de methaanvormende bacteriën goed werken. Het is mogelijk circa 8 watt per persoon in de vorm van biogas te winnen. Daarmee kan de afvalwaterketen energieneutraal zijn, maar bedacht moet worden dat veel energie voor het zuiveren elektrische energie is en dus geen primaire energie.

Wat de beste manier is om het afval van de wc's in te zamelen met zeer weinig water, en gescheiden van urine en van douche-, vaatwas- en wasmachinewater, is echter nog niet duidelijk. We moeten oppassen dat we het proces van inzameling niet te gecompliceerd maken en we moeten beseffen dat de meeste mensen voor gemak en comfort kiezen.

Thermische energie in afvalwater

Een andere vorm van energie heb ik tot nu toe niet genoemd. Dat heb ik bewust niet gedaan, want deze vorm van energie overschaduwde de andere. Het gaat om de thermische energie, de energie die in water opgeslagen is door het te verwarmen, en die vrijkomt als het water afkoelt.

Water kan veel energie in de vorm van warmte bevatten. Het kost 4,2 kJ (dat is 4.200 joule) om 1 liter water 1 graad te verwarmen. Het kost ook 4,2 kJ om 125 liter water op 3 meter hoogte te brengen, wat voldoende is voor kilometers transport door een rioolbuis.

Water komt op een temperatuur van gemiddeld 12°C ons huis binnen. Voor het gebruik warmen we dit water op tot gemiddeld 28°C, voor de douche tot circa 38°C, maar zelfs in de toiletstortbak tot circa 18°C. Na gebruik spoelen we het warme water door de afvoer en laten we een grote stroom energie weglopen. Het gaat om ongeveer 125 liter water van 28°C per persoon per dag. Voor het verwarmen van dit water gebruik je circa 100 watt per persoon. Dat is dus vele malen meer dan de energie die nodig is voor het laten functioneren van de waterketen (10 watt per persoon).

Nog even terugkomend op de primaire energie: van deze 100 watt per persoon is doorgaans 60% voor het douchen en circa 25% voor de (af)wasmachines. Het douchewater wordt meestal met gas verwarmd; het overige voornamelijk elektrisch.

Terugwinning van thermische energie uit afvalwater

Is het de moeite waard om die thermische energie terug te winnen? Ja, want het is een grote post en bovendien zal die lozing van 100 watt per persoon in de toekomst relatief belangrijker worden, omdat de hoeveelheid energie voor verwarming van het huis zal afnemen door isolatie en betere bouw. Verwacht wordt dat de woningen op den duur praktisch geen extra energie meer nodig hebben voor klimaatbeheersing.

In potentie kan het terugwinnen van thermische energie uit afvalwater veel meer energie opleveren dan door het beperken van het operationele energieverbruik van de waterketen mogelijk is. Het energieverbruik van de gehele waterketen kan er zelfs door worden gecompenseerd. Het terugwinnen van warmte uit afvalwater lijkt dus interessant.

Op huishoude niveau valt op eenvoudige wijze veel te winnen. De belangrijkste kans ligt in het feit dat het dagelijkse energieverbruik voor douchen grofweg kan worden gehalveerd met een douche-warmtewisselaar. Een warmtewisselaar rond de doucheafvoer zorgt ervoor dat het nog warme afvalwater het koude, schone water voorverwarmt. Omdat dit gebeurt op het moment dat je aan het douchen bent en dus de warmte onmiddellijk kunt benutten, heeft deze warmtewisselaar een hoog rendement. De besparing is circa 30 watt per persoon en de investering is bij de huidige gasprijs binnen tien jaar terugverdiend. Dat is een besparing van bijna 5% op het huishoudelijk energiegebruik.

| | watt per persoon | primaire energie watt per persoon |
|------------------------------|------------------|--------------------------------------|
| energieverbruik voor douchen | 60 | 60 |
| warmteterugwinning douche | 30 | 30 |

Tabel 4. Energiebesparing douche-warmtewisselaar

Op het niveau van één huishouden is het lastig om verder efficiënt de warmte terug te winnen en te benutten, maar als je kunt beschikken over het afvalwater van veel mensen ligt de situatie anders. Indien men op een centraal punt bijvoorbeeld vijf graden warmte uit het rioolwater zou kunnen benutten, zou

het om ongeveer 30 watt per persoon gaan, dus vijf keer zoveel als de energie die nodig is voor de zuivering van het afvalwater.

Technisch is het mogelijk om met een warmtepomp – een soort omgedraaide ijskast – die warmte uit het afvalwater te pompen en samen te brengen in een kleiner volume water met een hogere temperatuur. Dat warmere water (bijvoorbeeld van 50°C) zou je kunnen gebruiken voor verwarming.

Wat zijn de voorwaarden voor centrale warmteterugwinning?

Een eerste voorwaarde voor een (semi)centrale warmteterugwinning is dat men kan beschikken over een voldoende grote afvalwaterstroom, liefst dicht bij de bron, omdat in het riool de watertemperatuur snel afneemt door afkoeling en vermenging met kouder water.

Daarnaast is van belang minstens zó veel warmte terug te winnen dat de balans positief is. Het kost namelijk energie om de warmte eruit te ‘trekken’. Dat is elektrische energie en je moet er rekening mee houden dat het maken van elektriciteit ook energie kost. Grofweg betekent dit dat de balans alléén maar positief zal zijn, als je vier keer meer warmte-energie terugwint dan het elektrische energie kost.

Een derde voorwaarde is dat er ter plaatse een goede toepassing voor de teruggewonnen energie bestaat, bijvoorbeeld in bouwprojecten waar een nieuw klimaatstelsel wordt aangelegd, dat ontworpen is voor functioneren bij lage temperaturen. Want de energie die je terugwint, is opgeslagen in water van bijvoorbeeld 50°C, en je hebt er niets aan voor je tv of lampen. Je kunt het bovendien niet goed transporteren, want het koelt af.

Deze vorm van warmteterugwinning kan toegepast worden voor een groep van woningen, bedrijven of locaties zoals ziekenhuizen of zwembaden, waar een continue warmtevraag is. Partijen als gemeenten, woningbouwverenigingen, projectontwikkelaars en waterschappen zijn begonnen de mogelijkheden te verkennen.

Waterschappen hebben enige weerstand tegen het terugwinnen van warmte uit afvalwater, omdat daardoor het afvalwater op de zuivering mogelijk kouder wordt, waardoor het chemisch zuiveringsproces minder efficiënt gaat. In Zwolle heeft het ingenieursbureau Tauw onderzocht hoe snel het water in het riool afkoelt en wat het effect op de zuivering is. Vooralsnog lijkt het erop dat de temperatuur van het water in het riool zo snel afkoelt, dat het voor de zuivering niet veel uitmaakt of je bovenstrooms warmte eruit haalt of niet. Dat geldt natuurlijk alleen als je voldoende ver van de zuivering af bezig bent en het is bovendien afhankelijk van de hoeveelheid warmte die je onttrekt. In Zwitserland heeft men afgesproken dat ze de warmtewinning stopzetten als de waterzuivering last heeft van een koude winter. In plaats daarvan kun je ook

denken aan maatregelen op de zuivering om warmte vast te houden, zoals het afdekken van de zuiveringsbassins.

Als we bekijken wat de waterschappen doen op het gebied van energie, dan blijkt dat zij vooral de focus leggen op de chemische energie. Bij sommige waterschappen is het besef doorgedrongen dat thermische energie meer aandacht verdient, en zij zijn een aantal projecten op dit gebied gestart. Een voorbeeld is een project waarin de warmte uit het riool wordt benut om het rioolslib verder te drogen, zodat het slib een geschikte grondstof wordt voor de productie van bio-olie.

