



Rekenregels voor waterverbruik in hotels, uitgebreid met douchetypes

Bepalen van maximum volumestroom en
warmwaterverbruik met SIMDEUM[®]

KWR 2011.056
November 2011

KWR

Watercycle Research Institute

Rekenregels voor waterverbruik in hotels, uitgebreid met douchetypes

Bepalen van maximum volumestroom en
warmwaterverbruik met SIMDEUM[®]

KWR 2011.056
November 2011

© 2011 KWR

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 enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Colofon

Titel

Rekenregels voor het waterverbruik in hotels, uitgebreid met douchetypes

Opdrachtnummer

A308579

Projectmanager

Drs P.G.G. Slaats

Opdrachtgever

UNETO-VNI

Kwaliteitsborger(s)

Dr.ir. E.J.M. Blokker en dr.ir. J.H.G. Vreeburg

Auteur(s)

Dr. ir. Ilse Pieterse-Quirijns

Verzonden aan

UNETO-VNI

Contactpersoon: E. van der Blom

Dit rapport is niet openbaar en slechts verstrekt aan de opdrachtgevers van het adviesproject. Eventuele verspreiding daarbuiten vindt alleen plaats door de opdrachtgever zelf.

Inhoud

Inhoud		1
1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Aanpak	3
1.3	Leeswijzer	4
2	Douchetypes in nieuwe rekenregels voor hotels	5
3	Ontwikkeling rekenregels	7
3.1	Inleiding	7
3.2	Rekenregels voor zakelijke hotels	7
3.3	Rekenregels voor toeristische hotels	10
4	Vergelijking met bestaande richtlijnen	13
5	Conclusie	15
6	Referenties	17

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Voor de dimensionering van waterleidinginstallaties en voor de keuze van warmwaterbereidinginstallaties in de utiliteitsbouw wordt momenteel gebruik gemaakt van ISSO-55 (ISSO-contactgroep 43, 2001). Deze ontwerprichtlijnen zijn gebaseerd op metingen uitgevoerd in 1976 en 1980. De verwachting is dat de richtlijnen verouderd zijn en het waterverbruik in de utiliteitsbouw niet meer goed kunnen beschrijven. Bovendien geven de regels geen inzicht in het verbruik van warm water. Een werkgroep is bezig met een herziening van ISSO 55, waarin nieuwe rekenregels worden opgenomen voor de voorspelling van het waterverbruik in de utiliteitsbouw.

In 2009 heeft KWR daarom in opdracht van Uneto-VNI en TVVL (ST-27) rekenregels ontwikkeld op basis van het simulatiemodel SIMDEUM® voor het berekenen van kentallen van het waterverbruik in de utiliteitsbouw, meer specifiek voor kantoren, hotels en zorginstellingen (Pieterse-Quirijns, 2010). De rekenregels hebben betrekking op verschillende gebouwtypologieën binnen elke categorie, variërend in grootte en met een variatie in binneninstallaties en gebruikers. Binnen de categorie hotels zijn bijvoorbeeld zes typologieën gedefinieerd: zakelijke en toeristische hotels met variatie in de luxe van de binneninstallatie en met mogelijk extra gasten voor conferentie of theater.

Bij hotels blijkt de volumestroom van de douche heel bepalend te zijn. In de huidige rekenregels zijn twee type douches opgenomen: een standaarddouche met een volumestroom van 0,12 l/s en een comfortdouche met een volumestroom van 0,365 l/s. Het wijzigen van het type douche van een standaard- naar een comfortdouche in een hotel leidt tot ongeveer een verdubbeling van de kentallen.

In de praktijk kan het type douche dat aanwezig is in hotels sterk variëren. Door de grote invloed van het type douche op het waterverbruik is de vraag gerezen om meerdere douchetypes in de rekenregels op te nemen. Het doel van dit project is om de huidige rekenregels voor hotels uit te breiden, zodat zowel de hoteltypologie als het type douche als invoer kan worden opgegeven. Dit betekent dat nieuwe rekenregels worden ontwikkeld voor zakelijke en toeristische hotels, waarbij het aantal hotelkamers en het type douche als invoer moeten worden opgegeven. Er kan een keuze gemaakt worden uit zeven verschillende type douches. Deze rekenregels worden opgenomen in de Excelsheet KWR_2010.072_rekenregels_utiliteitsbouw, waarin het praktisch gereedschap voor het waterverbruik in de utiliteitsbouw, namelijk in kantoren, hotels en zorginstellingen is opgenomen.

1.2 Aanpak

In het rapport "Rekenregels voor waterverbruik in de Utiliteitsbouw" (Pieterse-Quirijns, 2010) is de aanpak beschreven voor de afleiding van de volgende kentallen van het waterverbruik voor kantoren, hotels en zorginstellingen met behulp van het simulatiemodel SIMDEUM®:

MMV_{koud}	= maximum moment volumestroom (MMV) voor het totaal van koud en warm water in [l/s].
MMV_{warm}	= MMV voor warm water van 60°C in [l/s]
MWW10	= maximum warmwatervolume van 60°C in 10 minuten in [l]
MWW60	= maximum warmwatervolume van 60°C in 60 minuten in [l]
MWW120	= maximum warmwatervolume van 60°C in 120 minuten in [l]
MWWdag	= maximum warmwatervolume van 60°C per dag in [l].

