

BTO 2015.039 | September 2015

## **BTO** rapport

Energieverbruik  
drinkwaterwinning



# BTO

## Energieverbruik drinkwaterwinning

BTO 2015.039 | September 2015

### Opdrachtnummer

400554-071

### Projectmanager

drs. P.G.G. (Nellie) Slaats

### Opdrachtgever

BTO - Thematisch onderzoek - Assetmanagement

### Kwaliteitsborger

dr. ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker

### Auteurs

ir. M.L. (Martin) van der Schans (KWR),  
L.F. (Louis) Brussee B. Eng. (Vitens) P. (Paul) Niekus  
(Vitens), ing. I. (Inke) Leunk (KWR)

### Verzonden aan

BTO themagroep assetmanagement,  
Contactgroep putten

Dit rapport is selectief verspreid onder medewerkers  
van BTO-participanten en is verder niet openbaar.

**Jaar van publicatie**  
2015

#### Meer informatie

Martin van der schans  
T +31 30 606 9537  
E [Martin.van.der.Schans@kwrwater.nl](mailto:Martin.van.der.Schans@kwrwater.nl)

#### Keywords

Energie winning assetmanagement

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](mailto:info@kwrwater.nl)  
I [www.kwrwater.nl](http://www.kwrwater.nl)

**KWR** Watercycle  
Research  
Institute

BTO | Juli 2015 © 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.

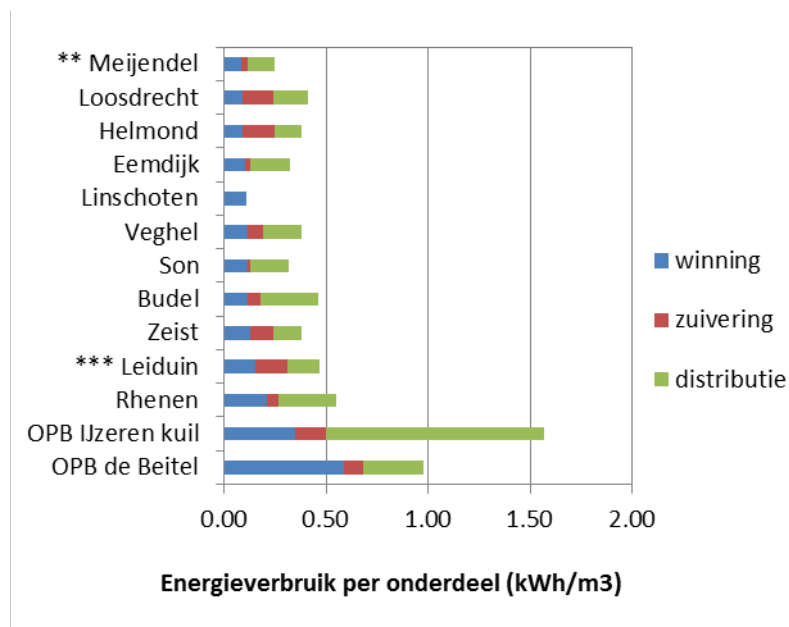
## BTO Managementsamenvatting

*Drinkwaterbedrijven kunnen een aanzienlijke energiebesparing realiseren bij het winnen van grondwater door pompen beter in te zetten.*

**Auteurs** ir. Martin van der Schans (KWR), Louis Brussee B. Eng. (Vitens) Paul Niekus (Vitens), ing. Inke Leunk (KWR)

Uit gegevens van 22 pompstations blijkt dat 32% (0,18 kWh/m<sup>3</sup>) van het totale energieverbruik van waterbedrijven voor rekening komt voor het winnen van grondwater. Gemiddeld is 25% energiebesparing economisch haalbaar op de winning, met een terugverdientijd van 0 tot 5 jaar, blijkt uit energiescans uitgevoerd op 10 winningen van Vitens. Het installeren en vervolgens knippen van pompen met een te hoge capaciteit is verreweg de belangrijkste oorzaak van deze vermijdbare verliezen. Deze problemen worden herkend door putexperts van andere bedrijven, wat het vermoeden steunt dat de resultaten van dit onderzoek representatief zijn voor veel grondwaterproductielocaties in Nederland.

Extrapolatie van deze resultaten laat zien dat grondwaterbedrijven 5 tot 10% op hun totale energierekening kunnen besparen, vooral door pompen met een te hoge capaciteit c.q. opvoerhoogte te vervangen. Daarnaast wordt bij renovatie van pompstations geadviseerd uit te zoeken of het economisch haalbaar is om het winveld uit te rusten met frequentiegestuurde onderwaterpompen of met boosterpompen in de ruwwaterleiding. Deze zgn. 'opjagers' hebben een veel hoger rendement (80%) dan de onderwaterpompen (60%) die traditioneel worden toegepast in winputten.



Aandeel van winning, zuivering en distributie in het energieverbruik per productielocatie voor verscheidene grondwaterwinningen en voorzieningsgebieden.

(\*\*) Exclusief voorzuivering en aanvoer ruwwater;

(\*\*\*) Inclusief voorzuivering en transport oppervlaktewater; distributie voor voorzieningsgebied Amstelveen

**Belang: drinkwaterbedrijven willen energieverbruik en kosten minimaliseren**

Hoewel het totale energieverbruik van bron tot tap bekend is, hebben bedrijven doorgaans geen of slechts zeer beperkt zicht op het energieaandeel van de individuele componenten winning, zuivering en distributie. Dit onderzoek naar het energieverbruik bij grondwaterwinning vergroot dit inzicht.

**Aanpak: inventarisatie gegevens energieverbruik en 'Energiescan' grondwaterwinningen**

Voor 22 (grondwater)productielocaties van Vitens, Oasen, Evides, Waternet, WML en Dunea is een inventarisatie gemaakt van het energieverbruik. Hierbij is onderscheid gemaakt naar de individuele componenten winning, zuivering en distributie. Parallel heeft Vitens het energieverbruik en de besparingsmogelijkheden doorgelicht voor 10 grondwaterwinningen.

**Resultaten: aanzienlijke besparing mogelijk op energieverbruik van waterbedrijven**

De winningen verbruiken 30% van het totale energieverbruik van de waterbedrijven (n=22). Van dat energieverbruik is 25% vermijdbaar (n=10): bij grondwaterwinning is dus een besparing mogelijk van 8% op het totale energieverbruik (32% x 25%). Gesprekken met putexperts van andere drinkwaterbedrijven leiden tot de verwachting dat de omvang van de besparingsmogelijkheden vergelijkbaar is voor andere

grondwaterproductielocaties in Nederland. De grootste verliesposten ontstaan door het installeren en vervolgens knippen van pompen met een te hoge capaciteit.

Vitens heeft energiescans uitgevoerd bij tien winningen. Voor negen daarvan is een sluitende business case te maken voor maatregelen zoals vervanging van pompen om energie- en kosten te besparen met een terugverdientijd van 0 tot 5 jaar.

**Implementatie: investeren in analyses van energieverbruik van winningen loont**

Bedrijven wordt geadviseerd om het energieverbruik van grondwaterwinningen door te lichten en daarbij met name alert te zijn op pompen met een te hoge capaciteit. Ook zijn besparingen denkbaar bij herinrichting van winvelden, bijvoorbeeld door toepassing van frequentiegestuurde onderwaterpompen of boosterpompen in de ruwwaterleiding. Deze zgn. 'opjagers' hebben een veel hoger rendement (80%) dan de onderwaterpompen (60%) die traditioneel worden toegepast in winputten.

**Rapport**

De resultaten van dit onderzoek zijn beschreven in het rapport *Energieverbruik drinkwaterwinning* (BTO 2015.039).

Jaar van publicatie  
2015

**Meer informatie**

ir. M.L. van der schans  
T +31 30 606 9537  
E [Martin.van.der.Schans@kwrwater.nl](mailto:Martin.van.der.Schans@kwrwater.nl)

**Keywords**

onderzoeksvisie, putten, drinkwaterwinning

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](mailto:info@kwrwater.nl)  
I [www.kwrwater.nl](http://www.kwrwater.nl)

**KWR** Watercycle  
Research  
Institute

BTO | Juli 2015 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

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

# Samenvatting

## *Aanleiding en doel*

Drinkwaterbedrijven kennen het totale energieverbruik van bron tot tap, maar hebben doorgaans zeer beperkt zicht op het energieaandeel van de individuele componenten winning, zuivering en distributie. Het doel van dit onderzoek is om in beeld te brengen wat het aandeel van de winning is in het totale energieverbruik en welke mogelijkheden waterbedrijven hebben om energie te besparen.

## *Energieverbruik van winvelden*

Uit gegevens van 22 pompstations blijkt dat de winning gemiddeld 0,18 kWh/m<sup>3</sup> energie verbruikt wat neerkomt op 32% van het totale energieverbruik van waterbedrijven. Dit is aanzienlijk hoger dan een theoretische inschatting van het energieverbruik van een doorsnee grondwaterwinning in Nederland die uitkomt op 0,10 kWh/m<sup>3</sup>.