Potentiële energie in de waterketen

Tot slot is er ook nog potentiële energie, de energie die water heeft als het nog omlaag kan stromen. Denk aan een stuwmeer of aan water op een dak. Uitgaande van 800 mm neerslag per jaar, valt op een dak van 5 bij 10 m² jaarlijks 40 m³ regen. Ervan uitgaande dat een dak op 10 m hoogte ligt en dat je al deze energie kunt benutten, gaat het om 4 MJ per jaar, gemiddeld is dat 0,1 watt per persoon. Dat is dus heel weinig. Deze vorm van energie wordt pas interessant, als je water van een heel stroomgebied kunt benutten.

Conclusies en aanbevelingen over energiegebruik en -besparing in de waterketen

1. De energiepost voor het laten functioneren van de waterketen is klein ten opzichte van ander energiegebruik in huis; ongeveer evenveel als nodig is om per persoon een spaarlamp continu te laten branden. Het operationele energieverbruik in de waterketen is dus niet de plek om als eerste naar energiebesparing te zoeken.
2. De grootste kans voor energiebesparing in de waterketen ligt in het benutten van de thermische energie in afvalwater. Dit zijn namelijk grote energiestromen. Indien men de gebruikers zou kunnen bewegen zuiniger met verwarmd water om te gaan, kan al veel energie worden bespaard. De eenvoudigste stap is het gebruik van de douche-warmtewisselaar. Hiermee kan per persoon het energiegebruik voor het laten functioneren van de waterketen worden gecompenseerd.
3. In alle nieuwbouwprojecten zou naast het standaard inbouwen van douche-warmtewisselaars ook het benutten van thermische energie uit het rioolwater voor de klimaatsystemen overwogen moeten worden.
4. Er kan meer chemische energie uit afvalwater worden benut. Het gaat om maximaal circa 8 watt per persoon. Daarmee is het mogelijk de zuivering grofweg energieneutraal te maken. Het benutten van de thermi-

sche energie op de zuivering kan ertoe bijdragen de energiehuishouding te optimaliseren.

3.2 *Duurzaamheid*

Een belangrijk aspect van duurzaamheid is de vraag of iets eeuwig door kan gaan. Een gesloten kringloop (zonder ophoping van verontreinigingen) kan altijd doorgaan en is daarmee duurzaam. Juist bij water is het sluiten van de kringloop logisch.

Het is essentieel om met respect met water om te gaan, en wereldwijd is het van belang water niet te verspillen. De situatie voor Nederland is anders dan in de meeste landen, waar de beschikbaarheid van zoet water een probleem is. In Nederland is voldoende zoet water beschikbaar dankzij een jaarlijks neerslagoverschot en de aanvoer van water door een aantal grote rivieren.

Bij ons is het vooral zaak om het water niet te vervuilen. We brengen echter allerlei schadelijke stoffen in het water, zoals pesticiden, zware metalen, hormonen en medicijnen. Deze komen in de ecosystemen terecht en ten slotte weer in ons drinkwater of rechtstreeks in ons voedsel. Zij veroorzaken gezondheidsproblemen voor mens en dier. Ik denk daarbij niet alleen aan vissen die, zoals we zagen, hermafrodiet worden, maar ook aan kanker en allergieën bij mensen, vermoedelijk veroorzaakt door het vervuilde milieu. Duurzaamheid van de waterketen bestaat daarom vooral uit het schoonhouden van het water. Er zijn allerlei technieken die we daarvoor kunnen inzetten, of als ze niet bestaan moeten ontwikkelen.

Ik bedoel met duurzaamheid in de waterketen dat wij het water met respect gebruiken, zodat volgende generaties ook over voldoende en vooral schoon water kunnen beschikken, en afvalstoffen zich niet in het milieu ophopen. Omdat de operationele energie van de waterketen relatief klein is, zou de focus op de waterkwaliteit dienen te liggen en niet op energieverbruik en -terugwinning. Schoon water is een veel belangrijker doel en daar mogen we, als we het effectief doen, best wat energie voor verbruiken. Ik wil daarmee oproepen om meer energie in de waterketen te gebruiken.

Enkele punten waardoor de duurzaamheid van de waterketen wordt vergroot zijn:

- Het sluiten van de kringloop door de kwaliteit van het gezuiverde afvalwater verder te verbeteren. Indien het enige watts per persoon meer kost om bijvoorbeeld nutriënten, medicijnresten en vooral hormonen uit het afvalwater te halen, dan is dat volgens mij de moeite waard.

- Het gescheiden afvoeren van regenwater naar een regenwaterzuivering kan een goede keuze zijn om de duurzaamheid van de waterketen te vergroten.
- Bij het afwegen van de voor- en nadelen van gescheiden zuivering van verschillende waterstromen dient men zich te laten leiden door argumenten als terugwinning van grondstoffen, materiaalgebruik en kosten van onderhoud van de installaties. De transportkosten van afvalwater zijn zo gering (0,5 watt per persoon) dat deze geen punt van overweging moeten zijn.

4. Omgaan met extreme neerslag

De systemen functioneren dus aardig en we denken inmiddels na over energie en duurzaamheid. Maar intussen doet zich een nieuwe, dreigende ontwikkeling voor: de gevolgen van klimaatverandering. Plotseling worden wij geconfronteerd met allerlei onzekerheden. Ineens is het niet meer zeker of onze rivieren ruim genoeg zijn en onze dijken op hoogte, of we bij langdurige regen voldoende water in de steden kunnen bergen en of we bij korte, hevige neerslag het water snel genoeg naar het oppervlaktewater kunnen lozen. Wellicht is in steden extra ruimte gewenst om water tijdelijk te bergen?

Maar klimaatverandering betekent ook warmere en drogere zomers. Ook daarvoor is meer water in de stad van belang. Denk aan het 'stedelijke warmte-eilandeffect'² en het feit dat bij langdurig droge perioden de grondwaterstand zakt. Voor de slecht doorlatende bodem in de Amsterdamse binnenstad betekent dit, dat paalkoppen droog komen te staan. Zij kunnen gaan rotten en de huizen zullen verzakken.

Op één van de gevolgen van de klimaatontwikkeling wil ik nu uitvoeriger ingaan, namelijk wateroverlast door extreme neerslag in de stad.

4.1 Anticiperen op extreme neerslag

Extreme buien lijken door de klimaatontwikkeling steeds vaker voor te komen, vooral in stedelijk gebied. Voeg daarbij dat het verharde oppervlak is toegenomen, en u begrijpt dat extreme buien steeds vaker niet in de riolering passen. Bovendien zijn stadscentra met winkels de laatste jaren zo aangepast dat je zonder hobbels met kinderwagen, rolstoel of rollator van de ene winkel naar de andere kunt rollen. Dat is goed voor de bereikbaarheid, maar het heeft ook een nadeel. Als het water op straat komt te staan, dringt het meestal ook gemakkelijk een huis of winkel binnen. Voorbeelden van wateroverlast komen elk jaar voor en vooral in de zomer: Egmond aan Zee 2006 (twee keer), Apeldoorn 3 juli 2009, Boxmeer, Deventer 25 augustus 2010, Stuttgart 3 juli 2009, Wenen mei 2010, en ook Rio de Janeiro in 2010.

Andere vormen van wateroverlast zijn overstromingen ten gevolge van enige dagen aanhoudende regen stroomopwaarts of door overstromingen door dijkdoorbraak. Het gevolg is dat rivieren of vloedgolven door dorpen en steden denderen (zie Australië januari 2011, België november 2010, Engeland november 2009). Het zijn vaak dramatische situaties, maar daar houden anderen zich mee bezig. Ik zal me beperken tot een bespreking van wateroverlast door korte, hevige neerslag.

Door zo'n korte, hevige regenval lopen straten onder, kan afvalwater in kelders, huizen en winkels dringen en kunnen belangrijke verbindingen in een stad, zoals tunnels, tijdelijk geblokkeerd raken. Hoe de overlast die wordt veroorzaakt door zulke korte, extreme buien het beste kan worden voorkomen is nog niet duidelijk, maar een stap in de goede richting is gezet. Stichting Rioned heeft enige jaren geleden een mooie visie beschreven. Het gaat erom dat we moeten accepteren dat al dat water bij extreme neerslag niet in het riool past en dus bovengronds in goede banen geleid moet worden.

