

# Ontwerpdigrammen voor energie uit oppervlaktewater

Hoe kan oppervlaktewater benut worden voor verwarming en koeling van een gebouw? Daarover gaat het onderzoeksrapport 'Energie uit oppervlaktewater' [1] dat afgelopen zomer is uitgebracht door de NVOE met financiële ondersteuning van TVVL. In dit artikel wordt toegelicht hoe dit onderzoeksrapport moet worden gebruikt om het energiepotentieel van een vijver of sloot te bepalen.

Ir. A.K. (Kundert) de Wit, adviesmedewerker DWA; dr. ir. C.J. (Kees) Wisse, adviseur DWA

Gebruik van energie uit oppervlaktewater is een 'hot item' voor projecten waarbij duurzame energie belangrijk is. Door gebruik van warmte of koude uit het water kan onbalans bij warmte-/koudeopslag worden vermeden en/of zeer duurzame verwarming en koeling worden geleverd. Naast het energetische aspect is oppervlaktewater ook om andere redenen aantrekkelijk als duurzaamheidsfactor in de gebouwde omgeving. Denk bijvoorbeeld aan extra ruimte voor waterberging, een mooi uitzicht en het dempen van stedelijke opwarming.

Er is momenteel nog betrekkelijk weinig ervaring met het gebruik van watersystemen in gebouwinstallaties. De NVOE heeft daarom opdracht gegeven om een onderzoeksrapport op te stellen. In opdracht van de NVOE en TVVL heeft DWA vereenvoudigde ontwerpdigrammen opgesteld om oppervlaktewater te gebruiken voor het regenereren van ondergrondse energieopslagsystemen. Het betreft diagrammen om in het eerste stadium van het ontwerpproces een richtlijn voor het benodigde wateroppervlak te verkrijgen. Daarnaast heeft Van Harlingen Grondwater Management onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden en beperkingen die de wet- en regelgeving oplegt voor het lozen en/of onttrekken van energie aan oppervlaktewater. AMIC Installation consultancy heeft aangegeven welke technieken en materialen beschik-

baar zijn om oppervlaktewater te kunnen gebruiken voor energiewinning. Deze laatste twee onderdelen worden in dit artikel niet nader behandeld.

## ■ TYPE WATERSYSTEMEN

In het onderzoeksrapport wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende watersystemen:

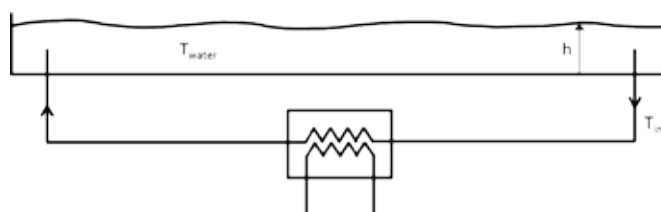
1. watersystemen met een vaste stroomrichting;
2. watersystemen met een wisselende stroomrichting;
3. watersystemen met een onbekende stroomrichting.

Bij watersystemen met een vaste stroomrichting wordt onderscheid gemaakt tussen watersystemen met en zonder recirculatie. Dit zijn watersystemen zoals sloten en vijvers waarbij de stroming geforceerd wordt door het regeneratiesysteem en het water wordt gerecirculeerd. Er vindt dus kortsluiting plaats tussen het innamepunt en het lozingspunt van het oppervlaktewater (zie figuur 1). Voor dit type watersysteem worden in het onder-

zoeksrapport ontwerpdigrammen gegeven. Het model dat ten grondslag ligt aan de ontwerp-digrammen is in eerdere publicaties gepresenteerd [2, 3] en wordt verder beschreven in het genoemde onderzoeksrapport [1]. Het betreft een 1D-model waarbij gelaagdheid niet wordt meegenomen. Voor de andere type watersystemen zijn geavanceerde rekenmodellen nodig. Dit is het geval als er sterke gelaagdheid optreedt en/of 3D-effecten een rol spelen. Deze geavanceerdere rekenmodellen vallen buiten de scope van het onderzoeksrapport. Wel wordt globaal aangegeven wanneer er geavanceerde modellen nodig zijn en waar deze te vinden zijn.

