

Auteurs

D. Cole*, Sr. Director of Technical Services at International Association of Plumbing and Mechanical Officials (IAPMO). Vertaling en bewerking W.G. van der Schee, Croonwolterendros te Amersfoort en lid van TVVL Expertgroep Sanitaire Technieken

Nieuwe rekenmethodiek voor MMV leidt tot besparing

Als onderdeel van het TVVL ST-beleidsplan neemt de Expertgroep Sanitaire Technieken deel aan het jaarlijkse CIB-W062 symposium. CIB staat voor International Council for Research and Innovation in Building and Construction. Het congres dient om wereldwijd kennis uit te wisselen op het gebied van sanitaire installaties. In augustus 2018 organiseerde de ANQIP uit Portugal het symposium op de Azoren. Deelnemers uit verschillende landen presenteerden de resultaten van hun onderzoek. De heer D. Cole presenteerde een nieuwe methode om de maximum moment volumestroom van leidingwaterinstallaties te berekenen met de positieve neveneffecten.

Het berekenen van de maximum moment volumestroom (MMV) van een leidingwaterinstallatie is een uitdaging. In de USA is recentelijk een verbeterde methode om de maximum moment volumestroom van gebouwen te bepalen gepubliceerd, de Water Demand Calculator (WDC). Deze WDC voorspelt de MMV nauwkeuriger dan de methoden zoals beschreven in Amerikaanse nationale normen; de Uniform Plumbing Code 2018 en de Water Efficiency Sanitation Standard 2107. De leidingwaterinstallaties die met de WDC worden berekend, leiden tot kleinere leidingdiameters en een besparing op montage en materiaal.

Water Demand Calculator leidt tot positieve effecten

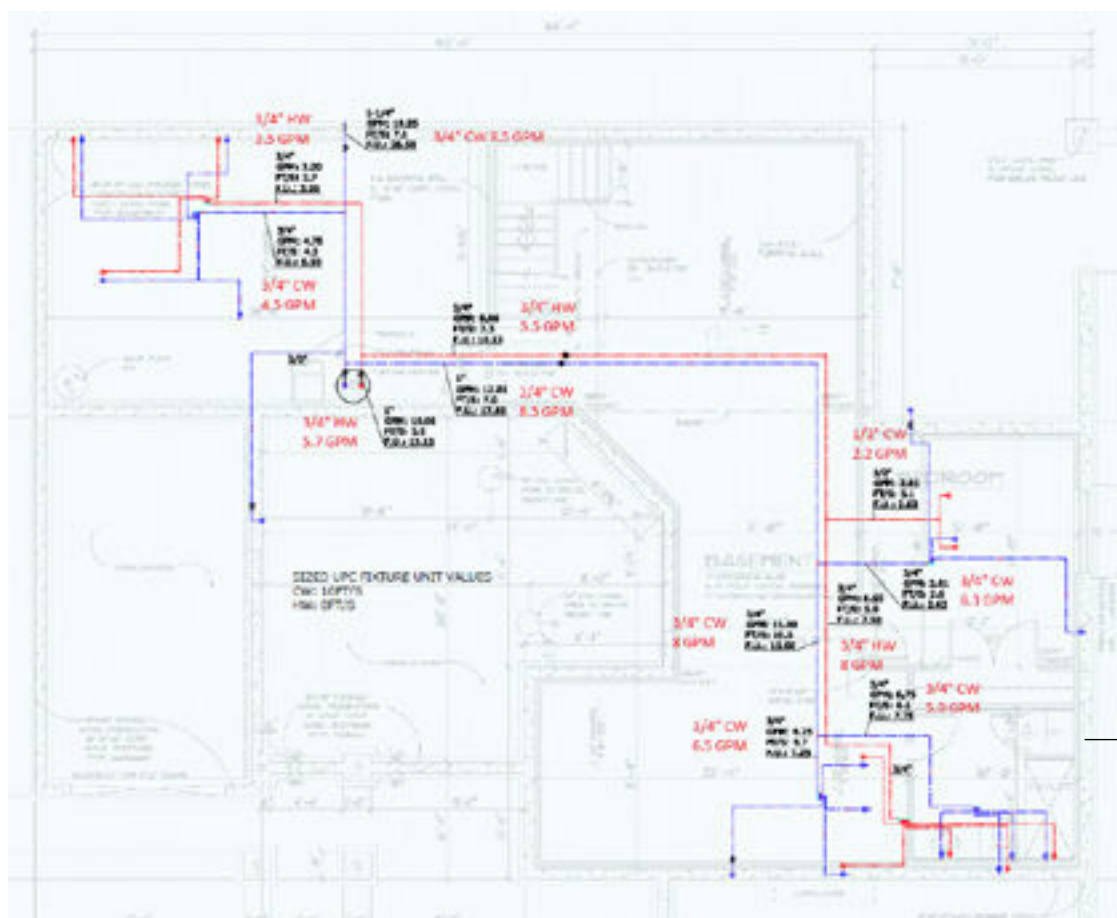
In Amerika wordt voornamelijk de Fixture Unit (FU) methode gebruikt om de MMV van een leidingwaterinstallatie te berekenen. Deze methode is ontwikkeld in 1940 door Hunter. De ontwerpers van leidingwaterinstallaties in

