



Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels

KWR 2013.018
Juni 2013



Watercycle Research Institute

Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels

KWR 2013.018
Juni 2013

© 2012 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

Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels

Opdrachtnummer

A304002, A309120, A309262

Rapportnummer

KWR 2013.018

Projectmanager

Nellie Slaats

Opdrachtgever

UNETO-VNI en TVVL

voorstudie ST 29 “Valideren rekenregels utiliteitsbouw: kantoren, hotels en zorginstellingen”

voorstudie ST 36 “Rekenregels omzetten in ontwerpkenregels”

Contactpersoon: Eric van der Blom (UNETO-VNI)

Kwaliteitsborger

Mirjam Blokker

Auteurs

Ilse Pieterse-Quirijns, Hendrik Beverloo, Arnaut van Loon

Verzonden aan

UNETO-VNI

Contactpersoon: Eric 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 en doel	3
1.2 Aanpak	4
1.3 Leeswijzer	5
2 Rekenregels voor hotels	7
3 Validatieprocedures	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Meetmethode	11
3.3 Selectie gebouwen in validatieprocedure	12
3.4 Validatieprocedure niveau 1: validatie basis rekenregels hotels	12
3.5 Validatieprocedure niveau 2: validatie uitkomsten rekenregels hotels	13
3.6 Vergelijking met bestaande richtlijnen en consequenties voor de ontwerpen	14
3.6.1 Bestaande richtlijnen voor waterverbruik hotels	14
3.6.2 Consequenties voor ontwerp	15
4 Validatie niveau 1: basis rekenregels gestandaardiseerde hotels	17
4.1 Inleiding	17
4.2 Validatie gestandaardiseerde hotels op basis van gemeten dagpatronen	17
4.2.1 Vergelijking van gemeten afnamepatroon met het gesimuleerde afnamepatroon	17
4.3 Validatie gestandaardiseerde hotels op basis van enquêtes	18
4.3.1 Validatie van het aantal gebruikers in gestandaardiseerde hotels	19
4.3.2 Validatie van het aantal tappunten in gestandaardiseerde hotels	22
4.3.3 Validatie van hotelkamers in gestandaardiseerde hotels	24
4.4 Conclusie	25
5 Validatie niveau 2: uitkomst rekenregels voor hotels	27
5.1 Inleiding	27
5.2 Validatie van de uitkomsten van de rekenregels met gemeten kentallen	27
6 Vertaling naar ISSO	29
6.1 Inleiding	29
6.2 Uitgangspunten van de rekenregels en unanieme aanpak voor toepassing rekenregels	29
6.2.1 Unanieme aanpak rekenregels	29
6.2.2 Unanieme aanpak voor hotels: de waarde voor n	30
6.3 Voorstel van veiligheidsmarge voor rekenregels hotels	31
6.4 Toepassing rekenregels voor conferentie- of theaterhotel	32

6.5	Omrekentool voor andere insteltemperaturen van de warmwaterbereider	34
6.5.1	Noodzaak voor omrekentool	34
6.5.2	Opstellen omrekenformule naar andere insteltemperaturen	34
6.5.3	Toetsen van omrekenformule naar andere insteltemperaturen	35
7	Vergelijking met bestaande richtlijnen	37
7.1	Inleiding	37
7.2	Maximum moment volumestroom en consequenties voor ontwerp leidingdiameter	37
7.3	Warmwaterverbruik en consequenties voor ontwerp warmwaterbereider	39
8	Conclusies, samenvatting en aanbevelingen	43
8.1	Conclusies en samenvatting	43
8.2	Aanbevelingen	46
9	Referenties	49
I	Enquête waterverbruik hotels	51
II	Afnamepatronen bij maximale bezetting hotels	67
III	Aantal tappunten in pantry in hotels met speciale functie	69
IV	Maximale kentallen uit gemeten afnamepatronen	71
V	Relatie tussen procentuele afwijking en veiligheidsfactor	73
VI	Toepassing omrekenformule voor andere uitgangstemperaturen	75

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In het kader van het bedrijfstakonderzoek van de Nederlandse waterleidingbedrijven (BTO) en in samenwerking met UNETO-VNI en TVVL, heeft KWR de afgelopen jaren het simulatiemodel SIMDEUM® ontwikkeld, om huishoudelijke afnamepatronen van woningen en woongebouwen te kunnen voorspellen (Blokker, 2006). In 2009 is dit simulatiemodel uitgebreid/aangepast om ook niet-huishoudelijk waterverbruik in de utiliteitsbouw te voorspellen (Pieterse-Quirijns e.a., 2009; www.kwrwater.nl). SIMDEUM geeft een voorspelling van zowel de afnamepatronen van het koude als van het warme water voor verschillende categorieën in de utiliteitsbouw, namelijk kantoren, hotels en zorginstellingen. Deze afnamepatronen zijn belangrijk voor de dimensionering van leidingwaterinstallaties en voor de keuze van warmwaterbereidinginstallaties. Hiervoor is namelijk kennis nodig van de maximum moment volumestroom (MMV) voor koud en warm water en het maximum warm water volume (MWW) in verschillende tijdseenheden, zoals bijvoorbeeld per uur of per dag. Deze verschillende variabelen voor het waterverbruik kunnen uit de afnamepatronen van koud en warm water worden afgeleid.

Om niet voor iedere nieuwe situatie het model SIMDEUM te hoeven gebruiken zijn een aantal standaardsituaties gedefinieerd waarvoor rekenregels zijn opgesteld op basis van de uitkomsten van SIMDEUM (Blokker et al., 2007; Pieterse-Quirijns, 2008; Pieterse-Quirijns, 2010 en 2011). De rekenregels voor de utiliteitsbouw zijn opgesteld voor 2 typen kantoren, 2 typen hotels en 4 typen zorginstellingen. Deze typologieën zijn zodanig gestandaardiseerd dat op basis van de dominante variabele (het aantal medewerkers voor kantoren, het aantal hotelkamers en het aantal bedden in zorginstellingen) zowel de inrichting van het gebouw als het aantal andere verbruikers worden berekend en vervolgens het waterverbruik wordt voorspeld. Uit het berekende waterverbruik zijn de kentallen voor koud- en warmwaterverbruik geëxtraheerd en verwerkt in een rekenregel. De rekenregels berekenen de kentallen voor het waterverbruik bij een ingevoerde waarde voor de dominante variabele. De rekenregels voor de utiliteitsbouw zijn beschikbaar als praktisch gereedschap in de vorm van een Excelbestand.

De huidige ontwerpregels voor de utiliteitsbouw zijn opgenomen in ISSO-55 (ISSO-contactgroep 43, 2001). Ze zijn gebaseerd op metingen uitgevoerd tussen 1976 en 1980 en dus sterk verouderd. De vraag is of deze ontwerpregels geschikt zijn voor de huidige gebouwen. De inrichting van kantoren is in de loop van de tijd veranderd. De toiletruimte is uitgerust met moderne toiletten en urinoirs, er zijn koffieautomaten aanwezig. Daarnaast is de werkcultuur de afgelopen periode gewijzigd. Kantoren zijn gericht op flexibele werknemers, met kantoortuinen en strevend naar een hoge bezettingsgraad. Hotels zijn luxer uitgevoerd en in sommige gevallen uitgebreid met een conferentie- of theaterfunctie, dat leidt tot een ander waterverbruik. De zorgsector heeft een sterke verandering ondergaan. Er wordt gestreefd naar kleinschaligheid en zelfstandigheid. De zorgconsument heeft andere verwachtingen aangaande de privacy en continuering van de persoonlijke levensstijl. Daarnaast blijkt dat de ontwerpregels een overschatting geven van het gemeten waterverbruik (Pieterse-Quirijns et al., 2009). Dit leidt vaak tot overdimensionering van de installaties met negatieve gevolgen voor waterkwaliteit en energieverbruik. Bovendien geven de bestaande ontwerpregels van de utiliteitsbouw geen inzicht in het verbruik van warm water.

De op SIMDEUM-gebaseerde rekenregels geven een betere benadering van de resultaten van SIMDEUM of van metingen, dan de huidige ontwerprichtlijnen (Pieterse-Quirijns, 2010). Bovendien kunnen de warmwaterverbruiken in verschillende tijdseenheden voorspeld worden met de rekenregels, terwijl de huidige ontwerpregels hierover geen uitspraak doen. Echter voordat deze rekenregels de huidige regels in ISSO-55 zullen vervangen is het noodzakelijk om de rekenregels te valideren. Het model SIMDEUM is alleen gevalideerd met een beperkte meetset. SIMDEUM en de rekenregels zijn nog niet gevalideerd voor de gestandaardiseerde typologieën. In tegenstelling tot woningen is van de inrichting en het gedrag van de personen die water verbruiken in de utiliteitsbouw weinig bekend. Deze zijn gebaseerd op een aantal enquêtes, op bestaande richtlijnen, op validatieresultaten en op intuïtie. Het model voor de

verschillende typologieën moet daarom zowel gevalideerd worden op metingen als op de inrichting van de gestandaardiseerde gebouwen op basis van enquêtes. Bovendien is SIMDEUM alleen gevalideerd voor het totale waterverbruik, maar nog niet apart voor het warmwaterverbruik.

Het doel van dit rapport is in de eerste plaats de validatie van de opgestelde rekenregels voor hotels binnen de utiliteitsbouw. De overige gebouwen binnen de utiliteitsbouw worden in andere rapporten beschreven. In de tweede plaats wordt op basis van de resultaten van de validatie een aanbeveling gedaan om ISSO-55 aan te passen.

1.2 Aanpak

De rekenregels geven de kentallen van het waterverbruik voor twee typologieën van hotels als functie van het aantal hotelkamers. Voor een betrouwbare validatie van de rekenregels door middel van metingen zijn metingen van het waterverbruik van minstens vier gebouwen binnen elke typologie noodzakelijk. Dat betekent dat er 8 hotels nodig zijn (2 typologieën x 4 gebouwen). Dit was budgettair en qua doorlooptijd niet mogelijk. Daarom is gekozen voor een 'proof of concept'. Op basis van eerdere onderzoeken met metingen is er voldoende vertrouwen in SIMDEUM als simulatiemodel voor het berekenen van het koudwaterverbruik in woningen, woongebouwen en utiliteitsbouw. Als een juiste invoer van parameters wordt gekozen, voorspelt SIMDEUM het koudwaterverbruik goed. Daarom is een validatieprocedure opgezet die het vertrouwen in de methode ondersteunt: een validatie met metingen aan een beperkt aantal gebouwen binnen één typologie, ondersteund door enquêtes per typologie om de inrichting van de gestandaardiseerde hotels te valideren. Wanneer uit de validatieprocedure blijkt dat de inrichting van de gestandaardiseerde hotels op de juiste aannames is gebaseerd en dat de uitkomst van de rekenregels voor één typologie overeenkomen met de metingen, betekent dit dat de rekenregels het waterverbruik van de andere typologieën ook goed zal voorspellen.

De aanpak die gevolgd is bestaat uit een aantal stappen:

1. Meten van het koud- en warmwaterverbruik

Voor de 'proof of concept' worden metingen van het waterverbruik uitgevoerd in twee gebouwen binnen één typologie. De TVVL Werkgroep ST-29 heeft de zakelijk hotels als de gewenste typologie gekozen. In overleg met dezelfde TVVL Werkgroep zijn twee hotels van verschillende omvang geselecteerd binnen deze typologie zakelijke hotels als meetlocatie. In elk hotel wordt gedurende minimaal 30 dagen de volumestroom van het koud- en/of warmwater gemeten.

2. Extraheren van kentallen

Uit elke meetserie worden de benodigde kentallen van het waterverbruik afgeleid:

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

3. Validatie

De validatie van de rekenregels vindt vervolgens op twee niveaus plaats:

- 1) Validatie van de basis van de rekenregels:
 - a) De gemeten afnamepatronen worden vergeleken met de met SIMDEUM gesimuleerde afnamepatronen. Als deze afnamepatronen met elkaar overeenkomen, is dit een indicatie dat de basis van de rekenregels solide is.
 - b) Op basis van enquêtes wordt de inrichting van de gestandaardiseerde hotels gevalideerd, door het aantal gebruikers en het aantal tappunten in verschillende hotels te vergelijken met de aantallen in de rekenregels.

2) Validatie van de uitkomst van de rekenregels:

De gemeten kentallen worden vergeleken met de uitkomsten van de rekenregels. Hierdoor kan een uitspraak gedaan worden of de rekenregels betrouwbaar zijn.

4. Omzetten naar ontwerprekenregels

Er is een procedure nodig die de rekenregels omzetten in ontwerprekenregels, die door installateurs gebruikt kunnen worden via ISSO-handleidingen. Deze procedure bestaat uit de volgende stappen:

- a. het ontwikkelen van een unanieme aanpak voor het gebruik van de nieuwe ontwerprekenregels voor utiliteitsbouw en het vaststellen van de waarde van het aantal hotelkamers n waarvoor de rekenregels toepasbaar zijn.
- b. het ontwikkelen van een methode om een veiligheidsmarge/ontwerpmarge in de bestaande rekenregels voor hotels op te nemen zodat ontwerprekenregels ontstaan.
- c. het toetsen van een omrekenformule om de warmwaterhoeveelheden te berekenen bij andere uitgangstemperaturen.

De minimale waarde van het aantal hotelkamers waarvoor de rekenregels toepasbaar zijn en de veiligheidsmarge zijn verwerkt in het bijbehorende Excelbestand:

KWR_2013_ontwerprekenregels_utiliteitsbouw.

Met de uiteindelijke ontwerprekenregels, inclusief de veiligheidsfactoren, worden de consequenties voor het ontwerp van de leidingwaterinstallatie en warmwaterbereiders in hotels tenslotte uiteengezet.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de rekenregels voor hotels kort beschreven. Met deze informatie kan de invoer van de rekenregels voor de twee gekozen hotels bepaald worden. In hoofdstuk 3 wordt de validatieprocedure beschreven. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 de basis van de rekenregels voor hotels getoetst met de gemeten afnamepatronen van het waterverbruik en met gehouden enquêtes. In hoofdstuk 5 worden de uitkomsten van de rekenregels van hotels vergeleken met de gemeten kentallen. Hoe de rekenregels vertaald kunnen worden naar ontwerprekenregels voor ISSO-55 en of ze ook bij andere temperaturen toegepast kunnen worden, staat centraal in hoofdstuk 6. Hoofdstuk 7 beschrijft de vergelijking van de ontwerprekenregels voor hotels met bestaande ISSO-richtlijnen en de consequenties voor de leidingwaterinstallatie. In hoofdstuk 8 wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen.

2 Rekenregels voor hotels

SIMDEUM berekent het waterverbruik in een gebouw door het gedrag van de aanwezige gebruikers te modelleren, rekeninghoudend met de verschillen in installatie en in waterverbruikende apparaten. SIMDEUM voor de utiliteitsbouw heeft een modulaire opbouw. Elk gebouw is opgesplitst in functionele ruimtes, die gekarakteriseerd worden door hun waterverbruik. Per functionele ruimte is een bepaald type gebruiker aanwezig. Zo is een hotel opgesplitst in de volgende functionele ruimten met waterverbruikers zoals hotelkamers met hotelgasten, keuken/restaurant met keukenpersoneel, een bijeenkomstruimte of pantry¹ voor het personeel en bezoekers, de schoonmaak met schoonmakers en douches buiten de douches op de hotelkamer voor personeel. Sommige hotels bezitten conferentieruimtes of een theater die dan als ruimte binnen de pantry zijn verwerkt, met congresgasten of theaterbezoekers als gebruikers. Het wassen van bedlinnen wordt uitbesteed.

Door de projectgroep zijn twee typologieën voor hotels vastgesteld, zakelijke en toeristische hotels. Het type hotelgast bepaalt de typologie waartoe het hotel behoort. In Tabel 2-1 zijn de karakteristieke eigenschappen van beide hotelgasten weergegeven:

- a) kenmerken van gasten in een zakelijk hotel: gasten zijn aanwezig in een zakelijke setting (werkgerelateerde activiteiten), het waterverbruik wordt gekarakteriseerd door een piekverbruik in de ochtend. In een zakelijk hotel staan de meeste gasten tussen 7 en 8 uur op, douchen eventueel en verlaten het hotel of gaan naar een conferentie in het hotel. De hotelkamers zijn voornamelijk bezet door 1 persoon. Daarnaast douchen zakelijke gasten korter en gaan ze minder vaak in bad dan toeristen.
- b) kenmerken van gasten in een toeristisch hotel: gasten zijn aanwezig in een toeristische setting. De gasten staan meer verspreid in de ochtend op. Het waterverbruik wordt gekarakteriseerd door een breder piekverbruik in de ochtend, in vergelijking tot een zakelijk hotel. De hotelkamers zijn voornamelijk bezet door 2 personen. Daarnaast douchen toeristische gasten langer en gaan ze vaker in bad dan zakelijke gasten.

Bij hotels blijkt de volumestroom van de douche bepalend te zijn voor het waterverbruik. Omdat het type douche dat aanwezig is in hotels sterk kan variëren, zijn daarom naast de hoteltypologieën ook zeven douchetypes vastgesteld. De volumestromen behorend bij de zeven types zijn ook te zien in Tabel 2-1. De volumestroom van de douches is een indicatie voor de luxe/comfort van het hotel. Bij het gebruik van de rekenregels voor het berekenen van het waterverbruik moeten dus zowel de hoteltypologie als het type douche als invoer opgegeven worden.

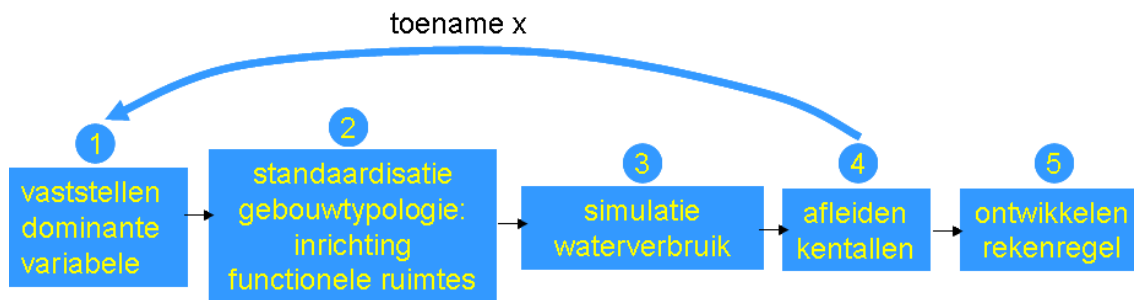
¹ pantry is gekozen als vereenvoudigde benaming van de sanitaire ruimte met toiletten en wastafels en koffieautomaten voor medewerkers, bezoekers en gasten voor conferentie en theater.

Tabel 2-1 Hoteltypologieën binnen rekenregels voor hotels

hoteltypologie			douchetype	
keuze-mogelijkheid	beschrijving karakteristieke eigenschappen hotelgast en bezetting hotelkamer		keuze-mogelijkheid	volumestroom [l/s]
zakelijk hotel	zakelijke gast	zakelijke setting: piek tussen 7 en 8 uur	douche I	0,07
	bezetting hotelkamer	80% door 1 persoon 20% door 2 personen	douche II	0,12
	waterverbruikend gedrag	doucheduur: 5 min. badfrequentie: 0,2 dag ⁻¹	douche III	0,19
toeristisch hotel	toeristische gast	toeristische setting: bredere ochtendpiek	douche IV	0,24
	bezetting hotelkamer	20% door 1 persoon 80% door 2 personen	douche V	0,37
	waterverbruikend gedrag	doucheduur: 7 min. badfrequentie: 0,4 dag ⁻¹	douche VI	0,42
			douche VII	0,5

Het doel van de rekenregels is om voor elk type hotel uit Tabel 2-1 met een willekeurige omvang de kentallen van het waterverbruik, namelijk MMV_{koud} , MMV_{warm} en MWW voor verschillende tijdseenheden, te berekenen. De invoer van de rekenregels van hotels is de dominante variabele: het aantal hotelkamers. Het waterverbruik in hotelkamers is namelijk de dominante factor in de beschrijving van het totale waterverbruik in hotels en het patroon van de volumestroom in de dag. Het waterverbruik in de hotelkamers bedraagt ongeveer 80-90% van het totale waterverbruik van hotels. Voor het ontwikkelen van de rekenregels is het daarom noodzakelijk om de gebruikers en de leidingwaterinstallatie van een hotelkamer nauwkeurig vast te leggen. Bij hotels met een bijzonder karakter, zoals hotels met een congrescentrum of een theater, zal de pantry een bijdrage leveren aan het patroon van het totaal waterverbruik, afhankelijk van de soort gast. Congresgasten en cursisten zullen het verbruik in de loop van de dag verhogen, terwijl theaterbezoekers een verhoogd avondverbruik geven (Pieterse-Quirijns, 2010).

Bij de ontwikkeling van de rekenregels, moet SIMDEUM bij elke willekeurige invoer van de dominante variabele een afnamepatroon kunnen berekenen voor de gewenste gebouwtypologie (uit Tabel 2-1). Dit betekent dat voor die waarde van de dominante variabele een gebouw geconstrueerd moet worden, waar in elke functionele ruimte bekend is hoeveel waterverbruikende apparaten aanwezig zijn en hoeveel gebruikers. Wanneer de gebruikers en alle apparaten bekend zijn, kan SIMDEUM het waterverbruik berekenen. Daarom is elke gebouwtypologie gestandaardiseerd, waardoor op basis van de dominante variabele zowel de inrichting van het gebouw als het aantal gebruikers worden berekend en vervolgens het waterverbruik wordt voorspeld.



Figuur 2-1 Schematische weergave van de ontwikkeling van rekenregels voor de utiliteitsbouw

Op basis van simulaties van het waterverbruik van de gestandaardiseerde hotels met 10-500 hotelkamers zijn de rekenregels ontwikkeld (Figuur 2-1). In Pieterse-Quirijns (2010 en 2011) is de ontwikkeling van de rekenregels en de bijbehorende keuzes uitvoerig beschreven. De inrichting van de hotels bij een bepaalde waarde van het aantal hotelkamers wordt in hoofdstuk 4 (pagina 17) van dit rapport gevalideerd op basis van enquêtes.

Om de rekenregels voor hotels te kunnen toepassen, in het ontwerp van een gebouw of bij validatie van het waterverbruik is er inzicht nodig of het te ontwerpen hotel of het bemeten hotel voldoet aan de hoteltypologieën in de rekenregels (Tabel 2-1). Bij de keuze voor een hoteltypologie zijn de overwegingen voornamelijk gericht op het gedrag van de hotelgasten. De richtlijnen in Tabel 2-1 kunnen hiervoor gebruikt worden. Zijn de hotelkamers voornamelijk bezet door twee personen (toeristisch) of door zakelijke gasten (zakelijk hotel)?

In sommige gevallen is het niet zo vanzelfsprekend van welk type hotel sprake is:

- a) hotel dichtbij een vliegveld: hier zal het waterverbruik meer gerelateerd zijn aan de aankomst- en vertrektijden van de vluchten. In het te ontwerpen hotel zal het verbruik meer over de dag uitgesmeerd worden en mogelijk wordt een kamer twee keer verhuurd. Doordat het verbruik uitgesmeerd wordt, zullen de rekenregels (en de gebruikelijke $q \sqrt{n}$ nog meer) een hoger piekverbruik voorspellen dan in werkelijkheid zal plaatsvinden. Daarnaast speelt bij de keuze van de hoteltypering ook een rol hoeveel personen aanwezig zijn per kamer. Zal het te ontwerpen hotel voornamelijk gericht zijn op zakelijke reizigers (1 persoon per kamer) of meer op de toeristische reizigers (2 personen per kamer)? In het eerste geval kan de typering zakelijk hotel gekozen worden, bij de tweede een toeristisch hotel.
- b) hotels met ruimte voor conferenties (Pieterse-Quirijns, 2010): de aanwezigheid van conferentiegasten heeft geen effect op de piekverbruiken voor koud en warmwater. Het totaal waterverbruik neemt wel toe, maar de maxima worden bepaald door het waterverbruik in de hotelkamers bij volledige bezetting. Dit geldt wanneer het aantal conferentiegasten maximaal 1,5 x het aantal hotelkamers bedraagt. Bij meer conferentiegasten kan het aantal gasten mogelijk wel een bijdrage leveren aan het piekverbruik. De keuze van het type hotel blijft dan gebaseerd op het karakter van de gasten op de hotelkamers.
- c) hotels met theater of feestruimte (Pieterse-Quirijns, 2010): de aanwezigheid van theater heeft geen effect op de piekverbruiken voor koud en warmwater. Het totaal waterverbruik neemt wel toe, maar de maxima worden bepaald door het waterverbruik in de hotelkamers bij volledige bezetting. Dit geldt wanneer het aantal theatergasten maximaal 5 x het aantal hotelkamers bedraagt. Bij meer feestgasten kan het aantal gasten mogelijk wel een bijdrage leveren aan het piekverbruik. De keuze van het type hotel blijft dan gebaseerd op het karakter van de gasten op de hotelkamers.

In de gestandaardiseerde hotels is elke hotelkamer uitgerust met een toilet, een douche, een bad en een wastafel. De rekenregels, die het waterverbruik voorspellen, kunnen echter zowel voor hotels zonder als met bad gebruikt worden. De reden hiervoor is dat door de lage frequentie van het bad, de invloed ervan op de kentallen niet groot zal zijn.