## ■ INSTALLATIECONCEPTEN

Naast de verschillende watersystemen wordt een aantal voorbeelden van installatieconcepten met oppervlaktewater gegeven. Hierbij is aangesloten op de ISSO-publicaties die met warmte-/koudeopslag te maken hebben. De mogelijkheden die beschreven worden om energie-uitwisseling met oppervlaktewater te gebruiken in een gebouwinstallatie zijn:



-Figuur 1-  
Watersysteem met  
vaste stroomrichting  
en recirculatie

| Nr. | Aantal warmtewisselaars | Temperatuurverlies over de warmtewisselaar(s) | Starttemperatuur laden van de koude bron | Temperatuur van de warme bron | Temperatuur die het water moet hebben om koude te kunnen laden |
|-----|-------------------------|---|--|-------------------------------|--|
| 1   | 1                       | 1,5 °C  | 7 °C                                     | 16 °C                         | 5,5 °C   |
| 2   | 1                       | 1,5 °C  | 7 °C                                     | 12 °C                         | 5,5 °C   |
| 3   | 2                       | 3 °C  | 7 °C                                     | 16 °C                         | 4 °C   |
| 4   | 2                       | 3 °C  | 7 °C                                     | 12 °C                         | 4 °C   |

-Tabel 1- Aannamen voor de systeemconfiguratie voor koude laden

- realiseren van de energiebalans in het bodemenergiesysteem;
  - koude laden,
  - warmte laden,
- direct gebruik van koude in het gebouw (vrije koeling);
- condensorkoeling van de warmtepomp.

Een belangrijk aandachtspunt bij het installatieconcept is dat de hydraulische inpassing in het totaalconcept van invloed is op de opbrengst. De energetische opbrengst is namelijk afhankelijk van:

- temperatuurniveaus die het oppervlaktewater in en uit gaan;
- onttrekkings- en injectietemperaturen van het bronnensysteem.

De relatie tussen de onttrekkings- en injectietemperaturen van het bronnensysteem en het oppervlaktewater wordt sterk bepaald door de temperatuursprong over de warmtewisselaars tussen het oppervlaktewater en het bronnensysteem. Door een grotere temperatuursprong is er een lagere temperatuur van het oppervlaktewater nodig om gebouw- en bronzijdig het vereiste temperatuurniveau te kunnen leveren (in geval van koude laden). Een grotere temperatuursprong zorgt dus voor een lagere energieopbrengst voor regeneratiedoelinden. De temperatuursprong wordt bepaald door het type en het aantal warmtewisselaars. Door een uitgekiend ontwerp kan de temperatuursprong over de warmtewisselaars worden verkleind. Dit is een afweging tussen kosten en energieopbrengst.

In de installatieconcepten die in het onderzoeksrapport behandeld worden, is er in de meest gunstige situatie sprake van één warmtewisselaar; in de 'worst case'-situatie zijn dat er twee (zie tabel 1). Een extra warmtewisselaar betekent een grotere temperatuursprong en zorgt dus voor een lagere energieopbrengst voor regeneratiedoelinden. Een voordeel van een extra warmtewisselaar kan zijn dat er vrije koeling of lage-temperatuurwarmte voor de warmtepomp geleverd kan worden. De 'prijs' die hiervoor betaald wordt is een lagere energieopbrengst.

## ONTWERPDIAGRAMMEN

De ontwerpdiagrammen voor de energieop-

brengring die in het onderzoeksrapport gegeven worden zijn bedoeld om in het eerste stadium van het ontwerpproces een richtlijn voor het benodigde wateroppervlak te verkrijgen. Verderop in het ontwerpproces kan het bevoegd gezag uitgebreidere berekeningen eisen om aan te tonen dat aan de gestelde eisen voldaan kan worden. De ontwerpdiagrammen zijn opgesteld voor zowel één als twee warmtewisselaars en voor verschillende temperatuurniveaus van het bronnensysteem. Voor de ontwerpdiagrammen is uitgegaan van de temperatuursprong tussen het oppervlaktewater en het bronnensysteem van 1,5 K (een warmtewisselaar) en 3 K (twee warmtewisselaars).

