

BTO 2016.009 | Maart 2016

BTO rapport

Effecten op
drinkwaterverbruik bij
grootschalige
elektriciteitsuitval

BTO

Effecten op drinkwaterverbruik bij grootschalige elektriciteitsuitval

BTO 2016.009 | maart 2016

Opdrachtnummer

401289

Projectmanager

P.G.G. (Nellie) Slaats

Opdrachtgever

BTO – Speerpuntonderzoek Vitens

Kwaliteitsborger(s)

E.J.M. (Mirjam) Blokker

Auteur(s)

G.A.M. (George) Mesman

Verzonden aan

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten.
Een jaar na publicatie is het openbaar.

Jaar van publicatie
2016

Meer informatie

ing. George Mesman
T 030 60 69 571
E george.mesman@kwrwater.nl

Keywords

drinkwaterverbruik, vraagreductie,
Simdeum, elektriciteitsuitval,
noodstroomvoorziening

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

The logo for KWR (Watercycle Research Institute) features the letters 'KWR' in a bold, blue, sans-serif font. The 'K' and 'R' have a stylized, rounded appearance.

Watercycle
Research
Institute

BTO 2016.009 | maart 2016 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

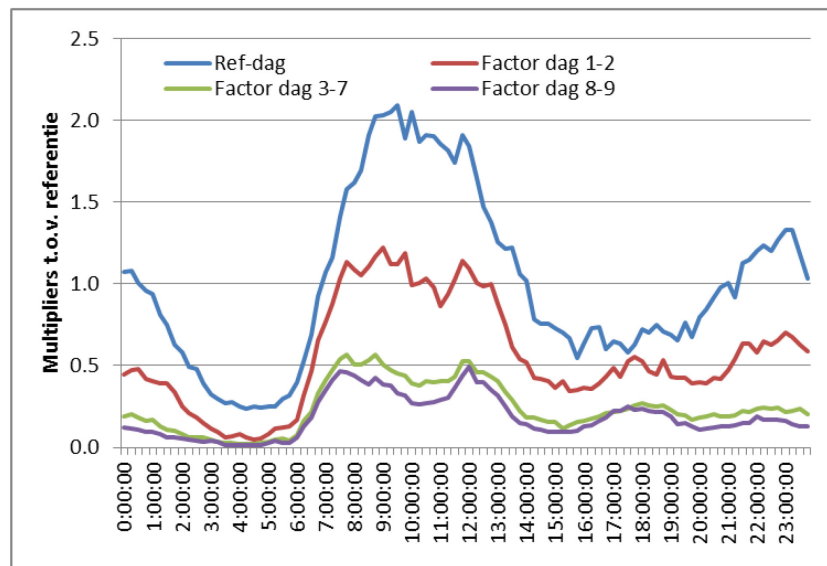
Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

BTO

Bij grootschalige langdurige elektriciteitsuitval wordt halvering drinkwaterverbruik verwacht, gevolgd door verdere daling

Auteur(s) ing. George Mesman

Op basis van een inventarisatie van de mogelijke consequenties voor de drinkwatervraag is met SIMDEUM doorgerekend wat de gevolgen zijn van een grootschalige en langdurige uitval van elektriciteit (een *black-out*). Naar verwachting zal de drinkwatervraag eerst halveren en vanaf dag drie nog verder dalen naar ca. 25%. De grootste afname wordt verwacht vanuit huishoudens en industrie, het agrarisch waterverbruik en het verbruik in de verzorgingssector zullen veel minder terugvallen. Dit blijkt uit Speerpuntonderzoek dat voor Vitens is uitgevoerd. Een onderbouwd beeld van de verwachte drinkwatervraag in het geval van een black-out maakt het mogelijk te beoordelen of de noodstroomvoorziening van de drinkwatervoorziening afdoende is.



Afnamepatronen voor huishoudelijk drinkwaterverbruik tijdens elektriciteitsuitval, berekend tijdens opeenvolgende dagen en in vergelijking met een gemeten referentiedag (blauw).

Belang: verandering drinkwatervraag bij black-out geeft zicht op behoefte noodstroomvoorziening

Met het uitvallen van de elektriciteit in een groot gebied worden ook andere infrastructuren getroffen, zoals die van het drinkwater. De aanwezige noodstroomvoorziening moet ervoor zorgen dat gedurende stroomuitval de watervoorziening geen gevaar loopt. Om te weten of die noodstroomvoorziening voldoet, is inzicht nodig in de te verwachten drinkwatervraag gedurende een black-out.

Aanpak: met aannames in SIMDEUM veranderende watervraag in kaart gebracht

Geïnteriseerd is wat de gevolgen zijn van een grootschalige black-out voor overige infrastructuren zoals gas, riolering, communicatie en internet. Vervolgens is onderzocht wat uitval van een specifieke infrastructuur betekent voor de watervraag. Hiertoe is met het simulatiemodel SIMDEUM van KWR het huishoudelijk waterverbruik gedurende tien dagen in kaart gebracht. Voor het midden- en grootverbruik is per categorie

(verzorging, voedselindustrie e.d.) een schatting gemaakt van het waterverbruik bij een grootschalige elektriciteitsuitval.

Resultaten: watervraag hangt af van duur black-out en soort gebruiker.

Voor het huishoudelijk verbruik is het verloop van de watervraag bij grootschalige stroomuitval uitgedrukt als percentage van de referentievraag. Voor de andere verbruiken, industrie, agrarisch en verzorging zijn aannamen gemaakt op basis van de processen die door de uitval beïnvloed worden. Daarmee worden de resultaten vertaalbaar voor verschillende voorzieningsgebieden en drinkwaterinstallaties.

Het *huishoudelijk* deel van de watervraag wordt zeer sterk beïnvloed door de uitval van elektriciteit. Apparaten die elektriciteit gebruiken (wasmachine, afwasmachine, warmwaterbereiding in combiketels) werken niet meer. Daarnaast valt de gasvoorziening uit, wat de warmwatervoorziening afsnijdt. Omdat de riolering na enkele dagen gaat overstorten, bestaat de kans dat de lokale overheid een beroep doet op de burgers om het toilet minder door te spoelen. Al deze gevolgen doen de huishoudelijke watervraag aanzienlijk afnemen.

Ook het *industriële* waterverbruik wordt bij een black-out marginaal. Omdat de industrie slechts een zeer beperkte noodstroomvoorziening kent, wordt de productie afgeschakeld.

Het *agrarisch* waterverbruik blijft bij stroomuitval wel voor een groot deel in stand, net als het waterverbruik bij *verzorgingsinstellingen*.