In de rekenregels van de hotels wordt aangenomen dat niet alle hotelgasten gebruik maken van het restaurant in het hotel:

ontbijt: 90% van het aantal hotelkamers

lunch: 50% van het aantal ontbijtgasten (+ alle cursisten in geval van een conferentiehotel)

diner: 50% van het aantal ontbijtgasten (+ 10% van het aantal theatergasten)

Omdat het waterverbruik binnen de hotels vooral bepaald wordt door het waterverbruik op de hotelkamers, veranderen de kentallen voor de piekverbruiken niet of nauwelijks wanneer niet aan deze voorwaarden van restaurantgebruik wordt voldaan.

3 Validatieprocedures

3.1 Inleiding

In de validatie van de rekenregels voor hotels worden de basis van de rekenregels en de uitkomsten ervan getoetst aan metingen. In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe en waar de metingen zijn uitgevoerd. Vervolgens wordt beschreven wat de procedure is om de basis van de rekenregels te toetsen op basis van het gemeten afnamepatroon en op basis van enquêtes. Hoe de kentallen voor koud en warm water uit de metingen zijn afgeleid en hoe de vergelijking met de rekenregels heeft plaatsgevonden wordt daarna beschreven. Tot slot wordt beschreven hoe het verschil met de huidige richtlijnen wordt bepaald en hoe de consequenties voor het ontwerp van de leidingwaterinstallaties zijn afgeleid.

3.2 Meetmethode

Voor het meten van het koud- en warmwaterverbruik is de Proline Prosonic Flow meter gebruikt (Figuur 3-1). De Prosonic Flowmeter is een ultrasone meter in clamp-on uitvoering. De volumestroommeter wordt aan de buitenkant van de leiding bevestigd. Dit betekent dat er geen ingrepen hoeven te worden gedaan in installaties. Bovendien wordt de watertoevoer niet verstoord of beïnvloed.

De volumestroommeters zijn zodanig geïnstalleerd dat voldaan is aan de gewenste afstand van appendages, zoals bochten en afsluiters (Beverloo, 2011).

Om er absoluut zeker van te zijn dat het maximale waterverbruik wordt gemeten en geregistreerd, is elke seconde de volumestroom gemeten met een nauwkeurigheid van 0,5%. Dit is voor het eerst dat op zo'n kleine tijdschaal het waterverbruik van zowel het koude water (direct achter de watermeter) als het warme water zijn gemeten. Elke seconde werd het waterverbruik gemeten. Als het nodig was werd elke seconde de meting opgeslagen. Indien mogelijk werd om opslagruimte te besparen elke seconde gemeten, maar per minuut het maximum en het gemiddelde opgeslagen.



Figuur 3-1 Weergave van een Proline Prosonic volumestroommeter.

3.3 Selectie gebouwen in validatieprocedure

In de 'proof of concept' is gekozen voor de hoteltypologie zakelijke hotels, waarbinnen metingen van het waterverbruik worden uitgevoerd in twee hotels met standaarddouche (0,12 l/s). De rekenregels voor hotels berekenen de kentallen voor het waterverbruik door eenvoudige rechte lijnen (Pieterse-Quirijns, 2010). Ze zijn gebaseerd op simulaties van het waterverbruik in hotels met 10-500 hotelkamers. Om de rekenregels te valideren, zijn daarom twee hotels geselecteerd met uiteenlopende omvang, zodat op twee uit elkaar gelegen plaatsen op de rechte lijnen een punt wordt verkregen. In Tabel 3-1 zijn de bemeten hotels beschreven, samen met de kenmerken van de metingen. Ondanks dat een periode was nagestreefd met maximale bezetting (ivm een evenement in de buurt) bleek dit in de praktijk niet haalbaar.

In de praktijk blijkt het erg moeilijk om geschikte meetlocaties te vinden. Hiervoor zijn verschillende redenen. Het is niet eenvoudig om toestemming te krijgen om te meten of om de geschikte contactpersonen te vinden. Daarnaast voldoen aangeboden gebouwen soms niet aan de voorwaarden: ze hebben bijvoorbeeld geen collectieve warmwatervoorziening of ze passen niet binnen de gewenste typologie. Als tenslotte de meetlocatie op papier geschikt lijkt, blijken er nog een groot aantal haken en ogen mogelijk te zijn voor de meting met de volumestroommeters. Bij hotels vielen veel meetlocaties af: de leidingwaterinstallatie was te krap waardoor er niet voldoende ruimte is om de meters te installeren, er was niet voldoende rechte leiding om de volumestroommeter met een gewenste minimale afstand van appendages als bocht of afsluiter te kunnen installeren, de waterleiding ging direct een schacht in waardoor installatie van de meters niet mogelijk was.

Tabel 3-1 Uitgevoerde metingen van het koud- en/of warmwaterverbruik van twee hotels van variërende omvang

hotel	aantal hotelkamers	bezetting op weekdagen (gedurende meetperiode)	kenmerken metingen				
			meetperiode	koud/warm	aantal dagen	weekdagen	weekend -dagen
hotel I	80	8-100%	06-01-2011 tot 08-02-2011	koud en warm	32	22	10
hotel II	192	14-100%	12-11-2010 tot 12-12-2010	koud en warm in twee TR ^a	28	18	10

ad^a: TR staat voor technische ruimte

3.4 Validatieprocedure niveau 1: validatie basis rekenregels hotels

De basis van de rekenregels van hotels wordt getoetst op twee manieren:

a) *vergelijking van het gemeten afnamepatroon met het gesimuleerde afnamepatroon van gestandaardiseerde hoteltype*

De basis van de rekenregels wordt getoetst door van twee hotels de gemiddelde² van de gemeten afnamepatronen van koud en warmwater op weekdagen te vergelijken met het gemiddelde van 100 gesimuleerde afnamepatronen van het gestandaardiseerde hotel met een eenzelfde douchetype en vergelijkbaar aantal hotelkamers. Alleen de metingen tijdens weekdagen worden gebruikt in de validatie, omdat deze een zuiverder patroon van een zakelijk hotel geven.

² in de programmatuur is de mediaan van de afnamepatronen berekend. In de praktijk blijkt dat deze vergelijkbaar is met het gemiddelde.

b) vergelijking van de inrichting van de gestandaardiseerde hotels met geënquêteerde inrichting van hotels

De rekenregels zijn gebaseerd op gestandaardiseerde hotels, waarin het aantal gebruikers en het aantal tappunten worden berekend op basis van het aantal hotelkamers, de grootte van de dominante variabele. Door het houden van enquêtes in 5 hotels is deze inrichting getoetst aan de werkelijkheid. In bijlage I is de enquête voor de inventarisatie van het aantal gebruikers en aantal tappunten in een hotel opgenomen. De enquêtes zijn zodanig opgebouwd dat per functionele ruimte in het hotel het aantal aanwezige gebruikers en de aanwezige tappunten met hun karakteristieke eigenschappen worden geïnventariseerd. Tevens wordt onderzocht of alle tappunten of waterverbruikende apparaten in de gestandaardiseerde hotels zijn opgenomen.

In de praktijk bleek het houden van de enquêtes zeer moeizaam te zijn. Het gericht uitsturen van de enquêtes en deze weer ingevuld terugontvangen bleek onhaalbaar. De gewenste informatie in de enquêtes is daarom door het houden van interviews achterhaald. Dit bleek een zeer arbeids- en tijdsintensief proces: het vinden van medewerking was een langdurig proces, de informatie kon niet altijd door één persoon gegeven worden, de gewenste informatie was van een te hoog detailniveau, de volumestroom van tappunten moest KWR zelf achterhalen. Voor hotels bleek het niet mogelijk om 4 zakelijke en 4 toeristische hotels te interviewen, doordat veel hotels niet bereid waren om mee te werken. De hotels waarin het waterverbruik was gemeten bijvoorbeeld wilden niet meewerken aan de enquêtes. Tevens blijkt dat hotels zich niet kenmerken als puur zakelijk of puur toeristisch. Sommige hotels zijn voornamelijk zakelijk met een lage bezetting in het weekend. Er zijn echter ook hotels, die zich karakteriseren als zakelijk in de week en als toeristisch in het weekend. Andere hotels noemen zich voor 70% zakelijk en voor 30% toeristisch.

3.5 Validatieprocedure niveau 2: validatie uitkomsten rekenregels hotels

De rekenregels voorspellen een aantal kentallen van het waterverbruik, namelijk MMV_{koud} , MMV_{warm} en MWW in 10 minuten, 60 minuten, 120 minuten en een dag. Deze kentallen worden uit de meetseries op secondebasis afgeleid als:

$$X_{meting} = \bar{X} + 3 \cdot \sigma \quad (1)$$

waarin:

$\bar{X}$	=	de gemiddelde waarde van de kentallen uit 20-30 gemeten dagelijkse afnamepatronen
σ	=	de standaard deviatie binnen de 20-30 gemeten kentallen

De resulterende waarden voor MMV_{koud} , MMV_{warm} en MWW vertegenwoordigen het 99,7-percentiel. Dat betekent dat 99,7% van de kentallen beneden deze waarde vallen. X_{meting} is dus de waarde van het kental waar 99,7% van de meetseries aan zal voldoen.

Echter deze methodiek geldt bij een volledige bezetting van gebouwen of bij steeds eenzelfde bezetting. Uit Tabel 3-1 blijkt dat hier voor beide hotels niet aan voldaan wordt. De variatie in de data is erg groot door de variabele bezetting. Het percentage van 'standaard deviatie/gemiddelde' bedraagt voor de hotels (19-57%) en (18-47%). Bij de woontorens (7-20%), kantoren (12 en 13%) en zorginstelling (5-18%) zijn deze variaties veel kleiner. Door de variërende bezetting wordt dus een zeer grote standaard deviatie verkregen, waardoor deze methodiek niet meer toepasbaar is.

De variabele bezetting vereist ook een methode voor de interpretatie van de kentallen, die uit de dagelijkse afnamepatronen afgeleid worden. De bezetting moet in de resultaten verwerkt worden. Wanneer de dagelijkse afnamepatronen van dagen met variabele bezetting geanalyseerd worden, blijkt het volgende:

- a) de ochtendpiek wordt bepaald door de bezetting van de vorige dag als het uitchecken plaatsvindt rond 10-12 uur. Dat betekent dat de gemeten MMV_{koud} , MMV_{warm} , MWW_{10} en MWW_{60} betrekking hebben op de geregistreerde bezetting van de vorige dag.
- b) het warmwaterverbruik over langere tijdsduren, namelijk over 2 uur en een hele dag heeft betrekking over de gehele dag. Als bezetting voor deze kentallen wordt het gemiddelde genomen van de bezetting van de vorige dag en van de betreffende dag.

Kortom, de maximale kentallen kunnen niet op de standaard manier voor de hotels bepaald worden uit de meetseries, namelijk als $\bar{X} + 3 \cdot \sigma$, door de variërende bezetting. Daarom wordt voor hotels gekozen voor de gemiddelde waarde van de kentallen bij maximale bezetting. Er wordt niet gekozen voor de maximale waarde van de kentallen, omdat uit analyses van de afnamepatronen blijkt dat deze niet samenvallen met maximale bezetting van de hotels. Soms vallen ze zelfs samen met een zeer lage bezetting van de hotels. Waarschijnlijk worden deze maximale waarden veroorzaakt door een bijzonder soort waterverbruik. Mogelijkheden zijn *Legionella* spoeling of extra schoonmaakactiviteiten.

$$X_{meting} = \bar{X}_{maximale\ bezetting} \quad (2)$$

De afwijking van de rekenregels voor de gekozen hoteltypologie, gekozen douchetype en aantal hotelkamers ten opzichte van de gemeten waarde wordt uitgedrukt als:

$$r\Delta = \frac{X_{rekenregel} - X_{meting}}{X_{meting}} \cdot 100\% \quad (3)$$

waarin:

$r\Delta$ = relatieve afwijking ten opzichte van de meting [%]
 X = het betreffende kental: MMV_{koud} , MMV_{warm} of MWW

Deze afwijkingen worden gebruikt om veiligheidsmarges vast te stellen, die een onderdeel vormen van de omzetting van de rekenregels in ontwerprekenregels, zoals beschreven in paragraaf 6.3 op pagina 31.

3.6 Vergelijking met bestaande richtlijnen en consequenties voor de ontwerpen

3.6.1 Bestaande richtlijnen voor waterverbruik hotels

De uitkomsten van de ontwerprekenregels (inclusief de veiligheidsmarge) op basis van SIMDEUM worden vergeleken met gepubliceerde richtlijnen. Voor de utiliteitsbouw bestaan momenteel ontwerprichtlijnen voor het berekenen van de maximum moment volumestroom van koud water in verschillende type gebouwen. Deze ontwerprichtlijnen zijn opgenomen in 'Het ontwerpen van sanitaire installaties' (Scheffer, 1994) en ISSO-55 (ISSO-contactgroep 43, 2001). In Tabel 3-2 zijn deze richtlijnen weergegeven.

De kentallen voor warmwaterverbruik, MMV_{warm} en de warmwaterverbruiken bestaan geen richtlijnen. In de praktijk wordt MMV_{warm} op dezelfde manier als MMV_{koud} berekend. De procedure voor bijtelling door gelijktijdigheidsklassen is hierin niet meegenomen.

De bestaande richtlijnen zijn op vergelijkbare manier vergeleken met de metingen, namelijk als:

$$r\Delta = \frac{X_{bestaande\ richtlijn} - X_{meting}}{X_{meting}} \cdot 100\% \quad (4)$$

waarin:

$r\Delta$ = relatieve afwijking ten opzichte van de meting [%]
 X = het betreffende kental: MMV_{koud} of MMV_{warm}

Tabel 3-2 Ontwerprichtlijnen voor berekenen van MMV_{koud} (l/s) voor verschillende categorieën binnen de utiliteitsbouw (ISSO-55 (ISSO-contactgroep 43, 2001) en Scheffer, 1994)

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

ad ^a: $q\sqrt{n}$ -methode: $q\sqrt{n} = 0,083 \cdot \sqrt{\Sigma TE}$

3.6.2 Consequenties voor ontwerp

Consequenties voor ontwerp leidingdiameter

Het ontwerp van de leidingdiameter is gebaseerd op de MMV. De maximale stroomsnelheid, v_{max} bepaalt de inwendige leidingdiameter, d_{in} :

$$d_{in} = \sqrt{\frac{MMV / 1000}{0.25 \cdot \pi \cdot v_{max}}} \cdot 1000 \text{ [mm]} \quad (5)$$

Voor v_{max} is een maximale toelaatbare stroomsnelheid van 2 m/s genomen. De resulterende interne diameter wordt vergeleken met bestaande diameters van koperen leidingen, die beperkt zijn in aantal/range. De kleinste koperen leiding die aan de berekende inwendige diameter voldoet wordt geselecteerd.

Aan de hand van de MMV kan de leidingdiameter gekozen worden voor het totale traject. Er dient een controle uitgevoerd te worden op maximum drukverlies. Als het drukverlies ontoelaatbaar hoog is, is een vergroting van de diameter gewenst.

De consequenties van het gebruik van de rekenregels voor het ontwerp van de leidingdiameter worden bepaald, door de diameters, die volgen uit vergelijking 5 met de MMV verkregen met de verschillende richtlijnen, te vergelijken met de diameters die volgen uit de gemeten MMV.

Consequenties voor ontwerp warmwaterbereider

Voor de keuze van de warmwaterbereider, uitgedrukt in vermogen en inhoud van het voorraadvat, is in de herziene versie van ISSO-55 een ontwerpprocedure opgenomen. Op basis van de uitkomsten van de rekenregels voor warmwaterverbruik, namelijk MMV_{warm} , MWW_{10} , MWW_{60} , MWW_{120} , MWW_{dag} kan met behulp van de bijbehorende tool een benodigde combinatie van vermogen en inhoud van de warmwaterbereider geselecteerd worden.

Om de consequenties van het gebruik van de rekenregels voor het ontwerp van de warmwaterbereider te onderzoeken, zijn de dimensies voor de warmwaterbereider vergeleken met voorstellen van fabrikanten. Voor de hotels waarin het waterverbruik is gemeten, is hiertoe een ontwerp van een warmwaterbereider opgevraagd bij fabrikanten op basis van de karakteristieke eigenschappen van de hotels.

4 Validatie niveau 1: basis rekenregels gestandaardiseerde hotels

4.1 Inleiding

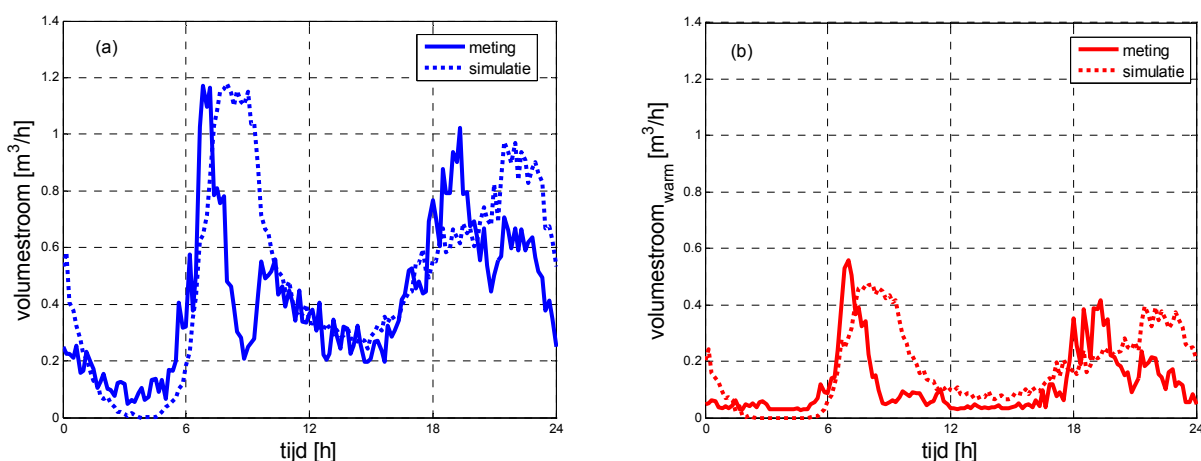
De validatie van de rekenregels voor hotels vindt plaats op twee niveaus: de basis van de rekenregels wordt gevalideerd volgens het 'proof of concept' en de uitkomsten van de rekenregels worden gevalideerd. In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van de validatie op het eerste niveau. Allereerst wordt het gemeten afnamepatroon van koud- en warmwaterverbruik op secondebasis van twee hotels vergeleken met het gesimuleerde afnamepatroon van gestandaardiseerde zakelijke hotels met eenzelfde aantal hotelkamers. Vervolgens wordt de inrichting van de gestandaardiseerde hotels getoetst met informatie uit enquêtes naar aantal gebruikers en tappunten in 5 verschillende hotels.

4.2 Validatie gestandaardiseerde hotels op basis van gemeten dagpatronen

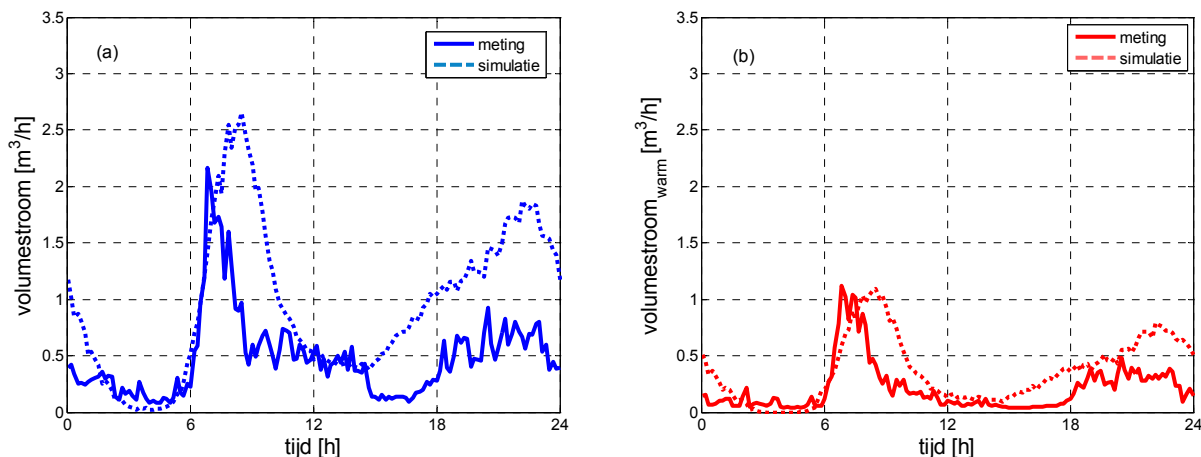
4.2.1 Vergelijking van gemeten afnamepatroon met het gesimuleerde afnamepatroon

De basis van de rekenregels voor hotels is getoetst door het gemeten dagpatroon voor koud- en warmwaterverbruik te vergelijken met het gesimuleerde patroon. Het waterverbruik van de gestandaardiseerde zakelijke hotels, waarop de rekenregels zijn gebaseerd, is gesimuleerd met 100 hotelkamers voor hotel I en 200 hotelkamers voor hotel II (Tabel 3-1), beide met douchetype II omdat de volumestroom van de douches in de bemeeten hotels 0,12 [l/s] bedraagt (Tabel 2-1).

De vergelijking tussen de meting en de simulatie van het koud- en warmwaterverbruik is voor hotel I te zien in Figuur 4-1 en voor hotel II in Figuur 4-2. De figuren laten zien dat het waterverbruik in de gestandaardiseerde hotels een vergelijkbaar patroon vertoont als het gemeten gemiddelde waterverbruik, voor zowel koud- als warm water. De ochtendpiek in de gestandaardiseerde gebouwen is echter wat breder en de avondpiek valt op een later tijdstip.



Figuur 4-1 Het gemeten (—) en gesimuleerde (- -) *gemiddelde* afnamepatroon op weekdagen voor koud water (=totaal water) in a) en warm water in b) voor zakelijk hotel I met 80 hotelkamers (weergave met een tijdschaal van 10 minuten). Het gesimuleerde afnamepatroon heeft betrekking op 100 hotelkamers.



Figuur 4-2 Het gemeten (—) en gesimuleerde (- -) **gemiddelde** afnamepatroon op weekdays voor koud water (=totaal water) in a) en warm water in b) voor zakelijk hotel II met 192 hotelkamers (weergave met een tijdschaal van 10 minuten). Het gesimuleerde afnamepatroon heeft betrekking op 200 hotelkamers.

Alleen de bredere ochtendpiek zal consequenties hebben voor de kentallen, die uit de afnamepatronen zijn afgeleid. Immers, wanneer het waterverbruik in een smallere tijdsperiode plaatsvindt, dan aangenomen in de gestandaardiseerde hotels, dan leidt dit een hoger waterverbruik in de kleinere tijdsperiodes, zoals MMV en MWW in 10 minuten en 1 uur. Dit betekent dat een correctie van de kentallen MMV_{koud} , MMV_{warm} , MWW_{10} en MWW_{60} verwacht kan worden op basis van de breedte van de gesimuleerde ochtendpiek.

Uit Figuur 4-1 blijkt dat voor een kleiner hotel de hoogte van de ochtend- en avondpiek minder van elkaar verschilt dan voor een groter hotel. Dit betekent dat in een kleiner hotel het mogelijk is, als bijvoorbeeld iedereen 's avonds douchet, dat het piekverbruik naar de avond verschuift en dit levert dan een hoger piekverbruik op.

De tendens in de afnamepatronen is gebaseerd op de gemiddelde afnamepatronen. In bijlage II is ook het waterverbruik te zien voor de hotels bij volledige bezetting. Uit de bijlage blijkt dat het waterverbruik bij volledige bezetting wel hoger ligt dan het gemiddelde gesimuleerde waterverbruik. Echter de 99-percentielen voldoen voor het beschrijven van het waterverbruik bij volledige bezetting en op deze patronen zijn de rekenregels gebaseerd.

Uit de figuren blijkt dus duidelijk dat met SIMDEUM goed inzicht wordt verkregen in het verloop van het waterverbruik in een zakelijk hotel, niet alleen in het piekverbruik, maar ook in het verloop van het verbruik gedurende de dag van zowel het koude als het warme water. Dat er nu inzicht is verkregen in het warmwaterverbruik is een duidelijke winst. De overeenkomst tussen de metingen en de berekende afnamepatronen toont aan dat de basis voor de rekenregels betrouwbaar is.

4.3 Validatie gestandaardiseerde hotels op basis van enquêtes

De variabele in de rekenregels voor hotels is *het aantal hotelkamers* bij volledige bezetting. De inrichting van de functionele ruimtes in een gestandaardiseerd hotel vindt daarom plaats op basis van het aantal hotelkamers. Het aantal andere gebruikers en het aantal tappunten wordt berekend voor variërende waarde van het aantal hotelkamers n . In Pieterse-Quirijns (2010) zijn relaties opgesteld die het aantal gebruikers en het aantal tappunten als functie van het aantal hotelkamers berekenen, voor $n = 10 - 500$. Op basis van 5 enquêtes (zie bijlage I) worden deze relaties gevalideerd.

