

## Drinkwaterverbruik tijdens een grootschalige en langdurige elektriciteitsuitval

*Claudia Agudelo-Vera, George Mesman, Mirjam Blokker (KWR Watercycle Research Institute), Eric Adamse (Vitens)*

**Een grootschalige en langdurige elektriciteitsuitval ('black-out'), zal andere (vitale) infrastructuur beïnvloeden. Waterbedrijven moeten ook bij calamiteiten drinkwater kunnen leveren. Onbekend is echter hoeveel drinkwater dan nog nodig is. Vitens en KWR hebben de gevolgen van een 10-daagse black-out op de drinkwatervraag zo goed mogelijk ingeschat. Het effect verschilt per type eindgebruiker en verandert hoe langer de black-out aanhoudt. De drinkwatervraag zal eerst halveren en vanaf dag drie nog verder dalen naar ca. 25%. Een onderbouwde verwachting van de drinkwatervraag tijdens een black-out maakt het mogelijk om de vereiste noodstroomvoorziening van de drinkwatervoorziening zo goed mogelijk in te richten.**

Elektriciteit- en drinkwaterinfrastructuur maken deel uit van de zogeheten 'vitale infrastructuur'. Dit zijn producten, diensten en onderliggende processen die tot maatschappelijke ontwrichtingen kunnen leiden wanneer ze uitvallen. Er is sprake van een maatschappelijke ontwrichting als er bijvoorbeeld grote economische schade is, er veel slachtoffers zijn, of het herstel heel lang gaat duren en er geen reële alternatieven zijn [1]. In 2016 is een overzicht van potentiële rampen en dreigingen die onze samenleving kunnen ontwrichten opgesteld [2]. Daarbij stonden effecten van een elektriciteitsuitval in de top drie van 30 dreigingen met zeer grote gevolgen. Op 17 januari 2017 trof een elektriciteitsuitval delen van Amsterdam, Zaandam en Landsmeer, in totaal ruim 360.000 huishoudens. Ondanks de relatief korte duur van de uitval, vijf uur, waren de gevolgen de hele dag en de dag daarna nog merkbaar. Een onmiddellijk effect was onder andere dat het stadsverwarmingssysteem niet werkte, want dit wordt elektrisch bestuurd. Vertraagde effecten de dag daarna waren problemen met de distributie van producten bij een grote supermarktketen.

Bij een grootschalige en langdurige elektriciteitsuitval wordt ook de levering van drinkwater beïnvloed. Drinkwatersystemen zijn ontworpen om leveringszekerheid te garanderen. Dit betekent volgens het Drinkwaterbesluit [3] dat *"bij uitval van een zelfstandig onderdeel van een watervoorzieningswerk de eigenaar van een drinkwaterbedrijf er zorg voor draagt dat binnen 24 uur een hoeveelheid drinkwater kan worden geleverd die op dagbasis ten minste 75% bedraagt van de hoeveelheid die wordt geleverd op de maximumdag. Onder maximumdag wordt verstaan de dag in een kalenderjaar waarop het drinkwaterverbruik op etmaalbasis in een distributiegebied het hoogst is, met een overschrijdingskans van eenmaal per tien jaar. De eerste en tweede volzin gelden voor aansluitingen of clusters van aansluitingen met een verbruik gelijk aan dat van 2000 huishoudelijke aansluitingen of meer."*

Verder moet bij een grootschalige en langdurige elektriciteitsuitval de aanwezige noodstroomvoorziening ervoor zorgen dat gedurende stroomuitval de watervoorziening geen gevaar loopt. *"De eigenaar van een drinkwaterbedrijf beschikt over onafhankelijke voorzieningen, die een continue levering van deugdelijk drinkwater gedurende ten minste tien dagen waarborgen op basis van een gemiddeld dagverbruik, teneinde de gevolgen van uitval van externe leveranties zo veel*

*mogelijk te beperken.”* [3] Dit betekent dat tijdens een grootschalige (noordwest-Europa) en langdurige (10 dagen) elektriciteitsuitval, een zogeheten black-out, nog zoveel mogelijk de gemiddelde hoeveelheid drinkwater geleverd moet kunnen worden.

