

Belgisch onderzoek leidt tot interessante discussie

Maximale momentvolumestroom warmtapwater

Als onderdeel van het TVVL ST-beleidsplan wordt door de Expertgroep Sanitaire Technieken deelgenomen aan het jaarlijkse CIB-W062 symposium. CIB staat voor International Council for Research and Innovation in Building and Construction. Het W062 symposium dient om wereldwijd kennis uit te wisselen op het gebied van sanitaire installaties. In augustus 2015 organiseerde China National Engineering Research Center for Human Settlements in Beijing het symposium. Deelnemers uit verschillende landen presenteren de resultaten van hun onderzoek. Het Belgische Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB) presenteerde een onderzoek over de maximale momentvolumestroom van warmtapwater (MMV_{ww}) in appartementsgebouwen.

B.(Bart) Bleys * et al., Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB)

Vertaling, bewerking en commentaar W.G. (Walter) van der Schree, Wolter & Dros/TVVL Expertgroep Sanitaire Technieken; W.J.H. (Will) Scheffer, Rehva Fellow/TVVL Expertgroep Sanitaire Technieken

Als in de Europese Unie het energiegebruik voor ruimteverwarming blijft verminderen, als gevolg van betere prestaties van de gebouwschil en het gebruik van hoge rendement verwarmings-toestellen, wordt het energiegebruik voor de productie van warmtapwater steeds relevanter. Aangezien de beschikking van de energieprestatievoorschriften voor gebouwen [4] bepaalt dat tegen 2020 alle nieuwe gebouwen in de Europese Unie bijna in de buurt van energieneutraal moeten zijn, wordt de vermindering van het energiegebruik voor de productie van warmtapwater, met behoud van het gewenste comfortniveau, een van de uitdagingen voor de toekomst. Het efficiënt ontwerpen van systemen voor de warmtapwaterbereiding en -distributie in gebouwen wordt steeds belangrijker. Collectieve warm-

tapwatersystemen in appartementsgebouwen maken daarvan in België een belangrijk onderdeel uit. Mogelijk nog belangrijker is een optimaal ontwerp van collectieve leidingwaterinstallaties vanwege de hygiënische kwaliteit van het water aan tappunten en daarmee ook het vermijden van legionellaproblemen. Dan gaat het om het voorkomen van stagnerende waterstromen (stilstaand water) in te groot gedimensioneerde (warm)tapwatersystemen en het vermijden van te lage snelheden in te ruim gedimensioneerde leidingen. Deze zorg vereist ook een betere kennis van de (maximale moment-) volumestromen in leidingwaterinstallaties.

■ BETROUWBARE GEGEVENS

België heeft geen nationaal document, als

aanvulling op de vereenvoudigde dimensioneringsmethode voor waterleidingen in de Europese norm 806-3:2006 [5]. Daarom zijn lange tijd buitenlandse methoden gebruikt. De meeste van die methoden, en met name die voor warmtapwater, zijn gebaseerd op gegevens over het gebruik uit de jaren zeventig van de vorige eeuw [6], [7], terwijl sindsdien de omvang en het niveau van de sanitaire uitrusting, het sanitaire comfort, als ook de technologie sterk zijn geëvolueerd. Daarom is er dringend behoefte aan werkelijke en betrouwbare gegevens over het warmtapwatergebruik in gebouwen. Deze behoefte werd ook erkend in andere landen. De herziene richtlijnen hebben daar in het algemeen tot kleinere maximale momentvolumestromen (MMV) en dus tot kleinere leidingdiameters geleid, bijvoorbeeld in

Duitsland in 2012 [1] en Nederland in 2013 [8].