Voordat de enquêtes behandeld worden in dit hoofdstuk dienen een aantal kanttekeningen gemaakt te worden:

- 1) De bedoeling was om 4 enquêtes voor zakelijke hotels en 4 enquêtes voor toeristische hotels te houden. Echter, de medewerking vanuit hotels verliep zeer moeizaam. Daarnaast bleek dat de karakterisering van zakelijk en toeristische hotels niet zo zuiver gemaakt kan worden. Veel hotels met meer een toeristisch karakter noemen zich gedeeltelijk zakelijk en gedeeltelijk toeristisch. Daarom wordt de inrichting van de hotels geïnventariseerd, zonder onderscheid te maken in zakelijk en toeristisch. Dit komt ook overeen met de rekenregels, waarin de zakelijke en toeristische hotels zich alleen onderscheiden in de bezetting van de hotelkamers en het waterverbruikend gedrag van de hotelgasten. Om deze reden is 5 enquêtes voldoende.
- 2) De inrichting van de hotels ligt vast qua waterverbruikende apparatuur en tappunten. Echter het aantal gebruikers kan zeer sterk variëren. In tegenstelling tot kantoren of zorginstellingen liggen de aantallen gebruikers minder vast door de grote variabiliteit die mogelijk is in hotels door variabele bezetting, door de mogelijkheid van evenementen en congressen, etc. Hotels zijn zeer flexibel en zijn gericht op de tegemoetkoming van klanten en daardoor kan de aanwezigheid van andere gebruikers, zoals personeel in de keuken en aan de receptie zeer sterk variëren. Bij het houden van de interviews voor de invulling van de enquêtes bleek het heel lastig voor de medewerker van het hotel om antwoord te geven op vragen die betrekking hebben op het aantal gebruikers. Om deze reden zijn naast de 5 enquêtes, ook de vier beschikbare enquêtes uit Pieterse-Quirijns e.a. (2009) gebruikt.

In deze paragraaf worden achtereenvolgens het aantal gebruikers, het aantal tappunten en de inrichting van de hotelkamers in de gestandaardiseerde hotels gevalideerd.

4.3.1 Validatie van het aantal gebruikers in gestandaardiseerde hotels

Een hotel is opgesplitst in de volgende functionele ruimten met waterverbruikers: hotelkamers met hotelgasten, keuken/restaurant met keukenpersoneel, een bijeenkomstruimte of pantry³ voor het personeel en bezoekers, de schoonmaak met schoonmakers en douches buiten de douches op de hotelkamer voor personeel. De hotelkamers met de hotelgasten zijn de dominante gebruikers en bepalen het grootste gedeelte van het waterverbruik. De andere gebruikers uit deze paragraaf bepalen slechts nog een klein gedeelte van het totaal watergebruik, ongeveer 10-20% (Pieterse-Quirijns, 2010). In Figuur 4-3 is het aantal gebruikers in de negen verschillende hotels vergeleken met het aantal dat aanwezig is in de gestandaardiseerde hotels.

Figuur 4-3a en b geeft het aantal medewerkers en bezoekers die gebruik maken van de pantry/bijeenkomstruimte of toiletruimte. Het aantal medewerkers wordt in de gestandaardiseerde hotels gemiddeld goed voorspeld. In twee hotels is significant een groter aantal medewerkers aanwezig, waarbij het hotel met de uitschieter een theaterhotel betreft, waar extra personeel aanwezig is door het bijzondere karakter van het hotel. De verhouding mannelijke en vrouwelijke medewerkers heeft een kleine bijdrage (max. 10%) in het waterverbruik van de pantry, zoals uit de rekenregels voor de kantoren blijkt (Pieterse-Quirijns e.a., 2013). In de rekenregels voor hotels is een verdeling van 50% man en 50% vrouw aangenomen. De meeste enquêtes geven deze verhouding ook, terwijl erbij opgemerkt is dat deze verhouding sterk kan variëren. Slechts een aantal hotels geven een indicatie van het aantal bezoekers, dat over het algemeen groter is dan aangenomen in de gestandaardiseerde hotels (Figuur 4-3b).

In elk hotel is een klein aantal medewerkers aanwezig (1-5) tijdens de nacht. Deze zijn niet in de gestandaardiseerde hotels opgenomen. Dit is echter zo'n klein aantal en het waterverbruik door hen vindt niet gelijktijdig met de ochtendpiek plaats, dat het geen invloed heeft op de kentallen, die de maximale waarden van het waterverbruik berekenen.

Het aantal medewerkers in de keuken is in Figuur 4-3c te zien tijdens ontbijt en lunch en in Figuur 4-3d tijdens het diner. De figuren laten zien dat er een zeer grote variatie is in het aantal medewerkers in de

³ pantry is gekozen als vereenvoudigde benaming van de sanitaire ruimte met toiletten en wastafels en koffieautomaten voor medewerkers, bezoekers en gasten voor conferentie en theater.

keuken in de verschillende hotels. Het lijkt sterk afhankelijk te zijn van de bedrijfsvoering of karakter van het hotel. Tevens blijkt dat het aanbieden van de lunch en het diner niet in elk hotel gebeurt en dat in sommige hotels dit sterk afhankelijk is van de mogelijkheid tot en het plaatsvinden van bepaalde evenementen of feesten. Het berekende aantal keukenpersoneel in de gestandaardiseerde hotels lijkt het gemiddelde van het aantal medewerkers volgens de enquêtes. Het waterverbruikend gedrag van het keukenpersoneel is echter afhankelijk van het aantal gasten dat verwacht wordt in het restaurant. In de gestandaardiseerde hotels is bijvoorbeeld de frequentie van het gebruik van bepaalde tappunten afhankelijk van het aantal gasten (zie ook paragraaf 4.3.2 en Pieterse-Quirijns (2010)). Daarom is in Figuur 4-4 het aantal gasten in het restaurant weergegeven tijdens ontbijt, lunch en diner. Figuur 4-4a laat zien dat het aantal ontbijtgasten goed in de gestandaardiseerde hotels is opgenomen. Het aantal mensen tijdens de lunch en diner wordt slechts voor een aantal hotels in de enquêtes concreet opgegeven. In de meeste hotels is dit aantal sterk variabel door de mogelijkheid van congressen of andere evenementen of feesten. Het aantal gasten in hotels buiten de hotelgasten, die aanwezig is in een hotel voor congres of feest kan sterk variëren. Het maximum aantal gasten varieert van 1x tot 20x het aantal hotelkamers. In eerdere rekenregels is aangegeven dat de aanwezigheid van congresgasten geen invloed heeft op de kentallen voor het waterverbruik voor een congreshotel als het aantal congresgasten een factor 1,5 van het aantal hotelkamer bedraagt. Voor een theaterhotel geldt dat de aanwezigheid van theater- of feestgasten geen invloed heeft op de kentallen voor het waterverbruik bij een factor 5 (Pieterse-Quirijns, 2010). In de praktijk zal dus niet altijd aan deze voorwaarde voldaan worden. Dit betekent dat bij een grotere verhouding een toeslag nodig kan zijn op de kentallen van de rekenregels.

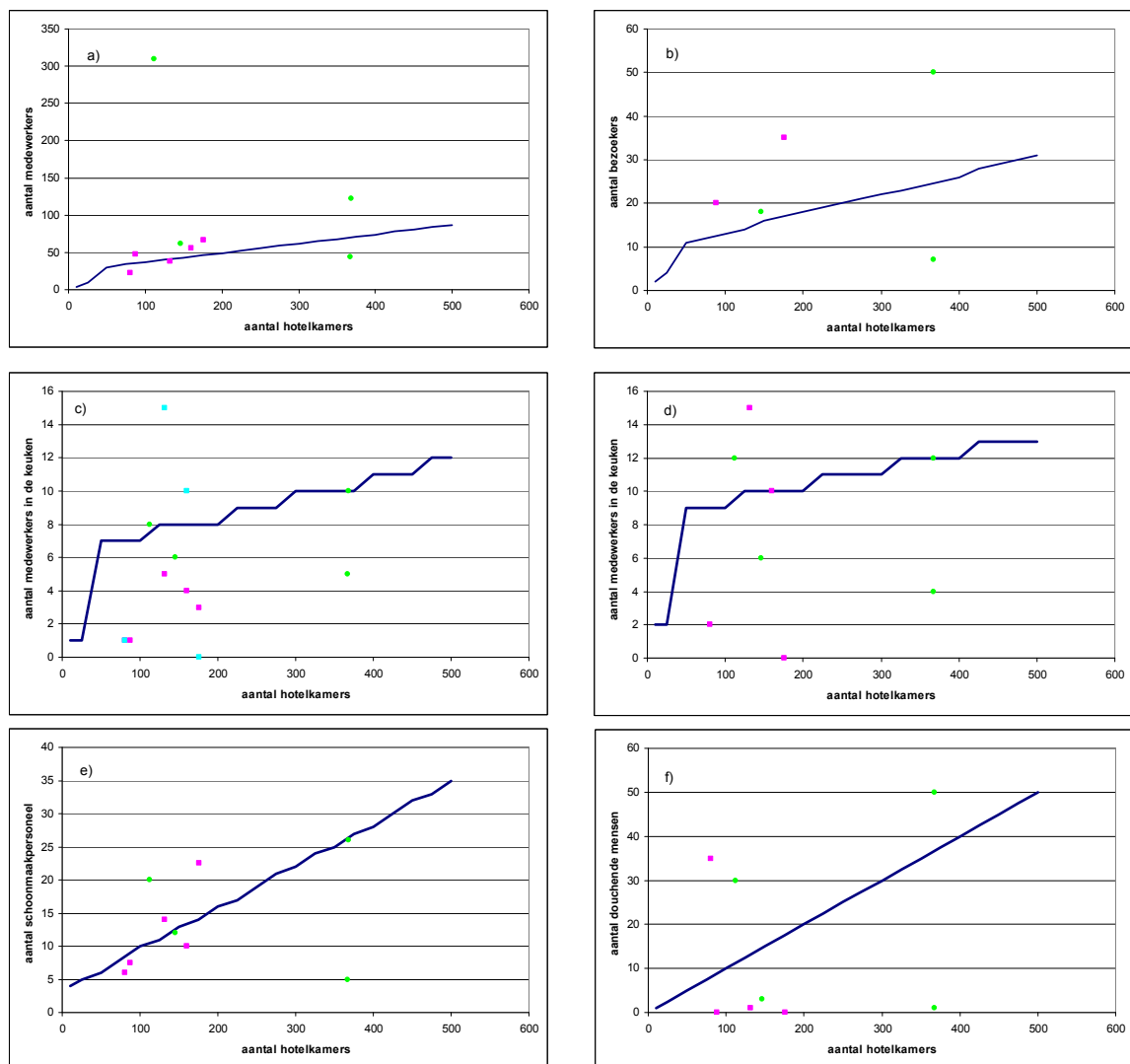
Het aantal schoonmakers bij variërend aantal hotelkamers is goed opgenomen in de gestandaardiseerde hotels. Uit Figuur 4-3e blijkt dat het aantal schoonmakers in de geënuquêteerde hotels gemiddeld overeenkomt met het voorspelde aantal. Het aantal medewerkers of gasten dat gebruik maakt van de douches varieert sterk per hotel (Figuur 4-3f).

Uit de enquêtes blijkt dat in de gestandaardiseerde hotels een functionele ruimte niet is opgenomen, namelijk een bar met barmedewerkers. In elk geënuquêteerd hotel zijn er 1 à 2 medewerkers in de bar aanwezig. Omdat het waterverbruik in de bar voornamelijk op het eind van de middag en eind van de avond zal plaatsvinden, zal dit op de kentallen van de rekenregels geen significante invloed hebben.

In de enquêtes is tevens geïnventariseerd wat de werktijden zijn van de gebruikers in de verschillende functionele ruimten. Slechts van een aantal gebruikers zijn deze ingevuld en weergegeven in Tabel 4-1, samen met de tijden zoals ze in de gestandaardiseerde hotels zijn opgenomen.

Tabel 4-1 Bloktijden van de gebruikers in de verschillende functionele ruimte van een hotel, zoals gemodelleerd in de gestandaardiseerde hotels in SIMDEUM en in de geënuquêteerde hotels.

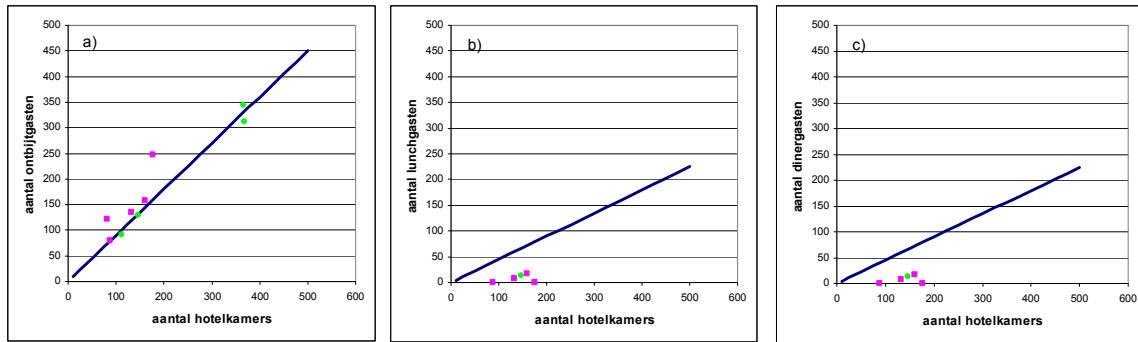
	bloktijden van gebruiker in hotel					
	hotelpersoneel		keukenpersoneel ochtend		schoonmaakploeg	
	<i>begintijd</i>	<i>eindtijd</i>	<i>begintijd</i>	<i>eindtijd</i>	<i>begintijd</i>	<i>eindtijd</i>
SIMDEUM	08:00	23:00	06:30	10:00	09:00	15:00
hotel I	09:00	23:00	04:30	10:00	09:00	14:00
hotel II			06:00	10:30		
hotel III	07:00	23:00	06:00	11:00	06:00	
hotel IV	07:00	23:00	04:30	13:00	08:30	15:30
hotel V	06:30	22:00	06:30	14:30	07:00	14:00



Figuur 4-3 Aantal gebruikers in gestandaardiseerde hotels in de rekenregels (--) en in de geënquêteerde hotels voor dit project (♦) en voor Pieterse-Quirijns e.a. (2009) (●) als functie van het aantal hotelkamers: a) aantal medewerkers, b) aantal bezoekers, c) aantal keukenpersoneel tijdens ontbijt (♦) en lunch (■), d) aantal keukenpersoneel tijdens diner, e) aantal schoonmakers, f) aantal sporters.

Uit de enquêtes blijkt dat in de hotels de medewerkers, het keukenpersoneel voor het ontbijt en de schoonmakers eerder beginnen dan aangenomen in de gestandaardiseerde hotels. Dit kan ook een verklaring zijn voor de ochtendpiek, die in werkelijkheid smaller is en eerder begint (Figuur 4-1 en Figuur 4-2).

De vergelijking van het aantal gebruikers in de enquêtes en volgens de rekenregels in de gestandaardiseerde hotels laat zien dat uit de geënquêteerde data geen eenduidige relaties te extraheren zijn die beter passen dan die in de rekenregels zijn toegepast.



Figuur 4-4 Aantal gebruikers van het restaurant in gestandaardiseerde hotels in de rekenregels (--) en in de geëncquêteerde hotels voor dit project (•) en voor Pieterse-Quirijns e.a. (2009) (•) als functie van het aantal hotelkamers: a) aantal ontbijtgasten, b) aantal lunchgasten, c) aantal dinergasten.

4.3.2 Validatie van het aantal tappunten in gestandaardiseerde hotels

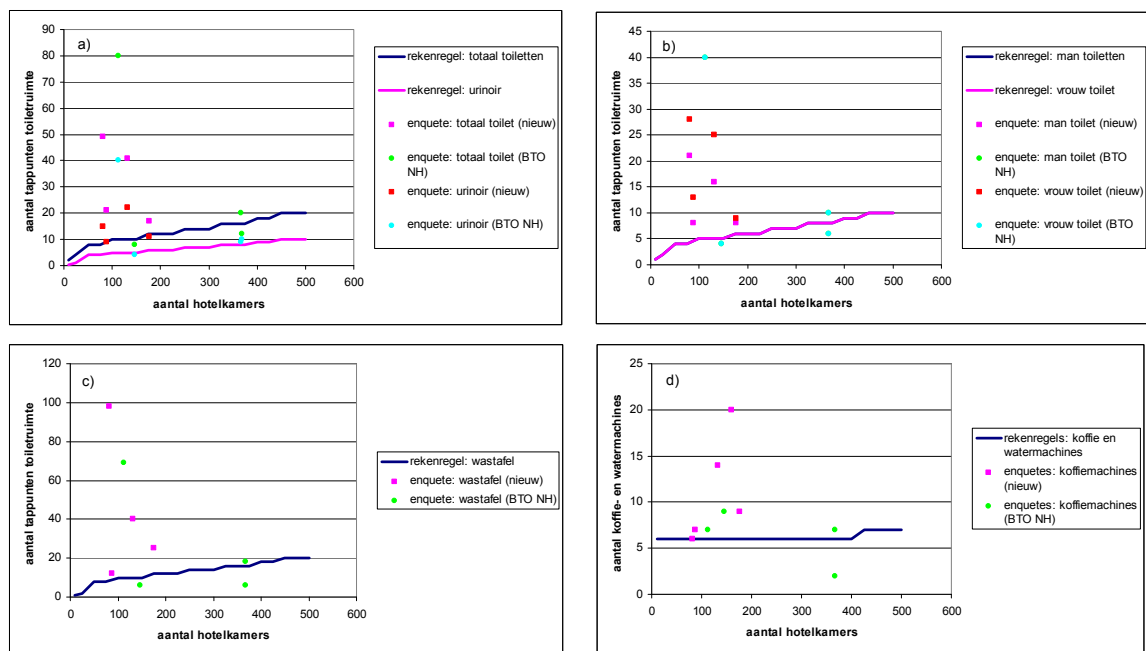
Het aantal tappunten in de functionele ruimtes van een hotel is weergegeven in Figuur 4-5, Figuur 4-6 en Figuur 4-7.

Figuur 4-5 laat het aantal tappunten in de pantry van hotels zien: het aantal toiletten en urinoirs in figuur a en b, het aantal wastafels in figuur c en het aantal koffiemachines in figuur d. De figuren laten zien dat in de hotels het aantal tappunten in de pantry in de praktijk over het algemeen groter is dan in de gestandaardiseerde hotels. Het aantal tappunten in de eerdere enquêtes (Pieterse-Quirijns e.a., 2009) liggen echter dichtbij de relaties van de gestandaardiseerde hotels. In de hotels in de nieuwe enquêtes ligt het aantal in werkelijkheid structureel hoger. Bovendien blijkt dat slechts in de helft van de hotels de toiletten een waterbesparende functie hebben, in tegenstelling tot de gestandaardiseerde hotels. In nieuwe ontwerpen van hotels zullen deze ook vaker voorkomen dan in bestaande (oudere) hotels.

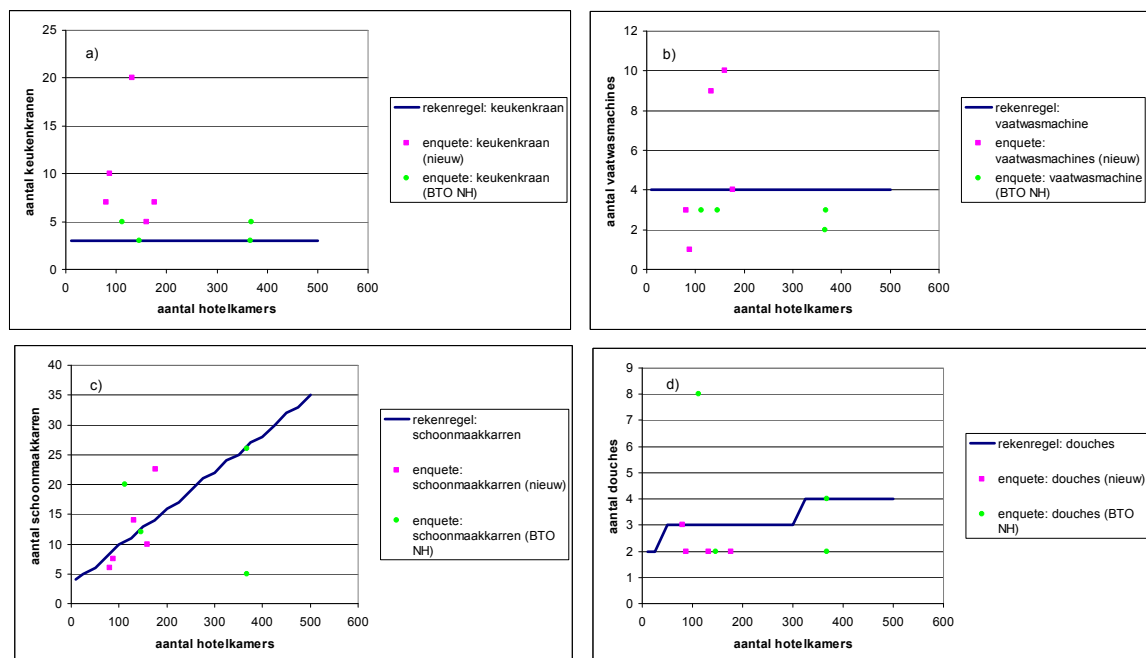
De relaties voor het aantal tappunten in de toiletruimte zijn gebaseerd op de standaardfunctie van de zakelijke of toeristische hotels. De relaties veranderen als de hotels een bijzondere functie hebben en zijn opgenomen in Pieterse-Quirijns e.a. (2009). In bijlage III, zijn de relaties gegeven wanneer het aantal gasten 10x het aantal hotelkamers betreft. Uit deze figuren blijkt duidelijk dat het aantal tappunten in de hotels beter door deze relaties voorspeld worden. Tevens leiden deze relaties tot een groter aantal damestoiletten dan de herentoiletten, zoals ook uit sommige enquêtes volgt. Wanneer in werkelijkheid meer tappunten aanwezig zijn in de toiletruimtes, is er een grotere kans op gelijktijdigheid, met een groter piekverbruik als resultaat.

In Figuur 4-6 is het aantal tappunten en waterverbruikende apparaten te zien in de overige functionele ruimtes. Het aantal keukenkranen is in werkelijkheid hoger dan aangenomen in de gestandaardiseerde hotels (figuur a), wat kan leiden tot een groter koud- en warmwaterverbruik dan voorspeld door de rekenregels en ook een grotere gelijktijdigheid. Het gebruik van de keukenkranen is echter afhankelijk van de aanwezige medewerkers in de keuken (Figuur 4-3c en d) en het aantal aanwezige gasten (Figuur 4-4). Het is daarom niet eenvoudig hier een eenduidige uitspraak over te doen. Het aantal vaatwasmachines, schoonmaakkarren en douches is in de gestandaardiseerde hotels, op een enkele uitzondering na, goed opgenomen (Figuur 4-6b tot d). In een enkel hotel wordt voor de schoonmaak een schoonmaakmachine gebruikt.

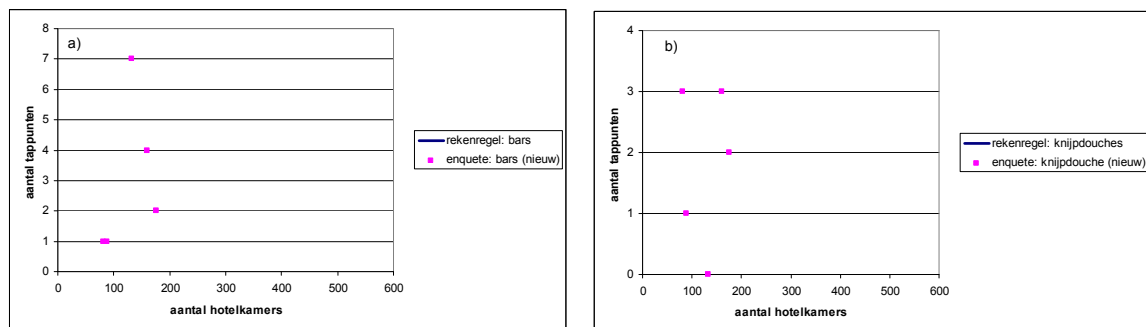
Een aantal tappunten is niet in de gestandaardiseerde hotels opgenomen, maar in werkelijkheid wel in de meeste hotels aanwezig: bars met een kraan (Figuur 4-7a) en knijpdouches in de keuken (Figuur 4-7b). In één hotel is in de bar naast de spoelkraan, een glazenpoeler en biertappunt aanwezig. Een ander hotel heeft extra waterverbruikende apparaten als ijsblok machines en hogedrukspuiten.



Figuur 4-5 Aantal tappunten in de pantry voor de gestandaardiseerde hotels in de rekenregels en in de geënquêteerde hotels als functie van het aantal hotelkamers: a) totaal aantal toiletten en urinoirs, b) aantal heren- en damestoiletten, c) aantal wastafels en d) aantal koffiemachines, waarin 'nieuw' betrekking heeft op de enquêtes gehouden in dit project en 'BTO NH' betrekking heeft op de beschikbare enquêtes uit Pieterse-Quirijns e.a. (2009) BTO Niet-Huishoudelijk waterverbruik.



Figuur 4-6 Aantal tappunten in de overige functionele ruimtes voor de gestandaardiseerde hotels in de rekenregels en in de geënquêteerde hotels als functie van het aantal hotelkamers: a) aantal keukenkranen, b) aantal vaatwasmachines, c) aantal schoonmaakkarren en d) aantal douches, waarin 'nieuw' betrekking heeft op de enquêtes gehouden in dit project en 'BTO NH' betrekking heeft op de beschikbare enquêtes uit Pieterse-Quirijns e.a. (2009) BTO Niet-Huishoudelijk waterverbruik.