Het anticiperen op extreme neerslag in de stad is in feite het omgaan met onzekerheden gerelateerd aan:

- De neerslag: het is niet duidelijk of de neerslagreeksen op basis waarvan we een schatting van extreme waarden plegen te maken nog geldig zijn.
- De modellen: het instrumentarium is nog niet voldoende ontwikkeld om snel en efficiënt te kunnen berekenen wat er bij een extreme bui met het water op straat gebeurt.
- De norm: het is niet duidelijk welke mate en frequentie van overlast acceptabel is en helemaal niet wat dat betekent voor de te nemen maatregelen.

Daarnaast is ook het realiseren van ruimte voor water van belang:

- Het is niet duidelijk hoe je maatregelen voor een situatie die zich misschien pas over enige tientallen jaren zal voordoen, daadwerkelijk uitgevoerd krijgt en in stand kunt houden.
- Ruimte voor water op straat vereist betere afstemming tussen de waterbeheerder en de overige verantwoordelijken die de inrichting bepalen.

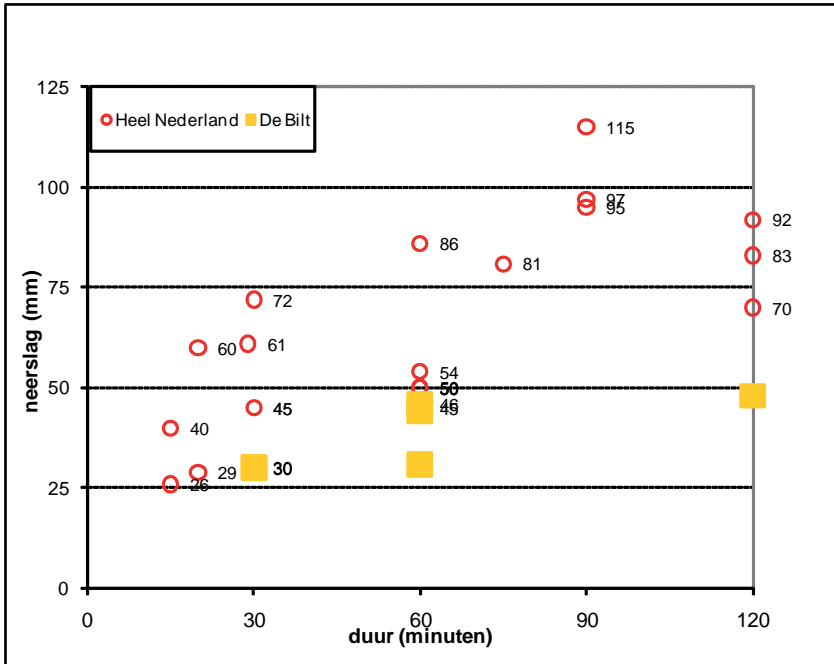
Ik zal deze punten nu behandelen.

4.2 Neerslag

Wij zijn het er allemaal over eens dat het af en toe erg hard regent. Het is echter onzeker wat we in de toekomst kunnen verwachten. Wanneer noemen wij een regenbui extreem? Hoeveel water moet er vallen en in hoeveel tijd, om over een extreme bui te spreken? Hoe vaak doet zich extreme neerslag voor? Gaan de extremen onder invloed van de klimaatontwikkeling veranderen?

Hoe extreem zijn de buien?

Waarnemingen uit het verleden leren ons hoe vaak en waar extreme buien in het verleden in ons land voorkwamen, hoeveel water er viel en hoe lang de bui duurde. Onderstaande figuur toont extreme neerslag gemeten tussen 1905 en 2010.



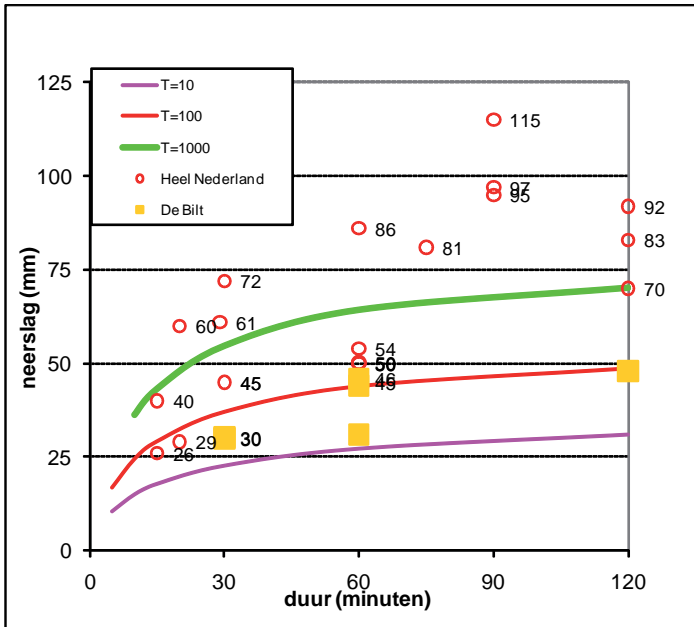
Figuur 2. Extreme buien gemeten in Nederland in de periode 1905-2010

Wat wij in de toekomst kunnen verwachten weten wij niet. De ontwikkelingen in het klimaat maken het nog onduidelijker. Het KNMI heeft een viertal scenario's opgesteld die allemaal kunnen en bovendien mogelijk niet alles beschrijven. Men voorspelt een toename van de dagneerslag met 10-27% in 2050 en 20-54% in 2100.

Bovendien zijn er signalen dat door stijging van de temperatuur de maximale regenintensiteiten nog sterker zullen toenemen dan de dagneerslagen. Dat wil zeggen: wij krijgen meer heftige buien met veel neerslag in korte tijd.

Daarnaast wordt verwacht dat de extreme neerslag in kustgebieden heviger zal zijn dan elders in het land, doordat in de zomer de warme lucht boven zee veel vocht kan opnemen.

Het KNMI helpt ons met *regenduurlijnen* die – voor De Bilt – aangeven hoeveel millimeter neerslag bij een bepaalde buiduur wordt verwacht en hoe vaak dat voorkomt. Zo toont de rode lijn in onderstaande figuur dat eens in de 100 jaar maximaal circa 45 mm regen in 1 uur wordt verwacht.



Figuur 3. Gemeten extreme neerslag en regenduurlijnen voor De Bilt

De figuur laat zien dat in Nederland de afgelopen 100 jaar vaak neerslagpieken zijn gemeten die ver boven de ‘eens in de 100 jaar’-lijn voor De Bilt uitkomen. Zo is er bijvoorbeeld in augustus 2006 in Egmond aan Zee 83 mm neerslag gevallen in 2 uur. Zoveel water komt volgens de regenduurlijn van De Bilt minder vaak dan eens per 1000 jaar voor.

Is dat te verklaren met ontwikkelingen in ons klimaat? Dat lijkt me niet waarschijnlijk, want er zijn ook extremen in de vorige eeuw gemeten, onder andere 72 mm in 30 minuten in Boskoop op 31 juli 1951. De afwijkingen zijn bovendien een stuk groter dan met de klimaatontwikkeling valt te verklaren.

De verklaring voor al deze waarden ver boven de ‘eens in de 100 jaar’-lijn is dat in deze figuur de extremen van veel verschillende plaatsen zijn opgenomen en dat extremen geen onderdeel zijn van een hele meetreeks, maar enkel als losse waarnemingen bestaan. Als het ergens een keer heel hard geregend heeft, is de kans aanwezig dat men die hoeveelheid neerslag heeft gemeten en doorgegeven omdat het zo’n speciale gebeurtenis was. Het is daarmee logisch dat veel meer extreme buien in de grafiek zijn opgenomen. De figuur maakt vooral duidelijk dat er kans is op extreme regenval, en dat wij erop kunnen rekenen dat het zo nu en dan zo heftig zal regenen dat er in een stad in Nederland van alles onderloopt.

