

Weers- en seizoensinvloeden op huishoudelijk waterverbruik in DMA's

Ina Vertommen, Mirjam Blokker (KWR Watercycle Research Institute), Jan Urbanus (Evides Waterbedrijf)

Voor Evides Waterbedrijf is onderzoek gedaan om het waterverbruik beter te kunnen vaststellen [1]. Op basis van reeds beschikbare gegevens van DMA's (District Metered Areas) zijn in dit onderzoek verschillende typische verbruikspatronen geïdentificeerd (zomerperiode, werk-, weekend-, feest- en vakantiedagen). Er zijn grote verschillen in het gebruik gedurende de ochtend, avond en nacht, en in bijvoorbeeld de zomerperiode. Voor aanpassing van het waterverbruikmodel SIMDEUM is gedetailleerdere aanvullende kennis nodig. Hiervoor loopt inmiddels een vervolgonderzoek. Het onderzoek past binnen het BTO Speerpuntonderzoek.

Evides wil meer inzicht krijgen in het in het huishoudelijk waterverbruik per District Metered Area (DMA), inclusief begrip over hoe dit varieert over het jaar. Een van de doelen is eventueel waterverlies (door verschil tussen metingen en ingeschat verbruik) terug te kunnen vinden. Een waterverbruikmodel zoals SIMDEUM kan daarbij een belangrijke rol vervullen.

KWR heeft de afgelopen jaren veel onderzoek gedaan naar huishoudelijke (en enkele niet-huishoudelijke) waterverbruiken en het verloop daarvan over de dag. Dat onderzoek richtte zich op het gemiddelde en de variatie in het waterverbruik. Dit heeft geleid tot het stochastische model SIMDEUM. SIMDEUM is gevalideerd voor verschillende toepassingen, zoals de voorspelling van maximaal waterverbruik en, in combinatie met een hydraulisch model, van verblijftijden in het leidingsysteem in verschillende testgebieden in Nederland. Hierbij zijn demografische data (CBS-data per postcodegebied voor gezinssamenstelling en leeftijden) gebruikt.

SIMDEUM voorspelt het huishoudelijk waterverbruik in een stedelijke omgeving goed [2]. Het voorspellen voor landelijke gebieden is lastiger [3], en de invloed van het weer en de seizoenen (en vakantie- en feestdagen) is ook nog onbekend.

Het huidige onderzoek stelt vast hoe invloeden van weer, seizoen en demografie op waterverbruik kunnen worden bepaald, om SIMDEUM te kunnen verfijnen.

Weers- en seizoensafhankelijke verbruikclusters

Om inzicht te krijgen in de mogelijke invloed van weer en seizoen op het huishoudelijk waterverbruik hebben we metingen gebruikt van drie drinkwaterbedrijven (Dunea, Oasen en Waternet).

Tabel 1 bevat de kenmerken van de datasets.

Tabel 1. Kenmerken van de metingen

Set	Gebied	Meetperiode	Tijdstap	omvang gebied
1	Diemen-Noord (Waternet)	2009	1 min.	1800 woningen
2	Wassenaar (Dunea)	2012	5 min.	12.000 woningen
3	Bodegraven-Zuid, Gouda, Leimuiden, Reeuwijk, Woubrugge en Zoeterwoude (Oasen)	1-12-2014 t/m 31-08-2015	60 min.	1500 – 3000 aansluitingen

Deze data zijn geanalyseerd volgens de methode van de vergelijking van leveringspatroonverdeling (VLPV-methode) [3, 4].

De VLPV-methode identificeert de variatie tussen tijdreeksen van metingen. Veranderingen worden gekwantificeerd en onderscheiden in consistente en inconsistente veranderingen:

- Bij een consistente verandering verandert het leveringspatroon niet van vorm, maar wordt vermenigvuldigd met een schaalfactor (bijvoorbeeld bij bevolkingsgroei of -krimp);
- Bij een inconsistente verandering wordt het gehele leveringspatroon verschoven door een optelfactor (bijvoorbeeld door lekverlies).

De VLPV-methode is op twee niveaus toegepast: (1) de metingen van een heel jaar zijn op maand- en weekbasis vergeleken; (2) de metingen van elke maand zijn op dagbasis vergeleken.