Implementatie: toetsing noodstroomvoorzieningen op drinkwaterinstallaties mogelijk

Voor het toetsen van de aanwezige noodstroomvoorzieningen op drinkwaterinstallaties van Vitens biedt de huidige studie voldoende onderbouwing. Wel moet rekening worden gehouden met de maatschappelijke effecten van een black-out, die zowel zeer groot als zeer onzeker kunnen zijn. 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 juist een grote rol, bijvoorbeeld of mensen gaan hamsteren of niet. 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.

Rapport

Dit Speerpuntonderzoek voor Vitens is beschreven in het rapport *Effecten op drinkwaterverbruik bij grootschalige elektriciteitsuitval* (BTO-2016.009).

Meer informatie

ing. George Mesman
T 0306069571
E george.mesman@kwrwater.nl

KWR

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

Inhoud

| | |
|--|-----------|
| Inhoud | 3 |
| 1 Inleiding | 4 |
| 2 Onderzoek | 5 |
| 2.1 Aanpak | 5 |
| 2.2 Uitvoering | 5 |
| 2.3 Huishoudelijk verbruik | 6 |
| 2.4 Midden verbruik | 7 |
| 2.5 Groot verbruik | 7 |
| 2.6 Niet in rekening gebracht verbruik (NIRG) | 7 |
| 3 Resultaten | 8 |
| 3.1 Verbruikspatronen huishoudelijk verbruik | 8 |
| 3.2 Hoeveelheden op jaarbasis | 9 |
| 4 Discussie | 10 |
| 5 Conclusies | 11 |
| 6 Referenties | 12 |
| Bijlage I Simdeumverbruiken | 13 |
| • Vier verbruiksscenario's | 13 |
| Bijlage II Simdeumschrift | 18 |
| • Script voor dagen met elektriciteitsuitval gebaseerd op referentie dag.: | 18 |

1 Inleiding

Vitens onderzoekt de noodzakelijke noodstroomvoorziening bij een grootschalige uitval van de elektriciteit, een zogenaamde "black out" binnen noordwest Europa. De aanwezige noodstroomvoorzieningen in de installaties binnen Vitens zijn gebaseerd op leveringszekerheidsanalyses waarbij het netwerk onderzocht is volgens een "N min 1 scenario" waarbij gebruik gemaakt wordt van overcapaciteiten elders in het net. Bij een volledige black out werken alle installaties op noodstroom of ze werken niet. Van de aanwezige overcapaciteiten onder normale omstandigheden kan dan mogelijk geen volledig gebruik gemaakt worden. Omdat bij een volledige black out het waterverbruik sterk beïnvloed wordt door het wegvallen van bijvoorbeeld wasmachines, afwasmachines en warmwatervoorziening, verandert de waterverdeling en de benodigde energie hiervoor. Hieruit volgt een nieuwe afweging tussen noodzakelijke en beschikbare noodstroomvoorziening. Kennis van de optredende vraag onder deze omstandigheden is hierbij essentieel.

In dit rapport is een schatting gemaakt van het optredende waterverbruik onder gedefinieerde omstandigheden waarbij rekening gehouden is met de effecten van de genoemde grootschalige stroomuitval.

2 Onderzoek

2.1 Aanpak

Het onderzoek naar de afname van het waterverbruik richt zich op twee typen van verbruik:

- Afname binnen het huishoudelijke verbruik;
- Afname binnen andere typen van verbruik.

De afname van het huishoudelijk verbruik is benaderd met het simulatiemodel SIMDEUM [] waarmee op basis van het gedragspatroon en samenstelling van een beperkt voorzieningsgebied het huishoudelijk verbruik gesimuleerd is. Dit is gedaan voor een periode van 10 dagen waarbij het gedrag over deze 10 dagen afhankelijk is gesteld van de effecten van de uitval van elektriciteit en eventuele neveneffecten. Het verbruikspatroon over deze periode wordt vergeleken met een normaal patroon. Hiermee ontstaat een verhouding tussen een normaal patroon en een aangepast patroon over de beschouwde periode. Volgens deze verhouding wordt het standaard patroon voor het huishoudelijk verbruik per voorzieningsgebied aangepast. Hiermee blijven de verschillen per voorzieningsgebied aanwezig.

Voor de andere typen van verbruik is gekozen voor een inventarisatie van de grootverbruikers op basis van het type verbruik. Ziekenhuizen reageren anders op een uitval van elektriciteit dan voedselverwerkende industrie. Het afnamepatroon voor het midden verbruik is afhankelijk gesteld van de aard van het verbruik voor zover dit bekend is, binnen de betreffende categorie.

2.2 Uitvoering

De uitval van elektriciteit beïnvloedt meer dan alleen de apparaten die elektriciteit gebruiken, zoals wasmachines, vaatwassers e.d.. Een groot deel van het maatschappelijk verkeer is gebaseerd op de aanwezigheid van elektriciteit en de maatschappelijke infrastructuur valt uit. Er treden de volgende effecten op:

- Uitval van elektriciteit;
De huishoudelijke apparatuur valt uit, wasmachines, vaatwasmachines, en een groot deel van de warmwaterbereiding valt uit (combi CV ketels). De communicatie valt uit waarmee processen die op afstand gestuurd worden ook uitvallen. Dit heeft gevolgen voor de gasvoorziening, deze wordt gestopt.
Rioolgemalen vallen uit waarbij een effect op de afvoer van afvalstoffen gaat optreden.
- Uitval van de gasvoorziening:
De gasvoorziening is afhankelijk van processturing, compressoren en reduceertoestellen. Gasunie geeft aan dat in het geval van een landelijke black-out de distributie van aardgas zeer waarschijnlijk tot stilstand komt. Op basis van de aanwezige druk in het net is er nog voor enige tijd gas aanwezig. Dit wordt geschat op één tot twee dagen, hierna is de gasvoorziening nihil. Dit betekent dat na één tot twee dagen geen verwarming en warm water meer mogelijk is in het overgrote deel van de huishoudens
- Uitval van rioolgemalen
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. Dit gaat ten koste van de hygiëne van de directe omgeving en mogelijk zal de lokale overheid een beroep doen op de bewoners om minder door te spoelen. Dit effect zal relatief laat optreden.

Op basis van deze overwegingen wordt gebruik gemaakt van een getrappt schema van handelen van de gebruikers van drinkwater onder deze omstandigheden. In de beschrijving per categorie verbruikers is rekening gehouden met gasuitval na één dag en een gevraagde beperking van doorspoelen van het toilet na twee dagen en een verdere beperking na zeven dagen.