Deze aanpak is gevolgd voor het afleiden van nieuwe rekenregels voor zakelijke en toeristische hotels waarin verschillende type douches kunnen voorkomen. In overleg met UNETO-VNI en TVVL zijn de verschillende douchetypes gedefinieerd. De opbouw van de hotels, waarbij het aantal gebruikers en het aantal tappunten worden uitgedrukt als functie van het aantal hotelkamers, is gevolgd zoals beschreven in hoofdstuk 2.3 van het genoemde rapport. Tevens zijn dezelfde karakteristieken van de tappunten en gebruikers toegepast. Alleen de volumestroom van de douches wordt gevarieerd conform de gedefinieerde douchetypes.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de verschillende douchetypes beschreven. Met deze douchetypes zijn voor twee hoteltypologieën de rekenregels opnieuw afgeleid zoals beschreven in Pieterse-Quirijns (2010). De ontwikkelde rekenregels staan beschreven in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 worden de rekenregels vergeleken met de huidige ISSO ontwerprichtlijnen, gevolgd door een conclusie in hoofdstuk 5. Het praktisch gereedschap wordt in de vorm van het Excel bestand KWR_2010.072_rekenregels_utiliteitsbouw.xls meegeleverd.

2 Douchetypes in nieuwe rekenregels voor hotels

De volumestromen van douches worden onderverdeeld in klassen. In Tabel 2-1 is de volumestroom van elke klasse weergegeven bij de referentiedruk van 300 kPa. Tevens is de volumestroom binnen elke klasse gegeven bij een gebruiksdruk van 100 kPa.

Tabel 2-1 De volumestroom van koud water voor verschillende klassen van douchekoppen bij resp. de referentiedruk 300 kPa en bij een gebruiksdruk van 100 kPa (ISSO-30 (ISSO-kontaktgroep 62, 2003), website Uneto-VNI (www.infobladen-huishoudelijkwarmwatergebruik.nl), persoonlijke communicatie Eric van der Blom).

Klasse	Volumestroom koud water bij referentie druk 300 kPa		Volumestroom koud water bij 100 kPa	
	[l/min]	[l/s]	[l/min]	[l/s]
ZZ	> 4 - 7,2	> 0,067 - 0,12	> 2,3 - 4,2	> 0,038 - 0,07
Z	> 7,2 - 9,0	> 0,12 - 0,20	> 4,2 - 6,9	> 0,07 - 0,12
A	> 12,0 - 15,0	> 0,20 - 0,25	> 6,9 - 8,7	> 0,12 - 0,14
S	> 15,0 - 20,0	> 0,25 - 0,33	> 8,7 - 11,5	> 0,14 - 0,19
B	> 20,0 - 25,0	> 0,33 - 0,42	> 11,5 - 14,4	> 0,19 - 0,24
C	> 25,0 - 30,0	> 0,42 - 0,50	> 14,4 - 17,3	> 0,24 - 0,29
D	> 30,0 - 38,0	> 0,50 - 0,63	> 17,3 - 21,9	> 0,29 - 0,37

De volumestroom in een douchekop is afhankelijk van het type douchekop, de klasse, en de gebruiksdruk. De minimale gebruiksdruk is 100 kPa. In hotels zijn vaak drukverhogers aanwezig, waardoor de gebruiksdruk (in ieder geval op sommige plekken) hoog kan zijn. In de rekenregels wordt daarom niet de klasse van de douchekop, maar een volumestroom als keuze meegegeven. De ontwerper moet bedenken wat de gemiddelde gebruiksdruk in het hotel zal zijn en de bijbehorende volumestroom.

Uneto-VNI adviseert geen douchekoppen te installeren met een capaciteit minder dan 4,2 l/min (bij een gebruiksdruk van 100 kPa), ter voorkoming van comfortproblemen. De laagste volumestroom als keuze optie in de rekenregels is daarom gesteld op 4,2 l/min of 0,07 l/s (www.infobladen-huishoudelijkwarmwatergebruik.nl)

De Europese norm stelt een maximale druk aan het tappunt van 500 kPa (Scheffer, 2009). In dit artikel wordt tevens gesteld dat als uitgangspunt voor ontwerp en uitvoering van leidingwaterinstallaties, waterwerkblad 4.3 voorschift 2.5e geldt: er mag geen hogere druk optreden dan de toelaatbare maximum werkdruk van leidingen en hierop aangesloten toestellen. De keuze voor de maximale volumestroom in de rekenregels is daarom gebaseerd op een maximale druk van 500 kPa. Voor een douchekop binnen klasse D hoort hierbij een maximale volumestroom van 0,813 l/s. De keuzemogelijkheden voor de volumestroom van de douches in hotels variëren dus in theorie tussen 0,07 en 0,813 l/s.

In de praktijk zal de gebruiksdruk tussen 100 en 300 kPa een uitstroombeeld geven dat bij de betreffende douchekop hoort. Drukcorrecties boven de 300 kPa kunnen achterwege worden gelaten, omdat bij een hogere druk verwacht wordt dat de gebruiker de kraan minder ver open zal draaien. Dit resulteert in de keuzemogelijkheden zoals weergegeven in Tabel 2-2.

Tabel 2-2: keuzemogelijkheden voor de volumestroom van douchekoppen in de rekenregels voor hotels

Keuzemogelijkheid	Volumestroom	
	[l/min]	[l/s]
douche I	4,2	0,07
douche II	6,9	0,12
douche III	11,5	0,19
douche IV	14,4	0,24
douche V	21,9	0,37
douche VI	25	0,42
douche VII	30	0,5

3 Ontwikkeling rekenregels

3.1 Inleiding

Voor twee hoteltypologieën, namelijk zakelijke en toeristische hotels zijn voor elk van de zeven douchetypes nieuwe rekenregels ontwikkeld. De rekenregels berekenen de kentallen van het waterverbruik, de maximum moment volumestroom voor koud en warm water (MMV_{koud} en MMV_{warm}) en de maximum warmwaterverbruiken in verschillende tijdseenheden (MWW_{10} , MWW_{60} , MWW_{120} , MWW_{dag}) als functie van het aantal hotelkamers (n). De rekenregels worden afgeleid uit met SIMDEUM® gesimuleerde afnamepatronen. De specifieke eigenschappen van de hotels en de werkwijze voor het afleiden van de rekenregels staan uitvoerig beschreven in Pieterse-Quirijns (2010).