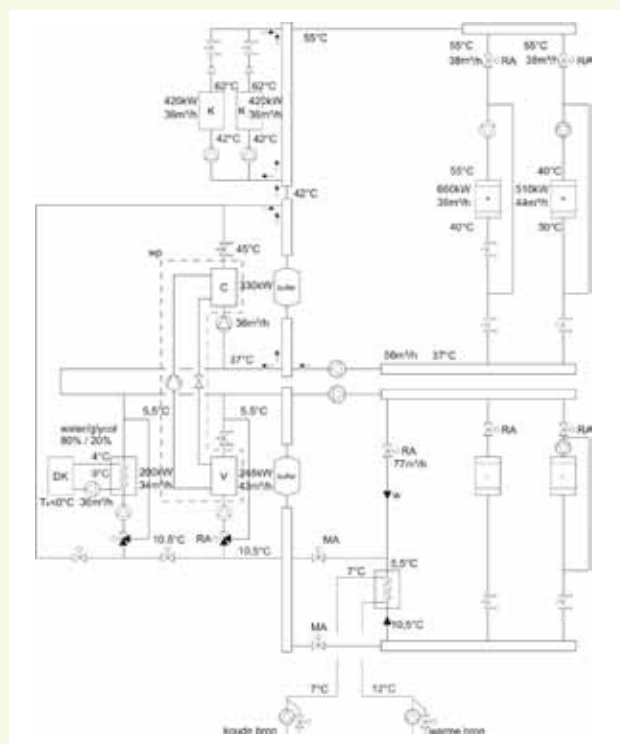
## MIDDELINGSPERIODE

In de wetgeving is niet vastgelegd wat de middelingsperiode van de stijging van de watertemperatuur moet zijn. Daarom is in de grafiek met de maximale temperatuurstijging (zie bovenste grafiek in figuur 3) ook de temperatuurstijging weergegeven als er gemiddeld wordt over een maand. Uurlijkse middeling of middeling over 24 uur levert nagenoeg dezelfde resultaten op en zijn hier weergegeven als één curve. Bij middeling over

een periode van één maand is de temperatuurstijging beduidend lager. Bij handhaving van een gelijk criterium van bijvoorbeeld 3 K, kan er dan meer energie gewonnen worden. De diagrammen geven de ontwerper de gelegenheid in overleg met het bevoegd gezag de uitwerking van het criterium vast te stellen. De diagrammen maken de invloed op de energieopbrengst inzichtelijk.

## VOORBEELDEN

Om het gebruik van ontwerpdiagrammen voor het bepalen van het energiepotentieel van een watersysteem te illustreren worden twee voorbeelden gegeven. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het voorbeeld in ISSO 81 (warmtepompen - H6). In figuur 2 is het hydraulisch schema weergegeven voor de installaties van een kantoorgebouw van 20.000 m<sup>2</sup>. Om het bodemenergiesysteem in balans te brengen is er 489 MWh koude nodig. Links onderin figuur 2 zijn de dimensies voor een droge koeler te vinden. In voorbeeld 1 wordt bepaald welke dimensies het oppervlaktewater moet hebben om deze hoeveelheid koude te laden. In voorbeeld 2 wordt bij gegeven afmetingen van een waterlichaam bepaald hoeveel koude er geladen kan worden. Het in voorbeeld 1 en



-Figuur 2- Dimensionering installaties wintersituatie [bron: ISSO-publicatie 81]; eenheid °C

2 genoemde debiet is het debiet voor de droge koeler in het principeschema. Dit betekent dat het debiet voor de bronnen de som is van het debiet van de warmtepomp en het oppervlaktewater.