BELGISCH ONDERZOEK

In België zijn sinds 2011 de maximale momentvolumestromen van warmtapwater (MMV_{ww}) gemeten in 12 appartementsgebouwen van verschillende grootte (11 tot en met 378 appartementen) en die zijn voorzien van een collectieve warmtapwatervoorziening. In elk gebouw werd gedurende een periode van één of twee maanden gemeten met een interval van 1 seconde. De gemeten MMV_{ww} zijn geconverteerd naar referentie MMV_{ww} voor vergelijkingen en dimensioneringsdoeleinden. In deze publicatie wordt een nieuwe conversiemethode voorgesteld van de gemeten MMV_{ww} . De methode

wordt in verschillende stappen beschreven. De gestandaardiseerde MMV_{ww} worden vervolgens vergeleken met de MMV_{ww} die zijn berekend met bestaande richtlijnen van andere landen dan België, waaronder ISSO-publicatie 55 (2013), om daarmee de relevantie van die richtlijnen te bepalen voor België. In een eerdere publicatie heeft het WTCB de eerste resultaten van haar MMV_{ww} meetonderzoeken beschreven [2] en tijdens het CIB-W062 congres in Brazilië in 2014 is gewezen op het feit dat het warmtapwatergebruik seizoenafhankelijk is. Dit komt voornamelijk door de seizoensvariatie van de koudwatertemperatuur. De seizoensgebonden variatie heeft zowel effect op het gemiddelde warmtapwatergebruik per dag als op de MMV_{ww} [3], zie kader. In deze

publicatie zijn de meest recente resultaten van het Belgisch meetonderzoek opgenomen. De meetgegevens worden omgezet in 'referentie' MMV_{ww} d.w.z.: de overeenkomstige MMV_{ww} bij 60 °C, bij een koudwatertemperatuur van 10 °C, genaamd 'DHW6010 peak flow' ($MMV_{ww-ref-60/10}$). Het is deze 'referentiewaarde' die gewoonlijk wordt gebruikt voor de dimensionering van leidingen. Naast de conversie van de metingen voor de temperaturen van 60°C (warm) en 10°C (koud), wordt ook rekening gehouden met een correctie voor de genoemde seizoensvariatie. Bovendien is een correctie toegepast voor het feit dat de temperatuur gemeten aan de uitgang van het warmwatertoestel niet de temperatuur van het warme water aan de tappunten is. Hierna worden ook een aantal van de beperkingen van de voorgestelde conversiemethode en hypothesen besproken. Daarmee hoopt het WTCB bij te dragen aan een beter begrip voor haar metingen en voor andere onderzoeksteams en om daarmee een debat in gang te zetten voor een uniforme methode. Het WTCB verwacht dat ook andere onderzoeksteams worden geconfronteerd met een aantal van dezelfde uitdagingen.

UITVOERING METINGEN

Voor het meten van de MMV_{ww} (q DHW) werd aan de ingang van het warmwatertoestel een ultrasone debiet-flowmeter gebruikt. Omdat deze meter werkt met sensoren op de buitenwand van de leiding waren geen aanpassingen van de installaties nodig [2]. De koud- (T_c) en warmtapwatertemperaturen werden gemeten met thermokoppels. Van de systemen met circulatie, werden ter plaatse van het warmwatertoestel zowel de vertrektemperatuur (T_{depart}) als de retourtemperaturen (T_{return}) gemeten. De gegevens werden opgeslagen op een datalogger met een meetinterval van één seconde. Alle meetpunten bevinden zich dus in de opstellingsruimte van het warmwatertoestel.

RESULTATEN

Tabel 1 geeft van de verschillende gebouwen het aantal appartementen, de lengte van de meetperiode en de gemiddelden van de warm- en koudwatertemperaturen. De tabel toont een vrij grote variatie van zowel de warm- als koudwatertemperaturen, waarmee de noodzaak wordt aangetoond van een gegevensconversie naar referentiecondities voor een vergelijking van de verschillende meetresultaten.

