

# Thermische interferentie: effecten zijn beperkt

## Bodemenergiesystemen kunnen dicht bij elkaar

**Op drukke bodemenergie-locaties wordt gevreesd voor rendementsverliezen vanwege negatieve thermische interferentie. Maar is die angst gegrond? Voor dit artikel zijn de energiestromen van twee interfererende systemen doorgerekend, van bodem tot gebouw.**

Door: Henk de Jonge, Marc Koenders en Bas de Zwart

### Over de auteurs:

Henk de Jonge, geohydroloog bij IF Technology  
Marc Koenders, senior adviseur bij IF Technology  
Bas de Zwart, senior adviseur bij IF Technology

### INLEIDING

Per 1 juli 2013 bestaat in de nieuwe AMvB Bodemenergie de mogelijkheid om interferentiegebieden aan te wijzen. Ook is negatieve interferentie dan niet meer toegestaan. Twee studies uit 2010 en 2012 wijzen er voorzichtig op dat het rendementsverlies bij open systemen meevalt (Calje<sup>1</sup> en MMB<sup>2</sup>). Voor dit artikel zijn uitgebreide berekeningen gemaakt om de invloed van interferentie beter in beeld te brengen.

### OPZET ONDERZOEK

In 2011 zijn in Rotterdam een ziekenhuis en een school met een open bodemenergiesysteem uitgerust. Beide systemen liggen dicht bij elkaar. De afstand tussen de warme en koude bronnen is circa tweemaal de thermische straal. De thermische straal is de afstand in het watervoerende pakket tot waar de temperatuur beïnvloed wordt. Een afstand van driemaal de thermische straal

‘Het verbaasde ons dat het effect van de interferentie zo gering is’

wordt op dit moment als ontwerpnorm gehanteerd (NVOE-richtlijnen<sup>3</sup>). In dit artikel wordt driemaal de thermische straal de normafstand genoemd. Gezien de geringe onderlinge afstand verwachtte de provincie dat tussen deze projecten negatieve interferentie zou optreden. Modelberekeningen lieten echter zien dat de interferentie beperkt was. De provincie kon daarom een vergunning voor beide systemen verlenen.

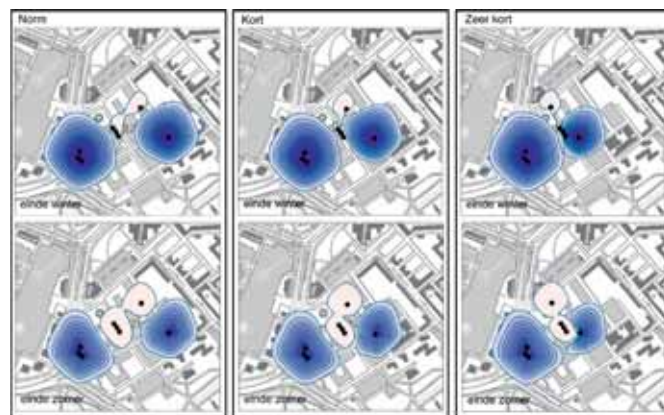
Het verbaasde ons dat de interferentie zo gering was. Daarom hebben we voor dit artikel aanvullende berekeningen gedaan.

Hierbij is de afstand tussen de warme bronnen van het ziekenhuis en de koude bron van de school gevarieerd:

- Normafstand: driemaal thermisch (conform de NVOE-richtlijnen)
- Korte afstand: tweemaal thermisch (uiteindelijk vergunde situatie)
- Zeer korte afstand: eenmaal thermisch (extreme situatie)

Er is gerekend met een gemiddelde infiltratietemperatuur in de warme bronnen van 14°C en in de koude bronnen van 7°C. Door het aannemen van deze temperaturen wordt de beoogde energiehoeveelheid geleverd en zijn beide systemen energetisch in balans. In figuur 1 zijn de berekende temperaturen aan het einde van het winter- en zomerseizoen voor de drie scenario's weergegeven na een periode van 20 jaar.

Dit onderzoek is gebaseerd op twee bestaande systemen met elk hun eigen kenmerken. We hebben niet de invloed van alle parameters onderzocht. Denk hierbij aan heterogeniteit van de bodem, grondwatersnelheid, energieonbalans, rendement van de warmtepomp, etc.



FIGUUR 1: BEREKENDE TEMPERATUREN IN HET OPSLAGPAKKET AAN HET EINDE VAN HET WINTER- EN ZOMERSEIZOEN NA 20 JAAR ENERGIEOPSLAG.