### Voorbeeld 1

#### Energiebehoefte is bekend

Om het bodemenergiesysteem in balans te brengen is er 489 MWh koude nodig. Uit het principeschema in figuur 2 blijkt dat er sprake is van twee warmtewisselaars en een koude- en warme-brontemperatuur van respectievelijk 7 en 12°C. In dit geval is dus 'ontwerpdigram voor koude laden; 2 TSA, Tkb = 7°C, Twb = 12°C' uit bijlage B van het onderzoeksrapport van toepassing (zie figuur 3).

Voor de diepte van het waterlichaam wordt een gemiddelde van 0,6 m gekozen. Uit de grafiek met de maximale temperatuurstijging (zie bovenste grafiek in figuur 3) volgt de waarde van het circulatievoud (0,021). Uit de grafiek met het energiepotentieel (zie onderste grafiek in figuur 3) volgt dat er ±105 kWh/m<sup>2</sup> beschikbaar is bij een diepte van 0,6 meter. Hieruit volgt dat de benodigde hoeveelheid energie beschikbaar is bij een oppervlakte van (489.000/105 =) 4.660 m<sup>2</sup>. Met het circulatievoud en het volume van het waterlichaam kan het maximaal toelaatbare debiet worden uitgerekend. De vergelijking hiervoor is:

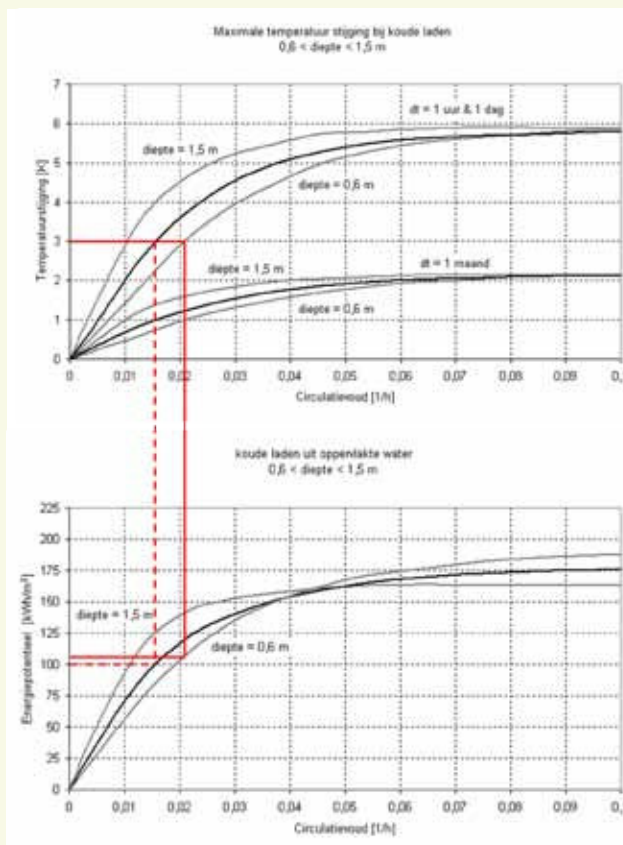
$$q_{\text{pomp}} = l \cdot b \cdot d \cdot \text{circulatievoud}$$

Hieruit volgt dat het maximale debiet (4660 \* 0,6 \* 0,021 =) 59 m<sup>3</sup>/h bedraagt. Wanneer de mogelijkheid voor vrije koeling weggelaten wordt is het oppervlaktewater slechts met één TSA verbonden met het bronnensysteem. Hierdoor is er meer energie beschikbaar voor koude laden en kan er met een lager debiet en/of een kleiner oppervlakte volstaan worden. In tabel 2 zijn de resultaten weergegeven voor de in tabel 1 gedefinieerde systemen. In het onderzoeksrapport zijn de ontwerpdigrammen te vinden die bij deze situaties horen.