2.3 Huishoudelijk verbruik

Het huishoudelijk verbruik in Nederland is uitgesplitst naar gebruiksdoeleinden en beschreven in Bijlage I. Voor het basisverbruik is gekozen voor een weekendverbruik. Onder de gedefinieerde omstandigheden valt het grootste deel van de economische activiteit weg, de mensen gaan niet naar het werk. Douche en bad zullen niet gebruikt worden omdat de warmwater voorziening niet werkt. Op de plaatsen waar wel warm water aanwezig is, zal men zich realiseren dat dit beperkt is en op een voorraad warm water zal bespaard worden. Het verbruik aan een wastafel zal iets toenemen.

Als specifiek 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 éénmaal opgenomen omdat het drinkwater over de beschouwde periode geleverd zal blijven worden waar dat in dag één ook mogelijk is. De keukenkraan zal meer gebruikt worden omdat er meer mensen in huis zijn en beperkte schoonmaakhandelingen hier verricht zullen worden.

In de periode voor dag drie tot en met zeven wordt uitgegaan van een licht verhoogd gebruik van de keukenkraan en een beperkt toiletgebruik omdat hier toe opgeroepen is.

Voor de periode dag acht tot en met tien wordt verondersteld dat het spoelen van het toilet verder afneemt. Een en ander is samengevat in tabel 1.

TABEL 1 WATERVERBRUIKEN GEDURENDE TIEN DAGEN BIJ UITVAL ELEKTRICITEIT

| | Waterverbruik per persoon/dag | | | |
|--|-------------------------------|------------|------------|------------|
| | Referentie | Dag 1-2 | dag 3-7 | Dag 7-10 |
| Bad | 3.5 | 13.5 | 0 | 0 |
| Wastafel | 4 | 7.4 | 7.4 | 7.4 |
| Vaatwasser | 1.6 | 0 | 0 | 0 |
| Keukenkraan | 14.8 | 18.7 | 12.4 | 12.4 |
| Buitenkraan | 13.4 | 0 | 0 | 0 |
| Douche | 45.9 | 0 | 0 | 0 |
| Wc | 35.4 | 35.4 | 12.0 | 5.4 |
| Wasmachine | 14.2 | 0 | 0 | 0 |
| Totaal | 132.8 | 75 | 31.8 | 25.2 |
| Resterend verbruik t.o.v. referentiedag | 100% | 56% | 24% | 19% |

2.4 Midden verbruik

Voor de categorie “midden verbruik” kan ervan worden uitgegaan dat de economische activiteit wegvalt. 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 dat supermarkten door de overheid gevraagd zal worden 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. Met het aannemen van een weekendverbruik op de huishoudens is het huishoudelijk verbruik uit het midden verbruik verwijderd en in het kleinverbruik terechtgekomen. Het midden verbruik (niet agrarisch) bedraagt bij Vitens 17,9%. Dit verbruik zal voor het grootste deel terugvallen.

Het agrarisch verbruik zal apart benaderd moeten worden. Dit verbruik blijft bestaan als dit gebaseerd is op het drinken van dieren en spoelwater. Het warmwaterverbruik kan afnemen als dit afhankelijk is van elektriciteit of gas. Het agrarisch verbruik bedraagt bij Vitens 4,6%. Dit zal voor het grootste deel aanwezig blijven.

2.5 Groot verbruik

De grootverbruikers (9,5%) worden gesplitst in twee categorieën, namelijk productiebedrijven en verzorging. Voor de productiebedrijven is er door Vitens een snelle inventarisatie gemaakt naar de aanwezigheid van noodstroomvoorziening. Hieruit kwam naar voren dat er geen noodstroomvoorziening aanwezig is voor meer dan alleen het gereguleerd afschakelen van de productie. Het waterverbruik gaat voor deze bedrijven zeer snel naar nihil. Van de $12 * 10^6$ m³/jaar groot verbruik (> 100.00 m³/jaar) valt $11 * 10^6$ m³/jaar weg. Deze verhouding wordt ook gehanteerd voor de rest van het grootverbruik, dit betekent dat er 8% overblijft.

De ziekenhuizen zijn uitgerust met noodstroomvoorziening. Voor de ziekenhuizen is gesteld dat de verbruiken gedurende de eerste twee dagen voor 100% aanwezig zullen zijn. 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 dan ook minder gevuld zullen zijn. Ook ziekenhuizen worden geconfronteerd met uitval van de gasvoorziening en van de sanitatie.

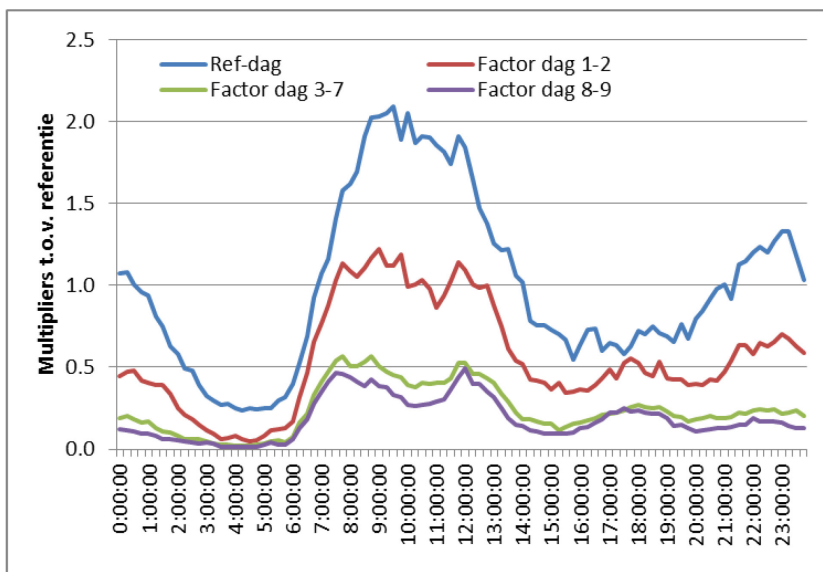
2.6 Niet in rekening gebracht verbruik (NIRG)

Het NIRG (4,1 %) bestaat uit een aantal categorieën waarvan het lekverlies de grootste is. Dit verlies kent een exponentiële drukafhankelijkheid. De grootte van deze exponent is afhankelijk van de vorm van het lek, de volumestroom door een rond puntlek heeft als exponent 0,5, de volumestroom door een scheurtje in een kunststof leiding kan een exponent hebben van 2,5. In deze studie wordt een voor het NIRG een exponent gehanteerd van 1. Als de druk gevarieerd wordt zal de NIRG lineair met de druk bewegen. Vitens is voornemens om de druk in het net zo laag mogelijk te houden onder de geschetste omstandigheden. Het NIRG zal dus iets afnemen en wordt arbitrair gesteld op 0,75. Dit betekent dat het NIRG onder deze omstandigheden teruggaat naar 3%.