## *Mogelijkheden tot energiebesparing*

Uit een energiescan van 10 winningen uitgevoerd door Vitens kwam naar voren dat bij 9 winningen gemiddeld 25% energiebesparingen economisch haalbaar zijn. Dit komt neer op 10 k€/jaar per winning (of 0,3 €/ct/m<sup>3</sup>).

Het knippen van pompen met een te hoge capaciteit c.q. opvoerhoogte was verreweg de belangrijkste oorzaak van vermijdbare verliezen bij winvelden van Vitens. Dit houdt deels verband met rekenfouten tijdens de ontwerpfasen. Maar daarnaast komt het voor dat er niet aan de pompen was gedacht bij latere aanpassingen aan bijvoorbeeld de zuivering. Ook zijn in het verleden regelmatig bewust pompen met overcapaciteit geplaatst om leveringszekerheid te garanderen bij storingen. In één geval trad energieverlies op door een inefficiënt schakelschema.

## *Hoe representatief is het onderzoek?*

Navraag bij putexperts van andere drinkwaterbedrijven, en een studie naar verdeling van energieverbruik bij pompstation Baanhoek (Evides), leert dat op veel winvelden bewust of onbewust te zware pompen zijn geïnstalleerd. Dit kan erop duiden dat de bevindingen van dit onderzoek representatief zijn voor grondwaterwinningen van alle waterbedrijven.

Extrapolatie van de resultaten van de energiescan bij Vitens betekent dat het economische haalbaar is voor waterbedrijven om circa 8% (= 25% x 32%) te besparen op het totale energieverbruik.

## *Aanbevelingen*

Drinkwaterbedrijven die energie willen besparen wordt geadviseerd om energiescans uit te voeren, gericht op het controleren van de opvoerhoogte, capaciteit en rendement van de pompen. Bij herinrichting van een winveld wordt geadviseerd om te berekenen of toepassing van een boosterpomp zinvol is; een boosterpomp heeft namelijk een veel hoger rendement (80%) dan een onderwaterpomp (60%) maar is duur in de aanschaf. Bedrijven met een vacuümsysteem dienen alert te zijn of er luchtlekken optreden in de leidingen.

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1	Aanleiding en doel	3
1.2	Proces	3
1.3	Leeswijzer	3
<b>2</b>	<b>Energieverbruik winvelden in theorie</b>	<b>4</b>
2.1	Welke aspecten bepalen het energieverbruik van een winning?	4
2.2	Theoretisch energieverbruik winning	6
<b>3</b>	<b>Praktijkgegevens energieverbruik winvelden</b>	<b>7</b>
3.1	Beschikbaarheid van informatie	7
3.2	Totaal energieverbruik per waterbedrijf	7
3.3	Aandeel winning, zuivering en distributie	8
3.4	Energieverbruik van winningen	9
<b>4</b>	<b>Besparingsmogelijkheden op winvelden (Vitens)</b>	<b>11</b>
4.1	Werkwijze	11
4.2	Vermijdbare energieverliezen	11
4.3	Kostenbesparingen	12
<b>5</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>14</b>
5.1	Conclusies op basis van de praktijkdata	14
5.2	Ervaring van andere waterbedrijven: hoe representatief zijn de conclusies?	14
5.3	Aanbevelingen	14
<b>6</b>	<b>Bibliografie</b>	<b>16</b>

Bijlage I	Voorbeeldberekening theoretisch energieverbruik winning
Bijlage II	Praktijkgegevens energieverbruik per pompstation
Bijlage III	Samenvatting resultaten Vitens energiescan per winning

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding en doel

Drinkwaterbedrijven kennen het totale energieverbruik van bron tot tap, maar hebben doorgaans zeer beperkt zicht op het energieaandeel van de individuele componenten winning, zuivering en distributie.

Dit inzicht is belangrijk aangezien de bedrijven ernaar streven om hun kosten en CO<sub>2</sub>-footprint zo laag mogelijk te houden door energie te besparen (VEWIN 2013). Ondanks gerichte maatregelen zoals drukverlaging binnen het distributienet neemt het energieverbruik binnen de sector nog altijd toe. De belangrijkste oorzaak zijn de additionele zuiveringsstappen die drinkwaterbedrijven toepassen om verontreiniging door gewasbeschermingsmiddelen, medicijnresten, hormoonverstorende stoffen en nanodeeltjes uit de drinkwaterbronnen te verwijderen (*ibid.*). De vraag rijst of er besparingen mogelijk zijn op de winning (Hofman-Caris *et al.* 2011).

In 2013 zijn in het BTO-project “Roadmap-mindmap” gesprekken gevoerd met put-experts van alle tien Nederlandse drinkwaterbedrijven. In elk van de gesprekken werd “winning en energie” als belangrijk thema genoemd. Het merendeel van de bedrijven onderschreef dat door het beperkte zicht op energieverbruik, energiebesparing in het beheer, onderhoud, aansturing en inrichting van winvelden tot nu toe niet de aandacht heeft gekregen die het verdient (van der Schans *et al.*, 2015).

Doel van dit project is:

1. Het in kaart brengen van het aandeel van de drinkwaterwinning in het totale energieverbruik van bron-tot-tap van een aantal productielocaties (grond- en duinwaterwinningen).
2. Inzicht krijgen in de mogelijkheden tot energiebesparing door verbeterd assetmanagement van winningen.

## 1.2 Proces

Voor de inventarisatie van energieverbruik per winningen zijn gegevens aangeleverd door de waterbedrijven. De auteurs willen de volgende personen hiervoor bedanken:

- Remon van der Have & Rob Lafort (Evides)
- Frank Nass & Frans Voc (Brabant Water)
- Huig Haasnoot (Dunea)

## 1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van dit rapport benoemt de verschillende onderdelen van het drinkwaterproductieproces. Hierna volgt een inventarisatie van het energieverbruik op basis van bestaande gegevens (hoofdstuk 3) en een scan naar besparingsmogelijkheden uitgevoerd door Vitens (hoofdstuk 4). Hoofdstuk 5 bevat de conclusies en aanbevelingen.



## 2 Energieverbruik winvelden in theorie

Het productieproces voor het maken van drinkwater bestaat grofweg uit drie componenten: winning, zuivering en distributie. In de duingebieden is nog een extra stap namelijk het voorzuiveren en transporteren van oppervlaktewater. Overig energieverbruik omvat o.a. het koelen en verwarmen van productielocatie en energieverbruik van computers en printers. Dit hoofdstuk beschrijft wat in theorie het energieverbruik van winvelden bepaalt.

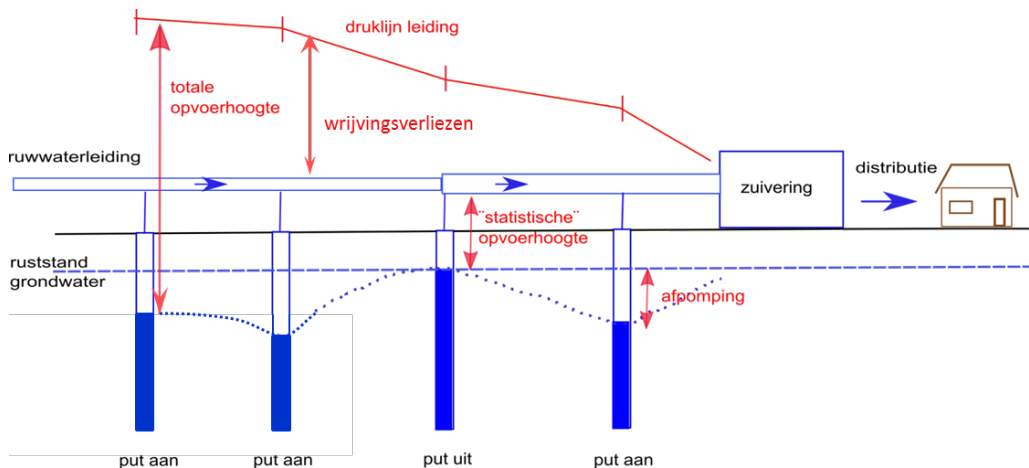
### 2.1 Welke aspecten bepalen het energieverbruik van een winning?

Het onderdeel winning omvat het verpompen van het ruw water uit de bodem of oppervlaktewater tot aan de zuivering. Op de meeste plaatsen gebeurt dit met onderwaterpompen in pompputten. Meijndel gebruikt zuigpompen en vacuümleidingen.

Het energieverbruik van een winning is het product van de benodigde opvoerhoogte (m), het debiet ( $\text{m}^3/\text{uur}$ ) en het rendement van de pomp (%).

