

Rekenregels voor waterverbruik in utiliteitsbouw

uitgave 2010



Technisch rapport ST - 27



Rekenregels voor waterverbruik in utiliteitsbouw

Bepalen van maximum volumestroom en
warmwaterverbruik met SIMDEUM[®]

KWR 2010.072
September 2010

KWR

Watercycle Research Institute

Rekenregels voor waterverbruik in utiliteitsbouw

Bepalen van maximum volumestroom en
warmwaterverbruik met SIMDEUM[®]

KWR 2010.072
September 2010

© 2010 KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Colofon

Titel

Rekenregels voor waterverbruik in utiliteitsbouw

Projectnummer

A308078

Projectmanager

drs P.G.G. Slaats

Opdrachtgever

UNETO-VNI en TVVL

Voorstudie ST 27

Contactpersoon: E. van der Blom (UNETO-VNI)

Kwaliteitsborger(s)

ir. E.J.M. Blokker en dr.ir. J.H.G. Vreeburg

Auteur(s)

dr. ir. E.J. Pieterse-Quirijns

Verzonden aan

UNETO-VNI

Contactpersoon: E. van der Blom

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.

Samenvatting

Voor het dimensioneren van waterleidinginstallaties (binneninstallaties) en van warmwaterbereidinginstallaties is informatie nodig over het te verwachten waterverbruik in een woning of een utiliteitsgebouw. Afnamepatronen kunnen die gewenste informatie leveren. Afnamepatronen kunnen voorspeld worden met het stochastisch simulatiemodel SIMDEUM[®]. Op basis van deze afnamepatronen kunnen verschillende kentallen voor het waterverbruik bepaald worden, zoals de maximum moment volumestroom (MMV) voor koud en warm water en het maximum warmwatervolume (MWW) in verschillende tijdseenheden. Het doel van dit project was rekenregels en een praktisch gereedschap te ontwikkelen voor de voorspelling van deze kentallen van het waterverbruik in de utiliteitsbouw, meer specifiek voor kantoren, hotels en zorginstellingen.

De categorieën binnen de utiliteitsbouw waarvoor de rekenregels opgesteld zijn, zijn kantoren, hotels en zorginstellingen, allen van verschillende groottes en met een variatie aan binneninstallaties en gebruikers. Binnen elke categorie zijn verschillende typologieën gedefinieerd. Voor kantoren zijn twee typologieën vastgesteld: kantoren met een toiletstortbak en kantoren met een toiletspoelkraan. Zes typologieën zijn gedefinieerd voor hotels: zakelijke en toeristische hotels met variatie in de luxe van de binneninstallatie en met mogelijk extra gasten voor conferentie of theater. Voor zorginstellingen zijn er drie type verpleeghuizen met een variërend aantal patiënten per kamer gedefinieerd en een woon-zorgcombinatie.

Voor het ontwikkelen van de rekenregels is per categorie de dominante variabele vastgesteld, die de grootste bijdrage heeft aan het waterverbruik binnen de categorie. Voor kantoren is dit het aantal medewerkers, voor hotels het aantal hotelkamers en voor zorginstellingen het aantal bedden. Op basis van deze variabele wordt zowel de inrichting van het gebouw berekend als ook het aantal verbruikers. Daarna is het waterverbruik gesimuleerd met SIMDEUM. Voor elke typologie zijn 100 afnamepatronen gesimuleerd voor gebouwen van variërende omvang, waaruit de kentallen (MMV en MWW) bepaald zijn. Hiermee zijn vervolgens voor elke typologie eenvoudige lineaire relaties ontwikkeld voor de kentallen bij variërende grootte van de dominante variabele in de vorm van $y = a \cdot x + b$. Hierin is x bijvoorbeeld het aantal medewerkers. Deze relaties vormen de rekenregels die het waterverbruik voor elke typologie kunnen voorspellen. De voorspellingen van de rekenregels wijken minder dan 10-20% af van de door SIMDEUM berekende waarde.

De rekenregels voor kantoren laten zien dat de kantoren met toiletstortbak een lagere MMV_{koud} vertonen, dan kantoren met een toiletspoelkraan. De rekenregels voor het warmwaterverbruik maken geen onderscheid in type kantoren. De rekenregels gelden ook voor kantoren wanneer een hoger percentage vrouwen werkzaam is in het kantoor.

Voor hotels blijkt dat zowel de binneninstallatie als het type hotelgast invloed heeft op de kentallen van het waterverbruik. Toeristen verbruiken meer water door langer te douchen en vaker in bad te gaan. Daarnaast zijn in toeristische hotels de kamers vaak bezet door 2 personen. Een luxere uitrusting van de hotelkamer resulteert in een hogere waarde voor de kentallen. Het aantal gasten dat aanwezig is voor conferenties of het theater heeft geen invloed op het piekverbruik en het warmwaterverbruik. Het totaal waterverbruik wordt wel beïnvloed door de extra gasten. Voor de rekenregels die de maxima voorspellen hoeft er daarom slechts onderscheid gemaakt te worden in vier typologieën: standaard zakelijk, standaard toeristisch, lux zakelijk en lux toeristisch hotel.

Bij de zorginstellingen maakt het binnen de verpleeghuizen nauwelijks verschil in de maximum moment volumestroom of er één of vier personen op een kamer liggen. Doordat de bewoners volledig verzorgd of ondersteund worden, wordt het waterverbruik door het werkschema van het personeel bepaald. In een woon-zorgcombinatie wordt in totaal minder water verbruikt dan in een verpleeghuis, doordat door de zelfstandige bewoning van de bejaarden minder personeel aanwezig is. Het waterverbruik door de bewoners is wel hoger en verloopt via een ander, meer huishoudelijk patroon.

De met SIMDEUM ontwikkelde rekenregels zijn vergeleken met de huidige ontwerprichtlijnen en met de MMV voor koud water, bepaald uit enkele gemeten afnamepatronen. In alle gevallen geven de

ontwikkelde rekenregels een betere beschrijving van de gemeten MMV_{koud} dan de huidige ontwerprichtlijnen. Daarnaast voorspellen de rekenregels een lager waterverbruik dan de huidige ontwerprichtlijnen, ongeacht de categorie. De huidige ontwerprichtlijnen geven een grote(re) overschatting van het waterverbruik, resulterend in overdimensionering. De betere voorspelling door de rekenregels kan leiden tot beter gedimensioneerde binneninstallaties. Tevens kan met de nieuwe rekenregels (i.t.t. de huidige ontwerprichtlijnen) het warmwaterverbruik voorspeld worden, waardoor ook de warmwaterbereidinginstallaties goed gedimensioneerd kunnen worden.

De ontwikkelde rekenregels berekenen de kentallen van het waterverbruik van een geheel gebouw. Om het waterverbruik van slechts één verdieping, vleugel of (verticaal) cluster te berekenen, kunnen voor kantoren en hotels ook de rekenregels gebruikt worden. Voor kantoren is de invoer van de rekenregels dan het aantal medewerkers op de gewenste verdieping, voor hotels het aantal hotelkamers. Het waterverbruik in het conferentie- of theatergedeelte van het hotel kan benaderd worden met de rekenregels voor kantoren, met het aantal gasten als invoerparameter. Bij zorginstellingen kunnen de rekenregels alleen voor één verdieping gebruikt worden als de kamers van de patiënten en de pantry voor het personeel gelijkmatig verdeeld zijn over de verdiepingen.

Voordat de rekenregels als ontwerpcriterium gebruikt kunnen worden in de utiliteitsbouw, zullen de consequenties voor het ontwerp duidelijk moeten zijn. Validatie van de rekenregels met metingen van het waterverbruik (zowel koud als warm water) in elke categorie wordt daarom aanbevolen. Daarnaast is de inrichting van de gebouwen en het aantal aanwezige gebruikers in de utiliteitsbouw gebaseerd op een beperkt aantal enquêtes, op bestaande richtlijnen, op validatieresultaten en op intuïtie. Het verdient aanbeveling om de opbouw van de verschillende typologieën te valideren met enquêtes. Vooral voor zorginstellingen is deze validatie belangrijk. Omdat weinig bekend is van zorginstellingen zijn de invoerdata minder betrouwbaar. Daarnaast is er in zorginstellingen geen sprake van een dominante ruimte in het waterverbruik. De uitkomsten en de rekenregels zijn daardoor gevoeliger voor de juiste invoergegevens in elke functionele ruimte. Dit geldt minder voor kantoren en hotels waar sprake is van één dominante functionele ruimte, waarvan de inrichting en de gebruikers goed gedefinieerd kunnen worden.

De ontwikkeling van de rekenregels voor kantoren, hotels en zorginstellingen geeft vertrouwen in SIMDEUM als basis voor de ontwikkeling van rekenregels. Door de modulaire opbouw kan SIMDEUM ingezet worden om modellen te maken van andere categorieën in de utiliteitsbouw, zoals schoolgebouwen, sportcomplexen, restaurants, waarop vervolgens rekenregels gebaseerd kunnen worden. Daarnaast kan SIMDEUM worden ingezet in ontwerpvragestukken voor specifieke categorieën binnen de utiliteitsbouw, zoals penitentiaire inrichtingen of ziekenhuizen.

Inhoud

Samenvatting	1
Inhoud	3
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Aanpak	6
1.3 Leeswijzer	6
2 Typologieën Utiliteitsbouw	7
2.1 Inleiding	7
2.2 Kantoren	7
2.2.1 Dominante factor waterverbruik kantoren: aantal medewerkers	7
2.2.2 Functionele ruimtes: type gebruikers en tijdstip gebruik	7
2.2.3 Functionele ruimtes: tappunten	8
2.2.4 Typologieën binnen kantoren	11
2.3 Hotels	12
2.3.1 Dominante factor waterverbruik hotels: hotelkamers	12
2.3.2 Functionele ruimtes: type gebruikers en tijdstip gebruik	12
2.3.3 Functionele ruimtes: tappunten	13
2.3.4 Typologieën binnen hotels	17
2.4 Zorginstellingen	17
2.4.1 Dominante factor waterverbruik zorginstellingen: aantal bedden	17
2.4.2 Functionele ruimtes: type gebruikers en tijdstip gebruik	18
2.4.3 Functionele ruimtes: tappunten	19
2.4.4 Typologieën binnen zorginstellingen	24
3 Ontwikkeling rekenregels	25
3.1 Inleiding	25
3.2 Rekenregels voor kantoren	25
3.3 Rekenregels voor hotels	28
3.4 Rekenregels voor zorginstellingen	32
4 Vergelijking rekenregels met bestaande richtlijnen	37
4.1 Inleiding	37
4.2 Vergelijking van rekenregels voor kantoren	37
4.3 Vergelijking van rekenregels voor hotels	38
4.4 Vergelijking van rekenregels voor zorginstellingen	39
5 Discussie en aanbevelingen	41
5.1 Rekenregels voor utiliteitsbouw	41
5.2 Aanbevelingen	42

6	Referenties	45
I	Analyse kantoorfaciliteiten als functie van aantal medewerkers	47
II	Richtlijnen sanitaire ruimte kantoren	49
III	Tijdpatroon huishoudelijk en niet-huishoudelijk waterverbruik	53
IV	Afnamepatroon voor kantoor type B	55

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Afnamepatronen zijn belangrijk voor de dimensionering van waterleidinginstallaties en voor de keuze van warmwaterbereidinginstallaties. Afnamepatronen kunnen voorspeld worden met het stochastisch* simulatiemodel SIMDEUM®. SIMDEUM is door KWR ontwikkeld in het kader van het bedrijfstakonderzoek van de Nederlandse waterleidingbedrijven (BTO) en UNETO-VNI en TVVL om huishoudelijke afnamepatronen van woningen en woongebouwen te kunnen voorspellen (Blokker, 2006). In 2009 is dit simulatiemodel uitgebreid/aangepast om ook niet-huishoudelijk waterverbruik in de utiliteitsbouw te voorspellen (Pieterse-Quirijns e.a., 2009). SIMDEUM voorspelt zowel het totale waterverbruik als het verbruik over de dag goed voor verschillende type woningen en verschillende categorieën in de utiliteitsbouw, namelijk kantoren, hotels en zorginstellingen.

Op basis van afnamepatronen gegenereerd door SIMDEUM zijn voor een aantal standaard situaties in woningen rekenregels ontwikkeld voor de voorspelling van het maximum moment volumestroom (MMV) voor koud en warm water en het maximum warmwaterverbruik (MWW) in verschillende tijdseenheden als functie van het aantal woningen. Deze standaard situaties zijn gebaseerd op woningklasse, het aantal en type bewoners en het gewenste comfort (Blokker, 2007). Tevens zijn rekenregels ontwikkeld voor het berekenen van deze kentallen (MMV en MWW) voor woongebouwen en woontorens, die uit verschillende type en aantal appartementen bestaan. De appartementen variëren in binneninstallatie en bewonersklasse (single, gezin, senioren) (Pieterse-Quirijns, 2008). De rekenregels geven een betere benadering van de resultaten van SIMDEUM of van metingen dan de huidige ontwerprichtlijnen, gebaseerd op de $q\sqrt{n}$ -methode. De $q\sqrt{n}$ -methode leidt tot een overschatting van het waterverbruik van woongebouwen, waardoor de leidingen en leidinginstallaties vaak overgedimensioneerd worden. Dit heeft mogelijk negatieve energetische en hygiënische consequenties. Daarnaast kunnen de warmwaterverbruiken in verschillende tijdseenheden voorspeld worden met de rekenregels, terwijl de huidige ontwerpregels hierover geen uitspraak doen.

Rekenregels voor het maximum moment volumestroom (MMV) voor koud en warm water en het maximum warmwaterverbruik (MWW) in verschillende tijdseenheden zijn ook wenselijk voor de utiliteitsbouw. De huidige ontwerpregels voor de utiliteitsbouw zijn opgenomen in ISSO 55 (ISSO-contactgroep 43, 2001). Ze zijn gebaseerd op metingen uitgevoerd tussen 1976 en 1980. De vraag is of deze het waterverbruik in de utiliteitsbouw nog goed kunnen beschrijven. De inrichting van kantoren is in de loop van de tijd veranderd. De toiletruimte is uitgerust met moderne toiletten en urinoirs, er zijn koffieautomaten aanwezig. Daarnaast is de werkcultuur de afgelopen periode gewijzigd. Kantoren zijn gericht op flexibele werknemers, met kantoortuinen en strevend naar een grote bezettingsgraad. Hotels zijn luxer uitgevoerd en in sommige gevallen uitgebreid met een conferentie- of theaterfunctie, dat leidt tot een ander waterverbruik. De zorgsector heeft een sterke verandering ondergaan. Er wordt gestreefd naar kleinschaligheid en zelfstandigheid. De zorgconsument heeft andere verwachtingen aangaande de privacy en continuering van de persoonlijke levensstijl. Bovendien geven de ontwerpregels van de utiliteitsbouw geen inzicht in het verbruik van warm water.

Het doel van dit project is om rekenregels en een praktisch gereedschap te ontwikkelen voor de voorspelling van de kentallen die het waterverbruik karakteriseren (MMV en MWW) voor de utiliteitsbouw. De categorieën binnen de utiliteitsbouw waarvoor de rekenregels opgesteld worden, zijn kantoren, hotels en zorginstellingen van verschillende groottes en met een variatie aan binneninstallaties en gebruikers. Deze categorieën zijn gekozen om de volgende redenen:

- 1) in het BTO-project *Modelleren van niet-huishoudelijk verbruik*, waarbij ook UNETO-VNI als opdrachtgever betrokken was, zijn deze drie categorieën geselecteerd en goed onderbouwd. De

* stochastisch: rekeninghoudend met de waarschijnlijkheid/een bepaalde kans

voorspellingen van het waterverbruik in deze categorieën door SIMDEUM zijn tevens gevalideerd met metingen (Pieterse-Quirijns e.a., 2009).

- 2) deze categorieën zijn het meest generiek, waardoor het mogelijk is om gestandaardiseerde typologieën te definiëren en te ontwikkelen. Voor andere categorieën, zoals bijvoorbeeld een ziekenhuis, is dit niet mogelijk.

1.2 Aanpak

In overleg met UNETO-VNI en TVVL zijn binnen elke categorie van de utiliteitsbouw verschillende typologieën gedefinieerd. Voor kantoren zijn dit kantoren met een toiletstortbak en kantoren met een toiletspoelkraan. Voor hotels zijn dit zakelijke en toeristische hotels met variatie in de luxe van de binneninstallatie en met mogelijk extra gasten voor conferentie of theater. Voor zorginstellingen zijn het verpleeghuizen met een variërend aantal patiënten per kamer en een woon-zorgcombinatie. De verschillende typologieën worden in hoofdstuk 2 verder toegelicht.

Voor elke categorie is de dominante variabele vastgesteld, die de grootste bijdrage heeft aan het waterverbruik binnen de categorie. Op basis van deze variabele is de inrichting van het gebouw berekend als ook het aantal verbruikers. Daarna is het waterverbruik gesimuleerd met SIMDEUM. Voor elke typologie zijn relaties ontwikkeld op basis van de gesimuleerde afnamepatronen bij variërende grootte van de dominante variabele. De relaties kunnen worden toegepast voor het voorspellen van de kentallen voor het waterverbruik als functie van de dominante variabele. De volgende kentallen voor het waterverbruik zijn toegepast:

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

MMV_{warm} = MMV voor **warm** water in [l/s]

MWW10 = maximum warmwatervolume in 10 minuten in [l]

MWW60 = maximum warmwatervolume in 60 minuten in [l]

MWW120 = maximum warmwatervolume in 120 minuten in [l]

MWWdag = maximum warmwatervolume per **dag** in [l].

Het waterverbruik dat door deze relaties/rekenregels wordt voorspeld, is vergeleken met de huidige ontwerprichtlijnen (Scheffer, 1994; ISSO-contactgroep 43, 2001) en met metingen in een aantal gebouwen binnen elke categorie, beschikbaar uit het BTO-project BTO 2009.013 (Pieterse-Quirijns e.a., 2009).

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de opbouw van de typologieën binnen elke categorie binnen de utiliteitsbouw beschreven. De ontwikkeling van de rekenregels voor het voorspellen van het waterverbruik in een utiliteitsgebouw van gewenste omvang volgt in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 worden de ontwikkelde rekenregels vergeleken met de huidige ISSO ontwerprichtlijnen. Daarnaast wordt gekeken in hoeverre de ontwikkelde rekenregels het waterverbruik in een utiliteitsgebouw goed kunnen voorspellen, door de uitkomsten te vergelijken met het gemeten waterverbruik in een beperkt aantal gebouwen. De rekenregels en de resultaten worden bediscussieerd in hoofdstuk 5, waar ook aanbevelingen worden gedaan. Het praktisch gereedschap wordt in de vorm van het Excel bestand KWR_2010.072_rekenregels_utiliteitsbouw.xls meegeleverd.

2 Typologieën Utiliteitsbouw

2.1 Inleiding

Voor de simulatie van het waterverbruik binnen de utiliteitsbouw zijn typologieën vastgesteld van kantoren, hotels en zorginstellingen. In dit hoofdstuk worden de gebruikers en de binneninstallatie van elke typologie gedefinieerd aan de hand van richtlijnen en van beschikbare enquêtes.

Binnen de utiliteitsbouw is elk gebouw opgedeeld in functionele ruimtes, die getypeerd worden door karakteristiek waterverbruik. Voor elke categorie binnen de utiliteitsbouw is in dit hoofdstuk eerst vastgesteld wat de dominante factor is voor het waterverbruik. De dominante factor bepaalt de variabele waarop de rekenregels worden gebaseerd. Vervolgens worden de gebruikers van elke functionele eenheid gedefinieerd en uitgedrukt als functie van de variabele. Daarna wordt de binneninstallatie van elke functionele eenheid vastgelegd als functie van de variabele. Tot slot worden de verschillende typologieën binnen iedere categorie uiteengezet. Deze typologieën zijn nu zodanig gestandaardiseerd dat op basis van de dominante variabele zowel de inrichting van het gebouw als het aantal andere verbruikers worden bepaald.

In tegenstelling tot woningen is van de inrichting en het gedrag van de personen die water verbruiken in de utiliteitsbouw weinig bekend. Deze zijn gebaseerd op een beperkt aantal enquêtes, op bestaande richtlijnen, op validatieresultaten uit Pieterse-Quirijns e.a. (2009), op informatie uit de literatuur of internet en op intuïtie. Vooral van zorginstellingen zijn weinig gegevens bekend. Van kantoren is nog de meeste informatie beschikbaar. Er is gestreefd naar een zo goed mogelijke invulling van de functionele ruimtes binnen elke categorie met de dominante variabele. Voor kantoren is dit de sanitaire ruimte plus koffieautomaten met kantoormedewerkers; voor hotels de inrichting van de hotelkamers en voor de zorginstellingen de verpleegafdeling en de personele ruimte als functie van het aantal bedden. De overige ruimtes dragen voor minder dan 20% bij aan het waterverbruik en zullen dus minder effect hebben op het totale waterverbruik of het piekverbruik. De aannames hiervoor zijn minder kritisch.

