

De energetisch meest optimale waterverdeling

IR. M. RIEMERSMA, DHV WATER
IR. A. VERBERNE, DHV WATER
R. INKLAAR, NUON WATER GELDERLAND
ING. J. VAN DER PIJL, NUON WATER GELDERLAND

Nuon Water Gelderland (hierna: Nuon) heeft een studie verricht naar de energetisch optimale waterverdeling. De doelen hierbij waren het beperken van het energieverbruik en het beperken van de exploitatielasten. Voor deze studie is gebruik gemaakt van het leidingnetprogramma H_2Onet, versie 3.0. De bestaande transportmodellen van Nuon zijn hiernaar geconverteerd. Als onderdeel van de studie zijn een financiële haalbaarheidsstudie, een piekfactoranalyse en leveringszekerheidsberekeningen uitgevoerd. Uit de haalbaarheidsstudie volgden zeven optimalisaties die uit oogpunt van energiebesparing en kosten interessant zijn. Bij implementatie van de optimalisaties zal de besparing ongeveer 1,2 miljoen kWh/jaar bedragen, in geld 190 duizend gulden per jaar. De optimalisaties worden opgenomen in de (middel)lange termijn-plannen.

De distributie van water bepaalt het grootste deel van de energierekening van het waterleidingbedrijf. Gemiddeld wordt er in Nederland per geleverde kubieke meter circa 0,4 kWh verbruikt. Deze energie is niet alleen een kostenpost, maar vormt ook één van de belangrijkste milieubelastingen die de watervoorziening met zich meebrengt. Nuon is zich hiervan bewust en zoekt op alle onderdelen naar mogelijkheden tot verlaging van het energieverbruik. Omdat echter naast het milieu de portemonnee van de klant ook belangrijk is, stelt Nuon zich ten doel om energiebesparingen op die plaatsen door te voeren waar de besparingen opwegen tegen de benodigde investeringen.

Vanuit deze drijfveer heeft Nuon in samenwerking met DHV Water een studie verricht naar de hydraulisch optimale watervoorziening van haar voorzieningsge bied. De uitkomsten hiervan kunnen worden vertaald naar investeringsplannen, leveringsplannen en een toekomstige transport- en distributiestrategie. Naast het beperken van het energieverbruik waren als nevendoelen geformuleerd het terugdringen van de overige exploitatielasten (door bijvoorbeeld het amoveren van overbodige reservoircapaciteit en opjaagsystemen), het overzichtelijk in beeld brengen van de huidige bedrijfsvoering en het toetsen van de leveringszekerheid.

Historie en ontwikkeling distributiegebied Nuon

Nuon Water Gelderland is ontstaan uit fusies van gemeentelijke waterleidingbedrijven - met ieder hun eigen solitaire lange termijn-plannen. Als gevolg van dergelijke fusies is het afzetgebied beduidend groter geworden waardoor ook de optimale waterverdeling en daarmee de bedrijfsvoering is gewijzigd. Zo kan in sommige situaties bijvoorbeeld één pompstation worden ingezet voor de watervoorziening van twee voorzieningsgebieden. Daarnaast wordt door het samenvoegen van aangrenzende voorzieningsgebieden de leveringszekerheid versterkt, waardoor geplande investeringen in grote transportleidingen overbodig worden. Tevens neemt over het algemeen de maximum dagfactor af bij het groter worden van het voorzieningsgebied. Hierdoor neemt de benodigde capaciteit en bergingsvolume af, en ontstaat derhalve overcapaciteit door het samenvoegen van twee bedrijven met elk hun eigen infrastructuur.

Projectaanpak

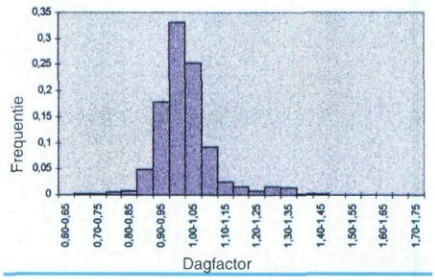
Om implementatie van de projectresultaten te waarborgen is volgens een vaste structuur gewerkt. Het project is opgesplitst in zeven deelprojecten: selectie geschikt leidingnetmodel, analyse piekfactoren, vaststellen huidige situatie, schematisatie leidingnet, bepaling energetisch optimale waterverdeling, definitie mogelijke optimalisatieprojecten en de leveringszekerheidstoets.

