

Auteurs dr.ir. B. (Basar) Bozkaya, prof.ir. (Wim) W. Zeiler – TU Eindhoven

Het optimaliseren van de energiebalans bij aquifersystemen

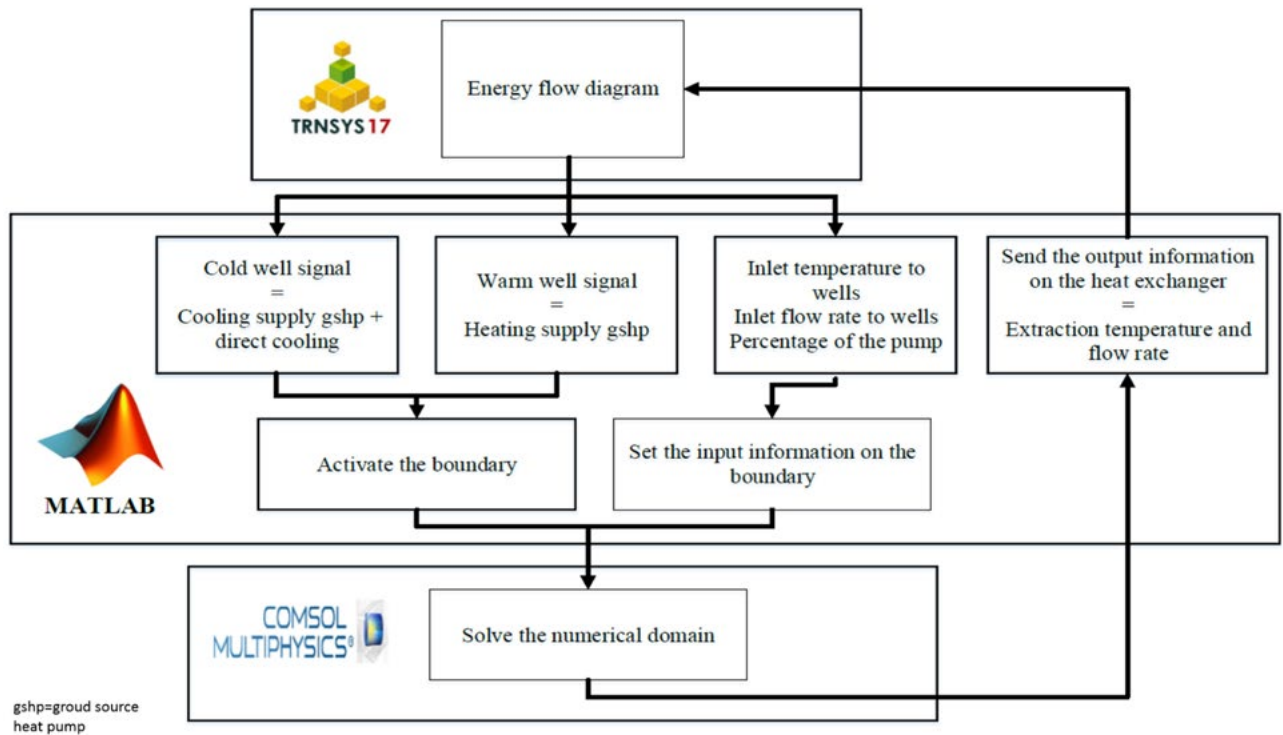
In de gebouwde omgeving vormt de benodigde hoeveelheid verwarmings- en koelenergie het grootste deel van de totale energievraag [RVO 2019]. Het is belangrijk om de nog steeds groeiende energievraag in de gebouwde omgeving duurzaam en kosteneffectief te verminderen. Dit is nodig om de doelstellingen van het Parijs-akkoord te halen en de opwarming van de aarde te beperken. Thermische energieopslag in aquifersystemen zijn potentiële oplossingen vanwege de energiezuinige opslag van natuurlijk geleverde koude en warmte-energie. Dit in het bijzonder in Nederland waar de ondergrondse omstandigheden meestal geschikt zijn voor energiezuinige opslag in watervoerende bodemlagen. Maar helaas werken de meeste aquifersystemen in de praktijk echter niet in overeenstemming met de prestatieverwachtingen.

In 2014 heeft de Technische Universiteit Eindhoven het initiatief genomen tot het Impuls project 'Smart Energy Systems' [TU/e 2014]. Impuls was een innovatieve methode om meer onderzoek mogelijk te maken op de overkoepelende onderzoeksthema's Health, Smart Mobility en Energy. Dit heeft geresulteerd in de samenwerking tussen de TU/e, BAM techniek, Opleidings- en ontwikkelingsfonds voor het Technisch Installatie Bedrijf ('OTIB') en Stichting Promotie Installatietechniek ('PIT'). Zo was het mogelijk om de problematiek van het niet optimaal functioneren van aquifersystemen te onderzoeken en te kijken naar optimalere regelstrategieën.