Figuur 4-7 Aantal tappunten in de bar en de keuken die niet in de gestandaardiseerde hotels aanwezig zijn en wel in de geënquêteerde hotels als functie van het aantal hotelkamers: a) aantal kranen in de bar, b) aantal knijpdouches in de keukens, waarin 'nieuw' betrekking heeft op de enquêtes gehouden in dit project.

4.3.3 Validatie van hotelkamers in gestandaardiseerde hotels

De hotelkamers met daarin de hotelgasten vormen de dominante verbruikers in hotels. Dit betekent dat de inrichting van de hotelkamers, de bezetting ervan en het waterverbruikend gedrag van de hotelgasten het allerbelangrijkst zijn voor de betrouwbaarheid van de basis van de rekenregels.

Het waterverbruikend gedrag van de hotelgasten lijkt voor zakelijke hotelgasten op het huishoudelijk gedrag van een doordeweekse dag van een werkend persoon. Het gedrag van een toeristische hotelgast lijkt op het huishoudelijk gedrag van een volwassene tijdens een weekend. In Tabel 4-2 zijn de bijbehorende bloktijden weergegeven. Omdat van het huishoudelijk gedrag tav waterverbruik veel bekend is op basis van tijdsbestedingsonderzoek en TNS-NIPO onderzoek naar waterverbruik, is dit gedrag goed in de gestandaardiseerde hotels verwerkt. Tevens zijn deze met een extra enquête beschreven in Pieterse-Quirijns (2010) wat aangescherpt ten aanzien van de frequentie van douche- en badgebruik en de doucheduur. Uit de vergelijking van het gemeten en gesimuleerde waterverbruik in Figuur 4-1 en Figuur 4-2 en de werktijden van de andere verbruikers in Tabel 4-1, is de tijd van opstaan die aangenomen is voor de zakelijke hotelgasten waarschijnlijk een half uur te laat ($t1$) en vertrekken ze eerder ($t2$).

De inrichting en de bezetting van hotelkamers is geïnventariseerd met de enquête van bijlage I in vijf hotels. De hotels geven een indicatie van de bezetting van de standaard kamers en de luxere kamers en suites, naast een indicatie van het karakter van het hotel. Er zijn hotels die zich karakteriseren als zakelijk en als een combinatie van zakelijk/toeristisch. De bezetting in het weekend en van de luxere suites wordt gekozen als bezetting van hotelkamers in een toeristisch hotel. De bezetting gedurende de week in de zakelijke hotels wordt gekozen als bezetting van hotelkamers in een zakelijk hotel. De bezetting van de hotelkamers met zakelijk karakter is 80% van de kamers door één persoon en 20% van de kamers door twee personen. In één hotel wordt een evenredige bezetting opgegeven (55% en 45% resp.) ivm. het aanbod van dagelijks tours, waardoor het hotel een combinatie van zakelijk en toeristisch karakter heeft. De bezetting van de kamers met een toeristisch karakter is gemiddeld 20% van de kamers met één persoon en 80% van de kamers met twee personen, waarbij enkele hotels een bezetting van 10% en 90% respectievelijk opgeven en één hotel 70% en 30%. Dit betekent dat de aangenomen bezetting van de hotelkamers in de zakelijke en toeristische gestandaardiseerde hotels gerechtvaardigd wordt door de enquêtes.

De inrichting van de hotelkamers is in de enquêtes van bijlage I in vijf hotels geïnventariseerd. In de beschikbare enquêtes van Pieterse-Quirijns e.a. (2009) is alleen de aanwezigheid van toiletten met waterbesparende functie geïnventariseerd in vier hotels, naast het aantal warmwatertappunten (zonder specificering). In Tabel 4-3 is de inrichting van de hotelkamers in hotels vergeleken met de inrichting in

de gestandaardiseerde hotels, waarop de rekenregels zijn gebaseerd. In de gestandaardiseerde hotels is aangenomen dat de toiletten zijn voorzien van een waterbesparende functie. Echter slechts in 60% van de geënquêteerde hotels is een waterbesparende functie aanwezig op de toiletten in de hotelkamer. Dit betekent dat in werkelijkheid een hoger waterverbruik door toiletspoeling mogelijk is dan voorspeld door de gestandaardiseerde hotels. Tevens is ook in 60% van de hotels een bad aanwezig in de hotelkamer. Deze hebben in sommige hotels een lagere volumestroom (0,1 l/s) en andere een hogere (0,25 of 0,33 l/s) dan in de gestandaardiseerde hotels (0,20 l/s). Door de lage gebruiksfrequentie van het bad wordt verwacht dat dit geen significante invloed heeft op de kentallen berekend door de rekenregels.

Tabel 4-2 De invoergegevens voor SIMDEUM voor het aantal gebruikers en de tijdstippen waar er kans op waterverbruik is in een zakelijk of toeristisch hotel.

Type hotel	Type gebruiker	Aantal gasten per hotelkamer	Bloktijden hotel ^a			
			t1	t2	t3	t4
Zakelijk	hotelgasten_rekenregels	1,2·x	7:00	8:30	9:00	8:00
Toeristisch	hotelgasten_rekenregels	1,8·x	8:00	10:00	14:00	8:00

ad^a patroon huishoudelijk verbruiker = t1: tijd opstaan, t2: tijd vertrek, t3: duur afwezig, t4: duur slaap

Tabel 4-3 De inrichting van hotelkamers in de gestandaardiseerde hotels waarop de rekenregels zijn gebaseerd en in de geënquêteerde hotels.

tappunt in gestandaardiseerde hotel	aanwezig in hotels [%]		
	SIMDEUM rekenregels	nieuwe enquêtes voor dit project	in beschikbare enquêtes (Pieterse-Quirijns e.a., 2009)
wc met waterbesparende spoelfunctie	100%	60%	50%
douche	100%	100%	100%
wastafel (koud en warm water)	100%	100%	100%
bad	100%	60%	n.a. ^a

ad^a: niet aanwezig in enquête.

4.4 Conclusie

De inrichting van de gestandaardiseerde hotels, waarop de rekenregels zijn gebaseerd, is betrouwbaar voor de dominante functionele ruimte, de hotelkamers. De functionele ruimte die qua aandeel in het totale waterverbruik en het patroon van het waterverbruik gedurende de dag het belangrijkste is, wordt goed ingericht: de bezetting van de hotelkamers, de inrichting van de hotelkamers en het waterverbruikend gedrag zijn goed gemodelleerd in de gestandaardiseerde hotels. Dit blijkt ook uit het feit dat met SIMDEUM goed inzicht wordt verkregen in het verloop van het waterverbruik in een zakelijk hotel, niet alleen in het piekverbruik, maar ook in het verloop van het verbruik gedurende de dag van zowel het koude als het warme water. Alleen de bloktijden, namelijk de tijd van opstaan en vertrek lijken iets te laat op de dag plaats te vinden in de gestandaardiseerde hotels en over een te breed tijdsvlak. Tevens kan het gebruik van de waterbesparende functie van toiletten in de gestandaardiseerde hotels te hoog zijn, omdat deze niet altijd in een hotelkamer aanwezig blijken te zijn.

Het waterverbruik in de overige functionele ruimtes is nog slechts 10-20% van het totale waterverbruik. De inrichting van deze ruimtes met tappunten en gebruikers is daardoor minder belangrijk. De

inrichting varieert zeer sterk en er is niet altijd een goed verband met het aantal hotelkamers. Dit komt door het flexibele karakter van hotels en de wensen van de hoteleigenaar/ontwerper.

Echter de enquêtes laten zien dat het aantal medewerkers, schoonmakers en ontbijtgasten in het restaurant goed in de gestandaardiseerde hotels zijn verwerkt, het aantal bezoekers is in de meeste hotels hoger. Het aantal medewerkers in de keuken en de medewerkers die gebruik maken van de douche varieert sterk en er is geen duidelijk verband met het aantal hotelkamers.

Het aantal tappunten in de pantry is in werkelijkheid hoger dan in de gestandaardiseerde hotels, evenals het aantal keukenkranen. Het gebruik van deze tappunten is echter afhankelijk van het aantal aanwezige gebruikers. In de pantry kan een groter waterverbruik voorkomen dan voorspeld door de gestandaardiseerde hotels en een grotere gelijktijdigheid, doordat naast het aantal tappunten ook het aantal bezoekers hoger is dan in het gestandaardiseerde hotel. Het waterverbruik in de keuken kan ook groter zijn door het groter aantal keukenkranen. Echter omdat het gebruik van de keukenkranen afhankelijk is van het aantal (ontbijt)gasten en dit aantal goed in de gestandaardiseerde hotels is verwerkt, zal het effect niet groot zijn. De kans op gelijktijdig gebruik is wel groter.

In het piekwaterverbruik en de bijbehorende kentallen is de ochtendpiek dominant. Het gedrag van de gebruikers die in de ochtend water verbruiken en de bijbehorende tappunten is daarom belangrijk voor de uitkomst van de rekenregels. Het waterverbruik dat zich tijdens andere perioden afspeelt, zoals in bars, spelen geen rol in de kentallen. Het feit dat de bars niet in de gestandaardiseerde hotels zijn opgenomen heeft hierdoor geen gevolgen voor de uitkomsten van de rekenregels.

De 'proof of concept' voor hotels is in deze paragraaf aangetoond: als de invoer van het gestandaardiseerde gebouw goed is, wordt het waterverbruik goed door SIMDEUM voorspeld. Voor hotels geldt dat een goede inrichting van de hotelkamers het belangrijkste is. De inrichting en het gedrag van de hotelkamers is zodanig, dat de tendens van zowel het koud- als warm waterverbruik goed overeenkomt met het gemeten afnamepatroon.

De maximale verbruiken waarop de kentallen van de rekenregels zijn gebaseerd worden vooral bepaald door de ochtendpiek. Dit betekent dat het waterverbruik dat in de ochtend plaats vindt bepalend is voor de uitkomst van de rekenregels. Op basis van de 'proof of concept' volgt dat er aanpassingen verwacht kunnen worden in de kentallen van de rekenregels op basis van de volgende punten:

- a) de ochtendpiek is in de metingen smaller dan in de simulaties. Dit komt door de tijdblokken van de hotelgasten en doordat een aantal medewerkers eerder begint dan aangenomen in de modellen. Als een vergelijkbare hoeveelheid water in een korter tijdsbestek wordt verbruikt dan aangenomen zal dit leiden tot een hoger waterverbruik in de kleinere tijdsperioden: MMV en MWW in 10 minuten en een uur.
- b) de waterbesparende spoeling van toiletten zal in werkelijkheid minder vaak gebruikt worden dan aangenomen in de gestandaardiseerde hotels. Een aanpassing van MMV kan hierdoor verwacht worden.
- c) het aantal bezoekers is hoger dan aangenomen in de gestandaardiseerde hotels.
- d) het aantal tappunten in de pantry en de keuken is hoger dan in de gestandaardiseerde hotels.

Tevens blijkt dat het aantal gasten voor een conferentie of een theater in sommige geënquêteerde hotels hoger is dan in de randvoorwaarden in de rekenregels. In paragraaf 6.4 wordt hier verder op ingegaan.

De enquêtes binnen de 'proof of concept' laten zien dat hotels niet standaard ingericht zijn. Er bestaat veel variatie en ook onvoorspelbare variatie. De hotelkamers daarentegen zijn wel wat meer standaard en deze bepalen vooral de kentallen voor het waterverbruik. Dit betekent dat de rekenregels veilig zijn voor een hotel en voor strengen met hotelkamers, maar niet voor een keuken etc. in hotels. Doordat voor de andere functionele ruimtes, zoals de keuken, te weinig standaardisatie mogelijk is, kunnen de rekenregels hiervoor ook niet gemaakt worden.

5 Validatie niveau 2: uitkomst rekenregels voor hotels

5.1 Inleiding

Als het afnamepatroon van het waterverbruik gedurende de gehele dag goed voorspeld wordt en als de inrichting van de gebouwen in de dominante functionele ruimte toereikend is, geeft dit vertrouwen in een goede berekening van de kentallen die de maxima beschrijven van het waterverbruik. In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van de validatie op het tweede niveau, waarin de uitkomsten van de rekenregels worden vergeleken met de kentallen die uit de metingen afgeleid zijn.

5.2 Validatie van de uitkomsten van de rekenregels met gemeten kentallen

Door de variabele bezetting van hotels, zijn de gemiddelde kentallen bij maximale bezetting van de hotels vergeleken met de uitkomsten van de rekenregels. In Tabel 5-1 zijn voor beide hotels de gemeten kentallen en de uitkomsten van de rekenregels bij de gekozen invoer n te zien. In bijlage IV is voor de volledigheid de maximale waarde van de kentallen, die uit de meetserie afgeleid kan worden, weergegeven.

Tabel 5-1 laat zien dat de afwijking van de rekenregels ten opzichte van de gemeten kentallen verschilt per hotel. Voor hotel I wordt MMV_{koud} met ongeveer 10% ten opzichte van de metingen onderschat. In hotel II wordt vooral het warmwaterverbruik onderschat (ongeveer 5-25%). Beide kunnen veroorzaakt worden door de punten genoemd in de beschrijving van de 'proof of concept'. De belangrijkste redenen zijn de breedte van de ochtendpiek en de waterbesparende functies van de toiletten (paragraaf 4.3). De eerste reden heeft vooral betrekking op de piekverbruiken van koud- en warmwaterverbruik in korte tijdsperiodes. Dit wordt ondersteund door het feit dat de totale warmwaterverbruik op een dag (MWW_{dag}) goed wordt voorspeld. De tweede reden heeft vooral betrekking op MMV voor koud water.

Tabel 5-1 Vergelijking van de kentallen afgeleid uit metingen en berekend met de rekenregels gebaseerd op SIMDEUM voor twee zakelijke hotels, waarbij de gemeten kentallen de gemiddelde waarde van het kental geeft bij maximale bezetting van het hotel.

Gebouw	aantal hotelkamers n	kental	waarde kental		
			meting	rekenregel SIMDEUM	afwijking tov meting
hotel I	80	MMV_{koud} [l/s]	1,5	1,3	(-11%)
		MMV_{warm} [l/s]	0,7	0,8	(+11%)
		$MWW10$ [l]	255,1	292,7	(+15%)
		$MWW60$ [l]	844,5	851,0	(+1%)
		$MWW120$ [l]	1288,0	1359,9	(+6%)
		MWW_{dag} [l]	5143,7	4998,4	(-3%)
hotel II	192	MMV_{koud} [l/s]	1,8	2,1	(+15%)
		MMV_{warm} [l/s]	1,2	1,1	(-10%)
		$MWW10$ [l]	473,9	455,3	(-4%)
		$MWW60$ [l]	1994,3	1594,4	(-20%)
		$MWW120$ [l]	3456,8	2666,5	(-23%)
		MWW_{dag} [l]	9662,3	10573,8	(+9%)

6 Vertaling naar ISSO

6.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken zijn de basis en de uitkomsten van de rekenregels voor hotels getoetst aan metingen van het waterverbruik in twee zakelijke hotels op secondebasis. Voordat de rekenregels door installateurs als ontwerpregelen gebruikt kunnen worden via ISSO-handleidingen is een procedure nodig, die de rekenregels omzetten in ontwerpregelen. In dit hoofdstuk worden eerst de uitgangspunten van de rekenregels beschreven en de bijbehorende algemene/unanieme aanpak voor de toepassing van de rekenregels. Binnen de aanpak wordt de minimale eenheid vastgesteld waarboven de rekenregels voor hotels toegepast mogen worden. Vervolgens wordt een veiligheidsmarge voorgesteld, zodat ontwerprichtlijnen ontstaan. De ontwerprichtlijnen kunnen voor zakelijke en toeristische hotels toegepast worden. In sommige gevallen kunnen ze echter ook toegepast worden voor hotels met een bijzonder karakter, zoals hotels met conferentiezalen en theaters. Wanneer dit mogelijk is wordt kort uiteengezet.

De rekenregels zijn berekend met standaard uitgangspunten als 10°C voor koud water en 60°C voor de gemiddelde circulatietemperatuur van het warme water. Bij alternatieve technieken voor het opwarmen van het water kunnen lagere circulatietemperaturen toegestaan zijn. Tot slot wordt daarom in dit hoofdstuk een omrekeningtool beschreven om de berekende warmwaterhoeveelheden bij 60°C om te rekenen naar de corresponderende hoeveelheden, voor andere insteltemperaturen van de warmtapwaterbereider. Uitgangspunt voor koud water blijft 10°C als minimale temperatuur.

6.2 Uitgangspunten van de rekenregels en unanieme aanpak voor toepassing rekenregels

6.2.1 Unanieme aanpak rekenregels

De rekenregels zijn gebaseerd op SIMDEUM. SIMDEUM berekent het waterverbruik op basis van gegevens over de leidingwaterinstallatie en op basis van het gedrag van de aanwezige gebruikers. Hierdoor kan een hotel met dezelfde tapeenheden een ander waterverbruik hebben bij de aanwezigheid van andere of meer gebruikers: een zakelijk hotel met zakelijke hotelgasten heeft een ander waterverbruik dan wanneer hetzelfde hotel een toeristisch karakter heeft door de aanwezige toeristen. De ontwikkeling van de rekenregels is gebaseerd op gestandaardiseerde hoteltypologieën, bestaande uit de functionele ruimtes: hotelkamers met hotelgasten, keuken/restaurant met keukenpersoneel, een bijeenkomstruimte of pantry⁴ voor het personeel en bezoekers, de schoonmaak met schoonmakers en douches buiten de douches op de hotelkamer voor personeel. De gestandaardiseerde hoteltypologieën worden gesimuleerd met SIMDEUM en leiden tot rekenregels voor het waterverbruik van een **geheel** gebouw. Dit betekent dat de gelijktijdigheid daadwerkelijk wordt gesimuleerd en is meegenomen in de rekenregels. Er wordt rekening gehouden met het feit dat de maximale verbruiken in verschillende functionele ruimtes op verschillende tijdstippen plaatsvinden. Als een te beschouwen hotel voldoet aan de randvoorwaarden van de gestandaardiseerde hoteltypologieën beschreven in hoofdstuk 2 kunnen de rekenregels gebruikt worden om het waterverbruik te berekenen.

Het is belangrijk om te benadrukken dat de rekenregels automatisch rekening houden met gebruikers en de gelijktijdigheid. Bovendien hebben de rekenregels op basis van SIMDEUM een theoretische basis en zijn ze getoetst aan metingen. Dit is in grote tegenstelling met de bestaande $q\sqrt{n}$ -methode of $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode, die geen theoretische basis heeft en die niet getoetst is aan metingen.

⁴ pantry is gekozen als vereenvoudigde benaming van de sanitaire ruimte met toiletten en wastafels en koffieautomaten voor medewerkers, bezoekers en gasten voor conferentie en theater.

De rekenregels geven een goede voorspelling van het waterverbruik in een hotel vanaf een bepaalde waarde voor n , het aantal hotelkamers. Daaronder geven de rekenregels een minder goede voorspelling, omdat beneden deze waarde de standaardisatie niet meer van toepassing is en de lineaire relatie niet goed past. Beneden deze waarde spelen andere verbruiken zwaarder mee of andere tappunten. De *algemene aanpak* van de rekenregels is: toepassing van de rekenregels tot aan een bepaalde waarde voor n , beneden deze waarde geldt de standaardisatie niet en dus moet beneden deze waarde het waterverbruik op een andere manier uitgerekend worden.

Beneden deze waarde geldt logisch nadenken: hoe groot is de kans dat de aanwezige tappunten gelijktijdig gebruikt worden? Het antwoord op deze vraag bepaalt een factor f , waarvoor geldt:

$$f \cdot q \sqrt{\sum TE} < q \cdot \sum TE, \text{ waarin } f \text{ is een toeslagfactor.} \quad (6)$$

waarin:

TE = aantal tappunten
 $q = 0,083 \text{ [l/s]}$

De keuze voor de toeslagfactor is afhankelijk van de verwachte gelijktijdigheid en comfort. De rekenregels geven hierover geen inzicht. De waarde voor de toeslagfactor moet dus vastgesteld/gekozen worden door de installateur of adviseur op basis van overwegingen tav gewenste gelijktijdigheid en comfort.

De verbruiken van bijzondere installaties, zoals luchtbevochtiging, koeltorens, brandslanghaspels, nood- en oogdouches en verbruik voor Legionellapreventie zijn niet in de uitkomsten van de rekenregels opgenomen. Indien nodig moeten de berekende kentallen verhoogd worden.

6.2.2 Unanieme aanpak voor hotels: de waarde voor n

In de unanieme aanpak voor het gebruik van de rekenregels voor het waterverbruik in hotels moet een keuze gemaakt worden voor de waarde van n , het aantal hotelkamers waarboven de rekenregels toegepast kunnen worden. Uit de ontwikkeling van de rekenregels voor de hotels (Pieterse-Quirijns, 2010 en 2011) blijkt dat de relaties bij lage aantallen van hotelkamers een relatief grote afwijking kunnen vertonen ten opzichte van het gesimuleerde waterverbruik door SIMDEUM. Op basis hiervan is $n \geq 20$ een verantwoorde keuze voor het gebruik van de rekenregels.

De rekenregels voor hotels zijn opgesteld op basis van simulaties van het waterverbruik tot 500 hotelkamers. Dit betekent dat in theorie de rekenregels kunnen worden toegepast voor hotels met maximaal 500 hotelkamers. Bij een hoog aantal hotelkamers liggen de datapunten van de simulaties steeds dicht bij de lineaire rekenregel (Pieterse-Quirijns, 2010 en 2011) en wordt de invloed van het waterverbruik in de dominante ruimte (de hotelkamers) relatief steeds belangrijker in het waterverbruik. Daarom wordt verwacht dat de rekenregels ook bij aantallen groter dan 500 hotelkamers voldoen.

De rekenregels voorspellen het totale waterverbruik van alle functionele ruimtes (hotelkamers, toiletruimten, restaurant, schoonmaak en fitness) in een hotel bij n , het aantal hotelkamers. In hotels wordt het waterverbruik voor 80-90% bepaald door het waterverbruik van de hotelgasten in de dominante ruimte, de hotelkamers. Hierdoor kunnen de rekenregels die het waterverbruik van het hele hotel voorspellen, ook gebruikt worden voor strengen binnen het hotel naar hotelkamers, waarvoor voldaan wordt aan de voorwaarden van de rekenregels en waarvoor geldt dat $n \geq 20$ hotelkamers. Voor strengen naar hotelkamers met $n < 20$ en naar andere functionele ruimtes, zoals de keuken, de pantry, etc moet het waterverbruik op een andere manier berekend worden. Hiervoor kan $f \cdot q \sqrt{\sum TE}$ worden toegepast, waarbij f per functionele ruimte kan verschillen.

De aanpak en de waarde voor n is een principekeuze: vanaf dit punt zijn de rekenregels betrouwbaar. Bovendien zijn de uitgangspunten, namelijk het meenemen van de invloed van variabele gebruikers en de mogelijkheid van gelijktijdig gebruik van tappunten, anders dan de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode, die alleen naar de tapeenheden kijkt. Het is daarom niet toegestaan om de uitkomsten van de rekenregels één op één te vertalen naar een overeenkomstige waarde van een aantal tapeenheden volgens de $q\sqrt{\Sigma TE}$ methode.

6.3 Voorstel van veiligheidsmarge voor rekenregels hotels

De afwijking van de voorspelling van het waterverbruik door de rekenregels ten opzichte van de gemeten kentallen is te zien in Tabel 5-1. Een verklaring volgt uit de enquêtes en de vergelijking van de afnamepatronen in Figuur 4-1 en Figuur 4-2. De belangrijkste reden voor de afwijking is dat de ochtendpiek in een zakelijk hotel smaller blijkt dan gemodelleerd in de gestandaardiseerde hotels. Dit komt voornamelijk door de hotelgasten, maar ook door het vroeger beginnen van medewerkers in het hotel, in de keuken en de schoonmaak. Tevens kan het kleinere percentage waterbesparende toiletten in hotels leiden tot een afwijking in de MMV. Omdat het waterverbruik op de hotelkamers de belangrijkste bijdrage heeft aan zowel het totale waterverbruik van hotels als het patroon van de volumestroom over een dag, zal dit vooral invloed hebben op de hoogte van het waterverbruik en op het patroon van het verbruik van een hotel in de ochtend. Dit wordt ondersteund door het feit dat het gesimuleerde patroon van het waterverbruik gedurende de dag overeenkomt met het gemeten patroon met uitzondering van de ochtendpiek (Figuur 4-1 en Figuur 4-2).

Het waterverbruik in de andere functionele ruimtes is slechts marginaal (10-20%) en bovendien vindt het maximale verbruik in deze ruimtes op een ander tijdstip plaats, waardoor ze geen effect hebben op de maximale verbruiken van een hotel die door de kentallen vastgelegd worden. De afwijkingen van de gestandaardiseerde hotels zoals het aantal tappunten in de pantry en de keuken, een groter aantal bezoekers en de aanwezigheid van bars zullen daardoor geen significante bijdrage hebben aan de afwijking van de kentallen. Alleen het waterverbruik in de keuken voor het ontbijt en bezoekers die tijdens de ochtendpiek gebruik maken van de pantry kunnen een bijdrage leveren aan de kentallen, al zal deze niet groot zijn.