de USA realiseren zich dat met deze rekenmethode in de meeste gevallen de leidingwaterinstallaties te ruim worden ontworpen. De FU-methode komt tot relatief grote afnames bij de tappunten en dientengevolge tot ruime leidingdiameters. Er ontstond behoefte aan een nieuwe nauwkeuriger rekenmethodiek waarmee de MMV dichter bij de werkelijke afname ligt. Het resultaat is de WDC. De WDC voorspelt de MMV voor leidingwaterinstallaties binnen woongebouwen. Een van de redenen om de WDC te ontwikkelen is de toename van waterbesparende tappunten. Een kleinere MMV resulteert in kleinere leidingdiameters, lagere aanlegkosten, een efficiëntere warmwaterbereider en een verlaging van de warmteverliezen in het warmtapwaterdistributiesysteem. Deze kenmerken komen in dit artikel aan bod.

De WDC is gebaseerd op statistische gebruiksgegevens en op een waarschijnlijkheidsmodel dat de MMV voorspelt. De WDC wordt ook gebruikt voor het dimensioneren van de huisaansluitleidingen voor eengezinshuizen en woongebouwen op het openbare distributienet. (Cole et al., 2017). Om de MMV te berekenen voor eengezinshuizen en woongebouwen is de WDC inmiddels geaccepteerd en gepubliceerd in twee Amerikaanse normen: De Uniform Plumbing Code 2018 en de Water Efficiency Sanitation Standard 2107.

Effecten tijdens het ontwerpen

Nadat een rekenmethodiek is ontworpen, is het van vitaal belang om die te valideren. Wat zijn nu concreet de resultaten en heeft het zin de nieuwe rekenmethodiek te implementeren? De firma Uponor heeft bestaande projecttekeningen ter beschikking gesteld om mee te werken aan een vergelijking tussen twee Amerikaanse rekenmethodes; de traditionele FU-methode en de nieuwe WDC. De eerste doelstelling van het vergelijking was het effect op technische aspecten te bepalen. Er is gestart met een ontwerp volgens de FU-methode en de installatie is op een ontwerp tekening uitgewerkt. De ontwerp tekeningen zijn gebruikt om de berekeningen te maken: de te verwachten MMV, het drukverlies in het leidingsysteem, de stromingssnelheid en gebruiksdruk aan



Figuur 1: Kelder van een woning met 3 badkamers.

de tappunten. Vervolgens zijn deze acties herhaald met de rekenmethodiek volgens de WDC. De uitkomsten van beide methoden zijn vergeleken en ook zijn de financiële voordelen bepaald.