2.2 Kantoren

2.2.1 *Dominante factor waterverbruik kantoren: aantal medewerkers*

Uit eerder onderzoek is gebleken (Pieterse-Quirijns e.a., 2009) dat toiletbezoek de belangrijkste bijdrage is aan zowel het totale waterverbruik van kantoren als het patroon van de volumestroom over een dag. De bijdrage van de pantry[†] aan het totale waterverbruik bedroeg 76 tot 86%. Voor het ontwikkelen van de rekenregels is het daarom belangrijk om de binneninstallatie van de pantry en de gebruikers ervan, nl. de aanwezige medewerkers en bezoekers goed te definiëren. Door een duidelijk verschil in toiletgebruik/cultuur tussen mannen en vrouwen, is het tevens noodzakelijk om het percentage man/vrouw binnen de aanwezige mensen te weten.

De variabele in de rekenregels voor de kantoren is *het aantal medewerkers* bij volledige bezetting. In nieuwe kantoren wordt immers gestreefd naar een volledige bezettingsgraad, door bijvoorbeeld flexplekken, kantoortuinen, etc. Daarnaast is voor het ontwerp van de binneninstallatie het maximaal mogelijke verbruik van belang, als alle werkplekken bezet zijn.

2.2.2 *Functionele ruimtes: type gebruikers en tijdstip gebruik*

In kantoren zijn verschillende functionele 'ruimtes' gedefinieerd afhankelijk van het type waterverbruik, zoals een bijeenkomstruimte of pantry met kantoorpersoneel, een keuken, de schoonmaakploeg en een douche. De functionele ruimtes, de bijbehorende type gebruikers en de bloktijden van bezetting van de

[†] pantry is gekozen als vereenvoudigde benaming van de sanitaire ruimte met toiletten en wastafels en koffieautomaten voor medewerkers en bezoekers

kantoren zijn weergegeven in Tabel 2-1. Op basis van enquêtegegevens van 7 kantoren zijn de bloktijden bepaald van de verschillende gebruikers. Er is hierbij aangenomen dat de schoonmaakploeg aanwezig is in het begin van de avond. Daarnaast is aangenomen dat de mensen alleen 's morgens of 's avonds douchen.

Tabel 2-1 De functionele ruimtes, met bijbehorende type gebruikers en bloktijden voor een kantoor (x =aantal medewerkers).

Functionele ruimte	Type gebruiker	Aantal gebruikers ^a	Bloktijden kantoor			
			$t1$	$t2$	$t3$	$t4$
Bijeenkomstruimte/ pantry	Kantoormedewerkers en bezoekers	variabele x $10\% \cdot x$	8:00	12:15	13:00	17:00
Keuken	Keukenpersoneel	$0,0052 \cdot x + 2,24$	8:30	12:30	13:30	15:00
Fitnessruimte/Douche	Sporters	$1,5\% \cdot x$	7:30	-	-	18:30
Schoonmaak	Schoonmaakteam middag	$0,0265 \cdot x + 0,027$	17:00	-	-	18:30

ad ^a: de uitkomst van elke relatie wordt naar boven afgerond tot een geheel getal.

De variabele in de rekenregels voor het waterverbruik in kantoren is het aantal medewerkers. Het aantal van de andere type gebruikers wordt vervolgens berekend op basis van het aantal medewerkers. Op basis van de zeven enquêtes (Pieterse-Quirijns e.a., 2009) zijn relaties opgesteld die het aantal gebruikers als functie van het aantal medewerkers berekent. In bijlage I is het aantal keukenpersoneel en schoonmakers weergegeven als functie van het aantal medewerkers. Uit de enquêtes bleek tevens dat het aantal bezoekers gemiddeld 10% bedraagt. Ongeveer 1,5% van de medewerkers douchet op kantoor (Tabel 2-1).

Voor de simulatie van het waterverbruik is belangrijk om het percentage vrouwen/mannen te weten binnen de medewerkers op kantoor, door het verschil in toiletgebruik. Mannen kunnen gebruik maken van urinoirs, die een veel lager waterverbruik hebben. Het aandeel vrouwen verschilt sterk van beroep tot beroep. In het bedrijfsleven is 35% van de banen door een vrouw bezet. In niet-commerciële dienstverlening is dit 60% (Langenberg, 2004; van der Valk en Boelens, 2004)). In de toekomst wordt verwacht dat de totale hoeveelheid door vrouwen gewerkte uren niet sterk zal groeien (van Paassen, 2008). Binnen de kantoren betrokken bij de enquêtes varieerde het aantal vrouwen tussen de 20 en 46%. Gemiddeld bedroeg het aantal vrouwen 30%. Dit benadert het percentage gevonden in de literatuur. Omdat bij het laatste onderzoek meer bedrijven zijn betrokken, wordt dit percentage in dit onderzoek toegepast: het percentage vrouwen in kantoren bedraagt 35%. Dit percentage geldt voor zowel medewerkers als bezoekers.

2.2.3 Functionele ruimtes: tappunten

Type tappunten

De tappunten die aanwezig zijn in elke functionele ruimte van een kantoor zijn weergegeven in Tabel 2-2. Voor de tappunten zijn de volumestromen gebruikt uit ISSO 55 (Scheffer, 1994; ISSO-contactgroep 43, 2001). De toegepaste frequentie is afkomstig uit Pieterse-Quirijns e.a. (2009) of afgeleid uit aangenomen gebruik van het tappunt.

Tabel 2-2 Tappunten in de functionele ruimtes van kantoor met de bijbehorende volumestroom, duur van volumestroom, frequentie en temperatuur.

functionele ruimte	tappunt ^a	D (s)	Q (l/s)	freq. (dag ⁻¹)	temp (°C)	opmerkingen
bijeenkomst-ruimte/pantry	wc dames	144	0,042	4	10	Waterbesparende toiletten: 40% volledige tapduur, 60% halve tapduur
	wc heren ^b	144	0,042	1	10	100% doorspoelen
	urinoir	9	0,167	3	10	communicatie Scheffer
	wastafel	16	0,083 ^c	4,5	10	fonteinkraan thuis 0,042
	koffie/thee	4,8	0,042	5	10	
	water drinken	4,8	0,042	3	10	
keuken	keukenkraan koud	15 45	0,167 ^d 0,25	gemiddeld laag	10	frequentie is afhankelijk van aantal couverts én aantal keukenpersoneel
	keukenkraan warm	15 45	0,083 ^d 0,25	gemiddeld laag	55	
	vaatwasmachine patroon	15	0,2 tussen huishoudelijk en industrieel in	varieert	10	frequentie is afhankelijk van aantal couverts én aantal keukenpersoneel ^e
	douche	480	0,12	0,7	40	Niet alle medewerkers maken hier elke dag gebruik van
schoonmaak	koud water	40	0,25	varieert (laag)	10	^f
	warm water	40	0,25	varieert (gemiddeld)	60	

ad ^a: er zijn meerdere toiletgroepen, douches en vaatwasmachines – het gebruik wordt daarover verdeeld, zodat ook gelijktijdig gebruik kan plaatshebben.

ad ^b: de verhouding voor de frequentie van toilet en urinoir gebruik voor mannen is afgeleid uit de gevoeligheidsanalyse beschreven in Pieterse-Quirijns e.a. (2009).

ad ^c: fonteinkraan heeft volumestroom van 0,042 l/s. Aangenomen is dat de wastafels in toiletruimtes in kantoorgebouwen de volumestroom van een wastafel hebben en niet van een huishoudelijk fonteinkraantje.

ad ^d: Aanname dat keukenkraan in het algemeen bij gewone volumestroom wordt toegepast: 0.167 l/s voor koud water en 0.083 l/s voor warm water. In incidentele gevallen wordt de keukenkraan vol open gebruikt voor het vullen van pannen of voor het afsputten van afwas.

ad ^e: de frequentie van de vaatwasmachine is op de volgende manier berekend:

$$F_{dishwasher} = \frac{n_{gasten} \cdot F_{basis}}{N_{keukenpersoneel}}$$

waarin:

$F_{dishwasher}$ = frequentie van de vaatwasmachine tijdens de lunch.

n_{gasten} = aantal gasten in de bedrijfskantine. Op basis van de enquêtes is aangenomen dat 50% van de medewerkers gebruik maakt van de kantine.

F_{basis} = basisfrequentie van de vaatwasser voor lunch, $F_{basis,lunch} = 0,3$
Deze basisfrequentie is geschat op basis van korven van 50x50 cm
 $n_{keukenpersoneel}$ = aantal mensen dat in keuken werkzaam is.
ad ^f: aangenomen wordt dat elke schoonmaker 2 emmers vult met de kraan volledig open (0,25 l/s).

In ISSO 30 wordt aangegeven dat bij 4 van de 5 spoelingen de onderbreking wordt gebruikt (dus in 80% van de gevallen) (ISSO-kontaktgroep 62, 2003). Uit het TNS-NIPO onderzoek van 2007 naar het waterverbruik volgt een percentage van 70% (Foekema e.a., 2008). Beide percentages gelden voor huishoudelijk verbruik. In kantoren wordt aangenomen dat dit percentage lager is: 60% en alleen van toepassing is in damestoiletten.

Aantal tappunten

Het aantal tappunten, of met andere woorden de inrichting van een kantoor als functie van het aantal medewerkers is vastgesteld. Omdat de pantry de belangrijkste bijdrage heeft aan het totale waterverbruik en het patroon van het waterverbruik, moet deze goed bepaald worden. Voor de inrichting van de sanitaire ruimte binnen een kantoor bestaan verschillende richtlijnen. De verschillende richtlijnen zijn weergegeven in bijlage II. De acht richtlijnen zijn toegepast op de kantoren, waarvan een enquête beschikbaar was. Voor kleine kantoren blijkt dat richtlijn 5 van Neufert e.a. (2002) een goede benadering is: voor elke 12 medewerkers een heren- en damestoilet. Dit komt overeen met het bouwbesluit met een bezettingsgraad B2. Tevens past het PvE van sanitair-online deze richtlijn toe, met kwaliteitsniveau 3 als instellingskeuze (richtlijn 8). Het aantal urinoirs is in de praktijk hoger dan $\frac{1}{4}$ van het aantal herentoiletten. Deze richtlijn wordt genoemd in de ARBO richtlijn. In de praktijk wordt in het algemeen eenzelfde hoeveelheid urinoirs geplaatst. De richtlijn voor wastafels is 1 op de 5 toiletten. Dit levert in de praktijk een te klein aantal wastafels op. 1 wastafel per toilet is een richtlijn bij kleine kantoren. Bij grotere kantoren leveren genoemde richtlijnen een overschatting van het aantal toiletten en wastafels. Bij kantoren met meer dan 300 medewerkers kan uitgegaan worden van 1 heren en 1 damestoilet per 18 medewerkers en 1 wastafel per twee toiletten.

Voor kantoren geldt voor de aanwezigheid van wasgelegenheden geen richtlijnen. Alleen bij kantoren met licht vuil tot sterk vuil werk zijn hiervoor richtlijnen gedefinieerd. Het aantal wasgelegenheden is dus afhankelijk van het type bedrijf. Voor het type kantoren in dit project ("office and administration") bestaan geen richtlijnen voor wasgelegenheden (Neufert e.a., 2002).

Het aantal tappunten van de overige apparaten in de pantry of andere functionele ruimtes is bepaald met de relaties weergegeven in bijlage I. Het aantal vaatwasmachines is niet met een relatie weer te geven en is trapsgewijs afhankelijk van het aantal medewerkers. In Tabel 2-3 zijn relaties weergegeven voor het aantal tappunten als functie van het aantal medewerkers, de variabele in de rekenregels voor kantoren.

De verbruiken van bijzondere installaties, zoals luchtbevochtiging, koeltorens, brandslanghaspels, nood- en oogdouches en verbruik voor *Legionella* preventie en dergelijke zijn niet in de ontwerprichtlijnen opgenomen. In de voorkomende gevallen dienen de gevonden kentallen voor het waterverbruik met deze verbruiken te worden vermeerderd.

Tabel 2-3 Het aantal tappunten in elke functionele ruimte van een kantoor als functie van het aantal medewerkers (x).

functionele ruimte	tappunt	relatie als functie van aantal medewerkers x^a		opmerkingen
bijeenkomst-ruimte/pantry	wc dames	$x \leq 300$	$x/12$	
		$x > 300$	$x/18$	
	wc heren	$x \leq 300$	$x/12$	
		$x > 300$	$x/18$	
	urinoir	$x \leq 300$	$x/12$	
		$x > 300$	$x/18$	
wastafel	$x \leq 300$	$2 \cdot x/12$		
	$x > 300$	$x/18$		
	koffie/thee/water	$0,0232 \cdot x + 4,5$		
keuken	keukenkraan koud	$0,0052 \cdot x + 2,24$		
	keukenkraan warm	$0,0052 \cdot x + 2,24$		
	vaatwasmachine			
	x: 0-500	1		
x: 501-1000	2			
x: 1001-1500	3			
fitnessruimte	douche	$0,0132 \cdot x - 0,49$		met randvoorwaarde > 0
schoonmaak	koud water	$0,0265 \cdot x + 0,027$		
	warm water	$0,0265 \cdot x + 0,027$		

ad ^a: de uitkomst van elke relatie wordt naar boven afgerond tot een geheel getal > 1 .

2.2.4 Typologieën binnen kantoren

Door de projectgroep zijn twee typologieën voor kantoren vastgesteld, analoog aan de typologieën die voorkomen in ISSO 55 (ISSO-contactgroep 43, 2001). De kantoortypologieën staan weergegeven in Tabel 2-4. Ze verschillen alleen in het type toilet dat aanwezig is in de pantry. De kantoren met toiletten met een stortbak worden in analogie met ISSO 55, kantoren zonder toiletspoelkraan genoemd.

Tabel 2-4 Kantoortypologieën voor de ontwikkeling van rekenregels voor kantoren binnen de utiliteitsbouw.

kantoor typologie	binneninstallatie pantry	waterverbruik	
		D (s)	Q (l/s)
kantoor A	toilet zonder spoelkraan	144	0,042
kantoor B	toilet met spoelkraan	7,2	0,833 ^a

ad ^a: volumestroom uit ISSO (Scheffer, 1994). Tapduur bij reservoirvolume van 6 liter.

2.3 Hotels

2.3.1 Dominante factor waterverbruik hotels: hotelkamers

Uit de modellering van het waterverbruik in hotels (Pieterse-Quirijns e.a., 2009) bleek dat het waterverbruik in hotelkamers de dominante factor is in de beschrijving van het totale waterverbruik in hotels en het patroon van de volumestroom in de dag. Het waterverbruik in de hotelkamers bedraagt ongeveer 80% van het totale waterverbruik van hotels. Voor het ontwikkelen van de rekenregels is het daarom noodzakelijk om de gebruikers en de binneninstallatie van een hotelkamer nauwkeurig vast te leggen. Bij hotels met een bijzonder karakter, zoals hotels met een congrescentrum of een theater, zal de pantry een bijdrage leveren aan het patroon van het totaal waterverbruik, afhankelijk van de soort gast. Congresgasten en cursisten zullen het verbruik in de loop van de dag verhogen, terwijl theaterbezoekers een verhoogd avondverbruik geven.

De variabele in de rekenregels voor hotels is *het aantal hotelkamers*. De bezetting van de hotelkamers is afhankelijk van het soort hotel. In zakelijke hotels zullen de kamers voornamelijk bezet zijn door 1 persoon, terwijl in toeristische hotels is aangenomen dat 2 personen op een kamer aanwezig zijn. Omdat het aantal hotelkamers de opbouw van een hotel, de benodigde medewerkers en schoonmakers bepaalt, zijn de relaties voor de gebruikers en binneninstallaties in elke functionele eenheid opgesteld voor het aantal hotelkamers, x . Bij een volledige bezetting zal het aantal bezette bedden gelijk zijn aan $2x$ het aantal hotelkamers.

Voor congres- en theaterhotels speelt niet alleen het aantal hotelkamers, maar ook het aantal gasten een rol in het waterverbruik. Om dit waterverbruik mee te nemen in de simulaties is ervoor gekozen om het aantal congres- en hotelgasten afhankelijk te maken van het aantal hotelkamers. De verhouding is gebaseerd op informatie van bestaande conferentie- en theaterhotels. *Het aantal gasten* is dan gelijk aan een congres- of theaterfactor maal het aantal hotelkamers.

2.3.2 Functionele ruimtes: type gebruikers en tijdstip gebruik

In hotels zijn verschillende functionele 'ruimtes' onderscheiden afhankelijk van het soort waterverbruik, zoals hotelkamers met hotelgasten, één of meerdere keukens, een bijeenkomstruimte of pantry[‡] voor het personeel en bezoekers, de schoonmaakploeg en douches buiten de douches op de hotelkamer. De functionele ruimtes, de bijbehorende type gebruikers en de tijdstippen van bezetting of gebruik zijn weergegeven in Tabel 2-5. Met de enquêtegegevens van vier hotels zijn de bloktijden van het keukenpersoneel, de gasten, de schoonmaakploegen en de sporters vastgesteld (Pieterse-Quirijns e.a., 2009).

Het aantal gebruikers per functionele ruimte is een functie van het aantal hotelkamers. Het aantal hotelkamers is gedefinieerd door x . Elke hotelkamer is een tweepersoonskamer. Het maximaal aantal hotelgasten is $2x$. Op basis van de enquêtegegevens zijn relaties opgesteld voor het aantal gebruikers per functionele ruimte als functie van het aantal hotelkamers (Tabel 2-5).

Voor de simulatie van het waterverbruik in de pantry is het belangrijk om het percentage man/vrouw van het hotelpersoneel te weten, door het verschil in toiletgebruik tussen mannen en vrouwen. Uit de enquêtes blijkt dat het aantal mannen en vrouwen werkzaam in hotels 50%:50% bedraagt.

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

Tabel 2-5 De functionele ruimtes, met bijbehorende type gebruikers en bloktijden voor een hotel (x =aantal hotelkamers).

Functionele ruimte	Type gebruiker	Aantal gebruikers ^a	Bloktijden hotel			
			t_1	t_2	t_3	t_4
Hotelkamers ^b	hotelgasten					
	hotelgasten zakelijk ^d	$1,2 \cdot x$	7:00	8:30	9:00	8:00
	hotelgasten toeristisch	$1,8 \cdot x$	8:00	10:00	14:00	8:00
Keuken ^c	keukenpersoneel ^e -ontbijt	$0,0115 \cdot x + 5,6$	6:30	-	-	10:00
	keukenpersoneel-lunch	$0,0115 \cdot x + 5,6$	10:30	-	-	14:00
	keukenpersoneel-diner	$0,0097 \cdot x + 8,0$	15:00	17:00	20:00	22:30
Bijeenkomst ruimte/pantry ^c	hotelpersoneel ^f (stand.) ^g	$0,126 \cdot x + 23,6$	8:00	10:00	20:00	23:00
	(spec.) ^h	$0,126 \cdot x + 23,6 + 0,075 \cdot y^i$				
	bezoekers (personeel + bezoekers = z in Tabel 2-7)	35% van personeel				
	bezoekers-cursist	$y_{con} = 1,5 \cdot x$	9:00	12:00	14:00	16:00
	bezoekers-theater	$y_{theater} = 5 \cdot x$	19:30	21:30	22:00	23:00
Schoonmaak ^c	schoonmaakteam (stand.)	$0,063 \cdot x + 2,8$	9:00	-	-	15:00
	(spec.)	$0,063 \cdot x + 2,8 + 0,0026 \cdot y$				
Douche ^c	sporters	$10\% \cdot x$	8:30	-	-	18:00

ad ^a: de uitkomst van elke relatie wordt naar boven afgerond tot een geheel getal.

ad ^b: patroon huishoudelijk verbruiker = tijd opstaan, tijd vertrek, duur afwezig, duur slaap (zie bijlage III).

ad ^c: patroon niet-huishoudelijk verbruiker = tijd start, tijd start piek, tijd stop piek, tijd einde.

ad ^d: in een zakelijk hotel zijn de meeste kamers bezet door 1 persoon (80% 1 persoon, 20% 2 personen). In een toeristisch hotel zijn de meeste kamers bezet door 2 personen (20% 1 persoon, 80% 2 personen).

ad ^e: het aantal medewerkers in de keuken is afgeleid van enquêtes van hotels met meer dan 100 kamers. Voor hotels met minder dan 50 kamers is aangenomen dat er één persoon in de keuken werkzaam is en voor het diner 2.

ad ^f: het hotelpersoneel is afgeleid uit enquêtes van hotels met meer dan 100 kamers. Dit resulteert in kleine hotels tot te veel personeel. Voor hotels met minder dan 50 kamers is daarom aangenomen dat 0.5 van het aantal kamers bestaat uit gebruikers van de pantry, waarvan dan $\frac{3}{4}$ bestaat uit hotelpersoneel.

ad ^g: stand. betekent een hotel met alleen hotelgasten.

ad ^h: spec. betekent een hotel met speciaal karakter, zoals een congresshotel of een theaterhotel.

ad ⁱ: y is het aantal gasten dat aanwezig is voor congres of theater. De verhouding cursist of theaterbezoeker ten opzichte van het aantal hotelkamers is vastgesteld met behulp van informatie van internet over conferentie- en theaterhotels.