3.2 Rekenregels voor zakelijke hotels

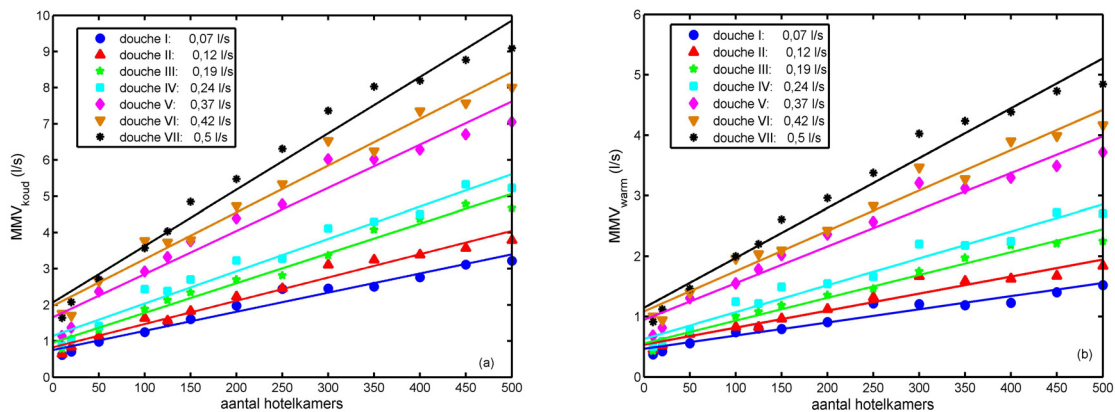
Voor hotels met zakelijke gasten is het waterverbruik gesimuleerd voor hotels met 10, 20, 50, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 en 500 hotelkamers met de douchetypes I t/m VII uit Tabel 2-2. De verschillende parameters voor het waterverbruik zijn voor zakelijke hotels met douchetype I t/m VII als functie van het aantal hotelkamers weergegeven in Figuur 3-1 voor MMV voor koud en warm water en in Figuur 3-2 voor MWW in verschillende tijdseenheden.

De kentallen voor het waterverbruik in zakelijke hotels met verschillend douchetype kunnen worden beschreven door lineaire relaties. In Tabel 3-1 zijn de relaties voor elk type douche in zakelijke hotels weergegeven met de bijbehorende waarde voor R^2 . R^2 ligt altijd tussen 0 en 1. R^2 is een maat voor de juistheid van de voorspelling door een relatie. Een R^2 van 1 betekent een perfecte voorspelling door de relatie: alle gesimuleerde punten liggen dan op de lijn. Een $R^2 > 0,70$ betekent een goede voorspelling door de relatie.

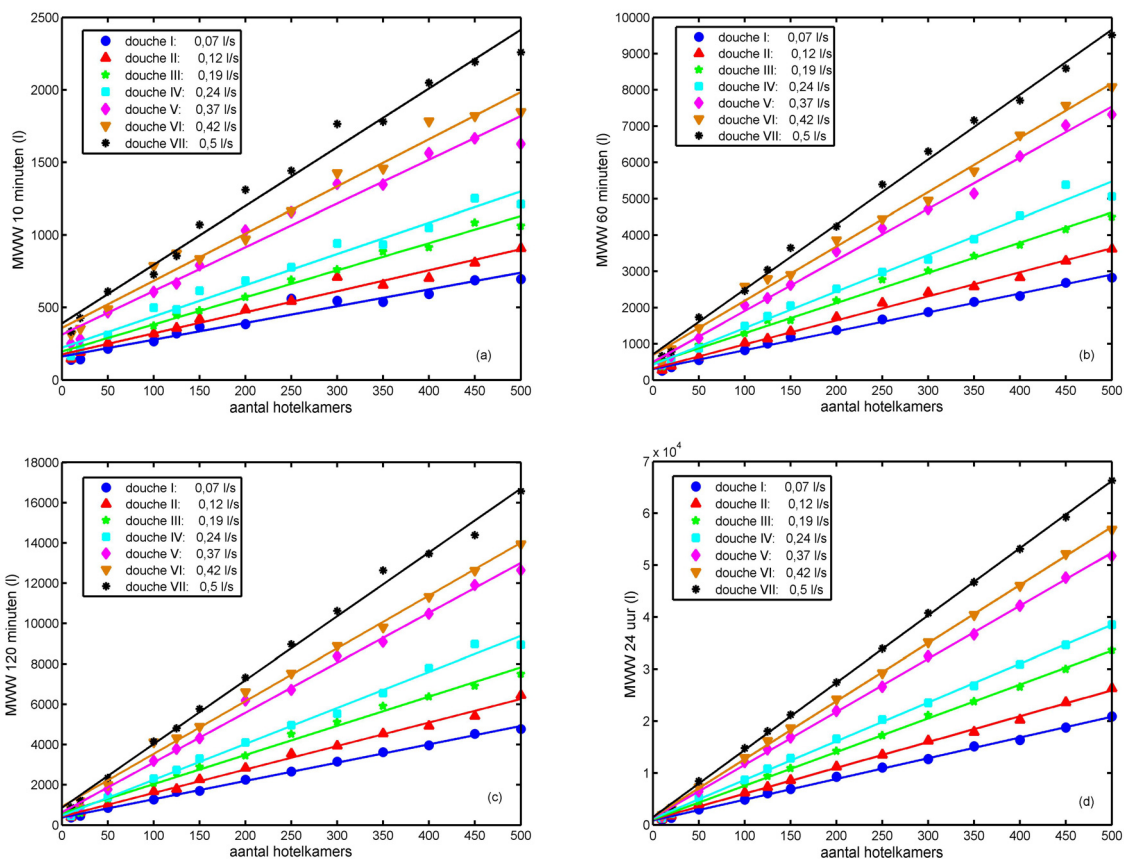
De voorspelling door de relaties is te zien in Figuur 3-1 en Figuur 3-2. De relaties kunnen de kentallen voor het waterverbruik goed voorspellen. De R^2 is zeer hoog, namelijk groter dan 0,94. Voor $n > 20$, wijken de voorspellingen minder dan 10-20% af van de gesimuleerde waarde door SIMDEUM. De gemiddelde absolute afwijking bedraagt dan voor alle kentallen maximaal 5,5%.