Reductie MMV en leidingdiameters

Woning met drie badkamers

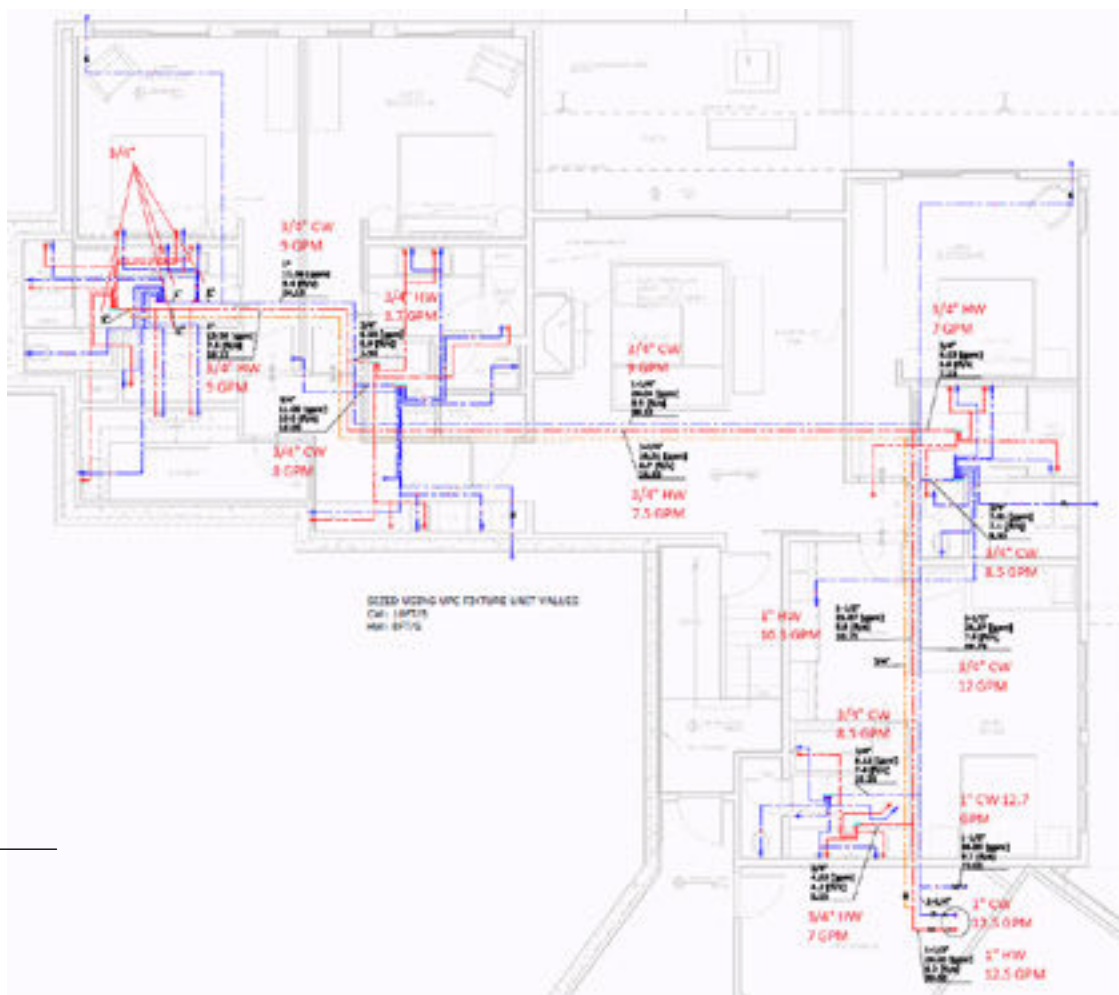
Figuur 1 toont een plattegrond van de kelder van een woonhuis met drie badkamers. Het woonhuis bestaat uit twee bouwlagen: kelder en begane grond. De leidingwaterinstallatie voedt 13 waterbesparende kranen verdeeld over drie toiletten, drie douches, vier wastafels, een keukenaanrecht, een vaatwasser en een wasmachine. Vlotterkranen van closetreservoirs en kranen voor de vaatwasser en wasmachine zijn in principe geen waterbesparende kranen (deze kranen vullen de toestellen), tenzij deze worden 'gesmoord' met als gevolg langere vultijden. Op de plattegrond staan de verdeelleidingen in de kelder getekend die de bovengelige bouwlaag voedt.