De aanwezige noodstroomvoorzieningen in de installaties van Vitens zijn gebaseerd op leveringszekerheidsanalyses waar het netwerk getoetst is bij een ‘N-min-1-scenario’. Hierbij wordt gebruik gemaakt van overcapaciteiten elders in het net. Tijdens een black-out werken alle installaties op noodstroom of ze werken niet. Van de aanwezige overcapaciteit onder normale omstandigheden kan dan mogelijk niet volledig gebruik gemaakt worden. De vraag is daarom of de drinkwatervraag op peil blijft, of dat met minder water volstaan kan worden. Omdat het waterverbruik bij een black-out sterk beïnvloed wordt door het wegvallen van bijvoorbeeld wasmachines, afwasmachines en warmwatervoorziening, verandert de watervraag en daarmee de waterverdeling en de hiervoor benodigde energie. Om voldoende noodstroomvoorziening te installeren, is inzicht nodig in de te verwachten drinkwatervraag gedurende een 10-daagse elektriciteitsuitval.

### **Aanpak**

Het onderzoek naar het waterverbruik richt zich op vier categorieën verbruikers: 1) huishoudelijk verbruik, middenverbruik (MV) – tussen 300 en 100.000 m<sup>3</sup>/jaar – verdeeld in 2) agrarisch en 3) niet-agrarisch, en 4) grootverbruik, > 100.000 m<sup>3</sup>/jaar. Het huishoudelijk waterverbruik gedurende tien dagen is in kaart gebracht met het simulatiemodel SIMDEUM. Hiermee is voor een beperkt voorzieningsgebied het huishoudelijk verbruik gesimuleerd op basis van specifieke effecten van stroomuitval in een woning, zoals het wegvallen van het gebruik van de wasmachine en alleen kort douchen wanneer er geen warm water is [4]. Voor het midden- en grootverbruik is een schatting gemaakt van het waterverbruik bij een grootschalige elektriciteitsuitval.

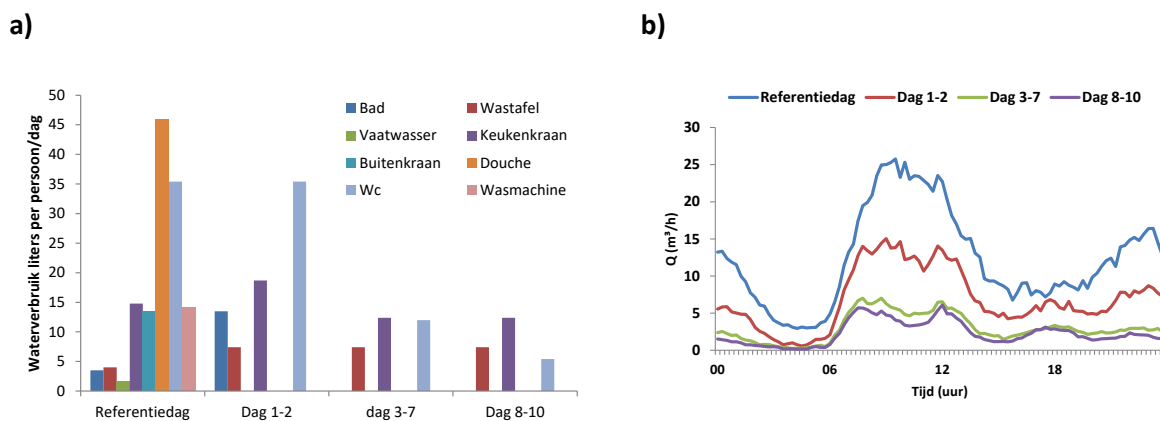
Eerst zijn de gevolgen van een grootschalige black-out voor overige infrastructuren als gas en riolering geïnventariseerd. Vervolgens is ingeschat wat uitval van een specifieke infrastructuur betekent voor de watervraag [5].

### **Gevolgen van een grootschalige en langdurige elektriciteitsuitval op waterverbruik**

De uitval van elektriciteit beïnvloedt meer dan alleen de (huishoudelijke) apparaten die elektriciteit gebruiken. Een groot deel van het maatschappelijk verkeer is gebaseerd op de beschikbaarheid van elektriciteit. Tijdens de uitval van elektriciteit valt niet alleen de huishoudelijke apparatuur uit, maar ook de communicatie en daarmee processen die op afstand gestuurd worden. Onder de omstandigheden van een black-out valt het grootste deel van de economische activiteit weg; de mensen gaan niet naar het werk. De gasvoorziening is afhankelijk van processturing, compressoren en reduceertoestellen. De Gasunie geeft aan dat in het geval van een landelijke black-out de distributie van aardgas zeer waarschijnlijk tot stilstand komt [6]. Op basis van de aanwezige druk in het gasnet is er nog voor één tot twee dagen gas aanwezig, hierna is de gasvoorziening nihil. Dit betekent dat na één tot twee dagen in het overgrote deel van de huishoudens geen ruimteverwarming en warm water meer mogelijk is. Ook de rioolgemalen vallen uit en hiermee is de afvoer van afvalwater verder dan het lokale gemeentelijk riool niet meer mogelijk. Het rioolstelsel raakt vol en gaat overstorten op open water. Op basis van deze overwegingen wordt een schatting gemaakt van het drinkwaterverbruik in een getrap schema van handelen door de drinkwatergebruikers.