2.3.3 Functionele ruimtes: tappunten

Type tappunten

De tappunten die aanwezig zijn in elke functionele ruimte van een hotel zijn weergegeven in Tabel 2-6 met hun specificaties.

Tabel 2-6 Tappunten in de functionele ruimtes van een hotel met de bijbehorende volumestroom, duur van volumestroom, frequentie en temperatuur.

functionele ruimte	tappunt	D (s)	Q (l/s)	freq. (dag ⁻¹)	temp (°C)	opmerkingen	
hotelkamer	wc	144	0,042	4	10	Waterbesparende toiletten: 30% volledige tapduur, 70% halve tapduur ^a	
	douche	300-420 ^c	0,12	1,2 ^d	38		
	comfortdouche ^b	300-420	0,365	1,2	38		
	wassen	40	0,083	1,2	38		
	tandenpoetsen	15	0,083	2,4	10		
	overig	45	0,083	2,4	10		
	bad standaard	600	0,2	0,2-0,4 ^e	40		
	bad lux	600	0,25	0,2-0,4	40	groter bad	
bijeenkomst-ruimte/pantry	wc dames	144	0,042	4 ^f	10	Waterbesparende toiletten: 40% volledige tapduur, 60% halve tapduur	
	wc heren	144	0,042	1	10		
	urinoir	9	0,167	3	10		
	wastafel	16	0,083	4,5	10		
	koffie/thee	4,8	0,042	5	10		
	water drinken	4,8	0,042	3	10		
	keuken	keukenkraan koud1	15	0,167	varieert: gemiddeld	10	frequentie is afhankelijk van aantal couverts én aantal keukenpersoneel
koud2		45	0,25	laag			
keukenkraan warm1		15	0,083	varieert: gemiddeld	55	keukenpersoneel	
warm2		45	0,25	laag			
vaatwas machine patroon		15	0,2	varieert	10	frequentie is afhankelijk van aantal couverts én aantal keukenpersoneel ^g	
schoonmaak		koud water	40	0,25	varieert (laag)	10	^h
		warm water	40	0,25	varieert (hoog)	40	
douche	douche	480	0,12	0,7	38		

ad ^a: het percentage dat gebruik maakt van de waterbesparende toilet is gelijk aan huishoudens, aangenomen dat het gedrag in hotelkamers vergelijkbaar is met thuissituatie. Gemiddeld 69% van de mensen gebruikte in 2007 de spoelonderbreking (Foekema e.a., 2008).

ad ^b: de soort douche aanwezig in een hotelkamer is afhankelijk van de luxe van het hotel. De gevoeligheid van het voorspelde waterverbruik voor het type douche is beschreven in Pieterse-Quirijns e.a. (2009).

ad ^c: duur van het douchen in hotel is afkomstig uit enquête van TVVL congres: gemiddeld 5 minuten. Aangenomen wordt dat toeristen langer douchen: gemiddeld 7 minuten.

ad ^d: de frequentie van het douchegebruik is afgeleid uit de enquête van het TVVL congres. Elke hotelgast douchet dagelijks. Onduidelijk is hoe vaak een hotelgast 2x per dag douchet.

ad ^e: de frequentie van het badgebruik is afkomstig uit de enquête van het TVVL congres: 0,28 of 0,4. Aangenomen is dat in een zakelijk hotel de frequentie 0,2 is en in een toeristisch hotel 0,4.

ad f: de frequentie van toiletbezoek in het theater is gesteld op 2 (per bezoeker).
 ad g: de frequentie van de vaatwasmachine is op de volgende manier berekend:

$$F_{dishwasher,G} = \frac{n_{gasten,G} \cdot F_{basis,G}}{n_{keukenpersoneel}}$$

waarin:

G = soort gang in restaurant, ontbijt, lunch, diner
 $F_{dishwasher,G}$ = frequentie van de vaatwasmachine voor gang G
 $n_{gasten,G}$ = aantal gasten dat deelneemt aan de gang G
 $n_{gasten, ontbijt}$ = 90% van aantal hotelkamers
 $n_{gasten, lunch}$ = 50% van aantal ontbijtgasten + aantal cursisten
 $n_{gasten, diner}$ = 50% van aantal ontbijtgasten + 10% aantal theaterbezoekers
 $F_{basis,G}$ = basisfrequentie van de vaatwasser voor gang G
 $F_{basis,ontbijt}$ = 0,2
 $F_{basis,lunch}$ = 0,3
 $F_{basis,dinner}$ = 0,5
 Deze basisfrequenties zijn geschat op basis van korven van 50x50 cm.
 $n_{keukenpersoneel}$ = aantal mensen dat in keuken werkzaam is.
 ad h: aangenomen is dat elke schoonmaker 15x een emmer vult.

Op 25 en 26 september 2009 is tijdens een TVVL congres een enquête gehouden onder de hotelgasten om de frequentie van douche- en badgebruik vast te stellen. Het TVVL congres vond plaats van vrijdagavond 17:00 tot zaterdagochtend. Om 19:00 was er een feest op een andere locatie, waarvan de eersten rond 0:45 terugkwamen in het hotel. Vanaf 8:00 was er ontbijt, gevolgd door vertrek. Er zijn 46 enquêtes ingevuld. De hotelkamers waren voor 24% bezet door 1 persoon en 76% door 2 personen. Het douche- en badgebruik waren duidelijk gerelateerd aan de aankomst in de kamer (voor vertrek naar het feest en bij thuiskomst van het feest) en naar bed gaan en opstaan. Niet in elke kamers is een bad aanwezig. 33% van de kamers heeft een bad. Dit geeft een vertekend beeld van de vastgestelde frequentie van douche- en badgebruik:

- hoe vaak men een bad gebruikt in een hotelkamer is niet vast te stellen
- de frequentie van het douche gebruik is ook twijfelachtig, omdat men nu wellicht vaker douchet omdat er geen bad aanwezig is. Als men in bad gaat, gaat men mogelijk niet onder de douche.
- daarnaast staat in de enquête de tijd verdeeld in uren om aan te geven in welke periode men douchet of in bad gaat. De periode 0-7 uur staat als één blok omdat er van uitgegaan was dat men dan slaapt. Echter het programma van het TVVL congres was zodanig, dat men na 12 uur 's nachts terug in het hotel kwam en daarna douchte of in bad ging. Het geeft aan dat mensen bij terugkomst in het hotel gaan douchen of in bad gaan.

Daarnaast bestrijkt het congres vrijdagavond en zaterdagochtend. Omdat het congres niet een gehele dag beslaat is niet vast te stellen of men 1 of 2x per dag douchet. In ieder geval douchet iedereen zaterdagochtend. Op vrijdagavond douchet 35% van de aanwezigen bij aankomst in het hotel, voorafgaand aan of na het feest. Omdat dit percentage misschien minder is als er een bad aanwezig is, is de frequentie gesteld op 1,2. De gemiddelde tijdsduur is 5 minuten. De spreiding is groot.

Ondanks deze kanttekeningen is uit de enquête afgeleid dat zakelijke hotelgasten gemiddeld 5 minuten douchen met een frequentie van 1,2. De frequentie voor badgebruik is 0,2. Toeristen douchen langer (7 minuten) en gaan vaker in bad (frequentie is 0,4). Daarnaast bevestigt de enquête het huishoudelijk gedrag van een hotelgast, namelijk dat rond opstaan en naar bed gaan gedoucht wordt.

Aantal tappunten

Het aantal tappunten in een hotel oftewel de inrichting van elk hotel is afhankelijk van het aantal hotelkamers en het aantal medewerkers en gasten. Het aantal medewerkers is volgens de relatie in Tabel 2-5 gerelateerd aan het aantal hotelkamers. De inrichting van de sanitaire ruimtes in de pantry is afhankelijk van de mensen die hiervan gebruik maken. In standaard hotels maken het personeel en de bezoekers gebruik van de pantry. Voor het aantal benodigde toiletten zijn dezelfde richtlijnen gebruikt

als in een kantoor. Per 12 mensen aan personeel plus bezoekers is er 1 herentoilet, 1 damestoilet en 1 urinoir. Voor congres- en theatergasten in de speciale hotels is de richtlijn van Neufert e.a. (2002) toegepast: 1 toilet per 100 mensen, waarvan 1/3 voor herentoilet en 2/3 voor damestoilet. Het aantal urinoirs is gelijk aan het aantal herentoiletten. Het aantal wastafels is gelijk aan het aantal toiletten.

Het aantal tappunten van de overige apparaten is vastgesteld met behulp van de vier enquêtes. De nauwkeurigheid van deze relaties is niet hoog door de beperktheid van het aantal punten. Echter door de lage bijdrage aan het totale waterverbruik en aan het patroon van de volumestroom in hotels is een indicatie voldoende. In Tabel 2-7 zijn de relaties weergegeven voor het aantal tappunten aanwezig in een hotel als functie van het aantal hotelkamers en het aantal gasten.

Tabel 2-7 Het aantal tappunten in elke functionele ruimte van een hotel als functie van het aantal hotelkamers (x), het aantal gasten van congres of theater (y) of het aantal medewerkers plus bezoekers in de pantry (z).

functionele ruimte	tappunt	relatie als functie van het aantal hotelkamers x , gasten y en/of personeel-bezoekers z ^a	opmerkingen
hotelkamer	wc	x	
	(comfort)douche	x	
	wastafel	x	
	bad	x	
bijeenkomst-ruimte/pantry	wc dames		
	(stand.) ^b	$z/12$ ^d	
	(spec.) ^c	$z/12 + 2/3 \cdot y/100$	
	wc heren		
	(stand.)	$z/12$	
	(spec.)	$z/12 + 1/3 \cdot y/100$	
	urinoir		
	(stand.)	$z/12$	
	(spec.)	$z/12 + 1/3 \cdot y/100$	
	wastafel	aantal herentoiletten + aantal damestoiletten	
koffie/thee/water	$0,008 \cdot z + 5,2$		
keuken	keukenkraan koud	3	
	keukenkraan warm	3	
	vaatwasmachine	4	
schoonmaak	koud water		
	(stand.)	$0,063 \cdot x + 2,8$	
	(spec.)	$0,063 \cdot x + 2,8 + 0,0026 \cdot y$	
	warm water		
(stand.)	$0,063 \cdot x + 2,8$		
(spec.)	$0,063 \cdot x + 2,8 + 0,0026 \cdot y$		
douche	douche	$0,0214 \cdot z_{pers} + 1,67$	z_{pers} aantal medewerkers

ad ^a: de uitkomst van elke relatie wordt naar boven afgerond tot een geheel getal.

ad ^b: stand. betekent een hotel met alleen hotelgasten.

ad ^c: spec. betekent een hotel met speciaal karakter, zoals een congreshotel of een theaterhotel.

ad ^d: In Tabel 2-5 is de relatie gegeven van y en z als functie van het aantal hotelkamers voor een standaard hotel en voor een hotel met een speciaal karakter.

Hotels behoren door hun logiesfunctie bij prioritaire instellingen. Bij aerosolvormende tappunten, dit zijn tappunten waarmee water kan worden gespreid of verneveld, moet volgens het Waterleidingbesluit, hoofdstuk IIIC, *Legionellapreventie* toegepast worden. Op basis van een

beheersplan, dat per hotel opgesteld wordt, wordt de vorm van *Legionellapreventie* vastgesteld. In ISSO 55.1 (ISSO-contactgroep 63, 2005) worden de richtlijnen voor *Legionellapreventie* beschreven. Voor het opstellen van de rekenregels is het waterverbruik voor *Legionellapreventie* niet meegenomen. Het berekende waterverbruik kan indien nodig met het waterverbruik voor *Legionellapreventie* vermeerderd worden.

2.3.4 Typologieën binnen hotels

Door de projectgroep zijn vier typologieën vastgesteld voor de hotels: lux zakelijk hotel, standaard toeristisch hotel en hotel met een speciaal karakter: een congres- en een theaterhotel. Omdat een congreshotel voornamelijk daggasten heeft en een theaterhotel avondgasten zijn binnen de typologieën beide hotels opgenomen. Omdat niet alleen de installatie op de hotelkamer, maar ook het type hotelgast invloed heeft op het waterverbruik, zijn twee extra hoteltypes meegenomen: standaard zakelijk hotel en een lux toeristisch hotel. De hoteltypologieën zijn weergegeven in Tabel 2-8. Het verschil in de hotels is aanwezig in de inrichting van de hotelkamer (het type gast en de luxe) en de aanwezigheid van gasten, die extra personeel en sanitair in de pantry met zich meebrengen.

Tabel 2-8 Hoteltypologieën voor de ontwikkeling van rekenregels voor hotels binnen de utiliteitsbouw.

type hotel	inrichting hotelkamer		gasten	
	gebruiker	binneninstallatie	dag	avond
hotel A (lux zakelijk hotel)	hotelgast zakelijk 1,2 p/kamer ^a	lux: comfortdouche en groot bad	-	-
hotel B (standaard toeristisch hotel)	hotelgast toerist 1,8 p/kamer	standaard: spaadouche en standaard bad	-	-
hotel C (congreshotel)	hotelgast werk 1,2 p/kamer	standaard: spaadouche en standaard bad	congresgasten	-
hotel D (theaterhotel)	hotelgast vakantie 1,8 p/kamer	lux: comfortdouche en groot bad	congresgasten	theaterbezoekers
hotel E (standaard zakelijk hotel)	hotelgast werk 1,2 p/kamer	standaard: spaadouche en standaard bad		
hotel F (lux toeristisch hotel)	hotelgast vakantie 1,8 p/kamer	lux: comfortdouche en groot bad		

ad ^a: in een zakelijk hotel zijn de meeste kamers bezet door 1 persoon (80% 1 persoon, 20% 2 personen). In een toeristisch hotel zijn de meeste kamers bezet door 2 personen (20% 1 persoon, 80% 2 personen).

ad ^b: de hotelgasten verschillen in doucheduur en frequentie van het badgebruik zoals weergegeven in Tabel 2-6. Daarnaast staan toeristen later op en zijn langer afwezig (Tabel 2-5).

2.4 Zorginstellingen

2.4.1 Dominante factor waterverbruik zorginstellingen: aantal bedden

Uit de modellering van het waterverbruik in zorginstellingen (Pieterse-Quirijns e.a., 2009) bleek dat er geen dominante functionele ruimte is voor het patroon van het waterverbruik en het totaal waterverbruik van zorginstellingen, zoals bij kantoren en hotels. In het totaal waterverbruik dragen vooral de verpleegafdelingen bij en het personeel en de bezoekers in de pantry[§]. Het wassen van de

[§] pantry is gekozen als vereenvoudigde benaming van de sanitaire ruimte met toiletten en wastafels en koffieautomaten voor personeel en bezoekers

verpleegden in de ochtend zorgt voor de piek in het patroon van het waterverbruik. Gemiddeld zorgt het algemene waterverbruik op de verpleegafdeling voor 30-45% van het totaal waterverbruik, het wassen voor ongeveer 15% en het waterverbruik in de pantry voor 25-35%. Aanleunwoningen of bejaardenwoningen zorgen voor een ander patroon in het waterverbruik van een zorginstelling, door het huiselijk gedrag in een bejaardenwoning.

Omdat het aantal verpleegden bepaalt hoeveel personeel en hoeveel bezoekers aanwezig is en tevens de inrichting van een zorginstelling vastlegt, is de variabele in de rekenregels voor het waterverbruik in een zorginstelling *het aantal bedden* bij volledige bezetting

2.4.2 Functionele ruimtes: type gebruikers en tijdstip gebruik

In zorginstellingen zijn verschillende functionele 'ruimtes' gedefinieerd afhankelijk van het type waterverbruik, zoals bejaardenwoningen met zelfstandige bewoners, verpleegafdelingen met zorgbehoevende mensen (verpleegden), afdelingskeuken met afdelingspersoneel, pantry met toiletten voor personeel en bezoekers, een centrale keuken en de 'technische ruimte' met schoonmaak, wasserij, en kapsalon. De functionele ruimtes, de bijbehorende type gebruikers en de bloktijden van de bezetting van de zorginstellingen is weergegeven in Tabel 2-9.

De variabele in de rekenregels voor het waterverbruik in zorginstellingen is het aantal bedden (x). Het aantal van de andere type gebruikers wordt vervolgens vastgesteld op basis van het aantal bedden. Er is slechts één enquête beschikbaar met gegevens van een zorginstelling. Uit de validatie voor het waterverbruik van zorginstellingen in Pieterse-Quirijns e.a. (2009) bleek dat op basis van deze enquête en summere gegevens van de website van zorginstellingen het waterverbruik goed voorspeld kon worden op basis van aannames. Met deze enquête van een zorginstelling en richtlijnen vanuit de maatstaven voor de zorg zijn relaties opgesteld. Ze zijn weergegeven in Tabel 2-9. Uit de enquête blijkt dat er per bed 1,1 FTE aanwezig is. Dit komt overeen met de bouwmaatstaven van de zorginfrastructuur, waarin aangegeven is dat er 1 FTE is per 6 geïndiceerden (Werkcommissie Verpleging en Verzorging, 2001). Wanneer uitgegaan wordt van 4 shifts en extra personeel op kantoor, komt dit ongeveer overeen met 1,1 FTE per bed. In een zorginstelling met bejaardenwoningen zal dit aantal FTE minder zijn. Aangenomen is dat het personeel in een woon-zorgcombinatie de helft bedraagt van het personeel in een verpleeghuis. Het aantal bezoekers is aangenomen op basis van praktische overwegingen: 25% van de helft van de bedden.

Het personeel in de afdelingskeuken is gelijk aan het aantal afdelingskeukens in een zorginstelling. In Neufert e.a. (2002) is aangegeven dat er per 8-10 mensen een gemeenschappelijke lounge of keuken aanwezig is. Samen met de gegevens in de enquête en de validatie leidt dit tot de richtlijn dat het aantal afdelingskeukens gelijk is aan 1 per 10 kamers, voor zorginstellingen met zalen met 4 personen of een combinatie van eenpersoons- en vierpersoonskamers. Voor zorginstellingen met uitsluitend eenpersoonskamers is de richtlijn 1 keuken per 20 kamers. Voor zorginstellingen met bejaardenwoningen met zelfstandige bewoners is dit aantal gelijk aan 1 keuken per 20 bejaardenwoningen. Dit komt overeen met 1 keuken per 30 bedden.

Het waterverbruik in de pantry wordt bepaald door het toiletbezoek van personeel en bezoekers. Omdat de toiletgebruik tussen mannen en vrouwen verschillend is, is het van belang om het percentage man/vrouw te weten binnen een zorginstelling. In medische beroepen bedraagt het aantal vrouwen tussen de 70 en 88% (van der Vlak en Boelens, 2004). Uit de enquête blijkt dat 80% van het personeel vrouw is. Dit percentage is in de ontwikkeling van de rekenregels aangehouden.

Tabel 2-9 De functionele ruimtes met bijbehorende type gebruikers en bloktijden van een zorginstelling (x =aantal bedden).

Functionele ruimte	Type gebruiker	Aantal gebruikers ^a	Tijdstippen en -duur zorginstellingen			
			t1	t2	t3	t4
Bejaardenwoning ^b	senioren	variabele x	8:00	13:00	10:00	8:00
Verpleegafdeling ^c	verpleegden-algemeen	variabele x	6:30	7:30	22:00	22:30
	verpleegden-wassen	variabele x	6:30	8:00	9:30	10:30
Afdelingskeuken ^c	personeel algemeen (alg. ^d)	$k/10^f$	6:00	7:00	22:00	22:30
	(woon-zorgcomb. ^e)	$k/20$				
	personeel-ontbijt (alg.)	$k/10$	7:00			9:00
	personeel-lunch (alg.)	$k/10$	12:00			14:00
	personeel-avond (alg.)	$k/10$	18:00			20:00
Bijeenkomst-ruimte/pantry ^c	personeel (alg.)	$1,1 \cdot x$	6:00	8:00	21:00	22:00
	(woon-zorgcomb.) ^g	$0,5 \cdot (1,1 \cdot x)$				
	bezoekers	$25\% \cdot x/2$				
Centrale keuken ^c	keukenpersoneel	1^h	7:00	11:30	14:30	22:30
Technische ruimte ^c Schoonmaak Kapsalon Wasserette	personeel	1^h	9:00			16:00

ad ^a: de uitkomst van elke relatie wordt naar boven afgerond tot een geheel getal.

ad ^b: patroon huishoudelijk verbruiker = tijd opstaan, tijd vertrek, duur afwezig, duur slaap. In een bejaardenwoning wonen 1 of 2 senioren (zie bijlage III)

ad ^c: patroon niet-huishoudelijk verbruiker = tijd start, tijd start piek, tijd stop piek, tijd einde.

ad ^d: alg. betekent een algemene zorginstelling/verpleeghuis zonder bejaardenwoningen.

ad ^e: woon-zorgcombinatie betekent een zorginstelling met appartementen met redelijk zelfstandige senioren. De afdelingskeuken wordt dan voornamelijk voor algemeen gebruik door het personeel gebruikt.

ad ^f: aantal keukens is afhankelijk van het aantal kamers. Het aantal kamers is afhankelijk van het type zorginstelling, bestaande uit eenpersoonskamers, vierpersoonskamers of een combinatie van beide (paragraaf 2.4.4). k is het aantal kamers aanwezig in de zorginstelling. Voor een verpleeghuis met eenpersoonskamers en voor een woon-zorgcombinatie is het personeel in afdelingskeuken gelijk aan het aantal bejaardenwoningen of kamers/20.

ad ^g: aangenomen is dat in een woon-zorgcombinatie minder personeel aanwezig is, namelijk de helft van het personeel in een verpleeghuis.

ad ^h: virtuele gebruikers werkzaam in de centrale keuken en technische ruimte. Deze is gekoppeld aan het variabele aantal en de variabele frequentie van de apparaten in deze functionele ruimtes.

