



Ise Pieterse-Quirjns, KWR Watercycle Research Institute  
 Will Scheffer  
 Claudia Agudelo-Vera, Wageningen Universiteit  
 Mirjam Blokker, KWR Watercycle Research Institute

# Duurzaam ontwerp van de aan- en afvoer van drinkwater

**Het simulatiemodel SIMDEUM geeft een betrouwbare voorspelling van koud- en warmwaterverbruik in woningen, gebouwen en utiliteitsbouw en kan daardoor een cruciale rol spelen bij het bevorderen van duurzaamheid in de waterketen. Zo leiden op het model gebaseerde rekenregels tot energie-efficiënte ontwerpen van leidingwaterinstallaties. Ook maakt het model het mogelijk grijs- en hemelwatersystemen goed te dimensioneren en geeft het inzicht in de kwantiteit en kwaliteit van het afvalwater, zoals temperatuur en concentratie aan nutriënten. Deze informatie is nodig in processen waarin energie of nutriënten uit afvalwater teruggewonnen worden.**

**S**tijgende energiekosten en klimaatveranderingen maken het voor de (Nederlandse) waterketen steeds urgenter om te streven naar duurzaamheid en klimaatneutraal opereren. Belangrijke duurzaamheidsaspecten zijn besparingen op energie, op water en materiaal voor levering van drinkwater, hergebruik van grijs of hemelwater en het terugwinnen van energie en nutriënten uit afvalwater. Om die besparingen of terugwinning te bereiken, is kennis nodig over de hoeveelheden koud en warm water die op elk tappunt in een gebouw worden gebruikt en over de eigenschappen van het afvalwater. Om duurzame en energie-efficiënte leidingwaterinstallaties te ontwerpen, zijn realistische patronen van de koud- en warmwatervraag nodig. Voor het ontwerp van een grijswatersysteem is deze informatie nodig over elk tappunt. Voor het terugwinnen van warmte uit het riool, hergebruik van afvalwater en het terugwinnen van nutriënten uit afvalwater is kennis vereist over de hoeveelheid en kwaliteit van afvalwater. SIMDEUM kan deze informatie leveren en is inmiddels succesvol toegepast bij de ontwikkeling van nieuwe rekenregels, die een realis-

De op SIMDEUM gebaseerde nieuwe rekenregels voor hygiënische en energetisch efficiëntere leidingwaterinstallaties staan centraal op een landelijk congres op 6 november in de Jaarbeurs in Utrecht.

tische voorspelling geven van het koud- en warmwaterverbruik in gebouwen. Ze maken het bovendien mogelijk leidingwaterinstallaties te ontwerpen en warmwaterbereiders te dimensioneren.

## Apparaten en gedrag

Het model simuleert patronen van waterverbruik voor woningen, gebouwen en utiliteitsbouw. SIMDEUM (*SIMulation of water Demand, an End-Use Model*)<sup>1,2</sup> modelleert het gedrag van mensen met betrekking tot hun waterverbruik, rekening houdend met de verschillen in installatie en waterverbruikende apparaten. Dit betekent dat in elk gebouw, hotel of zorginstelling (utiliteitsbouw), wordt gekeken naar de eigenschappen van de aanwezige waterverbruikende apparaten en tappunten en het waterverbruikend gedrag van de aanwezige personen. Van iedereen wordt op basis van statistische gegevens bepaald wanneer hij aanwezig is en wanneer hij water verbruikt.