#### 2.1.1 Opvoerhoogte

De opvoerhoogte is de benodigde hoeveelheid druk die nodig is om het grondwater van de put naar het instroomniveau van de zuivering te transporteren. In Figuur 2-1 is aangegeven dat de opvoerhoogte door diverse factoren wordt beïnvloed. Deze worden hierna toegelicht.



Figuur 2-1 De totale opvoerhoogte van een winveld is opgebouwd uit wrijvingsverlies in de leiding, de "statische" opvoerhoogte en de afpompingsverlies van putten.

De *statische opvoerhoogte* is het hoogte- c.q. drukverschil tussen (1) het grondwater in rustsituatie en (2) de hoogte waarop het water de zuivering instroomt.

De stijghoogte (druk) van het grondwater in rust wordt bepaald door omgevingsfactoren en de gemiddelde onttrekkingshoeveelheid van de winning. Overigens ligt de stijghoogte in grote delen van Nederland enkele meters onder maaiveld. Ze moet niet verward worden met de diepteligging van de putfilters die vaak tientallen tot honderden meters onder maaiveld zijn afgesteld.

De *afpomp*ing is het drukverlies in de bodem door het onttrekken van grondwater. Ze neemt toe bij grotere debieten, en is ook afhankelijk van de putdiameter en de doorlatendheid van de ondergrond. Wanneer omliggende putten gelijktijdig water onttrekken, dan zorgt dat voor extra drukverlies in de ondergrond en dus meer afpomping. De afpomping kan verder toenemen door putverstopping.

*Wrijvingsverliezen* in de ruwwaterleidingen worden beïnvloed door:

- Het debiet
- Leidinglengte. Deze is mede afhankelijk van de afstand tussen de putten en zuivering.
- Inwendige diameter van de leiding.
- Wandruwheid van de leiding.
- Aanwezigheid van afsluiters en andere onderdelen die weerstand bieden.
- Bedrijfsvoering. Door het gelijktijdig aanschakelen van twee of meer putten op één ruwwaterleiding nemen het debiet, de leidingdruk en de wrijvingsverliezen toe.
- Vervuiling van de leiding leidt tot toename van de wandruwheid (weerstand) en in extreme gevallen tot een significante afname van de leidingdiameter.

In de praktijk wordt regelmatig gesproken over putten die elkaar *wegdrukken*. Dit kan zowel betrekking hebben op (1) het drukverlies in de bodem doordat putten op korte afstand van elkaar aan staan (hierna aangeduid als “onderlinge beïnvloeding”) en (2) toename van de druk c.q. wrijvingsverliezen in de ruwwaterleiding als meerdere pompen op één streng gelijktijdig draaien. Het effect hiervan op het debiet en de energie-efficiency is onder andere afhankelijk van de pompkromme.

### 2.1.2 Debiet

De volumestroom, oftewel het debiet, bepaalt hoeveel water moet worden opgevoerd.

### 2.1.3 Pomp- & motorrendement

Het rendement van een pomp is de verhouding van het afgegeven vermogen ten opzichte van het opgenomen vermogen. Ze is de resultante van het rendement van de pomp zelf en de motor die de pomp aandrijft, en wordt beïnvloed door:

- Motor.
- Debiet, Qh kromme.
- Aanwezigheid van frequentieomvormers.

### 2.1.4 Ontwerp & bedrijfsvoering

Drinkwaterbedrijven hebben invloed op het energieverbruik van winvelden door ontwerpkeuzes (bijvoorbeeld leidingdiameter), onderhoud (putverstopping, vervuiling van de leiding) en bedrijfsvoering (wegdrukken en onderlinge beïnvloeding van putten).

*Intermezzo: van opvoerhoogte (m) en debiet m<sup>3</sup>/uur naar energieverbruik (kWh)*

Het energieverbruik wordt in deze rapportage uitgedrukt in kWh/m<sup>3</sup>. 1 kWh komt overeen met 3,6 miljoen Joule wat de hoeveelheid energie is die nodig is voor opvoeren van 1 m<sup>3</sup> water met 360 m. Het opvoeren van 1 m water met 1 m<sup>3</sup>/uur kost 0,0027 kWh, bij 100% pomprendement.

## 2.2 Theoretisch energieverbruik winning

Om een gevoel te krijgen bij het energieverbruik van winvelden, is het theoretisch benodigde pompvermogen (kWh) berekend voor een winveld. Als referentie is uitgegaan van de volgende eigenschappen:

- Afstand van pomp tot zuivering 1000 meter.
- Ruwwaterleiding met een 300 mm inwendige diameter en 0,2 mm wandruwheid.
- Debiet op de ruwwaterleiding 100 m<sup>3</sup>/uur.
- Pompendement 60%.

In de eerste twee kolommen van Tabel 2-1 is aangegeven hoe het energieverbruik samenhangt met de opvoerhoogte en afpompings. Bij 30 meter hoogteverschil is 0,14 kWh/m<sup>3</sup> nodig.

De bovenste twee kopjes in Tabel 2-1 geven aan welke invloed wrijvingsverliezen in het leidingsysteem kunnen hebben op het energieverbruik. Hiertoe is gevarieerd met de eigenschappen van de ruwwaterleiding t.o.v. de referentie:

- Verkleinen diameter van 300 naar 200 mm (door andere ontwerpkeuzen, of dichtslibben van de aanleg).
- Verhogen debiet van 100 naar 200 m<sup>3</sup>/uur (om te bepalen hoeveel effect het gelijktijdig bedienen van meerdere pompen op 1 ruwwaterleiding heeft op energieverbruik).
- Verhogen van wandruwheid naar 10 mm (zeer sterk vervuilde leiding).

Opvallend aan de resultaten in Tabel 2-1 is dat het statisch hoogteverschil en de afpompings sterk bepalend zijn voor het energieverbruik. Het gelijktijdig bedienen van meerdere pompen op 1 ruwwaterleiding (wegdrukken) leidt in deze berekening tot 1,5 meter extra drukhoogte maar het effect daarvan op het totale energieverbruik is beperkt (0,007 kWh/m<sup>3</sup>). Putverstopping heeft pas enige significante invloed wanneer de afpompings met meerdere meters toeneemt.

Het maximale energieverbruik in deze berekening 0,16 kWh/m<sup>3</sup>. Voor een doorsnee winning in Nederland is een theoretisch energieverbruik te verwachten van ordegrrootte 0,10 kWh/m<sup>3</sup> (zie Tabel 2-1). Hierbij is uitgegaan van een stijghoogte van enkele meters onder maaiveld, enkele meters afpompings en een instroomhoogte van de zuivering van ongeveer 10 meter boven maaiveld.

Het volgende hoofdstuk beschouwt hoe het energieverbruik van winvelden in de praktijk zich verhoudt tot het theoretisch berekende energieverbruik.

Tabel 2-1 Voorbeeldberekening energieverbruik in kWh per m<sup>3</sup> (referentiesituatie: leidinglengte 100 m; diameter 300 mm; ruwheid 0,2 mm; debiet 100 m<sup>3</sup>/uur). Zie bijlage 1 voor details van berekening.

		Leiding-eigenschappen	Referentie	Leidingdiameter 200 mm	Debiet 200 m <sup>3</sup> /uur	Wandruwheid 10 mm
		B. Pompvermogen door wrijvingsverlies	0.00	0.02	0.01	0.01
Statisch hoogteverschil + afpompings (m)	A. Pompvermogen door hoogteverschil (kWh/m <sup>3</sup> )	A + B. Totaal pompvermogen (kWh/m <sup>3</sup> )				
0	0.00		0.00	0.02	0.01	0.01
10	0.05		0.05	0.07	0.06	0.05
20	0.09		0.09	0.11	0.10	0.10
30	0.14		0.14	0.16	0.15	0.14

## 3 Praktijkgegevens energieverbruik winvelden

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van het energieverbruik van een doorsnede van drinkwaterwinningen. Hiervoor zijn gegevens beschikbaar gesteld door de waterbedrijven van 19 pompstation, aangevuld met gegevens voor 3 pompstations die eerder zijn bestudeerd door van Leerdam *et al.* (2011). Eerst wordt gekeken naar het totale energieverbruik, en vervolgens ingezoomd naar het aandeel van de winning.