Helaas komt de installatie vanwege de schaal in de figuur niet goed tot uitdrukking, maar de belangrijkste gegevens, de voorspelde volumestroom voor koud en warm en de leidingdiameters van de huisaansluiting en de warmwaterbereider, staan ook in tabel 1. In figuur 1 zijn de zwarte letters de waarden verkregen uit de FU-methode en de rode letters zijn de waarden berekend met de WDC.

In de figuur staan Amerikaanse eenheden zoals inches en GPM, het gaat hier slechts om een vergelijking. Door toepassing van de WDC ten opzichte van de FU-methode verlaagt de MMV van 19,25 naar 8,5 Gallons per minuut (GPM), reduceert de hoofdleiding van 1 1/4" naar 3/4" en reduceert de aansluiting naar de boiler van 1" naar 3/4". Zie het overzicht in tabel 1. Hoewel de MMV in het leidingnet kleiner is, blijven de leidingen van gelijke diameter omwille van de leidingweerstand en de maximale stroomsnelheid.

Leiding	FU		Diameter	WDC		Diameter	Afname volumestroom
	gpm	kg/s		gpm	kg/s		%
Aansluitleiding	19,25	1,20	1 1/4	8,5	0,53	3/4	56
Warm water	10,1	0,62	1	5,7	0,36	3/4	43

Tabel 1: Reductie volumestroom en leidingdiameters door de berekening met de WDC in een woning met drie badkamers.



Figuur 2: Woning met
7 badkamers.

Familiewoning met zeven badkamers

Het tweede voorbeeld betreft een zeer ruime woning met zeven badkamers, dus is geen doorsnee familiewoning (Zie figuur 2). De woning is naar Nederlands maatstaven zeer luxe uitgevoerd, iedere slaapkamer grenst rechtstreeks aan een badkamer met dubbele wastafel, closet en een bad en/of douche. Net als in figuur 1 representeren de zwarte letters de waarden verkregen uit de FU-methode en de rode letters de waarden berekend met de WDC. De leidingwaterinstallatie voedt 32 waterbesparende tappunten: zeven toiletten, drie douches, een bad, twee bad-douche combinaties, twaalf wastafels, een keukenaanrecht, een bar aanrecht, twee vaatwassers, een tapkraan in de wasruimte en twee wasmachines.

De omvangrijke leidingwaterinstallatie in deze woning is een voorbeeld waarbij het daadwerkelijke gebruik van de tappunten de MMV bepaalt, en niet het aantal tappunten. De FU-methode rekent met de tappunten maar houdt geen rekening met een gebouw-

functie en een lage gelijktijdigheidsfactor. Dat is de reden dat de FU-methode bij omvangrijke leidingwaterinstallaties de MMV overschat op basis van het aantal afnamepunten in een gebouw. In tabel 2 komt de reductie van de MMV en de leidingdiameters koud en warm duidelijk naar voren. De afname van de MMV in voorbeeld 2 is groter dan in voorbeeld 1.