Uit de R^2 vermeld bij de relaties (Tabel 3-1) blijkt dat voor zakelijke hotels de nauwkeurigheid van de voorspellingen groter is bij hogere volumestromen van het douchetype. Door de hogere volumestromen van de douches vindt een groter deel van het waterverbruik plaats in de hotelkamers en hebben de andere waterverbruikende apparaten en verbruikers minder effect op het waterverbruik. Hierdoor neemt de variatie in het waterverbruik af en wordt de lineaire relatie dus steeds nauwkeuriger.

Uit de figuren blijkt dat de toename in kentallen evenredig is met de toename in volumestroom van de douche. Dat betekent dat de kentallen bij tussenliggende volumestromen van de douche makkelijk geschat kunnen worden uit de grafieken of geïnterpoleerd kunnen worden uit de kentallen afkomstig uit de vergelijkingen van Tabel 3-1. Een voorbeeld is weergegeven in Figuur 3-3, waarin voor zakelijke hotels met 300 hotelkamers het verband is aangegeven tussen de volumestroom van de douche en de MMV_{koud} die door de relaties voorspeld worden. Uit de figuur blijkt dat de MMV_{koud} volgens een rechte lijn verandert met de volumestroom van de douche.



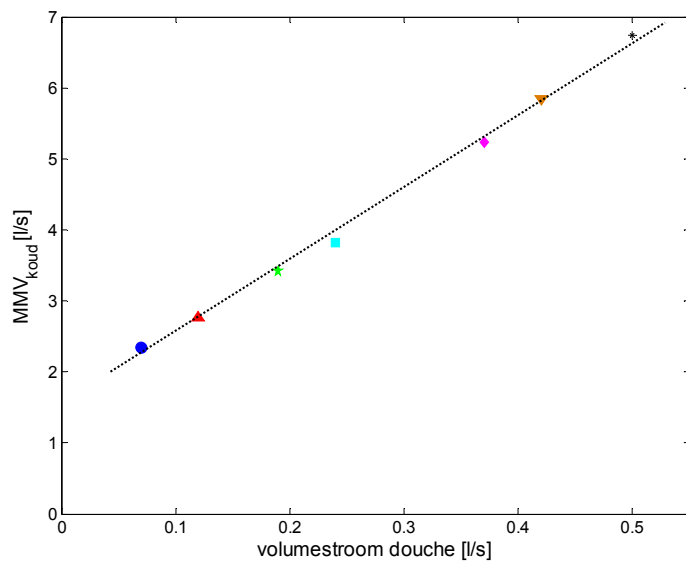
Figuur 3-1 MMV voor koud water (a) en voor warm water (b) voor *zakelijke* hotels met verschillende douchetypes met volumestroom van 0,07, 0,12, 0,19, 0,24, 0,37, 0,42 en 0,5 [l/s] als functie van het aantal hotelkamers. Vergelijking van de met SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelling door de rekenregel (-).



Figuur 3-2 MWW in 10 minuten (a), in 60 minuten (b), in 120 minuten (c) en in een dag (d) voor *zakelijke* hotels met verschillende douchetypes met volumestroom van 0,07, 0,12, 0,19, 0,24, 0,37, 0,42 en 0,5 [l/s] als functie van het aantal hotelkamers. Vergelijking van de met SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelling door de rekenregel (-).

Tabel 3-1 De relaties voor het voorspellen van het waterverbruik (MMV_{koud} , MMV_{warm} , $MWW10$, $MWW60$, $MWW120$, $MWWdag$) in **zakelijke** hotels met verschillende douchetypes.

type douche	relatie voor het waterverbruik als functie van aantal hotelkamers (n)			R ²
douchetype I: 0,07 l/s	MMV_{koud}	$= 0,753 + 0,00529 \cdot n$	[l/s]	0,97
	MMV_{warm}	$= 0,456 + 0,00218 \cdot n$	[l/s]	0,94
	$MWW10$	$= 161,96 + 1,156 \cdot n$	[l]	0,95
	$MWW60$	$= 303,69 + 5,217 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWW120$	$= 373,91 + 9,091 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWWdag$	$= 860,30 + 39,97 \cdot n$	[l]	1,00
douchetype II: 0,12 l/s	MMV_{koud}	$= 0,825 + 0,00644 \cdot n$	[l/s]	0,97
	MMV_{warm}	$= 0,534 + 0,00282 \cdot n$	[l/s]	0,95
	$MWW10$	$= 176,54 + 1,452 \cdot n$	[l]	0,98
	$MWW60$	$= 319,98 + 6,637 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWW120$	$= 426,68 + 11,666 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWWdag$	$= 1015,94 + 49,781 \cdot n$	[l]	1,00
douchetype III: 0,19 l/s	MMV_{koud}	$= 0,955 + 0,00822 \cdot n$	[l/s]	0,98
	MMV_{warm}	$= 0,554 + 0,00378 \cdot n$	[l/s]	0,98
	$MWW10$	$= 195,28 + 1,869 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWW60$	$= 460,51 + 8,325 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWW120$	$= 584,49 + 14,486 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWWdag$	$= 1041,35 + 64,959 \cdot n$	[l]	1,00
douchetype IV: 0,24 l/s	MMV_{koud}	$= 1,143 + 0,00893 \cdot n$	[l/s]	0,97
	MMV_{warm}	$= 0,627 + 0,00445 \cdot n$	[l/s]	0,96
	$MWW10$	$= 222,55 + 2,154 \cdot n$	[l]	0,98
	$MWW60$	$= 425,04 + 10,090 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWW120$	$= 461,23 + 17,845 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWWdag$	$= 1187,57 + 74,636 \cdot n$	[l]	1,00
douchetype V: 0,37 l/s	MMV_{koud}	$= 1,656 + 0,0119 \cdot n$	[l/s]	0,96
	MMV_{warm}	$= 0,945 + 0,00607 \cdot n$	[l/s]	0,96
	$MWW10$	$= 312,31 + 3,013 \cdot n$	[l]	0,97
	$MWW60$	$= 495,44 + 14,086 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWW120$	$= 630,40 + 24,747 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWWdag$	$= 1348,88 + 102,07 \cdot n$	[l]	1,00
douchetype VI: 0,42 l/s	MMV_{koud}	$= 1,973 + 0,0129 \cdot n$	[l/s]	0,97
	MMV_{warm}	$= 1,083 + 0,00667 \cdot n$	[l/s]	0,97
	$MWW10$	$= 358,80 + 3,251 \cdot n$	[l]	0,98
	$MWW60$	$= 689,23 + 14,978 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWW120$	$= 920,30 + 26,177 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWWdag$	$= 1462,12 + 111,83 \cdot n$	[l]	1,00
douchetype VII: 0,5 l/s	MMV_{koud}	$= 2,067 + 0,0156 \cdot n$	[l/s]	0,97
	MMV_{warm}	$= 1,145 + 0,00825 \cdot n$	[l/s]	0,97
	$MWW10$	$= 389,36 + 4,050 \cdot n$	[l]	0,98
	$MWW60$	$= 710,22 + 17,901 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWW120$	$= 853,66 + 31,691 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWWdag$	$= 1474,47 + 129,55 \cdot n$	[l]	1,00



