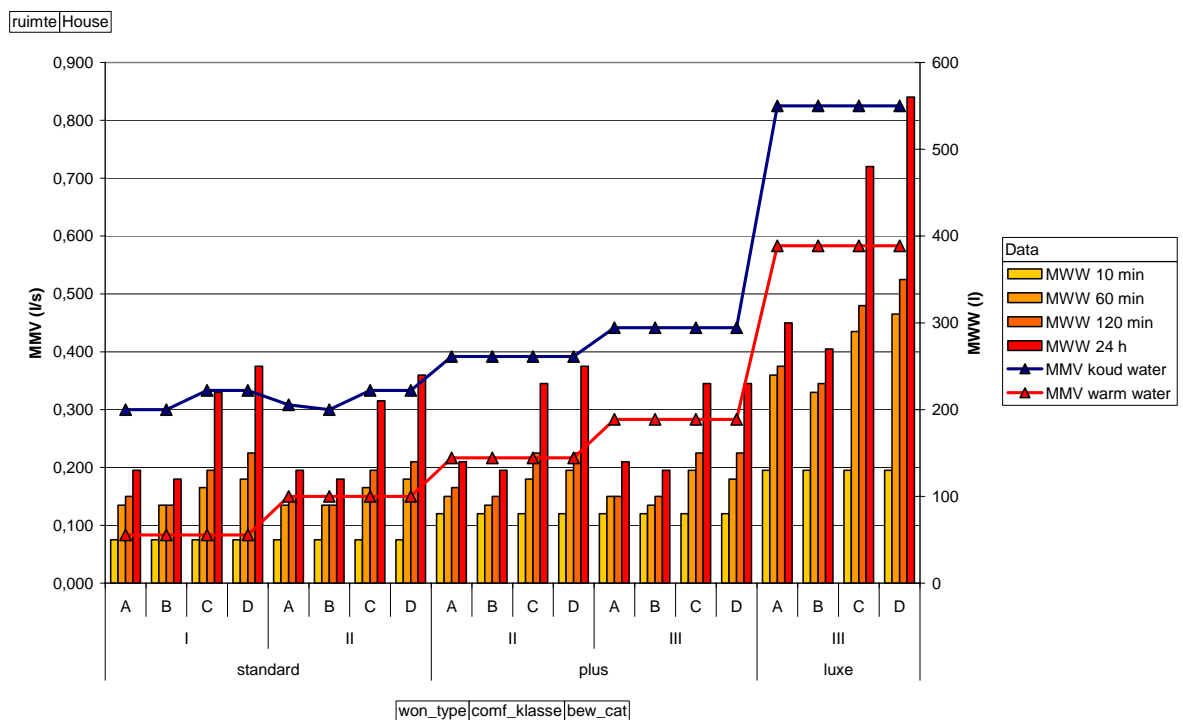


Rekenregels voor dimensionering van leidingwaterinstallaties

bepalen van maximum volumestroom en warmwaterverbruik met SIMDEUM®



KWR 06.104
maart 2007

Rekenregels voor dimensionering van leidingwaterinstallaties

bepalen van maximum volumestroom en
warmwatergebruik met SIMDEUM®

© 2007 Kiwa Water Research
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.

Kiwa Water Research
Groningehaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Tel. 030 606 95 11
Fax 030 606 11 65
www.kiwawaterresearch.eu

Colofon

Titel

Rekenregels voor dimensionering van
leidingwaterinstallaties

Projectnummer

30.6863.100

Projectmanager

W.J.M.K. Senden

Opdrachtgever

Uneto-VNI en TVVL

Kwaliteitsborger(s)

G.A.M. Mesman

Werkgroep ST13/ST18

E.J.M. Blokker (auteur, Kiwa Water Research)

R. Doldersum (TVVL, De Melker)

A. Landsbergen (TVVL, ITHO)

W. van der Schee (TVVL, Wolter en Dros)

W. Scheffer (Uneto-VNI)

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

Inhoud

	Inhoud	1
1	Inleiding	2
1.1	Aanleiding	2
1.2	Aanpak	2
1.3	Opbrengsten	4
1.4	Leeswijzer	4
2	Voorstel voor nieuwe rekenregels	5
2.1	Woningen	5
2.2	Woongebouwen	6
2.2.1	Collectief (koud)waterverbruik	6
2.2.2	Collectief warmwaterverbruik	8
3	Discussie en aanbevelingen	13
3.1	Woningen	13
3.2	Woongebouwen	14
3.3	Anders ontwerpen	14
3.4	Vervolgonderzoek	15
4	Referenties	16
I	Binneninstallatie per type woning	17
II	Gezinssamenstelling per bewonerscategorie	20
III	Uitkomsten simulaties	24
IV	Excel-bestand	27

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Afnamepatronen zijn onder andere van belang voor het dimensioneren van leidingwaterinstallaties. In de ISSO-publicaties 30 [7] en 55 [6] worden rekenregels gegeven voor het ontwerpen van leidingwaterinstallaties in woningen en woongebouwen. De huidige regels zijn gebaseerd op bijna 50 jaar oude regels en zijn aan herziening toe. De reden hiervoor ligt enerzijds in de toenemende comfortvraag in woningen en anderzijds in de kans op overdimensionering van leidingwaterinstallaties. Nieuwe regels kunnen worden ontwikkeld met behulp van het stochastische model SIMDEUM® [3].

In de periode 2003 t/m 2005 is door Kiwa Water Research gewerkt aan de ontwikkeling van een model waarmee verbruikspatronen in woningen kunnen worden gesimuleerd [1;2;3;4;9]. TVVL en Uneto-VNI hebben daaraan bijgedragen via de voorstudie ST-13. In 2005 zijn, door Wolter & Dros (Regio Utrecht) in het kader van ST-13, praktijkmetingen uitgevoerd in vijf woningen. De metingen zijn gebruikt voor de validatie van afnamepatronen verkregen met het simulatiemodel. Binnen een project van de waterleiding-bedrijven [5] is in 2005 een korte inventarisatie uitgevoerd naar metingen en simulaties op straatniveau. In 2006 is het model SIMDEUM® (dat op stochastische* wijze afnamepatronen van individuele huishoudens genereert) voltooid.

Doel van voorliggend project is ten behoeve van de installatiesector aan de hand van het simulatiemodel "praktisch gereedschap" te maken voor de bepaling van de ontwerpparameters van woningen en woongebouwen. Het project staat bij Uneto-VNI en TVVL bekend onder de naam ST-18.

1.2 Aanpak

Uitgaande van ISSO-30 kunnen een aantal 'standaard' situaties worden gedefinieerd op basis van het aantal tappunten (door middel van woningklassen (-), (0), (0+) en (++) uit tabel 2-6 in ISSO-30), het aantal en type bewoners (bewonerscategorieën A-D uit tabel 2-2) en het gewenste comfort voor warm water (gelijktijdigheidsklassen I, IIa, IIb, III uit tabel 7-6).

Tabel 1 laat zien dat er twaalf verschillende typen woningen kunnen worden gedefinieerd als de woningklassen en bewonerscategorieën worden gekruist. De klasse (-) is het absolute minimum volgens het bouwbesluit; er worden geen woningen opgeleverd met deze minimale binneninstallatie en dit type woning wordt daarom ook niet meegenomen in dit project. Daarnaast kan de gelijktijdigheidsklasse worden gekozen, met de kanttekening dat er per woningklasse een minimum gelijktijdigheidsklasse vereist is. Twaalf typen woningen plus de keuze in gelijktijdigheidsklassen (I/II/III) leiden tot 20 woningentypen voor het doorrekenen met SIMDEUM®.

* Stochastisch: rekening houdend met waarschijnlijkheid

Tabel 1 Overzicht van bewonerscategorieën en woningklassen uit ISSO-30, met verwijzing naar tabel in Bijlage I waarin de binneninstallatie is opgenomen.

			woningklassen			
			minimum	standaard	standaard plus	luxe
			(-)	(0)	(0+)	(++)
Bewonerscategorie	tweeverdieners	A	niet gebruikt	Tabel 2	Tabel 3	Tabel 5
	senioren	B		Tabel 2	Tabel 3	Tabel 5
	gezin met jonge kinderen	C		Tabel 2	Tabel 4	Tabel 6
	meerpersoons-huishouden met oudere kinderen	D		Tabel 2	Tabel 4	Tabel 6
Mogelijke gelijktijdigheidsklasse voor warm water			I	I, IIa	IIa/b, III	III

De gelijktijdigheidsklassen voor warm water worden bij het ontwerp van de binneninstallatie meegenomen als een comforteis. Dat betekent dat wanneer het maximum warmwaterverbruik uit de simulatie lager is dan de comforteis hiervoor gecorrigeerd wordt.

Naast de simulatie van woningen zullen ook woongebouwen worden doorgerkend, waarmee collectief waterverbruik in beeld gebracht wordt. Dit is een aanvulling op ISSO-55. Daarbij zijn er twee mogelijkheden:

- koud water collectief, warm water individueel;
- koud en warm water collectief.

