

Uitbreiding rekenregels utiliteitsbouw



Technisch Rapport ST - 45 



Aan de totstandkoming van deze rapportage van de Expertgroep Sanitaire Technieken hebben meegewerkt:

In samenwerking met

Het project is financieel mede mogelijk gemaakt door Stichting PIT, Techniek Nederland en OTIB.



Auteur(s)

Bram Hillebrand, KWR

Andere leden van de Expertgroep / werkgroep

Mirjam Blokker, KWR

Eric van der Blom (voorzitter), Techniek
Nederland

Nick Post, Beck & v/d Kroef b.v.

Henk-Jan Rijnveld, Hoogendoorn BV

Walter van der Schee, Croonwolver&dros

Will Scheffer, TVVL Expertgroep ST

Irene van Veelen, ISSO

Ton van der Velde, Vabi

Datum

6 juni 2019

KWR 2019.053 | Mei 2019

Uitbreiding rekenregels utiliteitsbouw

Rekenregels voor kantoren, hotels,
studentenwoningen en zorginstellingen

Uitbreiding rekenregels utiliteitsbouw

Rekenregels voor kantoren, hotels,
studentenwoningen en zorginstellingen

KWR 2019.053 | Mei 2019

Opdrachtnummer

402092/001

Projectmanager

drs. P.G.G. (Nellie) Slaats

Opdrachtgever

TVVL, expertgroep ST 45

Kwaliteitsborger(s)

dr. Ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker

Auteur(s)

B. (Bram) Hillebrand MSc.

Verzonden naar

Expertgroep ST 45

Jaar van publicatie

2019

Meer informatie

Bram Hillebrand MSc.

T +31 (0)30 6069590

E bram.hillebrand@kwrwater.nl

Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511

F +31 (0)30 60 61 165

E info@kwrwater.nl

I www.kwrwater.nl

The logo for KWR (Koninklijk Water Research Instituut) features the letters 'KWR' in a bold, blue, sans-serif font. The 'K' and 'W' are connected, and the 'R' is slightly separated. The letters are dark blue.

KWR KWR 2019.053 | Mei 2019 © 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.

Samenvatting

Voor de dimensionering van waterleidinginstallaties is er informatie nodig over het te verwachte waterverbruik. In de huidige ISSO 55 zijn er rekenregels opgenomen, die zijn samengesteld op basis van simulaties met SIMDEUM, voor woontorens, hotels, kantoren en zorginstellingen. Het doel van dit project was om hierop uitbreidingen en aanpassingen te maken.

In deze studie zijn er nieuwe rekenregels ontworpen voor kantoren waarbij de invoerparameter het aantal toiletten is in plaats van het aantal werknemers omdat deze invoerparameter beter bekend is tijdens het ontwerp van nieuwe kantoren. De typologieën zijn gelijk aan de huidige typologieën zoals beschreven in de ISSO 55. Zoals de huidige rekenregels voor kantoren gaat het hier enkel om de maximum momentane volumestroom van koud water. Het is onze aanbeveling deze rekenregels enkel te gebruiken wanneer er niks over het aantal medewerkers bekend is.

Voor studentenwoningen is kort onderzocht hoe deze er nieuw gebouwd precies uit zien. Gebleken is dat deze erg lijken op studio's die reeds zijn beschreven in de ISSO 55. Onze aanbeveling is dan ook om voor studentenwoningen deze rekenregels te gebruiken.

Voor zorginstellingen was het de wens om te kunnen variëren in het wasregime. Na inventarisatie zijn er twee wasregimes geïdentificeerd. Er zijn nieuwe rekenregels ontworpen voor 3 types zorginstellingen voor elk van deze twee wasregimes (6 in totaal). De verschillende wasregimes kwamen enkel tot uiting in het maximum warmwatervolume (MWW) op verschillende tijdschalen en dus zijn enkel hiervoor verschillende rekenregels opgesteld.

Voor hotels zijn er rekenregels ontworpen voor hotelvleugels waar zich enkel kamers bevinden. Dit is gedaan voor elk douchetype voor zowel zakelijke als toeristische hotels zoals ook beschreven in de huidige ISSO 55.

Inhoud

Inhoud	3
1 Inleiding	4
1.1 Aanleiding	4
1.2 Aanpak	5
1.3 Leeswijzer	5
2 Typologieën Utiliteitsbouw	6
2.1 Inleiding	6
2.2 Studentenwoningen en hostels	6
2.3 Zorginstellingen	6
2.4 Hotels	7
2.5 Kantoren	8
3 Rekenregels	9
3.1 Inleiding	9
3.2 Studentenwoningen	9
3.3 Zorginstellingen	11
3.4 Hotels	14
3.5 Kantoren	20
4 Validatie en veiligheidsfactor	22
4.1 Inleiding	22
4.2 Studentenwoningen	22
4.3 Zorginstellingen	22
4.4 Hotels	23
4.5 Kantoren	28
5 Conclusies en aanbevelingen	31
6 Bibliografie	32

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Voor de dimensionering van waterleidinginstallaties zijn afnamepatronen van belang. Deze afnamepatronen kunnen worden voorspeld met het stochastisch simulatiemodel SIMDEUM dat door KWR is ontwikkeld in het kader van het bedrijfstakonderzoek van de Nederlandse waterbedrijven (BTO) en UNETO-VNI en TVVL om huishoudelijke (Blokker, 2006) en niet-huishoudelijke (Pieterse-Quirijns, Blokker, & Vogelaar, Modelleren van niet-huishoudelijk waterverbruik. Waterverbruik van kantoren, hotels, zorginstellingen en veehouderij, 2009) afnamepatronen te voorspellen. Met behulp van SIMDEUM zijn in de huidige ISSO 55 (ISSO, 2013) rekenregels voor maximum moment volumestroom (MMV) voor koud en warm water en het maximum warmwaterverbruik (MWW) in verschillende tijdseenheden opgenomen voor woontorens, kantoren, zorginstellingen en hotels. Deze rekenregels zijn gebaseerd op SIMDEUM simulaties welke zijn beschreven in verschillende rapporten (o.a. (Pieterse-Quirijns E. , Rekenregels voor waterverbruik in woontorens, 2008) (Pieterse-Quirijns E. , Rekenregels voor waterverbruik in utiliteitsbouw, 2010)). De rekenregels zijn ook gevalideerd met metingen (Pieterse-Quirijns & Beverloo, Validatie rekenregels voor waterverbruik woontorens, 2013) (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels, 2013a) (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik kantoren, 2013b) (Pieterse-Quirijns I. , Beverloo, van Loon, & Kwakkel, 2013c).

De rekenregels worden nu enkele jaren gebruikt en vanuit de gebruikers kwam de wens naar voren om de huidige set rekenregels uit te breiden. Deze wensen zijn door de projectgroep verder uitgewerkt. Voor kantoren was er de wens om een andere invoerparameter dan aantal medewerkers te gebruiken. Dit is tijdens het ontwerp namelijk vrijwel nooit bekend. Een goed alternatief lijkt het aantal toiletten. Voor hotels is er behoefte om ook onderdelen van het hotel te dimensioneren waar alleen hotelkamers zijn, dus onder de grens van "n=20" te kijken. Voor zorginstellingen lijkt er een groot verschil te bestaan tussen vrijwel zelfstandig wonende bewoners en bewoners die veel zorg nodig hebben en onder invloed van personeelstekort een beperkt wasregime ondergaan. Daarnaast is er geconstateerd dat er geen ontwerpregels zijn voor verblijfsruimtes met gedeelde voorziening (zoals douches en toiletten) m.n. studentenwoningen en hostels.

In dit project zijn uitbreidingen en aanpassingen gerealiseerd voor de rekenregels voor hotels, kantoren en zorginstellingen. Voor hotels betreft het hier de realisatie van rekenregels voor hotelvleugels waar zich enkel (2 tot 20) hotelkamers bevinden. Deze dienen als extra rekenregels bovenop de reeds bestaande rekenregels voor hotels (vanaf 20 kamers) inclusief keukens en andere hotelfaciliteiten. Voor kantoren zijn er rekenregels opgesteld die het aantal toiletten als invoerparameter hebben in plaats van het aantal werknemers (zoals in de huidige rekenregels). Voor zorginstellingen zijn rekenregels opgesteld voor verschillende wasregimes. Ook zijn er studentcomplexen gesimuleerd en zijn er aanbevelingen gedaan hoe de rekenregels voor woontorens voor dergelijke complexen gebruikt kunnen worden.

Er is in dit project ook rekening gehouden met de veiligheidsfactoren zoals deze beschreven zijn in (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels, 2013a) (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik kantoren, 2013b) (Pieterse-Quirijns I. , Beverloo, van Loon, & Kwakkel, 2013c). Waar mogelijk is van dezelfde rapporten gebruik gemaakt om ook hier een validatie toe te passen.

1.2 Aanpak

Er is in project voor hotels en kantoren voortgeborduurd op de typologieën zoals deze zijn opgenomen in de ISSO 55. Voor Studentencolleges, na inventarisatie door de werkgroep, een typologie opgesteld. Voor zorginstellingen zijn, wederom na inventarisatie door de werkgroep twee wasregimes geïdentificeerd. Behalve voor kantoren, waar aantal medewerkers is vervangen voor aantal toiletten, is de invoerparameter van de rekenregels gelijk gebleven aan die van de bestaande rekenregels in de ISSO 55. Er zijn rekenregels ontworpen voor de volgende parameters (of een subset hiervan):

- MMV_{koud} = maximum moment volumestroom voor het totaal van **koud** en warm water in [l/s]
- MMV_{warm} = maximum moment volumestroom 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]

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de typologieën per type gebouw (studentencomplex, zorginstelling, hotel, kantoor) kort beschreven en eventuele wijzigingen die in dit project zijn doorgevoerd worden toegelicht. Vervolgens zijn in hoofdstuk 3 de rekenregels gegeven en toegelicht. In hoofdstuk 4 is, waar mogelijk, een beperkte validatie uitgevoerd. Wanneer er een veiligheidsfactor gewenst is zijn hier de nieuwe ontwerpreekenregels gegeven. In hoofdstuk 5 zijn de conclusies samengevat en doen we aanbevelingen voor updates van de ISSO 55.