Wat de gevolgen van de klimaatontwikkelingen op de extremen zijn, is nog niet duidelijk en wij gaan dat in de komende tijd nader bestuderen.

Welke extreme neerslag geeft overlast?

De Nederlandse steden zijn grotendeels voorzien van ondergrondse regenwaterafvoer die ervoor moet zorgen dat niet vaak water op straat blijft staan. Als het te hard regent gaat het echter mis. Er zijn verschillende gradaties van zo’n extreme bui:

1. Zoals ik in het eerste deel heb uitgelegd, wordt bij harde regen het regenwater samen met het overige afvalwater op het oppervlaktewater geloosd.
2. Als het nog harder regent, zal het rioolstelsel het op een gegeven moment niet meer aankunnen, omdat de afvoercapaciteit naar het oppervlaktewater te klein is. Het water blijft voor enige tijd op straat staan. De meeste gemeenten accepteren deze situatie eens per 2 jaar.
3. Als het nog harder regent, zal het water dat op straat staat er voor langere tijd blijven, bovengronds zijn weg zoeken en overlast geven.

Er is gelukkig doorgaans aardig wat ruimte voor water op straat tussen de trottoirbanden. Omdat volgens een vroeger bouwbesluit huizen minimaal 25 cm boven het niveau van de weg moesten liggen – helaas is dat besluit niet langer van kracht – betekent water op straat niet direct wateroverlast.

In de Verenigde Staten houdt men bij het ontwerp van regenwatersystemen daarom rekening met afvoer over straat. Men noemt dat het *major system*; het rioolstelsel zelf noemt men het *minor system*. Ze onderkennen dat de capaciteit van het minor system eindig is, en voor de situatie bij extreme neerslag hebben ze normen voor het functioneren van het major system. In een hoofdstraat bijvoorbeeld moet bij een bui die eens in de 25 jaar voorkomt nog minimaal één rijbaan begaanbaar zijn (American Iron and Steel Institute, 1999).

In Nederland zijn we nooit zover gekomen. Wij hebben de situatie bij zeer extreme neerslag pragmatisch aangepakt en de voorkomende problemen ad hoc opgelost. Bovendien werkte de combinatie van extra ruimte voor water tussen de trottoirbanden en een afvoercapaciteit voor een bui met een herhalingsstijd van 2 jaar in de praktijk goed.

Door klimaatontwikkelingen, door verdere verdichting van de binnensteden, door het verdwijnen van stoepen en door het wegvallen van de eerdergenoemde eis uit het bouwbesluit is de situatie veranderd. Het is tijd om opnieuw te gaan kijken naar wat er bij extreme neerslag met het water gebeurt, en na te gaan of onze steden daar wel voldoende op zijn voorbereid.

4.3 Modellen voor berekening van onder- en bovengrondse regenwaterafvoer

Voor het ontwerpen en toetsen van de regenwaterafvoer worden computermodellen gebruikt waarin de ondergrondse stroming van water door rioolbuizen wordt gesimuleerd. Deze modellen zijn in principe niet geschikt voor het berekenen van bovengrondse regenwaterafvoer, dus als het water niet in het riool past. Als het water bovengronds terechtkomt, kun je er in die modellen voor kiezen dat het water boven een put blijft staan. Dat is voor extreme neerslag, als er veel meer water is dan in het riool past, vaak geen realistische aanname. In werkelijkheid zal, zodra er enig hoogteverschil is, het water immers niet boven de put blijven staan, maar over straat gaan stromen. In het model wordt het water dus niet op de juiste plaats gelokaliseerd.

Uitbreiding van de bestaande modellen

Daarom zijn de bestaande rioleringsmodellen de laatste jaren uitgebreid om ook de bovengrondse stroming van water te kunnen berekenen. Dat is een stuk moeilijker dan de ondergrondse waterstroming. Ondergronds kan het water alleen via een buis met vaste afmetingen van put naar put stromen. Dat hebben we efficiënt gevangen in eendimensionale modellen. Daarmee kunnen we prima berekenen hoe het water zich door het riool voortbeweegt.

Voor de modellering van bovengronds water bestaan in principe twee mogelijkheden: een vereenvoudigde 1D-modellering en een nauwkeuriger 2D-modellering.

Vereenvoudigde 1D-modellering

Men kan kiezen voor vereenvoudigde, bovengrondse modellen door aan te nemen dat de wegen en straten een tweede set van open rioolbuizen zijn. Nog

steeds 1D. Maar in veel gevallen is dat een te eenvoudige aanname en is de werkelijkheid anders, bijvoorbeeld met een hobbel in de weg of een extra steegje.

Modellen met bovengrondse stroming in twee dimensies

Duidelijk beter zijn modellen waarin de bovengrondse stroming in twee dimensies (het horizontale vlak) wordt gesimuleerd. Op basis van nauwkeurige metingen van maaiveldverloop wordt het maaiveld opgedeeld in allemaal vakken. Het water kan bovengronds van vak naar vak stromen. In elk vak geldt een waterdiepte, een stroomsnelheid en een stromingsrichting.

Voor een goede modellering van bovengronds water in de stad is een raster van 1 bij 1 m nodig om relevante structuren te zien. Voor heel Nederland is een hoogtekaart beschikbaar (AHN, de Algemene Hoogtekaart Nederland) met in stedelijk gebied gemiddeld 1 meetpunt per 1 m². Op veel plekken liggen de punten dicht bij elkaar. In 2012 zal voor heel Nederland de AHN2 beschikbaar zijn, een dataset met op zijn minst 10 meetpunten per m². Hierin kunnen veel details worden herkend.

De computerprogramma's voor het simuleren van de stroming door rioolstelsels, zoals InfoWorks en Sobek, zijn de laatste jaren uitgebreid en lijken nu geschikt om zowel de stroming door buizen als de bovengrondse berging en afstroming te berekenen. Ze geven mooie en overtuigende resultaten en zullen de komende jaren verder verbeteren. Ook de rekentijd zal afnemen, omdat computers sneller worden en rekentechnieken worden verbeterd. Het onderzoeksproject 3Di van onder andere de TU Delft heeft als doelstelling honderd keer sneller de bovengrondse waterstroming door te rekenen. Hoewel dit niet specifiek gericht is op de combinatie van riolering en stroming in de stad, zullen we vast baat bij die ontwikkelingen hebben.

We zijn er echter nog niet. De rekentijden zijn nu nog een probleem en ook in de modellering zijn er nog een aantal belangrijke zaken die aandacht behoeven, namelijk:

- De interactie tussen boven- en ondergrondse modellen:
 - Hoeveel weerstand ondervindt het water tussen het bovengrondse en ondergrondse systeem?
 - Schiet het water in sterk hellende gebieden niet een straatkolk voorbij?
 - Zijn straatkolken mogelijk vervuild of verstopt?
 - Hoe regel je de afstemming tussen de beide modellen?
 - Begint regenwater bovengronds of ondergronds in het rioleringsmodel?
- De afstroming over onverharde, hellende vlakken. Voor de huidige rioleringsmodellen hebben we dit aspect veelal laten liggen, omdat we aanna-

men dat het niet zo hard regende dat dit relevant was. Bij meer extreme neerslag is dat mogelijk niet meer houdbaar.

- Hoe krijg je obstakels in het maaiveld in het model?
- Welke mate van nauwkeurigheid is nodig?
- Hoe modeller je lokale waterberging op (groene) daken, in wadi's?

Een lastig punt is dat de resultaten eigenlijk niet te valideren zijn, omdat er meestal maar weinig informatie voorhanden is over wat er precies gebeurt bij een extreme bui. Gelukkig komt steeds meer informatie beschikbaar, doordat veel mensen filmpjes en foto's van extreme regenval op internet zetten. Dat geeft een aardig beeld van waar wateroverlast is opgetreden en in welke mate, maar het is van een andere orde van nauwkeurigheid dan die waarop we de modellen eigenlijk willen valideren.