In ISSO-30 is een aantal parameters gedefinieerd die van belang zijn voor het ontwerp, zoals het maximum momentane verbruik (tabel 11-9 en 11-10) en de warmwatervoorziening (o.a. tabel 11-2). Deze parameters kunnen per natte ruimte worden bepaald (tabel 2-4). Er is de mogelijkheid om in dit project een aantal nieuwe ontwerpparameters te kiezen. Met de ST-18-werkgroep is besloten tot de volgende parameters:

- MMV_koud: de maximum moment volumestroom (MMV) voor het totaal van warm en koud water
- MMV_warm: de MMV voor het warme water
- MWW10: het maximum warmwatervolume in 10 minuten
- MWW60: het maximum warmwatervolume in 60 minuten
- MWW120: het maximum warmwatervolume in 120 minuten
- MWWdag: het maximum warmwatervolume per dag

De MMV koud en warm zijn van belang voor de gehele woning en per natte ruimte. De MWW is alleen van belang voor de totale woning. Bij het gebruik van bijvoorbeeld een keukenboiler kan de MWW per natte ruimte ook van belang zijn.

1.3 Opbrengsten

- 1) Praktisch gereedschap (een Excel-bestand) om de uitkomsten van de simulatie op te zoeken. Het Excel-bestand bevat een gebruikersinterface waarin de keuze voor bewonerscategorie, woningklasse en comfortklasse kan worden ingevoerd, waarna de MMV en MWW worden opgezocht en getoond.
- 2) Aanbevelingen voor aanpassingen van ISSO-30. Dit kan zowel een aanpassing zijn in bestaande regels (bijvoorbeeld nieuwe kentallen) als het toevoegen van nieuwe regels.
- 3) Aanbevelingen voor aanpassingen van ISSO-55, voor wat betreft woongebouwen.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de invoerparameters van de simulatie besproken en wordt een samenvatting gegeven van de resultaten. Achtergrondinformatie wordt in de bijlagen gegeven. In hoofdstuk 3 volgt een discussie over de gevolgen van de resultaten van de simulaties en worden aanbevelingen gegeven. Het Excel-bestand STW_simulatie_tapwater_woningen.xls is tevens bijgevoegd.

2 Voorstel voor nieuwe rekenregels

Om tot nieuwe rekenregels te komen voor woningen (ISSO-30) en woongebouwen (ISSO_55) is het stochastisch model SIMDEUM® ingezet om het waterverbruik van verschillende type woningen te simuleren door middel van een zogenaamde Monte-Carlo-simulatie. Dat wil zeggen dat een groot aantal afnamepatronen wordt gesimuleerd en de maximum volumestromen en warmwaterverbruiken statistisch worden geanalyseerd. In §2.1 worden de uitkomsten voor individuele woningen besproken; in §2.2 worden de uitkomsten voor woongebouwen besproken.

2.1 Woningen

Een statistisch verantwoord aantal afnamepatronen wordt gesimuleerd, namelijk voor 200 woningen (verschillen met name in huishouden, o.a. leeftijd en ook de tijden waarop men opstaat, van huis gaat e.d.) en voor elke woning 30 patronen. Van deze 6.000 afnamepatronen kunnen 6.000 maximale volumestromen (koud en warm) en 6.000 warmwaterverbruiken voor 10, 60 en 120 minuten worden bepaald. De MMV en MWW die als uitkomst van de simulatie gelden zijn de 99-percentielen* van deze 6.000 waardes (en dus niet het absolute maximum, maar ook niet het gemiddelde). Om de schijn van zeer exact bekende waardes te voorkomen is de MMV afgerond op 0,0083 l/s (= 0,5 l/min) en is de MWW (naar boven) afgerond op 10 l.

Met de Excel-tool kan per woningtype en per ruimte gevonden worden wat de MMV van koud (koud+warm) en warm water is en wat de MWW is voor 10, 60 en 120 minuten, zie ook bijlage III voor de tabellen van de woning, de keuken en de (grootste) badkamer. Let op dat de wasmachine in het model altijd in de technische ruimte is geplaatst, en niet bijvoorbeeld in de keuken of badkamer. Ook is geen rekening gehouden met hot-fill (af)wasmachines.

In de simulaties in SIMDEUM® zijn de gelijktijdigheidsklassen als volgt geïmplementeerd:

- I: geen gelijktijdig gebruik van warm water. Wanneer in een woning reeds warm water wordt getapt kan bij een volgend tappunt geen warm water worden getapt.
- II: beperkt gelijktijdig gebruik van warm water. Wanneer in een woning reeds warm water wordt getapt met een volumestroom van 0,3 l/s kan bij een volgend tappunt geen warm water worden getapt, bij een tapping met een lagere volumestroom kan wel gelijktijdig gebruik plaatsvinden.
- III: onbeperkt gelijktijdig gebruik van warm water.

Wanneer het maximum warmwaterverbruik uit de simulatie met SIMDEUM® lager is dan de comforteis wordt hiervoor gecorrigeerd op basis van tabel 7-6 uit ISSO-30. De MMV_warm blijkt volledig te worden bepaald door het

* percentielen: elk van de punten die een numeriek geordende verzameling in honderd gelijke delen splitsen. Bijvoorbeeld bij het 50-percentiel is de helft van de verzameling kleiner dan dit getal en de helft groter (dit is niet altijd het gemiddelde).

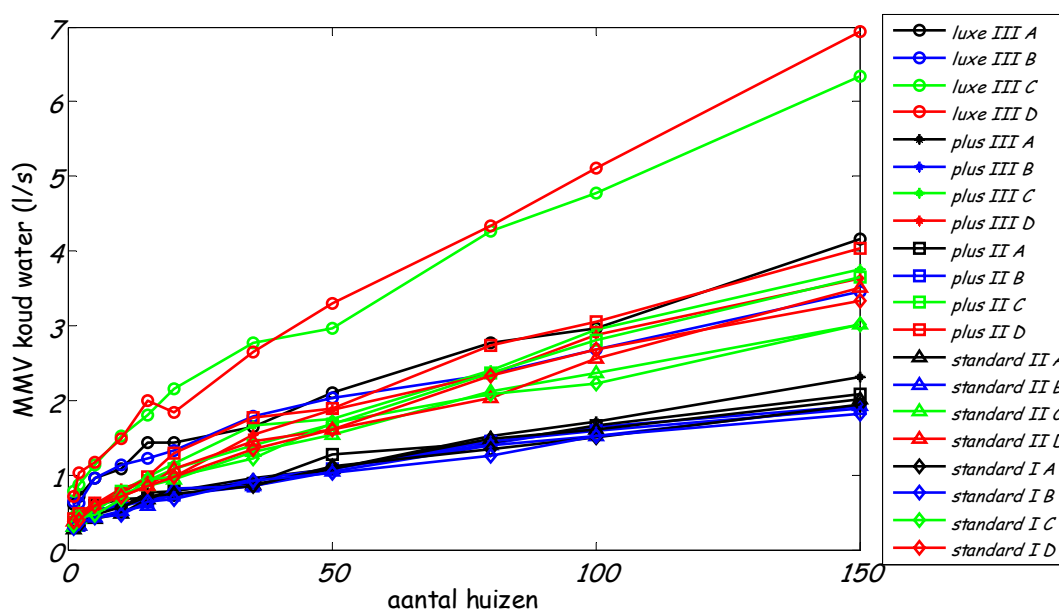
vereiste comfortniveau. Om aan de comforteis te voldoen moet ook voldoende koud water geleverd kunnen worden. Wanneer het maximum koudwaterverbruik uit de simulatie met SIMDEUM® lager is dan de comforteis wordt hiervoor gecorrigeerd. Slechts bij de luxe woningen wordt de MMV_koud bepaald door de comforteis voor warm water; bij de overige woningtypen is het gelijktijdig waterverbruik van de overige waterapparatuur reeds leidend.

2.2 Woongebouwen

2.2.1 Collectief (koud)waterverbruik

Voor de verschillende type woningen is het collectief koudwaterverbruik uitgezet in figuur 2-1. Wat opvalt in deze figuur is dat

- de standaard en standaard-plus woningen met bewonerscategorieën A en B samenvallen. De MMV voor deze type woningen is zeer laag, wanneer hier de $q\sqrt{n}$ -methode op wordt toegepast wordt de woning verondersteld ca. 5 tapeenheden te hebben;
- de standaard en standaard-plus woningen met bewonerscategorieën C en D samenvallen en dat deze ook vrijwel samenvallen met de luxe woningen met bewonerscategorieën A en B. Wanneer hier de $q\sqrt{n}$ -methode wordt toegepast voor de MMV wordt de woning verondersteld ca. 15 tapeenheden te hebben;
- de luxe woningen met bewonerscategorieën C en D vrijwel samenvallen. De MMV voor deze type woningen is zeer hoog, wanneer hier de $q\sqrt{n}$ -methode op wordt toegepast wordt de woning verondersteld ca. 40 tapeenheden te hebben.