2.4.3 Functionele ruimtes: tappen

Type tappen

De tappen die aanwezig zijn in elke functionele ruimte zijn weergegeven in Tabel 2-10 met hun specificaties. De binneninstallatie van een bejaardenwoning komt overeen met de binneninstallatie van een seniorenappartement (Blokker, 2006a).

Tabel 2-10 Tappunten in de functionele ruimtes van een zorginstelling met de bijbehorende volumestroom, duur van volumestroom, frequentie en temperatuur.

functionele ruimte	tappunt	D (s)	Q (l/s)	freq (per dag)	temp (°C)	opmerkingen
Bejaarden woning	keuken mengkraan aanrecht					
	consumptie	15	0,167	4	10	
	afwassen	45	0,25	2	55	
	handen wassen	13,	0,167	2	10	
	overig gebruik	48	0,167	1	10	
	wc	144	0,042	7	10	Water-besparende toiletten ^a
	douche	438	0,12	0,54	38	
	badkamerkraan			4		
	wassen	40	0,083	1	38	
	tandenpoetsen	15	0,083	3	10	
wasmachine	patroon			0,32	10	
Verpleegafdeling algemeen	wc	144	0,042	6	10	geen gebruik spoelonderbreking
	wastafel kamer					
	handen koud wassen	15	0,083	4	10	
	handen warm wassen	30	0,083	4	40	
	tanden poetsen	15	0,083	2	10	
	overig wastafel	45	0,083	2	40	
	Bedpan ^b			0,6		
	urinaal spoelen warm	10	0,866	0,3	10	uit ISSO 55
	urinaal spoelen koud	20	0,866	0,3	60	
	Verpleegafdelingen wassen	wassen door personeel incl. wasbekken spoelen	120	0,12	0,5	60
zelf wassen bij wastafel		120	0,083	0,5	40	
douche		480	0,12	0,2	38	
Keuken ^c	keukenkraan					frequentie varieert voor ontbijt, lunch en avond en algemeen gebruik overdag
	koud1	15	0,167	gem.	10	
	koud2	45	0,25	laag	10	
	warm1	15	0,083	gem.	55	
	warm2	45	0,25	laag	55	
vaatwasser patroon	15	0,2	var	10		

functionele ruimte	tappunt	D (s)	Q (l/s)	freq (per dag)	temp (°C)	opmerkingen
Bijeenkomst ruimte/ pantry	wc	144	0,042	4	10	geen gebruik spoelonderbreking
	wastafel					
	koud	15	0,083	4,5	10	
	warm	15	0,083	4,5	40	
	automaat koffie/thee	4,8	0,042	5	10	
	automaat water	4,8	0,042	3	10	
Technische ruimte	Schoonmaak ^d					
	koud	40	0,25		10	
	warm	40	0,25		60	
	Wasserij ^e			var		
	wm1 koud	patroon	0,5		10	patroon gebaseerd op specificaties
	wm1 warm		0,5		60	
	Kapsalon ^f					
	koud	40	0,12	10	10	
warm	40	0,12	30	40		

ad ^a: waterbesparende toiletten: 40% volledige tapduur, 60% halve tapduur met de aanname dat bejaarden minder gebruik maken van de waterbesparende functie.

ad ^b: de volumestroom van de bedpanspoeler zijn aanwezig in ISSO 55 en ISSO (1994). De tijdsduur is afgeleid uit het waterverbruik van de bedpanspoeler (www.lospital.nl). De frequentie is afgeleid uit de beschikbare enquête, met de aanname dat toiletbezoek op bedpan dezelfde frequentie heeft als gewoon toiletbezoek.

ad ^c: er zijn twee type keukens: de centrale keuken en de afdelingskeuken.

ad ^d: elke schoonmaker vult steeds twee emmers, waarmee vijf kamers worden schoongemaakt (incl. douche en toilet). Daarnaast worden er extra emmers gevuld voor de keuken, het restaurant, de pantry. De frequentie kan dan als volgt berekend worden:

$$F_{\text{schoonmaak}} = \frac{2 \cdot k / 5 + 6}{n_{\text{schoonmaker}}}$$

ad ^e: aanname dat zorginstelling beschikking heeft over een grote wasmachine van 33 kg (Pieterse-Quirijns e.a., 2009).

ad ^f: de volumestroom in de kapsalon is vergelijkbaar met die voor douchen.

Aantal tappunten

Het aantal tappunten of de inrichting van de functionele ruimtes binnen een zorginstelling is afhankelijk van het aantal bedden in de zorginstelling. Het personeel en de bezoekers maken gebruik van de sanitaire ruimtes in de pantry. Het aantal medewerkers en het aantal bezoekers is daarom belangrijk voor de inrichting van de pantry. Dit aantal is gerelateerd aan het aantal bedden volgens de relatie gegeven in Tabel 2-9. Voor het aantal benodigde toiletten zijn dezelfde richtlijnen gebruikt als in een kantoor. Per 12 mensen aan personeel plus bezoekers is er 1 herentoilet en 1 damestoilet. Uit de enquête van de zorginstelling blijkt dat er geen urinoirs in de pantry aanwezig zijn. Het aantal wastafels is gelijk aan het aantal toiletten. Ook voor het aantal koffie automaten wordt de richtlijn die voor kantoren geldt aangehouden.

Het aantal tappunten op de verpleegafdeling is afhankelijk van het type zorginstelling en wordt weergegeven in paragraaf 2.4.4.

Voor het aantal wasmachines in een zorginstelling is gebruik gemaakt van richtgetallen uit Neufert e.a. (2002). De wekelijkse hoeveelheid wasgoed in een zorginstelling is afhankelijk van het type patiënt:

- woon-zorginstelling: 3 kg/bed
- verpleeghuis: 8 kg/bed
- zorginstelling met incontinentie patiënten: 25 kg/bed

Aangenomen wordt dat de hoeveelheid was gemiddeld gelijk is aan 10 kg wasgoed per bed in een verpleeghuis en 3 kg in een woon-zorgcombinatie. Het aantal wasmachines kan dan berekend worden met het aantal patiënten, de inhoud van de trommel en de frequentie van gebruik. Het professionele wassen van het wasgoed kan door de zorginstelling uitbesteed worden. In de rekenregels wordt ervan uitgegaan dat het wassen in de zorginstelling gebeurt. De reden hiervoor is dat er een trend bestaat om de bewoners zoveel mogelijk nog te betrekken bij activiteiten en dat bewoners zoveel mogelijk zelfstandig en betrokken willen blijven (www.bedrijfswasmachine.nl). De afmeting van wasmachines varieert van 5 -120 kg aan capaciteit. Meeste types hebben een capaciteit rond de 20 tot 50 kg. Uitgegaan wordt van 33 kg capaciteit uit Pieterse-Quirijns e.a. (2009), omdat hiervan ook de specificaties bekend zijn qua waterverbruik.

Het aantal bedpanspoelers is gelijk aan het aantal afdelingkeukens in de zorginstelling, aangenomen dat per afdeling de bedpannen worden gespoeld.

Het aantal tappunten van de overige apparaten is vastgesteld met behulp van de enquête van de zorginstelling, de website informatie en de gebruikte inrichting van drie zorginstellingen bij de validatie (Pieterse-Quirijns e.a., 2009). De nauwkeurigheid van deze relaties is niet hoog door de beperkte informatie die beschikbaar is. Echter uit de validatie bleek dat het voldoende was voor een goede voorspelling van het totale waterverbruik en van het patroon van de volumestroom in drie van de vier zorginstellingen.

In Tabel 2-11 zijn de relaties weergegeven voor het aantal tappunten aanwezig in een zorginstelling als functie van het aantal bedden.

Zorginstellingen behoren bij prioritaire instellingen waar *Legionellapreventie* moet worden toegepast. Door de risicovolle groep in de zorginstellingen moet dit zorgvuldig gebeuren. Voor het opstellen van de rekenregels voorzorginstellingen is het waterverbruik voor *Legionellapreventie* niet meegenomen. Het berekende waterverbruik kan indien nodig met het waterverbruik voor *Legionellapreventie* vermeerderd worden.

Tabel 2-11 Het aantal tappunten in elke functionele ruimte van een zorginstelling als functie van het aantal bedden in de zorginstelling (x) of het personeel plus bezoekers (z).

functionele ruimte	tappunt	relatie als functie van het aantal bedden x^a	opmerkingen
Bejaardenwoning ^b	keuken	$x/1,5$	koud en warm
	mengkraan		
	wc	$x/1,5$	
	douche	$x/1,5$	
	badkamerkraan	$2 \cdot x/1,5$	
	wasmachine	$x/1,5$	
Verpleegafdeling algemeen	wc	afhankelijk van type zorginstelling	
	wastafel kamer	afhankelijk van type zorginstelling	
	bedpanspoeler	afhankelijk van type zorginstelling: 1 per afdelingskeuken ^c	
	douche	afhankelijk van type zorginstelling	
Afdelingskeuken	keukenkraan	afhankelijk van type zorginstelling: 1 per afdelingskeuken ^c	koud en warm
	vaatwasser	afhankelijk van type zorginstelling: 1 per afdelingskeuken ^c	
Bijeenkomst ruimte/ pantry	wc dames	$z / 12^d$	
	wc heren	$z / 12$	
	wastafel	$2 \cdot z / 12$	
	automaat koffie/thee/water	$0,0232 \cdot z + 4,5$	
Centrale keuken	keukenkraan koud	X^e	
	keukenkraan warm	X^e	
	vaatwasser	X^e	
Technische ruimte	Schoonmaak koud		
	$x: 0-100$	10	
	$x: 100-150$	15	
	$x: 150-200$	20	
	Schoonmaak warm		
	$x: 0-100$	10	
	$x: 100-150$	15	
	$x: 150-200$	20	
	Wasserij ^f	$x \cdot W_{dag}$	
		$\frac{I_{trommel} \cdot F_{wasmachine}}$	
Kapsalon	1		

ad ^a: de uitkomst van elke relatie wordt naar boven afgerond tot een geheel getal.

ad ^b: in een bejaardenwoning wonen 1 of 2 senioren. Het aantal bejaardenwoningen is dus het aantal bedden/1,5.

ad ^c: het aantal afdelingskeukens is afhankelijk van het type zorginstelling en is weergegeven in Tabel 2-12.

ad ^d: In Tabel 2-9 is de relatie gegeven van z als functie van het aantal bedden voor een algemene zorginstelling en een zorginstelling met bejaardenwoningen.

ad ^e: het aantal tappunten is gedefinieerd via de variabele frequentie van het gebruik van deze tappunten (gelijk aan k)

ad ^f: het aantal wasmachines is gelijk aan de hoeveelheid wasgoed per dag (W) maal het aantal bedden, gedeeld door de inhoud van de trommel in kg en het aantal keren dat de wasmachine per dag draait. Er is aangenomen dat er 5 dagen per week gewassen wordt. W_{dag} is dan gelijk aan 2 kg per dag voor een verpleeghuis en 0,6 kg per dag voor een woon-zorgcombinatie. Het aantal wasmachines is berekend met een frequentie van 6 wasbeurten per dag

(cyclus duurt 48 minuten). Dit getal wordt naar boven afgerond tot een geheel getal. Vervolgens is de exacte frequentie berekend aan de hand van de hoeveelheid wasgoed.

2.4.4 Typologieën binnen zorginstellingen

Door de projectgroep zijn drie typologieën voor de zorginstellingen vastgesteld, namelijk verpleeghuizen met een variërend aantal bedden per kamer. De inrichting van of het aantal tappunten in een verpleeghuis is sterk afhankelijk van het aantal personen op een kamer. De reden om voor dit onderscheid in verpleeghuizen te maken is de huidige trend in de gezondheidszorg. De patiënten laten een veranderende houding zien. Ze zijn steeds meer actief bij het eigen zorgproces betrokken, zijn een mondige zorgconsument, met andere verwachtingen aangaande de privacy en continuering van de persoonlijke levensstijl, de kwaliteit en beschikbaarheid van voorzieningen op de kamer en erbuiten, autonomie en zelfredzaamheid. Hierdoor wordt steeds meer gestreefd naar individuele sanitaire voorzieningen (van der Schee, 2009; College bouw ziekenhuisvoorzieningen, 2003). In de bouwmaatstaven wordt daarnaast aangegeven dat de ontwikkelingen met betrekking tot huisvesting gericht zijn op drie - of vierpersoonskamers. De typologieën binnen de verpleeghuizen zijn daarom opgesplitst in verpleeghuizen met eenpersoonskamers, met vierpersoonskamers, en een combinatie van beide. In de laatste typologie komen evenveel eenpersoons- als vierpersoonskamers voor.

Naast verpleeghuizen is een zorginstelling typologie opgenomen, waarin de bewoners min of meer zelfstandig wonen, een woon-zorgcombinatie. Deze zorginstelling is opgebouwd uit kamers met 1 of 2 senioren, die zelf naar het toilet gaan, douchen, wassen en gebruik maken van een keukentje voor ontbijt, lunch, etc. Daarnaast is er een afdelingskeuken, waar het personeel gebruik van kan maken.

In Tabel 2-12 zijn de verschillende typologieën met de inrichting van de verpleegafdeling of bejaardenwoning weergegeven. Elke kamer is voorzien van zijn eigen sanitaire voorzieningen, bestaande uit een douche, een wastafel met warm en koud water en een toilet. De samenstelling van de pantry wordt bepaald door het aantal personeelsleden en bezoekers. Omdat in de woon-zorgcombinatie minder personeel aanwezig is (Tabel 2-9), zal de pantry hier kleiner zijn volgens Tabel 2-11.

Tabel 2-12 Zorginstellingstypologieën voor de ontwikkeling van rekenregels voor zorginstellingen binnen de utiliteitsbouw (x = aantal bedden, k = aantal kamers of bejaardenwoningen).

zorginstelling typologie	karakter	inrichting verpleegafdeling				
		aantal toiletten	aantal douches	aantal wastafels	aantal kamers	aantal afdelingskeukens
zorginstelling A	verpleeghuis: eenpersoonskamer	x	x	x	$k = x$	$k/20$
zorginstelling B	verpleeghuis: vierpersoonskamer	$x/4$	$x/4$	$x/4$	$k = x/4$	$k/10$
zorginstelling C	verpleeghuis: eenpersoons- en vierpersoonskamer	$x/2,5$	$x/2,5$	$x/2,5$	$k = x/2,5$	$k/10$
zorginstelling D	woon-zorgcombinatie	$x/1,5$	$x/1,5$	$2x/1,5$	$k = x/1,5$	$k/20$

3 Ontwikkeling rekenregels

3.1 Inleiding

Voor de verschillende typologieën binnen elke categorie van de utiliteitsbouw (kantoor, hotel, zorginstelling) zijn rekenregels ontwikkeld die het waterverbruik berekenen als functie van de variabele, die in het vorige hoofdstuk is vastgesteld. De kentallen van het waterverbruik, namelijk de maximum moment volumestroom voor koud en warm water (MMV_{koud} en MMV_{warm}) en de maximum warmwaterverbruiken in verschillende tijdseenheden (MWW_{10} , MWW_{60} , MWW_{120} , MWW_{dag}) worden afgeleid uit gesimuleerde afnamepatronen.

De eerste stap voor de ontwikkeling van de rekenregels is daarom het bepalen van de afnamepatronen van de verschillende typologieën met SIMDEUM. De simulaties zijn gebaseerd op de zogenaamde Monte-Carlo-simulatie. Hierbij zijn een groot aantal afnamepatronen gesimuleerd, op basis van statistische gegevens van de gebruikers en van de tappunten in het gebouw. De maximum moment volumestromen (MMV) en de warmwaterverbruiken (MWW) zijn vervolgens statistisch geanalyseerd.

Voor elk gebouw binnen een bepaalde typologie zijn voor elke waarde van de dominante variabele 100 afnamepatronen gesimuleerd. Zo zijn voor een kantoor van typologie I met 100 medewerkers 100 afnamepatronen gesimuleerd, voor een kantoor met 200 medewerkers 100 afnamepatronen, en ook voor hotel A met 150 kamers, etc. Van deze 100 afnamepatronen zijn vervolgens de maximale volumestromen voor koud en warm water en de warmwaterverbruiken in verschillende tijdseenheden (10 minuten, 60 minuten, 2 uur en één dag) bepaald. De MMV_{koud} en MMV_{warm} en de MWW_{10} , MWW_{60} , MWW_{120} en MWW_{dag} voor elk gesimuleerd gebouw is gedefinieerd als de 99-percentielen* van deze 100 waarden.

Van elke typologie zijn dan de MMV en MWW bekend bij een variërende waarde van de dominante variabele. De volgende stap is om relaties op te stellen die de kentallen voorspellen bij verschillende waarden van de dominante variabele in de vorm van $y = a \cdot x + b$. Deze relaties vormen dan de rekenregels, waarop de ontwerpen van installaties gebaseerd kunnen worden.

In dit hoofdstuk wordt de ontwikkeling van de rekenregels voor MMV en MWW voor achtereenvolgens de kantoren, de hotels en de zorginstellingen beschreven.

3.2 Rekenregels voor kantoren

De dominante variabele in het waterverbruik van kantoren is het aantal medewerkers. De rekenregels moeten dus de MMV en MWW bij een variërend aantal medewerkers voorspellen voor twee verschillende type kantoren (Tabel 2-4). Het aantal medewerkers in Nederlandse kantoren varieert van 0 voor bedrijven zonder personeel tot meer dan 500 medewerkers (Pieterse-Quirijns e.a., 2009). Omdat het waterverbruik bij minder dan 10 medewerkers meer lijkt op huishoudelijk verbruik, zijn de kantoren gesimuleerd vanaf 10 medewerkers. In het grootste kantoor waarvan een enquête beschikbaar is, zijn 1311 mensen aanwezig. Het aantal medewerkers in de simulatie van de kantoren varieert daarom van 10-1250 medewerkers. Voor 10, 20, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 700, 900, 1000 en 1250 medewerkers is het waterverbruik van kantoor type A en type B gesimuleerd. Het gesimuleerde gemiddelde dagverbruik in elke type kantoor is weergegeven in Tabel 3-1. In deze tabel is ook het waterverbruik in elke functionele ruimte weergegeven.

* percentielen: voor het berekenen van percentielen wordt een numeriek geordende verzameling van punten in honderd gelijke delen gesplitst. Bij bijvoorbeeld het 50-percentiel is de helft van de verzameling kleiner dan dit getal en de helft groter. Bij het 99-percentiel is dus 99% van de verzameling kleiner dan het getal.

Tabel 3-1 Het gemiddelde waterverbruik in elke functionele ruimte van kantoor type A en kantoor type B en het totaal gemiddelde waterverbruik (n=300).

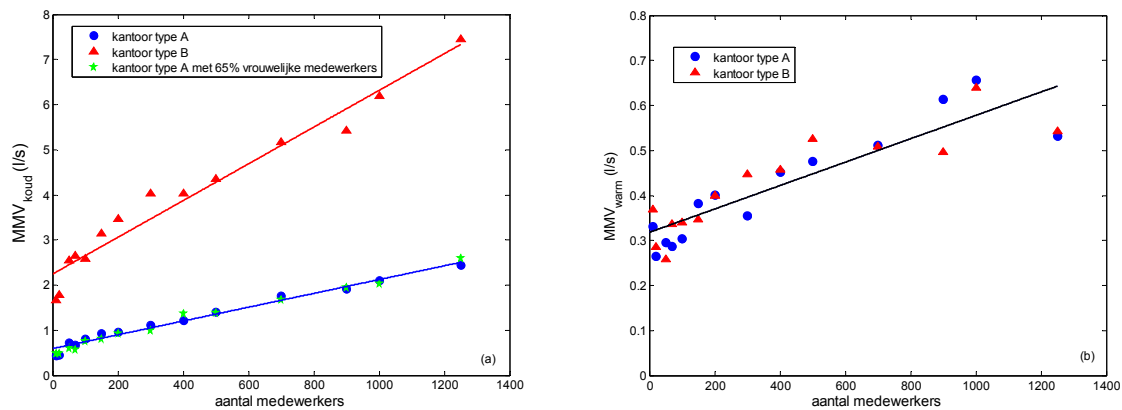
functionele ruimte	gemiddeld waterverbruik [l/persoon.dag]	
	type A	type B
pantry	19,2	21,6
keuken	0,8	0,8
schoonmaak	0,3	0,3
douche	0,7	0,7
totaal	20,9	23,4

De verschillende parameters voor het waterverbruik zijn voor kantoor type A en type B als functie van het aantal medewerkers weergegeven in Figuur 3-1 voor MMV voor koud en warm water en in Figuur 3-2 voor MWW in verschillende tijdseenheden.