Selectie leidingnetmodel

Het project is gestart met een vergelijkende studie naar het meest geschikte leidingnetmodel. De belangrijkste criteria voor de selectie van het model waren de grafische uitvoer, de rekensnelheid, de eenvoud in het doorvoeren van wijzigingen, de kostprijs en de uitwisselbaarheid met andere bestanden (Oracle-based systemen zoals LIS en AutoCAD-based systemen zoals GIS). Als gevolg van deze studie[1] is besloten om H_2Onet versie 3.0 te gebruiken. Het bestaande transportmodel van Nuon is geconverteerd naar H_2Onet.

Analyse piekfactoren

Ieder deelvoorzieningsgebied is geanalyseerd op de maximale dagfactor (het maximale dagverbruik wat eens per tien jaar optreedt gedeeld door het gemiddelde dagverbruik), weekfactor en uurfactor. Uit een dergelijke analyse volgt de optimale verhouding tussen productie- en bergingscapaciteit. Zo zal het, bij een zuivering die veel zuiveringsonderdelen bevat, economisch aantrekkelijk zijn een relatief grote bergingscapaciteit te realiseren teneinde de piekfactor van de zuivering te kunnen beperken. In afbeelding 1 is als voorbeeld de frequentieverdeling van de dagfactoren weergegeven van deelvoorzieningsgebied Nijmegen.



Afb. 1: Piekfactor analyse deelvoorzieningsgebied Nijmegen

Definitie optimalisaties

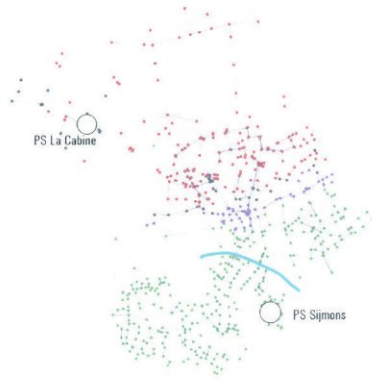
Uit de optimale waterverdeling is gebleken dat ten opzichte van de huidige situatie nog een aantal optimalisaties mogelijk zijn. De gevonden optimalisaties zijn als volgt te classificeren:

- drukzonescheidingen. Door het geaccidenteerde terrein waarin Nuon de waterlevering verzorgt (vooral regio Arnhem, Apeldoorn en Nijmegen) zijn de drukverschillen binnen voorzieningsgebieden momenteel groot. Door voorzieningsgebieden te splitsen in kleinere delen kan voor lager gelegen delen de leveringsdruk omlaag worden gebracht. Een voorbeeld hiervan is de situatie in Arnhem, die

Kader 1: Arnhem

In de huidige situatie wordt Arnhem voorzien door de pompstations Sijmons en La Cabine. Het leidingnet is hieronder weergegeven. De blauwe lijn stelt de Rijn voor, die iets ten zuiden van het centrum de stad in twee delen splitst.
Voor de bepaling van de energetisch optimale waterverdeling worden meerdere theoretische berekeningen gemaakt. Bij deze berekeningen wordt bepaald wat de optimale drukzone-indeling is, gegeven de diameters en wandruwheden van de leidingen, de maaiveldhoogteverdeling binnen de stad en de winningsvergunningen van de pompstations. Uit deze berekening volgde dat het interessant is is om het leidingnet van Arnhem in twee delen te splitsen: één deel (het noordelijke) wordt dan voorzien door pompstation La Cabine, het andere (het zuidelijke) door pompstation Sijmons. De reden hiervoor is de verdeling van de maaiveldhoogtes binnen de stad.

Het centrum van Arnhem ligt ruim 20 meter hoger dan het zuidelijke deel van de stad. Door een knip te leggen ten zuiden van het centrum



Verdeling maaiveldhoogtes binnen Arnhem

zou het pompstation Sijmons zijn uitgaande druk met ongeveer 2,5 bar kunnen verlagen. Een uitstekende locatie hiervoor zou de Rijn kunnen zijn: er liggen slechts twee leidingen onder de Rijn. Bovendien lijken de capaciteiten van beide pompstations aan te sluiten bij hun nieuwe kleinere voorzieningsgebied.