Figuur 3-3 De relatie tussen de volumestroom van de douche en MMV_{koud} , voor een zakelijk hotel met 300 hotelkamers

3.3 Rekenregels voor toeristische hotels

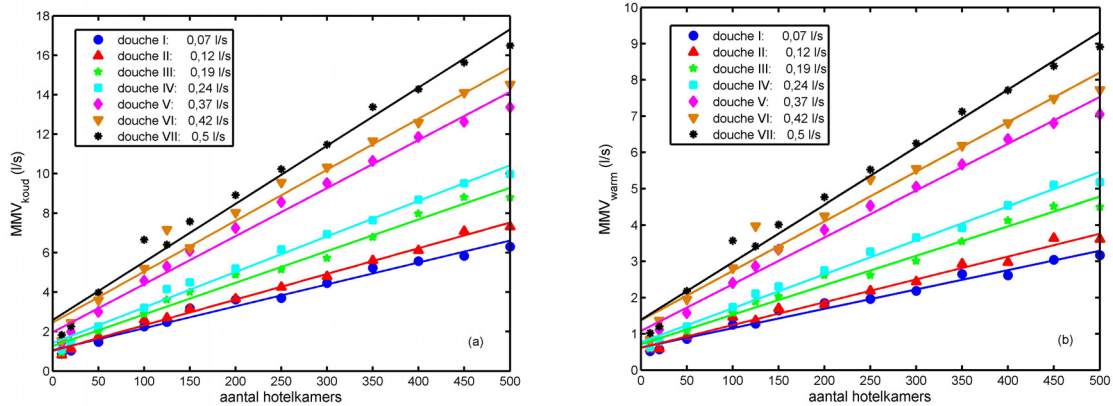
Voor hotels met toeristische gasten is het waterverbruik gesimuleerd voor hotels met 10, 20, 50, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 en 500 hotelkamers met de douchetypes I t/m VII. In Figuur 3-4 is de maximum volumestroom voor koud en warm water weergegeven voor toeristische hotels met douchetype I t/m VII. In Figuur 3-5 is het warmwaterverbruik in verschillende tijdseenheden te zien voor toeristische hotels met douchetype I t/m VII.

De kentallen voor het waterverbruik kunnen voor toeristische hotels met verschillend douchetype ook worden beschreven door lineaire relaties. In Tabel 3-2 zijn de relaties voor elk douchetype in toeristische hotels weergegeven met de bijbehorende waarde voor R^2 . De voorspelling door deze relaties is te zien in Figuur 3-4 en Figuur 3-5. De relaties kunnen de kentallen voor het waterverbruik goed voorspellen. De R^2 is zeer hoog, namelijk groter dan 0,97. Voor $n > 20$ wijken de voorspellingen minder dan 10-20% af van de gesimuleerde waarde door SIMDEUM. De gemiddelde absolute afwijking voor alle kentallen is dan maximaal 4,5%.