Om deze redenen kunnen de veiligheidsfactoren worden vastgesteld op basis van de gevonden afwijking tussen de uitkomsten van de rekenregels en de gemeten kentallen (Tabel 5-1). In bijlage V is de relatie weergegeven tussen de afwijking in de kentallen en de veiligheidsfactor. De veiligheidsfactoren, die alleen gelden voor een zakelijk hotel met douchetype II, met een volumestroom van 0,12 l/s is op grond hiervan vastgesteld voor de verschillende kentallen en weergegeven in Tabel 6-1. Hierin is nog een extra veiligheidsmarge ingebouwd door de extra behoefte aan comfort en zekerheid in hotels.

Deze veiligheidsfactoren gelden voor één hoteltypologie (zakelijke hotels) en één douchetype (II) omdat hiervan de metingen beschikbaar zijn. Een aanpassing van de veiligheidsfactoren is nodig voor de overige typologieën van hotels en douches. Uit de 'proof of concept' blijkt dat de inrichting, de bezetting en het waterverbruikend gedrag op de hotelkamers goed wordt beschreven in de gestandaardiseerde hotels. De afwijking in de kentallen wordt naast de ochtendpiek veroorzaakt door de toiletspoeling in de kamers en door de onnauwkeurigheden/onzekerheden in de andere functionele ruimtes. Wanneer de douche luxer wordt, is de bijdrage van de hotelkamer groter in de voorspelling van het totale waterverbruik en tevens heeft de toiletspoeling dan relatief minder invloed op de uitkomst van de kentallen. De voorspelling door de rekenregels zal daardoor nauwkeuriger zijn, waardoor kleinere veiligheidsfactoren nodig zijn. Voor een toeristisch hotel geldt dat de ochtendpiek breder is door het toeristisch gedrag van de hotelgasten, waardoor de afwijking van de rekenregels minder zal zijn. Bovendien is de bezetting op de hotelkamer groter, waardoor de bijdrage van de hotelkamer op het totale waterverbruik groter is en de voorspelling van het waterverbruik nauwkeuriger zal zijn.

De aanpassing van de veiligheidsfactoren voor het douchetype en hoteltype zijn vertaald in weegfactoren. Elk kental wordt met deze weegfactor vermenigvuldigd. De weegfactor voor douchetype $w_{douches}$ is gebaseerd op de verhouding van de volumestroom van de douchetypes en weergegeven in Tabel 6-1. De weegfactor voor een toeristisch hotel $w_{toeristisch}$ is gebaseerd op de verhouding van de

bezetting van de hotelkamers (Tabel 4-3) en ook weergegeven in Tabel 6-1. Voor een toeristisch hotel waarin ook een ander douchetype voorkomt moeten beide weegfactoren toegepast worden, als $w_{douche} \cdot w_{toeristisch}$. De rekenregels waarin de veiligheidsfactoren zijn verwerkt worden in het vervolg ontwerpregelen genoemd. Samenvattend zijn de ontwerpregelen voor zakelijke en toeristische hotels weergegeven in Tabel 6-2.

De ontwerpregelen, inclusief de veiligheidsmarges, en de minimale waarde van het aantal hotelkamers waarvoor de ontwerpregelen toepasbaar zijn, zijn verwerkt in het bijbehorende Excelbestand: KWR_2013_ontwerpregelen_utiliteitsbouw. De gebruiker hoeft deze veiligheidsfactoren dus niet zelf te berekenen.

Tabel 6-1 Veiligheidsfactoren voor zakelijke en toeristische hotels met verschillende douchetypes.

kental	veiligheidsfactor voor zakelijke hotels met douchetype II (0,12 [l/s])	weegfactor	
		douchetype: w_{douche}	hoteltype: $w_{toeristisch}$
MMV_{koud} [l/s]	+18%	$w_{douche} = \frac{Q_{douche,meting}}{Q_{douche,hotel}} = \frac{0,12}{Q_{douche,hotel}}$ Q = volumestroom van douche op hotelkamer [l/s]	$w_{toeristisch} = \frac{B_{zakelijk}}{B_{toeristisch}} = \frac{1,2}{1,8}$ B = gemiddelde bezetting van hotelkamer
MMV_{warm} [l/s]	+18%		
MWW_{10} [l]	+25%		
MWW_{60} [l]	+40%		
MWW_{120} [l]	+40%		
MWW_{dag} [l]	+10%		

6.4 Toepassing rekenregels voor conferentie- of theaterhotel

De rekenregels voor hotels zijn ontwikkeld op basis van zakelijke en toeristische hotels met variërende douchetypes. Zakelijke en toeristische hotels kunnen ook uitgebreid zijn met een conferentie- of theaterfunctie. Dit leidt tot een ander waterverbruik. De aanwezigheid van gasten voor een conferentie of een theatervoorstelling heeft invloed op het waterverbruik in de pantry, door de toename van het toiletgebruik en een lichte toename in de keuken, doordat meer mensen aanwezig zijn voor lunch en diner en in de schoonmaak. In Pieterse-Quirijns (2010) is aangetoond dat de aanwezigheid van conferentiegasten in een standaard zakelijk hotel, waarbij het aantal conferentiegasten 1,5 maal het aantal hotelkamers bedraagt, geen invloed heeft op de uitkomsten van de rekenregels. Ook de aanwezigheid van theatergasten in een lux toeristisch hotel, waarbij het aantal theatergasten 5 maal het aantal hotelkamers bedraagt, heeft geen invloed op de uitkomsten van de rekenregels. Dit komt doordat de piek in het waterverbruik toch voornamelijk bepaald wordt door de hotelgasten bij volledige bezetting. Het waterverbruik in de pantry is wel veel groter, maar leidt niet tot een verhoging van het maximum in de volumestroom.

Het warmwaterverbruik wordt ook voor het grootste deel door de hotelgasten bepaald. In het conferentie hotel en theaterhotel wordt het waterverbruik door schoonmaak en in de keuken wel groter, maar op het totale waterverbruik is deze toename verwaarloosbaar. Daarnaast wordt in de pantry geen warm water verbruikt, waardoor de MMV_{warm} en MWW nauwelijks verschillend is voor de types waar conferentie- of theatergasten aanwezig zijn.

Tabel 6-2 Ontwerprekenregels voor de kentallen voor koud- en warmwaterverbruik in zakelijke en toeristische hotels voor $n \geq 20$

type douche	ontwerprekenregels voor het waterverbruik als functie van aantal hotelkamers (n)			
	zakelijk hotel		toeristisch hotel	
douchetype I: 0,07 l/s	MMV _{koud} = $0,985+0,00692 \cdot n$ [l/s]	MMV _{koud} = $1,27+0,0134 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,609+0,00285 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,752+0,00644 \cdot n$ [l/s]
	MWW10 = $231+1,65 \cdot n$ [l]	MWW10 = $299+3,71 \cdot n$ [l]	MWW60 = $512+8,79 \cdot n$ [l]	MWW60 = $687+19,4 \cdot n$ [l]
	MWW120 = $630+15,3 \cdot n$ [l]	MWW120 = $887+35,1 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1008+46,8 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1594+103 \cdot n$ [l]
douchetype II: 0,12 l/s	MMV _{koud} = $0,973+0,00750 \cdot n$ [l/s]	MMV _{koud} = $1,14+0,0146 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,630+0,00333 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,686+0,00706 \cdot n$ [l/s]
	MWW10 = $221+1,82 \cdot n$ [l]	MWW10 = $265+3,91 \cdot n$ [l]	MWW60 = $448+9,29 \cdot n$ [l]	MWW60 = $634+20,6 \cdot n$ [l]
	MWW120 = $597+16,3 \cdot n$ [l]	MWW120 = $812+37,4 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1118+54,8 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1372+122 \cdot n$ [l]
douchetype III: 0,19 l/s	MMV _{koud} = $1,06+0,00915 \cdot n$ [l/s]	MMV _{koud} = $1,36+0,0173 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,617+0,00421 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,768+0,00875 \cdot n$ [l/s]
	MWW10 = $226+2,16 \cdot n$ [l]	MWW10 = $297+4,73 \cdot n$ [l]	MWW60 = $577+10,4 \cdot n$ [l]	MWW60 = $697+24,2 \cdot n$ [l]
	MWW120 = $732+18,1 \cdot n$ [l]	MWW120 = $835+44,2 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1107+69,1 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1497+150 \cdot n$ [l]
douchetype IV: 0,24 l/s	MMV _{koud} = $1,25+0,00973 \cdot n$ [l/s]	MMV _{koud} = $1,50+0,0191 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,683+0,00485 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,813+0,00994 \cdot n$ [l/s]
	MWW10 = $250+2,42 \cdot n$ [l]	MWW10 = $363+5,12 \cdot n$ [l]	MWW60 = $510+12,1 \cdot n$ [l]	MWW60 = $746+27,1 \cdot n$ [l]
	MWW120 = $553+21,4 \cdot n$ [l]	MWW120 = $927+49,1 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1247+78,4 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1534+171 \cdot n$ [l]
douchetype V: 0,37 l/s	MMV _{koud} = $1,75+0,0126 \cdot n$ [l/s]	MMV _{koud} = $2,04+0,0253 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $1,000+0,00642 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $1,12+0,0134 \cdot n$ [l/s]
	MWW10 = $338+3,26 \cdot n$ [l]	MWW10 = $484+6,84 \cdot n$ [l]	MWW60 = $510+15,9 \cdot n$ [l]	MWW60 = $1025+35,2 \cdot n$ [l]
	MWW120 = $712+28,0 \cdot n$ [l]	MWW120 = $1318+64,3 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1393+105 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1709+228 \cdot n$ [l]
douchetype VI: 0,42 l/s	MMV _{koud} = $2,07+0,0136 \cdot n$ [l/s]	MMV _{koud} = $2,54+0,0267 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $1,14+0,00701 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $1,42+0,0141 \cdot n$ [l/s]
	MWW10 = $384+3,48 \cdot n$ [l]	MWW10 = $555+7,46 \cdot n$ [l]	MWW60 = $768+16,7 \cdot n$ [l]	MWW60 = $1153+38,2 \cdot n$ [l]
	MWW120 = $1025+29,2 \cdot n$ [l]	MWW120 = $1476+69,4 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1504+115 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1855+248 \cdot n$ [l]
douchetype VII: 0,5 l/s	MMV _{koud} = $2,16+0,0162 \cdot n$ [l/s]	MMV _{koud} = $2,65+0,0303 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $1,19+0,00861 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $1,42+0,0163 \cdot n$ [l/s]
	MWW10 = $413+4,29 \cdot n$ [l]	MWW10 = $588+8,62 \cdot n$ [l]	MWW60 = $778+19,6 \cdot n$ [l]	MWW60 = $1313+43,5 \cdot n$ [l]
	MWW120 = $936+34,7 \cdot n$ [l]	MWW120 = $1266+80,1 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1510+133 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1816+285 \cdot n$ [l]

Het is mogelijk dat een andere verhouding tussen het aantal hotelkamers en het aantal conferentie- of theatergasten wel leidt tot een bijdrage aan het piekverbruik, waardoor de rekenregels voor hotels niet meer toegepast kunnen worden. Een methode om vast te stellen of de rekenregels voor hotels toegepast kunnen worden voor een te ontwerpen conferentie- of theaterhotel is als volgt:

a) voor een conferentiehotel

Een conferentiehotel heeft een hoger verbruik gedurende lunchtijd, in vergelijking tot een zakelijk hotel, door het toiletgebruik van de conferentiegasten en mogelijk door het waterverbruik in de keukens doordat meer mensen gebruik maken van de lunch. Voor het waterverbruik in de toiletgroep kunnen de rekenregels voor kantoren gebruikt worden met het aantal gasten als invoerparameter. Wanneer de MMV_{koud} berekend met de kantoor-rekenregel groter is dan de MMV_{koud} van het bijbehorende hotel, dan betekent dit dat het waterverbruik op de hotelkamers niet meer dominant is en dus niet meer voldaan wordt aan de randvoorwaarden voor het gebruik van de hotel-rekenregels. Omdat het piekverbruik in de hotelkamers en in het conferentiegedeelte op een ander tijdstip plaatsvindt, geldt in dat geval:

1. toepassing van de rekenregel van kantoren voor MMV_{koud} voor het gehele gebouw en voor de toiletruimte in het conferentiegedeelte van het hotel (als dit op één locatie is).
2. toepassing van de rekenregels van hotels voor de kentallen van het warmwaterverbruik voor het gehele gebouw, aangenomen dat in de toiletruimte van de conferentieruimte geen warmwater wordt verbruikt of geen significante hoeveelheid.
3. toepassing van de rekenregels van hotels voor alle kentallen voor de strengen voor de watervoorziening van hotelkamers.

b) voor een theaterhotel

Een theaterhotel heeft een hoger verbruik gedurende de avonduren, in vergelijking tot een zakelijk of toeristisch hotel. Vaak zijn in deze hotels ook conferentiemogelijkheden aanwezig. Het waterverbruik zal afhankelijk zijn van het soort evenement: theatervoorstelling zal vooral leiden tot een toenemend gebruik van toiletruimte, een trouwfeest zal veel gebruik van keukens, bars en toiletruimte betekenen. Omdat het piekverbruik in deze ruimtes op een ander tijdstip plaatsvindt dan in de hotelkamers kan vergelijking plaatsvinden met de uitkomsten van de rekenregels. Door het waterverbruik van de sanitaire voorzieningen te berekenen met de kantoor-rekenregel voor de toiletruimte en op een andere manier voor het koud- en warmwaterverbruik van de keukens en de bars kan een vergelijkbare methode gevolgd worden als voor de conferentiehotels.

6.5 Omrekentool voor andere insteltemperaturen van de warmwaterbereider

6.5.1 Noodzaak voor omrekentool

De rekenregels voor hotels zijn opgesteld op basis van standaarduitgangspunten als 10°C voor koud water en 60°C voor de gemiddelde circulatietemperatuur van het warme water, overeenkomstig ISSO-55. Bij alternatieve technieken voor het opwarmen van het water kunnen lagere circulatietemperaturen toegestaan zijn. Daarnaast is het mogelijk dat de gemiddelde circulatietemperatuur in werkelijkheid hoger is dan 60°C. De vraag is of het mogelijk is om de gebruikte warmwaterhoeveelheden bij andere circulatietemperaturen te berekenen op basis van de uitkomsten van de rekenregels.

6.5.2 Opstellen omrekenformule naar andere insteltemperaturen

Voor het berekenen van de temperatuur van mengwater geldt de volgende formule:

$$T_{meng} = \frac{m_k \cdot T_k + m_w \cdot T_w}{m_k + m_w} \quad (7)$$

waarin:

T_{meng}	=	temperatuur van mengwater
T_k	=	temperatuur van koud water
T_w	=	temperatuur van warm water (gemiddelde circulatie temperatuur)
m_k	=	hoeveelheid koud water
m_w	=	hoeveelheid warm water
m_{meng}	=	hoeveelheid water met temperatuur $m_{meng} = m_k + m_w$

Met deze formule kan per tappunt berekend worden hoeveel koud- en warmwater van een bepaalde temperatuur nodig is om de gewenste hoeveelheid warmwater van de gewenste mengtemperatuur te krijgen.

Deze formule kan gebruikt worden om de berekende kentallen voor warmwaterverbruik bij 10°C en 60°C om te rekenen naar de kentallen bij een andere circulatietemperatuur, als aangenomen wordt dat de gewenste mengtemperatuur, de benodigde hoeveelheid water met deze mengtemperatuur en de uitgangstemperatuur voor koud water hetzelfde blijft:

$$m_{w2} = \frac{T_{w1} - T_{k1}}{T_{w2} - T_{k2}} \cdot m_{w1} \quad (8)$$

met als voorwaarden: $T_{meng1} = T_{meng2}$ en $m_{meng} = m_{k1} + m_{w1} = m_{k2} + m_{w2}$ en $T_{k1} = T_{k2} = T_k$ waarin

T_{k1}	=	temperatuur van koud water in situatie 1
T_{k2}	=	temperatuur van koud water in situatie 2
T_{w1}	=	temperatuur van warm water (gemiddelde circulatie temperatuur) in situatie 1
T_{w2}	=	temperatuur van warm water (gemiddelde circulatie temperatuur) in situatie 2
m_{w1}	=	hoeveelheid warm water in situatie 1
m_{w2}	=	hoeveelheid warm water in situatie 2

Deze omrekenformule is toegepast om de kentallen voor warm water bij 10°C en 60°C (situatie 1) om te rekenen naar de kentallen voor warm water bij andere temperaturen (situatie 2):

$$kental_{w2} = \frac{T_{w1} - T_k}{T_{w2} - T_k} \cdot kental_{w1} \quad (9)$$

6.5.3 Toetsen van omrekenformule naar andere insteltemperaturen

De omrekenformule geldt bij gelijkblijvende totale watervraag en dezelfde mengtemperatuur. De mengtemperatuur kan echter verschillen per tappunt. Hierdoor hoeft deze voorwaarde niet voor een heel gebouw te gelden. In hotels wordt het grootste deel van het warm water verbruikt door de douche in de hotelkamers. Bij benadering wordt hierdoor aan de voorwaarde van eenzelfde mengtemperatuur voldaan.

Om de toepasbaarheid van de omrekenformule te testen en de afwijking door de gemaakte aannames te onderzoeken is voor beide hoteltypes, namelijk een zakelijk en toeristisch hotel, het koud- en warmwaterverbruik gesimuleerd van een hotel met 200 of 400 hotelkamers met douchetype II en V bij variërende uitgangstemperaturen voor warm water: 45°C, 50°C, 60°C, 65°C en 70°C.

De toetsing vindt als volgt plaats:

- 1) uit 100 simulaties worden de kentallen afgeleid voor warm water, namelijk MMV_{warm} en MWW bij verschillende tijdseenheden
- 2) de kentallen voor warmwaterverbruik worden bij andere temperaturen met de omrekenformule berekend vanuit de kentallen bij $T_{k1} = 10^\circ\text{C}$ en $T_{w1} = 60^\circ\text{C}$.
- 3) de kentallen, die met de omrekenformule berekend zijn worden vergeleken met de berekende kentallen uit de gesimuleerde patronen. De relatieve afwijking, gemaakt door de toepassing van de omrekenformule wordt berekend als:

$$r\Delta = \frac{X_{omrekenformule} - X_{SIMDEUM}}{X_{SIMDEUM}} \cdot 100\% \quad (10)$$

In Tabel VI-1 in bijlage VI zijn de verschillende kentallen voor het warmwaterverbruik weergegeven bij andere uitgangstemperaturen dan 60°C voor 200 en 400 hotelkamers in zakelijke en toeristische hotels bij twee verschillende douchetypes, namelijk type II en V. De kentallen berekend uit simulaties met SIMDEUM bij de andere warmwatertemperaturen geven een correcte weergave van het warmwaterverbruik. In SIMDEUM is immers per tappunt de gewenste temperatuur meegenomen,

waardoor de aanname van dezelfde mengtemperatuur niet gemaakt hoeft te worden. In Tabel VI-2 in dezelfde bijlage is de afwijking van de omrekenformule ten opzichte van de simulaties met SIMDEUM te zien. De tabel laat zien dat de omrekenformule leidt tot een goede voorspelling van de kentallen van het warmwater bij andere uitgangstemperaturen. De omrekenformule leidt bij de kentallen op korte tijdschaal (MMV_{warm} en MWW_{10}) tot de grootste afwijking, die maximaal 15% bedraagt. Bij de kentallen op grotere tijdschaal is de afwijking kleiner. Wanneer de bijdrage van de hotelkamers in het totale waterverbruik groter wordt, bijvoorbeeld door een groter aantal hotelkamers, door een toeristisch karakter of een luxere uitvoering van de douche wordt de afwijking door de omrekenformule kleiner, omdat dan beter voldaan wordt aan de aannames van de omrekenformule.

De omrekenformule kan gebruikt worden om de uitkomsten van de rekenregels voor warm water om te rekenen naar een andere uitgangstemperatuur.

7 Vergelijking met bestaande richtlijnen

7.1 Inleiding

Voor de utiliteitsbouw bestaan momenteel ontwerprichtlijnen voor het berekenen van de maximum moment volumestroom van koud water in verschillende type gebouwen. Deze ontwerprichtlijnen zijn opgenomen in 'Het ontwerpen van sanitaire installaties' (Scheffer, 1994) en ISSO 55 (ISSO-contactgroep 43, 2001) (Tabel 3-2). In dit hoofdstuk worden de uitkomsten van de ontwerprekenregels, dit zijn de rekenregels waarin de veiligheidsfactoren zijn verwerkt, vergeleken met deze gepubliceerde ontwerprichtlijnen. Tot slot worden de consequenties voor het ontwerp van de leidingwaterinstallatie beschreven.

7.2 Maximum moment volumestroom en consequenties voor ontwerp leidingdiameter

De huidige richtlijnen voor hotels zijn gebaseerd op het aantal tapeenheden, die in een hotel aanwezig zijn. In de praktijk wordt het aantal tapeenheden op de hotelkamers gebruikt. In Tabel 7-1 zijn het aantal tapeenheden weergegeven voor de hotels waarin het waterverbruik is gemeten. Hiervoor zijn standaard tapeenheden gebruikt uit de praktijk (Rijneveld, 2012).

Tabel 7-1 Tapeenheden voor koud en warm water in de bemeeten hotels voor toepassing in de bestaande richtlijnen.

hotel	type kamers	aantal TE per hotelkamer		totaal TE hotel	
		TE koud	TE warm	TE koud	TE warm
hotel I	40 standaard	6,25	2,5	736	320
	40 luxe	12,15	5,5		
hotel II	120 standaard	6,25	2,5	1624,8	696
	72 luxe	12,15	5,5		

De uitkomsten van de ontwerprekenregels voor de twee hotels (Tabel 3-1), zijn samen met de gemeten kentallen en de uitkomsten van de bestaande ISSO-richtlijnen uit Tabel 3-2, weergegeven in Tabel 7-2. Voor de maximum moment volumestroom voor warm water is dezelfde richtlijn gebruikt. In Figuur 7-1 zijn de gemeten kentallen uitgezet met de ontwerprekenregels en de bestaande ISSO-richtlijn, waarin is aangenomen dat het aantal tapeenheden voor koud water gemiddeld 9 bedraagt en voor warm water gemiddeld 4.

Uit de tabel en de figuren blijkt dat de uitkomsten van ontwerprekenregels dichterbij de gemeten MMV liggen dan de huidige gepubliceerde ontwerprichtlijnen van ISSO, zowel voor het koude als het warme water. De uitkomst van de huidige richtlijn is een factor 2 (1,9 tot 2,4) groter dan de uitkomst van de ontwerprekenregels. Toepassing van de nieuwe ontwerprekenregels zal leiden tot zuinigere ontwerpen van de leidingwaterinstallaties.

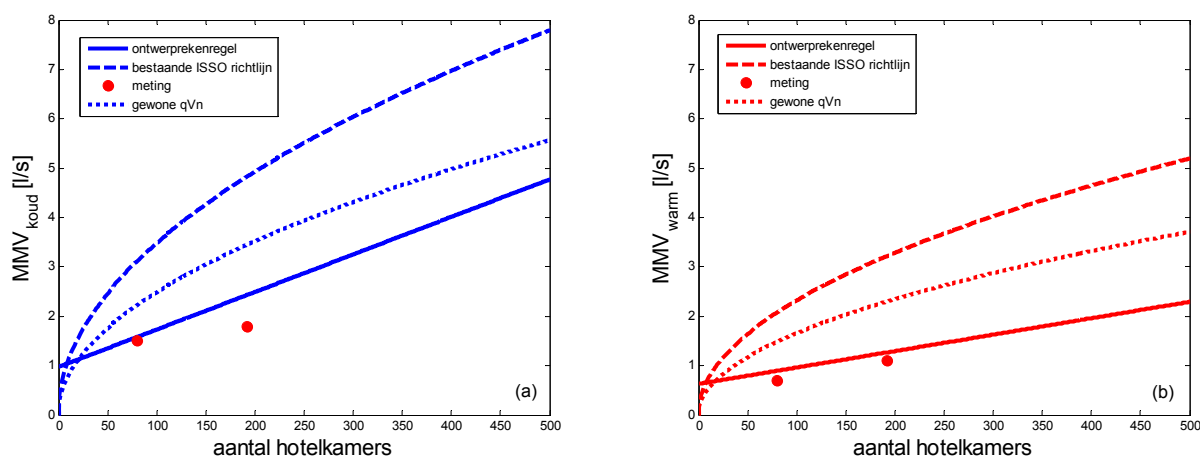
Omdat blijkt dat in de praktijk ook de $q\sqrt{n}$ - of $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode wordt gebruikt voor het ontwerpen van hotels, zijn in Tabel 7-2 en Figuur 7-1 ook de uitkomsten van de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode voor zakelijke hotels te zien. De $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode overschat ook het waterverbruik in beide hotels, al is de overschatting kleiner dan voor de huidige ISSO-richtlijnen (met de factor 1,4). De $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode voorspelt ook een hogere MMV dan de ontwerprekenregels, die ongeveer een factor 1,5 (1,4-1,7) hoger is dan de MMV van de

ontwerprekenregels. De nieuwe ontwerprekenregels zullen dus ook ten opzichte van de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode leiden tot zuinigere ontwerpen van de leidingwaterinstallaties.