### RESULTATEN

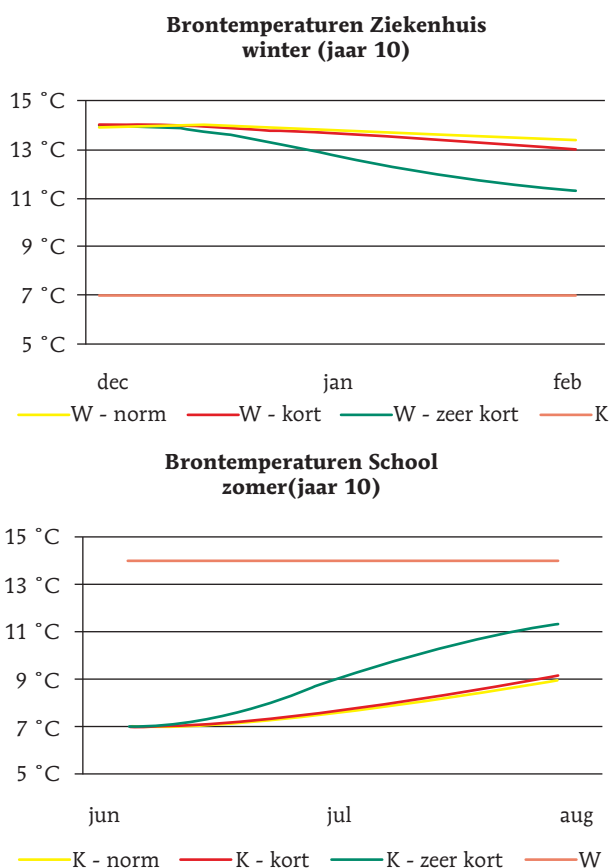
In de figuren is thermische interferentie in de bodem duidelijk waarneembaar. Bij een zeer korte afstand tussen de systemen (figuren uiterst rechts) reiken de thermische effecten tot aan de bron(nen) van het andere systeem. De vraag is echter wat deze

interferentie voor invloed heeft op het totale rendement van de systemen. Om dit te bepalen zijn de energiekosten en de CO<sub>2</sub> emissiereducties van de drie scenario's berekend. De effecten zijn gemiddelde waarden over een periode van 20 jaar.

Uitgangspunt voor de berekeningen zijn de energieverliezen in de bodem als gevolg van de interferentie. Interferentie leidt in dit geval tot een versnelde afname van de temperaturen in de warme bronnen van het ziekenhuis, en een versnelde toename van de temperatuur in de koude bron van de school. Hoe korter de afstand tussen de warme en koude bronnen van beide systemen, hoe groter dit effect is.

#### ONTTREKKINGSTEMPERATUUR

In de berekeningen gaan we ervan uit dat het warmte- en koudeverlies als gevolg van de interferentie wordt aangevuld met conventionele energie: een gasgestookte ketel voor het aanvullen van extra warmte, en een elektrische koelmachine voor het aanvullen van het tekort aan koude (zie kader). In figuur 2 is het temperatuurverloop in de bronnen weergegeven.



FIGUUR 2: BEREKENDE TEMPERATUREN IN DE BRONNEN.

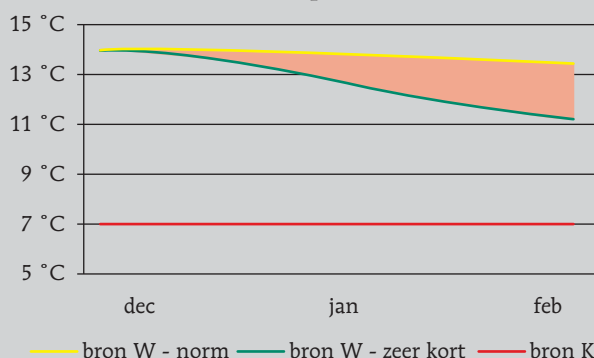
In figuur 2 is te zien dat de gemiddelde onttrekkingstemperatuur van de warme bronnen van het ziekenhuis afneemt naarmate de afstand tussen de beide systemen afneemt. Dit effect is andersom ook duidelijk zichtbaar bij de koude bron van de school. Het is opvallend dat het effect tussen de normafstand en de korte afstand nauwelijks invloed heeft op de onttrekkingstemperaturen. Bij een zeer korte afstand tussen de systemen zijn afwijkingen in de onttrekkingstemperaturen wel duidelijk zichtbaar.