verduidelijkt is in kader 1;
- afvlakken van productie. Door pompstations samen te laten werken en op één voorzieningsgebied te laten pompen kunnen één of meer pompstations als basislaststations worden ingezet (deze stations leveren dan een constante productie). De pieken worden door de overige pompstations opgevangen, die daartoe bij voorkeur worden uitgerust met een anticiperende productiesturing. Door anticiperende productiesturing kan ook met een pompstation dat gemoduleerd moet leveren vrijwel vlak worden gedraaid doordat de aanwezige berging zo efficiënt mogelijk wordt benut. Een voorbeeld hiervan is de combinatie van de pompstations Sijmons en La Cabine die verduidelijkt is in kader 2;
- aanpassingen in de waterverdeling. Het kan voorkomen dat het zinvoller is om een voorzieningsgebied door een ander pompstation te laten voorzien. Om dergelijke gevallen te signaleren zijn theoretische berekeningen beschikbaar. Een voorbeeld is hiervan is gegeven in kader 3 voor de watervoorziening van Apeldoorn.
De optimalisaties zijn getoetst op haalbaarheid. In de tabel zijn de resultaten van de haalbaarheidstoets weergegeven.

De haalbaarheid van de optimalisaties is bepaald volgens de netto contante waarde van investeringen en gerealiseerde besparingen. De besparingen van de optimalisaties zijn uitgedrukt in geld en energie. Het is niet zonder meer mogelijk om alle optimalisaties afzonderlijk van elkaar toe te passen. Iedere optimalisatie maakt op een andere manier gebruik van de overcapaciteit van de infrastructuur. Indien alleen de meest haalbare optimalisaties worden toegepast is de besparing ongeveer 190 duizend gulden en 1,2 miljoen kWh per jaar.

Resultaten haalbaarheidstoets, besparingen in termen van geld en energie

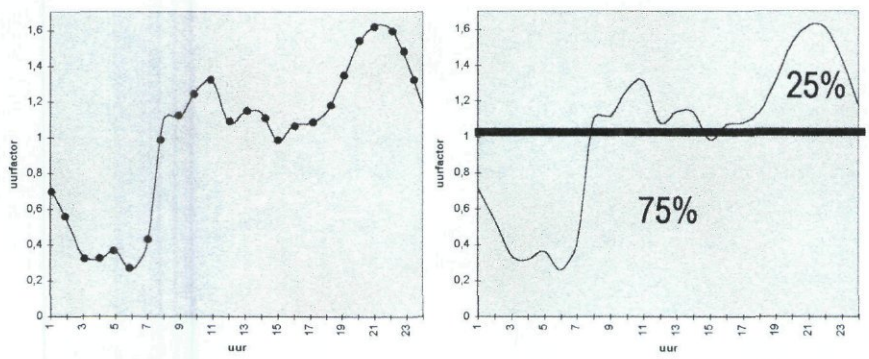
optimalisatie	kosten gulden/ /jaar)	baten (gulden/ /jaar)	baten - kosten (gulden/ /jaar)	energie-besparing (x 1.000kWh/ jaar)
drukverlaging Apeldoorn	24.000	95.000	71.000	440
isoleren Arnhem-zuid	40.000	99.000	59.000	550
verlagen capaciteit Apeldoorn	28.000	56.000	28.000	0
vlakdraaien PS La Cabine	12.000	35.000	23.000	80
Renkum/Heelsum PS WB	8.000	24.000	16.000	90
volmaken winvergunning PS AW	8.000	16.000	8.000	155
amovatie bodemreservoir	6.000	11.000	5.000	- 8
herziening hoge drukzones	alternatief niet haalbaar			

Leveringszekerheidstoets

Om het inzicht te verhogen én om snel resultaten te verkrijgen is een, op de VEWIN-methodiek gebaseerde, alternatieve toetsingsmethodiek toegepast. Deze methodiek is gebaseerd op een één-uursberekening in plaats van een 24-uurs en dient om calamiteiten aan te wijzen die kritisch kunnen zijn voor de VEWIN-richtlijn. Aan de hand van deze methode zijn in korte tijd veel mogelijke calamiteiten doorgerekend en was het mogelijk om een alternatieve bedrijfsvoering op te stellen waarmee voldoende resterend leveringsvermogen werd bewerkstelligd. De methodiek is verduidelijkt in afbeelding 2 en gebaseerd op het gegeven dat 75 procent van de totale levering op een 'maximumdag' ongeveer gelijkstaat met de levering van het gemiddelde uur op die dag. Door te bepalen of het gemiddelde uur op de 'maximumdag' volledig kan worden voorzien onder voldoende druk, wordt derhalve een gelijkwaardige berekening uitgevoerd als de 24-uursberekening van een 'maximumdag'.