2 Typologieën Utiliteitsbouw

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de verschillende typologieën beschreven voor kantoren, zorginstellingen, hotels en studentenwoningen. Deze bouwen voort op de typologieën van het rapport Rekenregels voor waterverbruik in utiliteitsbouw (Pieterse-Quirijns E. , Rekenregels voor waterverbruik in utiliteitsbouw, 2010) en op de validatierapporten (Pieterse-Quirijns & Beverloo, Validatie rekenregels voor waterverbruik woontorens, 2013), (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik kantoren, 2013b), (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels, 2013a) (Pieterse-Quirijns I. , Beverloo, van Loon, & Kwakkel, 2013c) hieronder wordt enkel een korte samenvatting van en eventuele verschillen met eerdere studies gegeven.

2.2 Studentenwoningen en hostels

Na inventarisatie is gebleken dat nieuw gebouwde studentencomplexen bestaan uit studio's met eigen douche, keuken en wc. Onder keuken wordt hier ook een eenvoudig blok met spoelbak verstaan. Enkel de wasmachine wordt regelmatig gedeeld. Studentenwoningen zijn dus te beschouwen als studio's zonder een eigen wasmachine.

Voor hostels is er tijdens de inventarisatie te weinig informatie naar voren gekomen om een betrouwbare typologie op te stellen. Daarom zijn er hiervoor geen rekenregels ontworpen.

2.3 Zorginstellingen

Voor een uitgebreide beschrijving van de verschillende zorginstellingen verwijzen wij naar het rapport (Pieterse-Quirijns I. , Beverloo, van Loon, & Kwakkel, 2013c). Het was de wens van de werkgroep om verder te specificeren naar verschillende wasregimes. Daarom hebben we ons ook beperkt tot zorginstellingen met volledige verzorging. Onder wasregime verstaan we de doucheduur, douche frequentie en het wassen van de patient/client. Dit laatste gebeurt met een verpakt washandje en heeft geen invloed op het waterverbruik. Deze studie richt zich dan ook op het douchegebruik. Na een inventarisatie is er een nieuw wasregime geïdentificeerd. Deze is naast het bestaande wasregime zoals deze gebruikt werd in (Pieterse-Quirijns I. , Beverloo, van Loon, & Kwakkel, 2013c) dus als nieuw wasregime opgenomen. In dit rapport zijn daarom 6 typen zorginstellingen (drie types met volledige verzorging op de kamers voor elk van de twee wasregimes) opgenomen. Deze zijn samengevat in Tabel 1. Voor het verkrijgen van de rekenregels is voor elk type zorginstelling 10, 20, 50, 80, 130, 160, 190, 220, 250, 280, 310, 340, 370 en 400 bedden gesimuleerd (en voor elke hoeveelheid bedden 100 verschillende afname patronen). Voor de toepasbaarheid van de rekenregel is het belangrijk om te constateren dat een douchefrequentie van bijvoorbeeld 0.14 per dag meerdere dingen kan betekenen. Het kan betekenen dat iedere cliënt een keer per week doucht maar bijvoorbeeld ook dat 50% van de cliënten twee keer per week doucht en 50% nooit (enkel wordt gewassen door middel van een washandje). Dit maakt de resulterende rekenregels breder toepasbaar.

Tabel 1: Beschrijving verschillende types zorginstellingen (allen volledige verzorging op de kamer)
A,B geeft het wasregime aan, I,II,III het bedpanspoeler gebruik

Type	Gebruik bedpanspoeler	Wasregime parameters	
		Douche frequentie [per dag]	Doucheduur [min]
AI	Geen	0.2	8
AII	Gemiddeld	0.2	8
AIII	Intensief	0.2	8
BI	Geen	0.14	5
BII	Gemiddeld	0.14	5
BIII	Intensief	0.14	5

2.4 Hotels

Voor een uitgebreide beschrijving van de verschillende hoteltypes verwijzen wij naar het rapport (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels, 2013a) waarbij wij aanmerken dat er in deze nieuwe studie enkel en alleen kamers en de faciliteiten die zich daar bevinden (douche, wc, bad en wastafel) worden meegenomen in de waterverbruiksimulaties. Er zijn 2 verschillende type hotels (zakelijk en toeristisch) en 7 verschillende douche types (ISSO, 2013). Zakelijk versus toeristisch heeft met name betrekking op de bezetting van de kamers. Voor een overzicht zie Tabel 2 en Tabel 3.

Tabel 2: Korte beschrijving van de verschillen tussen zakelijke en toeristische hotels

Type hotel	Beknopte beschrijving
Zakelijk	1.2p/kamer, doucheduur 5 min, badfrequentie 0.2 dag, piek tussen 7-8 uur
Toeristisch	1.8p/kamer, doucheduur 7 min, badfrequentie 0.4 dag, bredere ochtendpiek

Tabel 3: Beschrijving van de verschillende douchetypes

Douchetype	Volumestroom [l/s]
I	0.07
II	0.12
III	0.19
IV	0.24
V	0.37
VI	0.42
VII	0.5

2.5 Kantoren

In (Pieterse-Quirijns E. , Rekenregels voor waterverbruik in utiliteitsbouw, 2010) staat uitgebreid beschreven hoe kantoren zijn opgebouwd en is een eerste versie van de rekenregels opgesteld. Vervolgens is er in (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik kantoren, 2013b) een validatie van de rekenregels uitgevoerd op een aangepaste set typologieën. Hier is ook gevonden dat de rekenregels voor warmwaterverbruik voor kantoren niet accuraat zijn en zelden toepasbaar op bestaande kantoren. Ook is het warmwaterverbruik voor kantoren relatief klein. Vandaar dat er in de ISSO 55 (ISSO, 2013) enkel rekenregels zijn opgenomen voor koudwaterverbruik. In de tabel hieronder staan de In deze studie gebruikte typologieën kort vermeld.

Tabel 4: De belangrijkste verschillen van de kantoor types zoals opgenomen in de ISSO 55. Voor de resulterende verschillen in waterverbruik verwijzen wij naar (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik kantoren, 2013b).

Type	Korte beschrijving
I	Toiletten met reservoir en urinoirs
II	Toiletten met reservoir, geen urinoir
III	Toiletten met reservoir en urinoirs en meer dan 90% mannen

Het verschil met de eerder genoemde rapporten is dat het de wens was van de werkgroep om de rekenregels op te stellen met het aantal toiletten als invoer in plaats van het aantal medewerkers. Hiervoor zijn in SIMDEUM simulaties uitgevoerd voor kantoren met verschillende hoeveelheid medewerkers die corresponderen met het minimum en het maximum aantal medewerkers voor een bepaald aantal toiletten (bijvoorbeeld 13 en 24 medewerkers omdat dit het minimale en maximale aantal medewerkers zijn waarbij de richtlijnen 6 wc's (man/vrouw/urinoir) voorschrijven). Zoals beschreven door (Pieterse-Quirijns E. , Rekenregels voor waterverbruik in utiliteitsbouw, 2010) zijn er verschillende richtlijnen voor het aantal toiletten op kantoren. Uit een inventarisatie in dat rapport in combinatie met de verschillende richtlijnen is er in dat rapport voor de volgende verhoudingen tussen toiletten en gebruikers (medewerkers plus 10% bezoekers) gekozen. Voor kantoren met minder dan 300 gebruikers: 1 mannen toilet, 1 vrouwen toilet en 1 urinoir per 12 personen en voor een kantoor met meer dan 300 gebruikers: 1 mannen toilet, 1 vrouwen toilet en 1 urinoir per 18 personen. Voor de SIMDEUM simulaties is hiervan gebruik gemaakt.

3 Rekenregels

3.1 Inleiding

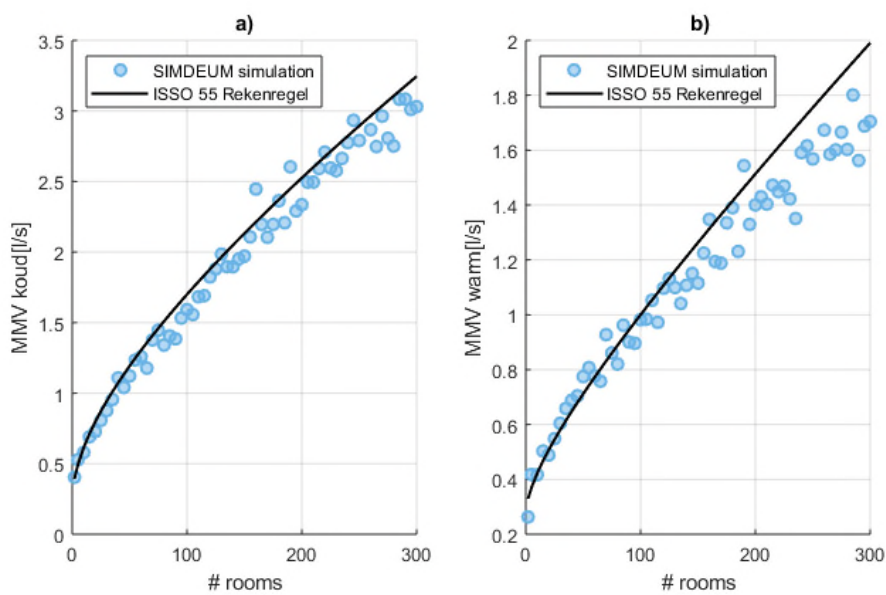
Voor elke categorie zijn voor verschillende typologieën rekenregels ontwikkeld die het waterverbruik beschrijven. Voor de verschillende categorieën is gekozen voor een andere variabele. Voor kantoren is dit het aantal toiletten, voor studentencomplexen het aantal woningen/kamers, voor zorginstellingen het aantal bedden en voor hotelvleugels het aantal kamers.

Allereerst worden voor elke typologie de afnamepatronen bepaald met SIMDEUM (Blokker, 2006). Deze simulaties zijn gebaseerd op de zogenaamde Monte-Carlo simulatie. Voor elke typologie en elke waarde van de invoervariabele zijn 100 simulaties uitgevoerd (100 afnamepatronen gegenereerd). Dus bijvoorbeeld 100 afnamepatronen voor hotelvleugels met 2, 5, 10 of 20 kamers. Hiervoor zijn vervolgens de waarden van MMV_{koud} , MMV_{warm} , $MWW10$, $MWW60$, $MWW120$ en MWW_{dag} gedefinieerd als de 99-percentielen van deze 100 waarden.