De resultaten zijn samengevat in tabel 2. Ze bevestigen de verwachting dat het verbruikspatroon afwijkt in vakantieperiodes, weekenddagen, feestdagen en in de warmere zomermaanden. In vakantieperiodes is er een consistente afname in het leveringspatroon (doordat minder mensen thuis zijn), soms gepaard met een inconsistente toename. Tussen eind juni en begin juli, de warmere periode voor de zomervakantie, is er een consistente toename in het leveringspatroon, mogelijk door frequenter gebruik van de douche en de wasmachine. In Wassenaar is tussen begin juli en eind september een inconsistente toename zichtbaar. Juni 2012 was een abnormaal koude en natte maand. In de metingen van Oasen is de inconsistente toename al vanaf begin juni geïdentificeerd.

Het leveringspatroon varieert sterkt tussen werk- en weekenddagen. Op weekenddagen is er een consistente toename en inconsistente afname in het leveringspatroon. Het verschil tussen werk- en weekenddagen is echter minder duidelijk in de zomermaanden. De invloed van weer en vakantieperiodes in de zomermaanden lijkt daarom sterker te zijn dan het verschil tussen werk- en weekenddagen. Op feestdagen zijn ook een consistente toename en inconsistente afname zichtbaar.

Tabel 2. Samenvatting van de resultaten van de VLPV-analyse

Periode of speciale dag	Diemen-Noord	Wassenaar	Gebieden Oasen
Voorjaarsvakantie	Consistente afname + inconsistente toename	Consistente afname	Consistente afname
Meivakantie	Consistente afname	-	Consistente afname + inconsistente toename
Zomervakantie	Consistente afname	Consistente afname	Consistente afname
Herfstvakantie	Inconsistente toename	Consistente afname	-
Kerstvakantie	Consistente afname	Inconsistente afname	Consistente toename + inconsistente afname
Warme/drogere periode		Consistente toename in het voorjaar Consistente toename: 23 juni – 8 juli Consistente afname in het najaar Inconsistente toename: 2 juli – 23 september	Consistente toename: eind juni – begin juli Inconsistente toename: 1 juni - 23 augustus
Nieuwjaarsdag	-	-	Consistente toename + inconsistente afname In Zoeterwoude: consistente afname + inconsistente toename
2 ^{de} paasdag	Consistente toename + inconsistente afname	Consistente toename + inconsistente afname	Consistente toename + inconsistente afname
Koningsdag	n.v.t.	n.v.t.	Consistente toename + inconsistente afname
Koninginnedag	-	Inconsistente afname	n.v.t.
Bevrijdingsdag	-	-	-
Hemelvaartsdag	-	Consistente toename + inconsistente afname	-
2 ^{de} pinksterdag	Consistente toename +	Inconsistente afname	Consistente toename

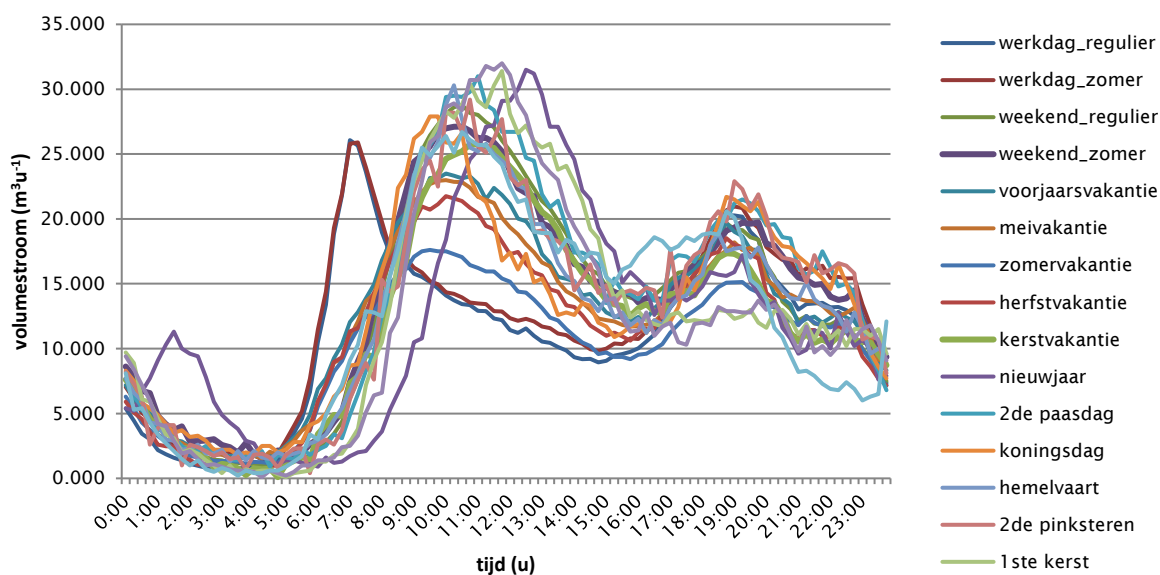
	inconsistente afname		
1 ^{ste} en 2 ^{de} kerstdag	Consistente toename + inconsistente afname	Consistente toename	Consistente toename + inconsistente afname
Oudejaarsavond	-	Consistente toename	-
Weekenddagen	Consistente toename + inconsistente afname	Consistente toename + inconsistente afname (minder duidelijk in juli en augustus)	Consistente toename + inconsistente afname (minder duidelijk in juni, juli en augustus)