Het is moeilijk te bepalen wanneer een model goed genoeg is, en zeker als dat model de werkelijkheid beter simuleert. We willen vanzelfsprekend steeds een stap verder en er zijn in specifieke gevallen altijd voorbeelden en argumenten waarom bepaalde effecten realistischer gesimuleerd moeten kunnen worden.

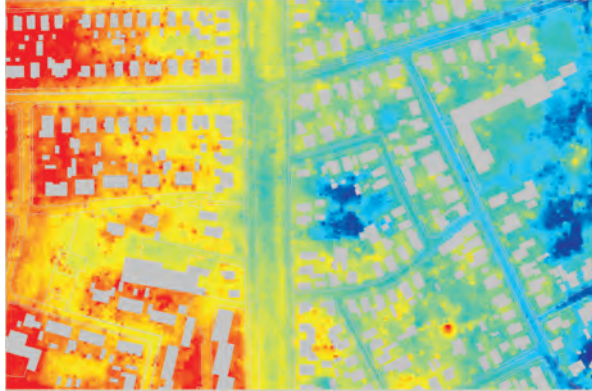
Tot slot is van belang dat de modellering van de ondergrondse stroming – die we, zoals ik aangaf, aardig in de vingers hebben – ons ook heeft geleerd dat het modelwerk veel meer is dan even een druk op de knop. We hebben geleerd dat het lastig is de gegevens van het rioolstelsel en ook van het maaiveld voldoende nauwkeurig te verzamelen en actueel te houden. Het is en blijft van belang de resultaten kritisch te bekijken. Bovendien, als we meetgegevens hebben en die gebruiken om de modellen te valideren, dan blijkt het in de praktijk nogal eens anders te zijn dan het model aangeeft. Dit zal in sterkere mate voor bovengrondse modellering gelden.

Globale analyse in plaats van simulatie

We moeten en hoeven de zaken ook niet te nauwkeurig uit te rekenen, zeker niet in eerste instantie. Het gaat om wat er gebeurt bij extreme neerslag, en dan zijn er toch al zeer grote onzekerheden ten aanzien van de regenintensiteit, de omvang van het gebied met hoge intensiteit en de omvang van het afstromende oppervlak.

Een globale verkenning van wat er aan de hand is of zou kunnen gebeuren is vaak al voldoende. In plaats van uitgebreide simulaties kun je met een analyse van de maaiveldhoogtes volstaan. Op basis van een nauwkeurig hoogtebestand kun je aangeven waar water in een laagte zich kan verzamelen, wat de waterdiepte dan is en wat in grote lijnen de stroombanen van het water over straat

zullen zijn. Dit geeft inzicht in waar het water vandaan komt en ook een indicatie van welke maatregelen nodig zijn om te voorkomen dat water van een groot gebied op een enkele locatie problemen geeft. Op deze wijze kunnen zaken veel sneller worden ingeschat dan met echte stromingssimulaties.



Figuur 4. De hoogte van het maaiveld in rood via geel naar blauw. De blauwe delen zijn dus geen water, maar de laagst gelegen delen.

De volgende figuur toont de stroombanen over het maaiveld en de waterstand in een laagte tussen woningen.



Figuur 5. Deze figuur laat zien of er bij een extreme bui veel of weinig water in een depressie (lokale laagte) kan blijven staan. Lichtblauw is weinig water, paars is veel. Daarnaast toont deze figuur met stroombanen hoe het water van links naar rechts stroomt, de depressie tussen de woningen vult en doorstroomt.

Maatregelen op het maaiveld kunnen helpen wateroverlast op een locatie te voorkomen. Als voorbeeld toont de volgende afbeelding een drempel en een greppel.



Figuur 6. In rood een drempel en in groen een greppel om de waterstroming te sturen



Figuur 7. De stroombanen in de nieuwe situatie. Het water stroomt niet meer naar de laagte tussen de woningen.

Deze vereenvoudigde aanpak heeft verder als belangrijk voordeel dat de analyse – hoewel sterk vereenvoudigd – eenduidig is en eenvoudig is uit te leggen. De analyse gaat uit van een extreme neerslag (bijvoorbeeld 60 mm in 1 uur), waarbij het riool helemaal vol komt te zitten. Aangenomen wordt dat van de neerslag circa 20 mm in het riool past (7 mm berging en de overige 13 mm wordt direct afgevoerd naar de overstort). De rest (40 mm) past er tijdelijk

niet in en blijft enige tijd op straat staan. Op basis van het hoogtemodel wordt bepaald waar deze 40 mm terecht komt en langs welke stroombanen.

Deze vereenvoudigingen maken dat mensen van verschillende vakgebieden begrijpen dat de resultaten indicatief zijn en het nodigt uit om zelf mee te denken over hoe het in de praktijk echt uitpakt. Bovendien voorkomt deze aanpak dat lang gerekend moet worden, zodat de aandacht daar niet naar uitgaat. In een later stadium kan voor relevante gebieden een geavanceerder model worden ingezet voor nadere analyse van de situatie.

4.4 Norm

Welke overlast is acceptabel? Uit de vorige twee paragrafen blijkt dat we niet weten hoe hard het zal gaan regenen, en we kunnen niet goed voorspellen wat er gebeurt als het zo hard regent. Maar is dat erg?

In de meeste gevallen niet, want de overlast beperkt zich doorgaans tot enkele voor enige tijd ondergelopen straten. Het wordt pas serieus als het water binnendringt in kelders, huizen, winkels en dergelijke.

Zo komen wij aan vragen als:

- Welke frequentie kunnen wij accepteren? Het is niet duidelijk wat een acceptabele frequentie van overlast is. Mogen eens per 30 jaar enige huizen onderlopen? Of moet de norm naar eens in de 100 jaar, zoals ook geldt voor het overlopen van het oppervlaktewater?
- Welke financiële schade is acceptabel? Financieel gezien is het eens in de 30 jaar onderlopen van enige huizen of straten geen groot probleem. Het is waarschijnlijk voor een gemeente goedkoper bij elk schadegeval genereus te vergoeden dan structurele maatregelen te nemen om overlast te voorkomen. Immers de kosten van schilderwerk of nieuw behang en enige meubels vervangen komen per geval zeker niet boven de 15.000 euro uit. Als eens per 30 jaar 20 huizen schade hebben, gaat het (zeer grof berekend) slechts om 300.000 euro in 30 jaar of 10.000 euro per jaar. Voor dat bedrag kun je geen grote maatregelen nemen.
- Welke andere overwegingen spelen? Het gaat er natuurlijk niet alleen om hoe vaak het voorkomt en wat het kost. Het gaat ook om een aangename leefomgeving, waar je niet bang hoeft te zijn voor het onderlopen van je huis.

Extreme buien zijn niet voorspelbaar en dat geeft onzekerheid. Een goed te voorspellen hoge waterstand van een rivier kan beter acceptabel zijn, omdat je dan tijdig je maatregelen kunt nemen. Zo staan in Deventer enige huizen eens in de 5 tot 10 jaar in het water. Een bewoner van een van die huizen vertelde

me dat hij daar geen moeite mee had, omdat hij het wist toen hij het huis kocht en omdat hij tijdig hoort, wanneer hij de meubels naar boven moet sjouwen. Beneden heeft hij geen parket of vloerbedekking maar tegels, en er zijn ijzeren regels langs de ramen om houten schotten in te schuiven. Als je op een plek woont waar eens per 5 jaar bij een hevige onweersbui water je huis instroomt, is dat veel bedreigender. Bij elke dreiging van onweer durf je je huis niet alleen te laten.

In Egmond aan Zee ging het in 2006 twee keer in twee weken mis. Het feit dat in de jaren daarvoor ook af en toe water op straat had gestaan, maakte dat de mensen echt wilden dat er wat aan gedaan werd. De maatregelen die daar uiteindelijk gekozen zijn, bestaan voor het overgrote deel uit bovengrondse aanpassingen.