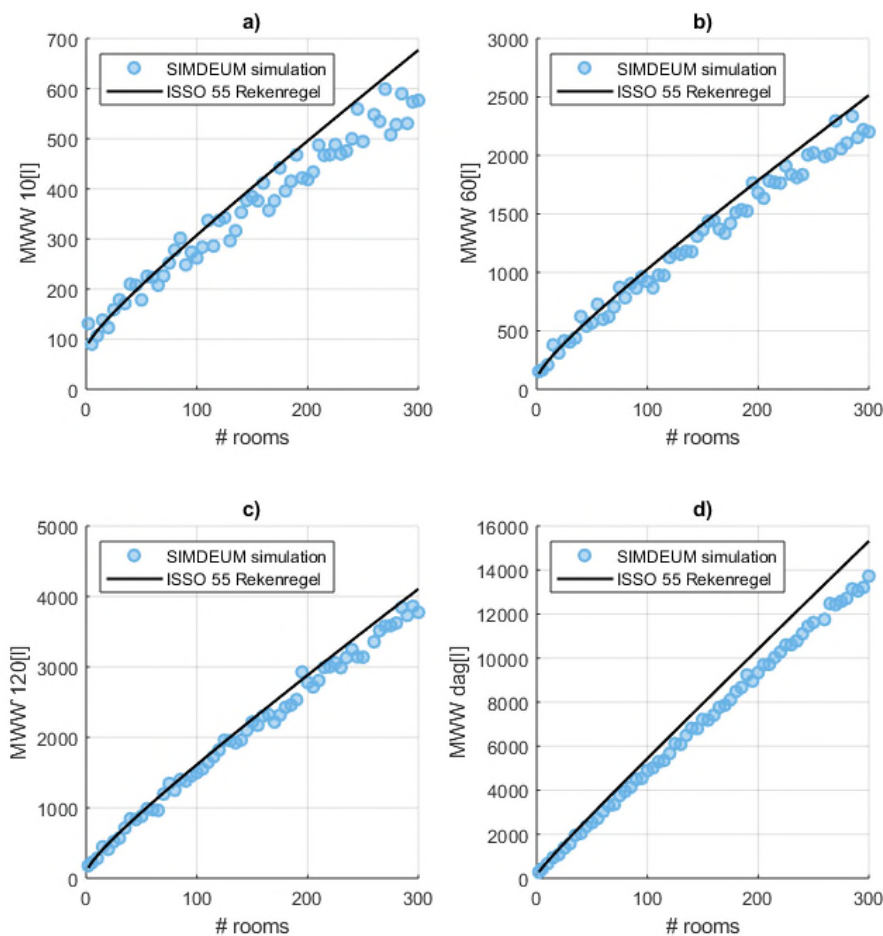
Aan de hand van deze waarden zijn er rekenregels in de vorm van $y = a*x+b$ gefit. Deze worden hieronder in meer detail beschreven.

3.2 Studentenwoningen

Het verschil tussen studentenwoningen met een eigen wc, keuken en douche en studio's is klein. Een studio is in 20% van de gevallen bewoond door twee personen (een studentenkamer altijd door een) en een studio kan een wasmachine hebben (een studentenkamer niet). De hypothese is dan ook dat voor studentenwoningen we kunnen volstaan met de bestaande rekenregels voor studio's. Om deze hypothese te toetsen is er een opzet gemaakt van een studentenwoning die hetzelfde is als een studio maar dan zonder wasmachine en altijd bewoond door slechts één werkend/studerend persoon. Vervolgens zijn er complexen gesimuleerd van 2 t/m 300 met dit soort woningen. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 1 en Figuur 2. Deze simulatiedatapunten worden vergeleken met de rekenregel voor studio's in een woontoren (Pieterse-Quirijns E., Rekenregels voor waterverbruik in woontorens, 2008) (ISSO, 2013).



Figuur 1: De rekenregel voor studio's in woontorens t.o.v. Simdeum data voor studentenwoningen voor koud MMV koud (a) en MMV warm (b).



Figuur 2: Simdeum data voor MWW op 10 minuten (a), 1 uur (b) 2 uur (c) en dag (d) niveau t.o.v. de rekenregel voor studio's in een woontoren.

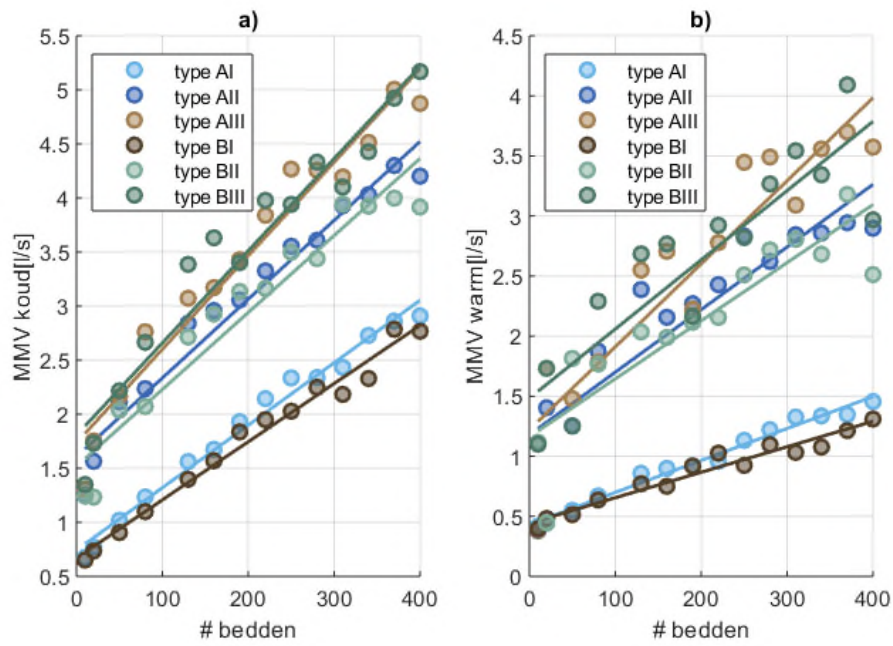
Uit Figuur 1 en Figuur 2 kunnen we concluderen dat het gebruik maken van de rekenregels voor studio's in woontorens slechts eventueel een kleine overdimensionering geeft voor warm water. Voor 300 studentenwoningen is de overschatting $\sim 10\%$ (voor MMV warm). Voor MWW zien we voor MWW dag ook een maximale overschatting van $\sim 10\%$ voor 300 studentenwoningen. Omdat het verschil minimaal is raden wij aan om gebruik te maken van de rekenregels voor studio's die reeds zijn opgenomen in de ISSO 55 (ISSO, 2013).

3.3 Zorginstellingen

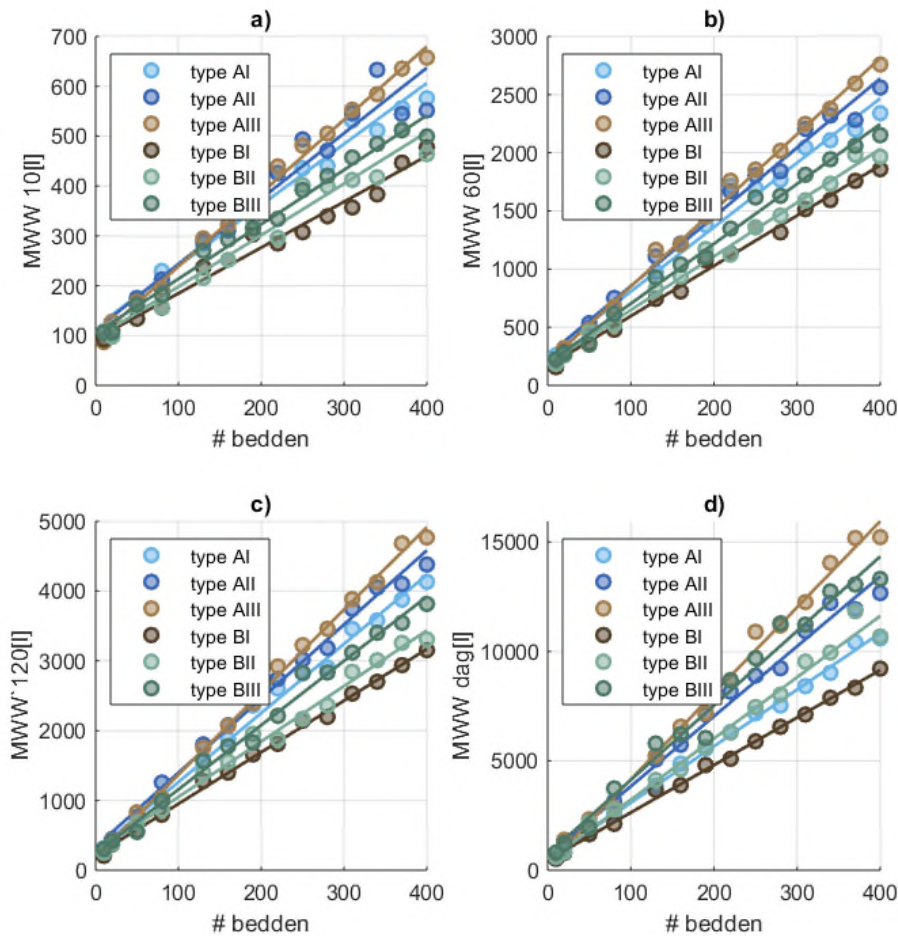
Voor zorginstellingen zijn rekenregels opgesteld die het waterverbruik beschrijven. Het betreft hier enkel instellingen met volledige verzorging op de kamer. De rekenregels voor de verschillende typen zorginstellingen staan in Tabel 5. De door SIMDEUM gesimuleerde datapunten en bijbehorende rekenregels staan tevens in Figuur 3 en Figuur 4. Wat opvalt is dat er tussen de verschillende wasregimes (A en B) weinig verschil is tussen de gesimuleerde data voor MMV koud en MMV warm. Voor MWW zien we duidelijke verschillen tussen de wasregimes. Dit komt waarschijnlijk doordat de douche volumestroom gelijk blijft maar de wasregimes verschillen in doucheduur en frequentie en daarmee in de hoeveelheid gebruikt warm water.

Tabel 5: Overzicht van de verschillende rekenregels voor de verschillende parameters voor de verschillende typen zorginstellingen en hun numerieke fit.