Tabel 2 geeft de gemeten maximale momentvolumestromen warmtapwater ($MMV_{ww-gemeten}$), de maximale momentvolumestromen warmtapwater geconverteerd naar gestandaardiseerde waarden ($MMV_{ww-gecon-60/10}$) voor warmtapwater van 60°C en koud water van 10°C [3] en de referentiewaarden $MMV_{ww-ref-60/10}$, waarin verdere gegevensconversies zijn geïntegreerd. Het WTCB

nummer van gebouw [-]	aantal appartementen [-]	meetperiode [dagen]	gemeten warmwatertemperatuur T_{depart} *) [°C]	gemeten koudwatertemperatuur [°C]
1	11	30	45	17
2	36	22	70	18
3	57	32	55	20
4	62	58	65	20
5	93	86	52	14
6	96	81	50	13
7	113	58	53	16
8	124	78	68	13
9	277	70	50	11
10	312	64	52	12
11	320	64	57	17
12	378	36	49	13

-Tabel 1- Karakteristieken van de gebouwen waarin gemeten is en meetperiode en gemiddelde temperatuur van koud- en warmwater. *) Voor appartementsgebouwen is in België de BBT Legionella (Best Beschikbare Techniek) niet wettelijk verplicht, maar 60°C is wel de aangeraden productietemperatuur. Voor andere gebouwtypes (ziekenhuizen, rusthuizen, etc.) is een productietemperatuur van minstens 60°C wel verplicht.

nummer van gebouw [-]	$MMV_{ww-gemeten}$ (1 s) [l/min]	$MMV_{ww-gecon-60/10}$ (2 s *) [l/min]	$MMV_{ww-ref-60/10}$ [l/min]
1	28,2	31,2	34,4
2	42,4	47,4	54,5
3	36,7	45,2	54,8
4	69,7	60,7	73,5
5	80,5	74,4	80,8
6	82,2	79,0	90,8
7	60,5	58,3	82,2
8	77,6	86,1	118,0
9	134,7	110,9	116,4
10	143,0	66,6	72,3
11	196,0	136,8	148,4
12	100,2	84,2	84,2

-Tabel 2- Gemeten en geconverteerde maximale momentvolumestromen warmtapwater. *) Tijdstap van 2s om het overschrijdingseffect dat soms bij thermostatische mengkranen wordt vastgesteld op te vangen. Het is niet opportuun om naar pieken, die door dit effect veroorzaakt worden, te dimensioneren.

stelt voor om de referentiewaarden te gebruiken voor dimensioneringsdoeleinden.

CONVERSIEMETHODE

De conversiemethode die op de meetgegevens zijn toegepast bestaan uit verschillende stappen. Stap 1: Visuele controle van de gemeten gegevens (volumestromen en temperaturen) door middel van dagelijkse grafieken. In het geval dat een sterke afwijking was waargenomen en daarvoor technische redenen waren aan te wijzen (bijvoorbeeld: navullen van centrale verwarmingsinstallatie, onderhoud aan het warmtapwatersysteem, lekken, enz.), zijn die gegevens weggelaten. Stap 2: Conversie naar gestandaardiseerde maximale momentvolumestromen, $MMV_{ww-gecon-60/10}$. Voor de omzetting in een gestandaardiseerde $MMV_{ww-gecon-60/10}$ is de volgende formule (1) gebruikt:

$$MMV_{ww-gecon-60/10} = MMV_{ww-gemeten} \cdot \frac{(T_{ww,tap} - 10)}{(60 - 10)}$$

In deze formule wordt de werkelijke koudwatertemperatuur volledig genegeerd. Als de koudwatertemperatuur 25°C is, zal de volumestroom van warmtapwater in hetzelfde gebouw minder zijn dan bij een koudwatertemperatuur van 10°C. Elke gebouwvoorziening had zijn eigen warmtapwaterproductietemperatuur en koudwatertemperatuur. Bij de omzetting van $MMV_{ww-gemeten}$ in $MMV_{ww-gecon-60/10}$ moet dan ook rekening worden gehouden met de gemeten koud- en warmtapwatertemperaturen. Formule (1) gaat ook voorbij aan het feit dat de temperatuur gemeten aan de uitgang van het warmwatertoestel in de leidinginstallatie afneemt als gevolg van het warmteverlies van de leidingen. Een tappunt in de buurt van het warmwatertoestel zal een lager gebruik hebben dan eenzelfde tappunt met een identieke karakteristiek aan het einde van het leidingstelsel.