Verbruikclusters

Op basis hiervan zijn de volgende verbruikclusters of typische verbruiksdagen gedefinieerd:

1. reguliere werkdag (buiten de zomer- en vakantieperiodes)
2. werkdag in de zomerperiode (juni, juli en augustus, vakantieperiode uitgezonderd)
3. reguliere weekenddag
4. weekenddag in de zomerperiode
5. voorjaarsvakantie
6. meivakantie
7. zomervakantie (schoolvakantie)
8. herfstvakantie
9. kerstvakantie
10. nieuwjaarsdag
11. tweede paasdag
12. Koningsdag
13. hemelvaartsdag
14. eerste pinksterdag
15. eerste kerstdag
16. tweede kerstdag
17. oudejaarsdag

Voor elk van deze verbruikclusters is een gemiddeld verbruikspatroon bepaald. Afbeelding 1 illustreert dit voor het voorzieningsgebied Gouda van Oasen. Bovendien zijn de gemiddelde verbruikspatronen per kwartaal en per temperatuur-gedefinieerde periode uitgerekend, aan de hand van de maandelijkse temperatuurgegevens [5] gebruikt: 0-5 °C (periode 1), 5-10 °C (periode 2), 10-15 °C (periode 3) en 15-20 °C (periode 4).

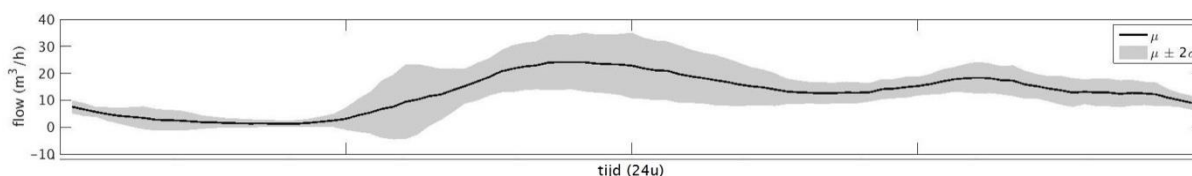


Afbeelding 1. Een indruk van de gemiddelde patronen van de verschillende verbruikclusters, geïdentificeerd op basis van de VLPV-analyse voor het gebied Gouda

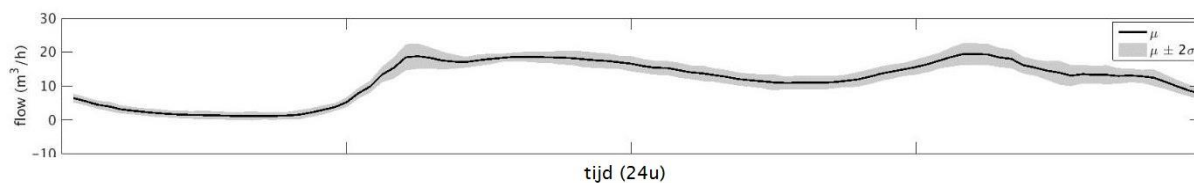
Standaarddeviatie van patronen

Uit afbeelding 1 waren echter geen eenduidige conclusies te trekken. Daarom is daarna gekeken naar de standaarddeviatie van patronen, en naar de verschillen tussen de genormaliseerde patronen en relatief verbruik. (Genormaliseerd patroon (in dit geval) = patroon gedeeld door het maximale dagverbruik; relatief verbruik = verbruik t.o.v. een referentiewaarde of –patroon; dit wordt later in de tekst toegelicht. Het gaat dus niet om absolute waarden, maar om de afwijkingen hierin.)