Woongebouw met 15 badkamers

De plattegronden van een woongebouw met 15 badkamers zijn te groot om af te beelden bij dit artikel. Het woongebouw met 15 badkamers bestaat uit een kelder en twee bouwlagen. De leidingwaterinstallatie bestaat uit in totaal 67 waterbesparende afnamepunten;

Leiding	FU		Diameter	WDC		Diameter	Afname volumestroom
	gpm	kg/s	inches	gpm	kg/s	inches	%
Aansluitleiding	36,8	2,32	1 ½	12,7	0,80	1	65
Warm water	24,0	1,51	1 ½	12,5	0,79	1	48

Tabel 2: Reductie volumestroom en leidingdiameters door de berekening met de WDC in een woning met 5 badkamers.

vijftien toiletten, tien douches, vijf baden, een bad douche combinatie, 21 wastafels, een keukenaanrecht, zes bar aanrechten, vijf vaatwasmachines, een tapkraan in de wasruimte en twee wasmachines.

Ook deze voorbeeldinstallatie toont aan dat een berekening met de oude FU-methode tot een hoge MMV en grote leidingdiameters leidt. Door de calculatie met de WDC neemt de MMV met 76% af (zie tabel 3). De diameter van de aansluitleiding reduceert van 2" naar 1". Dit voorbeeld toont overduidelijk aan dat niet het aantal tappunten maatgevend is voor de MMV maar de gebruiksfrequentie van de tappunten. Hoe groter de omvang van de installatie, des te groter is de afname van de MMV. Bij de warmtapwatertoevoerleiding treedt een analoog effect op; de leidingdiameter wordt kleiner, de wachttijd neemt af en de kans op de groei van bacteriën neemt af door een betere doorstroming.

Leiding	FU		Diameter	WDC		Diameter	Afname volumestroom
	gpm	kg/s		gpm	kg/s		
Aansluitleiding	49,5	3,13	2	12,0	0,75	1	76
Warm water	40,4	2,55	2	11,3	0,71	1	72

Tabel 3: Reductie volumestroom en leidingdiameters door de berekening met de WDC in een woongebouw met vijftien woningen.

Hotel met dertig kamers

Het laatste voorbeeld in dit vergelijkend onderzoek betreft een hotel met 31 kamers. Iedere kamer heeft een badkamer met een toilet, douche en closet, in totaal gaat het om 97 afnamepunten. In vergelijking met de FU-methode neemt de MMV berekend met de WDC met 75% af. Tabel 4 geeft een overzicht van de berekende waarden.

Leiding	FU		Diameter	WDC		Diameter	Afname volumestroom
	gpm	kg/s		gpm	kg/s		
Aansluitleiding	60,7	3,83	2	14,9	0,94	1	75
Warm water	43,6	2,75	2	11,0	0,69	1	75

Tabel 4: Reductie volumestroom en leidingdiameters door de berekening met de WDC in een hotel met 31 kamers.

Afname in kosten

Naast de technische consequenties hebben de onderzoekers ook het financiële voordeel in kaart gebracht. Voor het vergelijk van de investeringen zijn alleen de materiaalkosten beschouwd, de arbeidskosten zijn buiten beschouwing gelaten. De materiaalkosten omvatten PEX buis, fittingen, bochten, montage materiaal, verdelers en kogelafsluiters. Het berekenen van de MMV met de WDC in plaats van de

Rekenmethode	Investering (€)		Besparing (€)	Besparing (%)
	FU-methode	WDC		
Woning met drie badkamers	2.525	2.248	277	11
Woning met zeven badkamers	4.864	3.535	1.329	27
Woongebouw met 15 badkamers	22.380	10.609	11.771	53
Hotel met 31 kamers	18.235	11.711	6.524	36