**Residentieel verbruik**

Het huishoudelijk deel van de watervraag, ongeveer 64% voor Vitens, wordt zeer sterk beïnvloed door de uitval van elektriciteit. Het huishoudelijk verbruik is met SIMDEUM gesimuleerd, rekening houdend met de effecten van de uitval van elektriciteit, uitgesplitst naar gebruiksdoeleinden. Als basis is uitgegaan van een weekendverbruik, omdat mensen niet naar hun werk gaan. Apparaten die elektriciteit gebruiken (wasmachine, afwasmachine, warmwaterbereiding in combiketels) werken niet meer. Douche en bad zullen niet gebruikt worden omdat de warmwatervoorziening niet werkt. Op de plaatsen waar wel warm water aanwezig is, zal men zich realiseren dat de hoeveelheid beperkt is en zal bespaard worden op de voorraad warm water. Het verbruik aan de wastafels zal iets toenemen. In hoogbouw kunnen drukverhogingsinstallaties (hydroforen) uitvallen die het drinkwater naar de hoogste verdiepingen moeten pompen, waardoor men daar geen beschikking heeft over leidingwater. Als specifiek extra verbruik is het hamsteren van water opgenomen. De gebruikers gaan er hoogstwaarschijnlijk vanuit dat de watervoorziening gestaakt zal worden vanwege gebrek aan elektriciteit. Het bad kan gevuld worden en ook emmers kunnen als voorraad voor drinkwater ingezet worden. Dit is slechts éénmalig opgenomen (dag 1 en 2) omdat het drinkwater over de beschouwde periode geleverd zal blijven worden. De keukenkraan zal meer gebruikt worden omdat er meer mensen in huis zijn en beperkte schoonmaakhandelingen nog wel verricht zullen worden. Wanneer de riolering verstopt dreigt te raken, wordt opgeroepen het toilet alleen nog door te spoelen om feces weg te spoelen, zodat het waterverbruik van het toilet ook sterk zal dalen. Op dag twee valt de gasvoorziening uit, wat de warmwatervoorziening definitief afsnijdt. Voor de periode van dag drie tot en met zeven wordt uitgegaan van een licht verhoogd gebruik van de keukenkraan. Omdat de riolering na enkele dagen gaat overstorten, is er een beperking van toiletspoeling na twee dagen en een verdere beperking na zeven dagen. Voor de periode van dag acht tot en met tien wordt verondersteld dat het spoelen van het toilet nog verder afneemt. In afbeelding 1a is het waterverbruik op een referentiedag (zonder storing) en tijdens de drie periodes van de elektriciteitsuitval weergegeven. Het verbruikspatroom over deze periode wordt vergeleken met een normaal patroon, afbeelding 1b. Op basis hiervan kan de verhouding tussen een normaal patroon en een aangepast patroon over de beschouwde periode worden vastgesteld. De patronen zijn gegenereerd op basis van 1.000 huishoudens met een tijdstap van 15 minuten. Extrapolatie naar grotere aantallen is vervolgens lineair mogelijk. Voor het huishoudelijk verbruik is het verloop van de watervraag bij grootschalige stroomuitval uitgedrukt als percentage van de referentievraag. Het resultaat is een aanzienlijke afname van de huishoudelijke watervraag.



Afbeelding 1. Gesimuleerd waterverbruik voor een referentiedag en gedurende tien dagen bij uitval elektriciteit. a) dagelijks verbruik, b) afnamepatronen (in m<sup>3</sup>/uur) voor het huishoudelijke verbruik bij stroomuitval o.b.v. 1.000 huishoudens

### Middenverbruik

Voor de categorie ‘middenverbruik’ kan ervan worden uitgegaan dat de economische activiteit wegvalt. Hiervoor zijn aannames gemaakt op basis van de processen die door de uitval beïnvloed worden. Daarmee worden de resultaten vertaalbaar naar verschillende voorzieningsgebieden en drinkwaterinstallaties. Het middenverbruik (niet-agrarisch) bedraagt bij Vitens 17,9%. Dit verbruik zal voor het grootste deel afnemen. Productiebedrijven zullen sluiten voor de duur van de uitval. Kantoren gaan niet meer open vanwege het gebrek aan verwarming en communicatie. Dit geldt ook voor scholen en universiteiten. Winkels blijven gesloten vanwege het onvermogen tot afrekenen. Mogelijk zal de overheid supermarkten vragen om beperkt open te gaan: verkoop aan de voordeur tegen contante betaling om de voedselvoorziening op peil te houden. Ook zullen verse producten zo snel mogelijk aan de man worden gebracht, het pand zelf zal echter gesloten worden vanwege gebrek aan licht en ventilatie. Het agrarisch verbruik bedraagt bij Vitens 4,6%. Dit zal voor het grootste deel gelijk blijven voor zover gerelateerd aan het drenken van dieren en spoelwater.