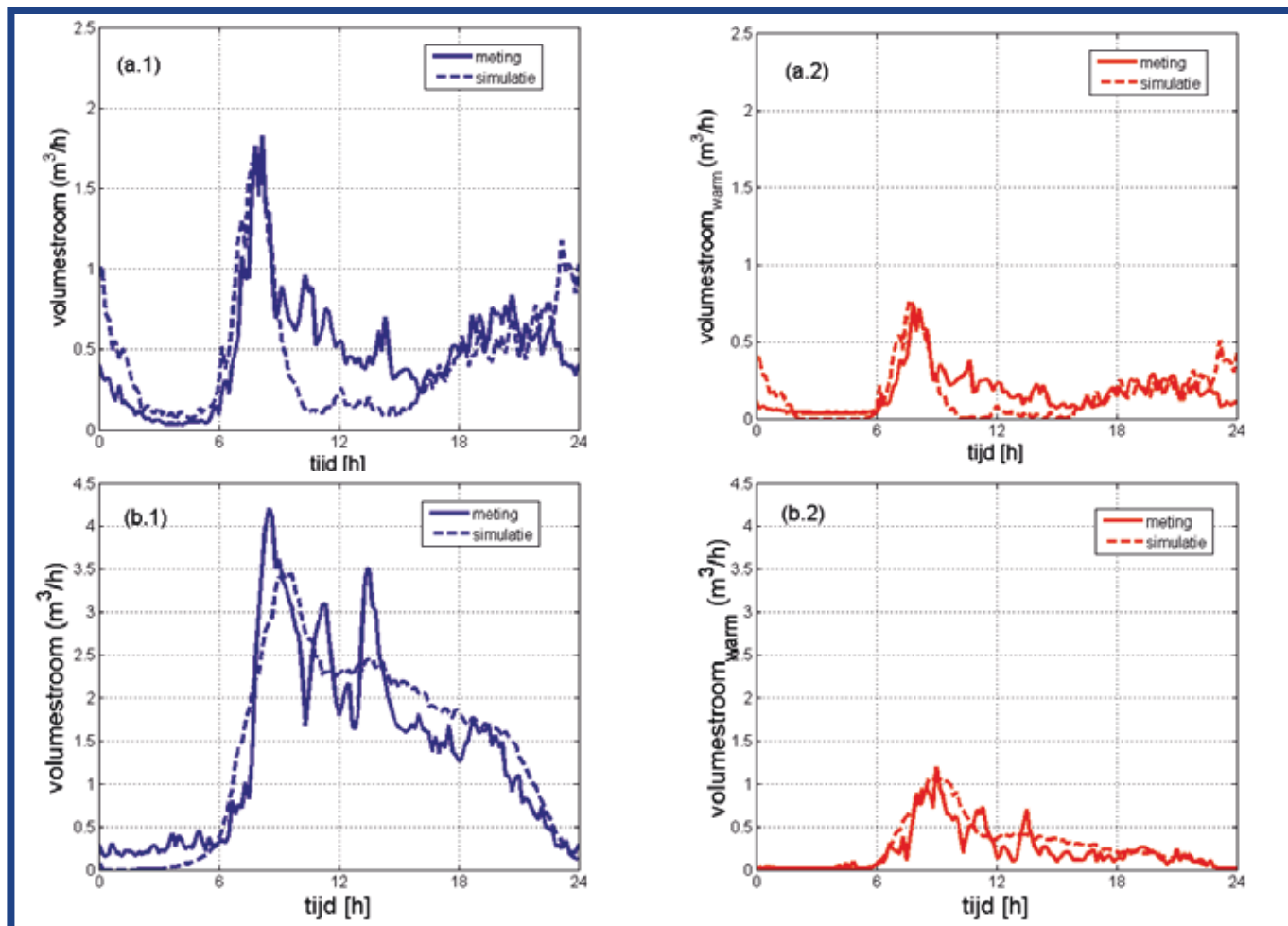
Van elk tappunt worden de eigenschappen gedefinieerd, zoals de volumestroom, de tijdsduur, de frequentie van verbruik en de gewenste temperatuur. De tijdsduur en frequentie van gebruik zijn afhankelijk van de gebruikers: een tiener doucht bijvoorbeeld vaker en langer dan een 65-plusser. In een zakelijk hotel staat iemand korter onder de douche dan in een toeristisch hotel. Daarnaast kunnen de tijdsduur, frequentie en gewenste temperatuur afhankelijk zijn van het type apparaat, bijvoorbeeld een bepaald type wasmachine (energiezuinig of

een ouder type) of van de toepassing. Een keukenkraan is bijvoorbeeld te gebruiken voor het vullen van een glas met koud water (15 seconden, 0,083 liter per seconde, 10°C), voor de afwas, waarbij warm water wordt gebruikt (45 seconden, 0,167 liter per seconde, 55°C) of voor handen wassen (13 seconden, 0,083 liter per seconde, 10°C). SIMDEUM berekent op welk tijdstip het tappunt wordt gebruikt, door wat voor persoon (tiener, bejaarde of personeel) en om welke reden. Zo is het afnamepatroon van koud en warm water per tappunt te berekenen. Door het optellen van al deze afnamepatronen wordt het afnamepatroon bepaald voor een hele woning of gebouw.