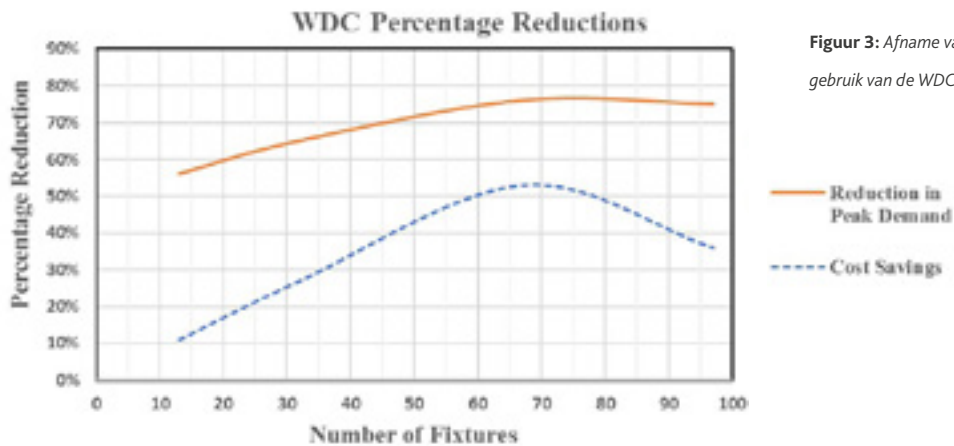
Tabel 5: Verschillen in de investering en de besparing op materiaalkosten.

FU-methode laat voor de beschouwde voorbeelden kostenreductie zien van 11% tot 53%, afhankelijk van de omvang en de complexiteit van de installatie. Tabel 5 toont het overzicht met de verschillen. De materiaalkosten zijn Euro's omgerekend van Amerikaanse Dollars zoals die in oorspronkelijke paper [1] van het symposium staan.

De besparing op materiaalkosten in het hotel is lager dan die van de woningen. Op het eerste gezicht is dat vreemd omdat het hotel het grootste aantal afnamepunten bezit. Echter, alleen de toevoerleidingen naar de verdelers worden kleiner uitgevoerd. De enkele uittapleidingen naar de tappunten in de hotelkamers behouden dezelfde leidingdiameter. Daarom zijn de besparingen op materiaalkosten niet zo significant als bij de woningen.

In figuur 3 is de relatie tussen de afname van de MMV en de besparing op materiaalkosten grafisch weergegeven voor de vier voorbeelden. Zoals verwacht, neemt de MMV af door toepassing van de WDC in vergelijking met de FU-methode. De gereduceerde MMV leidt tot kleinere leidingdiameters en een besparing op materiaalkosten. De rode curve representeert de afname van de MMV en de blauwe curve representeert de besparing materiaalkosten. In de figuur komt tot uitdrukking dat op basis van dit beperkte onderzoek bij woningen tot 75 afnamepunten de MMV reduceert met 75% (rode curve) en de besparing op materiaalkosten 50% (blauwe curve).

Bij een gebouw met 13 afnamepunten is reeds een besparing op materiaalkosten te realiseren als in plaats van de FU-methode de WDC wordt gebruikt om de MMV te berekenen.



Figuur 3: Afname van de MMV en de besparing op materiaalkosten door gebruik van de WDC.

Efficiency tappunten, leidingdiameter en warmtapwaterbereiding

De WDC is ook te gebruiken voor het berekenen van het warmtapwaterdistributienet. Analoog aan het drinkwater komt de WDC in vergelijking met de FU-methode tot een kleinere MMV_{warm}. Uiteraard leidt dit tot kleinere leidingdiameters voor de warmtapwaterinstallatie. Dit heeft een positief effect op de warmteverliezen in het warmwaterleidingnet.

Met behulp van simulatie van het warmtapwatergebruik in woongebouwen is op een kleine schaal inzicht verkregen in het energiegebruik. Het effect van de waterbesparende afnamepunten en de kleinere leidingdiameters is onderzocht in de woning met drie badkamers, voorzien van in totaal 10 warmwaterkranen (zie figuur 1). De leidingwaterinstallatie is berekend en ontworpen volgens de FU-methode en de WDC. Met een softwarepakket is het dagelijks watergebruik gesimuleerd voor drie scenario's; de FU-methode met standaard kranen, FU-methode met waterbesparende kranen en de WDC met waterbesparende kranen. Beide series zijn uitgevoerd onder zomer- en wintercondities. Uit de simulaties volgt het dagelijks warmtapwatergebruik, de energieconsumptie en het energieverlies in het leidingnet voor twee seizoenen.