3 Resultaten

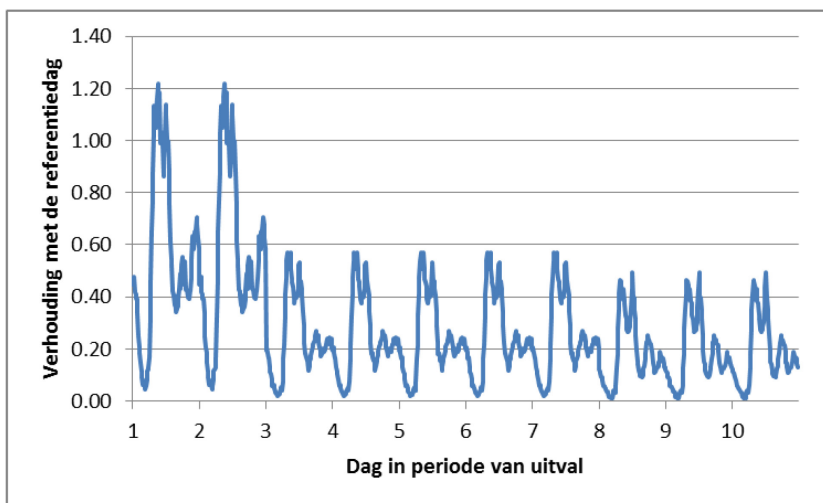
3.1 Verbruikspatronen huishoudelijk verbruik

Voor het huishoudelijke verbruik zijn patronen gecreëerd met SIMDEUM. In figuur 1 zijn de patronen weergegeven. De patronen zijn gegenereerd op basis van 1000 huishoudens. Extrapolatie naar grotere hoeveelheden is op deze basis lineair mogelijk.



FIGUUR 1 RELATIEVE AFNAMEPATRONEN VOOR HET HUISHOUDELIJKE VERBRUIK BIJ STROOMUITVAL

In figuur 2 is de volledige periode weergegeven met het berekende optredende verbruikspatroon.



FIGUUR 2 AFNAMEPATROON OVER DE VOLLEDIGE PERIODE VAN 10 DAGEN VOOR HET HUISHOUDELIJKE VERBRUIK

3.2 Hoeveelheden op jaarbasis

In tabel 2 en tabel 3 zijn de cijfers voor het overblijvende verbruik verzameld voor de verschillende categorieën, waarbij de categorieën midden en groot verbruik specifiek op basis van aannamen voor het gebied Vitens gelden.

TABEL 2 PERCENTAGES VERBRUIKEN VAN HET JAARVERBRUIK BINNEN VITENS EN PER CATEGORIE

| Categorie | Verbruik | dag 1-2 | dag 3-7 | dag 8 -10 |
|-------------------|----------|---------|---------|-----------|
| Huishoudelijk | 63,9 | 56 | 24 | 19 |
| MV Agrarisch | 4,6 | 100 | 100 | 100 |
| MV Niet agrarisch | 17,9 | 8 | 8 | 8 |
| Grootverbruik | 9,5 | 8 | 8 | 8 |
| NIRG | 4,1 | 75 | 75 | 75 |
| Totaal | 100 | | | |

TABEL 3 HOEVEELHEDEN GEBASEERD OP 340*10⁶ M³/JAAR

| Categorie | Verbruik | dag 1-2 | dag 3-7 | dag 8 -10 |
|-------------------|----------|---------|---------|-----------|
| KV Huishoudelijk | 217,3 | 121,7 | 52,1 | 41,3 |
| MV Agrarisch | 15,6 | 15,6 | 15,6 | 15,6 |
| MV Niet agrarisch | 60,9 | 4,9 | 4,9 | 4,9 |
| GV Grootverbruik | 32,3 | 2,6 | 2,6 | 2,6 |
| NIRG | 13,9 | 10,5 | 10,5 | 10,5 |
| Totaal | 340 | 155,2 | 85,7 | 74,8 |
| Totaal % | 100 % | 45,6 % | 25,2 % | 22,0 % |

4 Discussie

Met SIMDEUM zijn de effecten op het waterverbruik gesimuleerd onder de gestelde aannamen van het verbruik. Voor het huishoudelijk verbruik levert dit het berekende verbruik op, dit patroon is geen specifiek Vitenspatroon maar een generiek patroon. Voor het midden verbruik is geen berekening gemaakt vanwege het ontbreken van de noodzakelijke informatie omtrent het aandeel van huishoudelijk verbruik in het totale midden verbruik. De aannamen voor het gedrag van verbruik in de categorieën midden en groot zijn wel specifiek voor het voorzieningsgebied van Vitens. Het grootverbruik valt uiteen in het verbruik van productiebedrijven en dat van verzorging. Hoewel de aanname voor het wegvallen van het verbruik zeer grof is, alles valt weg, is het wel te verdedigen. Er is geen licht, geen verwarming, geen energie voor machines etc..

Het aangenomen hamstergedrag levert een aanzienlijk deel van het verbruik op dag één en twee. De beperking van het spoelregime van toiletten veroorzaakt een sterke vermindering in de latere periode. Beide verschijnselen zijn arbitrair, het waterverbruik tijdens een incident van deze grootte en impact is nog nooit beschreven. De beschrijvingen van grote black-outs betreffen vooral het volledig wegvallen van de watervoorziening en niet het in tact laten van de watervoorziening bij het wegvallen van de gas- en elektriciteitsvoorziening.

De aanwezigheid van alternatieve energiebronnen zoals zonnepanelen kan invloed hebben maar het overgrote deel van de zonnepanelen zijn niet in staat om stroom te leveren aan het eigen net bij uitval van elektriciteit, hier is een aparte schakeling voor nodig. Wellicht kan de vergroting van het areaal alternatieve energiebronnen iets betekenen.

5 Conclusies

Op basis van het uitgevoerde onderzoek worden de volgende conclusies geformuleerd:

- Het is mogelijk om het waterverbruik bij grootschalige elektriciteitsuitval te benaderen. Dit geldt vooral voor het klein verbruik en het grootverbruik. Het midden verbruik is moeilijker vanwege de onbekendheid van de aard van het verbruik;
- Het afnamepatroon van het kleinverbruik is met SIMDEUM voorspelbaar onder de aangenomen omstandigheden.