De gemeten maximale momentvolumestromen warmtapwater ($MMV_{ww-gemeten}$) wordt daarom omgezet tot de gestandaardiseerde $MMV_{ww-gecon-60/10}$ volgens formule (2):

$$MMV_{ww-gecon-60/10} = MMV_{ww-gemeten} \cdot \frac{(T_{ww,tap} - T_{kw,tap})}{(T_{mw,tap} - T_{kw,tap})} \cdot \frac{(T_{mw,tap} - 10)}{(60 - 10)}$$

Waarin:

$MMV_{ww-gecon-60/10}$: de gestandaardiseerde maximale momentvolumestroom bij $ww = 60^\circ\text{C}$ en $kw = 10^\circ\text{C}$, (l/min)

$MMV_{ww-gemeten}$: de gemeten maximale momentvolumestroom warmtapwater, (l/min)

$T_{ww,tap}$: de gemiddelde warmtapwatertemperatuur aan de tappen (°C), zie opmerking hieronder

$T_{kw,tap}$: de gemiddelde koudwatertemperatuur aan de tappen (°C), zie opmerking hieronder

$T_{mw,tap}$: de gemiddelde mengwatertemperatuur

aan de tappen (°C), zie opmerking hieronder

Opmerkingen:

Omdat in grotere gebouwen het praktisch moeilijk uitvoerbaar is om aan alle tappen de volumestromen en de temperaturen van koud- en warmtapwater te meten, zijn de volgende aanpakken gedaan:

$T_{kw,tap}$: de temperatuur van het drinkwater ter plaatse van leveringspunt (watermeter) wordt tijdens grote piekafnamen niet opgewarmd door de omgeving. De gemeten temperatuur van de hoofdleiding wordt gemeten en zonder correctie gebruikt.

$T_{mw,tap}$: voor de gemiddelde temperatuur van het mengwater aan de tappen is 38°C aangehouden. Bij gebruik van formule (2) is deze waarde 'veiliger' dan 40°C, want $T_{kw,tap}$ is vaak groter dan 10°C.

$T_{ww,tap}$: de gemiddelde warmtapwatertemperatuur aan de kranen is geschat aan de hand van de metingen van het uitgaande boilerwater en het retourwater nabij de boiler. $T_{ww,tap}$ wordt geschat met behulp van formule (3).

$$T_{ww,tap} = T_{ww,toestel} - \left(\frac{T_{ww,toestel} - T_{retour}}{4} \right)$$

Waarin:

$T_{ww,toestel}$: de warmtapwatertemperatuur aan de 'uitlaat' van het warmwatertoestel (boiler of warmtewisselaar) (°C)

T_{retour} : de temperatuur van het retourwater aan de 'inlaat' van het warmwatertoestel (boiler of warmtewisselaar) (°C)

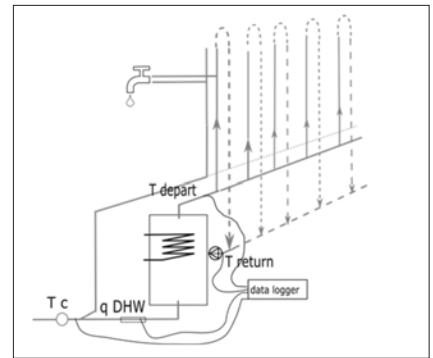
4: Aangenomen wordt dat de uittapleidingen voornamelijk op de eerste helft van het circulatiesysteem zijn aangesloten. De gemiddelde warmtapwatertemperatuur wordt daarom benaderd door het gemiddelde te nemen van $T_{ww,toestel}$ en de temperatuur halverwege de circulatie ($(T_{ww,toestel} + T_{retour})/2$). Vandaar de deler 4.

Stap 3: $MMV_{ww-gecon-60/10}$ uitgemiddeld naar een tijdsresolutie van 2 seconden. Deze stap resulteert tot de $MMV_{ww-gecon-60/10,(2s)}$ in tabel 2.

Stap 4: Correctie voor de seizoensvariatie in warmtapwatergebruik, volgens de vooraf bepaalde maandelijkse correctie factoren [3]. Deze stap resulteert in de 'Referentie' voor de maximale momentvolumestroom warmtapwater, $MMV_{ww-ref-60/10}$ in tabel 2.