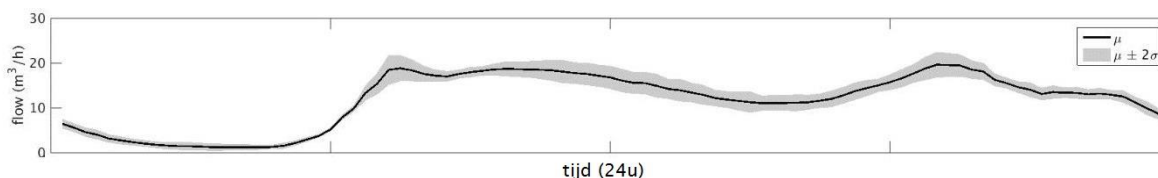
In de afbeeldingen 2-4 zijn voor iedere tijdstap het gemiddelde (zwarte lijn) en de standaarddeviatie (grijze strook) van de verschillende patronen weergegeven voor het leveringsgebied Gouda. De breedte van de grijze strook toont hoe groot de variatie tussen de patronen is, en hoe groot de afwijkingen op bepaalde momenten van de dag zijn. De grijze strook in afbeelding 2 is significant breder dan in afbeelding 3 en 4. Voor Gouda is de variatie tussen patronen van de verbruikclusters op basis van de VLPV-analyse groter dan de variatie tussen gemiddelde patronen per kwartaal en per temperatuur-gedefinieerde periode: Uit afbeelding 2 blijkt dat het verbruik het meest varieert in de ochtend en het minst in de late nachturen. Rondom de middag is de variatie kleiner dan in de ochtend en neemt dan geleidelijk toe rondom de avonden en de eerste nachturen.



Afbeelding 2. Gemiddelde en standaarddeviatie voor de patronen van de 17 verbruikclusters voor het gebied Gouda. Op de x-as de tijd in tijdvakken van 6 uur (0.00-24.00 uur)



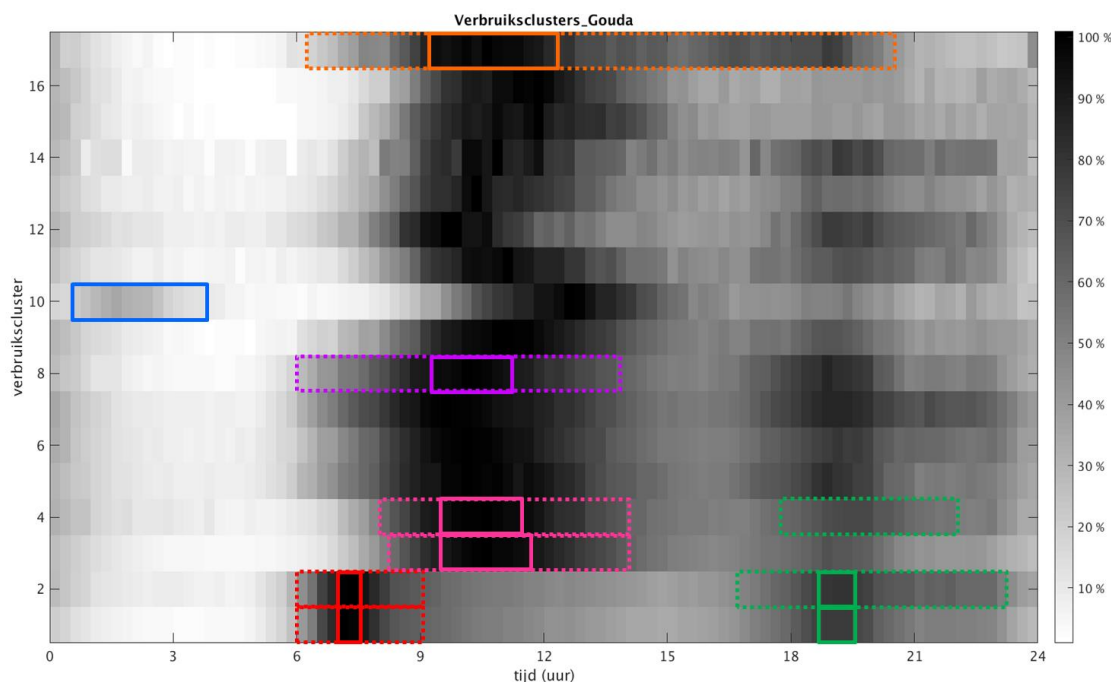
Afbeelding 3. Gemiddelde en standaarddeviatie voor de patronen per kwartaal voor het gebied Gouda (1 – januari t/m maart, 2 – april t/m juni, 3 – juli t/m september, 4 – oktober t/m december). Op de x-as de tijd in tijdvakken van 6 uur (0.00-24.00 uur)



Afbeelding 4. Gemiddelde en standaarddeviatie voor de patronen van temperatuur-gedefinieerde periodes voor het gebied Gouda (1 - 0-5 °C, 2 - 5-10 °C, 3 - 10-15 °C en 4 - 15-20 °C). Op de x-as de tijd in tijdvakken van 6 uur (0.00-24.00 uur)

Verschillen tussen genormaliseerde patronen

In afbeelding 5 is het verbruik van de 17 verbruikclusters weergegeven voor Gouda. De kleurintensiteit geeft het relatieve waterverbruik aan: hoe donkerder de kleur, hoe dichter het verbruik bij het maximale dagverbruik is.