De resultaten zijn samengevat in de tabellen 6 en 7.

Scenario	Warmtapwater Gebruik per dag (l/dag)	Energiegebruik (kWh)	Energieverlies (kWh)
1 FU, standaard kranen	541	8,4	2,5
2 FU, waterbesparende kranen	328	6,7	2,5
3 WDC, waterbesparende kranen	328	6,5	2,4
Zomer $T_{\text{water}} = 24^{\circ}\text{C}$			

Tabel 6: Warmtapwatergebruik per dag, energiegebruik en energieverlies in een woning met badkamers in het zomerseizoen. Zomer $T_{\text{water}} = 24^{\circ}\text{C}$ met 31 kamers.

Scenario	Warmtapwater Gebruik per dag (l/dag)	Energiegebruik (kWh)	Energieverlies (kWh)
1 FU, standaard kranen	541	16,1	5,1
2 FU, waterbesparende kranen	328	13,0	5,1
3 WDC, waterbesparende kranen	328	12,6	4,9
Winter $T_{\text{water}} = 1,7^{\circ}\text{C}$			

Tabel 7: Warmtapwatergebruik per dag, energiegebruik en energieverlies in een woning met badkamers in het winterseizoen. Winter $T_{\text{water}} = 1,7^{\circ}\text{C}$.

Effect van waterbesparende kranen

De waterbesparende kranen verbruiken duidelijk minder water dan de conventionele kranen. De scenario's 1 en 2 representeren de leidingwaterinstallatie berekend met de FU-methode; scenario 1 met conventionele kranen en scenario 2 met waterbesparende kranen. Dit komt ook tot uitdrukking in het energiegebruik en energieverlies. In scenario 3 is de installatie gedimensioneerd volgens de WDC met waterbesparende kranen. De dimensionering met de WDC met waterbesparende kranen heeft ten opzichte van scenario 2 FU-methode met waterbesparende kranen nagenoeg geen invloed op het warmtapwatergebruik per dag.

Invloed van leidingdiameter en effect op de warmtapwaterproductie

De woningen berekend volgens scenario 1, FU-methode met standaard kranen, hebben een hoger warmtapwatergebruik dan in de

scenario's 1 en 2. Dit wordt veroorzaakt door de grotere leidingdiameters die volgen uit de FU-methode met standaard kranen.

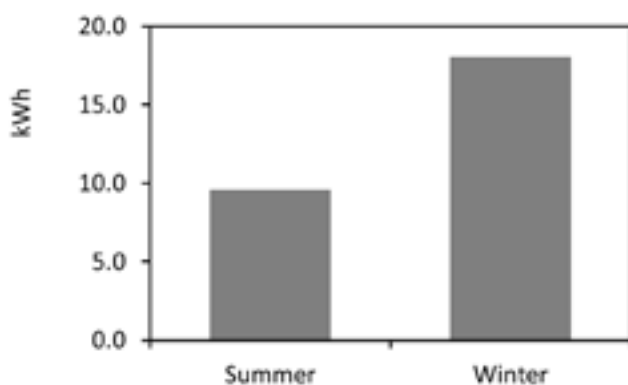
De simulatie van de leidingwaterinstallatie berekent volgens de WDC met waterbesparende kranen leidt uiteraard tot een lager warmtapwatergebruik. Door de kleinere volumestromen worden de leidingdiameters kleiner. De kleinere leidingdiameters van de leidingwaterinstallatie resulteren in een 10% kleinere leidinginhoud. Deze reductie wordt veroorzaakt door kleinere uittapleidingen (DN 15 naar DN 10) en de leiding vanaf de warmwaterbereider (van DN 25 naar DN 20). De reductie van de leidingdiameters in scenario 3 levert een 5% lager warmteverlies van de leidingen op en een verlaging van 2% van de energie benodigd om het water te verwarmen.