#### CO<sub>2</sub> REDUCTIE EN ENERGIEKOSTEN

Figuur 3 laat de invloed op de CO<sub>2</sub> reductie en de energiekosten zien. Bij het ziekenhuis is er bij de zeer korte afstand sprake van een warmteverlies in de bodem van gemiddeld 17 procent, ten opzichte van de normafstand. Hierdoor wordt de bijdrage van de

#### Energieverlies door interferentie

##### Brontemperaturen winter



In bovenstaand figuur is het effect zichtbaar van de warmteverliezen als gevolg van interferentie. De blauwe lijn is de onttrekkingstemperatuur uit de warme bron bij de normafstand. Bij de zeer korte bronafstand neemt de onttrekkingstemperatuur van de warme bron sneller af (groene lijn). De paarse lijn is de infiltratietemperatuur in de koude bron. Het oppervlak tussen de onttrekkingstemperatuur (blauw of groen) en de infiltratietemperatuur (paars) is de hoeveelheid duurzame warmte die aan de bodem wordt onttrokken. Het rode vlak is het warmteverlies als gevolg van interferentie. In de berekeningen wordt dit warmteverlies op conventionele wijze aangevuld (cv-ketel). Duidelijk is te zien dat de hoeveelheid duurzame warmte (83%) ondanks de interferentie significant groter blijft dan de hoeveelheid conventionele warmte (17%). Daarom zijn de effecten van interferentie relatief beperkt.

warmtepomp minder en wordt de bijdrage van een gasgestookte ketel groter. Het gevolg is dat de jaarlijkse energiekosten zo'n 9 procent toenemen. Het effect op de CO<sub>2</sub> reductie is zeer beperkt: minder dan 2 procent. Dat komt doordat:

- de bijdrage van de warmtepomp nog steeds groot is, namelijk 83 procent van de warmtevraag;
- het grootste aandeel van de CO<sub>2</sub> reductie behaald wordt door de koudelevering en niet door de warmtelevering.

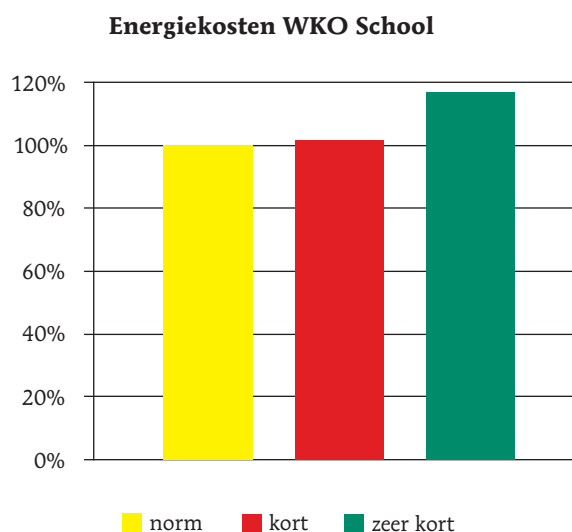
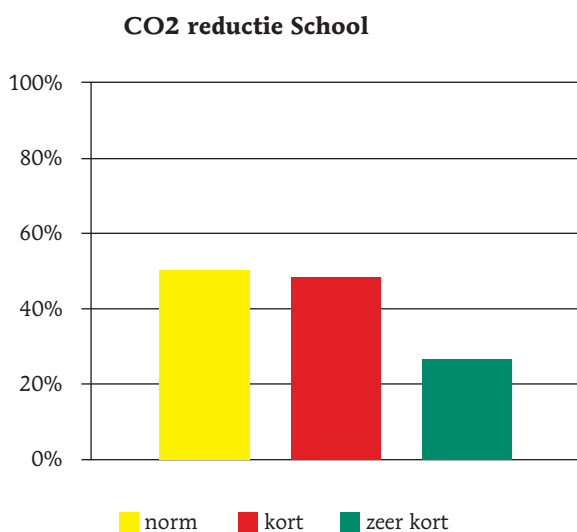
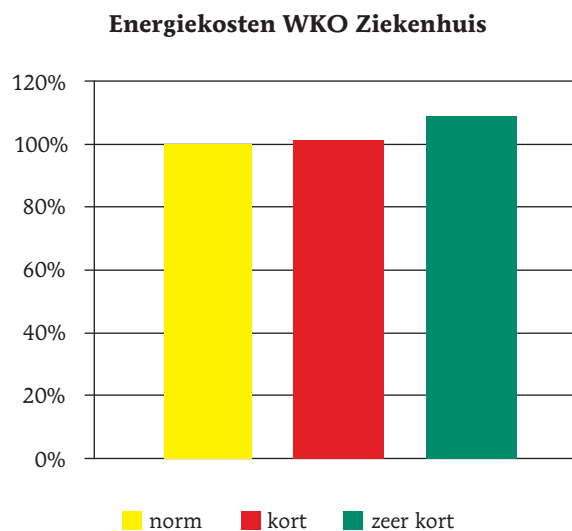
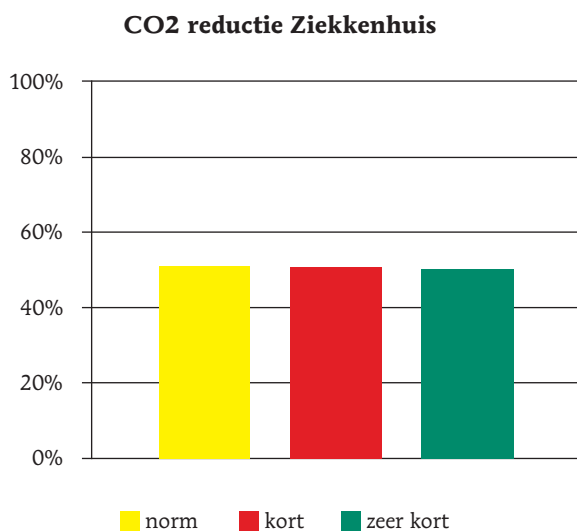
Zowel bij de korte afstand als bij de zeer korte afstand is het effect op de energiekosten en CO<sub>2</sub> reductie voor het ziekenhuis beperkt.