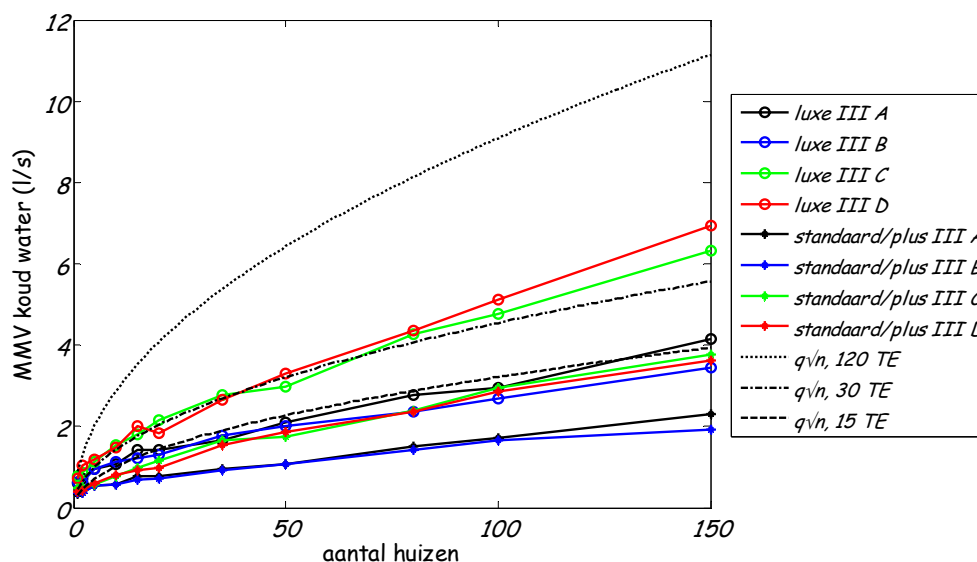
figuur 2-1 MMV koud water tegen het aantal huizen op een leiding.

De lijnen in de figuur zijn echter beter te benaderen met een rechte lijn, in plaats van met de $q\sqrt{n}$ -methode. De volgende verbanden worden gevonden:

grootheid	Lineaire relatie met aantal huizen (nn)	
	nn ≥ 15	nn < 15
MMV_koud_(++)_C/D	$1,5+0,036 \cdot nn$	$0,7+0,090 \cdot nn$
MMV_koud_(++)_A/B	$1,0+0,021 \cdot nn$	$0,5+0,060 \cdot nn$
MMV_koud_(0+)_C/D		$0,36+0,043 \cdot nn$
MMV_koud_(0)_C/D		
MMV_koud_(0+)_A/B	$0,5+0,012 \cdot nn$	$0,36+0,030 \cdot nn$
MMV_koud_(0)_A/B		

In figuur 2-2 worden de verschillende verbanden vergeleken met de $q\sqrt{n}$ -methode. De luxe woningen hebben ca. 120 tapeenheden, de standaard-plus woningen hebben ca. 30 tapeenheden en de standaard woningen hebben ca. 15 tapeenheden. Wat opvalt in de figuur is dat de $q\sqrt{n}$ -methode de MMV overschat ten opzichte van SIMDEUM®.

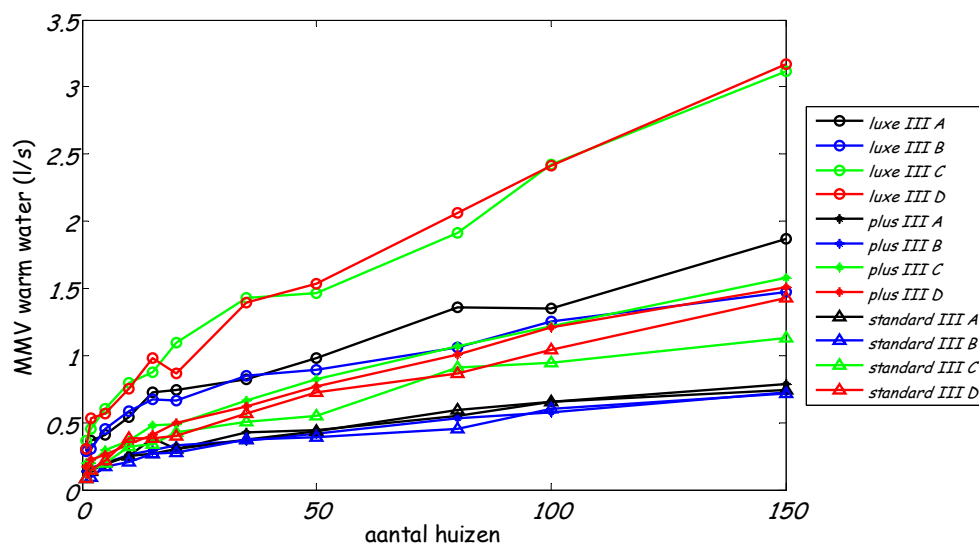
De uitkomsten van de simulatie laten zien dat de combinatie van aantal bewoners en de binneninstallatie van belang is; dit in tegenstelling tot de $q\sqrt{n}$ -methode die alleen de binneninstallatie beschouwt. Daardoor kan het gebeuren dat de MMV van woongebouwen met standaard en standaard-plus woningen bij gelijke bewonerscategorieën gelijk is en dat de MMV van woongebouwen met standaard/standaard-plus woningen met gemiddeld 3 tot 5 bewoners gelijk is aan de MMV van woongebouwen met luxe woningen met slechts 2 bewoners.



figuur 2-2 MMV koud water tegen het aantal huizen op een leiding, ter vergelijking met $q\sqrt{n}$ -methode.

2.2.2 Collectief warmwaterverbruik

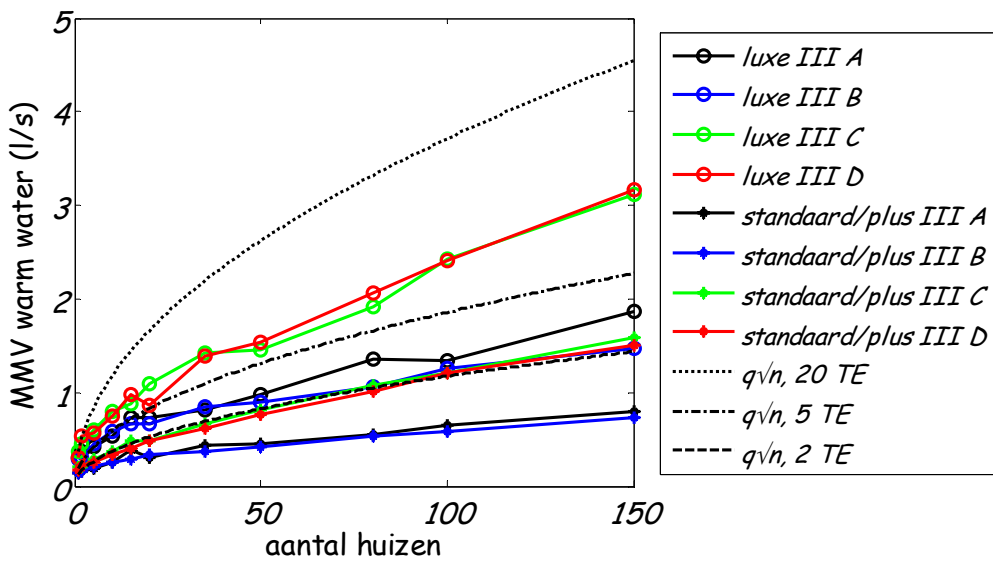
Het collectief warmwaterverbruik (MMV_warm en de MWW per 10, 60 en 120 minuten) is voor woongebouwen gesimuleerd zonder restrictie in gelijktijdigheid (gerealiseerd door het kiezen van gelijktijdigheidsklasse III); de resultaten zijn uitgezet in figuur 2-3 tot figuur 2-8. Dezelfde clustering als bij de MMV_koud treedt op.



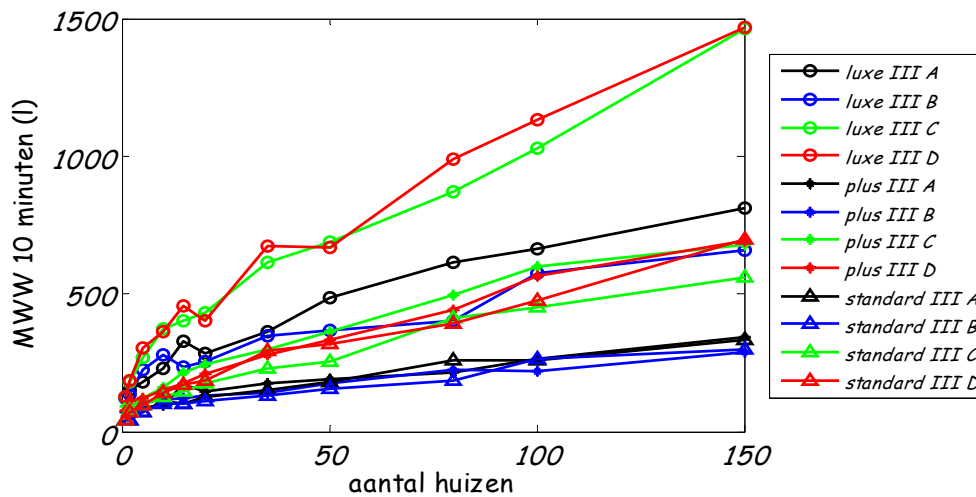
figuur 2-3 MMV warm water tegen het aantal huizen op een leiding

In figuur 2-4 kunnen de verschillende verbanden voor de MMV warm water vergeleken worden met de $q\sqrt{n}$ -methode. De luxe woningen hebben ca. 20 tapeenheden, de standaard-plus woningen hebben ca. 5 tapeenheden en de standaard woningen hebben ca. 2 tapeenheden voor warm water. Wat opvalt in de figuur is dat de $q\sqrt{n}$ -methode ook voor warm water de MMV overschat ten opzichte van SIMDEUM®.