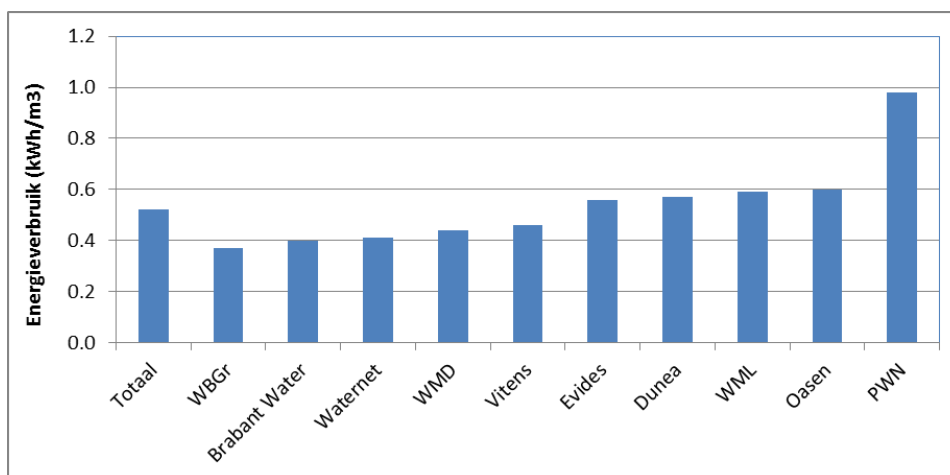
### 3.1 Beschikbaarheid van informatie

Bij veel productielocaties is informatie over het energieverbruik voor de verschillende componenten niet direct voorhanden. Redenen die bedrijven aanvoeren zijn dat de verschillende onderdelen niet apart worden bemeten, of dat gegevens niet goed toegankelijk zijn.

### 3.2 Totaal energieverbruik per waterbedrijf

In 2013 zijn de resultaten van de 6<sup>e</sup> benchmark 2012 gepresenteerd (Vewin, 2013). Onder de kop 'Milieu' is ook gekeken naar het energieverbruik in kWh/m<sup>3</sup> voor de verschillende waterbedrijven. Het gemiddelde energieverbruik voor de hele sector lag in 2012 op 0.52 kWh/m<sup>3</sup>. Het gemiddelde verbruik is 15% gestegen ten opzichte van 1997, dit heeft waarschijnlijk te maken met extra zuiveringsstappen. In 2010 zijn afspraken gemaakt over energieverbruik in de sector.

Tussen de waterbedrijven zijn grote verschillen. Deze verschillen hebben te maken met *en gros* leveringen en de ruwwaterbron die gebruikt wordt en daarmee samenhangend de zuiveringsstappen

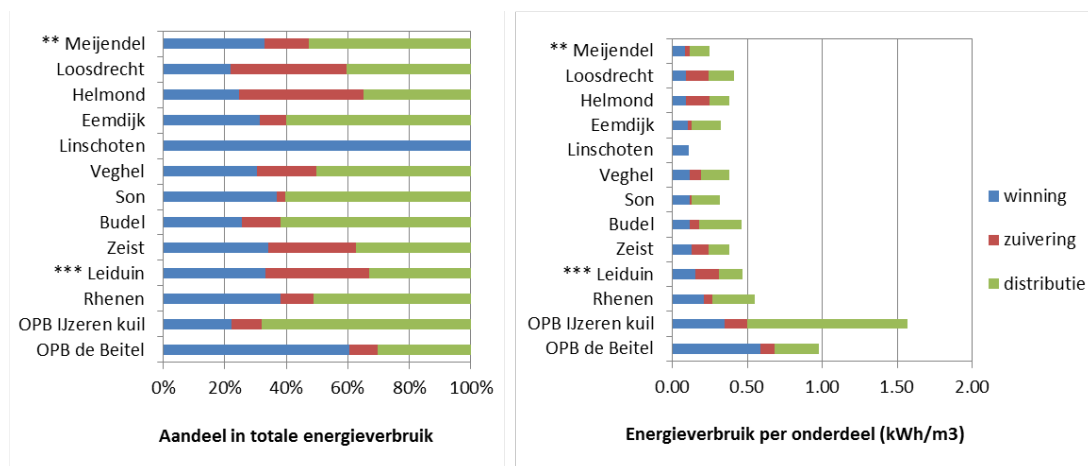


Figuur 3-1 Gemiddeld energieverbruik per waterbedrijf in 2012 (Vewin, 2013)

### 3.3 Aandeel winning, zuivering en distributie

Bij 12 productielocaties zijn gegevens beschikbaar over alle productiecomponenten. De winning verbruikt gemiddeld 32% van de totale energieverbruik van drinkwater (0,18 kWh/m<sup>3</sup>), zuivering 19% (0,09 kWh/m<sup>3</sup>) en distributie heeft met 48% het grootste aandeel (0,27 kWh/m<sup>3</sup>). Overige processen bepalen 2% van het totale energieverbruik (0,02 kWh/m<sup>3</sup>).

Figuur 3-2 laat zien dat de verdeling van het energieverbruik tussen de verschillende onderdelen sterk verschilt per pompstation. Zo is in Son het energieverbruik van de zuivering met 0,01 kWh/m<sup>3</sup> zeer laag (3% van totaal) terwijl Loosdrecht en Helmond juist een zeer hoog energieverbruik kennen van 0,15 kWh/m<sup>3</sup> (38%). Voor distributie loopt de range van 0,13 (33%) kWh/m<sup>3</sup> in Helmond tot 1,07 kWh/m<sup>3</sup> (68%) in OPB de IJzeren kuil.



Figuur 3-2 Aandeel van winning, zuivering en distributie in het totale energieverbruik per productielocatie. Het pompstation met het laagste (absolute) energieverbruik voor winning staat bovenaan. Overige energieverbruik is buiten beschouwing gelaten. (\*\* = exclusief voorzuivering; \*\*\* energieverbruik winning is inclusief voorzuivering en transport oppervlaktewater; distributie voor voorzieningsgebied Amstelveen)

De gegevens kennen een aantal kanttekeningen:

- De steekproef is beperkt tot slechts 12 pompstations.
- De winning OPB IJzeren Kuil heeft een grote invloed op het gemiddelde energieverbruik door het grote hoogteverschil, terwijl ze atypisch is voor de rest van Nederland.
- Overige processen worden niet overal op dezelfde wijze geregistreerd, maar kennen een laag energieverbruik.
- Voor zover bekend is geen rekening gehouden met het energieverbruik van boosterpompen (opjagers) en distributie- en suppletiepompstations in het distributienet.
- De druk waarmee het water de zuivering verlaat richting distributienet verschilt per pompstation. Dit heeft invloed op het energieverbruik van het distributienet. Dit geldt ook voor eventuele opvoerhoogte van de winning naar de zuivering.

Metingen van verschillende pompstations zijn dan ook niet helemaal eenduidig vergelijkbaar.

Het totale energieverbruik van de beschouwde productielocaties is vergelijkbaar met het gemiddelde energieverbruik voor de hele drinkwatersector (zie paragraaf 3.2). Het aandeel winning en zuivering (51%) is echter aanzienlijk lager dan de 77% die eerder is geschat door

Frijns *et al.* (2008). Deze discrepantie komt mede doordat de studie van Frijns *et al.* (2008) ook rekening houdt met oppervlaktewaterwinningen welke verhoudingsgewijs een hoog energieverbruik hebben voor de zuivering.

De bevindingen zijn in lijn met de constatering van Frijns *et al.* 2008 dat drinkwaterproductie uit grondwater grotendeels bestaat uit energie voor het oppompen van water. De cijfers komen ook goed overeen met Duits onderzoek dat 35-40% van het energieverbruik in de drinkwaterproductie (inclusief distributie) voor rekening komt voor (grondwater)winning (Plath, 2010).

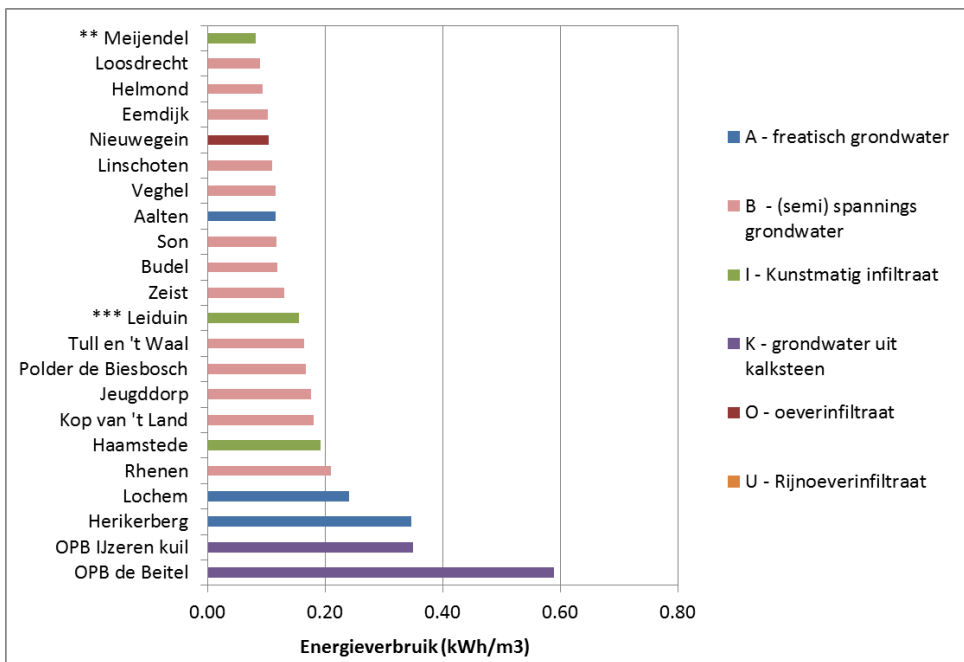
### 3.4 Energieverbruik van winningen

Het energieverbruik van de 20 beschouwde winningen bedraagt gemiddeld 0,18 kWh/m<sup>3</sup>. Bij het overzicht in Figuur 3-3 wordt het volgende opgemerkt:

- Het laagste energieverbruik wordt gerealiseerd op de winning Meijendel. Hier wordt het water vanuit hoger gelegen infiltratiebassins geïnfiltreerd en gewonnen via een zuigpompsysteem. Overigens is het energieverbruik voor de aanvoer en oppompen van water niet meegenomen. De grote diameter van de ruwwaterleidingen draagt mogelijk ook bij aan het lage energieverbruik, ondanks de grote transportafstand.
- Het energieverbruik van de winning Lochem (0,24 kWh/m<sup>3</sup>) en Herikerberg (0,35 kWh/m<sup>3</sup>) is relatief hoog. Beide zijn freatische winningen waar het water een groter hoogteverschil (drukverschil) moet overbruggen tussen put en zuivering.
- De winvelden Kop Van't Land, Polder de Biesbosch en Jeugddorp leveren ruwwater over een afstand naar pompstation Baanhoek waar het water wordt gezuiverd. Het is opvallend dat het energieverbruik ondanks de grote transportafstand van respectievelijk 1,9 km, 5,0 km en 3,4 km lager is dan Baanhoek. Afstand is in dit geval blijkbaar weinig bepalend voor het energieverbruik.
- Het hoogste energieverbruik is geconstateerd de winningen op het Limburgse Heuvelland. Dit komt door het grote drukverschil tussen het grondwater (stijghoogte) en het maaiveld, alsmede het transport van ruwwater van de winlocaties naar de zuivering. Deze winningen hebben een relatief grote invloed op het gemiddeld: het buiten beschouwing laten van beide winningen leidt tot een 18% lager gemiddeld gebruik van 0,18 kWh/m<sup>3</sup>.
- Op enkele winningen van Vitens zijn inmiddels aanzienlijke energiebesparende maatregelen uitgevoerd dan wel voorzien. Deze zijn toegelicht in paragraaf 4.1.

Het gemiddelde energieverbruik op winvelden van 0,18 kWh/m<sup>3</sup> is in theorie voldoende om het water 40 meter wanneer rekening wordt gehouden met een pomp rendement van 60%. Het energieverbruik is dan ook aanzienlijk hoger dan de in hoofdstuk 2 gemaakte theoretische inschatting van 0,10 kWh/m<sup>3</sup> voor een doorsneewinning in Nederland, waarbij was uitgegaan van 20 meter opvoerhoogte.

In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de vraag of er vermijdbare verliezen optreden en wat mogelijkheden zijn om het energieverbruik van winvelden te reduceren.



Figuur 3-3 Energieverbruik in kWh/m<sup>3</sup> per winning. In de grafiek is onderscheid gemaakt naar de ABIKOU-classificatie van een winning (Stuyfzand 1996). Het energieverbruik van Vitens winningen is weergegeven voor energiebesparende maatregelen (zie paragraaf 4.1). (\*\* = exclusief voorzuivering)

## 4 Besparingsmogelijkheden op winvelden (Vitens)

Vitens heeft een scan uitgevoerd naar haar energieverbruik. Hierbij is ook gekeken naar besparingsmogelijkheden op een aantal winvelden. In dit hoofdstuk zijn de werkwijze en resultaten toegelicht.

### 4.1 Werkwijze

De scans zijn uitgevoerd door Paul Niekus en Louis Brussee (beiden Vitens) in samenwerking met pompleveranciers.

Op ieder winveld zijn het vermogen, druk, waterpeil en debiet van de winning doorgemeten. Deze metingen zijn uitgevoerd bij verschillende reguliere bedrijfssituaties c.q. veel voorkomende combinaties van pompen.

Daarnaast zijn de pompen en ruwwaterleidingen ingevoerd in een hydraulisch model van de winning en ruwwaterleidingnet. Deze tool biedt tevens de mogelijkheid om rekening te houden met de afpompings in het watervoerend pakket. Dit model is vervolgens gekalibreerd zodat berekende druk en energieverbruik overeenkomen met de gemeten waarden bij verschillende bedrijfssituaties.

Tot slot is met het model bepaald waar energiebesparingen mogelijk zijn. Discrepancies van het model met de praktijkmetingen kunnen duiden op grote weerstandsverliezen door gebrekkig onderhoud of afgeknepen afsluiters die niet bekend zijn bij de locatieverantwoordelijke of procesoperator.

De energiescan is met name gericht op het rendement van de pomp, schakelschema's en weerstanden van afsluiters en vervuilde leidingen. Dergelijke problemen zijn namelijk relatief eenvoudig en goedkoop te verhelpen. Er is geen rekening gehouden met het aanpassen van de diameter en ligging van ruwwaterleidingen. Dergelijke maatregelen zijn zeer kostbaar en daardoor alleen zinvol bij grootschalige renovatie of nieuwbouw van een pompstation.

### 4.2 Vermijdbare energieverliezen

Figuur 4-1 laat zien dat er aanzienlijke energiebesparingen mogelijk zijn: tot wel 54 procent van het oorspronkelijke energieverbruik. Gemiddeld is 0,04 kWh oftewel 25 procent energiebesparing mogelijk. De bevindingen per winning zijn zeer illustratief en worden in bijlage III toegelicht.

De meest voorkomende oorzaak van vermijdbare energieverliezen zijn pompen met een te hoge opvoerhoogte dan wel te grote capaciteit. Op 7 pompstations wordt de afsluiter in de ruwwaterleiding bewust geknepen om een te hoog debiet naar de zuivering te voorkomen.

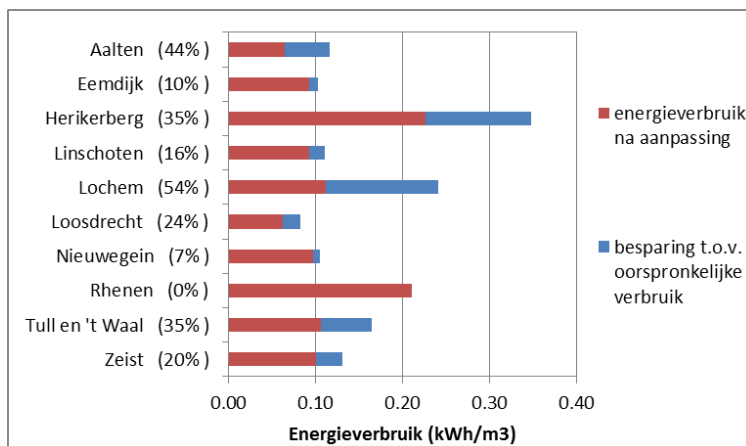
- In 3 van deze 7 gevallen zijn rekenfouten gemaakt in de ontwerpfase (Herikerberg, Lochem, Nieuwegein).
- Bij 3 winningen is het probleem ontstaan na aanpassing van de zuivering (Linschoten, Tull en 't Waal) of verandering van het leveringsgebied (Aalten). Bij het doen van deze aanpassingen is verzuimd om de pompen aan te passen.



- Bij pompstation Loosdrecht zijn bewust te zware pompen ingehangen omdat deze al op voorraad waren in het magazijn. Dit leverde een besparing op de aanschaf van nieuwe pompen maar hierbij is geen rekening gehouden met de totale (energie) kosten gedurende de levenscyclus van de pomp. Deze praktijk overigens kwam ook incidenteel voor op andere winvelden.
- Op Zeist zijn bewust te zware pompen geïnstalleerd om voldoende reservecapaciteit te hebben bij storingen. Tegenwoordig zijn de besturingssystemen veel nauwkeuriger geworden waardoor de kans op watertekorten veel kleiner is. Hierdoor is minder redundantie nodig. Dit geldt overigens voor meerdere winlocaties die Vitens bekijkt.

In 1 geval (Eemdijk) was er sprake van energieverlies door inefficiënte schakelschema's. Alleen op pompstation Rhenen zijn geen besparingsmogelijkheden. Het hoge energieverbruik hier wordt veroorzaakt door de hoge ligging van het pompstation t.o.v. het grondwaterniveau in de put.

Uit de energiescan kwam verder naar voren dat pompen niet aan de specificaties voldoen. Aanvankelijk werd in aanbestedingen ISSO 9906 grade 2 voorgeschreven waarbij het rendement maximaal 3% naar boven en beneden mag afwijken. Recent is besloten om in aanbestedingen de specificaties aan te scherpen zodanig dat pompen geen negatieve afwijking mogen vertonen op het rendement (ISSO 9906 grade 1<sup>e</sup> (2012)).