Voor de school is het effect bij de zeer korte afstand groter. De energiekosten nemen met 17 procent toe en de CO<sub>2</sub> reductie is 46 procent lager. Dat komt doordat de koude bron wordt opgewarmd door interferentie van de warme bronnen van het ziekenhuis. Aangezien met koudelevering een energiebesparing wordt

'De huidige normen voor bronafstanden zijn aan herziening toe'

gerealiseerd van circa 90 procent ten opzichte van een elektrische koelmachine, resulteert opwarming van de koude bron snel tot een lagere energieprestatie. Figuur 3 laat zien dat de korte afstand nog niet leidt tot grote effecten en daarmee acceptabel is.

Een andere mogelijkheid om het warmte- en koudeverlies te compenseren is meer grondwater verpompen. Met name wanneer de beïnvloeding van de temperatuur beperkt is (korte af-



FIGUUR 3: BEREKENDE CO<sub>2</sub> REDUCTIE EN ENERGIEKOSTEN.

stand), zal dit voor de school en het ziekenhuis nagenoeg geen invloed hebben op de CO<sub>2</sub> reductie en de energiekosten: minder dan 1 procent.

#### CONCLUSIES

De invloed van interferentie tussen koude en warme bronnen is kleiner dan wij hadden verwacht. Bij een bronafstand groter dan tweemaal de thermische straal is er vrijwel geen negatief effect, zowel wat kosten als CO<sub>2</sub>-reductie betreft. Bij een zeer korte afstand van eenmaal de thermische straal kunnen de thermische verliezen snel oplopen en daarmee onacceptabel worden.

Interferentie van de koude bel zorgt voor een groter rendementsverlies dan interferentie van de warme bel. Bescherming van de koude bel heeft daarom de grootste prioriteit. Opwarming van de koude bron dient zo veel mogelijk voorkomen te worden.

#### DISCUSSIE

Er lijken goede argumenten te bestaan om koude en warme bronnen dicht bij elkaar te plaatsen dan nu wordt aangenomen. Wij bevelen aan om te kijken of de NVOE-richtlijnen aangepast kunnen worden aan dit nieuwe inzicht. Een positief neveneffect is dat hierdoor meer systemen per oppervlakte-eenheid kunnen worden gerealiseerd.

Per 1 juli 2013 wordt de AMvB van kracht. Vanaf dat moment is negatieve interferentie niet toegestaan. Op basis van onze bevindingen is een strikte toepassing van dit verbod niet noodzakelijk,

en zelfs contraproductief. De bodem blijkt robuust te zijn en kan een grote mate van interferentie opvangen, zonder dat dit leidt tot significante rendementsverliezen.

Het is daarbij van belang dat de mate van interferentie wordt bepaald aan de hand van het effect op de totale installatie, en niet alleen op het bodemsysteem. De extra exploitatiekosten en/of de verminderde CO<sub>2</sub>-emissiereductie zijn hiervoor geschikte parameters.

De resultaten van ons onderzoek betreffen een specifiek project. Aanvullend onderzoek in de bredere zin is noodzakelijk. In zo'n onderzoek dienen de normen voor de bronafstand, en de wijze van interferentieberekening, in detail worden bepaald. In het vervolgonderzoek kunnen ook de relevante parameters worden meegenomen die nu niet zijn onderzocht.

De nieuwe normering en bepalingsmethoden kunnen in eerste instantie worden opgenomen in de zogenaamde BUM's voor bodemenergiesystemen. Hierdoor toetsen gemeenten en provincies eenduidig. In een later stadium kan de tekst in de AMvB Bodemenergie worden aangepast, zodat er een landelijke verankering plaatsvindt.

#### LITERATUUR

1. R. Caljé, 2010, Future use of Aquifer Thermal Energy Storage below the historic centre of Amsterdam, afstudeerrapport TU Delft.
2. Meer Met Bodemenergie, 2012, Rapport 7 - Interferentie.
3. NVOE, 2006, NVOE-richtlijnen ondergrondse energieopslag.