Zorg type	Rekenregel (n = aantal bedden)	Fit
Type AI	$MMV_{koud} = 0.7421 + 0.0058 * n$	0.99
	$MMV_{warm} = 0.4332 + 0.0027 * n$	0.98
	$MWW10 = 117.47 + 1.2222 * n$	0.98
	$MWW60 = 253.50 + 5.5332 * n$	0.98
	$MWW120 = 273.38 + 9.8941 * n$	0.99
	$MWWdag = 495.38 + 25.8597 * n$	0.99
Type AII	$MMV_{koud} = 1.6064 + 0.0073 * n$	0.96
	$MMV_{warm} = 1.1790 + 0.0052 * n$	0.80
	$MWW10 = 111.96 + 1.3128 * n$	0.94
	$MWW60 = 259.87 + 5.9457 * n$	0.98
	$MWW120 = 334.37 + 10.6205 * n$	0.99
	$MWWdag = 638.44 + 31.9798 * n$	0.99
Type AIII	$MMV_{koud} = 1.7359 + 0.0087 * n$	0.95
	$MMV_{warm} = 1.2200 + 0.0069 * n$	0.84
	$MWW10 = 91.49 + 1.4709 * n$	0.99
	$MWW60 = 195.29 + 6.5454 * n$	0.99
	$MWW120 = 185.74 + 11.8245 * n$	0.99
	$MWWdag = 217.35 + 39.3202 * n$	0.99
Type BI	$MMV_{koud} = 0.6697 + 0.0054 * n$	0.98
	$MMV_{warm} = 0.4431 + 0.0021 * n$	0.95
	$MWW10 = 92.71 + 0.9189 * n$	0.98
	$MWW60 = 163.87 + 4.3217 * n$	0.99
	$MWW120 = 213.05 + 7.3906 * n$	0.99
	$MWWdag = 466.99 + 21.7050 * n$	0.99
Type BII	$MMV_{koud} = 1.5173 + 0.0071 * n$	0.93
	$MMV_{warm} = 1.1624 + 0.0048 * n$	0.78
	$MWW10 = 94.51 + 1.0338 * n$	0.96
	$MWW60 = 186.33 + 4.6157 * n$	0.99
	$MWW120 = 254.81 + 7.9491 * n$	0.99
	$MWWdag = 420.94 + 27.9929 * n$	0.99
Type BIII	$MMV_{koud} = 1.8061 + 0.0085 * n$	0.93
	$MMV_{warm} = 1.4831 + 0.0058 * n$	0.77
	$MWW10 = 104.48 + 1.0927 * n$	0.99
	$MWW60 = 188.45 + 5.1456 * n$	0.99
	$MWW120 = 236.71 + 9.2098 * n$	0.99
	$MWWdag = 723.33 + 34.0321 * n$	0.98



Figuur 3: MMV voor koud (a) en warm (b) water voor elk type zorginstelling als functie van het aantal bedden. Vergelijking van de door SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelde rekenregel (zie Tabel 5)



Figuur 4: MWW in 10 (a), 60 (b), 120 (c) minuten en in een dag (d) voor elk type zorginstelling als functie van het aantal bedden. Vergelijking van de met SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelling door de rekenregel (zie Tabel 5)

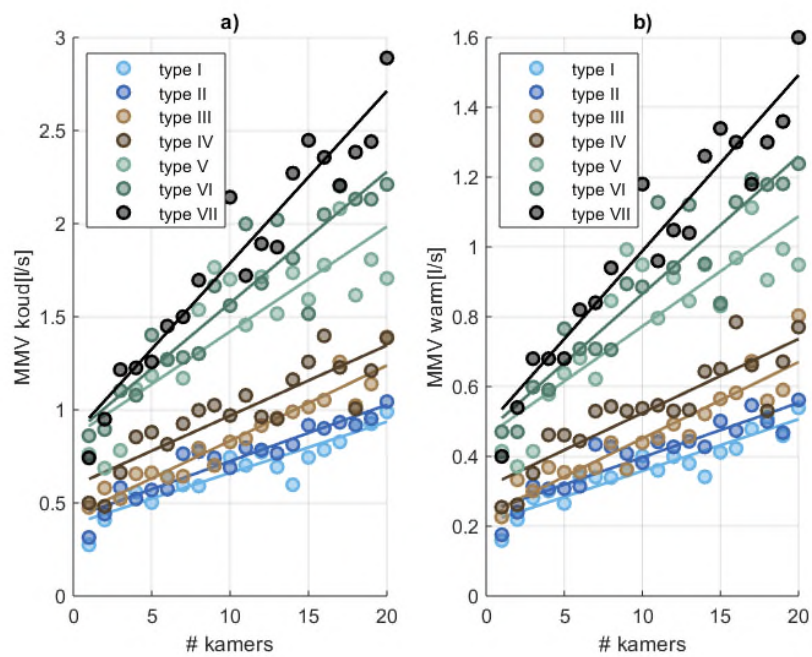
3.4 Hotels

Voor hotels zijn er rekenregels opgesteld die het waterverbruik beschrijven voor delen van het hotel die enkel hotelkamers bevat en het aantal kamers varieert van 2 t/m 20. Dit is voor alle verschillende hoteltypes (zakelijk en toeristisch) en douchetypes (I – VII) uitgevoerd.

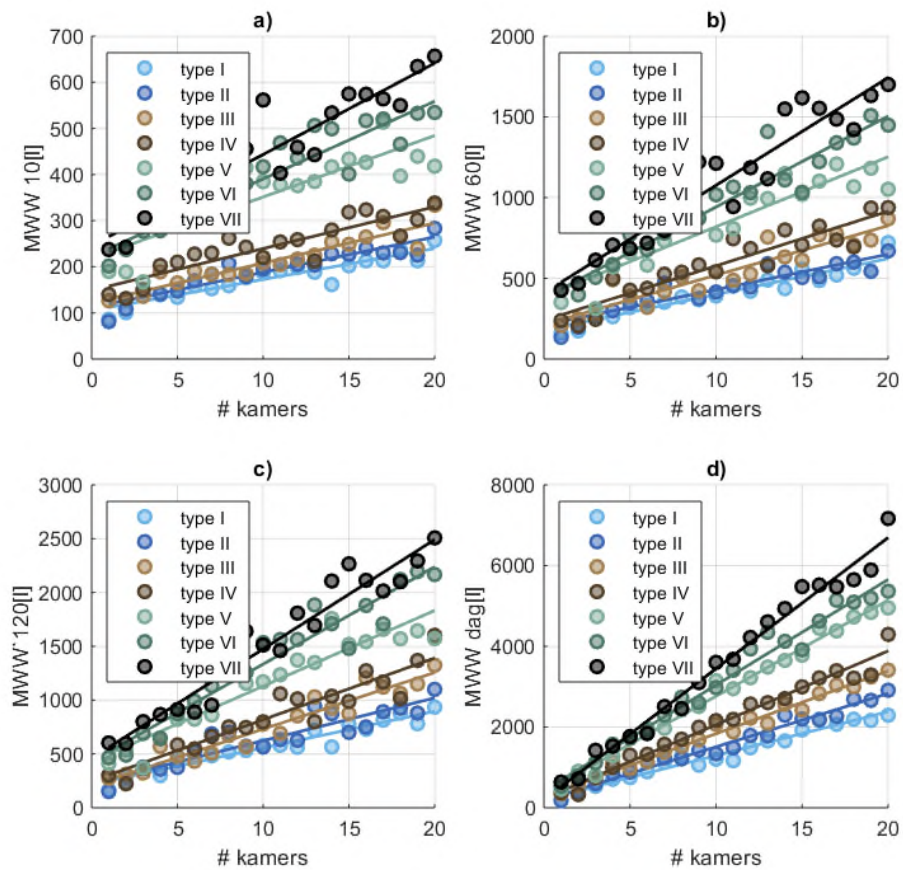
De rekenregels en de determinatie coëfficiënt per parameter (MMV_{koud} , MMV_{warm} , MWW_{10} , MWW_{60} , MWW_{120} en MWW_{dag}) voor de verschillende douchetypes voor een toeristisch hotel staan in Tabel 6. Die voor een zakelijk hotel staan in Tabel 7. De door SIMDEUM gesimuleerde datapunten en de bijbehorende rekenregels staan ook in Figuur 5 en Figuur 6. Voor het verkrijgen van de SIMDEUM datapunten zijn er voor elk type hotel, hotelvleugels gesimuleerd met 2 t/m 20 kamers (en voor elke hotelvleugel weer 100 verschillende afnamepatronen).

Tabel 6: Overzicht van de verschillende rekenregels voor de verschillende parameters voor een toeristisch hotel met elk douche type en hun numerieke fit.

Douche type	Rekenregel (n = aantal kamers) toeristisch hotel	Fit
I	$MMV_{koud} = 0.3864 + 0.0275*n$	0.84
	$MMV_{warm} = 0.2098 + 0.0148*n$	0.87
	$MWW10 = 105.15 + 6.7364*n$	0.96
	$MWW60 = 178.21 + 22.1837*n$	0.91
	$MWW120 = 217.99 + 33.8818*n$	0.92
	$MWWdag = 208.07 + 108.6102*n$	0.97
II	$MMV_{koud} = 0.4221 + 0.0303*n$	0.89
	$MMV_{warm} = 0.2411 + 0.0156*n$	0.84
	$MWW10 = 111.84 + 7.6343*n$	0.87
	$MWW60 = 211.43 + 21.8723*n$	0.84
	$MWW120 = 226.18 + 39.7183*n$	0.85
	$MWWdag = 186.16 + 132.2824*n$	0.98
III	$MMV_{koud} = 0.4296 + 0.0404*n$	0.92
	$MMV_{warm} = 0.2322 + 0.0219*n$	0.87
	$MWW10 = 121.32 + 8.6811*n$	0.88
	$MWW60 = 213.63 + 30.6214*n$	0.88
	$MWW120 = 204.79 + 52.6146*n$	0.93
	$MWWdag = 276.88 + 155.7052*n$	0.98
IV	$MMV_{koud} = 0.5908 + 0.0378*n$	0.78
	$MMV_{warm} = 0.3121 + 0.0212*n$	0.78
	$MWW10 = 148.98 + 9.0538*n$	0.80
	$MWW60 = 239.19 + 33.8124*n$	0.87
	$MWW120 = 245.53 + 57.3125*n$	0.89
	$MWWdag = 228.68 + 182.8855*n$	0.98
V	$MMV_{koud} = 0.8562 + 0.0564*n$	0.74
	$MMV_{warm} = 0.4573 + 0.0315*n$	0.74
	$MWW10 = 218.29 + 13.3049*n$	0.75
	$MWW60 = 387.18 + 43.2565*n$	0.86
	$MWW120 = 428.15 + 70.2480*n$	0.89
	$MWWdag = 384.12 + 238.0308*n$	0.98
VI	$MMV_{koud} = 0.8678 + 0.0706*n$	0.87
	$MMV_{warm} = 0.4700 + 0.0395*n$	0.87
	$MWW10 = 222.43 + 16.8171*n$	0.88
	$MWW60 = 378.51 + 56.3295*n$	0.92
	$MWW120 = 430.39 + 90.4197*n$	0.94
	$MWWdag = 422.02 + 261.7265*n$	0.98
VII	$MMV_{koud} = 0.8637 + 0.0924*n$	0.91
	$MMV_{warm} = 0.4842 + 0.0504*n$	0.90
	$MWW10 = 245.57 + 19.7895*n$	0.88
	$MWW60 = 408.66 + 66.7382*n$	0.90
	$MWW120 = 459.31 + 101.6125*n$	0.94
	$MWWdag = 199.51 + 324.7727*n$	0.98