BEPERKINGEN

Tijdens de metingen zijn verschillende problemen en beperkingen, gekoppeld aan de meetmethode of de conversiemethode, ondervonden. Omdat alleen in de ww-toestelruimte is gemeten, was het noodzakelijk om aannamen van de mengwatertemperatuur aan het tappunt ($T_{mw,tap}$ (38°C)) te doen, rekening houdend met de koudwatertemperatuur (formules 2 en 3). Ook



-Figuur 1- Identificatie van meetpunten in de opstellingsruimte van het warmwatertoestel

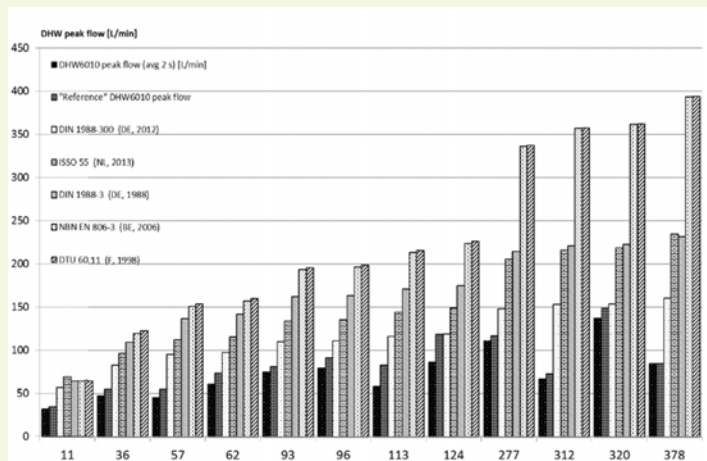
de gebruiksdruk aan de tappen kan de MMV beïnvloeden. Dit aspect was niet afgedekt in de metingen. Bovendien zijn de gebruikte ultrasone Debiet-flowmeters niet compatibel met bepaalde soorten meerlagenbuizen, maar die buizen waren niet aanwezig in de 12 gebouwen waarop deze publicatie betrekking heeft. Verder kunnen korte termijnfluctuaties van warmtapwatertemperaturen in het circulatiesysteem een aanzienlijke invloed hebben op de $MMV_{ww-gecon-60/10}$. Er is behoefte aan een verbetering van de conversie door rekening te houden met de vertraging te wijten aan de circulatie van het warme water in het circulatiesysteem. De conversie zou juist zijn als deze wordt gebaseerd op T vertrek (uit boiler) op tijdstip t , in combinatie met T terugkeer (in warmwatertoestel) op tijdstip $t +$ tijdvertraging.

BESTAANDE RICHTLIJNEN

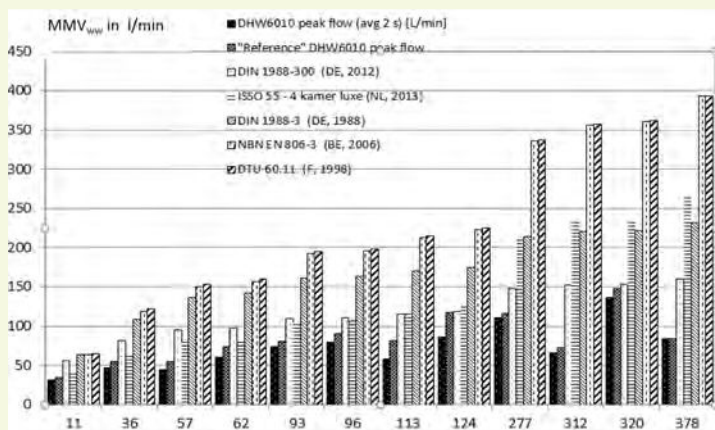
Figuur 2 geeft een overzicht van de betrokken gebouwen in het meetonderzoek, de 'referentie' DHW6010 peak flow ($MMV_{ww-ref-60/10}$) en een vergelijking met de berekende MMV_{ww} volgens de verschillende richtlijnen van andere landen. De berekende MMV_{ww} volgens de verschillende richtlijnen zijn systematisch hoger dan $MMV_{ww-ref-60/10}$. De Europese norm (EN 806-3) laat zelfs resultaten zien die 4 keer hoger zijn dan $MMV_{ww-ref-60/10}$. Volgens het WTCB overschatten de meeste bestaande richtlijnen de MMV_{ww} , vooral EN 806-3 [5] en DTU 60.11 [7]. Berekeningen met DIN 1988-300 [1] liggen het dichtst bij $MMV_{ww-ref-60/10}$ gevolgd door ISSO 55 [8]. Het verschil tussen berekende MMV_{ww} en $MMV_{ww-ref-60/10}$ wordt steeds belangrijker voor grotere gebouwen. DIN 1988-300:2012 blijkt het meest relevant te zijn voor de Belgische situatie.