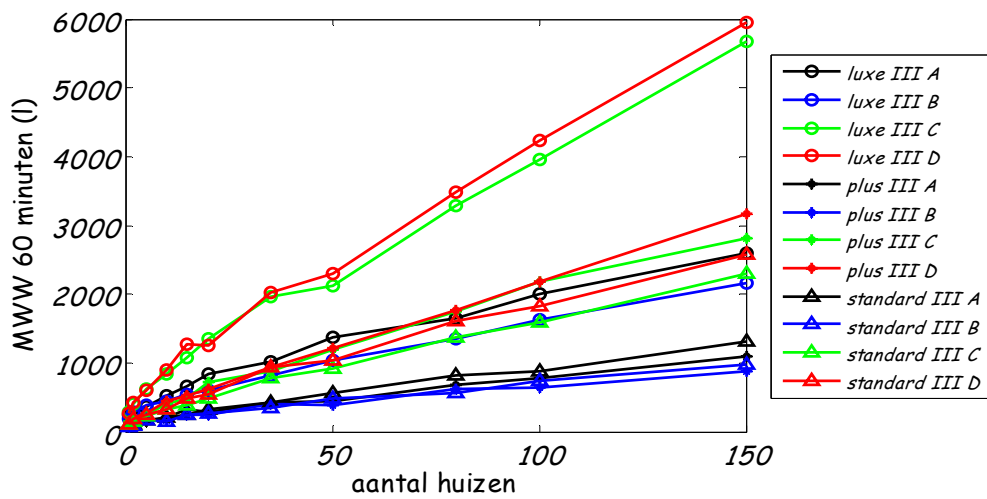
De uitkomsten van de simulatie laten zien dat de combinatie van aantal bewoners en de binneninstallatie van belang is; dit in tegenstelling tot de $q\sqrt{n}$ -methode die alleen de binneninstallatie beschouwt. Daardoor kan het gebeuren dat de MMV_warm van woongebouwen met standaard en standaard-plus woningen bij gelijke bewonerscategorieën gelijk is en dat de MMV_warm van woongebouwen met standaard/standaard-plus woningen met gemiddeld 3 tot 5 bewoners vrijwel gelijk is aan de MMV_warm van woongebouwen met luxe woningen met slechts 2 bewoners.



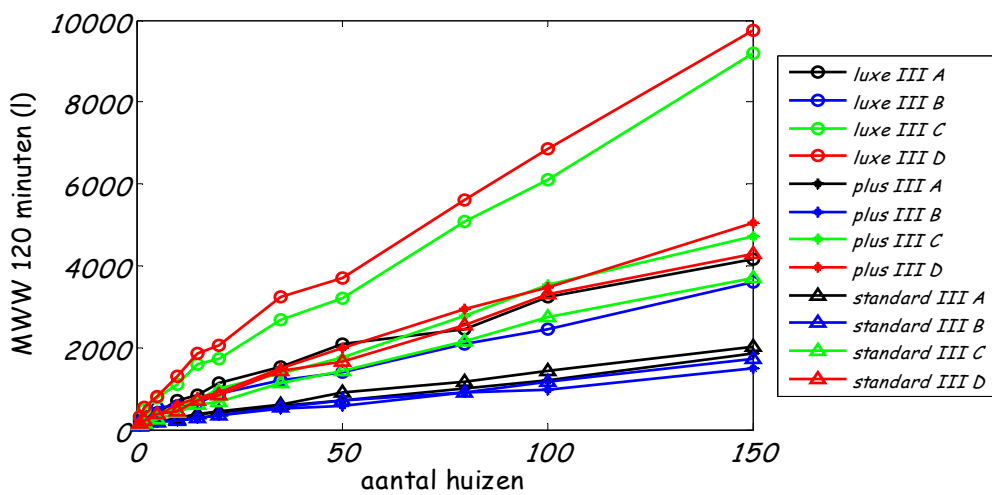
figuur 2-4 MMV warm water tegen het aantal huizen op een leiding, ter vergelijking met $q\sqrt{n}$ -methode.



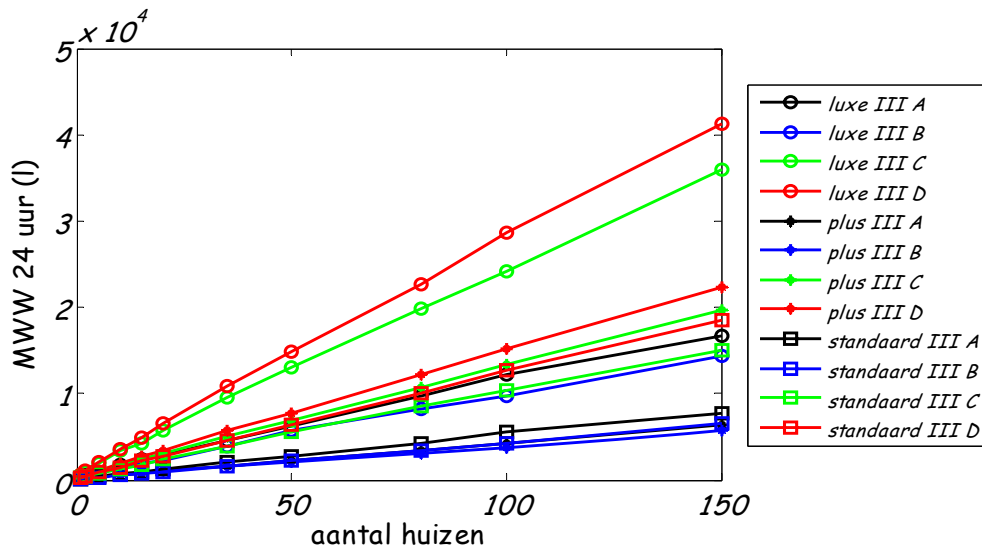
figuur 2-5 maximum warm waterverbruik in 10 minuten uitgezet tegen aantal woningen per warmwatertoestel.



figuur 2-6 maximum warm waterverbruik in 60 minuten uitgezet tegen aantal woningen per warmwatertoestel.



figuur 2-7 maximum warm waterverbruik in 120 minuten uitgezet tegen aantal woningen per warmwatertoestel.



figuur 2-8 maximum warm waterverbruik in 24 uur uitgezet tegen aantal woningen per warmwatertoestel.

De lijnen in de figuren zijn te benaderen met een rechte lijn. De volgende verbanden worden gevonden:

grootheid	Lineaire relatie met aantal huizen (nn)	
	nn ≥ 15	nn < 15
MMV_warm_(++)_C/D	0,8+0,016*nn	0,30+0,046*nn
MMV_warm_(++)_A/B	0,6+0,008*nn	0,27+0,032*nn
MMV_warm_(0+)_C/D		0,18+0,021*nn
MMV_warm_(0)_C/D		
MMV_warm_(0+)_A/B	0,2+0,004*nn	0,14+0,011*nn
MMV_warm_(0)_A/B		
MWW10_(++)_C/D	300+8*nn	100+25*nn
MWW10_(++)_A/B	250+4*nn	100+15*nn
MWW10_(0+)_C/D		85+10*nn
MWW10_(0)_C/D		
MWW10_(0+)_A/B	100+1,6*nn	50+5*nn
MWW10_(0)_A/B		
MWW60_(++)_C/D	500+37*nn	200+70*nn
MWW60_(++)_A/B	400+15,5*nn	220+30*nn
MWW60_(0+)_C/D		125+25*nn
MWW60_(0)_C/D		
MWW60_(0+)_A/B	150+7,7*nn	90+15*nn
MWW60_(0)_A/B		
MWW120_(++)_C/D	650+62*nn	200+110*nn
MWW120_(++)_A/B	530+31*nn	200+45*nn
MWW120_(0+)_C/D		150+45*nn
MWW120_(0)_C/D		
MWW120_(0+)_A/B	200+12,2*nn	80+20*nn
MWW120_(0)_A/B		
MWWdag_(++)_C/D	780 + 270*nn	330 + 300*nn
MWWdag_(++)_A/B	550 + 145*nn	350 + 165*nn
MWWdag_(0+)_C/D		
MWWdag_(0)_C/D		
MWWdag_(0+)_A/B	170 + 50*nn	70 + 60*nn
MWWdag_(0)_A/B		

3 Discussie en aanbevelingen

3.1 Woningen

SIMDEUM® is gevalideerd voor het koudwaterverbruik in woningen, maar niet specifiek voor warm water, omdat er geen metingen van alleen warm water beschikbaar zijn. De verwachting is echter dat wanneer het totale waterverbruik goed wordt gesimuleerd ook de simulatie van het deel warm water juist is. Daarnaast is de MMV gecorrigeerd voor de gelijktijdigheidsklasse. Dit betekent dat de gesimuleerde waarden van de MMV (koud en warm) betrouwbaar zijn op het niveau van een individuele woning.

Voor het MWW (10, 60 en 120 minuten) is lastiger in te schatten hoe goed de simulatie de werkelijkheid benadert. Er is namelijk geen equivalent in het koudwaterverbruik waarop de simulaties zijn vergeleken met metingen. Vergelijkingen zijn alleen gedaan voor het verbruik per dag, niet per 10 minuten of per 2 uur.

Met SIMDEUM® zijn 20 specifieke situaties doorgerekend, waarmee op beperkte schaal generaliseerd kan worden. Via het Excel-bestand STW.xls is het eenvoudig om voor alle standaardsituaties de ontwerpparameters op te vragen.