Het project in Egmond aan Zee is voor mij de aanleiding geweest om me in dit onderdeel van het vakgebied te verdiepen.

4.5 Het realiseren van ruimte voor water

Het analyseren van wat er bij extreme neerslag gebeurt, is slechts één deel van het omgaan met extreme neerslag. Een ander belangrijk deel is hoe je de extreme situatie onder de aandacht van de verantwoordelijken brengt, zodat zij tot maatregelen overgaan.

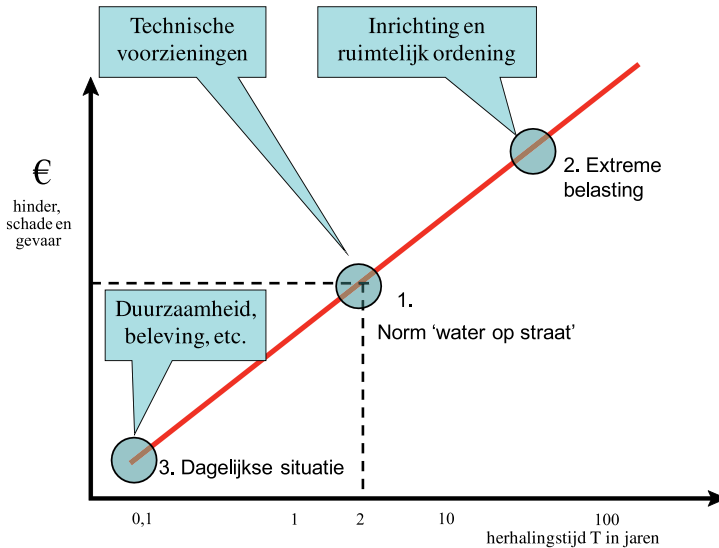
Enige jaren geleden heb ik samen met Govert Geldof, destijds een collega bij het ingenieursbureau Tauw, de zogenaamde driepuntsbenadering ontwikkeld (Geldof en Kluck, 2008). Deze driepuntsbenadering maakt duidelijk dat het logisch is ook aan de extreme situatie aandacht te besteden. Drie punten van belang zijn: de norm, de extreme situatie en de dagelijkse situatie.

De figuur op de volgende pagina toont een grafiek met op de horizontale as de herhalingsstijd van een gebeurtenis (dus een hoge waarde betekent een lage frequentie) en op de verticale as de schade bij die gebeurtenis.

Een dagelijkse situatie is een gebeurtenis die vaak voorkomt en amper tot schade leidt (zie linksonder in de grafiek), bijvoorbeeld je broek moet in de was, omdat je nat gespat werd door een auto die door een plas reed.

Een extreme situatie is een gebeurtenis die zelden voorkomt en tot grote schade leidt (zie rechtsboven in de grafiek), bijvoorbeeld ondergelopen kelders en huizen.

De norm is de belasting waarop de regenwaterafvoer getoetst wordt, bijvoorbeeld niet vaker dan eens per 2 jaar water op straat.



Figuur 8. De driepuntsbenadering

Nu is gebleken dat onze samenleving zo in elkaar zit dat extreme situaties in de grafiek ongeveer op een rechte lijn vallen, indien frequentie en financiële schade logaritmisch zijn uitgezet. Verder is gebleken dat het niet meevalt om deze lijn te verdraaien of te verhogen. Dat betekent dat als een bepaalde kans op schade duidelijk kleiner wordt, men een grotere schade bij een calamiteit gaat accepteren. In spreektaal heb je het dan over meer risico nemen, maar in feite blijft het risico (is kans maal gevolg) gelijk.

Ik zal dit toelichten aan de hand van een voorbeeld: als de kans op overstroming in een uiterwaard kleiner wordt, dan gaat men ‘meer risico nemen’ en bijvoorbeeld een schuurtje ombouwen tot woning of zelfs een hele woonwijk bouwen. Als er zich dan toch een overstroming voordoet, is de schade ineens erg hoog.

Een toename in neerslag door klimaatontwikkeling zal de lijn omhoog doen verschuiven, maar na enige tijd zal de samenleving zich weer aanpassen door maatregelen te nemen, en het risico zal weer afnemen.

De driepuntsbenadering hebben wij bedacht om aan te geven dat alle drie de punten van belang zijn bij het afwegen van maatregelen tegen overlast bij extreme regenval. Het gaat er om dat niet alleen volgens de norm (punt 1: er mag niet vaker dan eens per 2 jaar water op straat staan) ontworpen moet worden, maar zodanig dat ook bij een extreme belasting (punt 2 in de grafiek) een

acceptabele situatie ontstaat en de schade beperkt blijft: het water stroomt niet de woningen binnen, de tuinen worden niet onbegaanbaar en het verkeer wordt niet te lang gestremd.

De maatregelen voortkomend uit punt 2 dienen zo gekozen te worden dat zij positief bijdragen aan de dagelijkse beleving (punt 3) van het gebied. Zo niet, dan is de kans groot dat er geen ruimte, geld of draagvlak is voor maatregelen tegen wateroverlast, en zullen de maatregelen geen stand houden.

Deze aanpak biedt een gemeente gelegenheid een exacte aanpassing van de norm aan de klimaatontwikkeling nog wat vooruit te schuiven. Tegelijk kan men al onderzoeken hoe de regenwaterafvoer bij extreme neerslag functioneert en wat het effect is van maatregelen zoals het robuuster maken van het systeem.

Als je nadenkt over de afvoer van regen door buizen, dan is van belang je ervan bewust te zijn dat we de riolering aanleggen voor de komende 50-100 jaar. Riolbuizen blijven doorgaans zo lang liggen en systemen nog langer, omdat delen ervan kunnen worden vervangen.

Bovengrondse maatregelen kosten doorgaans veel minder dan ondergrondse, vooral als ze kunnen worden meegenomen bij andere aanpassingen aan de openbare ruimte. Door tijdig plannen te maken en af te stemmen met andere beheerders van de openbare ruimte kunnen maatregelen ter verbetering van de regenwaterafvoer en de inrichting of herinrichting van de openbare ruimte worden geïntegreerd. Om dat te bereiken is het nodig dat het omgaan met extreme neerslag niet het exclusieve werkterrein blijft van de rioolbeheerder. Die heeft de stedenbouwer, de wegbeheerder en de groenbeheerder nodig om samen plannen te bedenken en uit te werken.

Een voorbeeld van hoe de samenwerking bevorderd kan worden is de gemeente Apeldoorn, waar de regenwaterafvoer bij extreme neerslag is geanalyseerd. De resultaten van die analyse waren het onderwerp van een workshop tussen rioolbeheerders, wegbeheerders, groenbeheerders en projectleiders van de openbare inrichting. De aanwezigen konden op kaartmateriaal dat op een digitale ontwerptafel werd weergegeven de situatie bij extreme neerslag onderzoeken en oplossingen bespreken. Het ruimtelijk zichtbaar maken en discussie over mogelijke oplossingen leidden tot meer begrip voor de verschillende doelstellingen van de diverse werkvelden. Uiteindelijk werden voor een aantal problemen bovengrondse maatregelen bedacht.

5. Waardevol water in de stad

De bovenstaande onderwerpen zijn slechts een deel van de vele water-gerelateerde problemen en aandachtspunten. Het zijn onderwerpen die gericht zijn op het functioneren van de systemen. Er zijn er nog veel meer en ik laat veel links liggen. Maar er is één onderwerp dat extra aandacht behoeft: waardevol water in de stad. Dat onderwerp zal ik nu in het kort bespreken.

Het belang van water in de stad is breder dan waterberging en afvoer. Ik denk daarbij aan vijvers en andere waterpartijen, die naast hun belangrijke taak om regenwater op te slaan ook andere functies hebben.