Uit Figuur 7-1 blijkt tevens dat de verschillen tussen de huidige richtlijnen en de ontwerprekenregels kleiner is bij een kleiner aantal hotelkamers. Bij minder dan 20 hotelkamers voorspelt de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode een kleinere MMV dan de ontwerprekenregels en bij minder dan 9 hotelkamers de huidige richtlijn ook. Dit komt overeen met de waarde voor n waarvoor de nieuwe ontwerprekenregels toegepast mogen worden (paragraaf 6.2).

Tabel 7-2 Vergelijking van de kentallen afgeleid uit metingen en berekend met de ontwerprekenregels gebaseerd op SIMDEUM (inclusief veiligheidsfactor), de bestaande richtlijnen en $q\sqrt{n}$ voor twee zakelijke hotels. Tussen haakjes de afwijking ten opzichte van de gemeten waarde voor het kental.

Gebouw	kental	berekende waarde			
		meting	ontwerp- rekenregel	bestaande richtlijnen ISSO 55	$q\sqrt{n}$ of $q\sqrt{\Sigma TE}$
hotel I	MMV_{koud} [l/s]	1,5	1,6 (+5%)	3,2 (+110%)	2,3 (+50%)
	MMV_{warm} [l/s]	0,7	0,9 (+31%)	2,1 (+203%)	1,5 (+116%)
	MWW_{10} [l]	255,1	365,8 (+43%)	-	-
	MWW_{60} [l]	844,5	1191,4 (+41%)	-	-
	MWW_{120} [l]	1288,0	1903,9 (+48%)	-	-
	MWW_{dag} [l]	5143,7	5498,2 (+7%)	-	-
hotel II	MMV_{koud} [l/s]	1,8	2,4 (+36%)	4,7 (+161%)	3,3 (+87%)
	MMV_{warm} [l/s]	1,2	1,3 (+7%)	3,1 (+158%)	2,2 (+84%)
	MWW_{10} [l]	473,9	569,1 (+20%)	-	-
	MWW_{60} [l]	1994,3	2232,1 (+12%)	-	-
	MWW_{120} [l]	3456,8	3733,1 (+8%)	-	-
	MWW_{dag} [l]	9662,3	11631,2 (+20%)	-	-



Figuur 7-1 Maximum Moment Volumestroom voor koud (a) en warm (b) water voorspeld met de SIMDEUM-ontwerprekenregel (-), de ISSO ontwerprichtlijn (- -) en de $q\sqrt{n}$ - of $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode (...) voor zakelijke hotels en vergeleken met metingen van MMV in hotel I en II (•).

De keuze van de leidingdiameter kan gebaseerd worden op de nieuwe ontwerprekenregels en de huidige ontwerprichtlijnen (Tabel 3-2). In Tabel 7-3 zijn de consequenties te zien voor de keuze van de leidingdiameters in hotel I en II.

De nieuwe ontwerprekenregels leiden tot kleinere diameters dan de huidige ISSO-richtlijnen en de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode. De diameters op basis van de ontwerprekenregels zijn gelijk of groter dan de diameters die volgen uit de gemeten MMV. Dit betekent dat ze toereikend zijn voor de daadwerkelijke watervraag en dus voldoen aan de comforteis van de gebruikers.

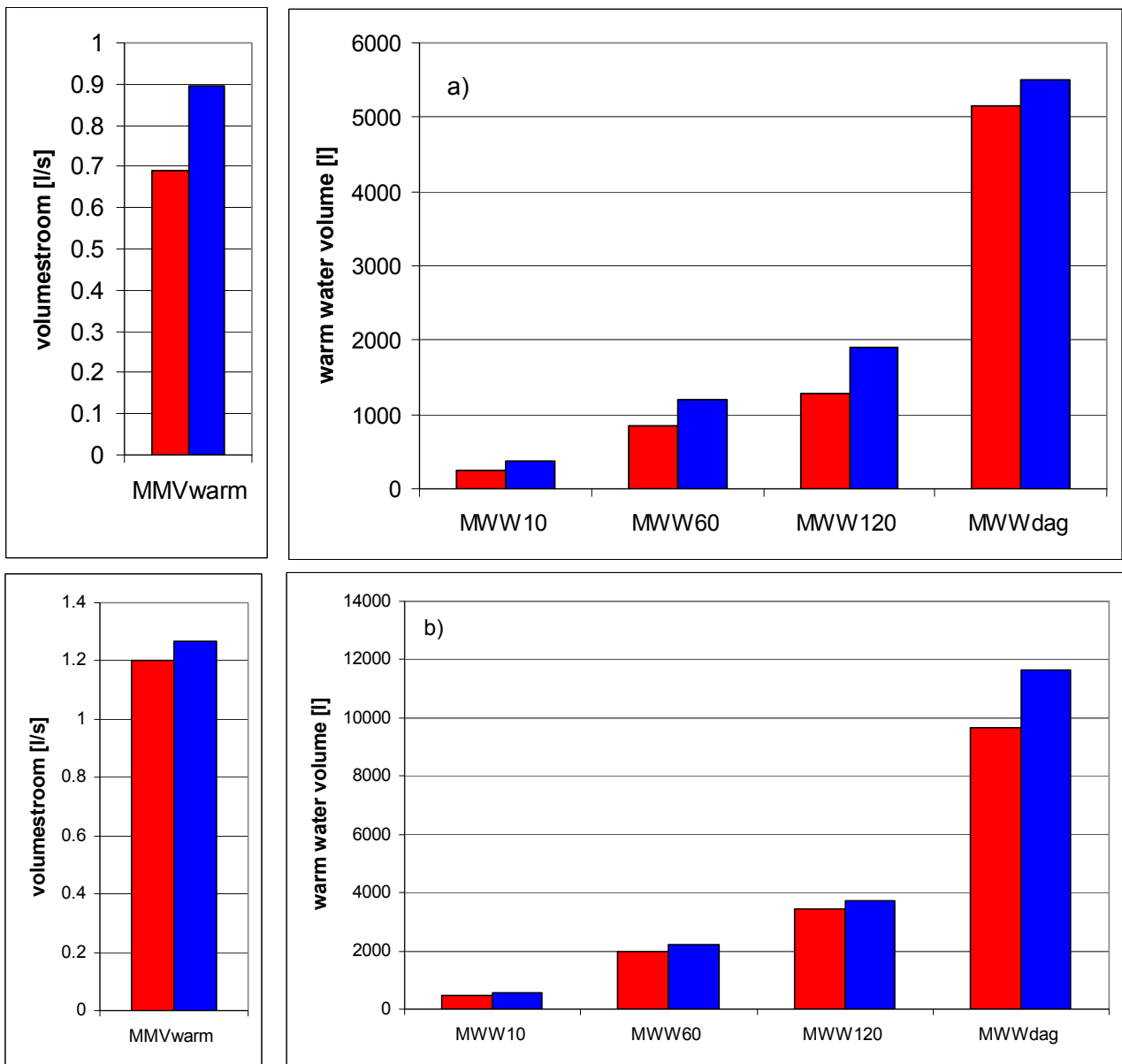
Tabel 7-3 Keuze van de diameter van bestaande koperen leidingen voor de distributie van koud en warm water op basis van de gemeten MMV (d_{meting}), op basis van de ontwerprekenregels gebaseerd op SIMDEUM ($d_{rekenregel}$), op basis van de oude richtlijn ($d_{oude richtlijn}$) en op basis van de $q\sqrt{v_h}$ - of $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode ($d_{q\sqrt{v_h}}$) voor hotel I en II.

Gebouw	leiding voor	keuze leidingdiameter [mm]			
		d_{meting}	$d_{rekenregel}$	$d_{oude richtlijn}$	$d_{q\sqrt{v_h}}$
hotel I	koud water	35	35	54	42
	warm water	28	28	42	35
hotel II	koud water	42	54	64	54
	warm water	35	35	54	42

7.3 Warmwaterverbruik en consequenties voor ontwerp warmwaterbereider

De uitkomsten van de ontwerprekenregels voor het warmwaterverbruik zijn voor de twee hotels samen met de gemeten kentallen weergegeven in Tabel 7-2 en in Figuur 7-2. De huidige richtlijnen geven geen inzicht in het warmwaterverbruik in verschillende tijdperioden. De resultaten laten zien dat de ontwerprekenregels de kentallen met een redelijke veiligheidsmarge voorspellen.

Voor het warmwaterverbruik bestonden tot nu toe geen richtlijnen. De inzichten in het warmwaterverbruik met de ontwerprekenregels zijn hierdoor een enorme winst. Het ontwerp voor een warmwaterbereider op basis van de ontwerprekenregels is vergeleken met het ontwerp op basis van het gemeten warmwaterverbruik en met het ontwerp dat voorgesteld is door een fabrikant, op basis van de karakteristieke eigenschappen van de zakelijke hotels (Tabel 7-4). Ter illustratie is ook een ontwerp voor een klein toeristisch hotel opgevraagd bij een fabrikant. De kentallen voor het warmwaterverbruik berekend met de ontwerprekenregels resulteren in kleinere dimensies van de warmwaterbereider dan het voorstel van de fabrikant. De dimensies kunnen wel twee tot vier keer kleiner zijn dan voorgesteld door de fabrikant. Ze zijn vergelijkbaar met de dimensies en het vermogen die volgen uit het daadwerkelijke warmwaterverbruik, afgeleid uit de metingen. Dat betekent dat de zuinigere ontwerpen op basis van de ontwerprekenregels voldoen aan de gewenste comforteis van de gebruikers.



Figuur 7-2 De kentallen voor warmwaterverbruik voor hotel I (a) en hotel II (b), afgeleid uit metingen (rood) en berekend met de ontwerprekenregels (blauw). Er bestaan geen andere richtlijnen om deze kentallen te berekenen.

Tabel 7-4 Dimensies van een warmwaterbereider voor hotel I en hotel II, uitgedrukt in volume van het voorraadvat en het benodigde vermogen in kW op basis van het gemeten warmwaterverbruik, op basis van de kentallen van de ontwerprekenregels en het voorstel van een fabrikant en een warmwaterbereider voor een klein toeristisch hotel op basis van de ontwerprekenregels en het voorstel van een fabrikant.

Gebouw	dimensies op basis van metingen		dimensies op basis van rekenregels		voorstel fabrikant	
	volume [l]	vermogen [kW]	volume [l]	vermogen [kW]	volume [l]	vermogen [kW]
hotel I	500	30	500	50	1000	200
hotel II	1000	85	1000	95	4000	200
klein toeristisch hotel			350	55	740	100

8 Conclusies, samenvatting en aanbevelingen

8.1 Conclusies en samenvatting

De rekenregels voor zakelijke en toeristische hotels zijn gebaseerd op SIMDEUM®, waardoor ze een theoretische achtergrond hebben. Puur op basis van kennis van gebruikers (aantal en waterverbruikend gedrag) en tappunten (aantal en specifieke eigenschappen) wordt het koud- en warmwaterverbruik berekend gedurende de dag. Voor het opstellen van de rekenregels zijn hotels gestandaardiseerd, waardoor op basis van de dominante variabele, het aantal hotelkamers, zowel de inrichting van het gebouw als het aantal gebruikers worden berekend. De gestandaardiseerde hotels zijn opgesplitst in de volgende functionele ruimten met waterverbruikers: hotelkamers met hotelgasten, keuken/restaurant met keukenpersoneel, een bijeenkomstruimte of pantry⁵ voor het personeel en bezoekers, de schoonmaak met schoonmakers en douches buiten de douches op de hotelkamer voor personeel.

De validatie van de rekenregels voor hotels heeft plaatsgevonden op grond van 'proof of concept': als de inrichting van de gestandaardiseerde hotels op de juiste aannames is gebaseerd en als de uitkomsten van de rekenregels voor één typologie overeenkomen met de metingen, betekent dit dat de rekenregels het waterverbruik van de andere typologieën ook goed zullen voorspellen. Voor de 'proof of concept' zijn metingen op secondebasis uitgevoerd van het totaal waterverbruik in twee zakelijke hotels van verschillende omvang en zijn enquêtes gehouden naar de inrichting van vijf hotels, met een zakelijk of gecombineerd zakelijk/toeristisch karakter. Tevens zijn gegevens uit enquêtes van een eerder project in vier hotels gebruikt. Omdat binnen de 'proof of concept' zowel het verloop van het waterverbruik over de gehele dag wordt getoetst als ook de theoretische basis, door de inrichting van de gestandaardiseerde gebouwen te toetsen, is de validatie op basis van metingen van 2 hotels op secondebasis bij uiteenlopend aantal hotelkamers in principe voldoende. Tijdens de meetperiode varieert de bezetting van beide zakelijke hotels sterk. Hierdoor kan de statistisch verantwoorde procedure uit 20-30 meetdagen niet toegepast worden. De resultaten bij maximale bezetting zijn gebruikt en geven een goede indicatie van de geldigheid van de rekenregels, samen met de 'proof of concept'. Bij hotels met sterk variërende bezetting kan een langere meetperiode echter bijdragen meer vertrouwen van de rekenregels.

De validatie op basis van 'proof of concept' laat zien dat:

- 1) de basis van de rekenregels betrouwbaar is.
 - a) De door SIMDEUM gesimuleerde dagelijkse patronen van het totale koud- en warmwaterverbruik van de gestandaardiseerde zakelijke hotels geven een goede beschrijving van de gemeten patronen van beide hotels van variërende omvang. De ochtendpiek is in de gestandaardiseerde gebouwen wat breder, dan in de gemeten patronen.
 - b) De inrichting van de gestandaardiseerde hotels, waarop de rekenregels zijn gebaseerd, is betrouwbaar voor de dominante functionele ruimte, de hotelkamers. De functionele ruimte die qua aandeel in het totale waterverbruik en het patroon van het waterverbruik gedurende de dag het belangrijkste is, wordt goed ingericht: de bezetting van de hotelkamers, de inrichting van de hotelkamers en het waterverbruikend gedrag zijn goed gemodelleerd in de gestandaardiseerde hotels. Alleen de bloktijden, namelijk de tijd van opstaan en vertrek lijken iets te laat op de dag plaats te vinden in de gestandaardiseerde hotels en over een te breed tijdsvlak. Tevens kan het gebruik van de waterbesparende functie van toiletten in de gestandaardiseerde hotels te hoog zijn, omdat deze niet altijd in een hotelkamer aanwezig blijken te zijn. De inrichting van de overige ruimtes is minder nauwkeurig en ook minder belangrijk (10-20% van waterverbruik). Het waterverbruik tijdens de ochtendpiek is het meest dominant voor de kentallen van de rekenregels. Slechts/voornamelijk de functionele ruimtes die tijdens die

⁵ pantry is gekozen als vereenvoudigde benaming van de sanitaire ruimte met toiletten en wastafels en koffieautomaten voor medewerkers, bezoekers en gasten voor conferentie en theater.

periode bijdragen aan het waterverbruik kunnen nog een kleine rol spelen in de kentallen. Afwijkingen van de gestandaardiseerde hotels zijn mogelijk in die periode door het in werkelijkheid eerder beginnen van een aantal medewerkers, zoals baliepersoneel, keukenpersoneel en schoonmakers, als ook een kans op meer gebruik van pantry door hoger aantal bezoekers en tappunten en meer kans op gelijktijdigheid in de keuken tijdens het ontbijt door een groter aantal keukenkranen. De overeenkomst tussen het gesimuleerde waterverbruik gedurende de dag van een gestandaardiseerd hotel en het daadwerkelijke koud- en warm waterverbruik laat echter zien dat het voldoende en toereikend is om de inrichting van de dominante ruimte goed te beschrijven.

2) de voorspellingen van de rekenregels zijn betrouwbaar.

De voorspelling van de kentallen van de zakelijke hotels met variërende en uiteenlopende omvang wijken 1% tot maximaal 23% af van de metingen. Door de theoretische basis van de rekenregels kan deze afwijking bovendien verklaard worden.

De rekenregels zijn omgezet in ontwerprekenregels, die opgenomen kunnen worden in de herziene handleiding van ISSO-55. Op basis van de validatieresultaten en verklaard vanuit de theoretische basis van de rekenregels is voor elk kental een veiligheidsmarge opgenomen in de ontwerprekenregels in ISSO-55. De ontwerprekenregels kunnen gebruikt worden voor hotels met 20 hotelkamers of meer dan 20 hotelkamers, die voldoen aan de eigenschappen van de gestandaardiseerde hotels. Omdat in hotels het waterverbruik voor 80-90% wordt bepaald door het waterverbruik in de hotelkamers kunnen de ontwerprekenregels ook gebruikt worden voor strengen binnen het hotel met $n \geq 20$ hotelkamers. Voor strengen of gebouwen met $n < 20$ hotelkamers, of naar andere functionele ruimtes moet het waterverbruik op een andere manier berekend worden.

De uiteindelijke ontwerp rekenregels voor zakelijke en toeristische hotels en strengen naar de dominante functionele ruimte (hotelkamers) zijn, bij variërende volumestroom van de aanwezige douche:

type douche	ontwerprekenregels voor het waterverbruik als functie van aantal hotelkamers (n) voor $n \geq 20$			
	zakelijk hotel		toeristisch hotel	
douchetype I: 0,07 l/s	MMV _{koud} = $0,985+0,00692 \cdot n$ [l/s]	MMV _{koud} = $1,27+0,0134 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,609+0,00285 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,752+0,00644 \cdot n$ [l/s]
	MWW10 = $231+1,65 \cdot n$ [l]	MWW10 = $299+3,71 \cdot n$ [l]	MWW60 = $512+8,79 \cdot n$ [l]	MWW60 = $687+19,4 \cdot n$ [l]
	MWW120 = $630+15,3 \cdot n$ [l]	MWW120 = $887+35,1 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1008+46,8 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1594+103 \cdot n$ [l]
douchetype II: 0,12 l/s	MMV _{koud} = $0,973+0,00750 \cdot n$ [l/s]	MMV _{koud} = $1,14+0,0146 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,630+0,00333 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,686+0,00706 \cdot n$ [l/s]
	MWW10 = $221+1,82 \cdot n$ [l]	MWW10 = $265+3,91 \cdot n$ [l]	MWW60 = $448+9,29 \cdot n$ [l]	MWW60 = $634+20,6 \cdot n$ [l]
	MWW120 = $597+16,3 \cdot n$ [l]	MWW120 = $812+37,4 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1118+54,8 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1372+122 \cdot n$ [l]
douchetype III: 0,19 l/s	MMV _{koud} = $1,06+0,00915 \cdot n$ [l/s]	MMV _{koud} = $1,36+0,0173 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,617+0,00421 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,768+0,00875 \cdot n$ [l/s]
	MWW10 = $226+2,16 \cdot n$ [l]	MWW10 = $297+4,73 \cdot n$ [l]	MWW60 = $577+10,4 \cdot n$ [l]	MWW60 = $697+24,2 \cdot n$ [l]
	MWW120 = $732+18,1 \cdot n$ [l]	MWW120 = $835+44,2 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1107+69,1 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1497+150 \cdot n$ [l]
douchetype IV: 0,24 l/s	MMV _{koud} = $1,25+0,00973 \cdot n$ [l/s]	MMV _{koud} = $1,50+0,0191 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,683+0,00485 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $0,813+0,00994 \cdot n$ [l/s]
	MWW10 = $250+2,42 \cdot n$ [l]	MWW10 = $363+5,12 \cdot n$ [l]	MWW60 = $510+12,1 \cdot n$ [l]	MWW60 = $746+27,1 \cdot n$ [l]
	MWW120 = $553+21,4 \cdot n$ [l]	MWW120 = $927+49,1 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1247+78,4 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1534+171 \cdot n$ [l]
douchetype V: 0,37 l/s	MMV _{koud} = $1,75+0,0126 \cdot n$ [l/s]	MMV _{koud} = $2,04+0,0253 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $1,000+0,00642 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $1,12+0,0134 \cdot n$ [l/s]
	MWW10 = $338+3,26 \cdot n$ [l]	MWW10 = $484+6,84 \cdot n$ [l]	MWW60 = $510+15,9 \cdot n$ [l]	MWW60 = $1025+35,2 \cdot n$ [l]
	MWW120 = $712+28,0 \cdot n$ [l]	MWW120 = $1318+64,3 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1393+105 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1709+228 \cdot n$ [l]
douchetype VI: 0,42 l/s	MMV _{koud} = $2,07+0,0136 \cdot n$ [l/s]	MMV _{koud} = $2,54+0,0267 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $1,14+0,00701 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $1,42+0,0141 \cdot n$ [l/s]
	MWW10 = $384+3,48 \cdot n$ [l]	MWW10 = $555+7,46 \cdot n$ [l]	MWW60 = $768+16,7 \cdot n$ [l]	MWW60 = $1153+38,2 \cdot n$ [l]
	MWW120 = $1025+29,2 \cdot n$ [l]	MWW120 = $1476+69,4 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1504+115 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1855+248 \cdot n$ [l]
douchetype VII: 0,5 l/s	MMV _{koud} = $2,16+0,0162 \cdot n$ [l/s]	MMV _{koud} = $2,65+0,0303 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $1,19+0,00861 \cdot n$ [l/s]	MMV _{warm} = $1,42+0,0163 \cdot n$ [l/s]
	MWW10 = $413+4,29 \cdot n$ [l]	MWW10 = $588+8,62 \cdot n$ [l]	MWW60 = $778+19,6 \cdot n$ [l]	MWW60 = $1313+43,5 \cdot n$ [l]
	MWW120 = $936+34,7 \cdot n$ [l]	MWW120 = $1266+80,1 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1510+133 \cdot n$ [l]	MWWdag = $1816+285 \cdot n$ [l]

De ontwerprichtlijnen in de ISSO-55 handleiding zijn gebaseerd op de uitgangstemperaturen van 10°C voor koud water en 60°C voor warmwater. Met een omrekenformule kunnen de kentallen voor warmwater omgerekend worden naar andere uitgangstemperaturen van het warm water, variërend van 45°C tot 70°C. De omrekenformule leidt tot een goede voorspelling van de kentallen van het warmwater bij andere uitgangstemperaturen. De omrekenformule leidt bij de kentallen op korte tijdschaal (MMV_{warm} en MWW_{10}) tot de grootste afwijking, die maximaal 15% bedraagt. Bij de kentallen op grotere tijdschaal is de afwijking kleiner.

Uit de vergelijking van de ontwerprekenregels op basis van SIMDEUM met de huidige gepubliceerde richtlijnen blijkt dat:

- 1) de voorspellingen van de ontwerprekenregels dichterbij de metingen liggen dan de bestaande richtlijnen.
De uitkomsten van de huidige ISSO-richtlijnen zijn een factor 1,9-2,4 groter dan de kentallen berekend met de ontwerprekenregels. Bovendien leidt de toepassing van de $q\sqrt{n}$ - of $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode, in plaats van de ISSO-richtlijnen, voor hotels ook tot uitkomsten die 1,5 (1,4-1,7) groter zijn dan de kentallen van de ontwerprekenregels
- 2) de ontwerprekenregels leiden tot realistische leidingwaterinstallaties, die aansluiten bij het daadwerkelijk waterverbruik en die bovendien zuiniger zijn.
De realistische voorspellingen door de ontwerprekenregels leiden tot een beter ontwerp van de leidingwaterinstallatie, doordat de uitkomsten goed aansluiten bij het daadwerkelijk waterverbruik. De nieuwe rekenregels leiden tot kleinere diameters voor zowel de koud- als warmwaterleidingen dan de huidige ISSO-richtlijnen.
- 3) Voor het eerst is er door de ontwerprekenregels een betrouwbaar inzicht in het warmwaterverbruik in hotels. Dit inzicht leidt in potentie voor beide hotels tot een zuiniger ontwerp van de warmwaterbereider. De inhoud of het vermogen bedraagt de helft en soms zelfs een vierde van de dimensies voorgesteld door een fabrikant. De dimensies die volgen uit de kentallen van de ontwerprekenregels voldoen aan de comforteis van de gebruikers.

De theoretische basis van de ontwerprekenregels, gebaseerd op SIMDEUM, maakt het mogelijk dat afwijkingen tussen de metingen en de uitkomsten van de ontwerprekenregels uitgelegd en verklaard kunnen worden. Dit is een zeer sterk punt van het gebruik van de ontwerprekenregels ten opzichte van bestaande ISSO-richtlijnen of de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode.

De meeste te ontwerpen hotels passen binnen de hoteltypologieën van de ontwerprekenregels. Bij de keuze van het gewenste hoteltype, om het waterverbruik met de rekenregels te berekenen, bepaalt het type hotelgast de typologie waartoe het hotel behoort. Karakteristieke kenmerken die bij de keuze horen zijn: de bezetting van de hotelkamer, het waterverbruikend gedrag van de hotelgasten (doucheduur en badgebruik) en de breedte van de ochtendpiek (zakelijk hotel heeft een smallere ochtendpiek). Voor hotels met een speciale functie, zoals een conferentiehotel of een theaterhotel, kunnen de rekenregels gebruikt worden onder bepaalde condities voor het aantal gasten.

8.2 Aanbevelingen

De ontwerprekenregels voor hotels kunnen de huidige richtlijnen in de ISSO-55 handleiding vervangen. De ontwerprekenregels kunnen worden toegepast voor het berekenen van het waterverbruik van zakelijke en toeristische hotels en zeven douchetypes, met 20 hotelkamers of meer dan 20 hotelkamers. Ook strengen die 20 of meer dan 20 hotelkamers van water voorzien kunnen met de rekenregels berekend worden. Voor het berekenen van de kentallen voor een streng of hotel met minder dan 20 hotelkamers en voor strengen naar andere functionele ruimtes moet het waterverbruik op een andere manier berekend worden, bijvoorbeeld met de $f \cdot q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode waarin f per functionele ruimte kan variëren.