Figuur 4-1 Overzicht van mogelijke energiebesparing per winveld (bron: energiescan Vitens). De procentuele besparing staat links tussen haakjes aangegeven.

### 4.3 Kostenbesparingen

De mogelijke kostenbesparingen zijn in Tabel 4-1 bepaald door de jaarlijkse onttrekking te vermenigvuldigen met de energiebesparing en een energieprijz van 0,08 €/KwH. Of het financieel aantrekkelijk is om de energiebesparing uit te voeren hangt af van de benodigde investeringskosten. Deze zijn voor een aantal winningen bekend:

- In Nieuwegein duurt het 6 jaar om de benodigde 12 k€ investeringen terug te verdienen.
- In Tull en 't waal bedraagt de terugverdientermijn 4 jaar voor 55 k€ investeringen.

De netto kosten van energiebesparende maatregelen zijn overigens lager wanneer er sowieso vervanging of onderhoud moet plaatsvinden aan onderdelen.

Tabel 4-1 Kostenbesparingen door energiemaatregelen.

Winning	Onttrekking (Mm3/jaar)	Energiebesparing (kWh/m3)	Besparing energiekosten (k€/jaar) **	Investeringskosten (k€)
Aalten	1.2	0.05	5	
Eemdijk	4.6	0.01	4	
Herikerberg	4.0	0.12	39	
Linschoten	8.2	0.02	12	
Lochem	1.8	0.13	18	
Loosdrecht	2.9	0.02	5	
Nieuwegein	2.5	0.01	2	12
Rhenen	1.7	0.00	0	
Tull en 't Waal	3.4	0.06	16	55
Zeist	3.3	0.03	2	

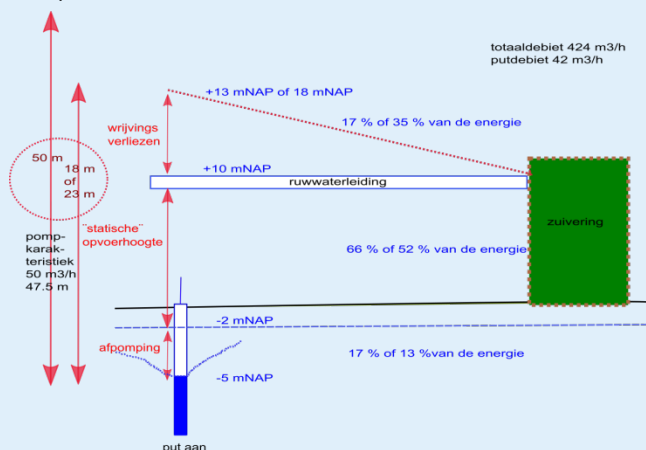
\* Schatting op basis van theoretische berekening \*\* aanname: energiekosten 0,08 €/kWh

#### Intermezzo 4.1:

##### Energieverbruik en besparingsmogelijkheden op pompstation Baanhoek (Evides)

Op pompstation Baanhoek is in 2015 door KWR en Evides een studie uitgevoerd naar de verdeling van het energieverbruik binnen een winveld. Het pompstation bestaat uit 3 winvelden die op circa 3 km onderlinge afstand liggen. Uit het onderzoek komt naar voren dat een groot deel van het elektriciteitsverbruik (40%) veroorzaakt wordt door het knijpen van pompen. In deze winning is bewust gekozen om pompen met een te hoge capaciteit te installeren zodat de winning voldoende nooddrinkwater kan leveren bij uitval van andere winningen.

In onderstaande figuur is aangegeven hoe de rest van het energieverbruik verdeeld is over het pompstation. Wat opvalt zijn de grote wrijvingsverliezen van 17 tot 35% door horizontaal transport via de ruwwaterleiding. Dit heeft ermee te maken dat de zuivering op circa 4 kilometer afstand ligt van de drie verschillende winvelden. Bovendien vond onderhoud plaats aan één van de leidingen gedurende de meetperiode.



Bron: van Doorn *et al.* 2015

## 5 Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Conclusies op basis van de praktijkdata

#### *Aandeel van grondwaterwinning in het totale energieverbruik van waterbedrijven*

Hoewel het totale energieverbruik bekend is, hebben drinkwaterbedrijven doorgaans maar zeer beperkt zicht op het energieaandeel van de individuele componenten. Bij veel productielocaties wordt het energieverbruik van de winning, zuivering en distributie niet afzonderlijk bemeten, of zijn gegevens moeilijk boven water te krijgen.

Voor deze studie is door waterbedrijven gedetailleerde informatie aangeleverd over het energieverbruik van twintig productielocaties voor grondwater. Hieruit blijkt dat drinkwaterbedrijven een aanzienlijke hoeveelheid energie verbruiken voor het winnen van ruwwater, namelijk 0,18 kWh/m<sup>3</sup>. Dit is 32% van het totale energieverbruik. Andere grote posten zijn de zuivering 0,09 kWh/m<sup>3</sup> (19%) en distributie 0,27 kWh/m<sup>3</sup> (48%). Overige processen verbruiken slechts 2%.

#### *Mogelijkheden tot energiebesparing door verbeterd assetmanagement*

Uit een energiescan bij 10 winningen van Vitens blijkt dat gemiddeld 25% energiebesparing op de winningen mogelijk is. Het gebruik van pompen met een te hoge capaciteit c.q. opvoerhoogte is de belangrijkste oorzaak van de vermijdbare energieverliezen.

Extrapolatie van de resultaten van de energiescan bij Vitens betekent dat het economische haalbaar is voor waterbedrijven om circa 8% (= 25% x 32%) van het totale energieverbruik te besparen. De vraag is in hoeverre de bevindingen bij de onderzochte winningen representatief zijn voor alle grondwaterwinningen in Nederland.

### 5.2 Ervaring van andere waterbedrijven: hoe representatief zijn de conclusies?

De resultaten van dit onderzoek zijn op 3 juni 2015 besproken met een groep putexperts van vijf verschillende drinkwaterbedrijven. Uit het overleg kwam naar voren dat ook bij andere waterbedrijven regelmatig pompen met een te hoge capaciteit zijn geïnstalleerd. Dit zowel uit praktische overwegingen, bijvoorbeeld omdat een te grote pomp nog toevallig op voorraad was. Maar ook bewust vanuit het oogpunt van leveringszekerheid bij uitval van andere winningen zoals geïllustreerd in het intermezzo 4.1. Dit kan erop duiden dat de bevindingen voor de 10 beschouwde pompstations van Vitens representatief zijn voor de grondwaterwinningen van andere waterbedrijven in Nederland.

### 5.3 Aanbevelingen

#### *Bestaande winningen*

Bedrijven die een eerste indruk willen krijgen van de mogelijkheden tot energiebesparing op de winning wordt geadviseerd om een aantal eenvoudige controles uit te voeren. Deze controles zijn gericht op de belangrijkste oorzaak van vermijdbare energieverliezen die in dit onderzoek zijn geïdentificeerd:

- Controleer of het debiet wordt geknepen door afsluiters.
- Controleer of de opvoerhoogte en debiet van pompen voldoet aan de ontwerpspecificaties.

Indien het vermoeden bestaat dat er te zware pompen zijn geïnstalleerd, dan kunnen bedrijven een uitgebreider energiescan uitvoeren. De werkwijze staat globaal beschreven in hoofdstuk 4. Aandachtspunten bij de energiescan zijn

- Capaciteit en opvoerhoogte pompen.
- Voorkom wegdrukken van putten door het debiet te verdelen over verschillende strengen.
- Voorkom onderlinge beïnvloeding door geen putten naast elkaar aan te zetten.
- Stem het gebruik van de winning af op de zuivering ter voorkoming dat het debiet naar de zuivering geknepen dient te worden.
- Meet energieverbruik van individuele componenten van een productielocatie apart.

Bedrijven met een vacuümsysteem dienen alert te zijn of er luchtlekken optreden in de leidingen. Dit vergt regelmatige monitoring.

#### *Renovatie/ nieuwe winningen*

De renovatie of aanleg van een nieuwe productielocatie biedt kansen om een winveld energie-efficiënter in te richten. Geadviseerd wordt om in voorkomende gevallen ten minste de benodigde diameter van de ruwwaterleiding en de opvoerhoogte en capaciteit van de pomp opnieuw te berekenen. En erop toe te zien dat de pompen worden geïnstalleerd conform de ontwerpspecificaties.