Afbeelding 5. De genormaliseerde patronen voor de 17 verbruikclusters geïdentificeerd op basis van de VPLV-analyse. Enkele aspecten zijn gemarkeerd als voorbeelden voor interpretatie:

rode stippenlijn – toenemend verbruik in de ochtend op werkdagen; rode lijn – ochtendpiek op werkdagen; roze stippenlijn – toenemend verbruik in de ochtend op weekenddagen; roze lijn – ochtendpiek op weekenddagen; paarse stippenlijn - toenemend verbruik in de ochtend in de herfstvakantie; paarse lijn - ochtendpiek in de herfstvakantie; oranje stippenlijn - toenemend dagverbruik op oudejaarsdag; oranje lijn - ochtendpiek op oudejaarsdag; groene stippenlijn – hoger verbruik op de avonden voor werk- en weekenddagen in de zomerperiode; groene lijn – avondpiek op werkdagen; blauwe lijn – hoger verbruik in de nachturen op nieuwjaarsdag.

Afbeelding 5 laat het volgende zien:

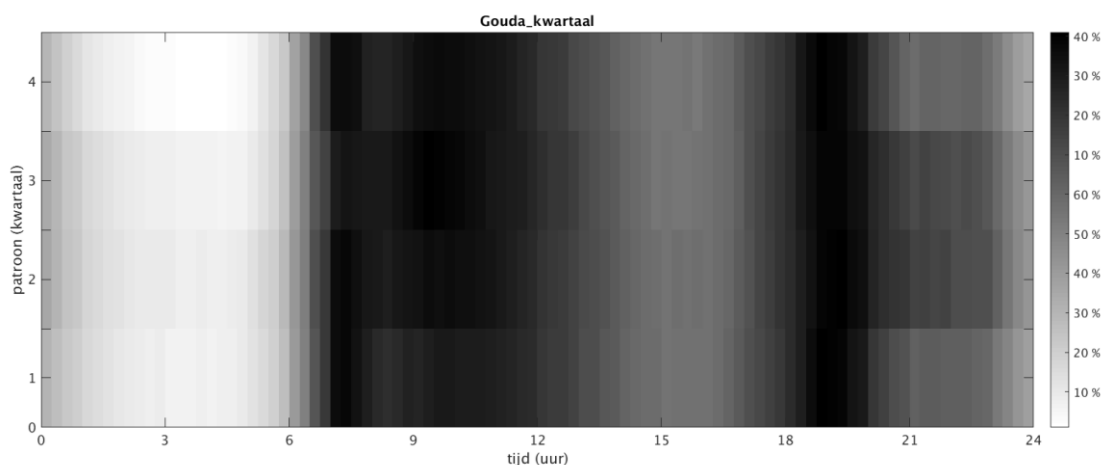
1. Ochtendverbruik:

- a. De start van het geleidelijk toenemende dagverbruik en de ochtendpiek voor reguliere werkdagen en werkdagen in de zomerperiode (patronen 1 en 2) is vrijwel gelijk (rode lijn en stippenlijn).
- b. De start van het verbruik en de ochtendpiek voor weekenddagen buiten en in de zomerperiode (patronen 3 en 4) beginnen later. De ochtendpiek van weekenddagen is ook aanzienlijk breder dan die van werkdagen (roze en rode stippenlijnen en lijnen).
- c. In de vakantieperiodes (patronen 5-9) start het verbruik op ongeveer dezelfde tijd als op werkdagen. De ochtendpiek vindt echter later plaats en is breder (paarse stippenlijn en lijn). Dit wijst op een meer verspreid ochtendgebruik.
- d. Het ochtendverbruik op feestdagen zoals tweede paasdag, Hemelvaart, tweede pinksterdag en de kerstdagen (patronen 11, 13-16) lijkt meer op dat van weekenddagen, alhoewel de ochtendpiek iets smaller is en iets later op de dag valt.
- e. Het ochtendverbruik op nieuwjaar (patroon 10) begint veel later op de dag dan alle andere patronen;
- f. Het ochtendverbruik op oudejaar (patroon 17) begint vroeg op de dag net zoals op werkdagen. Het verbruik neemt echter heel geleidelijk toe, loopt door tot de avond,