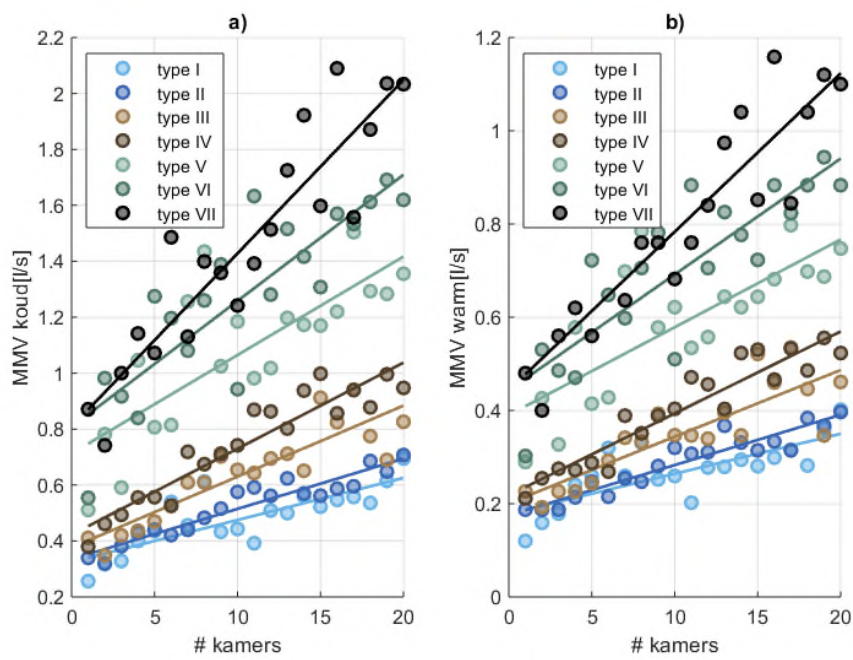
Figuur 5: MMV voor koud (a) en warm (b) water voor een toeristisch hotel en verschillende douchel types als functie van het aantal kamers. Vergelijking van de door SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelde rekenregel (zie Tabel 6)



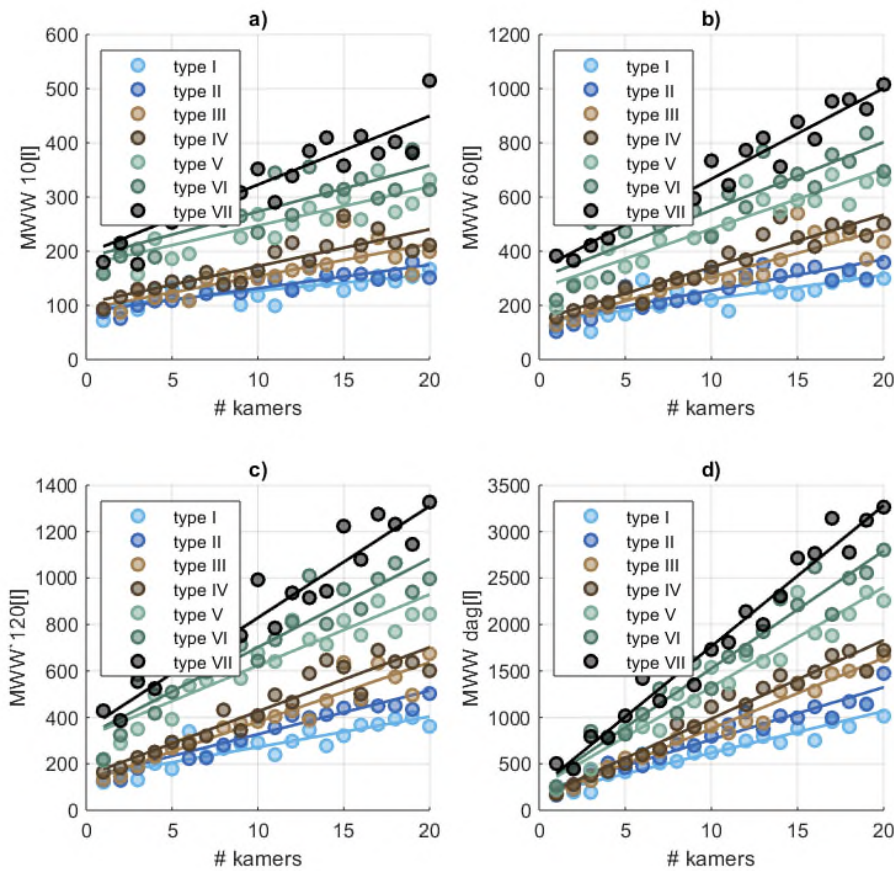
Figuur 6: MWW in 10 (a), 60 (b), 120 (c) minuten en in een dag (d) voor een toeristisch hotel en verschillende douche types als functie van het aantal kamers. Vergelijking van de met SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelling door de rekenregel (zie Tabel 6)

Tabel 7: Overzicht van de verschillende rekenregels voor de verschillende parameters voor een zakelijk hotel met elk douche type en hun numerieke fit.

Douche type	Rekenregel (n = aantal kamers) zakelijk hotel	Fit
I	$MMV_{koud} = 0.3250 + 0.0150*n$	0.66
	$MMV_{warm} = 0.187 + 0.0086*n$	0.58
	$MWW10 = 96.2674 + 3.0354*n$	0.50
	$MWW60 = 136.5179 + 8.7396*n$	0.66
	$MWW120 = 140.9204 + 13.1305*n$	0.80
	$MWWdag = 168.2426 + 44.9644*n$	0.93
II	$MMV_{koud} = 0.3349 + 0.0180*n$	0.91
	$MMV_{warm} = 0.1750 + 0.0108*n$	0.89
	$MWW10 = 88.2642 + 4.3264*n$	0.80
	$MWW60 = 139.1994 + 11.5282*n$	0.77
	$MWW120 = 139.6991 + 18.7859*n$	0.90
	$MWWdag = 198.6953 + 56.3124*n$	0.93
III	$MMV_{koud} = 0.3764 + 0.0254*n$	0.80
	$MMV_{warm} = 0.2009 + 0.0143*n$	0.73
	$MWW10 = 93.7697 + 5.9889*n$	0.69
	$MWW60 = 127.7451 + 17.6719*n$	0.83
	$MWW120 = 124.9334 + 25.6266*n$	0.90
	$MWWdag = 120.3539 + 75.9473*n$	0.97
IV	$MMV_{koud} = 0.4223 + 0.0308*n$	0.88
	$MMV_{warm} = 0.2179 + 0.0176*n$	0.89
	$MWW10 = 103.9466 + 6.8169*n$	0.77
	$MWW60 = 146.3638 + 19.4342*n$	0.90
	$MWW120 = 149.7073 + 27.5904*n$	0.89
	$MWWdag = 138.4200 + 84.6736*n$	0.96
V	$MMV_{koud} = 0.7129 + 0.0352*n$	0.60
	$MMV_{warm} = 0.3902 + 0.0188*n$	0.59
	$MWW10 = 175.0117 + 7.1991*n$	0.62
	$MWW60 = 261.8632 + 22.0492*n$	0.81
	$MWW120 = 317.0713 + 30.6181*n$	0.78
	$MWWdag = 253.0297 + 107.3815*n$	0.94
VI	$MMV_{koud} = 0.8075 + 0.0451*n$	0.73
	$MMV_{warm} = 0.4433 + 0.0249*n$	0.71
	$MWW10 = 188.0446 + 8.4977*n$	0.70
	$MWW60 = 299.9780 + 25.1301*n$	0.79
	$MWW120 = 321.0092 + 38.0795*n$	0.88
	$MWWdag = 258.6038 + 126.8100*n$	0.95
VII	$MMV_{koud} = 0.8076 + 0.0621*n$	0.84
	$MMV_{warm} = 0.4434 + 0.0340*n$	0.83
	$MWW10 = 195.9150 + 12.6732*n$	0.77
	$MWW60 = 330.7144 + 33.5522*n$	0.94
	$MWW120 = 348.4040 + 48.0573*n$	0.93
	$MWWdag = 247.6890 + 151.7649*n$	0.97



Figuur 7: MMV voor koud (a) en warm (b) water voor een zakelijk hotel en verschillende douchel types als functie van het aantal kamers. Vergelijking van de door SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelde rekenregel (zie Tabel 8)



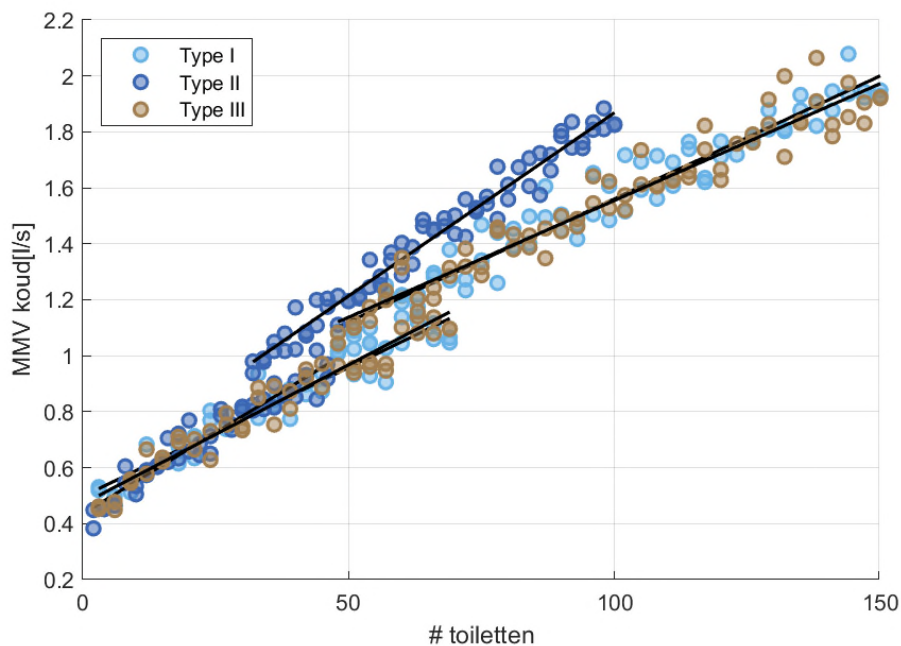
Figuur 8: MWW in 10 (a), 60 (b), 120 (c) minuten en in een dag (d) voor een zakelijk hotel en verschillende douche types als functie van het aantal kamers. Vergelijking van de met SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelling door de rekenregel (zie Tabel 8)