- De $q\sqrt{n}$ -methode lijkt niet tot grote afwijkingen te leiden ten opzichte van de resultaten van de SIMDEUM®-simulaties. Een extra resultaat van de simulaties is inzicht in de MWW per 10, 60 en 120 minuten.
- Er is niet zo veel variatie tussen de 20 specifieke woningen. Alleen de luxe badkamers hebben een groot effect.

Bij een ontwerpsnelheid van 1,0 tot 1,5 m/s [7] leidt de berekende MMV tot de volgende (standaard) diameters (voor koperen leiding), direct na het leveringspunt van koud water (bijvoorbeeld de watermeter) en warm water (bijvoorbeeld het warmwatertoestel):

Type woning	Gelijktijdigheidsklasse	Diameter (mm)	
		Koud	Warm
standaard	I	22	12
standaard	II	22	15
plus	II	22	15
plus	III	22	15
luxe	III	28	22

SIMDEUM® kan ook andere (specifieke) situaties doorrekenen. Wanneer een ontwerper het doorrekenen zelf zou willen doen zou SIMDEUM® gebruiksvriendelijker moeten worden gemaakt. De vraag is of dat rendabel is op het niveau van een individuele woning. Een tegenargument is dat de $q\sqrt{n}$ -methode geschikt lijkt voor woningen en eenvoudiger en flexibeler is doordat slechts gerekend wordt met het aantal tapeenheden. Bovendien is voor het

ontwerp van de warmwatervoorziening van huishoudens met name de comforteis van belang en is het werkelijke warmwaterverbruik minder van belang. Een argument vóór is dat aanpassingen van de $q\sqrt{n}$ -methode voor warm water wat gekunsteld lijken en lastig zijn toe te passen. Een opzoektabel is hier gemakkelijker.

Het opstellen van een nieuwe 'standaard' woning (bijvoorbeeld wanneer uit de driejaarlijkse VEWIN-enquête [8] naar waterverbruik in woningen blijkt dat er een trendbreuk is met de huidige cijfers) en het draaien van simulaties in SIMDEUM® vergt een beperkte inspanning voor iemand die er vertrouwd mee is.

3.2 Woongebouwen

SIMDEUM® is gevalideerd voor collectief (koud)waterverbruik van een verzameling woningen in een straat. Voor woongebouwen is deze validatie van toepassing. SIMDEUM® is niet gevalideerd voor collectief warmwaterverbruik, omdat er geen metingen van alleen warm water beschikbaar zijn. Dit betekent dat de gesimuleerde MMV_koud wordt ondersteund door metingen, maar MMV_warm en MWW zouden nog gevalideerd moeten worden.

Voor woongebouwen betekent het resultaat van de simulaties een duidelijk verschil met de huidige praktijk. De aanbeveling is dan ook om met een aangepaste voorspelling van de MMV te gaan werken.

In dit project zijn woongebouwen bestaande uit een aantal standaard woningen doorgerekend. SIMDEUM® kan ook andere, specifieke situaties doorrekenen, bijvoorbeeld een woontoren bestaande uit een groot aantal woningen van verschillende grootte en met een variatie aan binneninstallaties (van standaard tot luxe).

3.3 Anders ontwerpen

Tot nog toe worden woongebouwen ontworpen met een behoorlijke marge op de MMV en MWW. Wanneer gebruik wordt gemaakt van de simulatieresultaten wordt veeleer ontworpen op basis van het (maximale) gebruik. Dat betekent dat er minder marge is in het dagelijks gebruik.

Het aantal bewoners in een woning kan veranderen over de levensduur van de woningen en binneninstallatie. De simulaties van individuele woningen en woongebouwen houden rekening met de variatie in bezettingsgraad; de ontwerpparameters zijn gebaseerd op de maximumsituatie. Wanneer een woongebouw verandert van bewoning door gezinnen met kinderen in bewoning door ouderen zonder kinderen (wat een natuurlijk verloop is) kan een juiste dimensionering van de binneninstallatie voor gezinnen leiden tot een overdimensionering voor ouderen. Een verandering van bijvoorbeeld een seniorenflat in een appartementencomplex voor tweeverdieners zou tot een te kleine dimensionering van de binneninstallatie kunnen leiden. Dit is echter geen natuurlijk verloop. Op het moment dat (actief) wordt besloten tot het

veranderen van de woonfunctie dient wel nagedacht te worden over de binneninstallatie.

De keuze van leidingdiameters hangt af van de MMV én de druk. Ter voorkoming van de hydraulische onbalans tussen koud en warm water (dat kan leiden tot temperatuurwisselingen bij warmwatergebruik) wordt aanbevolen om bij het ontwerp een lagere maximumsnelheid toe te passen dan gebruikelijk (1,0 tot 1,5 m/s).

In woongebouwen worden steeds vaker warmtepompen ingezet voor de collectieve levering van warm water; dit is een milieuvriendelijk en energiezuinig alternatief voor gasgestookte warmwaterapparatuur. De resultaten van de simulaties wijzen op een mogelijke energiebesparing wanneer de warmwatervoorziening wordt ontworpen op het werkelijke gebruik zonder de huidige veiligheidsmarges.

3.4 Vervolgonderzoek

Het wordt aanbevolen om het warmwaterverbruik in woongebouwen te meten om het model verder te valideren.

Omdat voor woongebouwen de $q\sqrt{n}$ -methode minder geschikt lijkt is ook de verwachting dat voor de utiliteitsbouw een aanpassing van ontwerpregels nodig is. Bovendien zijn de huidige ISSO-55 ontwerpregels gebaseerd op (een beperkt aantal) metingen in de jaren 1970. Voor de utiliteitsbouw lijkt modelleren ook een goede weg om tot nieuwe rekenregels te komen. Bij de uitbreiding van SIMDEUM® voor utiliteit is het aan te bevelen direct na te denken over de implementatie van de resultaten van het model.

4 Referenties

- [1] Blokker, E. J. M. (2003). *Haalbaarheidsstudie modelleren afnamepatronen - beschrijving opbouw prototype*, Kiwa N.V., Nieuwegein, BTO 2003.026.
- [2] Blokker, E. J. M. (2006). *Bijlage bij rapport BTO 2006.010; invoervariabelen voor het model SIMDEUM*, Kiwa N.V., Nieuwegein, BTO 2006.011.
- [3] Blokker, E. J. M. (2006). *Modelleren van afnamepatronen; beschrijving en evaluatie van simulatiemodel SIMDEUM*, Kiwa N.V., Nieuwegein, BTO 2006.010.
- [4] Blokker, E. J. M., W. van der Schee en W. J. H. Scheffer (2006), "Simulatiemodel geeft inzicht in tappatronen", *TVVL Magazine*, **35(9)**, 26-31 .
- [5] Blokker, M., J. Vreeburg en L. Rosenthal (2006), "Ontwerprichtlijnen voor zelfreinigende netten bij de duinwaterbedrijven", *H2O*, **2006-8**, 34-36 .
- [6] ISSO-kontaktgroep 43 (2001). *ISSO - publicatie 55; Tapwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen*, Stichting ISSO, ISBN 90-5044-079-7.
- [7] ISSO-kontaktgroep 62 (2003). *ISSO - publicatie 30; Leidingwaterinstallaties in woningen*, Stichting ISSO, ISBN 90-5044-107-6.
- [8] Kanne, P. (2005). *Watergebruik thuis 2004*, TNS NIPO, Amsterdam, in opdracht van VEWIN.
- [9] Vogelaar, A. J. en E. J. M. Blokker (2004). *Tappatronen en Leidingdimensionering; Inventarisatie van kentallen en rekenmethoden*, Kiwa N.V., Nieuwegein, BTO2004.026.

I Binneninstallatie per type woning

Frequentie van gebruik en tijdstip worden door SIMDEUM® bepaald volgens gemiddelde Nederlandse waarden. Alle tappunten hebben een penetratiegraad van 100%, behalve de vaatwasser (gem. 40%, afhankelijk gezinsgrootte, zie [2]).