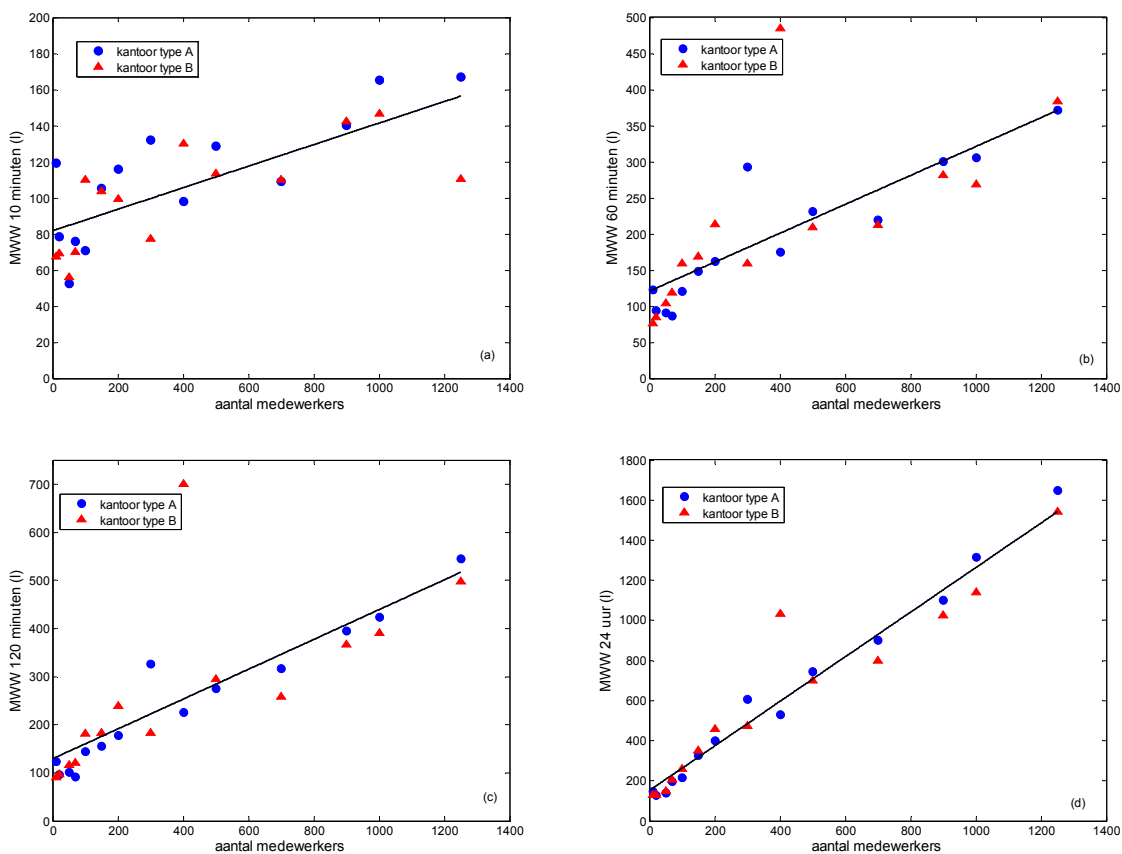
De twee kantoor types verschillen alleen in het type toilet. Kantoor type A heeft een toilet met closetreservoir, terwijl kantoor type B een toilet met spoelkraan heeft. Het waterverbruik verschilt daarom alleen in het koude water dat gebruikt wordt voor het spoelen van het toilet. Dit blijkt ook uit de resultaten voor het waterverbruik. Kantoor B heeft een hoger MMV voor koud water, doordat in dit type kantoor het toilet is uitgerust met een spoelkraan. De volumestroom voor een spoelkraan is veel groter dan voor een standaard toilet: 0,833 l/s tegenover 0,042 l/s (Tabel 2-4). Het warmwaterverbruik is voor beide type kantoren vergelijkbaar, zoals blijkt uit de figuren. Om deze reden wordt voor de relaties die het warmwaterverbruik beschrijven geen onderscheid gemaakt in type kantoor.

Doordat er in een kantoor maar weinig warm water wordt gebruikt is de spreiding in de kentallen voor warm water groter (Figuur 3-1 en Figuur 3-2). Hierdoor wijkt MMV_{warm} voor 1250 medewerkers voor beide kantoor types af van de verwachte trend (Figuur 3-1b). De hoge waarde voor MMV_{warm} in kantoor type A met 900 en 1000 werknemers en kantoor type B met 1000 werknemers wordt veroorzaakt door slechts één patroon met een hoog warmwaterverbruik. Tevens vertoont kantoor type B bij 400 medewerkers een zeer sterke afwijking in het warmwaterverbruik (Figuur 3-2). Door het stochastische karakter van SIMDEUM is het mogelijk dat er in de 100 afnamepatronen een uitschieter in het waterverbruik voorkomt. Voor kantoor type B met 400 werknemers is dit het 40^e afnamepatroon, zoals weergegeven in bijlage IV. Deze uitschieter wordt veroorzaakt door een nachtelijke schoonmaakactie (Figuur IV.1b in deze bijlage). Het maximum warm water verbruik (MWW) wordt berekend door het 99-percentiel te nemen van de maxima van de 100 afnamepatronen. Te verwachten is dat bij het nemen van het 99-percentiel, de uitschieter niet meegenomen wordt in het berekenen van de MWW. Echter uit de vergelijking van Figuur IV.1c met Figuur 3-2c, blijkt dat bij de berekening van het 99-percentiel het gemiddelde is genomen tussen 99 en 100%. Voor kantoor type B bedraagt de MWW in 120 minuten immers ongeveer 700 liter. De uitschieter wordt dus gedeeltelijk meegenomen in de waarde voor MWW en veroorzaakt deze afwijking.

De kentallen voor het waterverbruik in kantoren kunnen worden beschreven door een lineaire relatie. In Tabel 3-2 zijn de relaties voor elk type kantoor weergegeven. Daarnaast is de R^2 van elke relatie weergegeven in de tabel, die de nauwkeurigheid van de verkregen relatie laat zien. Een R^2 van 1 betekent een perfecte voorspelling door de relatie: alle gesimuleerde punten liggen dan op de lijn. In de berekening van R^2 is het afwijkende punt van 400 medewerkers niet meegenomen. De voorspelling door deze relaties is te zien in Figuur 3-1 en Figuur 3-2. Uit de figuren en uit de waarde voor R^2 ($R^2 > 0,75$) blijkt dat de relaties de kentallen voor het waterverbruik goed kunnen voorspellen, met uitzondering van MWW in 10 minuten. De MMV_{koud} wijkt minder dan 10% af van de door SIMDEUM gesimuleerde waarde bij $n > 50$. De afwijking van SIMDEUM voor het warm water is groter als gevolg van de genoemde spreiding (10-30% bij $n > 50$).



Figuur 3-1: MMV voor koud water (a) en voor warm water (b) voor kantoor type A en kantoor type B als functie van het aantal medewerkers. Vergelijking van de met SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelling door de rekenregel (-).



Figuur 3-2 MWW in 10 minuten (a), in 60 minuten (b), in 120 minuten (c) en in een dag (d) voor kantoor type A en kantoor type B als functie van het aantal medewerkers. Vergelijking van de met SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelling door de rekenregel (-).

Tabel 3-2 De relaties voor het voorspellen van het waterverbruik (MMV_{koud} , MMV_{warm} , $MWW10$, $MWW60$, $MWW120$, $MWWdag$) in verschillende kantoor typologieën.

type kantoor	typering	relatie voor het waterverbruik als functie van aantal medewerkers (n)	R ² van type	
			A	B
kantoor type A	zonder spoelkraan	koudwater- verbruik $MMV_{koud} = 0,592 + 0,00153 \cdot n$ [l/s]	0,98	0,96
kantoor type B	met spoelkraan	$MMV_{koud} = 2,244 + 0,00407 \cdot n$ [l/s]		
alle kantoor- types		warmwater- verbruik $MMV_{warm} = 0,318 + 0,00026 \cdot n$ [l/s]	0,83	0,77
		$MWW10 = 81,76 + 0,0597 \cdot n$ [l]	0,62	0,69 ^a
		$MWW60 = 120,86 + 0,2002 \cdot n$ [l]	0,82	0,84
		$MWW120 = 129,07 + 0,3098 \cdot n$ [l]	0,92	0,89
		$MWWdag = 150,77 + 1,112 \cdot n$ [l]	0,99	0,97

ad ^a: in de berekening van R² is voor kantoor type B het laatste datapunt niet meegenomen.

De ontwikkelde rekenregels zijn gebaseerd op simulaties van kantoren waar het percentage vrouwen 35% bedraagt (paragraaf 2.2.2, pagina 7). Het is echter bekend dat het percentage vrouwen verschilt per beroep. Van de niet-commerciële sector is bekend dat het aandeel vrouwen daar 60% is. Een toename van het aantal vrouwen zal het waterverbruik in de toiletruimte veranderen. Er zal immers minder gebruik gemaakt worden van urinoirs. Urinoirs hebben een grotere volumestroom (0,167 l/s tegenover 0,042 l/s) maar van kortere duur, waardoor er minder water wordt verbruikt per spoeling. Een hoger percentage vrouwen zal leiden tot een hoger dagelijks waterverbruik en gemiddeld een lagere volumestroom. Voor kantoor type A zijn voor 10 tot 1250 medewerkers kantoren gesimuleerd, waarin het percentage vrouwen 65% bedraagt. Het totale waterverbruik is met 10% toegenomen bij 300 medewerkers. In Figuur 3-1a is de MMV voor koud water weergegeven bij een hoger percentage vrouwelijke medewerkers. Uit de figuur blijkt dat het maximum in de volumestroom vergelijkbaar is. Per dag is de volumestroom gemiddeld wel lager door minder gebruik van de urinoirs; op een dag wordt minder vaak een hogere volumestroom bereikt. Echter het maximum dat op een dag bereikt wordt is vergelijkbaar, doordat gelijktijdig gebruik gemaakt kan worden van toiletten en urinoirs op een willekeurig moment. Dit betekent dat de ontwikkelde rekenregels ongewijzigd kunnen worden toegepast bij een hoger percentage aan vrouwelijke medewerkers.

3.3 Rekenregels voor hotels

De dominante variabele in het waterverbruik van hotels is het aantal hotelkamers. De rekenregels moeten dus de MMV en MWW bij een variërend aantal hotelkamers voorspellen voor zes verschillende type hotels (Tabel 2-8). De hoteltypologieën verschillen in inrichting van de hotelkamer (standaard of lux), in het type hotelgast (toeristisch of zakelijk) en in de aanwezigheid van andere gasten voor een conferentie of theaterbezoek. Voor 10, 20, 50, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 en 500 hotelkamers is het waterverbruik van hotel type A t/m type F gesimuleerd.

Het gesimuleerde gemiddelde dagverbruik in elke type hotel is weergegeven in Tabel 3-3. In deze tabel is ook het waterverbruik in elke functionele ruimte weergegeven. De verschillende parameters voor het waterverbruik zijn voor hotel type A t/m type F als functie van het aantal hotelkamers weergegeven in Figuur 3-3 voor MMV voor koud en warm water en in Figuur 3-4 voor MWW in verschillende tijdseenheden.

Tabel 3-3 Het gemiddelde waterverbruik in elke functionele ruimte van hotel type A, type B, type C, type D, type E en type F en het totaal gemiddelde waterverbruik (n=200).

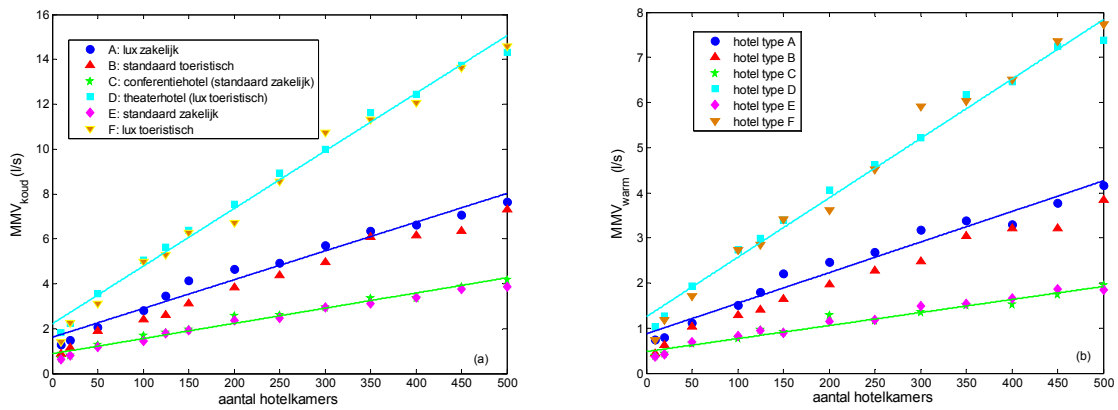
functionele ruimte	gemiddeld waterverbruik [l/kamer.dag]					
	type A lux, zakelijk	type B standaard toeristisch	type C standaard, zakelijk, conferentie	type D lux, toeristisch, theater	type E standaard, zakelijk	type F lux, toeristisch
pantry	6,3	6,3	36,4	105,2	6,2	6,2
keuken	9,7	9,6	10,9	11,7	9,6	9,6
schoonmaak	5,8	5,9	6,2	6,9	5,9	5,9
douche	3,7	3,7	3,6	3,6	3,7	3,3
hotelkamer	197,1	219,7	99,2	427,7	100,4	428,2
totaal	217,9	241,3	152,6	551,5	122,2	449,8

De kentallen voor het waterverbruik in hotels kunnen worden beschreven door een lineaire relatie. Uit de figuren voor het waterverbruik blijkt dat de kentallen van sommige typologieën kunnen worden beschreven door dezelfde lijn. Het waterverbruik van hotel type A en hotel type B, hotel type E en C, hotel type F en D kunnen worden beschreven door dezelfde relaties, zoals te zien is in Figuur 3-3 en Figuur 3-4. In Tabel 3-4 zijn de relaties voor elk type hotel weergegeven met de bijbehorende waarde voor R^2 . De voorspelling door deze relaties is te zien in Figuur 3-3 en Figuur 3-4. De relaties kunnen de kentallen voor het waterverbruik goed voorspellen. De R^2 is zeer hoog. De voorspellingen wijken minder dan 10-20% af van de gesimuleerde waarde door SIMDEUM bij $n > 20$.

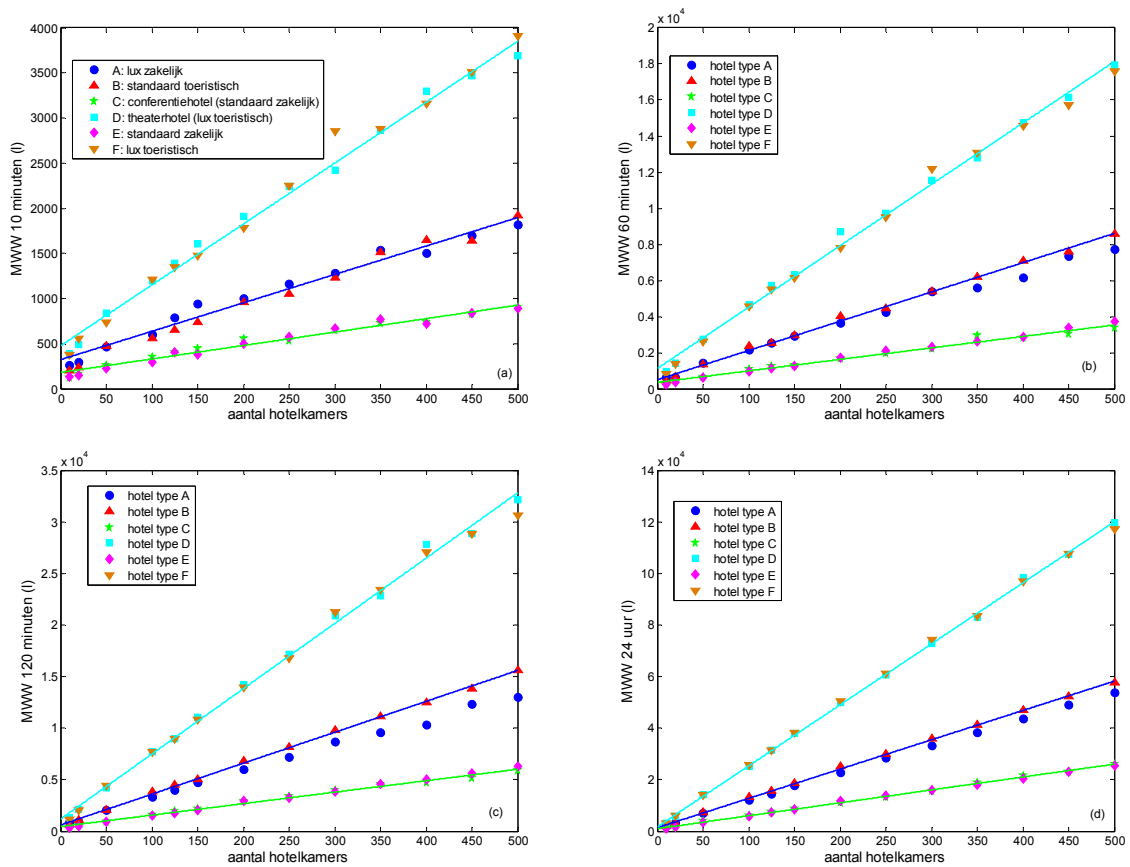
Uit Tabel 3-3 blijkt dat het waterverbruik in de hotels voornamelijk bepaald wordt door het waterverbruik in de hotelkamers. De uitrusting van de installatie speelt hierbij een rol: luxe bad en comfortdouche, maar ook het type gast. Van toeristen wordt aangenomen dat ze langer douchen en vaker in bad gaan. Daarnaast is de bezetting van een hotelkamer in een toeristisch hotel groter. In de kamers zijn vaker 2 personen aanwezig. Dit heeft zeer grote consequenties voor het waterverbruik. Wanneer type E (standaard zakelijk) en type B (standaard toeristisch) of type A (lux zakelijk) en type F (lux toeristisch) met elkaar vergeleken worden leidt dit tot een verdubbeling van het waterverbruik per kamer. Ook het MMV en MWW nemen sterk toe (Figuur 3-3 en Figuur 3-4). Standaard hotels met zakelijke gasten hebben het laagste waterverbruik. Luxe hotels met toeristen hebben het hoogste waterverbruik.

De aanwezigheid van gasten voor een conferentie of een theatervoorstelling heeft invloed op het waterverbruik in de pantry, door de toename van het toilet gebruik en een lichte toename in de keuken, doordat meer mensen aanwezig zijn voor lunch en diner en in de schoonmaak. De aanwezigheid van gasten voor een conferentie of een theatervoorstelling heeft geen invloed op de maximum moment volumestroom. De piek in het waterverbruik wordt toch voornamelijk bepaald door de hotelgasten bij volledige bezetting. Het waterverbruik in de pantry is wel veel groter, maar leidt niet tot een verhoging van het maximum in de volumestroom. Het is mogelijk dat een andere verhouding tussen het aantal hotelkamers en het aantal theatergasten wel leidt tot een bijdrage aan het piekverbruik.

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



Figuur 3-3 MMV voor koud water (a) en voor warm water (b) voor hotel type A tot en met hotel type F als functie van het aantal hotelkamers. Vergelijking van de met SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelling door de rekenregel (-).



Figuur 3-4 MWW in 10 minuten (a), in 60 minuten (b), in 120 minuten (c) en in een dag (d) voor hotel type A tot en met hotel type F als functie van het aantal hotelkamers. Vergelijking van de met SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelling door de rekenregel (-).