### Voorbeeld 2

#### Dimensies van het waterlichaam zijn bekend

Stel nu dat er een waterlichaam aanwezig is waarvan de afmetingen l x b x d = 100 x 40 x 1 m bedragen. De vraag is wat de maximaal beschikbare hoeveelheid energie is om het bodemenergie-systeem van figuur 2 in balans te brengen. Uit de grafiek met de maximale temperatuurstijging (zie bovenste grafiek in figuur 3) volgt de waarde van het circulatievoud (0,015). Hieruit volgt dat het debiet maximaal 60 m<sup>3</sup>/h mag bedragen. Uit de grafiek met het energiepotentieel (zie onder-



-Figuur 3- Ontwerpdigram voor koude laden; 2 TSA, Tkb = 7°C, Twb = 12°C. De dichte rode lijn hoort bij voorbeeld 1, de gestreepte rode lijn hoort bij voorbeeld 2 [1]

| Nr. | Benodigd oppervlak            | Maximaal debiet      |
|-----|-------------------------------|----------------------|
| 1   | 3260 m <sup>2</sup> (16% BVO) | 35 m <sup>3</sup> /h |
| 2   | 3370 m <sup>2</sup> (17% BVO) | 25 m <sup>3</sup> /h |
| 3   | 4080 m <sup>2</sup> (20% BVO) | 35 m <sup>3</sup> /h |
| 4   | 4660 m <sup>2</sup> (23% BVO) | 59 m <sup>3</sup> /h |

-Tabel 2- Resultaten voor de verschillende systeemconfiguraties voor koude laden

ste grafiek in figuur 3) volgt dat er 100 kWh/m<sup>2</sup> beschikbaar is bij een diepte van 1 meter. Hieruit volgt dat het energiepotentieel voor dit waterlichaam 400 MWh bedraagt. In vergelijking met voorbeeld 1 zorgt de extra diepte niet voor meer energieopbrengst. De oorzaak ligt daarin, dat het diepere water 's nachts minder afkoelt dan het water dichterbij het oppervlak. Hierdoor is er minder energie beschikbaar voor koude laden. Stel nu dat het bevoegd gezag een gemiddelde temperatuurstijging over een maand van 1,5 K toestaat. In dat geval is er in voorbeeld 2 een circulatievoud van 0,03 toegestaan en is de maximale energieopbrengst 140 kWh/m<sup>2</sup> (in plaats van 100 kWh/m<sup>2</sup>). Het kan dus lonend zijn om hier met bevoegd gezag over in conclaaf te gaan.

### CONCLUSIE

Dit artikel over het gebruik van de ontwerpdigrammen in het NVOE-onderzoeksrapport 'Energie uit oppervlaktewater' laat zien hoe deze ontwerpdigrammen gebruikt kunnen worden om in het eerste stadium van het ontwerpproces een richtlijn voor het benodigde wateroppervlak te verkrijgen. Samenvattend kan gesteld worden dat:

- er verschillende installatieconcepten voor de inpassing van oppervlaktewater mogelijk zijn, waarbij de temperatuursprong tussen het oppervlaktewater en de eindbestemming van de warmte of koude van cruciaal belang is voor de energieopbrengst;
- de maximaal toegestane stijging van de watertemperatuur de beperkende factor is voor het opwarmen en/of afkoelen van oppervlaktewater;
- de ontwerpdigrammen voor verschillende installatieconcepten eenvoudig en snel inzicht geven in de energieopbrengst van oppervlaktewater;
- er afhankelijk van het type watersysteem geavanceerde simulatie nodig blijft.

### LITERATUUR

1. NVOE, Energie uit oppervlaktewater, juli 2011
2. Wisse, C.J., oppervlaktewater voor een duurzame gebouwde omgeving, TVVL Magazine 02, 2010
3. Aparicio Medrano, E., Wisse, C.J., Uittenbogaard, R., Energy capture using urban surface water: modelling and in-situ measurements, Building simulation 2009, 2009