Een aquifersysteem wordt meestal ontworpen met behulp van een eenvoudige benadering, die het systeem beschouwt als een koude- of warmtebron met een constante watertoevoer temperatuur. De temperatuur binnen de opslag is echter niet constant. Er zijn immers warmteverliezen naar de omgeving. Bovendien hangt de totale hoeveelheid opgeslagen warmte sterk af van het evenwicht tussen de vraag van het gebouw naar koeling en verwarming. Dit leidt tot veranderingen in de bron temperatuur na verloop van tijd. Het thermische evenwicht van de bronnen over meerdere jaren is belangrijk om de effecten op de leefomgeving beperkt te houden.

Aquifersystemen worden vaak toegepast bij gebouwen met een hoge koelvraag. Daarom zijn de meeste systemen blootgesteld aan een door koeling gedomineerde belasting. Hierbij kan het tekort aan koude worden gecompenseerd door het toepassen van (indirecte) adiabatische koeling, een luchtbehandelingskast, nachtventilatie of een warmtepomp. Het bereiken van een thermische balans geeft de gebruiker echter extra energiekosten doordat de extra gewenste koude moet worden opgewekt. Daarom moet de aquifer op een kostenefficiënte en energiezuinige manier worden geregeld. Om dit mogelijk te maken is een geïntegreerd model van installaties en gebouw gemaakt om het de invloed van thermische onbalans op de prestaties van de aquifer te bepalen. Dit om het effect te bepalen van nieuwe regelstrategieën om door middel van energie-efficiënt gebruik van een luchtbehandelingsunit in combinatie met warmtepomp een thermische balans te bereiken binnen het aquifersysteem.

Er is een thermisch dynamisch aquifermodel ontwikkeld dat de warmte-uitwisseling van een gebouw weergeeft met de aquifer. Dit model integreert de aquifer met de installaties en het gebouw. Met een simulatieplatform bestaande uit MATLAB (MATrix LABoratory), TRNSYS



Figuur 1: De Co-simulatie opzet tussen TRNSYS, MATLAB en COMSOL

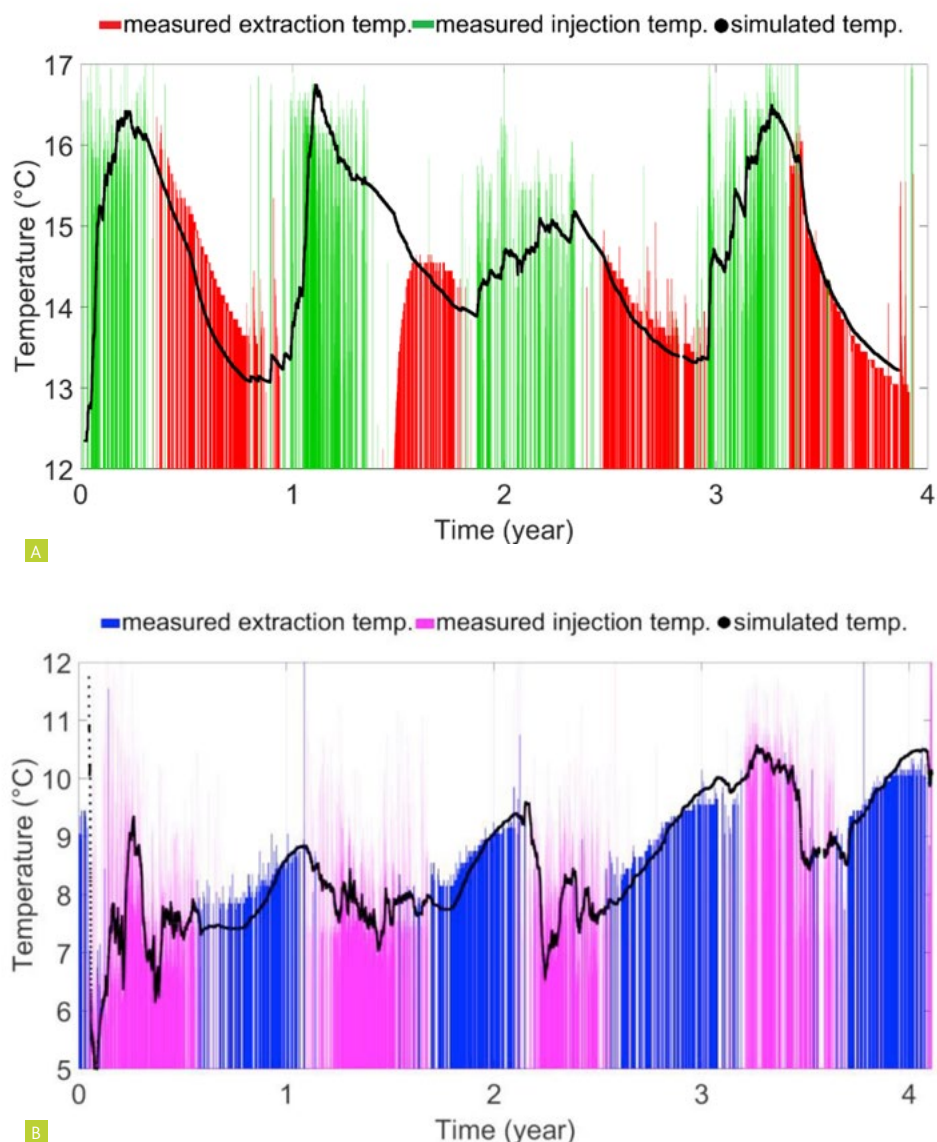
(Transient system Simulation) en COMSOL (multi physics modeling software) zijn de effecten van verschillende mogelijkheden van het herstel van de thermische onbalans op de totale energiestructuur van een aquifersysteem onderzocht, zie figuur 1. TRNSYS is gebruikt voor de simulatie van de totale energie stromen. MATLAB voor het simuleren van de regeling van de aquifer. COMSOL is gebruikt voor de simulatie van de dynamische warmte overdrachtsprocessen van de aquifer in de grond.