3.5 Kantoren

Zoals eerder genoemd zijn de richtlijnen voor het aantal toiletten anders voor kantoren met meer dan > 300 gebruikers dan voor kantoren met < 300 gebruikers. (< 300 gebruikers 1 mannen, 1 vrouwen en 1 urinoir per 12 personen en > 300 1 mannen, 1 vrouwen en 1 urinoir per 18 personen) Omdat we hier uiteraard rekening mee hebben gehouden in de simulaties leidt dit tot een knik in het waterverbruik ten opzichte van het aantal toiletten (zie Figuur 9). Daarom maken we twee lineaire fits en dus twee bijbehorende rekenregels. Voor type A/I en D/V (inclusief urinoirs) geldt dat de ene rekenregel berekend is tot ~70 toiletten de andere berekend is vanaf ~50 toiletten. Voor C/IV geldt dat de eerste berekend is tot ~45 toiletten en de tweede vanaf ~35.

Tabel 8: Overzicht van de verschillende rekenregels voor de verschillende parameters voor elk kantoor type en hun numerieke fit.

Kantoor type	parameter	Lineaire functie (n= aantal toiletten)	Voorwaarde	R ² fit
I	MMV koud	$MVV_{koud} = 0.4970 + 0.0092 * n$	$n < 70$	0.92
	MMV koud	$MVV_{koud} = 0.6817 + 0.0088 * n$	$n > 50$	0.95
II	MMV koud	$MVV_{koud} = 0.4350 + 0.0116 * n$	$n < 45$	0.93
	MMV koud	$MVV_{koud} = 0.5586 + 0.0131 * n$	$n > 35$	0.97
III	MMV koud	$MVV_{koud} = 0.4705 + 0.0099 * n$	$n < 70$	0.93
	MMV koud	$MVV_{koud} = 0.7201 + 0.0084 * n$	$n > 50$	0.93



Figuur 9: MMV voor koud water voor de verschillende kantoor types als functie van het aantal toiletten. Vergelijking van de door SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelde rekenregels (zie Tabel 4)

In Figuur 9 kunnen we zien dat types I en III vrijwel identieke resultaten geven. Voor de uiteindelijke ontwerpreegels zullen we deze dan ook samenvoegen. Verder is er in de eindmeeting met de expertgroep ST 45 besloten om toch te kiezen voor één enkele rekenregel in plaats van twee verschillende. Hoewel de fit hiervan iets minder goed zal zijn zal dit in praktijk door de veiligheidsfactor en het beperkte aantal leidingdiameters die beschikbaar zijn niet tot problemen leiden. Dit houdt de set rekenregels eenvoudiger.

4 Validatie en veiligheidsfactor

4.1 Inleiding

In deze studie was beperkt ruimte opgenomen voor validatie. Er is dus besloten om te volstaan met een vergelijking (waar mogelijk) met de rekenregels uit ISSO 55 (ISSO, 2013) en om gebruik te maken van bestaande metingen uit de validatie rapporten (Pieterse-Quirijns & Beverloo, Validatie rekenregels voor waterverbruik woontorens, 2013) (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels, 2013a) (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik kantoren, 2013b).

4.2 Studentenwoningen

Omdat er voor studentenwoningen voor gekozen is gebruik te maken van bestaande rekenregels voor studio's die reeds gevalideerd zijn in (Pieterse-Quirijns & Beverloo, Validatie rekenregels voor waterverbruik woontorens, 2013) en er geen nieuwe metingen beschikbaar zijn, is er hiervoor geen nieuwe validatie toegepast. Ook wordt de aanbeveling van een veiligheidsfactor van 1 uit dit rapport overgenomen waardoor de uiteindelijke ontwerprekenregels gelijk zijn aan de huidige rekenregels in de ISSO 55.

4.3 Zorginstellingen

Er is voor de verschillende typen zorginstellingen geen data beschikbaar om een validatie op toe te passen. In (Pieterse-Quirijns I., Beverloo, van Loon, & Kwakkel, 2013c) is een veiligheidsfactor gebruikt van 1. Zoals reeds geconcludeerd is er weinig verschil voor MMV koud en MMV warm tussen de verschillende wasregimes. Om het aantal rekenregels te beperken hebben we deze dan ook samengevoegd. Voor MWW op de verschillende tijdsbasissen is er echter wel voldoende verschil om individuele rekenregels te rechtvaardigen. De ontwerprekenregels zijn weergegeven in Tabel 9.

Tabel 9: De aanbevolen ontwerprekenregels voor zorginstellingen

Zorg type	Rekenregel (n = aantal bedden)	Fit
AI + BI	$MMV_{koud} = 0.7059 + 0.0056 * n$	0.97
	$MMV_{warm} = 0.4381 + 0.0024 * n$	0.93
AII + BII	$MMV_{koud} = 1.5619 + 0.0072 * n$	0.94
	$MMV_{warm} = 1.1707 + 0.0050 * n$	0.79
AIII + BIII	$MMV_{koud} = 1.7710 + 0.0086 * n$	0.94
	$MMV_{warm} = 1.3516 + 0.0063 * n$	0.80
AI	$MWW10 = 117.47 + 1.2222 * n$	0.98
	$MWW60 = 253.50 + 5.5332 * n$	0.98
	$MWW120 = 273.38 + 9.8941 * n$	0.99
	$MWWdag = 495.38 + 25.8597 * n$	0.99
AII	$MWW10 = 111.96 + 1.3128 * n$	0.94
	$MWW60 = 259.87 + 5.9457 * n$	0.98
	$MWW120 = 334.37 + 10.6205 * n$	0.99
	$MWWdag = 638.44 + 31.9798 * n$	0.99
AIII	$MWW10 = 91.49 + 1.4709 * n$	0.99
	$MWW60 = 195.29 + 6.5454 * n$	0.99
	$MWW120 = 185.74 + 11.8245 * n$	0.99
	$MWWdag = 217.35 + 39.3202 * n$	0.99
Type BI	$MWW10 = 92.71 + 0.9189 * n$	0.98
	$MWW60 = 163.87 + 4.3217 * n$	0.99
	$MWW120 = 213.05 + 7.3906 * n$	0.99
	$MWWdag = 466.99 + 21.7050 * n$	0.99
Type BII	$MWW10 = 94.51 + 1.0338 * n$	0.96
	$MWW60 = 186.33 + 4.6157 * n$	0.99
	$MWW120 = 254.81 + 7.9491 * n$	0.99
	$MWWdag = 420.94 + 27.9929 * n$	0.99
Type BIII	$MWW10 = 104.48 + 1.0927 * n$	0.99
	$MWW60 = 188.45 + 5.1456 * n$	0.99
	$MWW120 = 236.71 + 9.2098 * n$	0.99
	$MWWdag = 723.33 + 34.0321 * n$	0.98

4.4 Hotels

In het rapport (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels, 2013a) is een validatie van de rekenregels voor hotels uitgevoerd aan de hand van twee hotels met 80 of 192 kamers. Het betreft hier echter het gehele hotel en niet enkel de kamers zoals in deze studie. Ook zijn de rekenregels uit dit rapport geldig tot 20 kamers. Deze gegevens zijn dus niet geschikt om te gebruiken voor validatie. Wel is het mogelijk om het overgangspunt te onderzoeken. In Tabel 10 is voor beide rekenregels (die van (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels, 2013a)) en de rekenregel van dit rapport het waterverbruik berekend en vervolgens uitgerekend hoeveel procent waterverbruik de voorspelling van deze rekenregels is t.o.v. die uit ISSO 55. Hiermee is er bij de rekenregels van dit rapport gebruik gemaakt van dezelfde veiligheidsfactoren als er gebruikt is voor de rekenregels in ISSO 55 (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels, 2013a) (ISSO, 2013). De verwachting is dat het waterverbruik van de rekenregels van dit rapport ten alle tijden onder die van de huidige ISSO 55 ligt. Dit om 2 redenen: 1) de rekenregels in dit rapport gelden enkel

voor kamers terwijl in de rekenregels van ISSO 55 ook andere functionele ruimtes beschrijft (die ongeveer 10-20% bijdragen) en 2) de rekenregels uit ISSO 55 laten voor een klein aantal kamers al een minder goede fit zien (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels, 2013a) (Pieterse-Quirijns E. , Rekenregels voor waterverbruik in utiliteitsbouw, 2010).

Tabel 10: Vergelijking tussen het waterverbruik zoals berekend met de rekenregels van ISSO 55 voor n=20 met het waterverbruik op basis van de rekenregels van dit rapport.