### Grootverbruik

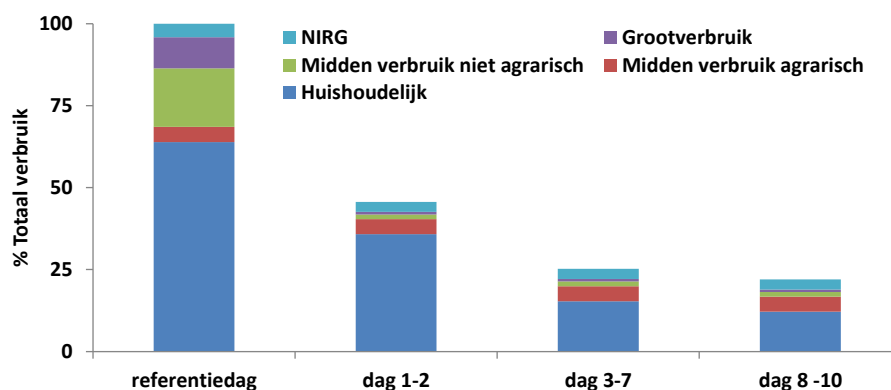
De grootverbruikers (9,5%) zijn gesplitst in twee categorieën, namelijk productiebedrijven en ziekenhuizen. Voor de productiebedrijven heeft Vitens een snelle inventarisatie gemaakt naar de aanwezigheid van een noodstroomvoorziening. Hieruit kwam naar voren dat er beperkt noodstroomvoorziening aanwezig is, alleen bedoeld voor het gereguleerd afschakelen van de productie. Er is geen licht, geen verwarming en geen energie voor machines. Het waterverbruik gaat voor deze bedrijven zeer snel naar nihil. Van de  $12 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/jaar grootverbruik valt  $11 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> weg. Deze verhouding wordt ook gehanteerd voor de rest van het grootverbruik. Dit betekent dat er 8 procent overblijft. De ziekenhuizen zijn uitgerust met een noodstroomvoorziening. Voor de ziekenhuizen is gesteld dat het verbruik gedurende de eerste twee dagen 100% is. Voor het restant van deze periode is het waterverbruik op 50% gesteld, omdat de activiteiten in de ziekenhuizen beperkt zullen worden tot spoedgevallen en de verpleegafdelingen minder gevuld zullen zijn. De ziekenhuizen worden net als de woningen geconfronteerd met uitval van de gasvoorziening en de sanitatie.

### **Niet in rekening gebracht verbruik (NIRG)**

Het niet in rekening gebracht verbruik (NIRG) is bij Vitens 4,1%. NIRG bestaat uit een aantal categorieën waarvan lekverlies de grootste is. Het lekverlies is exponentieel afhankelijk van de druk. Vitens is voornemens de druk in het net onder de geschetste omstandigheden zo laag mogelijk te houden. Het NIRG zal dus iets afnemen en wordt ingeschat op 3% van het oorspronkelijke verbruik.

### **Totaal verbruik**

Met SIMDEUM zijn de effecten op het waterverbruik gesimuleerd onder de gestelde aannamen van effecten op het huishoudelijk verbruik. Het berekende huishoudelijk verbruikspatroon is een generiek patroon en niet specifiek voor Vitens. De aangenomen veranderingen in het midden- en grootverbruik zijn wel specifiek voor het voorzieningsgebied van Vitens. Het grootverbruik valt terug tot 8%. **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** toont het totaalverbruik per dag van uitval ten opzichte van de referentiedag voor de verschillende categorieën, waarbij de categorieën midden- en grootverbruik specifiek op basis van aannamen voor het gebied Vitens gelden.