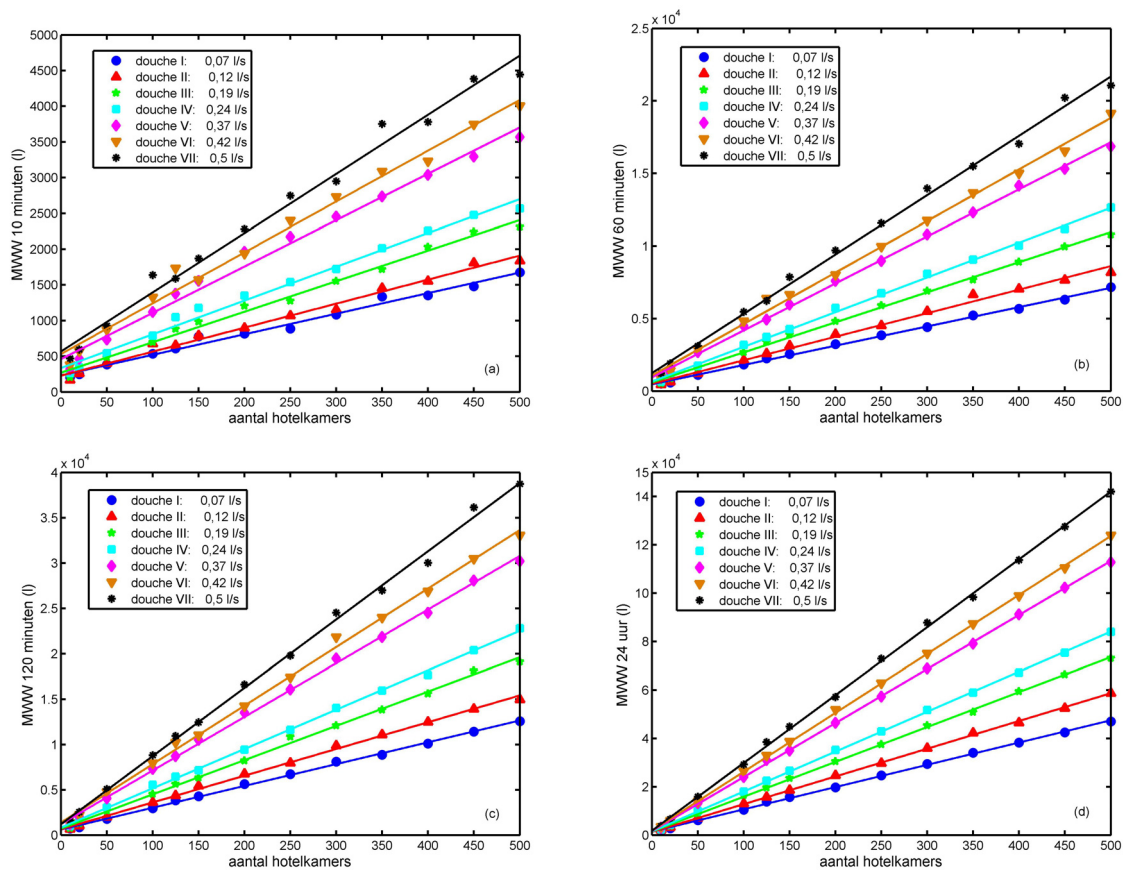
Uit de R^2 vermeld bij de relaties (Tabel 3-2) blijkt dat voor toeristische hotels de nauwkeurigheid van de voorspellingen vergelijkbaar is voor alle douchetypes. Door de hogere bezetting van hotelkamers in deze hotels, is de bijdrage van hotelkamers aan het totale waterverbruik groter. De invloed van andere waterverbruikende apparaten en verbruikers is daardoor ongeacht het douchetype kleiner, waardoor de variatie in het waterverbruik in alle gevallen klein is. Dit is zichtbaar in de hoge waarde voor R^2 .

Uit de figuren blijkt dat ook voor toeristische hotels de toename in kentallen evenredig is met de toename in volumestroom van het douchetype. Dat betekent dat de kentallen bij tussenliggende volumestromen van de douche makkelijk geschat kunnen worden uit de grafieken of geïnterpoleerd kunnen worden uit de kentallen afkomstig uit de vergelijkingen van Tabel 3-2.

Het waterverbruik in toeristische hotels is hoger dan in zakelijke hotels. De kentallen voor een toeristisch hotel zijn een factor 1,5 - 2,4 groter dan de corresponderende kentallen voor een zakelijk hotel.



Figuur 3-4 MMV voor koud water (a) en voor warm water (b) voor *toeristische* hotels met verschillende douchetypes met volumestroom van 0,07, 0,12, 0,19, 0,24, 0,37, 0,42 en 0,5 [l/s] als functie van het aantal hotelkamers. Vergelijking van de met SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelling door de rekenregel (-).



Figuur 3-5 MWW in 10 minuten (a), in 60 minuten (b), in 120 minuten (c) en in een dag (d) voor *toeristische* hotels met verschillende douchetypes met volumestroom van 0,07, 0,12, 0,19, 0,24, 0,37, 0,42 en 0,5 [l/s] als functie van het aantal hotelkamers. Vergelijking van de met SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelling door de rekenregel (-).

Tabel 3-2 De relaties voor het voorspellen van het waterverbruik (MMV_{koud} , MMV_{warm} , $MWW10$, $MWW60$, $MWW120$, $MWWdag$) in *toeristische* hotels met verschillende douchetypes.

type douche	relatie voor het waterverbruik als functie van aantal hotelkamers (n)			R ²
douchetype I: 0,07 l/s	MMV_{koud}	$= 1,057 + 0,0111 \cdot n$	[l/s]	0,98
	MMV_{warm}	$= 0,624 + 0,00534 \cdot n$	[l/s]	0,98
	$MWW10$	$= 232,45 + 2,882 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWW60$	$= 471,56 + 13,305 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWW120$	$= 609,05 + 24,076 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWWdag$	$= 1430,81 + 92,178 \cdot n$	[l]	1,00
douchetype II: 0,12 l/s	MMV_{koud}	$= 1,014 + 0,0130 \cdot n$	[l/s]	0,99
	MMV_{warm}	$= 0,612 + 0,0063 \cdot n$	[l/s]	0,98
	$MWW10$	$= 227,22 + 3,365 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWW60$	$= 500,13 + 16,241 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWW120$	$= 641,26 + 29,529 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWWdag$	$= 1286,10 + 114,79 \cdot n$	[l]	1,00
douchetype III: 0,19 l/s	MMV_{koud}	$= 1,263 + 0,0160 \cdot n$	[l/s]	0,99
	MMV_{warm}	$= 0,714 + 0,00813 \cdot n$	[l/s]	0,99
	$MWW10$	$= 268,91 + 4,275 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWW60$	$= 596,21 + 20,731 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWW120$	$= 714,54 + 37,787 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWWdag$	$= 1436,46 + 144,29 \cdot n$	[l]	1,00
douchetype IV: 0,24 l/s	MMV_{koud}	$= 1,416 + 0,0180 \cdot n$	[l/s]	0,99
	MMV_{warm}	$= 0,767 + 0,00938 \cdot n$	[l/s]	0,99
	$MWW10$	$= 334,66 + 4,729 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWW60$	$= 658,17 + 23,932 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWW120$	$= 817,85 + 43,388 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWWdag$	$= 1484,19 + 165,18 \cdot n$	[l]	1,00
douchetype V: 0,37 l/s	MMV_{koud}	$= 1,962 + 0,0244 \cdot n$	[l/s]	0,99
	MMV_{warm}	$= 1,077 + 0,0129 \cdot n$	[l/s]	0,99
	$MWW10$	$= 458,99 + 6,487 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWW60$	$= 943,78 + 32,392 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWW120$	$= 1213,20 + 59,153 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWWdag$	$= 1672,54 + 223,30 \cdot n$	[l]	1,00
douchetype VI: 0,42 l/s	MMV_{koud}	$= 2,452 + 0,0258 \cdot n$	[l/s]	0,98
	MMV_{warm}	$= 1,370 + 0,01366 \cdot n$	[l/s]	0,97
	$MWW10$	$= 530,06 + 7,121 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWW60$	$= 1071,84 + 35,501 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWW120$	$= 1371,42 + 64,528 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWWdag$	$= 1820,72 + 243,67 \cdot n$	[l]	1,00
douchetype VII: 0,5 l/s	MMV_{koud}	$= 2,575 + 0,0295 \cdot n$	[l/s]	0,98
	MMV_{warm}	$= 1,384 + 0,0159 \cdot n$	[l/s]	0,99
	$MWW10$	$= 565,40 + 8,288 \cdot n$	[l]	0,99
	$MWW60$	$= 1234,45 + 40,889 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWW120$	$= 1190,10 + 75,283 \cdot n$	[l]	1,00
	$MWWdag$	$= 1787,79 + 280,59 \cdot n$	[l]	1,00