Tabel 3-4 De relaties voor het voorspellen van het waterverbruik (MMV_{koud} , MMV_{warm} , $MWW10$, $MWW60$, $MWW120$, $MWWdag$) in verschillende type hotels.

type hotel	typering	relatie voor het waterverbruik als functie van aantal hotelkamers (n)			R ² van type	
					A	B
hotel type A	lux zakelijk	MMV_{koud}	$= 1,615 + 0,01282 \cdot n$	[l/s]	0,97	0,91
hotel type B	standaard toeristisch	MMV_{warm}	$= 0,8731 + 0,00678 \cdot n$	[l/s]	0,97	0,86
		$MWW10$	$= 322,30 + 3,149 \cdot n$	[l]	0,98	0,98
		$MWW60$	$= 501,41 + 16,210 \cdot n$	[l]	0,97	1,00
		$MWW120$	$= 607,68 + 29,977 \cdot n$	[l]	0,90	1,00
		$MWWdag$	$= 1409,6 + 113,62 \cdot n$	[l]	0,98	1,00
					E	C
hotel type E	standaard zakelijk	MMV_{koud}	$= 0,879 + 0,00677 \cdot n$	[l/s]	0,97	0,98
hotel type C	conferentiehôtel standaard zakelijk	MMV_{warm}	$= 0,466 + 0,00303 \cdot n$	[l/s]	0,97	0,96
		$MWW10$	$= 181,23 + 1,490 \cdot n$	[l]	0,97	0,97
		$MWW60$	$= 354,03 + 6,363 \cdot n$	[l]	0,99	0,98
		$MWW120$	$= 458,20 + 11,116 \cdot n$	[l]	0,99	0,99
		$MWWdag$	$= 1017,6 + 50,091 \cdot n$	[l]	1,00	1,00
					F	D
hotel type F	lux toeristisch	MMV_{koud}	$= 2,212 + 0,0257 \cdot n$	[l/s]	0,99	0,99
hotel type D	theaterhotel lux toeristisch	MMV_{warm}	$= 1,252 + 0,01317 \cdot n$	[l/s]	0,98	0,99
		$MWW10$	$= 476,72 + 6,746 \cdot n$	[l]	0,99	0,99
		$MWW60$	$= 1123,2 + 34,016 \cdot n$	[l]	0,99	1,00
		$MWW120$	$= 1177,6 + 63,279 \cdot n$	[l]	0,99	1,00
		$MWWdag$	$= 1729,4 + 236,62 \cdot n$	[l]	1,00	1,00

Uit bovenstaande blijkt dat de aanwezigheid van gasten voor een conferentie of een theatervoorstelling geen invloed heeft op de kentallen die het waterverbruik karakteriseren. De gasten hebben wel invloed op het totale waterverbruik. In de rekenregels voor het voorspellen van de kentallen voor het waterverbruik in hotels hoeft dus geen rekening gehouden te worden met de aanwezigheid van andere gasten. Dit brengt het aantal typologieën binnen de categorie hotel terug van zes naar vier, namelijk een standaard toeristisch, een standaard zakelijk, een lux toeristisch en een lux zakelijk hotel. Van de vier typologieën worden bij de rekenregels type A (lux zakelijk) en type B (standaard toeristisch) samengevoegd. Dit resulteert voor de vier typologieën voor hotels dus in drie rekenregels.

3.4 Rekenregels voor zorginstellingen

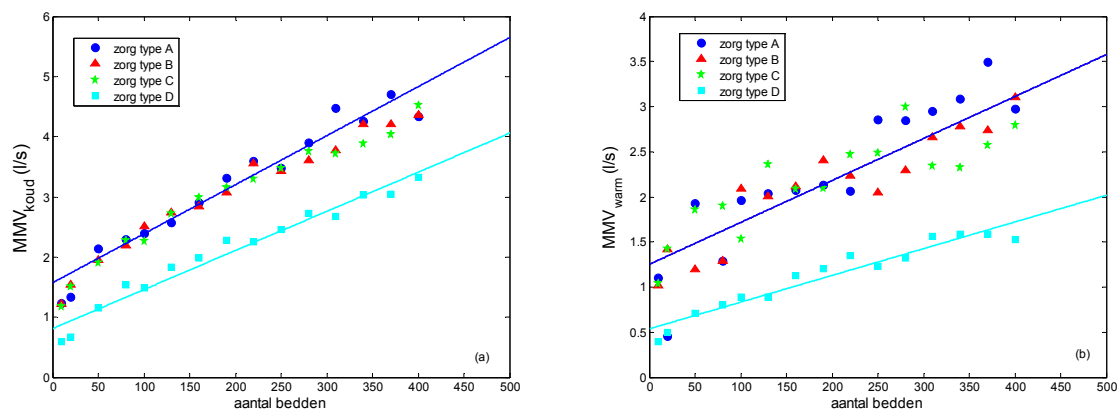
De variabele in de rekenregels die het waterverbruik van de zorginstellingen voorspellen is het aantal bedden. De rekenregels moeten de MMV en MWW voorspellen bij een variërend aantal bedden voor vier verschillende type zorginstellingen (Tabel 2-12). De zorginstellingen verschillen in het aantal personen per kamer (type A t/m C) in een verpleeghuis met volledige verzorging en in een zorginstelling waarbij de bewoners zelfstandig zijn, een woon-zorgcombinatie (type D). Het aantal bewoners in verpleeg- en verzorgingstehuizen is sinds de jaren tachtig afgenomen en lijkt nu te stabiliseren (www.rivm.nl). De minimale capaciteit van verzorgingstehuizen kan sterk variëren en hangt af van de bouwer. Er zijn minimale capaciteiten gevonden van 4 plaatsen, 30 bedden en 60 bewoners (www.livio.nl; www.vereniginghetzonnehuis.nl). Daarom is in de ontwikkeling van de rekenregels uitgegaan van minimaal 10 bedden. Voor 10, 20, 50, 80, 100, 130, 160, 190, 220, 250, 280, 310, 340, 370 en 400 bedden is het waterverbruik van zorginstelling type A t/m type D gesimuleerd.

Het gesimuleerde gemiddelde dagverbruik in elke type zorginstelling is weergegeven in Tabel 3-5. In deze tabel is ook het waterverbruik in elke functionele ruimte opgenomen. De verschillende parameters van het waterverbruik zijn voor zorginstelling type A t/m type D als functie van het aantal bedden weergegeven in Figuur 3-5 voor MMV voor koud en warm water en in Figuur 3-6 voor MWW in verschillende tijdseenheden.

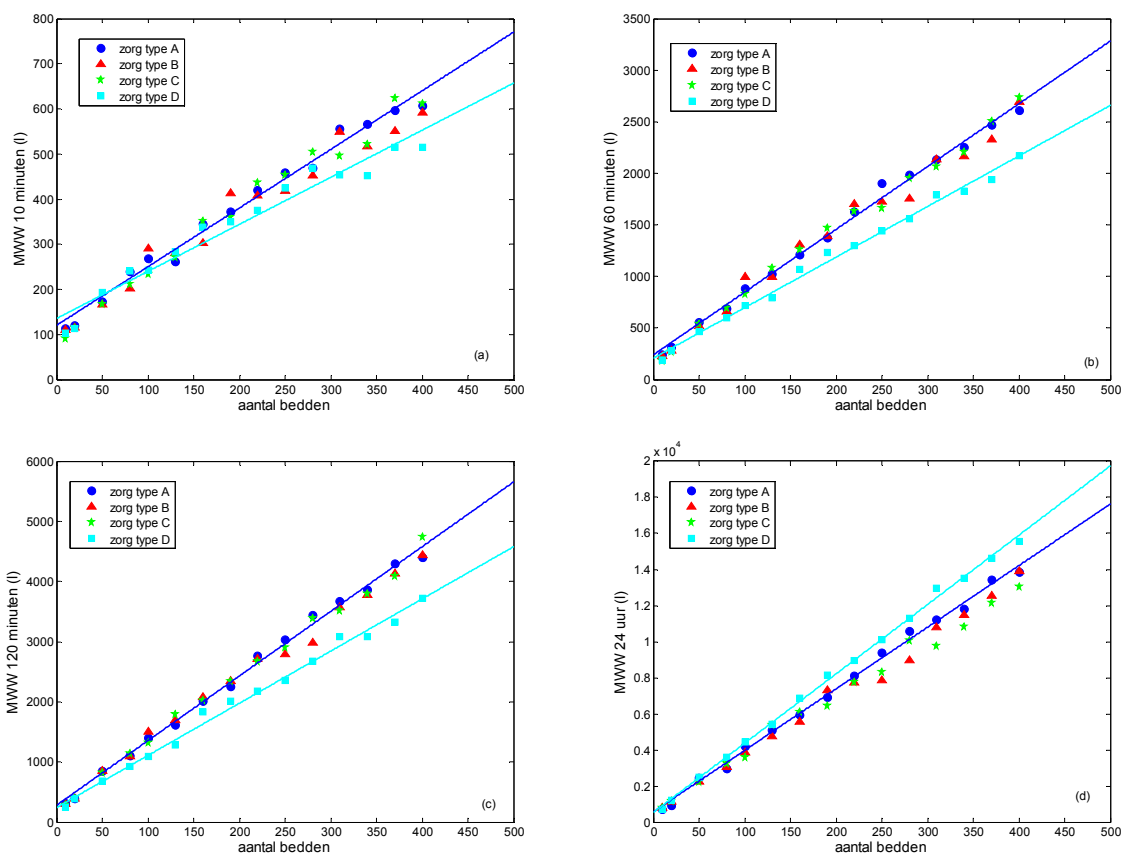
Tabel 3-5 Het gemiddelde waterverbruik in elke functionele ruimte van zorginstelling type A, type B, type C en type D en het totaal gemiddelde waterverbruik (n=100).

functionele ruimte type zorginstelling	gemiddeld waterverbruik [l/bed.dag]			
	type A eenpersoons- kamer	type B vierpersoons -kamer	type C combinatie een- en vierpersoons kamer	type D bejaarden- huis
bejaardenwoning				104,7
verpleegafdeling-algemeen	57,5	57,9	55,4	
verpleegafdeling-wassen	17,5	17,5	17,7	
afdelingskeuken	4,4	2,7	3,8	1,2
personeel	35,6	35,6	35,2	19,8
centrale keuken	5,5	1,3	2,2	3,7
technische ruimte	18,9	17,4	17,9	7,3
totaal	139,5	132,4	132,2	136,7

De kentallen voor het waterverbruik in zorginstelling kunnen worden beschreven door een lineaire relatie. In Figuur 3-5 en Figuur 3-6 is te zien dat de kentallen van zorginstelling type A, type B en type C kunnen worden beschreven door dezelfde lijn. Voor zorginstelling type D wordt een aparte relatie opgesteld. In Tabel 3-6 zijn de relaties met de bijbehorende waarde voor R^2 voor elk type zorginstelling weergegeven. Deze relaties kunnen het waterverbruik in zorginstellingen goed voorspellen zoals te zien is in Figuur 3-5 en Figuur 3-6. De voorspellingen wijken minder dan 15% af van SIMDEUM bij $n > 50$. De R^2 is groter dan 0,90. Een uitzondering vormt de MMV_{warm} . Door de grotere spreiding in de data is de R^2 voor de voorspelling van dit kental lager. De grotere afwijking voor MMV_{warm} is ook zichtbaar in Figuur 3-5b.



Figuur 3-5 MMV voor koud water (a) en voor warm water (b) voor zorginstelling type A tot en met zorginstelling type D als functie van het aantal bedden. Vergelijking van de met SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelling door de rekenregel (-).



Figuur 3-6 MWW in 10 minuten (a), in 60 minuten (b), in 120 minuten (c) en in een dag (d) voor zorginstelling type A tot en met zorginstelling type D als functie van het aantal bedden. Vergelijking van de met SIMDEUM gesimuleerde data en de voorspelling door de rekenregel (-).

Het waterverbruik in zorginstellingen met een volledige zorgtaak (type A t/m C) is zoals te zien is in Tabel 3-5 en in Figuur 3-5 en Figuur 3-6 vergelijkbaar voor deze drie instellingen. Ook het patroon van het waterverbruik over de dag is vergelijkbaar. Zorginstelling type A, type B en type C verschillen in het aantal personen per kamer. Omdat het waterverbruik vergelijkbaar is, blijkt dat het aantal patiënten het

waterverbruik bepalen en niet het aantal tappunten of de inrichting van de afdeling. De patiënten behoeven immers allemaal evenveel zorg. Ook het aantal personeelsleden wordt bepaald door het aantal patiënten, waardoor het waterverbruik door het personeel ook hetzelfde is. In de zorginstellingen met een volledige zorgtaak wordt het waterverbruik dus voornamelijk bepaald door het tijdschema van het verplegend personeel.

Het gebruik van de binneninstallatie wordt dus voornamelijk bepaald door het aantal patiënten dat in de instelling aanwezig is. Alleen het waterverbruik in de afdelingskeukens, de technische ruimte en de centrale keuken is afhankelijk van het aantal kamers (Tabel 3-5). Het aantal afdelingskeukens wordt in het model immers bepaald door het aantal kamers. De afhankelijkheid van de technische ruimte wordt veroorzaakt doordat het benodigde water voor de schoonmaak wordt bepaald door het aantal kamers. Minder kamers leidt tot minder waterverbruik voor de schoonmaak. De wasserij en de kapsalon in de technische ruimte zijn afhankelijk van het aantal patiënten en niet van het aantal kamers. Tenslotte is het gebruik van de centrale keuken in het model afhankelijk van het aantal kamers. Dit is echter gebaseerd op slechts één enquête en niet erg betrouwbaar.

In zorginstelling type D wordt er door de bewoners veel meer water verbruikt, zoals te zien is in Tabel 3-5. Doordat de bewoners van de bejaardenwoning zelf kunnen koken is het waterverbruik in de afdelingskeuken lager dan bij de verpleeghuizen. Ook het patroon van het waterverbruik over de dag is anders dan in de zorginstellingen met een volledige zorgtaak. In zorginstelling D is echter veel minder personeel aanwezig. Daarnaast wordt er minder water verbruikt in de technische ruimte, omdat de wekelijkse hoeveelheid wasgoed in een woon-zorgcombinatie lager is dan in een verpleeghuis. Het totaal waterverbruik is daardoor vergelijkbaar met de andere zorginstellingen. In zorginstelling D ligt het maximum van de volumestromen lager. Het maximum warmwaterverbruik in korte perioden is in de andere zorginstellingen ook hoger, doordat daar het wassen in vaste perioden gebeurt en door het gebruik van bedpanspoelers. Alleen het totale warmwaterverbruik over een dag is voor zorginstelling D hoger.

Tabel 3-6 De relaties voor het voorspellen van het waterverbruik (MMV_{koud} , MMV_{warm} , $MWW10$, $MWW60$, $MWW120$, $MWWdag$) in verschillende type zorginstellingen.

type zorginstelling	typering	relatie voor het waterverbruik als functie van aantal bedden (n)			R ² van type		
					A	B	C
zorginstelling type A	eenpersoons- kamer	MMV_{koud}	$= 1,573 + 0,00815 \cdot n$	[l/s]	0,95	0,94	0,92
zorginstelling type B	vierpersoons- kamer	MMV_{warm}	$= 1,253 + 0,00465 \cdot n$	[l/s]	0,80	0,86	0,63
zorginstelling type C	combinatie een- en vierpersoonskamer	$MWW10$	$= 120,36 + 1,300 \cdot n$	[l]	0,99	0,96	0,98
		$MWW60$	$= 240,75 + 6,086 \cdot n$	[l]	1,00	0,98	0,99
		$MWW120$	$= 281,12 + 10,748 \cdot n$	[l]	1,00	0,99	1,00
		$MWWdag$	$= 568,83 + 34,123 \cdot n$	[l]	1,00	0,98	0,97
type zorginstelling	typering	relatie voor het waterverbruik als functie van aantal bedden (n)			R ² type D		
zorginstelling type D	woon- zorgcombinatie	MMV_{koud}	$= 0,8101 + 0,0065 \cdot n$	[l/s]	0,96		
		MMV_{warm}	$= 0,5381 + 0,00296 \cdot n$	[l/s]	0,93		
		$MWW10$	$= 135,580 + 1,043 \cdot n$	[l]	0,96		
		$MWW60$	$= 207,70 + 4,903 \cdot n$	[l]	0,99		
		$MWW120$	$= 241,76 + 8,675 \cdot n$	[l]	0,99		
		$MWWdag$	$= 537,425 + 38,411 \cdot n$	[l]	1,00		

Het is mogelijk om rekenregels te ontwikkelen voor zorginstellingen. De zorginstellingen hebben geen dominante ruimte in het waterverbruik. Dit betekent dat de uitkomsten veel gevoeliger zijn voor de invoerdata van SIMDEUM dan bijvoorbeeld de uitkomsten voor kantoren en hotels. Tijdens de ontwikkeling van de rekenregels is dit ook gebleken: een verandering in de technische ruimte heeft consequenties voor de uiteindelijke rekenregels. Het belang van juiste invoergegevens in elke functionele ruimte is daarmee groot voor de zorginstellingen. Van zowel de inrichting als de gebruikers van elke functionele ruimte in de zorginstellingen is echter niet veel bekend. Er is slechts één enquête en geen data uit de literatuur. Door de lagere betrouwbaarheid van de invoer, is de waarde van de uitkomst van de rekenregels beperkt. Een validatie van de rekenregels met metingen en meer enquêtes in zorginstellingen is noodzakelijk en kan leiden tot een aanpassing van de ontwikkelde rekenregels. Dit geldt veel minder voor kantoren en hotels waar sprake is van één dominante functionele ruimte, waarvan de inrichting en de gebruikers goed gedefinieerd kunnen worden.

4 Vergelijking rekenregels met bestaande richtlijnen

4.1 Inleiding

Voor de utiliteitsbouw bestaan momenteel ontwerprichtlijnen voor het berekenen van de maximum moment volumestroom van koud water in verschillende type gebouwen. Deze ontwerprichtlijnen zijn opgenomen in 'Het ontwerpen van sanitaire installaties' (Scheffer, 1994) en ISSO 55 (ISSO-contactgroep 43, 2001). In Tabel 4-1 zijn deze richtlijnen weergegeven voor de gebouwen die in dit project zijn toegepast.

Tabel 4-1 Ontwerprichtlijnen voor berekenen van MMV_{koud} voor verschillende categorieën binnen de utiliteitsbouw.

Type utiliteitsbouw	Formule voor MMV_{koud} (l/s)
Kantoor - zonder toiletspoelkraan	$1,464 + 0,0019 * (\text{aantal werknemers})$
Kantoor - met toiletspoelkraan	$2,603 + 0,0031 * (\text{aantal werknemers})^1$
Hotel niet-toeristisch	$q\sqrt{n} + 40\%$
Hotel toeristisch	$q\sqrt{n} + 70\%$
Bejaardenhuis	$1,177 + 0,0092 * (\text{aantal bewoners})$
Verpleeghuis	$2,257 + 0,0130 * (\text{aantal bewoners})$

ad 1: de formules voor beide kantoren gelden voor $100 < \text{aantal werknemers} < 1200$. Buiten deze range wordt de $q\sqrt{n}$ methode toegepast (Scheffer, 1994).

ad 2: $q\sqrt{n}$ -methode: $q\sqrt{n} = 0,083 * \sqrt{\Sigma TE}$

In dit hoofdstuk worden de rekenregels, die met behulp van SIMDEUM zijn ontwikkeld voor kantoren, hotels en zorginstellingen, vergeleken met de huidige ontwerprichtlijnen. Daarnaast worden de uitkomsten van de rekenregels vergeleken met de MMV_{koud} , die bepaald zijn uit gemeten patronen voor deze categorie gebouwen. Deze metingen zijn in een eerder project gebruikt om de modellering van niet-huishoudelijke gebruiken te valideren (Pieterse-Quirijns e.a., 2009). De metingen dienen alleen als indicatie, omdat ze bij variabele bezetting en op een andere tijdsbasis (per 5 minuten) zijn uitgevoerd dan de simulaties (per seconde). Vergelijking van de rekenregels voor het warmwaterverbruik (MMV_{warm} en MWW in verschillende tijdseenheden) is niet mogelijk, omdat de ISSO-ontwerprichtlijnen hierover geen informatie geven en omdat metingen ontbreken.

4.2 Vergelijking van rekenregels voor kantoren

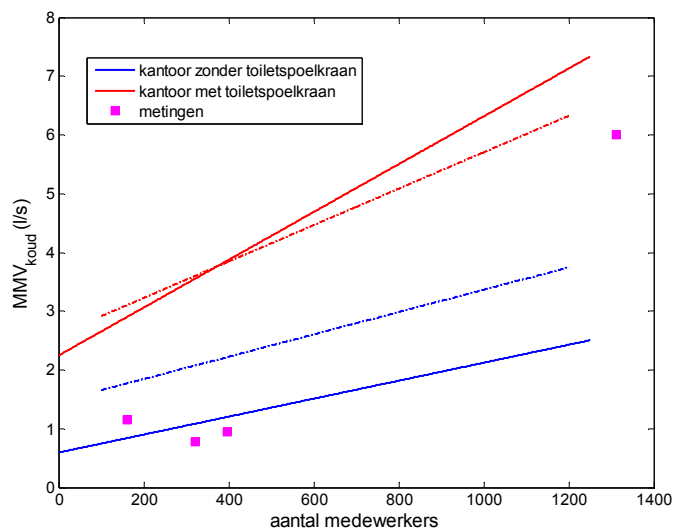
De rekenregels voor kantoren (Tabel 3-2) zijn vergeleken met de huidige ontwerprichtlijnen en met de gemeten MMV_{koud} , die beschikbaar is voor vier verschillende kantoren. De bezettingsgraad in deze kantoren is 60 en 77%. Om deze reden is de MMV_{koud} voor de metingen weergegeven bij het werkelijke aantal aanwezige medewerkers en niet bij het maximale aantal werknemers, waarvoor het kantoor ontworpen is. De voorspelling door de rekenregels en de ISSO ontwerprichtlijnen is samen met de metingen te zien in Figuur 4-1.