6 Referenties

- 1 Blokker E.J.M. (2010). "Stochastic water demand modelling for a better understanding of hydraulics in water distribution networks", Nederland, Nieuwegein, KWR
- 2 <https://www.vitens.nl/overvitens/water/Documents/Langetermijnvisie%20win-infrastructuur%2019%20mei%202011.pdf>
18 december 2015

Bijlage I Simdeumverbruiken

Vier verbruiksscenario's

Vier scenario's zijn gesimuleerd:

1. Normaal weekenddag (Referentie dag)
2. Dag 1-2
3. Dag 3-7
4. Dag 8-10

De dagelijkse patronen zijn voor 1000 huishoudens gesimuleerd. Voor elke huishouden zijn 10 patronen zijn gesimuleerd. SIMDEUM geeft patronen per seconde, voor deze vergelijking worden de patronen op 15 minuten basis gebruikt.

Referentie dag: Gebruik als basis gemiddelde huis in NL d.w.z stats file (zie tabellen bijlage):

Algemene aanpassingen voor dagen 1-10: (zie script bijlage)

- weekend patroon
- Geen warm water
- Geen: douche, wasmachine, vaatwasser en buitenkraan
- Wastafel: gemiddelde wordt 4.1 keer per persoon gebruikt, nu een keer extra gebruik voor wassen door gebrek aan douche.

Specifieke aanpassingen voor Dag 1-2:

- Bad: Mensen gaan hamsteren: d.w.z. één keer het bad invullen, dit gebeurt in dag 1 óf 2, daarna als zij merken dat het wordt toch geleverd zullen zij dat niet meer doen.
- Keuken kraan: beperkt koken → minder afspoelen en schoonmaak, maar door hogere aanwezigheid in de huishouden meer drinken en mogelijk water gebruik voor wassen van kleren. Voor mensen die geen bad hebben, hamsteren is hier meegenomen ca. 7.5 liters/huishouden.

Specifieke aanpassingen voor Dag 3-7

- Geen bad gebruik
- Keuken kraan: beperkt koken, meer drinken en mogelijke wassen, geen hamsteren.
- WC: ca. 2 keer per dag per person

Specifieke aanpassingen voor Dag 8-10:

Zoals dag 3-7 maar:

WC: ca. 2 keer per dag per gezin d.w.z. 2 keer/2.3 p = 0.9 p.p.p

FREQUENCY, DURATION AND INTENSITY FOR SEVERAL TYPES AND SUBTYPES OF END-USES IN THE NETHERLAND(BLOKKER 2006), AVERAGE (μ) AND PROBABILITY DISTRIBUTION FUNCTION (PDF).

| End-use type / subtype | | Frequency (day ⁻¹) | | Duration | | Intensity (L/s) | |
|------------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---|--------------|--------------------|--------------|
| | | μ | pdf | μ | pdf | μ | pdf |
| Bathtub | 120 litres | 0.044 | Poisson | 10 min | N.A. (fixed) | 0.200 | N.A. (fixed) |
| Bathroom tap | Washing and shaving | 4.1 | Poisson | 40 s | Log-normal | 0.042 | Uniform |
| | Brushing teeth | | | 15 s | | | |
| Dish washer | Brand and type | 0.3 | Poisson | Specific dishwashing pattern (4 cycles of water entering, total 84 seconds, 0.167 L/sec = 14 L) | | | |
| Kitchen tap | Consumption | 12.6 ¹ | Negative binomial (r = 3, p = 0.192) | 16 s | Log-normal | 0.083 | Uniform |
| | Doing dishes | | | 48 s | | 0.125 | |
| | Washing hands | | | 15 s | | 0.083 | |
| Outside tap | Other | | | 37 s | | 0.083 | |
| | Garden | 0.44 | Poisson | 300 s | Log-normal | 0.1 | Uniform |
| Other | | | 15 s | | | | |
| Shower | Normal | 0.7 | Binomial | 8.5 min ² | χ^2 | 0.142 ³ | N.A. (fixed) |
| | Water saving type | | | | | 0.123 | |
| Washing machine | Brand and type | 0.3 | Poisson | Specific washing pattern (4 cycles of water entering, total 5 minutes, 0.167 L/sec = 50 L) | | | |
| WC | 6-litre cistern | 6.0 | Poisson | 2.4 min ⁴ | N.A. (fixed) | 0.042 | N.A. (fixed) |
| | 9-litre cistern | | | 3.6 min | | | |

HOUSEHOLD STATISTICS IN THE NETHERLANDS AS APPLIED IN THE END-USE MODEL.

| | | One person households | Two person households | Families with children |
|------------------------------------|---|----------------------------|---|--|
| Number of people per household | | 1 | 2 | 3.75 (on average) |
| Number of households (%) | | 34 | 30 | 36 |
| Gender division: Male / Female (%) | | 46 / 54 | 50 / 50 | 50 / 50 |
| Age division (%) | Children (0-12 years old) | 0 | 0 | 25 |
| | Teens (13 - 18 years old) | 0 | 0 | 16.5 |
| | Adults (19 - 64 years old) | 70 | 70 | 58.5 |
| | Subdivision: % of adults with out-of-home job | Male: 67.5 Female: 52.4 | Both persons: 49 Only male: 26 Only female: 6 Neither person: 18 | Both parents: 39 Only father: 52 Only mother: 3 Neither parent: 5 |
| Seniors (> 65 years old) | | 30 | 30 | 0 |

STATISTICS FOR DIURNAL PATTERNS IN THE NETHERLANDS (WEEKEND).

| | | Weekenday | | | | |
|---------------------------|----------|-----------|--------|----------------------------|-------------------------------|--------|
| | | Child | Teen | Adult with out-of-home job | Adult without out-of-home job | Senior |
| Time of getting up | μ | 9:00 | 9:00 | 9:00 | 8:00 | 8:00 |
| | σ | 1:30 | 1:30 | 1:30 | 1:30 | 1:30 |
| Time of leaving the house | μ | 13:00 | 13:00 | 13:00 | 13:00 | 13:00 |
| | σ | 3:00 | 3:00 | 3:00 | 3:00 | 3:00 |
| Duration of being away | μ | 10.0 h | 10.0 h | 10.0 h | 10.0 h | 10.0 h |

¹ the frequency for the kitchen tap is per household per day.

² shower duration has an age dependency; children and teens take longer showers.

³ the shower intensity depends on the type of water heater.