Bovengronds water heeft ook invloed op het *klimaat*. Denk bijvoorbeeld aan het effect van water in de stad op de temperatuur. De temperatuur in steden is ongeveer 2°C hoger dan daarbuiten (het warmte-eilandeffect dat ik eerder al noemde). Zeker vanwege verwachte klimaatontwikkelingen is het relevant hierover na te denken. Het is aannemelijk dat groen en water in de stad de opwarming van binnensteden kan beperken. Het is interessant om te weten in welke mate dit het geval is en of door voldoende water en groen in de stad de opwarming zover kan worden beperkt, dat minder airco's zullen worden aangeschaft.

Een ander voordeel van het weer terugbrengen van open water in de stad is dat het *woongenot* kan toenemen en ook de waarde van woningen kan vergroten. Het water moet dan natuurlijk wel mooi en aantrekkelijk zijn.

Welke rol de waterkwaliteit daarbij speelt is nog niet duidelijk. Amsterdam heeft mooie grachten en de stad wordt erom gewaardeerd. Dat de kwaliteit ervan niet geweldig is (maar dankzij het dagelijks doorspoelen van de grachten toch acceptabel), is kennelijk niet zo belangrijk. Maar zou helder water mogelijk zijn, wat zou dat betekenen voor de stad en welke kwaliteit is dan nodig? Op andere locaties draagt een goede waterkwaliteit juist erg bij aan de waardering van de omgeving.

6. Wat wil ik op de Hogeschool van Amsterdam bereiken en hoe ga ik te werk?

Ik hoop dat ik met mijn beperkte rondleiding in mijn vakgebied heb laten zien dat er veel interessante onderwerpen zijn binnen het terrein 'Water in en om de stad'. Uit al deze onderwerpen heb ik drie speerpunten gekozen, waarmee ik aan het werk zal gaan aan de Hogeschool van Amsterdam. Maar eerst zal ik toelichten hoe dat georganiseerd is.

De plaats van mijn lectoraat binnen de Hogeschool van Amsterdam

Mijn lectoraat 'Water in en om de stad' valt onder het domein Techniek van de Hogeschool van Amsterdam. Het domein Techniek bestaat uit een twaalfstal technische opleidingen. Er zijn naast mij nog zeven andere lectoren. Ik ben het meest verbonden met de afstudeerrichting Watermanagement, maar ik probeer ook andere studierichtingen het belang van water in de stad duidelijk te maken.

De lectoren voor bouwkunde en bouwtechnische bedrijfskunde zijn met mij geïnteresseerd in stedelijke inrichting. Samen hebben we het onderzoeksprogramma De stad gedefinieerd. Het voert nu te ver om daarover uit te weiden, maar de ruimte voor water in de stad is daarin van belang, omdat dat sterk te maken heeft met de leefbaarheid van de stad. Maar het is juist die samensmelting van ontwerp/inrichting, functionele eisen en economische waarde die ik interessant vind.

Het onderdeel Energie van de waterketen past beter in het onderzoeksprogramma dat de werknaam Cleantech heeft gekregen. Dit is het programma van de lectoren voor innovatie en voor energie.

Op de Hogeschool word ik ondersteund door een kenniskring. Drie docenten zitten in de kenniskring van mijn lectoraat, te weten Paul Sistermans, Ronald Loeve en Rutger van Hogezaand. Bij elkaar hebben we ongeveer een volledige baan te besteden, maar om echt wat te bereiken is meer actie nodig.

Onderzoek

Bij mijn keuze voor invulling van het onderzoek heb ik me laten leiden door verschillende overwegingen. In de eerste plaats wat ik met studenten van de Hogeschool zou kunnen bereiken, wat studenten aan zou kunnen spreken en wat maatschappelijk relevant is. Daarnaast moeten de onderwerpen ook aansluiten bij de interesses en expertise van mij en mijn kenniskring. Er zijn namelijk ook allerlei wateronderwerpen waar ik mij minder in thuis voel. Verder heeft bij mijn keuze meegespeeld dat ik niet alleen technische water-aspecten wil behandelen, maar ook een interactie met andere werkvelden op de Hogeschool wil bevorderen. Die interactie is volgens mij pas echt mogelijk, wanneer voldoende kennis van water in de stad aan de studenten is bijgebracht. Dat betekent dat ik veel aandacht wil geven aan technische onderwerpen, zodat we studenten afleveren die dat onder de knie hebben en een discussie met andere vakgebieden aan kunnen gaan.

Drie speerpunten in 'Water in en om de stad'

Ik heb voor mijn lectoraat 'Water in en om de stad' de volgende speerpunten gekozen:

- Omgaan met extreme neerslag
- Waardevol water in de stad
- Energie in de waterketen

Deze onderwerpen hebben een aantal kenmerken gemeen:

- Ze zijn onderling verweven. Voor het opslaan van extreme neerslag is immers meer ruimte voor water op het maaiveld nodig, en die ruimte kan en moet bijdragen aan een prettige inrichting van de stad met voldoende groen en open water.
- Ze zijn actueel, want extreme neerslag, energiebesparing en klimaatontwikkeling komen regelmatig in het nieuws. Dat zal studenten kunnen motiveren zich voor dit vakgebied te interesseren. Dat is nodig, want ervaren mensen verdwijnen omdat ze met pensioen gaan.
- Het zijn onderwerpen die zich bovendien uitstekend lenen voor het aanleren van een kritische houding en onderzoeksvaardigheden bij de studenten. Het vereist omgaan met informatie en modellen die onzeker zijn. Regenval is erg onzeker en ook de modellen die we gebruiken, zijn nog niet voldoende ver ontwikkeld.
- De onderwerpen overstijgen onze landsgrenzen. Overstromingen zijn een mondiaal probleem. Vele steden in andere delen van de wereld hebben ermee te maken. Onlangs zijn we met een groep studenten in Rio de Janeiro geweest voor een workshop en we werden – tijdens ons verblijf! – getraakteerd op gigantische regenval en overstromingen. Het mee kunnen helpen aan het oplossen van problemen in de wereld kan een goede trekker zijn voor studenten. Voor mij was het destijds een reden om civiele techniek te gaan studeren. Bovendien is het leerzaam om problemen van een andere orde en bij een ander welvaartsniveau te bekijken. Het leert relativeren.

Uit de drie speerpunten komen een aantal vragen naar voren. Met de studenten van de Hogeschool wil ik onderzoek doen en vragen proberen te beantwoorden.

Voor het speerpunt 'Omgaan met extreme neerslag' onderscheid ik vragen die zijn verbonden aan analyse van het systeem en vragen over het realiseren van ruimte voor water.

Vragen over de systeemanalyse:

- Welke neerslag, rekening houdend met klimaatontwikkelingen, is maatgevend?
- Wat zijn goede modellen en rekenmethodieken om de kansen op wateroverlast te analyseren?
- Moeten we ook gaan ontwerpen voor een bui die eens in de 10, 20 of 30 jaar voorkomt? En wat is dan daarbij het criterium (bijvoorbeeld net geen water in de huizen, maar wel in de tuinen)?
- Wat zijn goede ontwerpnormen voor het toetsten van de regenwaterafvoer? Bijvoorbeeld: hoe vaak mag het gebeuren dat de putten overlopen en er net water op straat staat?

Vragen over het realiseren van ruimte voor water:

- Hoe kunnen de riool- en waterbeheerders het beste andere inrichters en beheerders van de openbare ruimte meekrijgen en hoe kunnen ze meeliften met andere doelstellingen?
- Hoe ontwerp je rioolstelsels en open water voor nieuw te ontwikkelen gebieden, hoe bij stedelijke herinrichting en hoe pas je bestaande situaties aan?
- Hoe kun je ervoor zorgen dat ruimte of aandacht voor water ook in de toekomst behouden blijft, ook als het lange tijd niet hard regent?