De rekenregels zijn door hun theoretische achtergrond op te stellen zonder metingen nodig te hebben. Door de bevestiging van de 'proof of concept' is het in principe niet nodig om het waterverbruik van meerdere hotels te meten. Echter omdat de bezetting varieerde tijdens de meetperiode kunnen extra

metingen van het waterverbruik van meer hotels wel leiden tot een extra bevestiging van de betrouwbaarheid van de rekenregels.

Het houden van de enquêtes voor de inventarisatie van het aantal gebruikers en waterverbruikende tappunten of apparaten in hotels is een zeer moeizaam, arbeids- en tijdsintensief proces, dat niet altijd voldoende informatie opleverde. Tevens is het detailniveau soms zo hoog, dat medewerking vanuit het gebouwbeheer moeilijk te krijgen is. Wanneer in het vervolg, of voor toespitsen van gegevens voor bepaalde functionele ruimtes, of voor het opzetten van modellen voor andere gebouwen, een inventarisatie nodig is, moet goed nagedacht worden hoe deze informatie het best verkregen kan worden. Enquêtes zijn toereikend voor inventarisatie van aantallen gebruikers en tappunten. Echter voor het in kaart brengen van het gedrag van gebruikers, zoals frequentie van gebruik van een tappunt of de duur ervan, is een andere methode gewenst. Een mogelijkheid is om een aantal dagen mee te lopen in een gebouw. Dit is een zeer arbeidsintensief proces. Het tijdsbestedingsonderzoek van het Sociaal Cultureel Planbureau en onderzoek van TNS NIPO naar waterverbruik kunnen een bijdrage leveren.

In tegenstelling tot de huidige ISSO-richtlijnen en de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode, is in de rekenregels de invloed van de gebruiker en hun waterverbruikend gedrag meegenomen. Dit betekent dat de uitkomst onderhevig is aan veranderingen in het aantal gebruikers en hun gedrag. Culturele veranderingen en aanpassingen in gewoontes, zoals bijvoorbeeld een zuiniger toilet in hotelkamers leiden tot een verandering in het waterverbruik. Een aanbeveling is om binnen de vijfjaarlijkse cyclus van de herziening van de ISSO-handleidingen de uitgangspunten van de rekenregels na te gaan en indien nodig de rekenregels aan te passen. Tevens wordt aanbevolen om deze aanbeveling in de herziene versie van ISSO-55 op te nemen.

Het gedrag van hotelgasten in een hotelkamer benadert het week- of weekendgedrag van een huishoudelijke verbruiker. Hierdoor is het mogelijk om alleen van de hotelkamers een rekenregel te maken, die het koud- en warmwaterverbruik voorspellen van strengen met alleen hotelkamers, bijvoorbeeld voor strengen met 2 hotelkamers tot het gewenste aantal hotelkamers.

9 Referenties

- Beverloo, H. (2011). *Protocolen voor meetmiddelen*. KWR, Nieuwegein. KWR 2011.002.
- Blokker, E. J. M. (2006a). *Bijlage bij rapport BTO 2006.010; invoervariabelen voor het model Simdeum*, Kiwa N.V., Nieuwegein. BTO 2006.011
- Blokker, E. J. M. (2006b). *Modelleren van afnamepatronen; beschrijving en evaluatie van simulatiemodel Simdeum*, Kiwa N.V., Nieuwegein. BTO 2006.010
- Blokker, E. J. M., Doldersum, R., Lansbergen, A., Schee, W. v. d., and Scheffer, W. (2007). *Rekenregels voor dimensionering van leidingwaterinstallaties*, Kiwa Water Research, Nieuwegein. KWR 06.104
- ISSO-kontaktgroep 43 (2001). *ISSO - publicatie 55; Tapwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen*. Rotterdam: Stichting ISSO. ISBN 90-5044-079-7.
- Pieterse-Quirijns, E. J., E.J.M. Blokker en A.J. Vogelaar (2009). *Modelleren van niet-huishoudelijk waterverbruik. Waterverbruik van kantoren, hotels, zorginstellingen en veehouderij*. KWR, Nieuwegein. BTO 2009.013.
- Pieterse-Quirijns, E. J. (2008). *Rekenregels voor waterverbruik in woontorens*, KWR, Nieuwegein. KWR 08.089.
- Pieterse-Quirijns, E.J. (2010). *Rekenregels voor waterverbruik in utiliteitsbouw*, KWR, Nieuwegein. KWR 2010.072.
- Pieterse-Quirijns, E.J. (2011). *Rekenregels voor waterverbruik in hotels, uitgebreid met douchetypes*, KWR, Nieuwegein. KWR 2011.056.
- Pieterse-Quirijns, E.J., H. Beverloo en A. van Loon (2013). *Validatie rekenregels voor waterverbruik kantoren*, KWR, Nieuwegein. KWR2013.017
- Pieterse-Quirijns, E.J. (2012). *Gewenste tijdstap voor meting volumestroom*, KWR, Nieuwegein. KWR 2012.072.
- Rijneveld, H.J. (2012). *Persoonlijke communicatie*. Medewerker Sanitair Installatiebedrijf Hoogendoorn BV Woerden.
- Scheffer, W.J.H. (1994). *Het ontwerpen van sanitaire installaties*. Arnhem: Misset uitgeverij bv.

www.kwrwater.nl/SIMDEUM

I Enquête waterverbruik hotels

Enquête opbouw hotel: hoeveel mensen gebruiken water en welke apparaten?

Voor het ontwerpen van leidingen in een hotel heeft KWR rekenregels opgesteld. Goede rekenregels leiden tot een hygiënisch en economisch verantwoord ontwerp. Om de rekenregels te toetsen gebruiken we metingen, maar ook enquêtes om de invoer van het gebruikte model te onderzoeken.

In het waterverbruik spelen in een hotel de gebruikers van water een rol, zoals de hotelgasten, de medewerkers, het keukenpersoneel, de schoonmakers en sportievelingen. Hier hebben we dus informatie over nodig. Daarnaast gebruiken deze mensen allemaal een apparaat dat water verbruikt, zoals een toilet, een douche of bad, een koffieautomaat, een vaatwasmachine, een kraan, een douche. We hebben dus ook informatie nodig over het aantal van deze apparaten en het type ervan.

We hopen dat u ons kunt helpen aan deze informatie. Door het invullen van onderstaande enquête helpt u om goede drinkwaterinstallaties voor hotels te maken, die zorgen voor voldoende en veilig water tegen minimale energie- en materiaalkosten voor u. Wij denken dat de enquête het best kan worden ingevuld door de beheerder van het hotel of iemand van de technische dienst. Het invullen kost ongeveer 1 tot 1,5 uur.

De resultaten van de enquête worden op anonieme wijze verwerkt, waardoor de privacy van uw hotel wordt gewaarborgd.

U kunt de enquête terugsturen naar:

Ilse Pieterse-Quirijns

KWR Watercycle Research Institute

Groningenhaven 7

PO Box 1072

3430 BB Nieuwegein

Contactgegevens

Naam hotel	.....
Adres	..... ..... .....
Naam contactpersoon	 tel.

Typering hotel

Hoe kunt u uw hotel typeren?	☐ zakelijk hotel ☐ toeristisch hotel		☐ standaard ☐ lux	
Heeft uw hotel naast de verzorging van logies een andere functie?	☐ conferentie	☐ theater	☐ restaurant	☐ anders, nl.
Type hotelkamers				
☐ standaard	aantal	.....		
	door de week			
	bezetting per kamer:	% kamers met 1 persoon		% kamers met 2 personen
	gemiddeld aantal nachten verblijf	 % van de gasten verblijft 1 nacht	 % van de gasten verblijft 2 nachten	 % van de gasten verblijft langer dan 2 nachten
	weekend			
	bezetting per kamer:	% kamers met 1 persoon		% kamers met 2 personen
	gemiddeld aantal nachten verblijf	 % van de gasten verblijft 1 nacht	 % van de gasten verblijft 2 nachten	 % van de gasten verblijft langer dan 2 nachten
	☐ luxe	aantal		
door de week				
bezetting per kamer:		% kamers met 1 persoon		% kamers met 2 personen
gemiddeld aantal nachten verblijf		 % van de gasten verblijft 1 nacht	 % van de gasten verblijft 2 nachten	 % van de gasten verblijft langer dan 2 nachten
weekend				
bezetting per kamer:		% kamers met 1 persoon		% kamers met 2 personen
gemiddeld aantal nachten verblijf		 % van de gasten verblijft 1 nacht	 % van de gasten verblijft 2 nachten	 % van de gasten verblijft langer dan 2 nachten

☐ suite	aantal	.....		
	door de week			
	bezetting per kamer:	% kamers met 1 persoon	% kamers met 2 personen	
	gemiddeld aantal nachten verblijf	 % van de gasten verblijft 1 nacht	 % van de gasten verblijft 2 nachten	 % van de gasten verblijft langer dan 2 nachten
	weekend			
	bezetting per kamer:	% kamers met 1 persoon	% kamers met 2 personen	
	gemiddeld aantal nachten verblijf	 % van de gasten verblijft 1 nacht	 % van de gasten verblijft 2 nachten	 % van de gasten verblijft langer dan 2 nachten
inchecktijden		.....		
uitchecktijden		.....		
Gasten die gebruik maken van ontbijt/lunch/diner		door de week		
		% logies + ontbijt	% half pension	% vol pension
		weekend		
		% logies + ontbijt	% half pension	% vol pension

Inrichting standaard hotelkamer

Toilet	type:	☐ stortbak		☐ spoelkraan				
	spoelvolumen:	☐ 4,5 liter	☐ 6 liter (= standaard)		☐ 9 liter			
	waterbesparende functie:	☐ ja, met 2 knoppen (één voor grote en één voor kleine spoeling)		☐ ja, met optie voor spoelonderbreking		☐ nee		
Wastafel	aantal wastafels op 1 hotelkamer							
	☐ kranen met sensor		☐ kranen zonder sensor					
	☐ alleen koud water		☐ koud en warm water					
Douche	aantal douches op 1 hotelkamer							
type douche ^a :	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
	0,07 l/s	0,12 l/s	0,19 l/s	0,24 l/s	0,37 l/s	0,42 l/s	0,5 l/s	
	☐ anders, namelijk l/s							
Bad	☐ bad aanwezig			☐ geen bad aanwezig				
type bad ^a :	☐		☐		☐			
	0,20 l/s		0,25 l/s		anders, nl l/s			

ad ^a: als dit niet bekend is kan het eenvoudig gemeten worden met een emmer en een klokje: zet de kraan vol open en meet hoe lang het duurt voor een emmer gevuld is. Een emmer is meestal 10 liter. Het getal dat hier ingevuld moet worden is dan: het aantal liter in de emmer gedeeld door de tijd (in secondes) die nodig is om de emmer te vullen.

opmerkingen	
--------------------	--

Inrichting luxe hotelkamer

Toilet	type:	☐ stortbak		☐ spoelkraan				
	spoelvolumen:	☐ 4,5 liter		☐ 6 liter (= standaard)		☐ 9 liter		
	waterbesparende functie:	☐ ja, met 2 knoppen (één voor grote en één voor kleine spoeling)		☐ ja, met optie voor spoelonderbreking		☐ nee		
Wastafel	aantal wastafels op 1 hotelkamer							
	☐ kranen met sensor		☐ kranen zonder sensor					
	☐ alleen koud water		☐ koud en warm water					
Douche	aantal douches op 1 hotelkamer							
type douche ^a :	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
	0,07 l/s	0,12 l/s	0,19 l/s	0,24 l/s	0,37 l/s	0,42 l/s	0,5 l/s	
	☐ anders, namelijk l/s							
Bad	☐ bad aanwezig			☐ geen bad aanwezig				
type bad ^a :	☐		☐		☐			
	0,20 l/s		0,25 l/s		anders, nl l/s			

ad ^a: als dit niet bekend is kan het eenvoudig gemeten worden met een emmer en een klokje: zet de kraan vol open en meet hoe lang het duurt voor een emmer gevuld is. Een emmer is meestal 10 liter. Het getal dat hier ingevuld moet worden is dan: het aantal liter in de emmer gedeeld door de tijd (in secondes) die nodig is om de emmer te vullen.

opmerkingen	
--------------------	--

Inrichting suites

Toilet	type:	☐ stortbak		☐ spoelkraan				
	spoelvolumen:	☐ 4,5 liter		☐ 6 liter (= standaard)		☐ 9 liter		
	waterbesparende functie:	☐ ja, met 2 knoppen (één voor grote en één voor kleine spoeling)		☐ ja, met optie voor spoelonderbreking		☐ nee		
Wastafel	aantal wastafels op 1 hotelkamer							
	☐ kranen met sensor		☐ kranen zonder sensor					
	☐ alleen koud water		☐ koud en warm water					
Douche	aantal douches op 1 hotelkamer							
type douche ^a :	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	
	0,07 l/s	0,12 l/s	0,19 l/s	0,24 l/s	0,37 l/s	0,42 l/s	0,5 l/s	
	☐ anders, namelijk l/s							
Bad	☐ bad aanwezig			☐ geen bad aanwezig				
type bad ^a :	☐		☐		☐			
	0,20 l/s		0,25 l/s		anders, nl l/s			

ad ^a: als dit niet bekend is kan het eenvoudig gemeten worden met een emmer en een klokje: zet de kraan vol open en meet hoe lang het duurt voor een emmer gevuld is. Een emmer is meestal 10 liter. Het getal dat hier ingevuld moet worden is dan: het aantal liter in de emmer gedeeld door de tijd (in secondes) die nodig is om de emmer te vullen.

opmerkingen	
--------------------	--

Medewerkers – hotelpersoneel – gasten in algemene toiletruimtes

Deze vragen betreffen het personeel werkzaam aan de balie of in het kantoor. Het gaat dus niet om personeel werkzaam in de keuken of de schoonmaak. Wanneer het personeel in ploegen werkzaam is, wilt u dan per ploeg onderstaande tabel invullen? Indien één ploeg werkzaam is, dan hoeft u alleen de bovenste tabel in te vullen. De bezettingsgraad is soms moeilijk in te schatten. De receptie kan deze informatie hebben of mogelijk achterhalen. Wanneer deze informatie niet aanwezig is, kan een inschatting van de gemiddelde bezetting of het gemiddelde aantal bezoekers ingevuld worden.

Wanneer uw hotel getypeerd kan worden als een conferentiehotel of theaterhotel, wilt u dan in de bijbehorende tabel het aantal gasten voor conferentie of theater aangeven bij maximale bezetting?

Personeel

Shift 1

Aantal medewerkers	.....
aantal mannen	.....
aantal vrouwen	.....

Bezetting hotel	maan- dag	dins- dag	woens- dag	donder- dag	vrij- dag	zater- -dag	zon- dag
Personele bezetting per dag (%)							
Aantal bezoekers							
Werktijden							

Shift 2

Aantal medewerkers	.....
aantal mannen	.....
aantal vrouwen	.....

Bezetting hotel	maan- dag	dins- dag	woens- dag	donder- dag	vrij- dag	zater- -dag	zon- dag
Personele bezetting per dag (%)							
Aantal bezoekers							
Werktijden							

Shift 3

Aantal medewerkers	
--------------------	-------

aantal mannen	.....
aantal vrouwen	.....

Bezetting hotel	maan- dag	dins- dag	woens- dag	donder- dag	vrij- dag	zater- -dag	zon- dag
Personele bezetting per dag (%)							
Aantal bezoekers							
Werktijden							

Gasten

Gasten hotel	maan- dag	dins- dag	woens- -dag	donder- dag	vrij- dag	zater- dag	zon- dag
conferentiegasten							
aantal conferentie- gasten							
tijdstippen aanwezig in algemene toiletruimtes					 tot		
theatergasten							
aantal theater- gasten							
tijdstippen aanwezig in algemene toiletruimtes					 tot		

opmerkingen	
--------------------	--

Toiletruimte buiten de hotelkamers

Damestoiletten	aantal toiletten	.....		
	type	☐ stortbak		☐ spoelkraan
	spoelvolumen	☐ 4,5 liter	☐ 6 liter (= standaard)	☐ 9 liter
	waterbesparende functie	☐ ja, met 2 knoppen (één voor grote en één voor kleine spoeling)		☐ ja, met optie voor spoelonderbreking ☐ nee
	wastafel	aantal wastafels		.....
		☐ kranen met sensor		☐ kranen zonder sensor
		☐ alleen koud water		☐ koud en warm water
Herentoiletten	aantal toiletten	.....		
	type	☐ stortbak		☐ spoelkraan
	spoelvolumen	☐ 4,5 liter	☐ 6 liter (= standaard)	☐ 9 liter
	waterbesparende functie	☐ ja, met 2 knoppen (één voor grote en één voor kleine spoeling)		☐ ja, met optie voor spoelonderbreking ☐ nee
	aantal urinoirs	.....		
	type	☐ stortbak		☐ spoelkraan
	wastafel	aantal wastafels		.....
		☐ kranen met sensor		☐ kranen zonder sensor
		☐ alleen koud water		☐ koud en warm water

Automaten voor koffie of water in hotel

Koffieautomaten	aantal	.....
	leverancier	.....
Waterautomaten (aangesloten op drinkwaternet)	aantal	.....
	leverancier	.....

opmerkingen	
-------------	--

Restaurant – uitrusting keuken – personeel - gasten

Aantallen	
aantal keukens:	.....
aantal restaurants:	.....

uitrusting keuken

Bij meerdere keukens, geef dan het totaal aan apparatuur aan.

Uitrusting keuken				
keukenkraan	aantal	.....		
	type ^a	☐ 0,083 l/s	☐ 0,167 l/s	☐ 0,25 l/s ☐ anders, namelijk l/s
knijpdouche	aantal	.....		
	type ^a	☐ 0,167 l/s	☐ 0,25 l/s	☐ anders, namelijk l/s
vaatwasmachine	aantal	.....		
	type	☐ huishoudelijk		☐ industrieel
		leverancier:		leverancier + typenummer:
	gebruikt:	☐ alleen koud water		☐ koud en warm water
Niet genoemde apparatuur: zijn er nog apparaten in de keuken aanwezig die water verbruiken? Zo ja, kunt u aangeven wat de kenmerken zijn, zoals aantal, type en hoe vaak gebruikt per dag?				
apparaat incl. type	aantal	tijdstip van gebruik	hoe vaak gebruikt?	hoeveel water gebruikt in liter?

ad ^a: als dit niet bekend is kan het eenvoudig gemeten worden met een emmer en een klokje: zet de kraan vol open en meet hoe lang het duurt voor een emmer gevuld is. Een emmer is meestal 10 liter. Het getal dat hier ingevuld moet worden is dan: het aantal liter in de emmer gedeeld door de tijd (in secondes) die nodig is om de emmer te vullen.

keukenpersoneel en gasten

Bij meerdere restaurants geef dan het totaal aan medewerkers en gasten aan.

Ontbijt			
keukenpersoneel	aantal medewerkers in keuken voor ontbijt		.....
	werktijden keukenpersoneel voor ontbijt		.....
gasten	aantal gasten in restaurant voor ontbijt	gemiddeld	.....
		maximaal	.....
	openingstijden restaurant voor ontbijt		tot.....
Lunch			
keukenpersoneel	aantal medewerkers in keuken voor lunch		.....
	werktijden keukenpersoneel voor lunch		.....
gasten	aantal gasten in restaurant voor lunch	gemiddeld	.....
		maximaal	.....
	openingstijden restaurant voor lunch		tot.....
Diner			
keukenpersoneel	aantal medewerkers in keuken voor diner		.....
	werktijden keukenpersoneel voor diner		.....
gasten	aantal gasten in restaurant voor diner	gemiddeld	.....
		maximaal	.....
	openingstijden restaurant voor diner		tot.....

opmerkingen	
--------------------	--

Bar – personeel - gasten

aantal bars in hotel		.....			
Uitrusting per bar					
kraan	aantal	.....			
	type ^a	☐ 0,083 l/s	☐ 0,167 l/s	☐ 0,25 l/s	☐ anders, namelijk l/s
knijpdouche	aantal	.....			
	type ^a	☐ 0,167 l/s	☐ 0,25 l/s	☐ anders, namelijk l/s	
personeel	aantal medewerkers per bar			.....	
	werktijden barpersoneel			.....	
gasten	aantal gasten per bar		gemiddeld	.....	
			maximaal	.....	
	openingstijden bar			tot.....	

opmerkingen	
--------------------	--

Schoonmaak

schoonmaakpersoneel	aantal schoonmakers per dag	.....
	werktijden	.....
werkwijze schoonmaak	☐ schoonmaakkar met emmers	☐ schoonmaakmachine
	ga naar tabel: "bij gebruik emmers"	ga naar tabel "bij gebruik schoonmaakmachine"

Bij gebruik emmers				
aantal emmers per schoonmaker	 emmers koud water op schoonmaakkar			
	 emmers warm water op schoonmaakkar			
grootte van emmer	 liter			
type kraan gebruikt voor vullen ^a	☐ 0,083 l/s	☐ 0,167 l/s	☐ 0,25 l/s	☐ anders, namelijk l/s
Hoe vaak worden de emmers per dag gevuld?		x per dag		

ad ^a: als dit niet bekend is kan het eenvoudig gemeten worden met een emmer en een klokje: zet de kraan vol open en meet hoe lang het duurt voor een emmer gevuld is. Een emmer is meestal 10 liter. Het getal dat hier ingevuld moet worden is dan: het aantal liter in de emmer gedeeld door de tijd (in secondes) die nodig is om de emmer te vullen.

Bij gebruik schoonmaakmachine				
leverancier of merk, incl. typenummer	.....			
aantal schoonmaakmachines	.....			
hoe vaak wordt machine gevuld?	 x per dag.			
hoeveel water wordt hiervoor gebruikt?	liter			
type kraan gebruikt voor vullen ^a	☐ 0,083 l/s	☐ 0,167 l/s	☐ 0,25 l/s	☐ anders, namelijk l/s

ad ^a: als dit niet bekend is kan het eenvoudig gemeten worden met een emmer en een klokje: zet de kraan vol open en meet hoe lang het duurt voor een emmer gevuld is. Een emmer is meestal 10 liter. Het getal dat hier ingevuld moet worden is dan: het aantal liter in de emmer gedeeld door de tijd (in secondes) die nodig is om de emmer te vullen.

opmerkingen	
--------------------	--

Douche

Dit betreffen douches aanwezig in ruimtes buiten de hotelkamers, bijvoorbeeld bij fitnessruimte of zwembad.

douche	aantal					
type douche ^a :	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	0,12 l/s	0,14 l/s	0,19 l/s	0,24 l/s	0,29 l/s	0,37 l/s
	☐ anders, namelijk l/s					
douchende	aantal douchers per dag		.....			
medewerkers/gasten	douchetijden		.....			

ad ^a: als dit niet bekend is kan het eenvoudig gemeten worden met een emmer en een klokje: zet de kraan vol open en meet hoe lang het duurt voor een emmer gevuld is. Een emmer is meestal 10 liter. Het getal dat hier ingevuld moet worden is dan: het aantal liter in de emmer gedeeld door de tijd (in secondes) die nodig is om de emmer te vullen.

opmerkingen	
-------------	--

Legionella preventie

Wordt er in uw hotel met koud en/of warm water gespoeld in verband met <i>Legionella</i> preventie?	☐ ja	☐ nee
Zo ja, wanneer op de dag gebeurt dit? Wat is de tijdsduur van de behandeling?		
Registreert u doucheverbruik om aan te tonen dat u aan <i>Legionella</i> preventie doet?		

Andere apparaten, tappunten of machines die water verbruiken

Zijn er apparaten aanwezig in uw hotel, die water verbruiken, maar niet in deze enquête zijn opgenomen?