4 Vergelijking met bestaande richtlijnen

Voor hotels bestaan momenteel ontwerprichtlijnen voor het berekenen van de maximum moment volumestroom van koud water in twee typologieën: zakelijke en toeristische hotels. Deze ontwerprichtlijnen zijn opgenomen in 'Het ontwerpen van sanitaire installaties' (Scheffer, 1994) en ISSO 55 (ISSO-contactgroep 43, 2001) en weergegeven in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Ontwerprichtlijnen voor berekenen van MMV_{koud} voor verschillende hoteltypologieën.

Typologie hotel	Formule voor MMV_{koud} (l/s)
Hotel niet-toeristisch	$q\sqrt{n} + 40\%^1$
Hotel toeristisch	$q\sqrt{n} + 70\%$

ad 1: $q\sqrt{n}$ -methode: $q\sqrt{n} = 0,083 * \sqrt{\Sigma TE}$

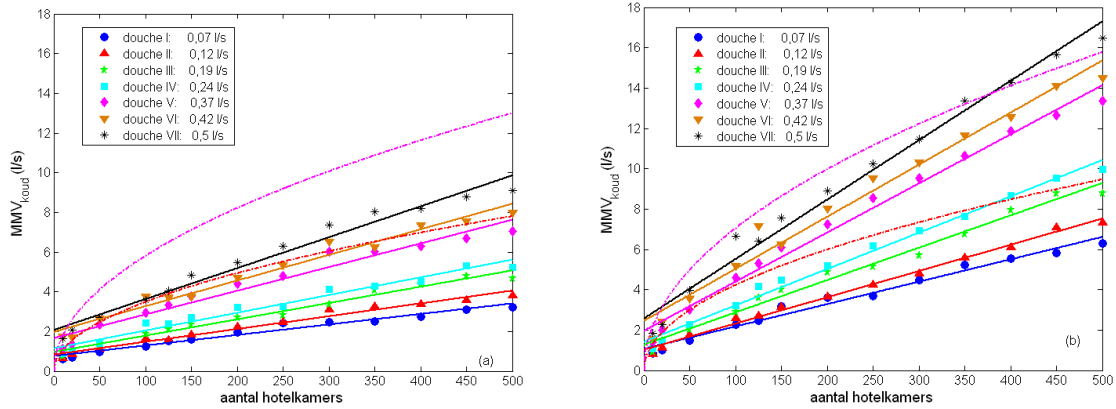
In dit hoofdstuk worden de rekenregels, die met behulp van SIMDEUM zijn ontwikkeld voor hotels met verschillende douchetypes, vergeleken met de huidige ontwerprichtlijnen voor MMV_{koud} . Vergelijking van de rekenregels voor het warmwaterverbruik (MMV_{warm} en MWW in verschillende tijdseenheden) is niet mogelijk, omdat de ISSO-ontwerprichtlijnen hierover geen informatie geven.

Voor de ISSO ontwerprichtlijnen is alleen het aantal tapeenheden bepaald voor het logies gedeelte van het hotel, door voor standaard hotels 9 TE per kamer te nemen en voor luxe hotels 25 tapeenheden. De standaard hotels komen overeen met hotels met een douchetype II, de luxe hotels met hotels met een douchetype V. Dit zijn de douchetypes in de eerder ontworpen rekenregels (Pieterse-Quirijns, 2010). Voor een zakelijk hotel wordt de MMV_{koud} die berekend is met de $q\sqrt{n}$ -methode vermeerderd met een toeslag van 40%, voor een toeristisch hotel met 70%.

In Figuur 4-1 zijn de voorspellingen door de rekenregels met de verschillende douchetypes (de doorgetrokken lijnen) en de ISSO ontwerprichtlijnen te zien (de onderbroken lijnen). De ISSO-lijn voor een zakelijk standaard hotel (9 TE, $q\sqrt{n}$ -methode + 40%, de rode lijn) kan het best worden vergeleken met de nieuwe rekenregels voor zakelijke hotels met douchetype II. De ISSO-lijn voor een zakelijk luxe hotel (25 TE, $q\sqrt{n}$ -methode + 40%, de paarse lijn) kan het best worden vergeleken met de nieuwe rekenregels voor zakelijke hotels met douchetype V. De ISSO ontwerpregel voor standaard zakelijke hotels wijkt gemiddeld 115% (94-150%) af van de gesimuleerde waarde door SIMDEUM, tegenover een gemiddelde afwijking van 4,7% voor de rekenregels. Voor de luxe zakelijk hotels geldt een afwijking van gemiddeld 85% (67-100%) voor de ISSO ontwerpregel, tegenover gemiddeld 5,8% voor de nieuwe rekenregel voor douchetype V.