Tabel 2 Binneninstallatie standaard woning

ruimte	tappunt	duur	Q (10 °C) (l/s)	Q (60 °C) (l/s)	temp (°C)
keuken	mengkraan aanrecht	standaard	0,167	0,083	w + k
	aansluiting vaatwasmachine koud of warm	standaard	0,167	x	koud
toiletruimte	aansluiting closet	6 liter met spoelonderbreking	0,042	x	koud
	kraan handenwasbak	standaard	0,042	x	koud
2e t.r.	niet aanwezig				
badruimte	mengkraan douche of bad	douche (of douche in bad), met spaarkop	0,12	0,067	38
	mengkraan wastafel	standaard	0,083	0,042	w + k
	aansluiting closet	6 liter met spoelonderbreking	0,042	x	koud
2e badruimte	niet aanwezig				
technische ruimte	tapkraan wasmachine koud of warm	standaard	0,167	x	koud
overigen	gevelkraan	x	x	x	x
g.k.	I/IIa/IIb/III	I of II (geen III, want geen bad)			

Tabel 3 Binneninstallatie standaard-plus woning voor tweeverdieners en senioren (bewonerscategorieën A en B)

ruimte	tappunt	duur	Q (10 °C) (l/s)	Q (60 °C) (l/s)	temp (°C)
keuken	mengkraan aanrecht	standaard	0,167	0,083	w + k
	aansluiting vaatwasmachine koud of warm	standaard	0,167	x	koud
toiletruimte	aansluiting closet	6 liter met spoelonderbreking	0,042	x	koud
	kraan handenwasbak	standaard	0,042	x	koud
2e t.r.	niet aanwezig				
badruimte	mengkraan douche of bad	aparte douche met spaarkop	0,12	0,067	38
	mengkraan bad (naast douche)	apart bad; 120 liter	0,222	0,133	40
	mengkraan wastafel	standaard	0,083	0,042	w + k
	mengkraan 2e wastafel	standaard	0,083	0,042	w + k
	aansluiting closet	6 liter met spoelonderbreking	0,042	x	koud
	mengkraan bidet	standaard	0,083	0,042	w + k
2e badruimte	niet aanwezig				
technische ruimte	tapkraan wasmachine koud of warm	standaard	0,167	x	koud
overigen	gevelkraan	1/2"	0,167	x	koud
g.k.	I/IIa/IIb/III	minimaal IIa			

Tabel 4 Binneninstallatie standaard-plus woning voor gezinnen (bewonerscategorieën C en D)

ruimte	tappunt	duur	Q (10 °C) (l/s)	Q (60 °C) (l/s)	temp (°C)
keuken	mengkraan aanrecht	standaard	0,167	0,083	w + k
	aansluiting vaatwasmachine koud of warm	standaard	0,167	x	koud
toiletruimte	aansluiting closet	6 liter met spoelonderbreking	0,042	x	koud
	kraan handenwasbak	standaard	0,042	x	koud
2e toiletruimte	aansluiting closet	6 liter met spoelonderbreking	0,042	x	koud
	kraan handenwasbak	standaard	0,042	x	koud
badruimte	mengkraan douche of bad	aparte douche met spaarkop	0,12	0,067	38
	mengkraan bad (naast douche)	apart bad; 120 liter	0,222	0,133	40
	mengkraan wastafel	standaard	0,083	0,042	w + k
	mengkraan 2e wastafel	standaard	0,083	0,042	w + k
	aansluiting closet	6 liter met spoelonderbreking	0,042	x	koud
	mengkraan bidet	standaard	0,083	0,042	w + k
2e badruimte	mengkraan douche of bad	douche, met spaarkop	0,12	0,067	38
	mengkraan wastafel	standaard	0,083	0,042	w + k
	aansluiting closet	6 liter met spoelonderbreking	0,042	x	koud
	tapkraan wasmachine koud of warm	standaard	0,167	x	koud
overigen	gevelkraan	1/2"	0,167	x	koud
g.k.	I/IIa/IIb/III	minimaal IIa			

Tabel 5 Binneninstallatie luxe woning voor tweeverdieners en senioren (bewonerscategorieën A en B)

ruimte	tappunt	duur	Q (10 °C) (l/s)	Q (60 °C) (l/s)	temp (°C)
keuken	mengkraan aanrecht	standaard	0,167	0,083	w + k
	aansluiting vaatwasmachine koud of warm	standaard	0,167	x	koud
toiletruimte	aansluiting closet	6 liter met spoelonderbreking	0,042	x	koud
	aansluiting urinoir	1,5 liter	0,167	x	koud
	mengkraan	standaard	0,083	0,042	w + k
2e t.r.	niet aanwezig				
badruimte	mengkraan wastafel	standaard	0,083	0,042	w + k
	mengkraan 2e wastafel	standaard	0,083	0,042	w + k
	aansluiting closet	6 liter met spoelonderbreking	0,042	x	koud
	aansluiting urinoir	1,5 liter	0,235	x	koud
	mengkraan bidet	standaard	0,083	0,042	w + k
	comfortdouche	volumestroomklasse D	0,365	0,204	38
	whirlpool	150 liter	0,5	0,3	40
	2e badruimte	mengkraan douche of bad	aparte douche met spaarkop	0,12	0,067
mengkraan bad (naast douche)		apart bad; 150 liter	0,267	0,160	40
mengkraan wastafel		standaard	0,083	0,042	w + k
mengkraan 2e wastafel		standaard	0,083	0,042	w + k
aansluiting closet		6 liter met spoelonderbreking	0,042	x	koud

ruimte	tappunt	duur	Q (10 °C) (l/s)	Q (60 °C) (l/s)	temp (°C)
	mengkraan bidet	standaard	0,083	0,042	w + k
technische ruimte	tapkraan wasmachine koud of warm	standaard	0,167	x	koud
overigen	gevelkraan	3/4"	0,25	x	koud
	2e gevelkraan of tapkraan	1/2"	0,167	x	koud
g.k.	I/IIa/IIb/III	minimaal III			

Tabel 6 Binneninstallatie luxe woning voor gezinnen (bewonerscategorieën C en D)

ruimte	tappunt	duur	Q (10 °C) (l/s)	Q (60 °C) (l/s)	temp (°C)
keuken	mengkraan aanrecht	standaard	0,167	0,083	w + k
	aansluiting vaatwasmachine koud of warm	standaard	0,167	x	koud
toilettruimte	aansluiting closet	6 liter met spoelonderbreking	0,042	x	koud
	aansluiting urinoir	1,5 liter	0,167	x	koud
	mengkraan	standaard	0,083	0,042	w + k
2e toilettruimte	aansluiting closet	6 liter met spoelonderbreking	0,042	x	koud
	aansluiting urinoir	1,5 liter	0,235	x	koud
	mengkraan	standaard	0,083	0,042	w + k
badruimte	mengkraan wastafel	standaard	0,083	0,042	w + k
	mengkraan 2e wastafel	standaard	0,083	0,042	w + k
	aansluiting closet	6 liter met spoelonderbreking	0,042	x	koud
	aansluiting urinoir	1,5 liter	0,167	x	koud
	mengkraan bidet	standaard	0,083	0,042	w + k
	comfortdouche	volumestroomklasse D	0,365	0,204	38
	whirlpool	150 liter	0,5	0,3	40
2e badruimte	mengkraan douche of bad	aparte douche met spaarkop	0,12	0,067	38
	mengkraan bad (naast douche)	apart bad; 150 liter	0,267	0,160	40
	mengkraan wastafel	standaard	0,083	0,042	w + k
	mengkraan 2e wastafel	standaard	0,083	0,042	w + k
	aansluiting closet	6 liter met spoelonderbreking	0,042	x	koud
	mengkraan bidet	standaard	0,083	0,042	w + k
technische ruimte	tapkraan wasmachine koud of warm	standaard	0,167	x	koud
overigen	gevelkraan	3/4"	0,25	x	koud
	2e gevelkraan of tapkraan	1/2"	0,167	x	koud
g.k.	I/IIa/IIb/III	minimaal III			

II Gezinsamenstelling per bewonerscategorie

Tweeverdieners:

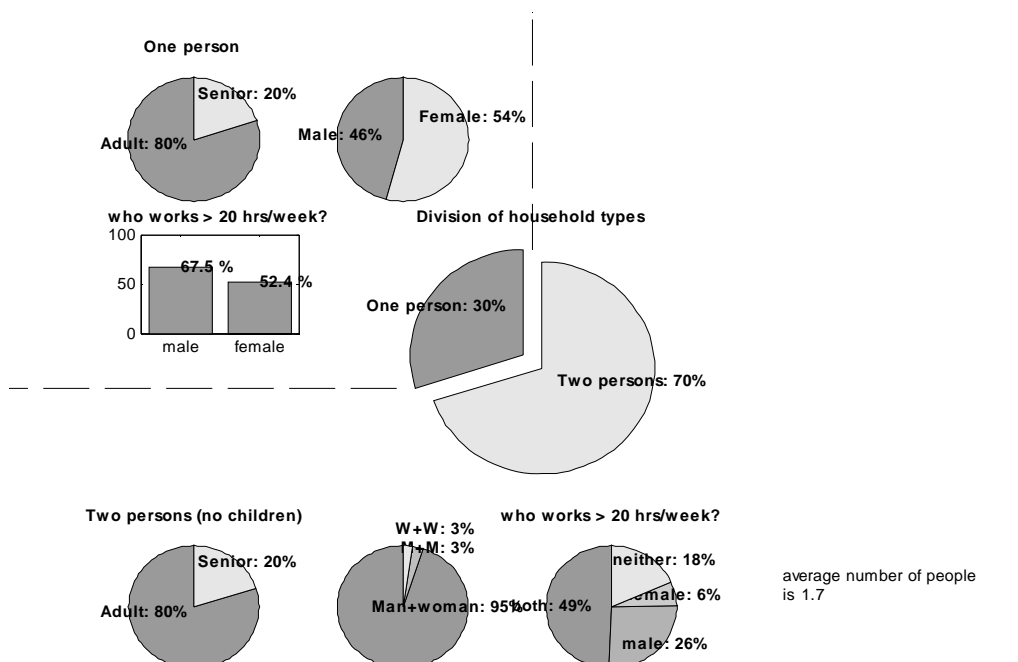
```

>> household_A
HOUSEHOLD
(1) percentage per household: [30.0 70.0 0.0]
    ([one person household two person household, no children    family with
    children])
(2) average number of people: 1.7

ONE PERSON HOUSEHOLD
(3) percentage for age category: [80 20] ([adult senior])
(4) percentage for male/female: [46.0 54.0] ([m f])
(5) percentage male working and female working: [67.5 52.4] ([m f])

TWO PERSON HOUSEHOLD, WITHOUT CHILDREN
(6) percentage for age category: [80 20] ([adult senior])
(7) percentage for male/female combination: [95.0 2.5 2.5] ([m+f m+m f+f])
(8) percentage male working and female working: [49.4 26.0 6.3 18.4]
    ([m+f full time; m full time, f not; f full time, m not; neither full
    time]),
    full time > 20 hrs a week

MORE PERSON HOUSEHOLD WITH CHILDREN
(9) percentage for age category: [NaN NaN NaN] ([child teen adult])
(10) percentage for male/female: [50.0 50.0] ([m f])
(11) percentage male working and female working: [39.4 52.3 3.1 5.2]
    ([m+f full time; m full time, f not; f full time, m not; neither full
    time]),
    full time > 20 hrs a week
  