Afbeelding 2. Verbruik per gebruiker tijdens elektriciteitsuitval in percentage t.o.v. referentiedag = 100%

Voor huishoudens zorgt het aangenomen hamstergedrag voor een aanzienlijk deel van het verbruik op dag één en twee. In de periode daarna veroorzaakt de beperking van het spoelregime van toiletten een sterke vermindering. Beide verschijnselen zijn niet onderbouwd. Het waterverbruik tijdens een incident van deze grootte en impact is namelijk nog nooit beschreven. De beschrijvingen van grote black-outs betreffen vooral het volledig wegvallen van de watervoorziening en niet het in stand houden hiervan bij het wegvallen van de gas- en elektriciteitsvoorziening. De aanwezigheid van alternatieve energiebronnen als zonnepanelen kan invloed hebben, maar het overgrote deel van de zonnepanelen is niet zonder meer in staat om stroom te leveren aan het eigen huis bij uitval van elektriciteit; hier is namelijk een aparte schakeling voor nodig. In de toekomst kan de vergroting van het areaal alternatieve energiebronnen wel invloed hebben, waardoor de warmwatervoorziening en wasmachines wel gebruikt kunnen blijven worden; het probleem van de afvoer blijft dan nog wel bestaan.

### Toetsing noodstroomvoorzieningen op drinkwaterinstallaties mogelijk

Om de levering te garanderen tijdens een black-out is het zinvol om het systeem door te rekenen met een aangepast waterverbruik, zodat een goede afweging gemaakt kan worden tussen noodzakelijke en reeds beschikbare noodstroomvoorziening. Voor een eerste toets van de noodstroomvoorzieningen op drinkwaterinstallaties van Vitens biedt de huidige studie voldoende onderbouwing. In de toekomst moet rekening worden gehouden met de maatschappelijke effecten van een black-out. Deze effecten zijn namelijk aan de ene kant onafhankelijk van menselijk handelen (een wasmachine doet het gewoon niet zonder stroom), maar aan de andere kant spelen menselijke keuzes een grote rol, bijvoorbeeld of mensen gaan hamsteren of niet, of mensen wel of niet gaan werken, of mensen bij de burens gaan douchen/wassen etc. (als die wel alternatieve stroom hebben), en hoe de communicatie is (bijv. over het beperkt doorspoelen van het toilet). De onderzochte effecten zijn daardoor onzeker. Herhaling van dit onderzoek over tien jaar wordt aanbevolen, omdat het scenario tijdens een black-out sterk kan wijzigen als gevolg van toenemende decentrale duurzame energieopwekking.

### Conclusie

Tijdens een black-out verandert de watervraag afhankelijk van de duur van de black-out en het soort gebruiker. Hoe langer de storing, hoe meer effecten optreden, zoals uitval van de rioolwaterzuivering en de oproep tot beperkte toiletspoelingen, en hoe lager het waterverbruik wordt. Het is mogelijk om het waterverbruik bij grootschalige elektriciteitsuitval te schatten. Dit geldt vooral voor het klein- en het grootverbruik. Het schatten van het middenverbruik is moeilijker vanwege de onbekendheid van de aard van het verbruik; bovendien is het sterk gebiedsafhankelijk. Met aannames op het gebied van verandering in gedrag en beschikbaarheid van warm water en stroom is het effect op het afnamepatroon van het huishoudelijk verbruik met SIMDEUM goed te voorspellen.

### Referenties

1. Ministerie van Veiligheid & Justitie (2017). *Weerbare vitale infrastructuur*; [https://www.nctv.nl/binaries/Factsheet%20weerbare%20vitale%20infrastructuur\\_tcm31-234709.pdf](https://www.nctv.nl/binaries/Factsheet%20weerbare%20vitale%20infrastructuur_tcm31-234709.pdf), geraadpleegd 24 juli 2017
2. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2016). *Nationaal Veiligheidsprofiel 2016 - Een All Hazard overzicht van potentiële rampen en dreigingen die onze samenleving kunnen ontwrichten*; [https://www.nctv.nl/binaries/Nationaal%20Veiligheidsprofiel%202016\\_tcm31-232083.pdf](https://www.nctv.nl/binaries/Nationaal%20Veiligheidsprofiel%202016_tcm31-232083.pdf), geraadpleegd 24 juli 2017 ]
3. *Drinkwaterbesluit* (2011); [http://wetten.overheid.nl/BWBR0030111/geldigheidsdatum\\_07-08-2017](http://wetten.overheid.nl/BWBR0030111/geldigheidsdatum_07-08-2017), geraadpleegd 7 augustus 2017.
4. Blokker, E.J.M., Vreeburg, J.G.H., Dijk, J.C. van (2010). Simulating residential water demand with a stochastic end-use model. *Journal of Water Resources Planning and Management* **136**(1): p. 19-26.
5. Mesman, G. (2016). *Effecten op drinkwaterverbruik bij grootschalige elektriciteitsuitval*. BTO 2016.009. KWR: Nieuwegein.
6. Gasunie, Telefonisch contact, november 2015.