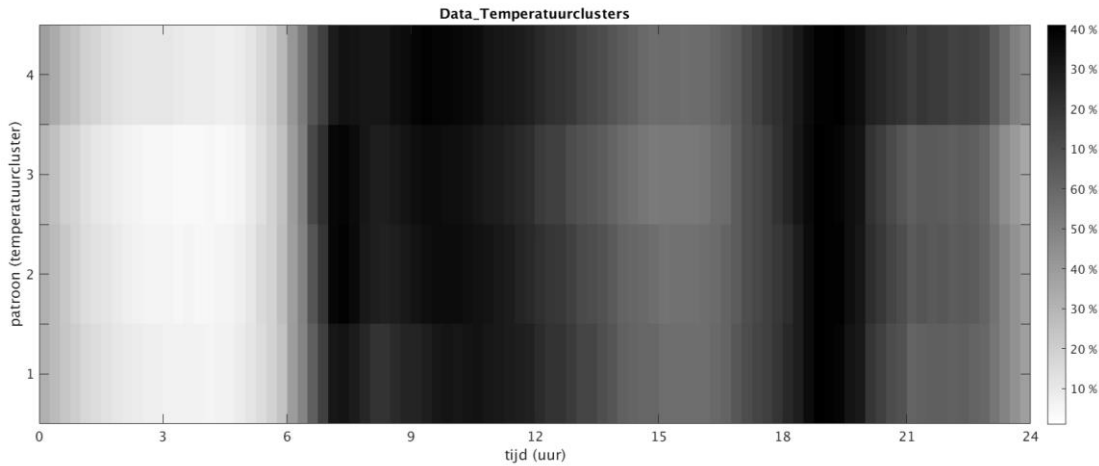
en de ochtendpiek begint later (net zoals op weekenddagen) en is aanzienlijk breder (oranje stippenlijn en lijn).

2. Avondverbruik:
 - a. Tussen reguliere werkdagen en werkdagen in de zomerperiode is de avondpiek redelijk gelijk, maar in de avonden in de zomerperiode wordt meer verbruikt (groene lijn en stippenlijn).
 - b. Er is een minder uitgesproken avondpiek op weekenddagen buiten en in de zomerperiode dan op werkdagen. Ook op weekenddagen in de zomerperiode wordt meer verbruikt (groene stippenlijn).
 - c. In de zomervakantie (patroon 7) is er meer verbruik op de avond.
 - d. Op Nieuwjaar, Hemelvaart en de kerstdagen is het verbruik op de avond minder uitgesproken dan voor de andere patronen.
3. Het verbruik overdag (tussen de ochtend- en avondpiek) varieert tussen patronen:
 - a. Op weekenddagen en vakantieperiodes is er meer verbruik overdag dan op werkdagen en feestdagen;
 - b. Op oudejaarsdag is het verbruik overdag veel hoger dan op alle andere dagen en loopt door tot de avondpiek (oranje stippenlijn).
4. Het verbruik in de nachturen is voor alle patronen relatief laag. Opvallend (maar wel verwacht) is dat er op nieuwjaarsdag een periode met hoger nachtverbruik is (blauwe lijn). Voor werk- en weekenddagen in de zomerperiode, koningsdag en vakantiedagen is het nachtverbruik ook iets hoger dan voor de andere patronen.

In het voorbeeld van Gouda blijkt dat de patronen per kwartaal (afbeelding 6) en per temperatuur-gedefinieerde periode (afbeelding 7) niet heel erg verschillen. In het 2e en 3e kwartaal is het verbruik in de avond iets hoger dan in het 1e en 4e kwartaal. Voor de temperatuur-gedefinieerde periode 4 is het verbruik 's avonds en overdag iets hoger dan in de andere periodes. Tussen de verbruikscusters op basis van de VLPV-analyse (afbeelding 5) zijn de verschillen groter.