Probeer van dat apparaat het volgende zo goed mogelijk aan te geven:

type: volumestroom in l/s

gebruiksduur: hoe lang wordt het apparaat gebruikt

gebruiksfrequentie: hoe vaak wordt het apparaat gebruikt

tijdstip van gebruik

gebruiker (hotelgast, medewerker, bezoeker)

apparaat	aantal	type: volume- stroom [l/s] ^a	gebruiks- duur [s]	gebruiks- frequentie per dag	tijdstip van gebruik	gebruiker

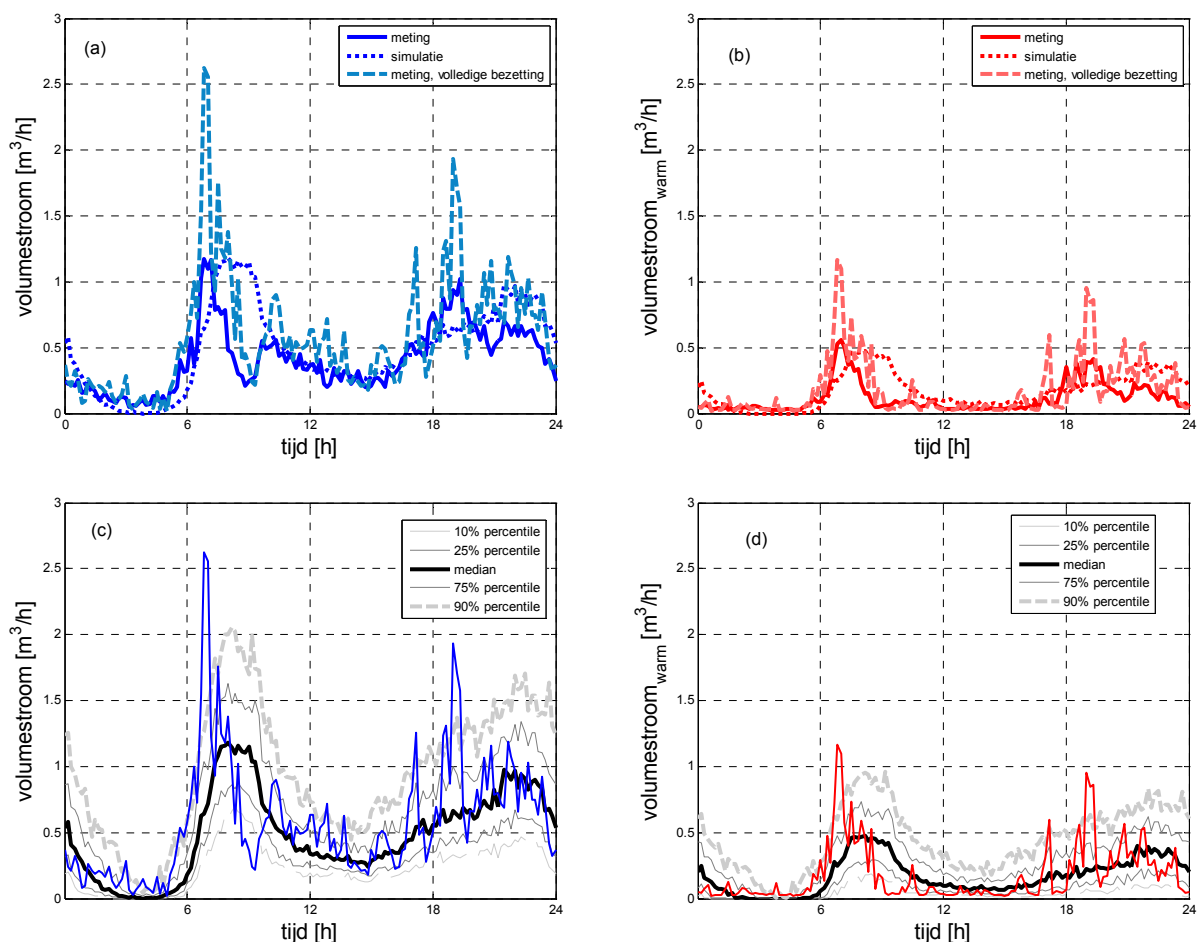
ad ^a: als dit niet bekend is kan het eenvoudig gemeten worden met een emmer en een klokje: zet de kraan vol open en meet hoe lang het duurt voor een emmer gevuld is. Een emmer is meestal 10 liter. Het getal dat hier ingevuld moet worden is dan: het aantal liter in de emmer gedeeld door de tijd (in secondes) die nodig is om de emmer te vullen.

opmerkingen	
--------------------	--

II Afnamepatronen bij maximale bezetting hotels

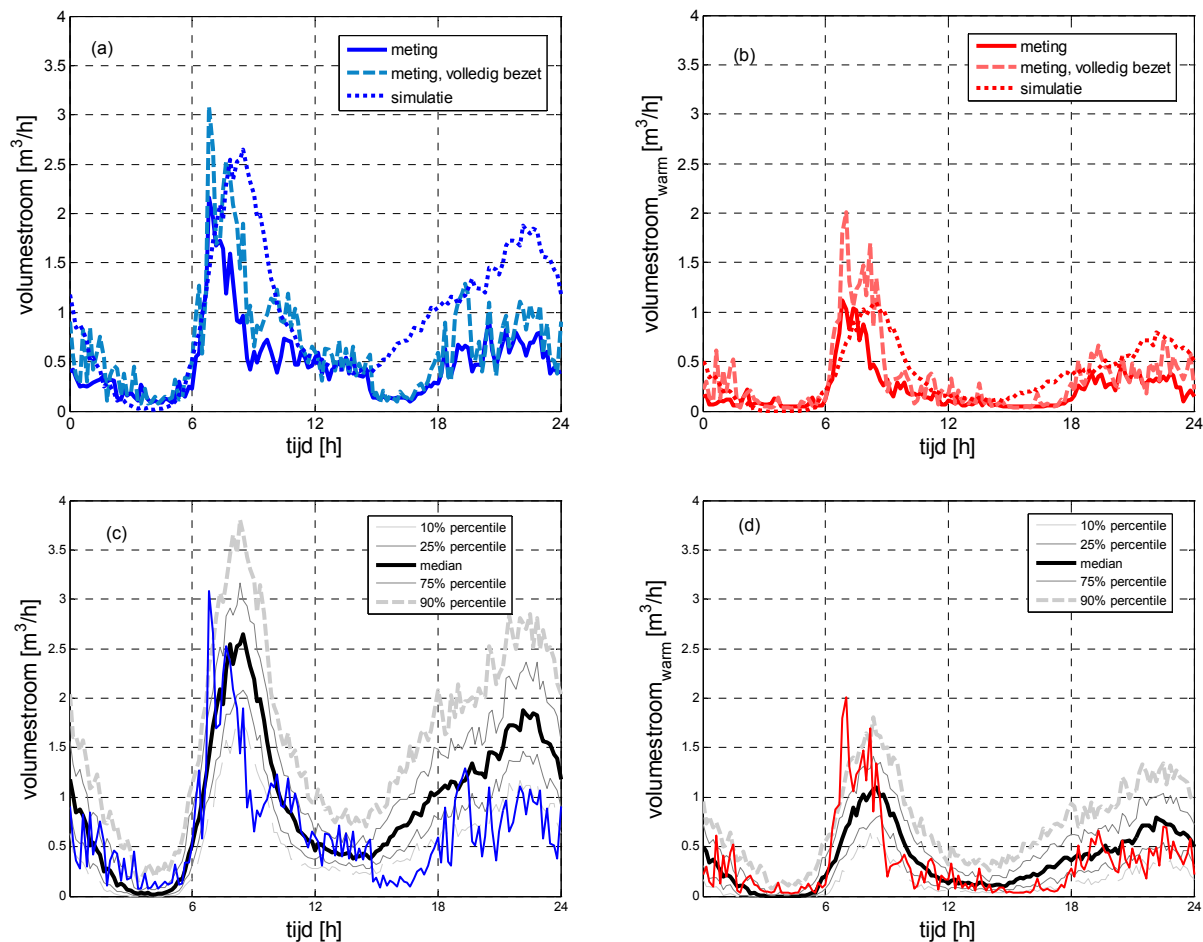
In deze bijlage worden de afnamepatronen voor koud- en warm water bij volledige bezetting van de hotels vergeleken met de gemiddelde afnamepatronen van de gestandaardiseerde hotels in figuur a voor koud water en in figuur b voor warm water. Uit de figuren blijkt dat voor beide hotels het gemiddelde (ver) onder de meting ligt. Echter de rekenregels zijn gebaseerd op de 99-percentielen van de afnamepatronen. In de figuren c en d zijn daarom de percentielen van de afnamepatronen van de gestandaardiseerde hotels weergegeven. Uit de figuren c en d blijkt dat de 90-percentielen een goede beschrijving geven van het waterverbruik bij volledige bezetting van de hotels.

Hotel I



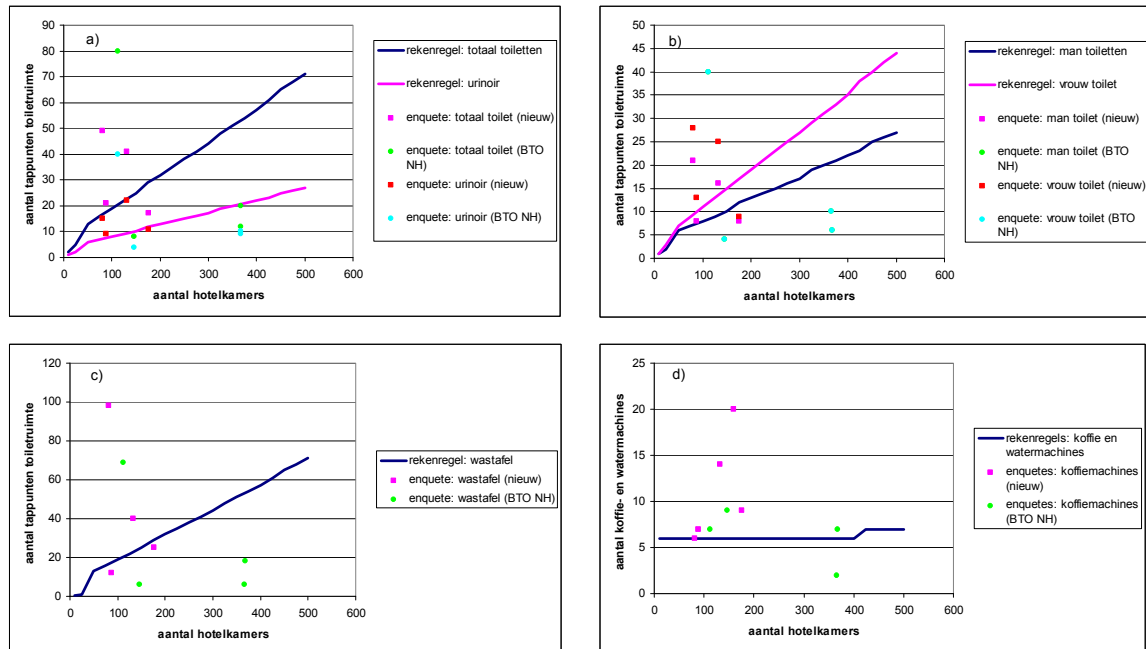
Figuur II-1 Het gemeten (—) en gesimuleerde (...) **gemiddelde** afnamepatroon en het afnamepatroon bij volledige bezetting (--) voor koud water (=totaal water) in (a) en warm water in (b) voor zakelijk hotel I met 80 hotelkamers. De percentielen van het koud (c) en warm water verbruik (d) en het afnamepatroon bij volledige bezetting in zakelijk hotel I (weergave met een tijdschaal van 10 minuten).

Hotel II



Figuur II-2 Het gemeten (—) en gesimuleerde (...) **gemiddelde** afnamepatroon en het afnamepatroon bij volledige bezetting (--) voor koud water (=totaal water) in (a) en warm water in (b) voor zakelijk hotel II met 192 hotelkamers. De percentielen van het koud (c) en warm water verbruik (d) en het afnamepatroon bij volledige bezetting in zakelijk hotel II (weergave met een tijdschaal van 10 minuten).

III Aantal tappunten in pantry in hotels met speciale functie



Figuur III-1 Aantal tappunten in de pantry⁶ voor de gestandaardiseerde hotels met speciale functie en in de geëncquêteerde hotels als functie van het aantal hotelkamers: a) totaal aantal toiletten en urinoirs, b) aantal heren en dames toiletten, c) aantal wastafels en d) aantal koffiemachines, waarin 'nieuw' betrekking heeft op de enquêtes gehouden in dit project en 'BTO NH' betrekking heeft op de beschikbare enquêtes uit Pieterse-Quirijns e.a. (2009) BTO Niet-Huishoudelijk waterverbruik.

⁶ pantry is gekozen als vereenvoudigde benaming van de sanitaire ruimte met toiletten en wastafels en koffieautomaten voor medewerkers, bezoekers en gasten voor conferentie en theater.

IV Maximale kentallen uit gemeten afnamepatronen

In de validatieprocedure is gemotiveerd waarom gekozen is voor het gebruik van de gemiddelde waarde van de kentallen bij maximale bezetting (paragraaf 3.5 pagina 13). Er wordt niet gekozen voor de maximale waarde van de kentallen, omdat uit analyses van de afnamepatronen blijkt dat deze niet samenvallen met maximale bezetting van de hotels.

In de tabel in deze bijlage worden de maximale waarden van de kentallen weergegeven ter illustratie.

Tabel IV-1 Vergelijking van de kentallen afgeleid uit metingen en berekend met de rekenregels gebaseerd op SIMDEUM voor twee zakelijke hotels, waarbij de gemeten kentallen de maximale waarde van het kental geeft.

Gebouw	aantal hotelkamers <i>n</i>	kental	waarde kental		
			meting	rekenregel SIMDEUM	afwijking tov meting
hotel I	80	MMV_{koud} [l/s]	1,85	1,3	(-27%)
		MMV_{warm} [l/s]	0,84	0,8	(-10%)
		MWW_{10} [l]	338,83	292,7	(-14%)
		MWW_{60} [l]	986,66	851,0	(-14%)
		MWW_{120} [l]	1500,00	1359,9	(-9%)
		MWW_{dag} [l]	5560,00	4998,4	(-10%)
hotel II	192	MMV_{koud} [l/s]	2,02	2,1	(+2%)
		MMV_{warm} [l/s]	1,31	1,1	(-18%)
		MWW_{10} [l]	493,65	455,3	(-8%)
		MWW_{60} [l]	2224,88	1594,4	(-28%)
		MWW_{120} [l]	3881,99	2666,5	(-31%)
		MWW_{dag} [l]	9731,56	10573,8	(+9%)

V Relatie tussen procentuele afwijking en veiligheidsfactor

De afwijking van de kentallen van de rekenregel ten opzichte van de gemeten kentallen, zoals weergegeven in Tabel 5-1, wordt berekend met de standaardvergelijking:

$$y = \frac{X_{\text{rekenregel}} - X_{\text{meting}}}{X_{\text{meting}}}$$

waarin

y = de afwijking tov de gemeten waarde.

$$y[\%_{\text{afw}}] = y \cdot 100\%$$

Door deze vergelijking om te schrijven, wordt zichtbaar met welke factor de uitkomst van de rekenregels moet worden vermenigvuldigd om de gemeten waarde te berekenen:

$$X_{\text{meting}} = \frac{1}{1+y} \cdot X_{\text{rekenregel}}$$

De uitkomst van de rekenregel moet minstens dezelfde waarde hebben dan de meting: $X_{\text{veilig}} > X_{\text{meting}}$. Dit komt overeen met:

$$X_{\text{veilig}} > \frac{1}{1+y} \cdot X_{\text{rekenregel}}$$

Dat betekent dat de veiligheidsfactor groter moet zijn dan $\frac{1}{1+y}$.

In Tabel IV-1 is het verband aangegeven tussen de procentuele afwijking van de rekenregel ten opzichte van de meting en de veiligheidsfactor in % die toegepast moet worden. De veiligheidsfactor in procent moet opgeteld worden bij de uitkomst van de rekenregel:

$$X_{\text{veilig}} = X_{\text{rekenregel}} + V_{\%} \cdot X_{\text{rekenregel}}$$

Rekenvoorbeeld voor hotels

Uit de validatie van hotels blijkt in hoofdstuk 5 dat de kentallen van de rekenregels een -11% afwijken van het gemeten kental. Uit Tabel IV-1 blijkt dat een afwijking van -11% overeenkomt met een veiligheidsfactor van tenminste 12%. De veiligheidsfactor voor hotels is daarom op 18% gesteld.

Tabel V-1: relatie tussen de procentuele afwijking van de rekenregel ten opzichte van de meting en de veiligheidsfactor in %

afwijking tov meting		veiligheidsfactor	
y [%]	y	$\frac{1}{1+y}$	[%]
-10	-0.1	1.11	11
-11	-0.11	1.12	12
-12	-0.12	1.14	14
-13	-0.13	1.15	15
-14	-0.14	1.16	16
-15	-0.15	1.18	18
-16	-0.16	1.19	19
-17	-0.17	1.20	20
-18	-0.18	1.22	22
-19	-0.19	1.23	23
-20	-0.2	1.25	25
-21	-0.21	1.27	27
-22	-0.22	1.28	28
-23	-0.23	1.30	30
-24	-0.24	1.32	32
-25	-0.25	1.33	33
-26	-0.26	1.35	35
-27	-0.27	1.37	37
-28	-0.28	1.39	39
-29	-0.29	1.41	41
-30	-0.3	1.43	43
-31	-0.31	1.45	45
-32	-0.32	1.47	47
-33	-0.33	1.49	49

VI Toepassing omrekenformule voor andere uitgangstemperaturen

Tabel VI-1 Kentallen voor warmwaterverbruik bij andere uitgangstemperaturen, berekend uit simulaties met SIMDEUM bij de nieuwe uitgangstemperatuur en berekend met de omrekenformule vanuit de kentallen bij 10°C en 60°C, voor zakelijke en toeristische hotels met douchetype II of V en met 200 of 400 hotelkamers.

uitgangs-temperatuur			kentallen voor warmwaterverbruik bij uitgangstemperatuur									
			berekend uit nieuwe simulaties met SIMDEUM					berekend met de omrekenformule vanuit kentallen bij 10°C en 60°C				
T_{koud}	T_{warm}		MMV _{warm}	MMW ₁₀	MMW ₆₀	MMW ₁₂₀	MMW _{dag}	MMV _{warm}	MMW ₁₀	MMW ₆₀	MMW ₁₂₀	MMW _{dag}
zakelijk hotel												
200 kamers, douchetype II												
10	45		1,51	658,06	2470,38	3934,23	16248,41	1,65	751,24	2416,62	4247,11	15878,52
10	50		1,32	600,65	2167,74	3570,38	13593,90	1,45	657,34	2114,54	3716,22	13893,71
10	60		1,16	525,87	1691,63	2972,98	11114,96	1,16	525,87	1691,63	2972,98	11114,96
10	65		0,91	414,36	1596,70	2493,14	9728,32	1,05	478,06	1537,85	2702,71	10104,51
10	70		0,85	376,23	1302,90	2274,92	9434,62	0,96	438,22	1409,70	2477,48	9262,47
200 kamers, douchetype V												
10	45		3,64	1528,92	5299,28	8695,26	31241,30	3,45	1495,10	4824,00	7993,63	32107,37
10	50		2,66	1151,41	4391,84	6839,06	27463,02	3,02	1308,21	4221,00	6994,43	28093,95
10	60		2,41	1046,57	3376,80	5595,54	22475,16	2,41	1046,57	3376,80	5595,54	22475,16
10	65		1,99	868,71	3042,19	4964,84	19857,82	2,19	951,43	3069,82	5086,85	20431,96
10	70		1,79	763,58	3075,53	5077,89	18430,38	2,01	872,14	2814,00	4662,95	18729,30
400 kamers, douchetype II												
10	45		2,18	975,73	4248,56	7084,26	29312,25	2,27	1022,23	4004,73	6912,59	29479,06
10	50		1,96	892,10	3626,86	6356,99	25771,67	1,98	894,45	3504,14	6048,52	25794,18
10	60		1,59	715,56	2803,31	4838,82	20635,34	1,59	715,56	2803,31	4838,82	20635,34
10	65		1,54	693,17	2660,27	4581,97	19187,91	1,44	650,51	2548,46	4398,92	18759,40
10	70		1,48	703,84	2556,21	4188,24	17556,32	1,32	596,30	2336,09	4032,35	17196,12
400 kamers, douchetype V												
10	45		4,92	2155,30	8416,87	14750,70	58840,17	5,52	2237,28	9268,44	15091,65	59887,95
10	50		4,44	2004,00	7743,50	12532,10	53476,43	4,83	1957,62	8109,88	13205,20	52401,96
10	60		3,86	1566,10	6487,90	10564,16	41921,56	3,86	1566,10	6487,90	10564,16	41921,56
10	65		3,15	1488,14	5377,12	9629,18	38077,57	3,51	1423,72	5898,10	9603,78	38110,51
10	70		3,00	1290,88	5063,49	8505,07	34415,98	3,22	1305,08	5406,59	8803,46	34934,64

toeristisch hotel											
200 kamers, douchetype II											
10	45	2,61	1330,95	5965,66	9947,08	35098,92	2,79	1430,39	5555,65	9465,54	35226,69
10	50	2,49	1156,40	4747,16	8458,59	30779,65	2,44	1251,59	4861,19	8282,35	30823,36
10	60	1,95	1001,27	3888,95	6625,88	24658,69	1,95	1001,27	3888,95	6625,88	24658,69
10	65	1,73	796,28	3497,85	6052,56	22228,81	1,78	910,25	3535,41	6023,53	22416,99
10	70	1,55	755,83	3064,63	5634,86	19951,08	1,63	834,39	3240,79	5521,57	20548,90
200 kamers, douchetype V											
10	45	5,14	2462,60	11084,23	18583,71	66464,73	5,51	2471,53	11013,27	18691,68	66297,62
10	50	4,92	2335,79	9496,64	16839,96	58240,93	4,82	2162,59	9636,61	16355,22	58010,42
10	60	3,86	1730,07	7709,29	13084,18	46408,33	3,86	1730,07	7709,29	13084,18	46408,33
10	65	3,61	1656,66	6723,58	11905,16	42594,79	3,51	1572,79	7008,44	11894,71	42189,39
10	70	3,07	1451,01	5896,17	10665,28	38736,60	3,22	1441,73	6424,41	10903,48	38673,61
400 kamers, douchetype II											
10	45	4,26	2181,96	9638,98	17483,48	67027,16	4,38	2180,97	10212,41	18303,24	66838,94
10	50	4,30	2150,53	8984,33	15780,90	58962,47	3,83	1908,35	8935,85	16015,33	58484,07
10	60	3,06	1526,68	7148,68	12812,27	46787,25	3,06	1526,68	7148,68	12812,27	46787,25
10	65	2,87	1421,08	6322,35	11324,58	42706,94	2,79	1387,89	6498,80	11647,51	42533,87
10	70	2,53	1239,97	5935,29	10501,40	39468,33	2,55	1272,23	5957,24	10676,89	38989,38
400 kamers, douchetype V											
10	45	8,69	4616,25	18874,91	34422,33	129458,44	8,77	4343,48	19161,78	33803,23	131848,25
10	50	8,42	3953,91	17083,33	30262,76	114937,96	7,67	3800,55	16766,56	29577,82	115367,22
10	60	6,14	3040,44	13413,25	23662,26	92293,78	6,14	3040,44	13413,25	23662,26	92293,78
10	65	5,73	2775,59	13326,73	22955,20	82247,12	5,58	2764,04	12193,86	21511,14	83903,43
10	70	5,15	2501,96	11927,94	20966,27	76237,34	5,11	2533,70	11177,71	19718,55	76911,48

Tabel VI-2 Relatieve afwijking van de kentallen voor warmwaterverbruik bij andere uitgangstemperaturen tussen de kentallen berekend met de omrekenformule en berekend uit simulaties met SIMDEUM bij de nieuwe uitgangstemperatuur, voor zakelijke en toeristische hotels met douchetype II of V en met 200 of 400 hotelkamers

uitgangs- temperatuur		relatieve afwijking van kental berekend met omrekenformule tov kental berekend met SIMDEUM				
T_{koud}	T_{warm}	MMV _{warm}	MWW ₁₀	MWW ₆₀	MWW ₁₂₀	MWW _{dag}
zakelijk hotel						
200 kamers, douchetype II						
10	45	9%	14%	-2%	8%	-2%
10	50	10%	9%	-2%	4%	2%
10	60	0%	0%	0%	0%	0%
10	65	15%	15%	-4%	8%	4%
10	70	13%	16%	8%	9%	-2%
200 kamers, douchetype V						
10	45	-5%	-2%	-9%	-8%	3%
10	50	14%	14%	-4%	2%	2%
10	60	0%	0%	0%	0%	0%
10	65	10%	10%	1%	2%	3%
10	70	13%	14%	-9%	-8%	2%
400 kamers, douchetype II						
10	45	4%	5%	-6%	-2%	1%
10	50	1%	0%	-3%	-5%	0%
10	60	0%	0%	0%	0%	0%
10	65	-6%	-6%	-4%	-4%	-2%
10	70	-11%	-15%	-9%	-4%	-2%
400 kamers, douchetype V						
10	45	12%	4%	10%	2%	2%
10	50	9%	-2%	5%	5%	-2%
10	60	0%	0%	0%	0%	0%
10	65	12%	-4%	10%	0%	0%
10	70	7%	1%	7%	4%	2%

uitgangs- temperatuur		relatieve afwijking van kental berekend met omrekeningstool tov kental berekend met SIMDEUM				
T_{koud}	T_{warm}	MMV_{warm}	MWW_{10}	MWW_{60}	MWW_{120}	MWW_{dag}
toeristisch hotel						
200 kamers, douchetype II						
10	45	7%	7%	-7%	-5%	0%
10	50	-2%	8%	2%	-2%	0%
10	60	0%	0%	0%	0%	0%
10	65	3%	14%	1%	0%	1%
10	70	5%	10%	6%	-2%	3%
200 kamers, douchetype V						
10	45	7%	0%	-1%	1%	0%
10	50	-2%	-7%	1%	-3%	0%
10	60	0%	0%	0%	0%	0%
10	65	-3%	-5%	4%	0%	-1%
10	70	5%	-1%	9%	2%	0%
400 kamers, douchetype II						
10	45	3%	0%	6%	5%	0%
10	50	-11%	-11%	-1%	1%	-1%
10	60	0%	0%	0%	0%	0%
10	65	-3%	-2%	3%	3%	0%
10	70	1%	3%	0%	2%	-1%
400 kamers, douchetype V						
10	45	1%	-6%	2%	-2%	2%
10	50	-9%	-4%	-2%	-2%	0%
10	60	0%	0%	0%	0%	0%
10	65	-3%	0%	-9%	-6%	2%
10	70	-1%	1%	-6%	-6%	1%