Bedrijven die voor grootschaliger renovaties van winvelden wordt geadviseerd om verder onderzoek te verrichten naar de kostenefficiëntie (Total Cost of Ownership) van een aantal oplossingsrichtingen om energie te besparen:

*Toepassing van boosterpompen (opjagers) op winvelden:* Boosterpompen hebben namelijk een hoger rendement (>80%) dan onderwaterpompen (circa 60%). WMD heeft om die reden in het verleden één van haar pompstations uitgerust met boosterpompen. De vraag is in welke situaties het hogere rendement van een boosterpomp opweegt tegen de extra investering in winvelden met lange ruwwaterleidingen.

*Toepassing van frequentiegestuurde onderwaterpompen:* Drinkwaterbedrijven installeren regelmatig te zware pompen vanuit het oogpunt van zekerheid of anticiperend op groei. Deze pompen worden vervolgens geknepen. De vraag is of investering in duurdere frequentiegestuurde putten opweegt tegen de reductie in energieverbruik in reguliere situaties zonder pieklevering.

*Energie-efficiënter aansturing van het totale winveld door flexibeler voorraadbeheer in de reinwaterkelder:* In de huidige optiek wordt er direct meer water gewonnen wanneer het waterniveau in de reinwaterkelder beneden een bepaald punt daalt. Mogelijk valt op sommige winningen nog winst te behalen door de buffer van een kelder beter te gebruiken en te accepteren dat de voorraad op piekdagen verder daalt.

*Keuze drinkwaterbronnen:* Om het energieverbruik te optimaliseren kan naast de bestaande winning, ook gekeken worden naar de keuze van drinkwaterbronnen. Diepe winningen en grote transportafstanden vergen veel energie. Hierbij dient een afweging plaats te vinden dat eventuele winst die wordt verkregen door energiebesparingen op winning en transport teniet worden gedaan doordat de bron hogere energiekosten vergt voor zuivering (Hofman-Caris *et al.* 2011; van Leerdam *et al.* 2010).

## 6 Bibliografie

Frijns, J., M. Mulder, J. Roorda (2008). Op weg naar een klimaatneutrale waterketen. STOWA 2008-17, Utrecht ISBN 978-90-5773-411-3.

Hofman-Caris, R., M. de Graaf, K. Roest (2012). De Watercyclus als Energiebron. KWR, Nieuwegein, BTO 2012.027.

Moel, P.J. de, J.Q.J.C. Verberk, J.C. van Dijk (2006). Drinking Water Principles and Practices. World Scientific Publishing Co. Singapore. ISBN 981-256-836-0.

Plath, M., Ludwig, G., Wichmann, K. (2010). DVGW-Information Wasser Nr. 77, Handbuch Energieeffizienz/Energieeinsparung in der Wasserversorgung. Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn.

Stuyfzand, P.J. (1996). Salinization of drinking water in the Netherlands: anamnesis, diagnosis and remediation. SGU Rapporten och Meddelanden 87, Proc. 14th SWIM, 16-21 June 1996, Malmö, Geol. Survey Sweden, Upsala, 168-177.

van der Schans, M.L., A. van Doorn, I. Leunk, K.J. Raat (2015). Kansen en knelpunten in beheer van puttenvelden. KWR, Nieuwegein, BTO 2015.040.

Van Doorn, A., F van Driel, R. Lafort (2015, in prep). Naar een optimaal beheer puttenvelden, uitwerking van 2 pilots. KWR BTO.

van Leerdam, R., K. Roest, M. de Graaff, J. Hofman (2011). De watercyclus als energiebron. Case studies van Nederland, Amstelveen en het Limburgs Heuvelland (Wijlre). KWR 2010.082.

VEWIN (2013). Water in zicht 2012. Bedrijfsvergelijking drinkwatersector. VEWIN.

# Bijlage I Voorbeeldberekening theoretisch energieverbruik winning

Parameter	Variabelen	scenario's leidingeigenschappen				
		Referentie	Leidingdiameter 200 mm	Debiet 200 m3/uur	Wandrutheid 10 mm	
<b>Vloeistof-eigenschappen</b>						
Temp	°C	10	10	10	10	10
dichtheid (ρ)	kg/m3		999.73	999.73	999.73	999.73
Viscositeit	m.Pa/s	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
	m2/s		1.31E-06	1.31E-06	1.31E-06	1.31E-06
<b>Leiding-eigenschappen</b>						
Lengte leiding	m	1000	1000	1000	1000	1000
Diameter	m		0.3	0.2	0.3	0.3
k =	mm	0.2	0.2	0.2	0.2	10
	m		2.00E-04	2.00E-04	2.00E-04	1.00E-02
Local loss-factor ξ	-	5	5	5	5	5
<b>Pomp-eigenschappen</b>						
Pomp efficiency.	%	60%	60%	60%	60%	60%
<b>Energie-eigenschappen</b>						
1 Joule = 1 N.m = 1 kg.m2/s2 = 1Ws						
1 kWh --> 1 nM	factor	3,600,000				
versnelling	m/s2	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81
<b>benodigde capaciteit</b>						
	m3/h	100	100.00	100.00	200.00	100.00
	m3/s		0.0278	0.0278	0.0556	0.0278
<b>Energieverbruik wrijvingsverlies</b>						
werkelijke stroomsnelheid	m/s		0.39	0.88	0.79	0.39
Re =			89970	134955	179940	89970
λ =			0.02	0.02	0.02	0.06
ΔP =	kPa/m		0.01	0.04	0.02	0.02
Wrijvingsweerstand	m/m		0.00	0.00	0.00	0.00
	m		0.54	4.21	2.03	1.54
Local losses	m		0.04	0.20	0.16	0.04
Total losses	m		0.58	4.41	2.19	1.58
pompvermogen	kWh		0.30	2.30	2.28	0.83
	kWh/m3		0.00	0.02	0.01	0.01
<b>Energieverbruik door statisch hoogteverschil + afpomp (voorbeeld: 10 meter)</b>						
volume	m3	1	1	1	1	1
opvoerhoogte	m	10	10	10	10	10
Energie	Nm		98,073	98,073	98,073	98,073
	kWh		0.027	0.027	0.027	0.027
	kWh/m3		0.0272	0.027	0.027	0.027
pompvermogen	kWh/m3		0.05	0.05	0.05	0.05

## Bijlage II Praktijkgegevens energieverbruik per pompstation

ID	Waterbedrijf	Pompstation	Winning		Zuivering		Distributie		Algemeen		Totaal		Meetperiode	Debiet Mm3/jaar	Afstand put zuivering (m)	ABIKOU *
			kWh/m3	%	kWh/m3	%	kWh/m3	%	kWh/m3	%	kWh/m3	%				
1	WML	OPB de Beitel	0.59	61%	0.09	9%	0.295	30%			0.98	100%	KWR 2010.028			K
2	WML	OPB IJzeren kuil	0.35	22%	0.15	10%	1.07	68%			1.57	100%	KWR 2010.028			K
3	Vitens	Herikerberg	0.35										zonder besparing	3.6		A
4	Vitens	Lochem	0.24										zonder besparing	2		A
5	Vitens	Rhenen	0.21	38%	0.06	11%	0.28	51%			0.55	100%		1.4		B
6	Evides	Haamstede	0.19				*				0.39		5 juni 2013 t/m 17 maart	3.5		I
7	Evides	Kop van 't Land	0.18												3390	B
8	Evides	Jeugddorp	0.18												1916	B
9	Evides	Polder de Biesbosch	0.17												4956	B
10	Vitens	Tull en 't Waal	0.16										zonder besparing	3.4		B
11	Waternet	*** Leiduin	0.16	33%	0.16	34%	0.16	33%			0.47	100%	KWR 2010.028			I
12	Vitens	Zeist	0.13	34%	0.11	29%	0.14	37%		0%	0.38	100%		3.9		B
13	Brabant Water	Budel	0.12	25%	0.06	12%	0.29	59%	0.02	4%	0.48	100%	feb tm okt 2014			B
14	Brabant Water	Son	0.12	35%	0.01	3%	0.19	58%	0.01	4%	0.33	100%	jun 2012 tm okt 2014			B
15	Vitens	Aalten	0.12										zonder besparing	1.2		A
16	Brabant Water	Veghel	0.12	30%	0.07	19%	0.19	49%	0.01	3%	0.39	100%	mar 2011 tm okt 2014			B
17	Vitens	Linschoten	0.11													B
18	Vitens	Nieuwegein	0.10										zonder besparing	2.4		O
19	Vitens	Eemdijk	0.10	31%	0.03	9%	0.20	60%			0.33	100%		4.6		B
20	Brabant Water	Helmond	0.09	23%	0.15	38%	0.13	33%	0.02	5%	0.40	100%	jan 2013 tm okt 2014			B
21	Vitens	Loosdrecht	0.09	22%	0.15	38%	0.17	41%		0%	0.41	100%		3.3		B
22	Dunea	** Meijndel	0.08	33%	0.04	14%	0.13	53%		0%	0.25		jan tm maart 2014	44		I
Gemiddelde																
Selectie, met meetdata voor alle onderdelen			0.18	32%	0.09	19%	0.27	48%	0.02	2%	0.53	100%				
Alle pompstation			0.18													