SIMDEUM is getoetst door het berekend waterverbruik te vergelijken met het koud- en warmwaterverbruik dat elke seconde is gemeten in woontoren en in enkele gebouwen in de utiliteitsbouw<sup>3</sup>. Afbeelding 1 toont de gemeten patronen voor een woontoren en een zorginstelling. Het simulatiemodel blijkt zowel het koud- als het warmwaterverbruik in die gebouwen goed te voorspellen, zowel het piekverbruik als het patroon over de dag.

## Installaties dimensioneren

Voor het dimensioneren van leidingwaterinstallaties is informatie nodig over het te verwachten koud- en warmwaterverbruik in een woongebouw of utiliteitsgebouw. In ISSO 30 en ISSO 55 zijn hiervoor ontwerprijlijnen opgenomen. Deze voorspellen de te verwachten maximum moment



Afb. 1: Het gemeten en gesimuleerde waterverbruik van de bewoners van een woontoren met 59 appartementen voor koud water (a.1) en warm water (a.2) en van een zorginstelling voor koud water (b.1) en warm water (b.2).

volumestroom (MMV in l/s), die bepaalt welke leidingdiameter voor de leidingwaterinstallatie wordt gekozen. Voor woningen zijn deze richtlijnen gebaseerd op de q/n-methode, afkomstig uit 1954. Voor de hoofdverdeelleidingen in de utiliteitsbouw zijn ze gebaseerd op metingen uit de jaren '80 en vervolgens ook op de q/n-methode. De MMV's die met deze ontwerpregels worden berekend, zijn aan de ruime kant; dit kan leiden tot overdimensionering en zo tot slechtere waterkwaliteit en hogere materiaal-kosten.

### Nieuwe rekenregels

Om de leidingwaterinstallaties op een economische en hygiënische manier te ontwerpen, zijn daarom nieuwe rekenregels nodig, die de oude regels voor het waterverbruik vervangen en die het warmwaterverbruik kunnen voorspellen. Omdat SIMDEUM een realistische voorspelling geeft van de hoeveelheid koud en warm water dat in de loop van een dag gebruikt wordt in liters per seconde, vormt het een goede basis voor nieuwe kentallen voor koud- en warmwaterverbruik. Uit een reeks van met het model berekende afnamepatronen zijn alle voor dimensionering benodigde parameters te bepalen: MMV voor koud en warm water voor de dimensionering van leidingwaterinstallaties door de maxima van de koude (totale) en warme volumestroom te bepalen in liters per seconde én in verschillende tijdsperioden voor de dimensionering

van de warmwaterbereider door in 10, 60 en 120 minuten of in één dag de maximale hoeveelheid warm water die gebruikt is te bepalen in liters.

Op basis van de gesimuleerde afnamepatronen met SIMDEUM zijn rekenregels ontwikkeld voor woontorens<sup>4)</sup> en voor drie categorieën binnen de utiliteitsbouw, namelijk kantoren, hotels en zorginstellingen<sup>5)</sup>.

Voor woontorens zijn zes woningtypes vastgesteld, die verschillen in bewonersklasse (gezinssamenstelling en mate van arbeidsparticipatie) en in de leidingwaterinstallatie (aantal wc's, aanwezigheid van een bad, afwasmachine, etc.): studio, luxueus tweekamerappartement met tweeverdieners, standaard driekamerappartement met jong gezin, luxueus driekamerappartement, luxueus vierkamerappartement met gezin met tieners én een seniorenappartement. Met het simulatiemodel is een groot aantal simulaties uitgevoerd die het waterverbruik voorspellen tot maximaal 250 appartementen. Op basis daarvan zijn rekenregels opgesteld die de kentallen voor koud en warm water berekenen voor woontorens die bestaan uit een willekeurig aantal appartementen van verschillende woningtypes, bijvoorbeeld voor een woontoren met 45 studio's, 20 seniorenwoningen en tien luxueuze vierkamerappartementen.