Resultaat

- De studie heeft geleid tot definitie van in totaal 40 optimalisaties. Hiervan zijn acht veelbelovende optimalisaties op haalbaarheid getoetst welke samen een energiebesparing van ongeveer 1,2 miljoen kWh per jaar en een verwachte kostenbesparing van 190 duizend gulden vertegenwoordigen. Deze optimalisaties zijn als projecten gedefinieerd, die Nuon opneemt in de investeringsplannen voor de komende jaren.
- De ervaringen met het programma H_2Onet zijn zo positief, dat Nuon het programma waarschijnlijk definitief in gebruik neemt. Het wordt dan in eerste instantie gebruikt voor de transportmodellen.



Afb. 2: Leveringszekerheid - toetsingsmethode 24 uurs of één-uurs berekening

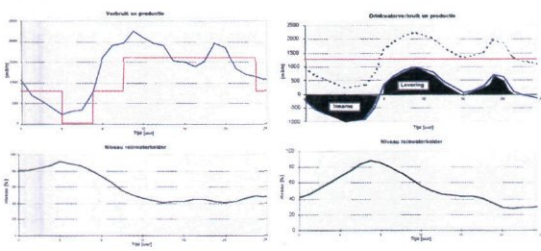
Kader 2: Arnhem

Conventionele besturing

Een voorbeeld van een conventionele besturing is het volgende: een pompstation levert aan een voorzieningsgebied waar een distributieberging is gesitueerd. In deze berging is een continue niveaumeter geïnstalleerd, waarop het pompstation reageert: bij een laag niveau wordt de productie opgevoerd, bij een hoog niveau verlaagd.

Anticiperende besturing

Een anticiperende besturing werkt als volgt: van de actuele dag wordt het totaalverbruik geschat voor het voorzieningsgebied. Het pompstation produceert dit totaalverbruik constant over de dag.



Conventionele besturing *Anticiperende besturing*

(De blauwe lijn stelt het debiet vanuit het reservoir voor; de rode het debiet van het pompstation).

Hieruit komen twee zaken duidelijk naar voren:
- een conventionele besturing 'ijlt na' op de drinkwatervraag: pas enkele uren na een periode van piekverbruik schakelt de zuivering op. In principe geeft het reservoir een 'vertraging' door het bergende volume;
- bij de anticiperende besturing wordt 's nachts méér geproduceerd.

De voordelen van een anticiperende besturing in termen van energiebesparingen zijn dat meer water wordt geproduceerd tegen het goedkopere nachttarief en, doordat een constant debiet wordt geleverd, een beperking van de wrijvingsverliezen.

Een ander voorbeeld van een dergelijke besturing is dat de winning en zuivering constant worden belast. Daardoor is het zuiveringsrendement hoger, verdwijnt er minder ijzer/zwevende stof in het distributienet en worden problemen met betrekking tot *aeromonas* voorkomen.

Voor Nuon is een dergelijke besturing zeer interessant, doordat in Arnhem de distributieberging hoog (op distributiedruk) ligt.

Door de hoge ligging kan 's nachts geproduceerd en gedistribueerd water opgeslagen worden op distributiedruk. De berging fungeert dan mede als opslag van goedkope elektriciteit.

LITERATUUR

1) *Distributiemodellering, vergelijking van drie leidingnetmodellen, DHV Water BV in opdracht van NV Nuon Water, januari 1999*

Kader 3: Apeldoorn

Apeldoorn wordt voorzien door drie verschillende pompstations: Hoenderloo, Amersfoortse Weg en Schalterberg.

Pompstation Hoenderloo levert aan Apeldoorn via een relatief lange transportleiding. Bovendien loopt deze leiding over een heuvelrug. Dit heeft tot gevolg dat het pompstation met een relatief hoge druk moet leveren teneinde (te) lage druk op de heuvelrug te voorkomen. Bij de aankomst in Apeldoorn dient deze hogere druk vernietigd te worden. Uit een theoretische berekening kwam duidelijk naar voren dat het aandeel van pompstation Hoenderloo aan de drinkwatervoorziening energetisch gezien ongunstig is. Dit aandeel kan (uit energetisch oogpunt) beter voorzien worden door pompstation Amersfoortse Weg, aangezien de capaciteit van het leidingnet rond dit pompstation hoger is en het dichter bij de kern van de vraag naar drinkwater ligt.