COMMENTAAR

Figuur 2 van de presentatie was de aanleiding om de onderzoekers van het WTCB te vragen hoe zij de MMV_{ww} met gebruik van ISSO-publicatie 55 hebben berekend. De presentatie bevat immers geen informatie over de typen van appartementen in de gebouwen. ISSO-publicatie 55 maakt onderscheid in zes typen appartementen met



-Figuur 2- Referentie en berekende MMV_{ww} in appartementsgebouwen van verschillende grootte

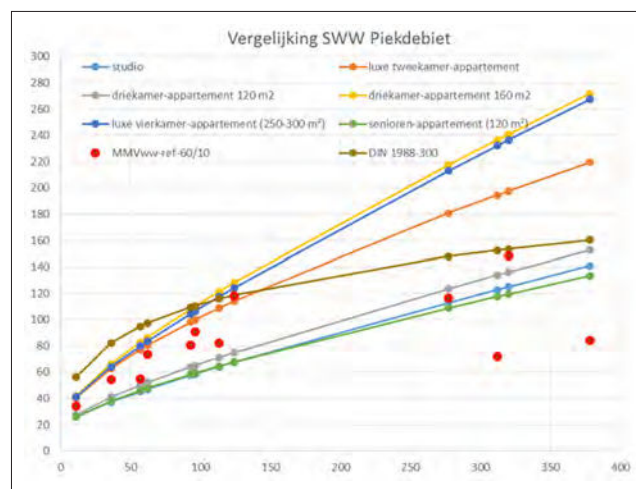


-Figuur 3- Verbeterde versie van de referentie en berekende MMV_{ww} in appartementsgebouwen van verschillende grootte

elk een eigen formule voor het bepalen van de MMV_{ww} . De onderzoekers blijken niet over informatie te beschikken met betrekking tot de types van de appartementen. Alleen het aantal appartementen van een gebouw is bekend. Daarbij is aangetekend dat gebouwen die uitsluitend uit één type appartement bestaan in België weinig voorkomen. Vaak is er een combinatie van verschillende typen appartementen. Er is, in samenspraak met de gebouwbeheerder, uitgegaan van een conservatieve inschatting: meestal per appartement één bad (of douche), één wastafel en één keukenkraan, dus eerder standaard dan luxe. Daarbij stellen de onderzoekers dat in principe een onderschatting van de reëel aanwezige tappunten is gemaakt. Maar ze voegen daaraan toe dat het verschil tussen de meetresultaten en de dimensioneringsnormen dan nog groter zal zijn. Overigens is wel een fout geconstateerd in de formule van het rekenblad van de onderzoekers die zij hebben gebruikt voor de ISSO-55 methode. Figuur 3 toont de verbeterde versie van de grafiek in figuur 2.