De ISSO-lijn voor een toeristisch standaard hotel (9 TE, $q\sqrt{n}$ -methode + 70%, de rode lijn) kan het best worden vergeleken met de nieuwe rekenregels voor toeristische hotels met douchetype II; de ISSO-lijn voor een toeristisch luxe hotel (25 TE, $q\sqrt{n}$ -methode + 70%, de paarse lijn) kan het best worden vergeleken met de nieuwe rekenregels voor toeristische hotels met douchetype V. De ISSO ontwerpregel voor standaard toeristische hotels wijkt gemiddeld 53% (27-75%) af van de gesimuleerde waarde door SIMDEUM, tegenover 3,3% afwijking voor de rekenregels. Voor de luxe toeristische hotels geldt een afwijking van gemiddeld 35% (18-66%) voor de ISSO ontwerpregel, tegenover gemiddeld 4,4% voor de nieuwe rekenregel voor douchetype V. Vooral bij een groter aantal hotelkamers wordt het verschil tussen de ISSO-ontwerprichtlijn en de nieuwe rekenregels voor toeristische hotels kleiner.

Uit de figuur blijkt dat de ISSO-richtlijnen voor alle hoteltypologieën een hogere waarde voor MMV_{koud} voorspellen dan de met SIMDEUM ontwikkelde rekenregels.



Figuur 4-1 Maximum Moment Volumestroom voor koud water voorspeld met de SIMDEUM-rekenregel (-) en de ISSO ontwerprichtlijn (- . -) in (a) zakelijk hotel en (b) toeristisch hotel.

5 Conclusie

Rekenregels zijn ontwikkeld voor de voorspelling van de maximum moment volumestroom voor koud en warm water en voor het warmwaterverbruik in verschillende tijdseenheden voor twee hoteltypologieën, waarin onderscheid gemaakt kan worden in zeven douchetypes die zich onderscheiden in hun volumestroom. De rekenregels voorspellen de kentallen van het waterverbruik als functie van het aantal hotelkamers.

De rekenregels voorspellen het met SIMDEUM gesimuleerde waterverbruik van de verschillende hoteltypologieën goed. De voorspellingen wijken minder dan 20% af van het door SIMDEUM berekende waterverbruik. De verbruiken voor *Legionellapreventie* en van bijzondere installaties, zoals luchtbevochtiging, koeltorens en dergelijke zijn niet in de rekenregels opgenomen. Het door de rekenregels berekende waterverbruik kan als het nodig is met deze verbruiken vermeerderd worden.

De ontwikkeling van de rekenregels toont aan dat de kentallen voor het waterverbruik in de hotels met verschillende douchetypes kunnen worden beschreven door eenvoudige rechte lijnen. Een hogere volumestroom van de douche leidt tot een toename van de kentallen van het waterverbruik. De toename in kentallen is bovendien evenredig met de toename in volumestroom. Dat betekent dat de kentallen bij tussenliggende volumestromen makkelijk geschat kunnen worden uit de grafieken of geïnterpoleerd kunnen worden uit de kentallen afkomstig uit de rekenregels.

Bij toepassing van de rekenregels in de praktijk moet de ontwerper bedenken wat de gemiddelde gebruiksdruk in het hotel zal zijn en de bijbehorende volumestroom van de te installeren douche. In ISSO-55 zal bij de rekenregels, of bij de beschrijving van de invoer van de rekenregels, duidelijk moeten worden aangegeven, dat de volumestroom afhankelijk is van douchetype en gebruiksdruk en dat de gemiddelde druk in het hotel moet worden beschouwd. Tevens moet in de ISSO-55 opgenomen worden boven welk aantal hotelkamers de rekenregels toepasbaar zijn. Er lijkt een omslagpunt te zijn voor het aantal hotelkamers (n) waarboven de nieuwe rekenregels geldig zijn. De afwijking tussen de simulaties en de rekenregels kunnen hierbij een leidraad zijn. De voorspellende waarde van de nieuwe rekenregels is immers voor $n < 20$ hotelkamers beduidend minder dan voor $n > 20$. De validatie met metingen zal helpen om hierover een uitspraak te doen.

Momenteel vindt een validatie van de rekenregels plaats met behulp van metingen van het waterverbruik van verschillende hotels. Eind 2011 zullen de resultaten worden gerapporteerd.

6 Referenties

ISSO-kontaktgroep 62 (2003). *ISSO – publicatie 30; Leidingwaterinstallaties in woningen*. Rotterdam: Stichting ISSO. ISBN 90-5044-079-7.

ISSO-kontaktgroep 43 (2001). *ISSO - publicatie 55; Tapwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen*. Rotterdam: Stichting ISSO. ISBN 90-5044-079-7.

Pieterse-Quirijns, E. J. (2010). *Rekenregels voor het waterverbruik in utiliteitsbouw; Bepalen van maximum volumestroom en warmwaterverbruik met SIMDEUM*. Nieuwegein: KWR, KWR 2010.072.

Scheffer, W.J.H. (1994). *Het ontwerpen van sanitaire installaties*. Arnhem: Misset uitgeverij bv.

Scheffer, W. (2009). Leidingwaterinstallatie op de juiste wijze onderhouden. Druk en temperatuur belangrijke veiligheidsaspecten. *VV+(Verwarming en Installatie: Vakblad voor installatietechniek, energie en milieu)*, 66 (februari), 98-101.

<http://www.infobladen-huishoudelijkwarmwatergebruik.nl/index.cfm?act=esite.tonen&pagina=30>