Door de koppeling van de verschillende simulatiepakketten met ieder hun eigen model is het mogelijk om het totale systeem met al zijn interacties weer te geven. In co-simulatie worden de verschillende subsystemen, die samen een gekoppeld totaal systeem vormen, op een gedistribueerde manier gemodelleerd en gesimuleerd. Het modelleren wordt gedaan op het subsystemeniveau zonder een directe koppeling te hebben met het totale systeem. De gekoppelde simulatie wordt uitgevoerd door de subsystemen op een black-box manier. Tijdens de simulatie wisselen de subsystemen gegevens uit. Co-simulatie bewijst zijn voordeel in de validatie van multidomein en complexe systemen door het mogelijk

maken van een flexibele oplossing voor de behandeling van meerdere domeinen met verschillende tijdstappen, op hetzelfde moment. Aangezien de berekeningsbelasting wordt gedeeld tussen deelsimulaties, maakt co-simulatie de grootschalige systeembeoordeling mogelijk. Het ontwikkelde co-simulatie model werd gevalideerd met meetgegevens, zie figuur 2.

De energiebalans in de grond kan worden hersteld met regeneratie met behulp van de warmtepomp, maar dat gaat gepaard met een relatief hoog energiegebruik. Een luchtbehandelingskast kan ook worden gebruikt voor het herstel van de energiebalans, door die te laten werken in de directe compensatie (DC)-modus. In de DC-mode wordt de overtollige warmte van de aquifer afgevoerd met omgevingslucht bij omstandigheden lager dan 4 °C. Directe compensatie-regeling van de luchtbehandelingskast kan de energiestructuur van het systeem met maximaal 16% verbeteren. Nachtventilatie is een alternatieve oplossing voor het herstel van de energiebalans bij een door de koeling-gedomineerde gebouwbelasting. Het gebruik van nachtventilatie zorgt ervoor dat de koelvraag die wordt geleverd door de aquifer afneemt en helpt zo bij het bereiken van een thermisch evenwicht. Nachtverlaging is een veelbelovende oplossing voor de compensatie van thermische onbalans en kan het primaire energiegebruik met tot wel 26% verlagen.

Figuur 2a en 2b: Validatie studie van de warme bron en koude bron



Conclusies

Het gekoppelde model voor het aquifersysteem en de installaties van het gebouw heeft aangetoond dat er potentie is voor energie-efficiency verbetering bij het omgaan met de dynamiek van gebouw, aquifer en omgeving. Dit is afhankelijk van de energiebalans van het gebouw en zijn interne belasting. Het is mogelijk om de regeling te optimaliseren op basis van de

algehele energieprestatie van het aquifersysteem, de installaties en het gebouw. De co-simulatie methode is geschikt om de invloed van verschillende regelstrategieën bij een thermisch ongebalanceerde gebouwbelasting op de energieprestaties van een aquifersysteem. Hiermee is een regelstrategie te vinden die zorgt voor de optimale energiebalans bij een minimum gebruik van elektrische energie. Meer informatie is te vinden in de onderstaande publicaties.

Referenties

1. TU/e Impuls, 2014, <https://www.tue.nl/tue-campus/ontmoeten-samenwerken/samen-investeren-in-onderzoek/>
2. RVO, 2019, Monitor Energiebesparing Gebouwde Omgeving 2018, <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/12/monitor-energiebesparing-gebouwde-omgeving-2018.pdf>
3. Bozkaya B., Li R., Labeodan T., Kramer R. P., Zeiler W., 2017, Development and evaluation of a building integrated aquifer thermal storage model, *Applied Thermal Engineering*. 126: 620-629.
4. Bozkaya B., Li R., Zeiler W., 2018, A dynamic building and aquifer co-simulation method for thermal imbalance investigation, *Applied Thermal Engineering*. 144: 681-694.
5. Bozkaya B., Zeiler W. 2019, The effectiveness of night ventilation for the thermal balance of an aquifer thermal energy storage, *Applied Thermal Engineering*. 146: 90-202.
6. Bozkaya B., 2019, Optimization of an aquifer thermal energy storage system through integrated modelling of aquifer, HVAC systems and building, PhD thesis, TU Eindhoven, <https://research.tue.nl/en/publications/optimization-of-an-aquifer-thermal-energy-storage-system-through->
7. Bozkaya B., Zeiler W., 2020, The energy efficient use of an air handling unit for balancing anaquifer thermal energy storage system, *Renewable Energy* 146: 1932-1942