Voor de utiliteitsbouw zijn standaardtypes gedefinieerd voor drie categorieën: kantoren, hotels en zorginstellingen. Binnen deze categorieën kunnen de gebouwen variëren in grootte, in luxe van sanitaire voorzieningen en installaties en in type gebruikers: er zijn kantoren met en zonder urinoirs, zakelijke en toeristische hotels met variërende douchetypes, verpleeghuizen met verschillend aantal personen op een kamer en woonzorgcombinaties. Die gebouwtypes zijn zodanig gestandaardiseerd dat op basis van de dominante variabele (aantal kantoormedewerkers, aantal hotelkamers en aantal bedden in zorginstellingen) zowel de inrichting van het gebouw als het aantal verbruikers worden berekend. Vervolgens worden de waterverbruiken voorspeld. Door een groot aantal simulaties uit te voeren bij verschillende waarden van de dominante variabele, zijn rekenregels voor koud en warm water afgeleid.

### Toetsing rekenregels

De rekenregels voor de woontorens en de utiliteitsbouw zijn getoetst door elke seconde metingen van het koud- en warmwaterverbruik uit te voeren binnen twee gebouwen van een bepaalde categorie: twee woontorens met verschillend karakter en de mogelijkheid een verschillend aantal appartementen te bemeten, twee kantoren, twee zakelijke hotels en twee verpleeghuizen. Alle validaties vertonen hetzelfde beeld: de gemeten afnamepatronen van

koud- en warmwater worden goed voorspeld (zie afbeelding 1). Daarnaast liggen de uitkomsten van de nieuwe rekenregels voor koud water veel dicht bij het gemeten waterverbruik dan de uitkomsten van bestaande (q/n)-richtlijnen. Ook wordt het warmwaterverbruik door de rekenregels goed voorspeld (zowel het piekverbruik, als het verbruik tijdens verschillende perioden). Hiervoor bestonden nog geen richtlijnen.

### Effect op ontwerpen

Doordat de uitkomsten van de rekenregels voor zowel koud als warm water dichtbij de metingen liggen, zullen de ontwerpen die daarop gebaseerd zijn, beter passen bij het daadwerkelijk waterverbruik. De huidige richtlijnen voor zowel woningen als utiliteitsbouw geven een overschatting van een factor 1,2 tot 2,4 ten opzichte van SIMDEUM voor  $MMV_{koud}$ . Daarnaast is het nu voor het eerst mogelijk het warmwaterverbruik in woningen en utiliteitsbouw goed te berekenen. Toepassing van de nieuwe rekenregels leidt tot kleinere leidingdiameters en warmwaterinstallaties en - in combinatie met een juiste leidingconfiguratie - tot hygiënisch en energetisch efficiëntere leidingwaterinstallaties. Voor de warmwaterbereiders kunnen de nieuwe rekenregels leiden tot twee en soms vier maal kleinere voorraadvaten vergeleken met de huidige praktijk.

### Grijs- en hemelwater

Grijs water, afkomstig van de douche en het bad, en hemelwater kunnen worden (her)gebruikt als huishoudelijk water, bijvoorbeeld voor toiletspoeling of wasmachine. Dit leidt tot minder laagwaardig gebruik van drinkwater, hergebruik van afvalwater, minder afvalwater dat moet worden gereinigd en nuttig gebruik van hemelwater. Dit bevordert de duurzaamheid in de waterketen. Afbeelding 2 geeft een voorbeeld van een grijswater- en hemelwatersysteem<sup>6)</sup>. Het ontwerp van deze systemen is gecompliceerd, omdat veel dagelijkse variaties optreden in het aanbod, de regenval seizoensafhankelijk is en er dynamische verschillen zijn in gebruik van douche en bad, afhankelijk van de gezinssamenstelling en de leidingwaterinstallatie. Ook zijn er dagelijkse variaties in gebruik en watervraag van toilet en wasmachine. Het aanbod van grijs water en hemelwater komt vaak in tijd niet overeen met de vraag: daardoor zijn opslagvaten nodig

om het aanbod op de de vraag te kunnen afstemmen. In de huidige ontwerprichtlijnen ISSO 70.1 en 70.3 worden algemene kentallen gebruikt voor regenval en waterverbruik en wordt geen rekening gehouden met de genoemde variaties.