⁴ with a water saving option the duration is reduced to 50% of the original value.

| | | | | | | |
|-------------------|----------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Duration of sleep | σ | 4.5 h | 4.5 h | 4.5 h | 4.5 h | 4.5 h |
| | μ | 10.0 h | 10.0 h | 9.0 h | 8.0 h | 8.0 h |
| | σ | 1.5 h | 1.5 h | 1.5 h | 1.5 h | 1.5 h |

Gegeneerde afnamepatronen in cijfers

| | Patronen uit SIMDEUM (m ³ /h) | | | | Multipliers t.o.v. referentie | | | |
|-------------------|--|---------|---------|---------|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | Ref-dag | Dag 1-2 | Dag 3-7 | Dag 8-9 | Ref-dag | Factor dag 1-2 | Factor dag 3-7 | Factor dag 8-9 |
| Peak | 25.77 | 15.04 | 7.01 | 6.08 | | | | |
| gemiddelde | 12.33 | 6.93 | 3.00 | 2.29 | | | | |
| 0:00:00 | 13.23 | 5.53 | 2.37 | 1.51 | 1.07 | 0.45 | 0.19 | 0.12 |
| 0:15:00 | 13.33 | 5.83 | 2.53 | 1.42 | 1.08 | 0.47 | 0.21 | 0.11 |
| 0:30:00 | 12.37 | 5.88 | 2.26 | 1.32 | 1.00 | 0.48 | 0.18 | 0.11 |
| 0:45:00 | 11.85 | 5.16 | 1.99 | 1.14 | 0.96 | 0.42 | 0.16 | 0.09 |
| 1:00:00 | 11.53 | 5.02 | 2.05 | 1.14 | 0.94 | 0.41 | 0.17 | 0.09 |
| 1:15:00 | 9.96 | 4.85 | 1.60 | 0.98 | 0.81 | 0.39 | 0.13 | 0.08 |
| 1:30:00 | 9.22 | 4.83 | 1.37 | 0.73 | 0.75 | 0.39 | 0.11 | 0.06 |
| 1:45:00 | 7.74 | 4.15 | 1.27 | 0.72 | 0.63 | 0.34 | 0.10 | 0.06 |
| 2:00:00 | 7.12 | 3.08 | 1.04 | 0.64 | 0.58 | 0.25 | 0.08 | 0.05 |
| 2:15:00 | 6.08 | 2.56 | 0.72 | 0.58 | 0.49 | 0.21 | 0.06 | 0.05 |
| 2:30:00 | 5.94 | 2.27 | 0.77 | 0.53 | 0.48 | 0.18 | 0.06 | 0.04 |
| 2:45:00 | 4.84 | 1.82 | 0.76 | 0.44 | 0.39 | 0.15 | 0.06 | 0.04 |
| 3:00:00 | 4.03 | 1.41 | 0.60 | 0.47 | 0.33 | 0.11 | 0.05 | 0.04 |
| 3:15:00 | 3.70 | 1.14 | 0.46 | 0.40 | 0.30 | 0.09 | 0.04 | 0.03 |
| 3:30:00 | 3.37 | 0.74 | 0.38 | 0.17 | 0.27 | 0.06 | 0.03 | 0.01 |
| 3:45:00 | 3.43 | 0.87 | 0.33 | 0.20 | 0.28 | 0.07 | 0.03 | 0.02 |
| 4:00:00 | 3.10 | 0.99 | 0.23 | 0.18 | 0.25 | 0.08 | 0.02 | 0.01 |
| 4:15:00 | 2.94 | 0.74 | 0.29 | 0.15 | 0.24 | 0.06 | 0.02 | 0.01 |
| 4:30:00 | 3.12 | 0.57 | 0.29 | 0.17 | 0.25 | 0.05 | 0.02 | 0.01 |
| 4:45:00 | 3.02 | 0.71 | 0.35 | 0.14 | 0.24 | 0.06 | 0.03 | 0.01 |
| 5:00:00 | 3.05 | 1.04 | 0.43 | 0.38 | 0.25 | 0.08 | 0.04 | 0.03 |
| 5:15:00 | 3.09 | 1.46 | 0.57 | 0.50 | 0.25 | 0.12 | 0.05 | 0.04 |
| 5:30:00 | 3.70 | 1.48 | 0.65 | 0.37 | 0.30 | 0.12 | 0.05 | 0.03 |
| 5:45:00 | 3.91 | 1.61 | 0.49 | 0.39 | 0.32 | 0.13 | 0.04 | 0.03 |
| 6:00:00 | 4.88 | 2.09 | 0.94 | 0.79 | 0.40 | 0.17 | 0.08 | 0.06 |
| 6:15:00 | 6.50 | 3.95 | 2.02 | 1.61 | 0.53 | 0.32 | 0.16 | 0.13 |
| 6:30:00 | 8.53 | 5.72 | 2.65 | 2.25 | 0.69 | 0.46 | 0.21 | 0.18 |
| 6:45:00 | 11.43 | 8.09 | 4.05 | 3.41 | 0.93 | 0.66 | 0.33 | 0.28 |
| 7:00:00 | 13.20 | 9.48 | 5.09 | 4.35 | 1.07 | 0.77 | 0.41 | 0.35 |
| 7:15:00 | 14.27 | 10.82 | 5.81 | 5.08 | 1.16 | 0.88 | 0.47 | 0.41 |
| 7:30:00 | 17.40 | 12.73 | 6.68 | 5.71 | 1.41 | 1.03 | 0.54 | 0.46 |
| 7:45:00 | 19.48 | 13.99 | 7.01 | 5.69 | 1.58 | 1.14 | 0.57 | 0.46 |

| | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 8:00:00 | 19.92 | 13.39 | 6.27 | 5.45 | 1.62 | 1.09 | 0.51 | 0.44 |
| 8:15:00 | 20.90 | 12.95 | 6.24 | 5.05 | 1.70 | 1.05 | 0.51 | 0.41 |
| 8:30:00 | 23.52 | 13.61 | 6.62 | 4.78 | 1.91 | 1.10 | 0.54 | 0.39 |
| 8:45:00 | 24.95 | 14.41 | 7.01 | 5.28 | 2.02 | 1.17 | 0.57 | 0.43 |
| 9:00:00 | 25.01 | 15.04 | 6.27 | 4.73 | 2.03 | 1.22 | 0.51 | 0.38 |
| 9:15:00 | 25.29 | 13.77 | 5.80 | 4.63 | 2.05 | 1.12 | 0.47 | 0.38 |
| 9:30:00 | 25.77 | 13.84 | 5.61 | 4.05 | 2.09 | 1.12 | 0.45 | 0.33 |
| 9:45:00 | 23.29 | 14.62 | 5.40 | 3.91 | 1.89 | 1.19 | 0.44 | 0.32 |
| 10:00:00 | 25.31 | 12.21 | 4.81 | 3.36 | 2.05 | 0.99 | 0.39 | 0.27 |
| 10:15:00 | 23.01 | 12.36 | 4.64 | 3.26 | 1.87 | 1.00 | 0.38 | 0.26 |
| 10:30:00 | 23.53 | 12.70 | 5.00 | 3.34 | 1.91 | 1.03 | 0.41 | 0.27 |
| 10:45:00 | 23.42 | 12.03 | 4.90 | 3.40 | 1.90 | 0.98 | 0.40 | 0.28 |
| 11:00:00 | 22.89 | 10.65 | 4.97 | 3.55 | 1.86 | 0.86 | 0.40 | 0.29 |
| 11:15:00 | 22.33 | 11.54 | 5.01 | 3.76 | 1.81 | 0.94 | 0.41 | 0.31 |
| 11:30:00 | 21.42 | 12.66 | 5.36 | 4.50 | 1.74 | 1.03 | 0.43 | 0.36 |
| 11:45:00 | 23.54 | 14.05 | 6.47 | 5.38 | 1.91 | 1.14 | 0.52 | 0.44 |
| 12:00:00 | 22.74 | 13.48 | 6.53 | 6.08 | 1.84 | 1.09 | 0.53 | 0.49 |
| 12:15:00 | 20.29 | 12.39 | 5.64 | 4.90 | 1.65 | 1.00 | 0.46 | 0.40 |
| 12:30:00 | 18.13 | 12.13 | 5.69 | 4.90 | 1.47 | 0.98 | 0.46 | 0.40 |
| 12:45:00 | 16.98 | 12.30 | 5.31 | 4.33 | 1.38 | 1.00 | 0.43 | 0.35 |
| 13:00:00 | 15.44 | 10.82 | 4.98 | 3.91 | 1.25 | 0.88 | 0.40 | 0.32 |
| 13:15:00 | 14.95 | 9.27 | 4.20 | 3.12 | 1.21 | 0.75 | 0.34 | 0.25 |
| 13:30:00 | 15.06 | 7.56 | 3.58 | 2.37 | 1.22 | 0.61 | 0.29 | 0.19 |
| 13:45:00 | 13.08 | 6.65 | 2.77 | 1.88 | 1.06 | 0.54 | 0.22 | 0.15 |
| 14:00:00 | 12.56 | 6.44 | 2.23 | 1.78 | 1.02 | 0.52 | 0.18 | 0.14 |
| 14:15:00 | 9.61 | 5.24 | 2.27 | 1.44 | 0.78 | 0.43 | 0.18 | 0.12 |
| 14:30:00 | 9.34 | 5.19 | 2.07 | 1.31 | 0.76 | 0.42 | 0.17 | 0.11 |
| 14:45:00 | 9.32 | 4.97 | 1.92 | 1.16 | 0.76 | 0.40 | 0.16 | 0.09 |
| 15:00:00 | 8.98 | 4.51 | 1.96 | 1.16 | 0.73 | 0.37 | 0.16 | 0.09 |
| 15:15:00 | 8.66 | 5.01 | 1.44 | 1.17 | 0.70 | 0.41 | 0.12 | 0.10 |
| 15:30:00 | 8.23 | 4.23 | 1.67 | 1.15 | 0.67 | 0.34 | 0.14 | 0.09 |
| 15:45:00 | 6.74 | 4.36 | 1.91 | 1.23 | 0.55 | 0.35 | 0.16 | 0.10 |
| 16:00:00 | 7.79 | 4.48 | 2.03 | 1.55 | 0.63 | 0.36 | 0.16 | 0.13 |
| 16:15:00 | 9.02 | 4.45 | 2.20 | 1.67 | 0.73 | 0.36 | 0.18 | 0.14 |
| 16:30:00 | 9.10 | 4.84 | 2.36 | 2.02 | 0.74 | 0.39 | 0.19 | 0.16 |
| 16:45:00 | 7.43 | 5.30 | 2.59 | 2.28 | 0.60 | 0.43 | 0.21 | 0.19 |
| 17:00:00 | 8.02 | 6.02 | 2.71 | 2.78 | 0.65 | 0.49 | 0.22 | 0.23 |
| 17:15:00 | 7.82 | 5.31 | 2.78 | 2.77 | 0.63 | 0.43 | 0.23 | 0.22 |
| 17:30:00 | 7.18 | 6.48 | 2.90 | 3.12 | 0.58 | 0.53 | 0.24 | 0.25 |
| 17:45:00 | 7.73 | 6.81 | 3.13 | 2.82 | 0.63 | 0.55 | 0.25 | 0.23 |
| 18:00:00 | 8.94 | 6.53 | 3.34 | 2.89 | 0.73 | 0.53 | 0.27 | 0.23 |
| 18:15:00 | 8.64 | 5.76 | 3.14 | 2.73 | 0.70 | 0.47 | 0.25 | 0.22 |
| 18:30:00 | 9.23 | 5.51 | 3.08 | 2.68 | 0.75 | 0.45 | 0.25 | 0.22 |
| 18:45:00 | 8.76 | 6.59 | 3.14 | 2.66 | 0.71 | 0.53 | 0.25 | 0.22 |