```



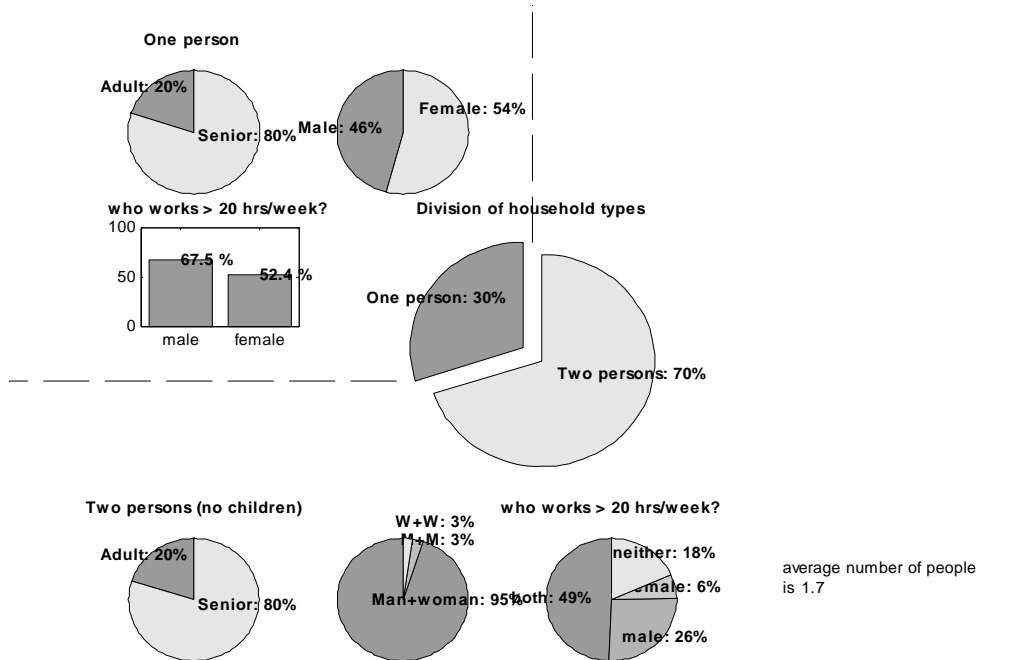
Senioren:

```
>> household_B
HOUSEHOLD
(1) percentage per household: [30.0 70.0 0.0]
    ([one person household two person household, no children    family with
children])
(2) average number of people: 1.7

ONE PERSON HOUSEHOLD
(3) percentage for age category: [20 80] ([adult senior])
(4) percentage for male/female: [46.0 54.0] ([m f])
(5) percentage male working and female working: [67.5 52.4] ([m f])

TWO PERSON HOUSEHOLD, WITHOUT CHILDREN
(6) percentage for age category: [20 80] ([adult senior])
(7) percentage for male/female combination: [95.0 2.5 2.5] ([m+f m+m f+f])
(8) percentage male working and female working: [49.4 26.0 6.3 18.4]
    ([m+f full time; m full time, f not; f full time, m not; neither full
time]),
    full time > 20 hrs a week

MORE PERSON HOUSEHOLD WITH CHILDREN
(9) percentage for age category: [NaN NaN NaN] ([child teen adult])
(10)percentage for male/female: [50.0 50.0] ([m f])
(11)percentage male working and female working: [39.4 52.3 3.1 5.2]
    ([m+f full time; m full time, f not; f full time, m not; neither full
time]),
    full time > 20 hrs a week
```



Gezinnen met kleine kinderen:

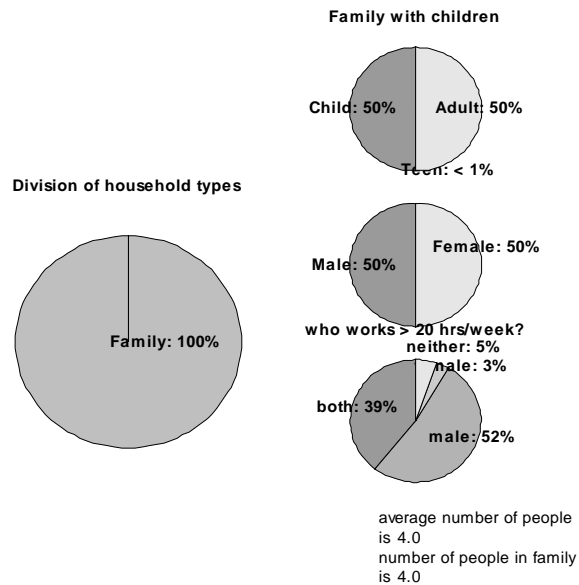
```

>> household_C
HOUSEHOLD
(1) percentage per household: [0.0 0.0 100.0]
      (one person household two person household, no children    family with
children)
(2) average number of people: 4.0

ONE PERSON HOUSEHOLD
(3) percentage for age category: [NaN NaN] ([adult senior])
(4) percentage for male/female: [46.0 54.0] ([m f])
(5) percentage male working and female working: [67.5 52.4] ([m f])

TWO PERSON HOUSEHOLD, WITHOUT CHILDREN
(6) percentage for age category: [NaN NaN] ([adult senior])
(7) percentage for male/female combination: [95.0 2.5 2.5] ([m+f m+m f+f])
(8) percentage male working and female working: [49.4 26.0 6.3 18.4]
      ([m+f full time; m full time, f not; f full time, m not; neither full
time]),
      full time > 20 hrs a week

MORE PERSON HOUSEHOLD WITH CHILDREN
(9) percentage for age category: [50.0 0.1 50.0] ([child teen adult])
(10)percentage for male/female: [50.0 50.0] ([m f])
(11)percentage male working and female working: [39.4 52.3 3.1 5.2]
      ([m+f full time; m full time, f not; f full time, m not; neither full
time]),
      full time > 20 hrs a week
  
```



Gezinnen met oudere kinderen of een woongroep:

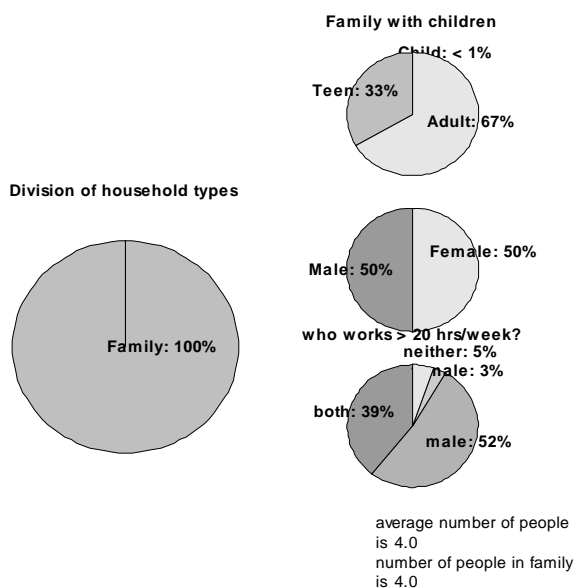
```

>> household_D
HOUSEHOLD
(1) percentage per household: [0.0 0.0 100.0]
    (lone person household two person household, no children    family with
    children)
(2) average number of people: 4.0

ONE PERSON HOUSEHOLD
(3) percentage for age category: [NaN NaN] ([adult senior])
(4) percentage for male/female: [46.0 54.0] ([m f])
(5) percentage male working and female working: [67.5 52.4] ([m f])

TWO PERSON HOUSEHOLD, WITHOUT CHILDREN
(6) percentage for age category: [NaN NaN] ([adult senior])
(7) percentage for male/female combination: [95.0 2.5 2.5] ([m+f m+m f+f])
(8) percentage male working and female working: [49.4 26.0 6.3 18.4]
    ([m+f full time; m full time, f not; f full time, m not; neither full
    time]),
    full time > 20 hrs a week

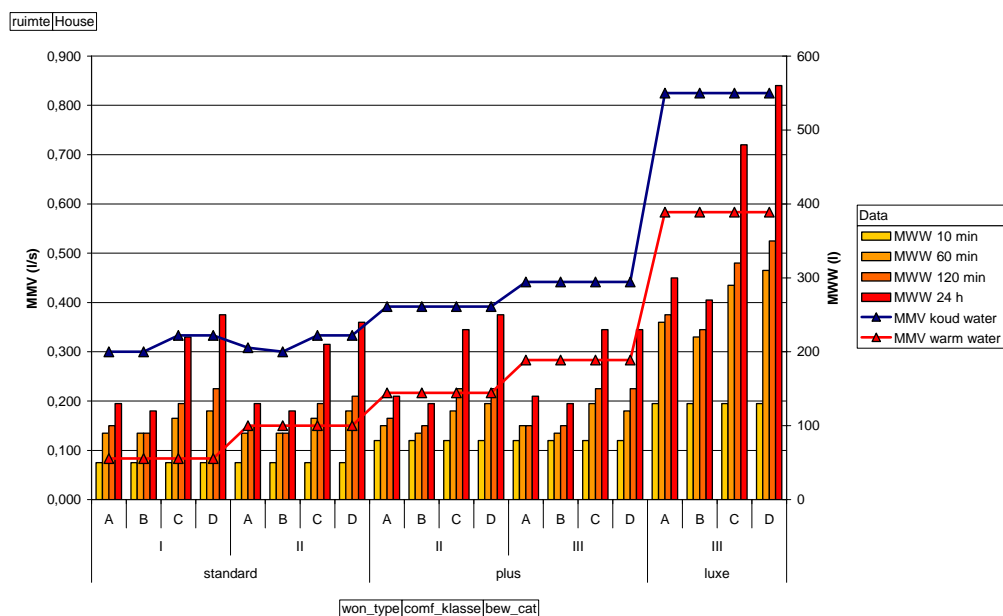
MORE PERSON HOUSEHOLD WITH CHILDREN
(9) percentage for age category: [0.1 33.3 66.6] ([child teen adult])
(10)percentage for male/female: [50.0 50.0] ([m f])
(11)percentage male working and female working: [39.4 52.3 3.1 5.2]
    ([m+f full time; m full time, f not; f full time, m not; neither full
    time]),
    full time > 20 hrs a week
  