Voor kantoren zonder toiletspoelkraan voorspellen de ISSO richtlijnen een veel grotere waarde voor MMV_{koud} dan de met SIMDEUM ontwikkelde rekenregels. Bovendien liggen de voorspellingen van de met SIMDEUM ontwikkelde rekenregels dichterbij de metingen. Voor kantoren zonder spoelkraan leiden de rekenregels dus tot een betere beschrijving van het waterverbruik. De ISSO ontwerprichtlijnen leiden duidelijk tot een overdimensionering van de installatie door de overschatting van MMV_{koud} . Voor het kleinste kantoor voorspellen de rekenregels een te lage MMV_{koud} . Dit komt waarschijnlijk omdat in de ontwikkeling van de rekenregels is uitgegaan van een toilet, waar in 60% van de gevallen gebruik

gemaakt wordt van de besparende functie. In de praktijk wordt, ook in de grotere kantoren, de waterbesparende functie mogelijk minder gebruikt. Dit leidt tot grotere maximale verbruiken.

Voor kantoren met een toiletspoelkraan geven beide ontwerprichtlijnen een vergelijkbare waarde voor MMV_{koud} voor kantoren met minder dan 500 medewerkers. Voor grotere kantoren wordt de voorspelling door de met SIMDEUM ontwikkelde rekenregels groter. Het is moeilijk om hier een oordeel over te geven, omdat van dit type kantoor geen metingen beschikbaar zijn. Daarnaast is het ook minder belangrijk omdat in de toekomst steeds minder vaak spoelkranen zullen worden toegepast in de toiletten van nieuwe kantoren.

De ISSO-richtlijnen voor kantoren zijn gebaseerd op metingen van rond 1980. Blijkbaar was het waterverbruik toen hoger. Omdat het totale waterverbruik voornamelijk wordt bepaald door de sanitaire ruimte met de koffieautomaten, zal hier de voornaamste oorzaak liggen voor het grotere waterverbruik. Een mogelijke oorzaak is dat tegenwoordig de sanitaire ruimten zijn uitgerust met toiletten met kleinere inhoud van closetreservoir, met waterbesparende functies, en met urinoirs.



Figuur 4-1 Maximum Moment Volumestroom voor koud water voorspeld met de SIMDEUM-rekenregel (-) en de ISSO ontwerprichtlijn (- . -) voor kantoren zonder toiletspoelkraan en met toiletspoelkraan en gemeten in vier kantoren.

Het grootste kantoor in Figuur 4-1 heeft een MMV_{koud} dat de voorspelling nadert van de rekenregels en ontwerprichtlijnen voor een kantoor met spoelkraan. In Pieterse-Quirijns e.a. (2009) werd voor dit kantoor een verschil tussen het gemeten en gesimuleerde waterverbruik gevonden. In de simulaties was gebruik gemaakt van toiletten met een spoelbak. Uit de vergelijkbare MMV_{koud} kan worden afgeleid dat dit kantoor mogelijk is uitgerust met toiletten met spoelkranen. Omdat dit een relatief oud kantoor betreft is dit mogelijk.

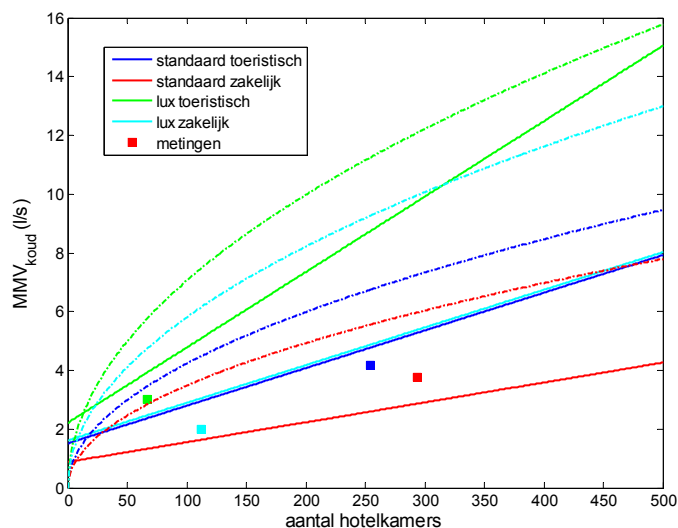
4.3 Vergelijking van rekenregels voor hotels

De rekenregels voor hotels (Tabel 3-4) zijn vergeleken met de huidige ontwerprichtlijnen en met de gemeten MMV_{koud} , die beschikbaar is voor vier verschillende hotels. Het aantal hotelkamers bij de gemeten MMV_{koud} is gecorrigeerd naar de gemiddelde bezettingsgraad in deze hotels. Voor de ISSO ontwerprichtlijnen is alleen het aantal tapeenheden bepaald voor het logies gedeelte van het hotel, door voor standaard hotels 9 TE per kamer te nemen en voor luxe hotels 25 tapeenheden. Voor een zakelijk hotel wordt de MMV_{koud} die berekend is met de $q\sqrt{n}$ -methode vermeerderd met een toeslag van 40%, voor een toeristisch hotel met 70%. In Figuur 4-2 zijn de voorspellingen door de rekenregels en de ISSO ontwerprichtlijnen te zien.

Uit de figuur blijkt dat de ISSO-richtlijnen voor alle typologieën een hogere waarde voor MMV_{koud} voorspellen dan de met SIMDEUM ontwikkelde rekenregels. De voorspellingen door de rekenregels

liggen dicht bij de gemeten MMV_{koud} . De eerste twee hotels zijn luxe hotels, waarvan de eerste een theaterhotel betreft. Deze worden ook door de rekenregels voor respectievelijk een lux toeristisch en een lux zakelijk hotel overschat. Het derde hotel is een standaard hotel, dat goed door de rekenregels voor een standaard toeristisch hotel wordt beschreven. Het laatste hotel betreft een standaard hotel zonder een bad. De rekenregels voor een standaard zakelijk hotel zouden hiervoor van toepassing zijn. Echter in dit hotel is op elke verdieping ook een keuken aanwezig, dat zou kunnen leiden tot de hoger gemeten MMV_{koud} .

Kortom, de ontwikkelde rekenregels geven in de meeste gevallen een voorspelling van MMV_{koud} die hoger ligt dan de gemeten MMV_{koud} . De overschatting is echter veel minder groot (20-50%) dan de overschatting door de ISSO ontwerprichtlijn voor hetzelfde type hotel (60-200%).

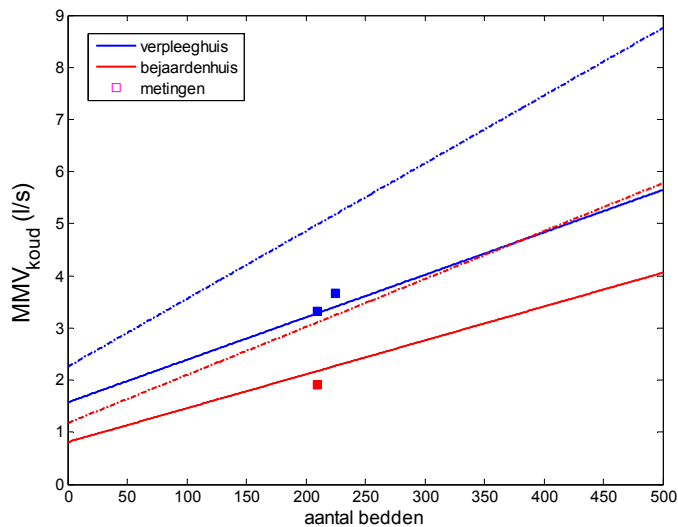


Figuur 4-2 Maximum Moment Volumestroom voor koud water voorspeld met de SIMDEUM-rekenregel (-) en de ISSO ontwerprichtlijn (- . -) voor vier type hotels en gemeten in vier hotels.

4.4 Vergelijking van rekenregels voor zorginstellingen

De rekenregels voor zorginstellingen (Tabel 3-6) zijn vergeleken met de huidige ontwerprichtlijnen en met de gemeten MMV_{koud} , die beschikbaar is voor drie verschillende zorginstellingen. Door de hoge bezettingsgraad in zorginstellingen is nu geen aanpassing van het aantal bedden nodig, waarbij de gemeten MMV_{koud} weergegeven wordt.

In Figuur 4-3 is te zien dat de ISSO ontwerprichtlijnen een hogere waarde voor het MMV_{koud} voor zowel verpleeghuizen als voor zorginstellingen met bejaarden voorspellen dan de met SIMDEUM ontwikkelde rekenregels. De ontwikkelde rekenregels liggen daarnaast dichtbij de gemeten waarde voor MMV_{koud} en geven dus een betere beschrijving van de werkelijk gemeten MMV_{koud} . De laagst gelegen meting betreft een zorginstelling bestaande uit een verzorgingshuis en een serviceflat. Dit vertoont veel gelijkenis met een zorginstelling voor bejaarden. Uit de figuur blijkt duidelijk dat de rekenregels het waterverbruik in dit type zorginstelling goed beschrijft. De andere twee metingen betreffen verpleeghuizen. Deze worden licht onderschat (1-7%) door de rekenregels, maar sterk overschat door de ISSO ontwerprichtlijnen (40%). De rekenregels zijn echter ontwikkeld op basis van slechts één gerichte enquête en aanvullende informatie van websites. Ondanks het feit dat de rekenregels op veel aannames zijn gebaseerd, resulteren ze in een goede voorspelling van MMV_{koud} . Validatie van de aannames in verder onderzoek kan de rekenregels nog verbeteren.



Figuur 4-3 Maximum Moment Volumestroom voor koud water voorspeld met de SIMDEUM-rekenregel (-) en de ISSO ontwerprichtlijn (- . -) voor twee type zorginstellingen (verpleeghuis en bejaardenhuis) en gemeten in drie zorginstellingen.

De ISSO-richtlijnen voor zorginstellingen geven altijd een hoger waterverbruik dan de rekenregels. Ze zijn gebaseerd op metingen rond 1980. Blijkbaar was het waterverbruik toen hoger. Het is niet duidelijk wat hiervan de oorzaak is, mede ook omdat er geen duidelijke dominante functionele ruimte is voor het waterverbruik in een zorginstelling. Mogelijke oorzaken zijn dat er tegenwoordig zuiniger met water wordt omgegaan tijdens het wassen van verpleegden en dat verpleegden tegenwoordig niet meer dagelijks gewassen worden (Pieterse-Quirijns e.a., 2009). Andere mogelijkheden zijn dat de douches tegenwoordig uitgerust zijn met spaarkoppen, dat bedpanspoelers minder water verbruiken, dat er waterbesparende toiletten zijn in bejaardenwoningen, dat er zuinigere toiletten zijn voor het personeel.

5 Discussie en aanbevelingen

5.1 Rekenregels voor utiliteitsbouw

Rekenregels zijn ontwikkeld voor de voorspelling van de maximum moment volumestroom voor koud en warm water en voor het warmwaterverbruik in verschillende tijdseenheden voor drie categorieën in de utiliteitsbouw, namelijk kantoren, hotels en zorginstellingen. De rekenregels voorspellen de kentallen van het waterverbruik als functie van de dominante variabele. De dominante variabele voor kantoren is het aantal medewerkers, voor hotels het aantal hotelkamers en voor zorginstellingen het aantal bedden. De rekenregels zijn gebaseerd op afnamepatronen van een aantal typologieën binnen elke categorie, die met SIMDEUM gesimuleerd zijn. De typologieën binnen elke categorie zijn zodanig gestandaardiseerd dat op basis van de dominante variabele (het aantal medewerkers voor kantoren, het aantal hotelkamers en het aantal bedden in zorginstellingen) zowel de inrichting van het gebouw als het aantal verbruikers worden berekend en vervolgens het waterverbruik wordt voorspeld.

De rekenregels voorspellen het met SIMDEUM gesimuleerde waterverbruik van de verschillende typologieën binnen elke categorie goed. De voorspellingen wijken minder dan 20% af van het door SIMDEUM berekende waterverbruik. De verbruiken voor *Legionellapreventie* en van bijzondere installaties, zoals luchtbevochtiging, koeltorens en dergelijke zijn niet in de rekenregels opgenomen. Het door de rekenregels berekende waterverbruik kan als het nodig is met deze verbruiken vermeerderd worden.

De rekenregels zijn vergeleken met de huidige ISSO ontwerprichtlijnen en met de MMV voor koud water bepaald uit gemeten afnamepatronen. Deze vergelijking is alleen mogelijk op het MMV voor koud water, omdat de huidige ontwerprichtlijnen geen informatie geven over het warmwaterverbruik en omdat er geen metingen beschikbaar zijn voor warmwaterverbruik. In alle gevallen geven de rekenregels een betere beschrijving van de gemeten MMV_{koud} , dan de huidige ontwerprichtlijnen. Voor kantoren wijken de rekenregels 25-40% af van de gemeten waarden tegenover 50-165% voor de ISSO ontwerprichtlijnen, voor hotels is dit 20-50% tegenover 60-200%, voor verpleeghuizen is dit 1-7% tegenover 40-50% en voor bejaardenhuizen 15% tegenover 160%. Daarnaast geven de huidige (ISSO) ontwerprichtlijnen een grote(re) overschatting van het daadwerkelijke waterverbruik, resulterend in overdimensionering. Een betere voorspelling door de rekenregels zal leiden tot beter gedimensioneerde waterleidinginstallaties, met een kleinere diameter. Tevens kunnen de warmwaterverbruiken in verschillende tijdseenheden voorspeld worden met de rekenregels, waardoor de warmwaterbereidinginstallaties beter gekozen en gedimensioneerd kunnen worden. Voor de dimensionering van warmwaterbereidinginstallaties kan het aantrekkelijk zijn om de kentallen voor warmwaterverbruik per functionele ruimte te kennen. Met SIMDEUM is het mogelijk om relaties op te stellen voor dit doeleinde.

De ontwikkeling van de rekenregels toont aan dat de kentallen voor het waterverbruik in drie categorieën van de utiliteitsbouw kunnen worden beschreven door eenvoudige rechte lijnen. Dit betreft het waterverbruik van een geheel gebouw. In een kantoor, hotel en zorginstelling is er mogelijk interesse in het verbruik van afzonderlijke verdiepingen, vleugels of (verticale) clusters. In de gestandaardiseerde kantoren, gebruikt voor de ontwikkeling van de rekenregels, vindt ongeveer 90% van het waterverbruik plaats in de pantry door de medewerkers. Hierdoor kan voor het waterverbruik per verdieping of cluster de rekenregels gebruikt worden met als invoer het aantal medewerkers, dat werkzaam is op die verdieping of cluster. Voor de hotels, zonder conferentie of theater, vindt het waterverbruik voornamelijk in de hotelkamers plaats (90%). Het waterverbruik per verdieping of cluster in een hotel kan hierdoor ook berekend worden met behulp van de rekenregels. Het aantal hotelkamers op de verdieping of in het cluster is dan de invoer voor de rekenregels. Wanneer specifiek het waterverbruik in het conferentie- of theaterdeel gewenst is kunnen de rekenregels voor kantoren gebruikt worden met het aantal gasten als invoerparameter. Dit kan doordat het waterverbruik in dit deel van het hotel voornamelijk door het toiletgebruik van de gasten wordt bepaald. De rekenregels voor kantoren geven dan een overschatting. Bij zorginstellingen is er geen dominante ruimte voor het waterverbruik; de

verpleging van de patiënten en het waterverbruik door het personeel zijn bepalend voor het totale waterverbruik. De rekenregels kunnen alleen voor een verdieping of cluster gebruikt worden als deze een vergelijkbare opbouw hebben, waarbij de kamers van de patiënten en de pantry voor het personeel gelijkmatig verdeeld zijn over de verdiepingen.

Voor de inrichting van kantoren, hotels en met name zorginstellingen is maar weinig bekend. Met informatie van zeven gerichte enquêtes voor kantoren, vier voor hotels en slechts één voor zorginstellingen zijn relaties opgesteld voor de inrichting van de verschillende typologieën binnen elke categorie. Daarnaast zijn richtlijnen gebruikt voor sanitaire voorzieningen in gebouwen. Ook is informatie uit de architectuur en van websites toegepast. Er is gestreefd om voor de dominante variabelen een zo goed mogelijke invulling te definiëren. Voor kantoren met de pantry als dominante functionele ruimte is dit goed mogelijk. Dit geldt ook voor de inrichting van hotelkamers in een hotel. Voor zorginstellingen is hiervoor te beperkte informatie aanwezig. Voor alle gevallen blijkt dat de ontwikkelde rekenregels desondanks een voorspelling van het maximum waterverbruik geven, waarop de installatie van het gebouw kan worden ontworpen. De ontwikkeling van de rekenregels voor kantoren, hotels en zorginstellingen geeft vertrouwen in SIMDEUM als basis voor de ontwikkeling van rekenregels.

SIMDEUM kan door de modulaire opbouw ingezet worden om modellen te maken van andere categorieën in de utiliteitsbouw, zoals schoolgebouwen, sportcomplexen, restaurants, waarop vervolgens rekenregels gebaseerd kunnen worden. Daarnaast zijn er gebouwen in de utiliteitsbouw, zoals penitentiaire inrichtingen of ziekenhuizen, die zo specifiek zijn, dat er geen standaardtypologieën van gemaakt kunnen worden. SIMDEUM kan dan echter wel ingezet worden voor specifieke ontwerpvoorstellen. Er zijn dan geen enquêtes nodig. Het ontwerp en kennis van de te verwachten gebruikers zijn dan toereikend voor de voorspelling van het waterverbruik en de karakteriserende kentallen. Een voordeel is dat dan tevens de kentallen van een vleugel, verdieping of cluster verkregen kunnen worden.

5.2 Aanbevelingen

De ontwikkelde rekenregels voor de utiliteitsbouw zijn gevalideerd op basis van een beperkt aantal metingen van MMV voor koud water. SIMDEUM en de rekenregels zijn niet gevalideerd voor de gestandaardiseerde typologieën. Daarnaast is ook de voorspelling van het warmwaterverbruik niet gevalideerd met metingen. Ondanks het vertrouwen in SIMDEUM op basis van eerdere validaties van het model aan metingen van het koudwaterverbruik van woningen, is het noodzakelijk om de voorspellingen door SIMDEUM en de rekenregels te vergelijken met metingen van zowel het koud als warm waterverbruik in de utiliteitsbouw. Hierdoor kan de betrouwbaarheid van de rekenregels vastgesteld worden.

In tegenstelling tot woningen is van de inrichting en het gedrag van de personen die water verbruiken in de utiliteitsbouw weinig bekend. Deze zijn gebaseerd op een aantal enquêtes, op bestaande richtlijnen, op validatieresultaten en op intuïtie. Het verdient daarom aanbeveling om het model voor de verschillende typologieën niet alleen te valideren op metingen maar ook op de inrichting van de gestandaardiseerde gebouwen op basis van enquêtes. Door per typologie een enquête op te zetten kan de inrichting van de gestandaardiseerde gebouwen binnen elke categorie gevalideerd worden. Met de resultaten van de enquêtes kunnen de relaties/aannames voor de inrichting van de typologieën als het nodig is eenvoudig in SIMDEUM worden aangepast en nieuwe rekenregels afgeleid worden.

Daarnaast wordt aanbevolen om de ontwikkelde rekenregels voor MMV en MWW een keer toe te passen in de ontwerppraktijk. De consequenties van de toepassing van de rekenregels voor de diameterkeuze, keuze en grootte van warmwaterinstallaties en de mogelijke kosten- of energiebesparing, kunnen dan in kaart gebracht worden. Op deze manier kan ook vastgesteld worden of de berekende kentallen toereikend zijn en kan de gewenste nauwkeurigheid van de kentallen bepaald worden. Het is aan de auteurs van een nieuwe versie of een aanpassing van ISSO-publicatie 55 om een eventuele veiligheidsmarge in te bouwen.

Uit de vergelijking van de rekenregels met de huidige ontwerprichtlijnen blijkt de meerwaarde van de rekenregels, namelijk een betere benadering van het waterverbruik en beschikbare informatie over het warmwaterverbruik. Het wordt daarom aanbevolen om de ISSO ontwerprichtlijnen niet zondermeer te handhaven. Dit zal ook moeten leiden tot aanpassing van de VEWIN-werkbladen.