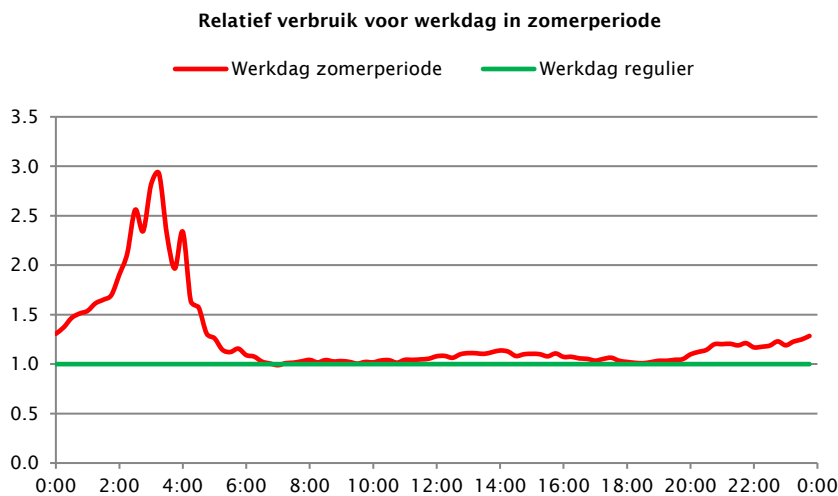
Afbeelding 6. Genormaliseerde patronen per kwartaal (1 = januari t/m maart, 2 = april t/m juni, 3 = juli t/m september, 4 = oktober t/m december).



Afbeelding 7. Genormaliseerde patronen per temperatuur-gedefinieerde periode (1 = 0-5 °C, 2 = 5-10 °C, 3 = 10-15 °C en 4 = 15-20 °C).

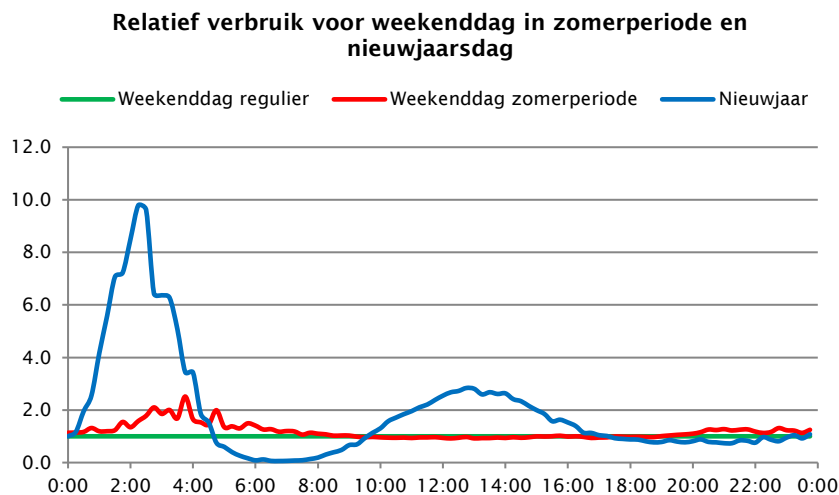
Relatief verbruik op basis van referentiepatroon

Afbeeldingen 8 en 9 zijn voorbeelden van de analyse van het verbruik voor bepaalde verbruikscusters ten opzichte van een referentiepatroon (het relatieve verbruik). Afbeelding 8 toont het relatieve waterverbruik op een werkdag in de zomerperiode ten opzichte van het waterverbruik op een reguliere werkdag. Het blijkt dat het nachtverbruik in de zomerperiode relatief veel hoger is, wat in de absolute getallen van afbeeldingen 2 en 5 minder duidelijk werd. De verklaring is (nog) niet bekend.



Afbeelding 8. Relatief verbruik op een werkdag in de zomerperiode in vergelijking met een reguliere werkdag.

Afbeelding 9 toont het relatief waterverbruik op een weekenddag in de zomerperiode (rood) en op nieuwjaarsdag (blauw) ten opzichte van het waterverbruik op een reguliere weekenddag (groen). Het verbruik op een reguliere weekenddag en een weekenddag in de zomerperiode is vergelijkbaar. 's Avonds neemt het relatieve verbruik in de zomerperiode toe en het nachtverbruik is tot twee keer hoger. Het relatieve verbruik op nieuwjaarsdag verschilt erg met dat van een reguliere weekenddag: het relatieve nachtverbruik en verbruik overdag zijn hoger, en het ochtendverbruik is lager.



Afbeelding 9. Relatief verbruik op een weekenddag in de zomerperiode en op nieuwjaarsdag in vergelijking met een reguliere weekenddag.