Douche type	parameter	Zakelijk hotel			toeristisch hotel		
		ISSO 55	huidig	%	ISSO 55	huidig	%
I 0.07 l/s	MMV koud [l/s]	1.12	0.82	73%	1.54	1.13	73%
	MMV warm [l/s]	0.67	0.47	71%	0.88	0.61	69%
	MWW 10 [l]	264	224	85%	373	308	83%
	MWW 60 [l]	688	525	76%	1075	906	84%
	MWW 120 [l]	936	680	73%	1589	1305	82%
	MWW dag [l]	1944	1250	64%	3654	2652	73%
II 0.12 l/s	MMV koud [l/s]	1.12	0.82	73%	1.43	1.15	80%
	MMV warm [l/s]	0.70	0.46	66%	0.83	0.62	75%
	MWW 10 [l]	257	218	85%	343	309	90%
	MWW 60 [l]	634	518	82%	1046	822	79%
	MWW 120 [l]	923	722	78%	1560	1293	83%
	MWW dag [l]	2214	1457	66%	3812	3021	79%
III 0.19 l/s	MMV koud [l/s]	1.24	0.98	79%	1.71	1.33	78%
	MMV warm [l/s]	0.70	0.54	77%	0.94	0.72	76%
	MWW 10 [l]	269	247	92%	392	326	83%
	MWW 60 [l]	785	603	77%	1181	965	82%
	MWW 120 [l]	1094	799	73%	1719	1469	85%
	MWW dag [l]	2489	1743	70%	4497	3534	79%
IV 0.24 l/s	MMV koud [l/s]	1.44	1.04	78%	1.89	1.43	76%
	MMV warm [l/s]	0.78	0.62	80%	1.01	0.78	77%
	MWW 10 [l]	298	270	91%	465	358	77%
	MWW 60 [l]	752	642	85%	1288	1037	81%
	MWW 120 [l]	981	842	86%	1909	1577	83%
	MWW dag [l]	2815	1923	68%	4954	4016	81%
V 0.37 l/s	MMV koud [l/s]	2.00	1.50	75%	2.55	2.06	81%
	MMV warm [l/s]	1.13	0.81	72%	1.39	1.13	81%
	MWW 10 [l]	403	345	86%	621	511	82%
	MWW 60 [l]	828	794	96%	1729	1361	79%
	MWW 120 [l]	1272	1050	83%	2604	1992	76%
	MWW dag [l]	3493	2479	71%	6269	5256	84%
VI 0.42 l/s	MMV koud [l/s]	2.34	1.80	77%	3.07	2.36	77%
	MMV warm [l/s]	1.28	0.99	77%	1.70	1.30	77%
	MWW 10 [l]	454	384	85%	704	585	83%
	MWW 60 [l]	1102	894	81%	1917	1620	84%
	MWW 120 [l]	1609	1206	75%	2864	2409	84%
	MWW dag [l]	3804	2875	76%	6815	5764	85%
VII 0.5 l/s	MMV koud [l/s]	2.48	2.14	86%	3.26	2.79	86%
	MMV warm [l/s]	1.36	1.17	86%	1.75	1.54	88%
	MWW 10 [l]	499	476	95%	760	667	88%
	MWW 60 [l]	1170	1098	94%	2183	1855	85%
	MWW 120 [l]	1630	1435	88%	2868	2651	92%
	MWW dag [l]	4170	3362	81%	7516	6802	91%

Aan Tabel 10 kunnen we zien dat de rekenregels van dit rapport gebruikmakend van dezelfde veiligheidsfactoren waterverbruikwaardes geven van 66-96% van de waardes volgens de ISSO 55 voor een hotel van 20 kamers. Wat ook opvalt is dat de waardes voor de luxere douchetypes dichter bij elkaar liggen. Dit is ook logisch aangezien de douche door grotere volumestroom steeds bepalender wordt in het totale verbruik.

Op basis van deze waardes is het raadzaam om dezelfde veiligheidsfactoren te gebruiken als in (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels, 2013a). Voor de volledigheid herhalen we deze hier.

De veiligheidsfactor is berekend voor een zakelijk hotel met douchetype II (Tabel 11)

Tabel 11: Veiligheidsfactoren voor een zakelijk hotel met douchetype II zoals beschreven in (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels, 2013a)

parameter	Veiligheidsfactor ($Vf_{II, \text{zakelijk}}$)
MMV koud [l/s]	+ 18%
MMV warm [l/s]	+ 18%
MWW 10 [l]	+ 25%
MWW 60 [l]	+ 40%
MWW 120 [l]	+ 40%
MWW dag [l]	+ 10%

Om de veiligheidsfactor voor een ander zakelijk hotel met een ander douche type te berekenen maken we gebruik van de volgende formule:

$$Vf_{douche, hotel} = Vf_{II, \text{zakelijk}} \cdot w_{douche} \cdot w_{hotel}$$

Hier is w_{douche} een weegfactor die voor het douchetype corrigeert en w_{hotel} een weegfactor die voor type hotel corrigeert. Deze zijn bepaald is als:

$$w_{douche} = \frac{0.12}{Q_{douche}}$$

En:

$$w_{hotel} = \frac{1.2}{B_{hotel}}$$

Hier is Q_{douche} de volumestroom van het douchetype en B_{hotel} de bezettingsgraad van het hotel.

Bijvoorbeeld voor een zakelijk hotel met douchetype IV worden de weegfactoren voor MMV koud $w_{IV} = 0.12/0.24 = 0.5$ en $w_{zakelijk} = 1.2/1.2 = 1$ en dus de veiligheidsfactor $Vf_{IV, \text{zakelijk}} = 18\% \cdot 0.5 \cdot 1 = 9\%$.

Voor een toeristisch hotel met douchetype VI worden de weegfactoren voor MWW120 $w_{VI} = 0.12/0.42 = 0.286$ en $w_{toeristisch} = 1.2/1.8 = 0.667$ en dus de veiligheidsfactor $Vf_{VI, \text{toeristisch}} = 40\% \cdot 0.286 \cdot 0.667 = 7.6\%$.

De resulterende ontwerprekenregels staan in Tabel 12.

Tabel 12: Ontwerprekenregels voor hotelvleugels inclusief veiligheidsfactor voor toeristische en zakelijke hotels en verschillende douchetypes

Douche type	Rekenregel (n = aantal kamers) toeristisch hotel	Rekenregel (n = aantal kamers) zakelijk hotel
I	$MMV_{koud} = 0.466 + 0.0332*n$ $MMV_{warm} = 0.253 + 0.0178*n$ $MWW10 = 135.19 + 8.661*n$ $MWW60 = 259.68 + 32.325*n$ $MWW120 = 317.64 + 49.371*n$ $MWWdag = 231.85 + 121.023*n$	$MMV_{koud} = 0.425 + 0.0196*n$ $MMV_{warm} = 0.245 + 0.0113*n$ $MWW10 = 137.525 + 4.3363*n$ $MWW60 = 230.13 + 14.7325*n$ $MWW120 = 237.552 + 22.1343*n$ $MWWdag = 197.084 + 52.6726*n$
II	$MMV_{koud} = 0.473 + 0.0339*n$ $MMV_{warm} = 0.270 + 0.0174*n$ $MWW10 = 130.48 + 8.907*n$ $MWW60 = 267.81 + 27.705*n$ $MWW120 = 286.49 + 50.310*n$ $MWWdag = 198.57 + 141.101*n$	$MMV_{koud} = 0.395 + 0.0212*n$ $MMV_{warm} = 0.207 + 0.0127*n$ $MWW10 = 110.33 + 5.408*n$ $MWW60 = 194.879 + 16.1395*n$ $MWW120 = 195.579 + 26.3003*n$ $MWWdag = 218.565 + 61.9436*n$
III	$MMV_{koud} = 0.462 + 0.0435*n$ $MMV_{warm} = 0.250 + 0.0236*n$ $MWW10 = 134.09 + 9.595*n$ $MWW60 = 249.61 + 35.779*n$ $MWW120 = 239.28 + 61.476*n$ $MWWdag = 288.54 + 162.261*n$	$MMV_{koud} = 0.419 + 0.0283*n$ $MMV_{warm} = 0.224 + 0.0159*n$ $MWW10 = 108.575 + 6.9345*n$ $MWW60 = 160.018 + 22.1364*n$ $MWW120 = 156.496 + 32.1007*n$ $MWWdag = 127.955 + 80.744*n$
IV	$MMV_{koud} = 0.626 + 0.0400*n$ $MMV_{warm} = 0.3308 + 0.02247*n$ $MWW10 = 161.395 + 9.808*n$ $MWW60 = 271.082 + 38.321*n$ $MWW120 = 278.267 + 64.95*n$ $MWWdag = 236.303 + 188.98*n$	$MMV_{koud} = 0.46 + 0.0336*n$ $MMV_{warm} = 0.238 + 0.0192*n$ $MWW10 = 116.94 + 7.669*n$ $MWW60 = 175.637 + 23.321*n$ $MWW120 = 179.649 + 33.1085*n$ $MWWdag = 145.341 + 88.9073*n$
V	$MMV_{koud} = 0.8895 + 0.0586*n$ $MMV_{warm} = 0.4751 + 0.0327*n$ $MWW10 = 230.089 + 14.024*n$ $MWW60 = 420.666 + 46.998*n$ $MWW120 = 465.179 + 76.3235*n$ $MWWdag = 392.425 + 243.177*n$	$MMV_{koud} = 0.755 + 0.0373*n$ $MMV_{warm} = 0.413 + 0.0199*n$ $MWW10 = 189.202 + 7.7828*n$ $MWW60 = 295.835 + 24.9096*n$ $MWW120 = 358.205 + 34.5902*n$ $MWWdag = 261.236 + 110.8641*n$
VI	$MMV_{koud} = 0.898 + 0.073*n$ $MMV_{warm} = 0.486 + 0.0409*n$ $MWW10 = 233.022 + 17.6179*n$ $MWW60 = 407.349 + 60.6213*n$ $MWW120 = 463.182 + 97.3088*n$ $MWWdag = 430.058 + 266.7118*n$	$MMV_{koud} = 0.849 + 0.0474*n$ $MMV_{warm} = 0.466 + 0.0262*n$ $MWW10 = 201.476 + 9.1047*n$ $MWW60 = 334.261 + 28.0021*n$ $MWW120 = 357.696 + 42.4314*n$ $MWWdag = 265.992 + 130.4331*n$
VII	$MMV_{koud} = 0.898 + 0.073*n$ $MMV_{warm} = 0.486 + 0.0409*n$ $MWW10 = 233.022 + 17.6179*n$ $MWW60 = 407.349 + 60.6213*n$ $MWW120 = 463.182 + 97.3088*n$ $MWWdag = 430.058 + 266.7118*n$	$MMV_{koud} = 0.842 + 0.0648*n$ $MMV_{warm} = 0.463 + 0.0355*n$ $MWW10 = 207.67 + 13.4336*n$ $MWW60 = 362.463 + 36.7732*n$ $MWW120 = 381.851 + 52.6708*n$ $MWWdag = 253.634 + 155.4073*n$

4.5 Kantoren

In (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik kantoren, 2013b) zijn enkele metingen opgenomen voor 2 verschillende kantoren, 1 van 255 medewerkers en 1 van 2000. Via de expertgroep is achterhaalt hoeveel toiletten er in deze kantoren aanwezig zijn. Voor het kleine kantoor zijn dit er 36 (9 dames, 18 heren en 9 urinoirs) en voor het grote kantoor zijn dit er 277 (253 toiletten en 24 urinoirs). Het aantal toiletten in het grote kantoor komt aardig overeen met het aantal dat er volgens de door ons aangehouden richtlijnen aanwezig zouden moeten zijn (245 zonder en, 367 met urinoirs) het kleine kantoor heeft er echter aanzienlijk minder dan dat er volgens de door ons gebruikte richtlijnen aanwezig zouden moeten zijn (47 zonder en 70 met urinoirs).