De onderzoekers van het WTCB komen nu tot de conclusie dat uitkomsten van de berekeningen voor de luxe vierkamer-, driekamer- (160 m²) en luxe tweekamerappartementen uit ISSO-55 beter aansluiten bij de metingen dan DIN 1988-300 voor gebouwen tot 90 à 100 appartementen. Voor gebouwen met een groter aantal appartementen is dat echter niet het geval. Gezien de opgevolgde appartementen gemiddeld genomen niet van het luxe type zijn, stelt het WTCB vast dat het gebruik van de formules voor standaard typen appartementen uit ISSO-55, vrijwel in alle

-Figuur 4- Vergelijking MMV_{ww} van de zes appartementstypen uit ISSO-55 met DIN 1988-300 en referentiewaarden van het Belgische onderzoek



gevallen tot een duidelijke onderschatting leidt van de gemeten waarden voor de MMV_{ww} . Het WTCB laat dat ook zien met figuur 4, waarin de zes appartement-typen van ISSO-publicatie 55

vergeleken worden met DIN 1988-300 en de referentiewaarden van het Belgische onderzoek. Aansluitend stelt het WTCB daarbij dan ook de vraag of, voor gebouwen tot 100 wooneenheden,

SEIZOENVARIATIE IN APPARTEMENTSGEBOUWEN

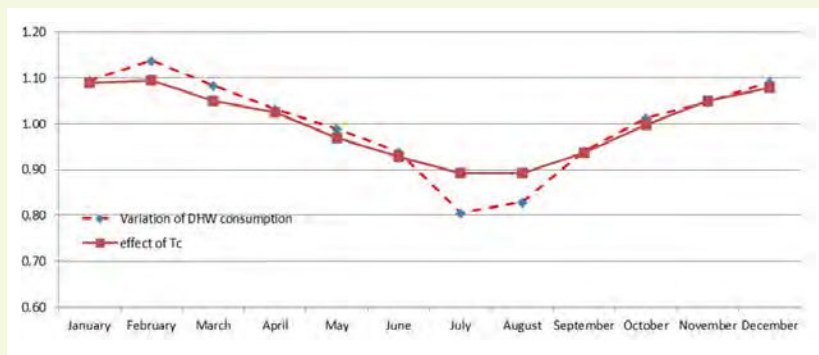
Onderzoek naar seizoenvariëaties in het warmtapwatergebruik in appartementsgebouwen in België heeft aangetoond dat in de winter het warmtapwatergebruik ongeveer 12% hoger is dan het gemiddelde warmtapwatergebruik, terwijl in de zomer het warmtapwatergebruik bijna 13% lager is dan het gemiddelde warmtapwatergebruik. De variatie in koudwatertemperatuur is de belangrijkste reden voor de variatie in warmtapwatergebruik (figuur 5).

Deze variatie heeft ook invloed op het piekgebruik in korte tijdsintervallen (10 minuten) en dus waarschijnlijk ook op de MMV_{ww} . Metingen van de MMV_{ww} in korte tijdsperiodes, bijvoorbeeld een paar weken, moeten om de werkelijke MMV_{ww} te karakteriseren van een gebouw daarom worden gecorrigeerd voor seizoensgebonden effecten. Uit de huidige resultaten lijkt dat voor dit doel de maandelijkse gemiddelde correctiefactoren afgeleid van maandelijkse gegevens kunnen worden gebruikt (zie tabel 3).

Vervolgonderzoek is gewenst om de variabiliteit van de MMV_{ww} in de jaren van de variabiliteit, berekend over korte tijdsperiodes van meten, te kunnen inschatten.

-Tabel 3- Maandelijkse gemiddelde correctiefactoren warmtapwatergebruik gebaseerd op Techem [9] - gemiddelde maandelijkse koudwatertemperatuur in Brussel

	jan	feb	mrt	apr	mei	juni	juli	aug	sept	okt	nov	dec
correctiefactor	1.09	1.14	1.08	1.03	0.99	0.94	0.81	0.83	0.94	1.01	1.05	1.09
koudwatertemperatuur Brussel (°C)	3.5	3	7	9	13	15.5	17.5	17.5	15	11	7	4.5



-Figuur 5- Effect van de koudwatertemperatuur op het warmtapwatergebruik (DHW)

de ISSO-methode voor luxe appartementen wel in alle gevallen een voldoende veiligheid zal bieden voor de Belgische situatie. Dit aspect zou nader onderzocht moeten worden.