Invloed van de seizoentemperatuur

Voor de simulatie heeft men een referentie watertemperatuur bepaald op basis van de lokale weeromstandigheden. Het energiegebruik om het drinkwater op te warmen in het zomer- en winterseizoen is berekend voor de woning met drie badkamers. Voor de zomer is een referentie drinkwatertemperatuur gehanteerd van gemiddeld 24 °C en voor de winter 2 °C. Tabel 6 en figuur 4 tonen het energiegebruik voor de twee seizoenen. Het temperatuurverschil van het drinkwater van 22 °C tussen zomer en winter leidt tot een stijging van 89% in het energiegebruik om het drinkwater te verwarmen in de winter.

Conclusie

Op basis van dit onderzoek waarbij twee Amerikaanse rekenmethodieken worden vergeleken komen de onderzoekers tot de volgende conclusies.



Tabel 8: Gemiddeld energiegebruik om het drinkwater te verwarmen in zomer en winter.

Leidingwaterinstallaties die berekend worden met de WDC hebben ten opzichte van de FU-methode een lagere MMV en kleinere leidingdiameters. De WDC is een handige reken-tool om nauwkeurig het watergebruik in de ontwerpfase vast te stellen. De uitkomsten uit de WDC leiden tot kleinere leidingwaterinstallaties dan bij installaties berekend met de FU-methode.

Waterbesparende kranen besparen overduidelijk drinkwater en leiden tot een efficiënt leidingontwerp met relatief kleine leidingdiameters. De combinatie van waterbesparende kranen én kleine leidingdiameters resulteren in een afname van het energiegebruik van 27% en ongeveer 5% van het energiegebruik door afkoeling van de leiding in de wand. De simulatieberekeningen tonen dat lage seizoenstemperaturen leiden tot een hoger energiegebruik om het drinkwater op te warmen.

De WDC is veelzijdig en kan geïntegreerd worden in de software die nu beschikbaar is voor BIM-platforms.

De WDC is een praktisch hulpmiddel voor ontwerpers, adviseurs en installateurs. Het ontwerpen van leidingwaterinstallaties met de WDC leidt tot een lagere realisatiekosten, een verhoogde waterkwaliteit, het ondersteunt de waterbesparing en verbetert de energie-efficiency voor de gebouwde omgeving.



D. Cole, Sr. Director of Technical Services at International Association of Plumbing and Mechanical Officials (IAPMO).



Vertaling en bewerking W.G. van der Schee, Croonwolterendros te Amersfoort en lid van TVVL Expertgroep Sanitaire Technieken

Referenties

1. Water Demand Calculator: Expected Material Cost and Energy Loss Reductions in Residential Dwellings; Cole, D., Buchberger, S. and Omaghomi, T.; CIB W062 2018; the 44nd International Symposium Book of Papers; (Ponta Delgada, Azores, Portugal)
2. Buchberger, S., Omaghomi, T., Wolfe, T., Hewitt, J., Cole, D., (2017). "Peak Demand Study: Probability Estimates for Efficient Fixtures in Single and Multi-family Residential Buildings". Executive Summary, IAPMO.
3. Cole, D., Buchberger, S., Omaghomi, T., Wolfe, T., Hewitt, J., (2017). "Calculator for Estimating Peak Water Demand in Residential Dwellings." 43rd International Symposium of CIB W062 Water Supply and Drainage for Buildings 2017, 234-246.
4. Hunter, R. B. (1940). "Methods of Estimating Loads on Plumbing Systems." Rep. No. BMS65, US National Bureau of Standards, Washington DC.
5. Omaghomi, T. and Buchberger, S., (2018). "Improved Estimates of Peak Water Demand in Buildings: Implications for Water-Energy Savings" Technical Report for Grant 1012518 - OSU 60054085 SUB OWDA 6300 SUB USGS, Cincinnati OH.