### Opslag dimensioneren

Omdat SIMDEUM het afnamepatroon op elk tappunt berekent, kan het model het aanbod van grijs water en de bijbehorende variatie over de dag voorspellen. Ook kan het de watervraag door het toiletgebruik en het gebruik van de wasmachine voorspellen. Hierdoor speelt het model een cruciale rol bij het ontwerp van grijswater- en hemelwatersystemen. Door een dynamische, continue simulatie van het vullen en leeglopen van de opslagvaten van grijswater en hemelwater gedurende een jaar, op basis van gegevens van regenval en gesimuleerde afnamepatronen, zijn de opslagvaten te dimensioneren. In casussen, zoals in een vrijstaande woning met een gezin, een appartementengebouw en een woonwijk, is het model ingezet om opslagvaten te dimensioneren en de mogelijkheden tot water(her)gebruik te onderzoeken<sup>6)</sup>. In landen waar waterschaarste heerst of wordt verwacht als gevolg van klimaatveranderingen én in België - waar gebruik van hemelwater wordt nagestreefd - zijn deze systemen essentieel. In Nederland zal de impact op het milieu in zijn geheel onderzocht moeten worden, waarin de belasting door extra materiaal- en energiegebruik, de terugverdientijd en ook mogelijke gezondheid risico's van belang zijn.

### Terugwinnen

Afvalwater van woningen en gebouwen bevat veel energie en nutriënten, die teruggewonnen kunnen worden. Om dat efficiënt te doen, is kennis nodig over de eigenschappen van het afvalwater dat op het riool wordt geloosd, zoals hoeveelheid, temperatuur en concentratie opgeloste stoffen.

Het simulatiemodel is zo opgezet dat het inzicht geeft in de reden van watergebruik op elk tappunt en de benodigde temperatuur. Hierdoor is voor elk tappunt het tijdstip van gebruik bekend, de gebruikte hoeveelheid en de benodigde temperatuur. Dit geeft ook informatie over het afvalwater: het gevraagde water wordt immers per tappunt ook weer geloosd. De eigenschappen van

het afvalwater dat een gebouw verlaat, zijn dan ook bekend: hoeveelheid, temperatuur en kwaliteit, bijvoorbeeld douchewater van 35°C met zeep, closetwater van 15°C met medicijnen, hormonen en nitraat. Wanneer het mogelijk is om met SIMDEUM een dagelijks vraagpatroon te berekenen van het waterverbruik op secondebasis, is het dus ook mogelijk een gedetailleerd afvoerpatroon te berekenen.

Momenteel is KWR daarom bezig om op basis van SIMDEUM, een model te ontwikkelen dat berekent hoeveel water per seconde in het riool terecht komt en met welke temperatuur: SIMSEM (*SIMulation of SEwerage production Model*). Met bestaande kentallen is dan ook de vaste last en de concentratie aan geneesmiddelen en nutriënten in de afvalstroom te berekenen. De patronen van geloosd afvalwater en de bijbehorende karakteristieken van temperatuur en concentraties stoffen zijn essentieel voor het ontwerpen van processen rond het terugwinnen van warmte uit afvalwater of de terugwinning van nutriënten. Daarnaast kunnen de afvalwaterpatronen een rol spelen in nauwkeurig ontwerp van grijswatersystemen en in het ontwerp van standleidingen van het riool in hoogbouw.

### LITERATUUR

- 1) Blokker M. (2010). Stochastic water demand modelling for a better understanding of hydraulics in water distribution networks. TU Delft. PhD thesis.
- 2) Pieterse-Quirijns E. en M. Blokker (2010). Waterverbruikspatronen voor woningen en utiliteitsbouw. TVVL Magazine nr. 2, pag. 28-33.
- 3) Pieterse-Quirijns E., H. Beverloo en M. Blokker (2011). Warmwaterverbruik utiliteitsbouw getoetst met metingen. TVVL Magazine nr. 9, pag. 14-19.
- 4) Pieterse-Quirijns E. en M. Blokker (2009). Rekenregels waterverbruik woontorens voor betere dimensionering installaties. Intech pag. 48-51.
- 5) Pieterse-Quirijns E. en M. Blokker (2010). Rekenregels voor waterverbruik in utiliteitsbouw. Hotels als voorbeeld. TVVL Magazine nr. 10, pag. 14-19.
- 6) Agudelo-Vera C. (2012). Dynamic water resource management for achieving self-sufficiency of cities of tomorrow. Wageningen Universiteit. PhD thesis.
- 7) Pieterse-Quirijns E., C. Agudelo-Vera en M. Blokker (2012). Modelling sustainability in water supply and drainage with SIMDEUM. CIB W062 38th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings, Edinburgh.

Afb. 2: Schematische weergave van een grijswatersysteem, waarbij grijswater van de douche en hemelwater gebruikt worden voor de spoeling van het toilet en de wasmachine.