| | | | | | | | | |
|----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 19:00:00 | 8.47 | 5.33 | 2.83 | 2.35 | 0.69 | 0.43 | 0.23 | 0.19 |
| 19:15:00 | 8.11 | 5.27 | 2.54 | 1.79 | 0.66 | 0.43 | 0.21 | 0.15 |
| 19:30:00 | 9.37 | 5.23 | 2.41 | 1.82 | 0.76 | 0.42 | 0.20 | 0.15 |
| 19:45:00 | 8.34 | 4.87 | 2.12 | 1.60 | 0.68 | 0.39 | 0.17 | 0.13 |
| 20:00:00 | 9.82 | 4.95 | 2.24 | 1.36 | 0.80 | 0.40 | 0.18 | 0.11 |
| 20:15:00 | 10.38 | 4.83 | 2.32 | 1.41 | 0.84 | 0.39 | 0.19 | 0.11 |
| 20:30:00 | 11.30 | 5.26 | 2.51 | 1.55 | 0.92 | 0.43 | 0.20 | 0.13 |
| 20:45:00 | 12.07 | 5.18 | 2.32 | 1.57 | 0.98 | 0.42 | 0.19 | 0.13 |
| 21:00:00 | 12.42 | 5.82 | 2.35 | 1.60 | 1.01 | 0.47 | 0.19 | 0.13 |
| 21:15:00 | 11.28 | 6.70 | 2.46 | 1.64 | 0.92 | 0.54 | 0.20 | 0.13 |
| 21:30:00 | 13.92 | 7.82 | 2.72 | 1.84 | 1.13 | 0.63 | 0.22 | 0.15 |
| 21:45:00 | 14.12 | 7.80 | 2.68 | 1.88 | 1.15 | 0.63 | 0.22 | 0.15 |
| 22:00:00 | 14.85 | 7.18 | 2.94 | 2.33 | 1.20 | 0.58 | 0.24 | 0.19 |
| 22:15:00 | 15.22 | 8.00 | 2.97 | 2.13 | 1.23 | 0.65 | 0.24 | 0.17 |
| 22:30:00 | 14.79 | 7.73 | 2.93 | 2.07 | 1.20 | 0.63 | 0.24 | 0.17 |
| 22:45:00 | 15.63 | 8.10 | 3.01 | 2.06 | 1.27 | 0.66 | 0.24 | 0.17 |
| 23:00:00 | 16.38 | 8.68 | 2.70 | 2.01 | 1.33 | 0.70 | 0.22 | 0.16 |
| 23:15:00 | 16.41 | 8.36 | 2.75 | 1.76 | 1.33 | 0.68 | 0.22 | 0.14 |
| 23:30:00 | 14.54 | 7.72 | 2.94 | 1.58 | 1.18 | 0.63 | 0.24 | 0.13 |
| 23:45:00 | 12.72 | 7.25 | 2.49 | 1.58 | 1.03 | 0.59 | 0.20 | 0.13 |

Bijlage II Simdeumscrip

Script voor dagen met elektriciteitsuitval gebaseerd op referentie dag.:

```
% Day 1-2
open demo_house.stats
load('default_param.mat')
% define shower_type
Stats.Shower.theShower(2)=0; % instead of 100%
% define penetration washing machine
b=Stats.Wm.theWashingMachine(2);
b(1,2)=0;
b(2,2)=0;
b(3,2)=0;
b(4,2)=0;
b(5,2)=0;
Stats.Wm.theWashingMachine(2)=b;
% define penetration dishwasher
c=Stats.Dw.theDishWasher(2);
c(1,2)=0;
c(2,2)=0;
c(3,2)=0;
c(4,2)=0;
c(5,2)=0;
Stats.Dw.theDishWasher(2)=c;
% define kitchen tap
kt_1 = ktap_type('kitchen_tap', 100, freq_kt_mu, freq_kt_sigma, dp_ktap, 0);
kt_cons = ktap_subtype('consumption', 'high', 15, 0.167, 10);
%kt_dishes = ktap_subtype('dishes', 'average', 45, 0.25, 10); % becomes really low
kt_dishes = ktap_subtype('dishes', 'low', 45, 0.25, 10); % becomes really low
kt_hands = ktap_subtype('washing_hands', 'average', 13, 0.167, 10);
kt_other = ktap_subtype('other', 'low', 48, 0.167, 10); % No cleaning of the house but instead
washing clothes
kt_hoard = ktap_subtype('hoard', 'high', 72, 0.167, 10);
theKitchenTap = ktap_stats(kt_1, kt_cons, kt_dishes, kt_hands, kt_other, kt_hoard);
Stats.Ktap.theKitchenTap =theKitchenTap;
% define bathroom tap
bt_1 = brtap_type('bathroom_tap', 100, 5.1, [], 0);
% origineel: bt_wash = brtap_subtype('washing_shaving', 'low', 40, 0.083, 38);
bt_wash = brtap_subtype('washing_shaving', 'high', 40, 0.083, 10);
bt_teeth = brtap_subtype('brushing_teeth', 'average', 15, 0.083, 10);
% changes:
% more often washing
bt_wash_cl = brtap_subtype('washing_cl', 'low', 60, 0.083, 10);
theBathroomTap = brtap_stats(bt_1, bt_wash, bt_teeth, bt_wash_cl);
Stats.Brtap.theBathroomTap = theBathroomTap;
% define bath_type
nn=numUserDependence([1 1/2 1/3 1/4 1/5]/2);
Stats.Bath.theBath.freq=nn;
% define outside tap
%Outside tap - set penetration to zero
Stats.Ostap.theOutsideTap
Stats.Ostap.theOutsideTap(2)=0;
% Presence weekend pattern
Stats.Users.homePresence=pStruct_weekend;
% Synchronization class
SYNC_CLASS='III';
clear b* f* k* p* d* t* o* w* c*
```

```

save BO_day1.stats
% *****
%Day 3-7
open BO_day1.stats
load('default_param.mat')
% define wc_type
% define penetration bath
d=Stats.Bath.theBath (3);
d(1,3)=0; %No bath for children
d(2,3)=0; % no bath voor teen
d(3,3)=0; % Half of the work adults
d(4,3)=0; % Half of the home adults
d(5,3)=0; % no seniors
Stats.Bath.theBath (3)=d;
% define WC ca. 2 keer per persoon
b=Stats.Wc.theWc1(3);
for a=1:6;
b(a,1)=2;
b(a,2)=2;
b(a,3)=2;
end
Stats.Wc.theWc1(3)=b;
Stats.Wc.theWc2(3)=b;
Stats.Users.homePresence=pStruct_weekend;
% define kitchen tap
kt_1 = ktap_type('kitchen_tap',100, freq_kt_mu, freq_kt_sigma, dp_ktap, 0);
kt_cons = ktap_subtype('consumption', 'high', 15, 0.167, 10);
%kt_dishes = ktap_subtype('dishes', 'average', 45, 0.25, 10); % becomes really low
kt_dishes = ktap_subtype('dishes', 'low', 45, 0.25, 10); % becomes really low
kt_hands = ktap_subtype('washing_hands', 'average', 13, 0.167, 10);
kt_other = ktap_subtype('other', 'low', 48, 0.167, 10); % No cleanning of the house but instead
washing clothes
theKitchenTap = ktap_stats(kt_1, kt_cons, kt_dishes, kt_hands, kt_other);
Stats.Ktap.theKitchenTap =theKitchenTap;
% Synchronization class
SYNC_CLASS='III'
clear b* f* k* p* d* t* o* w* c* a*
save BO_day3.stats
% *****

%Day 8-10
open BO_day3.stats
load('default_param.mat')
% define WC ca. 0.9 keer per persoon
b=Stats.Wc.theWc1(3);
for a=1:6;
b(a,1)=0.9;
b(a,2)=0.9;
b(a,3)=0.9;
end
Stats.Wc.theWc1(3)=b;
Stats.Wc.theWc2(3)=b;
save BO_day8.stats

```