Conclusies

De VLPV-analyse van de beschikbare metingen toont afwijkingen en overeenkomsten tussen de verbruikspatronen op werk-, weekend-, feest- en vakantiedagen. Ook in warmere periodes veranderen de verbruikspatronen. Op basis daarvan zijn in dit onderzoek typische verbruikclusters geïdentificeerd en vergeleken. We kunnen de volgende conclusies trekken:

- Het waterverbruik in de ochtend, met name wanneer het verbruik start en tijdstip en duur van de ochtendpiek, varieert voor werk-, weekend-, feest- en vakantiedagen. Of het zomer is of niet maakt voor het dagpatroon geen verschil. Het waterverbruik in de ochtend is dus sterker gerelateerd aan het type dag dan aan het weer.
- De aanwezigheid, intensiteit en duur van de avondpiek varieert tussen werk- en weekenddagen, maar lijkt ook afhankelijker van het type dag dan van het weer.
- Het waterverbruik in de avond- en nachturen is, voor zowel werk- als weekenddagen, wel hoger in de zomerperiode, wat duidt op weersafhankelijkheid.
- Het patroon op feestdagen is niet helemaal gelijk aan dat van weekenddagen, al is dat afhankelijk van de feestdag (oudjaar, nieuwjaar, Hemelvaart).

Deze metingen hebben tot belangrijke inzichten geleid, maar zijn van te grote gebieden (met o.a. een te grote variatie in gezinssamenstelling) om de verkregen informatie te kunnen vertalen naar hypothesen om SIMDEUM uit te breiden met seizoensparameters.

Vervolgonderzoek

Om SIMDEUM uit te kunnen breiden is behoefte aan gedetailleerd zicht op de invloed van weer en seizoen op waterverbruik in Nederland. Daarvoor is het nodig om het waterverbruik van verschillende typen huishoudens te bemeten gedurende een periode met variatie in seizoenen, speciale dagen, verlofperiodes en weersomstandigheden.

Verder is het te verwachten dat de invloed van seizoen en weer op de gedragscomponent anders is voor landelijke, stedelijke en voorstedelijke huishoudens, onder andere vanwege variërende aanwezigheid van mensen thuis (naar verwachting hoger in landelijke gebieden), flexibiliteit in dagelijkse routine (werk), reistijd tussen woning en werk en soort werk (naar verwachting meer

fysiek werk in landelijke gebieden). Daarnaast beïnvloedt de gezinssamenstelling waarschijnlijk het gedrag, mede afhankelijk van weer en seizoen (bv. in schoolvakanties en het vullen van zwembadjes voor kinderen). Bovendien zullen het seizoen en het weer vooral invloed hebben op het waterverbruik voor buiten. Het type woning en de aanwezigheid van een tuin spelen een belangrijke rol.

Op basis deze aspecten is een meetplan opgesteld, waarvoor Evides Waterbedrijf op negen locaties (in grootte variërend tussen de 112 en 138 woningen) meters heeft geïnstalleerd. Op deze locaties wordt het waterverbruik sinds juli 2016 elke minuut geregistreerd gedurende één jaar. Tegelijk wordt met enquêtes nagegaan wat de invloed van seizoen is op het waterverbruikend gedrag (met name doucheduur en -frequentie, gebruik wasmachine en tuinsproeien).

In het vervolgonderzoek worden de verzamelde metingen geanalyseerd. De resultaten worden tenslotte ingebouwd in SIMDEUM, zodat Evides Waterbedrijf per DMA, met kennis van de weersomstandigheden en kalenderdag, het huishoudelijk waterverbruik preciezer kan vaststellen.

Dankwoord

Dank aan Jurjen den Besten (Oasen), Arne Bosch (Waternet) en Maurice van de Roer (Dunea) voor het delen van verbruiksmetingen.

Referenties

1. Vertommen, I. Blokker, E. J. M. (2016). Weers- en seizoensinvloeden op waterverbruik in DMA's. BTO 2016.004, KWR Watercycle Research Institute Nieuwegein, Nederland.
2. Blokker, E. J. M. en C. A. Agudelo-Vera (2015). Doorontwikkeling SIMDEUM waterverbruik over de dag, energie voor warmwater en volume, temperatuur en nutriënten in afvalwater. BTO 2015.210(s), KWR Watercycle Research Institute Nieuwegein, Nederland.
3. Van Thienen, P. en I. Pieterse-Quirijns (2011). Nieuwe lekverliesbepalingsmethoden - Inventarisatie van benaderingen, toepassingen van SIMDEUM en uitwerking naar een nieuwe methode voor het vaststellen van lekverliezen in het distributienet, KWR Watercycle Research Institute, Nederland.
4. Van Thienen, P. (2013). "A method for quantitative discrimination in flow pattern evolution of water distribution supply areas with interpretation in terms of demand and leakage" Journal of Hydroinformatics.
5. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (2014): <http://www.knmi.nl/>.