Ilse Pieterse, wetenschappelijk onderzoeker van KWR, die nauw betrokken is geweest bij de ontwikkeling van de rekenregels voor ISSO-publicatie 55 wijst er op dat bij grotere appartementsgebouwen er niet vanuit moet worden gegaan dat het allemaal luxe appartementen zijn. Dat is wel het geval bij keuze van vierkamer-appartementen. In ISSO-55 zijn dat luxe appartementen met twee badkamers, een met bad en comfortdouche en een met een spaardouche. Om de geschiktheid van de uitkomst van rekenregels te beoordelen is het essentieel om het juiste type appartement te weten waarbij het gaat om de bezetting en luxe, en niet het aantal kamers. De appartementsgrootte is slechts een indicatie van de gezinsgrootte. Verder wijst Pieterse op de in ISSO-55 opgenomen methode voor de samengestelde appartementsgebouwen. Daarbij tekent ze aan dat de rekenregels zijn gebaseerd op simulaties tot 250 appartementen. Ook dat kan mede de afwijking bij grotere aantallen appartementen verklaren.

Maar wat volgens Pieterse veel belangrijker is, is het badgedrag (baden en/of douchen) van de Belgen. In Belgische huishoudens is vaker een bad aanwezig en ze gebruiken het bad vaker dan Nederlanders. De frequentie van het douchegebruik is in België daarentegen lager. De ISSO rekenregels zijn gebaseerd op Nederlands watergebruiksgedrag. In Nederland zorgen ze voor een goede schatting van het MMV_{ww} . Uit de validaties bleek dat zelfs aan de wat hoge kant. Een andere badcultuur zorgt ervoor dat de huidige ISSO rekenregels minder geschikt zijn voor België. Op basis van Simdeum, waarin het watergebruiksgedrag van België als invoer wordt gebruikt, worden voorspellingen gedaan van de MMV_{ww} die beter bij de metingen van België passen. Pieterse ziet

dus een mogelijkheid (en op basis van Nederlands resultaten ook een betrouwbare/hoopvolle mogelijkheid) om nieuwe rekenregels voor België te maken, die gebaseerd zijn op statistische gegevens van het watergebruiksgedrag van de Belgen. Pieterse vindt dat het belang van de fysische basis van de rekenregels hiermee ook duidelijk is: 'we kunnen de afwijking verklaren en daardoor ook mogelijkheden tot verbeteringen formuleren.' De bevindingen maken duidelijk dat het watergebruiksgedrag een grote invloed heeft op de toepasbaarheid van de rekenregels voor andere landen en situaties. Culturele verschillen hebben dus effect op de uitkomsten.

REFERENTIES

1. DIN 1988-300, 'Codes of practice for drinking water installations - Part 300: Pipe sizing; (DVGW code of practice)', Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 2012
2. Bleys et al, 'Measurements of water consumption in apartment buildings', Proceedings of the 38th International Symposium CIB W062 on Water supply and drainage for buildings in Edinburgh, Scotland, 2012
3. Gerin et al, 'Seasonal variation of hot and cold water consumption in apartment buildings', Proceedings of the 40th International Symposium CIB W062 on Water supply and drainage for buildings in Brazil, 2014
4. Directive 2010/31 of the European Parliament and the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings
5. NBN EN 806-3, 'Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption. Pipe sizing. Simplified method', European Committee for standardisation, Brussels, Belgium, 2006
6. DIN 1988-3, 'Drinking water supply systems; pipe sizing (DVGW code of practice)', Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 1988

7. DTU 60.11, 'Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales', Commission Générale de Normalisation du Bâtiment/DTU, Paris, France, 1988
8. Leidingwaterinstallaties in woon- en utiliteitsgebouwen, ISSO publicatie 55, Rotterdam, The Netherlands, 2013
9. Dataset 'Techem': maandelijks gegevens over het gebruik van warm- en koud water voor elk van de 8.046 appartementen (in totaal 390 appartementsgebouwen), over een periode van 3 jaar voor elk gebouw, tussen 2008 en 2012. Deze appartementen liggen voornamelijk in en rond de stad Brussel



B.(Bart) Bleys



W.J.H. (Will) Scheffer



W.G. (Walter) van der Schee