6 Referenties

- Blokker, E.J.M. (2006). *Modelleren van afnamepatronen. Beschrijving en validatie van het simulatiemodel SIMDEUM*. Nieuwegein: KIWA, BTO 2006.010.+
- Blokker, E.J.M. (2007). *Rekenregels voor dimensionering van leidingwaterinstallaties. Bepalen van maximum volumestroom en warmwaterverbruik met SIMDEUM*. Nieuwegein: KWR, KWR 06.104.
- College bouw ziekenhuisvoorzieningen (2003). *Voorzieningen voor ziekenhuisverpleging. Bouwmaatstaven voor nieuwbouw*. Rapportnummer 0.113
- Foekema, H., L. van Thiel en B. Lettinga (2008). *Watergebruik thuis 2007*. Amsterdam: TNS-NIPO. In opdracht van Vewin.
- ISSO-kontaktgroep 43 (2001). *ISSO - publicatie 55; Tapwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen*. Rotterdam: Stichting ISSO. ISBN 90-5044-079-7.
- ISSO-kontaktgroep 62 (2003). *ISSO - publicatie 30; Leidingwaterinstallaties in woningen*. Rotterdam: Stichting ISSO. ISBN 90-5044-079-7.
- ISSO-contactgroep 63 (2005). *ISSO - publicatie 55.1. Handleiding Legionellapreventie in leidingwater*. Rotterdam: Stichting ISSO. ISBN 90-5044-000-2.
- Langenberg, H (2004). *Werkgelegenheidsontwikkeling in de jaren 1994-2004: de verdere opmars van deeltijdwerk. Sociaal-economische trends, 4^e kwartaal*.
- Neufert, E., P. Neufert, B. Baiche en N. Walliman (2002). *Architects' Data*. Blackwell Science Ltd.
- Paassen, van, D. (2008). *Zes trends voor de arbeidsmarkt van 2038. Intermediair, 24-01-2008*.
- Werkcommissie Verpleging en Verzorging (2001). *Bouwkundige zorginfrastructuur bij scheiden van wonen en zorg. Sector verpleging en verzorging*.
- Pieterse-Quirijns, E.J., E.J.M. Blokker en A.J. Vogelaar (2009). *Modelleren van niet-huishoudelijk waterverbruik. Waterverbruik van kantoren, hotels, zorginstellingen en veehouderij*. Nieuwegein: KWR, BTO 2009.013
- Pieterse-Quirijns, E.J. (2008). *Rekenregels voor waterverbruik in woontorens*. Nieuwegein: KWR, KWR 08-089.
- Schee, van der, W. (2009). *Persoonlijke communicatie*.
- Scheffer, W.J.H. (1994). *Het ontwerpen van sanitaire installaties*. Arnhem: Misset uitgeverij bv.
- Scheffer, W.J.H. (2009). *Persoonlijke communicatie*.
- Valk, van der, J. en A. Boelens (2004). *Vrouwen op de arbeidsmarkt. Sociaal-economische trends, 3^e kwartaal*.

www.bedrijfswasmachine.nl/gezondheidszorg.php

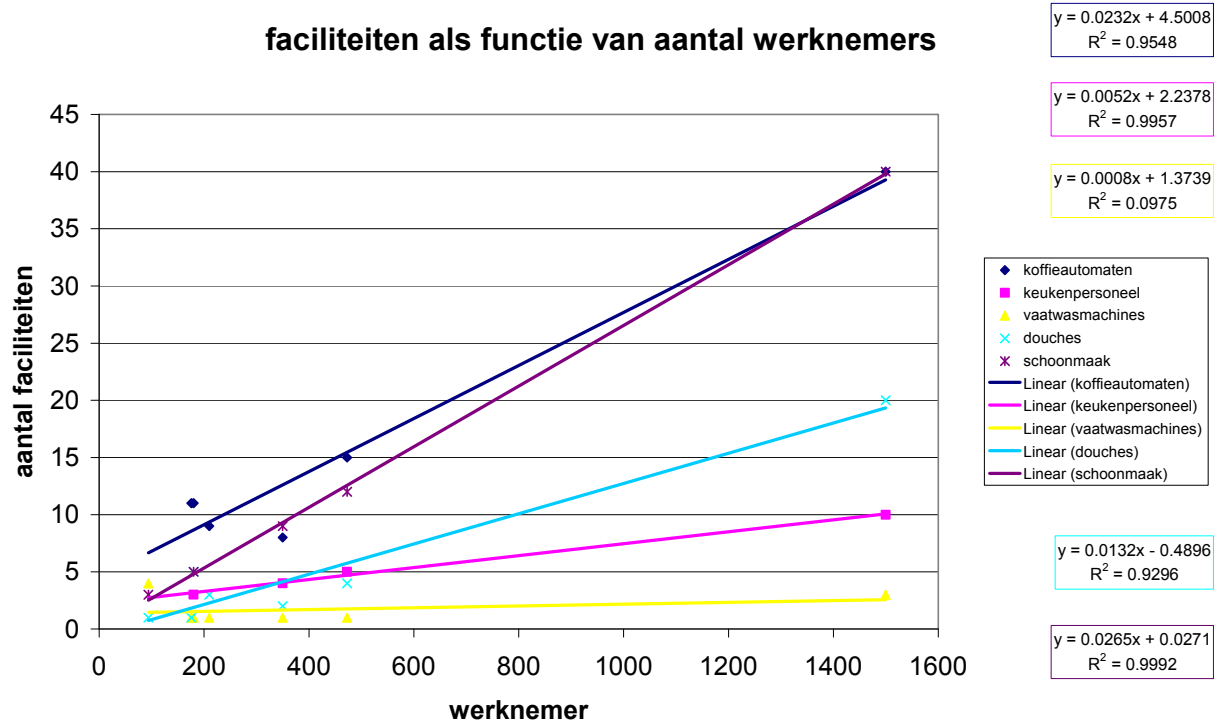
www.livio.nl/wonen/wonen-met-intensieve-zorg/verpleeghuis.html

www.lopital.nl

www.rivm.nl/vtv/object_document/o1518n20327.html

[www.vereniginghetzonnehuis.nl/cms/include/uploads/Downloads/Artikel%20JAE%20in%20ZM%20versie%203%20\(2\).pdf](http://www.vereniginghetzonnehuis.nl/cms/include/uploads/Downloads/Artikel%20JAE%20in%20ZM%20versie%203%20(2).pdf)

I Analyse kantoorfaciliteiten als functie van aantal medewerkers



II Richtlijnen sanitaire ruimte kantoren

Voor de inrichting van de sanitaire ruimte binnen kantoren staan verschillende richtlijnen:

richtlijn 1 (Kroon, 2009)

1 heren en vrouwen toilet per 30 werkplekken

richtlijn 2 (ARBO)

- in een bedrijf of inrichting waar werknemers werkzaam plegen te zijn, is voor de werknemers ten minste één toilet aanwezig.
- in een bedrijf of inrichting waar 10 of meer werknemers gelijktijdig werkzaam plegen te zijn, is voor iedere 15 of minder werknemers van hetzelfde geslacht ten minste één toilet aanwezig. Voor mannen mag voor een deel met urinoirs worden volstaan mits er ten minste één toilet voor iedere 25 of minder mannen aanwezig is.
- in een bedrijf of inrichting waar 10 of meer werknemers gelijktijdig werkzaam plegen te zijn, zijn de toiletten naar sekse gescheiden
- in of in de onmiddellijke nabijheid van de ruimten waarin de toiletten en urinoirs zich bevinden, zijn voldoende wasbakken aanwezig.

Volgens de werkgroep Gelijkwaardigheid mag 25% van de toiletten door urinoirs worden vervangen.

richtlijn 3 (Bouwbesluit)

Het bouwbesluit geeft richtlijnen, afhankelijk van de bezettingsgraad van een kantoor. Bij een bezettingsgraad B3 (10 m² gebruiksoppervlak per werknemer) is er per 150 m² een toilet aanwezig. Dit betekent 1 toilet per 15 medewerkers.

Omdat bij meerdere medewerkers de toiletten gescheiden moeten zijn naar sekse, is in de berekeningen ervan uitgegaan, dat er 1 toiletgroep (1 heren toilet en 1 damestoilet) per 15 medewerkers is.

richtlijn 4 (Neufert)

number of employees	Men						Women					
	flush toilets	urinals	troughs (m) ¹⁾	hand basins ²⁾	additional flush toilets	additional urinals	number of employees	flush toilets	hand basins ²⁾	additional flush toilets	waste bins	sink
10 ³⁾	1	1	0.6	1	1	1	10 ³⁾	1	1	1	1	1
25	2	2	1.2	1	1	1	20	2	1	1	1	1
50	3	3	1.8	1	1	1	35	3	1	1	1	1
75	4	4	2.4	1	1	2	50	4	2	2	1	1
100	5	5	3.0	2	1	2	65	5	2	2	1	1
130	6	6	3.6	2	2	2	80	6	2	2	1	1
160	7	7	4.2	2	2	2	100	7	2	3	1	1
190	8	8	4.8	2	2	3	120	8	3	3	1	1
220	9	9	5.4	3	3	3	140	9	3	4	1	1
250 ⁴⁾	10	10	6.0	3	3	4	160 ⁴⁾	10	3	4	1	1

¹⁾ an increase of up to 1.5 times is possible

²⁾ legislation stipulates that hot water taps must be situated above hand basins in the vestibules of toilet facilities in workplaces

³⁾ A shared facility is permissible for up to five employees

⁴⁾ WC facility should be no larger than for use by 250 men or 160 women

richtlijn 5 (Neufert)

Type of space	Hygiene facilities
WCs ¹⁾ for women	1 cleaner's sink 1 toilet for every 3 to 10 women or 50 to 100 m ² 1 wash-basin for maximum of 5 WCs
WCs ¹⁾ for men	1 cleaner's sink 1 toilet for every 10 to 15 men or 50 to 100 m ² 1 to 3 urinal bowls for every 10 to 15 men or 50 to 100 m ² 1 wash-basin for maximum of 5 WCs
Offices	1 wash-basin for every 8 to 10 people or 100 m ² or at least 1 per office or 1 wash-basin for 3 to 7 people
Cleaner's room	1 cleaner's sink
Tea rooms	1 boiling water dispenser ²⁾ 1 washing-up sink with draining board

¹⁾ Maximum of 10 toilets per facility

²⁾ Average boiling water consumption per person per day is 0.75 litres (1 litre of water equals 5 to 6 cups)

richtlijn 6 (Neufert)

Women	WCs	Bidets	Wash- basins	Cleaner's sinks
8-10 ¹⁾	1	1	1	1
17-20	2	1	2	1
25-30	3	1 2	2-3	1
35 40	4	2	3	1
45-50	5	2	4	1
Men		Urinals		
10-13 ¹⁾	1	1	1	1
20 25	2	1-2	1	1
30-39	2-3	2-3	2	1
40-49	3	3	3	1
50 59	3-4	4	3	1

¹⁾ When planning small offices it is advisable to double the [?] number of wash-basins, WCs and urinals

richtlijn 7 (Scheffer, 1994, Het ontwerpen van sanitaire installaties)

Voor kantoren geldt:

- 1 damestoilet op 8-10 vrouwen
- 1 herentoilet op 10-15 mannen
- 1 urinoir op 10-15 mannen
- 1 wastafel voor ten hoogste 2 closets en/of urinoirs
- 1 rolstoeltoilet met handenwasbak
- 1 pantry
- 1 uitstortgootsteen in werkkast

richtlijn 8 (PvE op isso.nl of pve.sanitair.nl)

De dichtheid van sanitaire voorzieningen gaat om de verhouding tussen het aantal toiletruimtes en het aantal gebruikers hiervan. De minimumdichtheid is die volgens het Bouwbesluit/ Arbobesluit.

Daarnaast kunnen overige eisen worden gesteld door bijvoorbeeld brancheorganisaties.

Afhankelijk van het gewenste kwaliteitsniveau kan het dichtheidsniveau aangepast worden:

kwaliteitsniveau	dichtheidsniveau
0	BB/ARBO
1	hoogste van BB/ARBO of Richtlijn (norm)
2	hoogste van BB/ARBO *1.15 of Richtlijn (aanbevolen)
3	hoogste van BB/ARBO*1.3 of Richtlijn (aanbevolen)

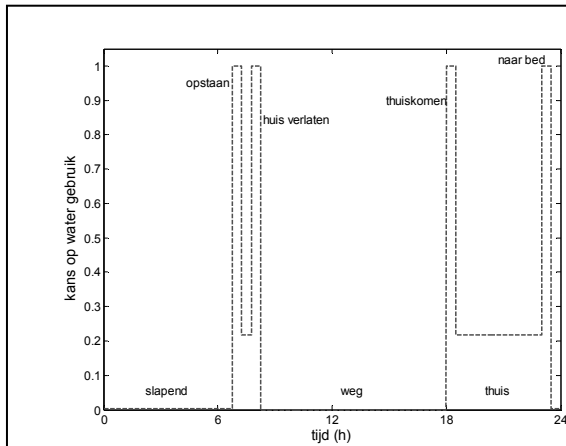
De formule geldt:

- mbt het Bouwbesluit voor het aantal toilet- en badruimten
- mbt het ARBO-besluit voor het aantal toilet-, douche- en wasruimten
- mbt norm overige voor het aantal sanitaire toestellen (closets, urinoirs, douchepunten, wastafels) voor gemeenschappelijk te gebruiken ruimten

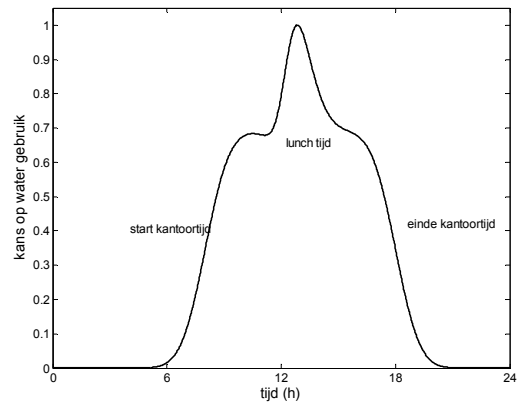
De sanitaire voorzieningen voor overige utiliteitsbouw, zoals hotels en zorginstellingen worden op dezelfde manier bepaald, door het opgeven van het aantal vrouwelijke en mannelijke werknemers. Met behulp van de bouwbesluit- en arbo-besluit regels en het opgegeven kwaliteitsniveau wordt vervolgens het aantal toiletten bepaald.

III Tijdpatroon huishoudelijk en niet-huishoudelijk waterverbruik

Een voorbeeld van een huishoudelijk tijdpatroon is weergegeven in Figuur III.1. Dit tijdpatroon geeft inzicht in het gedrag van een persoon en bepaalt het tijdstip waarop de persoon water verbruikt. Wanneer de gebruiker niet thuis is of slaapt zal hij geen of weinig water verbruiken. Vlak na het opstaan en voor het slapen gaan is het waarschijnlijk dat er meer water wordt verbruikt. Veel mensen wassen zich dan en gaan naar de wc. Het waterverbruikend gedrag van een huishoudelijk verbruiker is gekoppeld aan opstaan, weggaan en slapen.



Figuur III.1: weergave van de kans op waterverbruik op verschillende tijdstippen van een dag voor een huishoudelijk verbruiker.



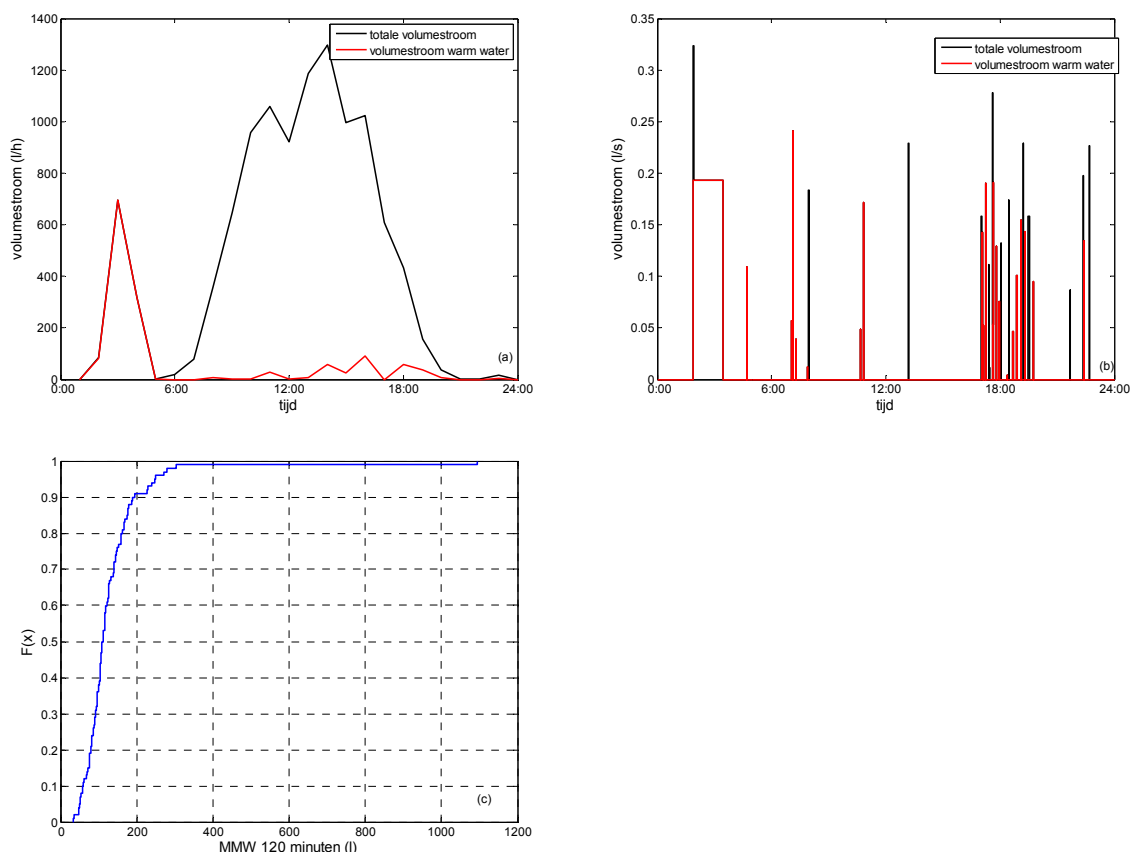
Figuur III.2: weergave van de kans op waterverbruik op verschillende tijdstippen van een dag voor een kantoormedewerker.

Voor de kans van waterverbruik in utiliteitsbouw zijn de tijden van aanwezigheid belangrijk en de tijden van verhoogd verbruik (bijvoorbeeld vlak voor en na de lunchpauze). Het gedrag van niet-huishoudelijke verbruikers is gekoppeld aan bepaalde bloktijden. In Figuur III.2 is een voorbeeld van kantoormedewerkers te zien: t_1 is begin van aanwezigheid, t_4 het einde van aanwezigheid en tussen t_2 en t_3 is er een verhoogde kans van waterverbruik (rond de lunch).

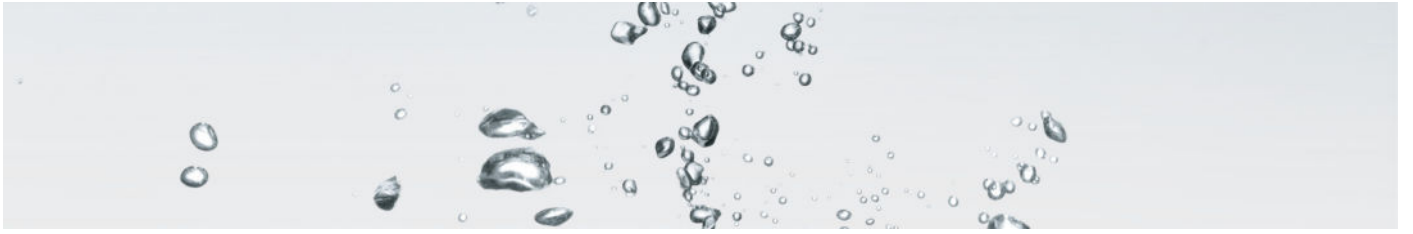
IV Afnamepatroon voor kantoor type B

Kantoor type B met 400 medewerkers vertoont een grote afwijking in het warmwaterverbruik, weergegeven met de kentallen MWW10, MWW60, MWW120 en MWWdag (Figuur 3-2). Deze kentallen worden bepaald door uit 100 afnamepatronen de maxima te berekenen. Deze maxima worden numeriek geordend. De waarde van het maximum waar 99% van de getallen kleiner is dan deze waarde, is het 99-percentiel. Het 99-percentiel vormt dan het kental.

Wanneer het kental afwijkt van de trend met toenemend aantal medewerkers dan kan dat betekenen dat één van de 100 afnamepatronen een afwijkend waterverbruik vertoont. Voor kantoor type B met 400 medewerkers is dit het 40e afnamepatroon. Dit patroon is te zien in Figuur IV.1a en heeft een nachtelijke piek van warm water. Deze piek wordt veroorzaakt door een nachtelijke schoonmaak, zoals blijkt uit het afnamepatroon van de functionele ruimte behorend bij de schoonmaak (Figuur IV.1b). Zo'n uitschieter, zoals deze nachtelijke schoonmaak kan door het stochastische karakter van SIMDEUM sporadisch voorkomen. Wanneer de honderd maxima van het warmwaterverbruik in bijvoorbeeld 120 minuten worden berekend en als geordende verzameling weergegeven, wordt Figuur IV.1c verkregen. Dit figuur laat zien dat in 99% van de gevallen de MMV120 minder is dan 300 liter. Het grootste warmwaterverbruik in 120 minuten bedraagt volgens de figuur 1100 liter, immers alle patronen hebben een waarde lager dan 1100 liter. Het 99-percentiel dat berekend wordt door Matlab bedraagt 700 liter en is dus het gemiddelde van de genoemde waarden (99% en 100%). Dit betekent dat de uitschieter gedeeltelijk wordt meegenomen in de bepaling van de kentallen.



Figuur IV.1: het gesimuleerde 40^e afnamepatroon van het totale waterverbruik (a), van het waterverbruik door schoonmaak (b) en de CFD van MMW in 120 minuten van alle 100 afnamepatronen (c) voor kantoor type B met 400 medewerkers. (CFD = Cumulative Frequency Distribution)





Korenmolenlaan 4
3447 GG Woerden
Telefoon: 088 401 06 20

info@tvvl.nl | www.tvvl.nl