\* niet duidelijk of deze waarde is meegenomen

\*\* excl voorzuivering en inlaat

\*\*\* energieverbruik winning is inclusief voorzuivering en transport oppervlaktewater; distributie voor voorzieningsgebied Amstelveen

A - freatisch grondwater; B - (semi) spannings grondwater; I - Kunstmatig infiltraat; K - grondwater uit kalksteen; O - oeverinfiltraat; U - Rijnoeverinfiltraat

## Bijlage III Samenvatting resultaten Vitens energiescan per winning

Winning	Onttrekking (gebruikt voor berekening) (Mm3/jaar)	Huidig energieverbruik (kWh/m3)	Energieverbruik na aanpassing (kWh/m3)	Energiebesparing (kWh/m3)	Besparing (%)	Besparing energie- kosten (k€/jaar)
Aalten	1.2	0.12	0.06	0.05	44%	5
Eemdijk	4.6	0.10	0.09	0.01	10%	4
Herikerberg	4.0	0.35	0.23	0.12	35%	39
Linschoten	8.2	0.11	0.09	0.02	16%	12
Lochem	1.8	0.24	0.11	0.13	54%	18
Loosdrecht	2.9	0.08	0.06	0.02	24%	5
Nieuwegein	2.5	0.10	0.10	0.01	7%	2
Rhenen	1.7	0.21	0.21	0.00	0%	0
Tull en 't Waal	3.4	0.16	0.11	0.06	35%	16
Zeist	3.3	0.13	0.10	0.03	20%	2

### *Aalten*

De pompen op Aalten hebben teveel opvoerhoogte. Uit berekeningen blijkt dat 44% energiebesparing mogelijk is door oude pompen te vervangen door nieuwe. Het berekende energieverbruik lijkt te kloppen met praktijkmetingen na vervanging van de pompen.

De overcapaciteit van de pompen is ontstaan door verandering van het leveringsgebied.

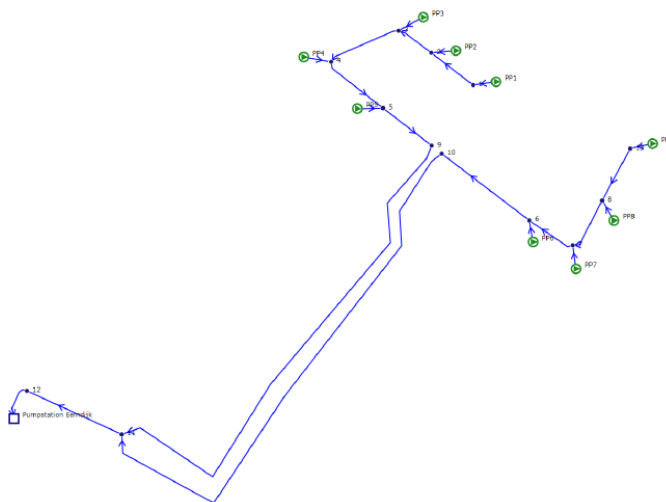
### *Eemdijk*

De zuivering van Eemdijk bestaat uit vier filters met ieder een capaciteit van 260 m3/uur. De capaciteit van de putten is 180 m3/uur. Bij gebruik van 1 filter worden 2 putten aangezet en een regelafsluiter voor de filters regelt de toevoer. Dit schema wordt gekopieerd bij het bijschakelen filters. Wanneer 2 filters aanstaan draaien 4 pompen in geknepen toestand. Bij gebruik van 3 of 4 zuiveringsfilters draaien 6 of 8 pompen in geknepen toestand.

Inmiddels wordt 10% bespaard door aanpassingen in het schakelschema waardoor minder geknepen hoeft te worden. Dezelfde capaciteit van 500 m3/uur die nodig is voor 2 zuiveringsfilters kan namelijk ook gehaald worden met 3 putten, die nauwelijks geknepen hoeven worden..

Het probleem is ontstaan doordat het schakelschema van de pompen niet is aangepast op de capaciteit van de zuivering





Figuur 6-1 Schematisatie van winveld Eemdijk

### Herikerberg

De opvoerhoogte van de pompen was te groot. Op basis van nieuwe berekeningen is bepaald welke pompen nodig zijn. De pompen zijn nog niet besteld, maar uit berekeningen blijkt dat een energiebesparing van 35% haalbaar is.

De verkeerde pompen zijn geïnstalleerd na een foutief berekende opvoerhoogte in de ontwerpfase.

### Linschoten

Op pompstation Linschoten werd het water onttrokken door 8 putten en vervolgens met een flowregeling geknepen. De flowregeling verdeelt het ruwwater over 2 zuiveringsfilters en knijpt de stroom omdat er anders teveel water wordt onttrokken. In 2014 is een besparing gerealiseerd van 16% door de pompen uit te rusten met een kleinere motorcapaciteit zodat er niet meer hoeft te worden geknepen.

Het probleem is in 2004 ontstaan toen bij de overstap naar een nieuwe zuivering onvoldoende aandacht is geschonken aan het puttenveld. Doordat de nieuwe zuivering meer druk vroeg dan de oude, leverde de 7 pompen waarmee oorspronkelijk werd gewonnen net niet genoeg water meer. Daarom werd een 8<sup>e</sup> pomp ingezet waarbij met de flowregelaar is geknepen. Dit leidde tot een hoger energieverbruik en slijtage.

Overigens was er voor 2004 ook al sprake van energie-inefficiëntie. De 7 pompen draaiden destijds op een debiet van 136 m<sup>3</sup>/uur, terwijl het optimale werkpunt op 120 m<sup>3</sup>/uur zit.

### Lochem

In Lochem zijn de putten uitgerust met te zware pompen. Uit berekeningen blijkt dat een besparing van maar liefst 54% haalbaar is door de pompen te vervangen met een juiste opvoerhoogte.

De verkeerde pompen zijn het gevolg van een foutief berekende opvoerhoogte in de ontwerpfase.

### *Loosdrecht*

De ruwwaterleiding van Loosdrecht was vervuild. Daarnaast werden de afsluiters van de pompen bewust geknepen om te hoge debieten te voorkomen. Besparingen van 24% zijn haalbaar door de pompen te vervangen zodat deze in hun een optimale werkpunt zitten bij de meest voorkomende bedrijfssituatie en er niet geknepen hoeft te worden.

Om investeringskosten te besparen is in het verleden gekozen om pompen uit voorraad te gebruiken (in plaats van nieuwe aan te schaffen) en het debiet vervolgens te knijpen met afsluiters. Mogelijk was men onvoldoende bewust van de hogere exploitatiekosten.

### *Nieuwegein*

In Nieuwegein heeft een nieuwbouwproject plaatsgevonden. De opvoerhoogte is daarbij opnieuw berekend en op basis daarvan worden pompen van 70 m<sup>3</sup>/uur bij 21 mwk gebruikt in plaats van 70 m<sup>3</sup>/uur bij 23 mwk. Dit levert een energiebesparing van 7%.

Bij de aanleg is oorspronkelijk gekozen voor de goedkoopste pompen. Hierbij is onvoldoende rekening gehouden met het slechtere rendement en het navenant hogere energieverbruik en exploitatiekosten.

### *Rhenen*

Het hoge energieverbruik van de winning Rhenen wordt veroorzaakt door het grote hoogteverschil tussen de zuiveringsstation en de freatische grondwaterstand. Er zijn geen besparingsmogelijkheden.

Het hoogteverschil heeft te maken met de ligging van het pompstation boven op de Utrechtse Heuvelrug en is dus een direct gevolg van de locatiekeuze.

### *Tull en 't Waal*

De pompen op Tull en 't Waal hadden een te hoge opvoerhoogte van 35,6 mwk bij een debiet van 100 m<sup>3</sup>/uur. Uit berekeningen blijkt dat 35% energiebesparing mogelijk is door vervanging van de pompen met een debiet van 90 m<sup>3</sup>/h en een opvoerhoogte van 23 mwk.

De verkeerde opvoerhoogte is ontstaan tijdens de ontwerpfase. Wijzigingen in de ontwerphoogte van de zuivering zijn niet vertaald naar de pompen op het winveld.

### *Zeist*

De pompen in Zeist draaien niet op hun optimale werkpunt door overdimensionering hierdoor behalen ze niet hun maximale rendement. Bij vervanging van de pompen met de juiste capaciteit is een energiebesparing mogelijk van ca 20%.

De hogere pompdebieten zijn een keuze uit het verleden waarbij met name is gelet op voldoende overcapaciteit in geval van storingen. Tegenwoordig zijn de besturingssystemen veel nauwkeuriger geworden waardoor de kans op watertekorten veel kleiner is. Hierdoor is minder redundantie nodig. Dit geldt overigens voor veel winlocaties die Vitens bekijkt,