```



III Uitkomsten simulaties

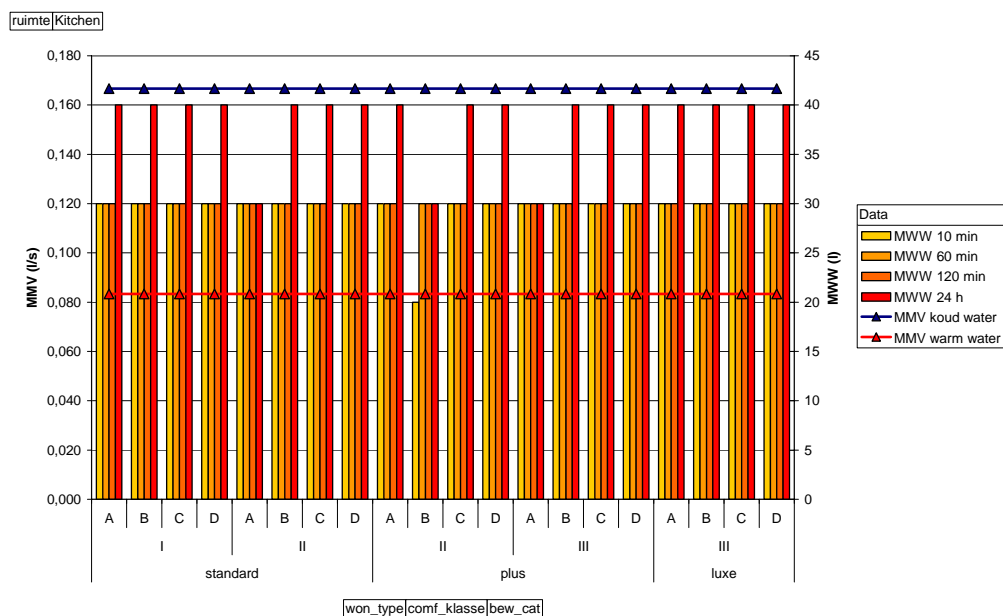
Tabel 7 MMV en MWW per woning

won. type	conf. klasse	bew. cat	MMV koud water (l/s)	MMV warm water (l/s)	MWW 24 uur (l)	MWW 120 minuten (l)	MWW 60 minuten (l)	MWW 10 minuten (l)
standaard	I	A	0,300	0,083	130	100	90	50
		B	0,300	0,083	120	90	90	50
		C	0,333	0,083	220	130	110	50
		D	0,333	0,083	250	150	120	50
	II	A	0,308	0,150	130	100	90	50
		B	0,300	0,150	120	90	90	50
		C	0,333	0,150	210	130	110	50
		D	0,333	0,150	240	140	120	50
plus	II	A	0,392	0,217	150	110	100	80
		B	0,392	0,217	140	100	90	80
		C	0,392	0,217	310	170	140	80
		D	0,392	0,217	350	180	150	80
	III	A	0,442	0,283	150	110	100	80
		B	0,442	0,283	140	100	90	80
		C	0,442	0,283	310	170	150	80
		D	0,442	0,283	330	170	150	80
luxe	III	A	0,825	0,583	350	260	240	130
		B	0,825	0,583	310	240	230	130
		C	0,825	0,583	590	350	300	140
		D	0,825	0,583	660	370	330	150



Tabel 8 MMV en MWW in de keuken per woning

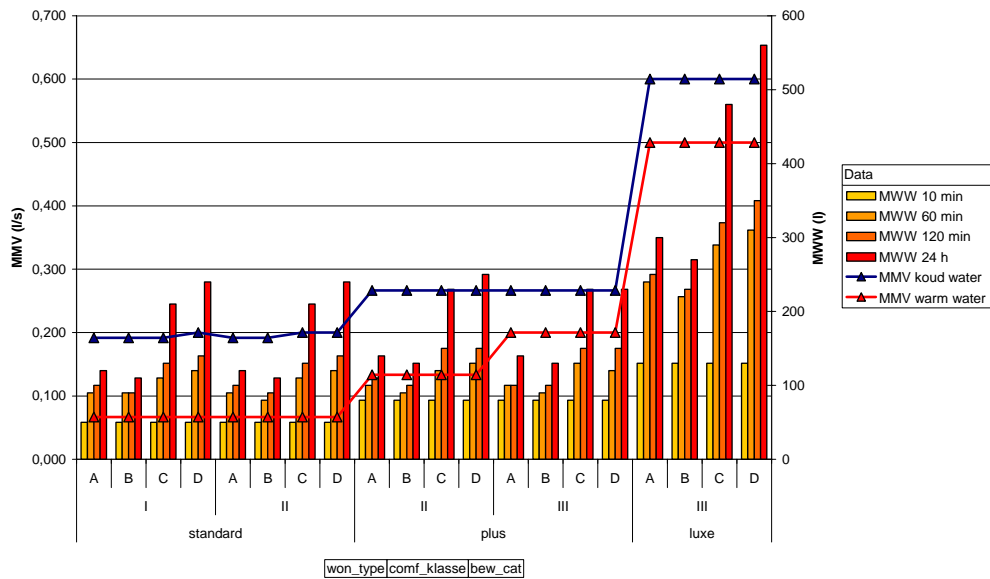
won. type	comf. klasse	bew. cat	MMV koud water (l/s)	MMV warm water (l/s)	MWW 24 uur (l)	MWW 120 minuten (l)	MWW 60 minuten (l)	MWW 10 minuten (l)
standaard	I	A	0,167	0,083	40	30	30	30
		B	0,167	0,083	40	30	30	30
		C	0,167	0,083	40	30	30	30
		D	0,167	0,083	40	30	30	30
	II	A	0,167	0,083	40	30	30	30
		B	0,167	0,083	40	30	30	30
		C	0,167	0,083	40	30	30	30
		D	0,167	0,083	40	30	30	30
plus	II	A	0,167	0,083	40	30	30	30
		B	0,167	0,083	30	30	30	20
		C	0,167	0,083	40	30	30	30
		D	0,167	0,083	40	30	30	30
	III	A	0,167	0,083	40	30	30	30
		B	0,167	0,083	40	30	30	30
		C	0,167	0,083	40	30	30	30
		D	0,167	0,083	40	30	30	30
luxe	III	A	0,167	0,083	40	30	30	30
		B	0,167	0,083	40	30	30	30
		C	0,167	0,083	40	30	30	30
		D	0,167	0,083	40	30	30	30



Tabel 9 MMV en MWW in de (eerste) badkamer per woning

won. type	comf. klasse	bew. cat	MMV koud water (l/s)	MMV warm water (l/s)	MWW 24 uur (l)	MWW 120 minuten (l)	MWW 60 minuten (l)	MWW 10 minuten (l)
standaard	I	A	0,192	0,067	120	100	90	50
		B	0,192	0,067	110	90	90	50
		C	0,192	0,067	210	130	110	50
		D	0,200	0,067	240	140	120	50
	II	A	0,192	0,067	120	100	90	50
		B	0,192	0,067	110	90	80	50
		C	0,200	0,067	210	130	110	50
		D	0,200	0,067	240	140	120	50
plus	II	A	0,267	0,133	140	110	100	80
		B	0,267	0,133	130	100	90	80
		C	0,267	0,133	230	150	120	80
		D	0,267	0,133	250	150	130	80
	III	A	0,267	0,200	140	100	100	80
		B	0,267	0,200	130	100	90	80
		C	0,267	0,200	230	150	130	80
		D	0,267	0,200	230	150	120	80
luxe	III	A	0,600	0,500	300	250	240	130
		B	0,600	0,500	270	230	220	130
		C	0,600	0,500	480	320	290	130
		D	0,600	0,500	560	350	310	130

ruimte|Bathroom1



IV Excel-bestand

STW_simulatie_tapwater_woningen.xls