Vragen, verbonden aan het speerpunt 'Waardevol water in de stad':

- In welke mate draagt ruimte voor water bij aan de waarde van de openbare ruimte?
- Wat zijn succesfactoren voor water in de stad?
- Welke waterkwaliteit is gewenst voor open water in de stad?
- Wat is het effect van berging van water op daken op de energiehuishouding van die percelen?

Onderzoeksprogramma bij het speerpunt 'Energie in de waterketen':

- Wat we willen onderzoeken gaat verder dan hoe de waterketen energiezuiniger kan worden gemaakt. Het gaat eerder om de analyse van het energiegebruik van een groter systeem dan alleen de waterketen. Het betrekken van het energiegebruik van bewoners of bedrijven kan leiden tot andere keuzes en is interessant. Ook onderzoek naar de mogelijke rol van water in

het energiegebruik van een gebouw of de bebouwde omgeving zou ik willen onderzoeken.

Met het onderzoek aan de Hogeschool wil ik de volgende doelen bereiken:

- Een bijdrage leveren aan het oplossen van problemen in mijn vakgebied, toegespitst op mijn drie speerpunten (extreme neerslag, waardevol water en energie in de waterketen). Ik streef ernaar dat die bijdrage aanleiding zal geven tot een aanpak die in Nederland geaccepteerd wordt.
- Studenten het vakgebied intrekken met aantrekkelijke en actuele onderwerpen.
- Kritische studenten afleveren, die hebben geleerd om met onzekerheden om te gaan, die inzien dat de modellen slechts een hulpmiddel zijn en dat de techniek alleen niet voldoende is.
- Bijdragen aan goed en actueel onderwijs aan de Hogeschool van Amsterdam.

In de praktijk gaan we als volgt te werk:

- In het 3^e jaar kunnen de studenten een minor (een studiedeel van een half jaar) kiezen over het omgaan met extreme neerslag. Zij doen onderzoek aan de hand van enige praktijkgevallen, onder andere Watergraafsmeer.
- In het 4^e jaar kunnen zij afstuderen op onderwerpen waar wij nader onderzoek naar willen laten doen, zoals het omgaan met extreme neerslag in een bepaalde gemeente.
- Bovendien zijn we onlangs een onderzoek gestart waarin we de vragen gaan uitdiepen die ik in het voorgaande heb gepresenteerd over het omgaan met extreme neerslag. Dit onderzoek zal plaatsvinden samen met de gemeenten Amsterdam, Apeldoorn, Bergen in Noord-Holland, Beverwijk en Eindhoven, en met de stichting Rioned, IHE-Unesco, stedenbouwkundig bureau De Urbanisten en adviesbureau Tauw. Gedurende 2 jaar kunnen enige deeltijdonderzoekers (samen een volledige baan) aan dit onderwerp werken. Hiervoor hebben we een aanzienlijke subsidie gekregen.

7. Afsluitend

Ik heb u een groot programma gepresenteerd. Misschien vindt u het zelfs te ambitieus. Hoewel ik een optimistische karakter heb en veel aankan, ben ik ervan overtuigd dat ik het alleen niet waar zal kunnen maken, en daarom vraag ik u om uw hulp en steun.

Daarbij denk ik in de eerste plaats aan de zogenaamde *logistieke ondersteuning*. Wat begin ik als het secretariaat niet werkt? De telefoon en computer het

niet doen? Als mijn kamer niet verwarmd en gepoetst is? Alle mensen die daarmee bezig zijn, zijn belangrijk om mijn doelen te bereiken.

Verder heb ik behoefte aan enthousiaste *studenten en collega's* die kritisch willen meedenken en meedoen in de voorgestelde projecten. Misschien moeten ze me zelfs af en toe afremmen als ik te veel wil.

Ik kan ook niet zonder de *collega's bij Tauw*, die bij mij binnenlopen met allerlei vragen of om even te reflecteren, zodat ik me aan het einde van de dag wanhopig afvraag wat ik heb uitgespookt. Maar ze brengen me op ideeën of helpen me er juist vanaf en ze verschaffen me voorbeelden.

Daarnaast hoop ik dat *opdrachtgevers* mij de ruimte geven om – in een project – dieper op een onderwerp in te gaan of om er anders tegenaan te kijken. Het blijft in dat soort projecten natuurlijk altijd een hele strijd om de doelen, wensen en middelen op elkaar af te stemmen.

Maar wat begin ik zonder de steun van het *thuisfront, zonder Esther*? Een thuisfront dat me de ruimte geeft om naast mijn andere drukke baan twee dagen per week naar Amsterdam te vertrekken. En dat accepteert dat ik thuis voor zaken van de Hogeschool nog uren achter de computer zit of aan de telefoon, en niet voor het gezin beschikbaar ben.

Maar ik ben ervan overtuigd: samen zal het lukken.

Noten

1. Het verlies aan energie in de vorm van warmte bij de elektriciteitscentrales is zo groot, dat we eigenlijk daarnaar zouden moeten kijken, maar dat is het vakgebied van anderen.
2. Men spreekt over het stedelijke warmte-eilandeffect of *urban heat island* omdat de temperatuur in de stad gemiddeld hoger is dan daarbuiten. Dit leidt mogelijk tot meer energiegebruik voor airconditioning en bij een hittegolf tot problemen. Water in de stad kan er mogelijk toe bijdragen dit effect te beperken.

Literatuur

- American Iron and Steel Institute, 1999, Modern Sewer Design, Library of Congress, catalog card no. 79 – 56206, Fourth Edition 1999.
- Blom, J., e.a., *Energie in de waterketen*, STOWA-rapport nr. 35, 2010, ISBN 978.90.5773.488.5.
- Fokké, M., e.a., *Verbindend Water*, Langetermijnvisie Waterketen, mei 2009, AVANT GPC (druk), Werkendam.
- Geldof, G.D., Kluck, J., *De driepuntsbenadering. Deel 1: optimalisatie stedelijk watersysteem*, Riolering, april 2008.
- Kluck, J., e.a., *Haalbaarheid van thermische energie uit afvalwater in Zwolle*, Tauw bv, 2011.
- Stichting Rioned, *Riool in cijfers 2009-2010*.

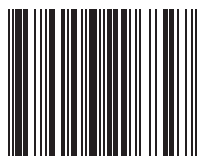
Curriculum vitae

Jeroen Kluck is in 1966 in Maastricht geboren. Na het gymnasium in Eindhoven heeft hij eerst een half jaar voor verstandelijk gehandicapten in Frankrijk gezorgd en daarna een cursus Engels gevolgd in Engeland. Jeroen ging Civiele Techniek aan de Technische Universiteit in Delft studeren en in 1992 studeerde hij af op een project over regenwaterafvoer in een stad in Jemen waar het water bovengronds zijn weg moest vinden. In 1997 promoveerde hij aan de Technische Universiteit in Delft op een onderzoek naar de stroming en bezinking in bergbezinkbassins.

Sinds 1996 werkt Jeroen bij adviesbureau Tauw waar hij onderzoek en advieswerk combineert. De eerste tien jaar werd hij daarbij regelmatig geconfronteerd met de 'formule van Kluck' voor het inschatten van de bezinking in een bergbezinkbassin. Maar hij interesseerde zich allengs steeds meer in de grote systemen, de hele waterketens en regenwaterafvoersystemen. Jeroen heeft meegewerkt aan het ontwikkelen van een hele reeks modellen om het functioneren van regenwatersystemen en waterketens beter in beeld te krijgen. Hij adviseerde waterschappen en grote en kleine gemeenten over riolering en stedelijk waterbeheer. Sinds 2006, toen enige flinke regenbuien Egmond aan Zee blank zetten, richt Jeroen zich op het omgaan met extreme neerslag. Ook zijn de studies naar de energie in de waterketen sindsdien intensiever gaan lopen.

Sinds november 2008 is Jeroen lector Water in en om de stad op de Hogeschool van Amsterdam.

HVA PUBLICATIES



978 90 5629 682 7



Hogeschool van Amsterdam