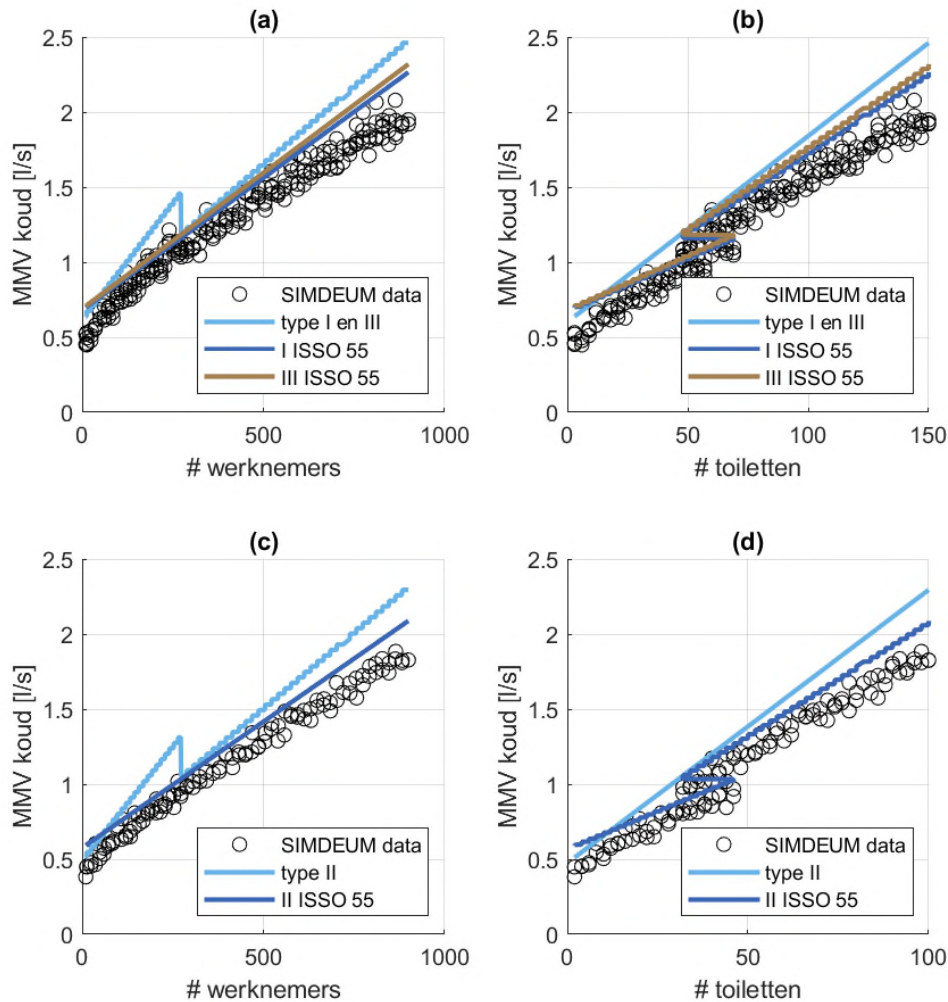
In de tabel hieronder staat zover bekend de gemeten waarde, de voorspelling door onze rekenregel en de afwijking t.o.v. deze meting. We zien dat afwijkingen acceptabel zijn. De afwijkingen zijn deels te verklaren door het feit dat het daadwerkelijke aantal toiletten op de twee kantoren anders is dan er volgens de door ons gebruikte richtlijnen aanwezig zouden moeten zijn. Hierdoor zullen we een veiligheidsfactor van 20% toepassen.

Tabel 13: Vergelijking met gemeten waardes uit (Pieterse-Quirijns, Beverloo, & van Loon, Validatie rekenregels voor waterverbruik kantoren, 2013b) en een voorspelling door middel van de rekenregels.

gebouw	kental	meting	Rekenregel type I en III	Rekenregel type II	Afwijking
Kantoor 1	MMV koud	1.09	0.87	0.94	-20%, -14%
Kantoor 2	MMV koud	3.97	3.35	4.58	-16%, +15%

In het volgende figuur vergelijken we de nieuw verkregen rekenregels (met n = aantal toiletten) met de rekenregels uit ISSO 55 (ISSO, 2013) (n = aantal medewerkers). De

vergelijkingen zijn uitgezet ten opzichte van het aantal medewerkers en het aantal toiletten. Er is dus gebruik gemaakt van een conversie tussen toiletten en medewerkers.



Figuur 10: MMV koud water. Een vergelijking van de oude en nieuwe rekenregels samen met gesimuleerde SIMDEUM data voor kantoor type I en III ten opzichte van het aantal medewerkers (a), het aantal toiletten (b) en voor type II ten opzichte van het aantal medewerkers (c) en het aantal toiletten (d).

Hierin zien we dat de rekenregels op basis van het aantal toiletten (inclusief de door ons voorgestelde veiligheidsfactor) tot een hogere voorspelling van het verbruik leidt dan de rekenregel op basis van het aantal medewerkers. Dit komt doordat (zoals te zien in Tabel 13) is gebleken dat het aantal toiletten ten opzichte van het aantal gebruikers niet altijd voldoet aan het aantal dat aanwezig zou moeten zijn volgens de door ons gebruikte richtlijnen. Daarom raden we aan om, wanneer mogelijk, de rekenregels op basis van het aantal medewerkers te gebruiken en enkel de rekenregels op basis van het aantal toiletten wanneer er niks over de hoeveelheid medewerkers bekend is. In Tabel 14 zijn de uiteindelijke ontwerpreekenregels weergegeven.

Tabel 14: Na toepassing van een veiligheidsfactor van 20% en het samenvoegen van kantoor types I en III zijn dit de voorgestelde ontwerprekenregels

Kantoor type	Lineaire functie (n= aantal toiletten) inclusief 20% veiligheidsfactor
I + III	$MMV_{koud} = 0.6007 + 0.0124 * n$
II	$MMV_{koud} = 0.4745 + 0.0182 * n$

5 Conclusies en aanbevelingen

Hier vatten we de bovenstaande conclusies kort samen en zullen we aanbevelingen maken voor updates van de ISSO 55.

Voor studentencomplexen zijn geen aparte rekenregels uitgewerkt omdat na inventarisatie bleek dat studentencomplexen sterk lijken op woontorens met enkel en alleen studio's. Het is dan ook onze aanbeveling om aan de ISSO 55 toe te voegen dat de rekenregels voor studio's in een woontoren ook toepasbaar zijn voor studentencomplexen mits de kamers van deze studentencomplexen beschikken over een eigen keuken en badkamer.

Voor zorginstellingen met volledige verzorging op de kamer hebben we de rekenregels uitgebreid met twee verschillende wasregimes. Omdat bleek dat dit met name invloed heeft op het maximum warmwatervolume op verschillende tijdschalen raden we aan om enkel daarvoor aparte rekenregels op te nemen in de ISSO 55. Ook is het belangrijk om toe te voegen dat een wasregime met 1 x per week douchen hetzelfde is als een instellingen waar 50% nooit doucht en 50% twee keer per week. Dit maakt de rekenregels breder toepasbaar.

Er zijn rekenregels ontwikkeld voor hotelvleugels met enkel en alleen kamers van 2 t/m 20 kamers. Voor één enkele kamer raden we aan de rekenregels niet te gebruiken. Deze kunnen aan de ISSO 55 worden toegevoegd. De bestaande rekenregels voor hotels gaan tot 20 kamers. Op de overgang van deze twee sets aan rekenregels zullen de bestaande rekenregels altijd een hogere waarde geven dan deze nieuwe set rekenregels. Dit omdat de bestaande rekenregels ook het overige waterverbruik (zoals bijvoorbeeld de keuken) beschrijft. Het is belangrijk om dit verschil tussen de verschillende sets rekenregels te benoemen.

Voor kantoren zijn er rekenregels opgesteld waarbij de invoerparameter het aantal toiletten is. Deze nieuwe rekenregels kunnen naast de bestaande worden opgenomen in de ISSO 55. Omdat is gebleken dat het aantal toiletten aanwezig in kantoren niet altijd overeenkomt met het aantal dat wordt voorgeschreven door de door ons gebruikte richtlijnen is het aan te raden deze set rekenregels met aantal toiletten als invoer enkel te gebruiken wanneer er niks over aantal medewerkers bekend is.

6 Bibliografie

- Blokker, E. (2006). *Modelleren van afnamepatronen. Beschrijving en validatie van het simulatiemodel SIMDEUM*. Nieuwegein: KIWA BTO 2006.010.
- ISSO. (2013). *Leidingwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsbouw publicatie 55, herziene versie 2013*. Rotterdam: ISSO.
- Pieterse-Quirijns, E. (2008). *Rekenregels voor waterverbruik in woontorens*. Nieuwegein: KWR 08.089.
- Pieterse-Quirijns, E. (2010). *Rekenregels voor waterverbruik in utiliteitsbouw*. Nieuwegein: KWR 2010.072.
- Pieterse-Quirijns, E., & Beverloo, H. (2013). *Validatie rekenregels voor waterverbruik woontorens*. Nieuwegein: KWR 2013.016.
- Pieterse-Quirijns, E., Beverloo, H., & van Loon, A. (2013a). *Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels*. Nieuwegein: KWR 2013.018.
- Pieterse-Quirijns, E., Beverloo, H., & van Loon, A. (2013b). *Validatie rekenregels voor waterverbruik kantoren*. Nieuwegein: KWR 2013.017.
- Pieterse-Quirijns, E., Blokker, E., & Vogelaar, A. (2009). *Modelleren van niet-huishoudelijk waterverbruik. Waterverbruik van kantoren, hotels, zorginstellingen en veehouderij*. Nieuwegein: KWR BTO 2009.013.
- Pieterse-Quirijns, I., Beverloo, H., van Loon, A., & Kwakkel, M. (2013c). *Validatie rekenregels voor waterverbruik zorginstellingen*. Nieuwegein: KWR.



Korenmolenlaan 4
3447 GG Woerden
Telefoon: 088 401 06 20

info@tvvl.nl | www.tvvl.nl

