

Aan de huidige energietarieven loopt de energiefactuur aardig op en iedereen voelt er de gevolgen van. Het loont dan ook de moeite om de hernieuwbare of duurzame energiezuinige alternatieven onder de loep te nemen, waarbij we automatisch denken aan windmolens, biomassa- of waterkrachtcentrales en fotovoltaïsche zonnecellen. Deze hebben vooral tot doel hernieuwbare of groene elektriciteit op te wekken. Er zijn echter ook heel wat opties om groene warmte of koude te leveren. Geo-energie biedt deze mogelijkheid en wat meer is, aan de hedendaagse energieprijzen betekent geo-energie eveneens een economisch haalbaar alternatief.

**Bert Lemmens, Johan Desmedt,
Hans Hoes, Koen De Klerck**



Bodem geeft geheimen prijs

De term "geo-energie" behelst alle technologieën die gebruik maken van de bodem voor energetisch gebruik. Globaal maakt men het onderscheid tussen ondiepe en diepe systemen. De diepe systemen zijn vooral gekend als "geothermie". Men maakt dan gebruik van de oplopende bodemtemperatuur bij grotere dieptes. In België vertegenwoordigt elke honderd meter dieper een temperatuurstijging van 2°C. Bij een natuurlijke én constante temperatuur van 12°C op 50m diepte kan men op die manier berekenen hoe diep men moet gaan om interessante temperaturen te vinden. Doel van deze technologie is om op grote dieptes hoge-temperatuurswarmte (>120°C) te onttrekken voor elektriciteitsproductie (hoog-enthalpische toepassingen) of medium-temperatuurswarmte (<120°C) voor directe verwarming (laag-enthalpische toepassingen) (zie *figuur 1*).

De ondiepe systemen (beperkt tot op een diepte van 200 m) kunnen we nog onderverdelen in drie grote groepen: bodem-luchtwarmtewisselaars, warmteonttrekkingssystemen en energieopslagsystemen. Bodemluchtwarmtewisselaars onderscheiden zich door het gebruik van lucht als energietransportmedium. De ventilatie-inrichting zuigt verse buitenlucht aan door een ondergronds ingegraven luchtkanaal, met voorconditionering van de verse lucht tot gevolg (voorverwarming in de winter, voorcooling in de zomer). De warmteonttrekkingssystemen maken gebruik van de natuurlijke en constante temperatuur in de ondergrond (12 °C op 50 m diepte) en worden veelal gekoppeld aan een warmtepomp. Tot deze groep behoren de grondgekoppelde warmtepompen die sterke opgang maken in de particuliere woningbouw. Maar de bodem blijkt ook goede eigenschappen te bezitten om



thermische energie op te slaan, in die mate zelfs dat seizoensgebonden of seizoenoverschrijdende opslag technisch en economisch mogelijk wordt.

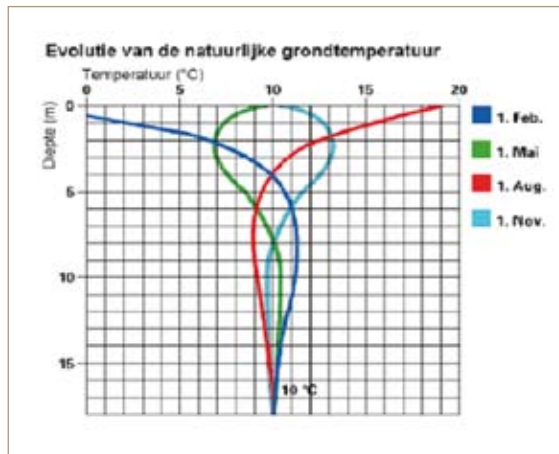
De bodem als thermos

De eerste opslagtechniek, KWO of Koude-Warmte Opslag, is bij het brede publiek vrij goed gekend. In wezen wordt de energie opgeslagen in 2 bronnen die geboord zijn tot in een aquifer (ondergrondse watervoerende laag). Afhankelijk van de energievraag zal er grondwater circuleren vanuit de warme/koude bron over een gebouwzijdige warmtewisselaar naar de koude resp. warme bron. De wijze van energie-uitwisseling maken dat dergelijk systeem enkel toegepast kan worden mits

grondwater op een economisch haalbare diepte en aan een voldoende groot debiet verpompt kan worden. De Belgische geologische structuur maakt dat KWO vooral zijn toepassing kent in de Kempen. Deze beperkende factor vormt het grootste nadeel van deze techniek. Om ondergrondse energieopslag overal toegankelijk te maken, is er dus nood aan een alternatief voor KWO dat in vrijwel alle geologische en geohydrologische omstandigheden toegepast kan worden (*zie figuur 2*).

Boorgat-energieopslag, kortweg BEO, kent praktisch geen geologische beperkingen en vormt bijgevolg een volwaardig, ecologisch en rendabel alternatief voor KWO. Een BEO-veld bestaat uit een hydraulisch gesloten circuit dat opgebouwd is uit verticale warmtewisselaars die in boorgaten aangebracht zijn. Deze warmtewisselaars staan in voor de energie-uitwisseling met

Figuur 1: Constante bodemtemperatuur

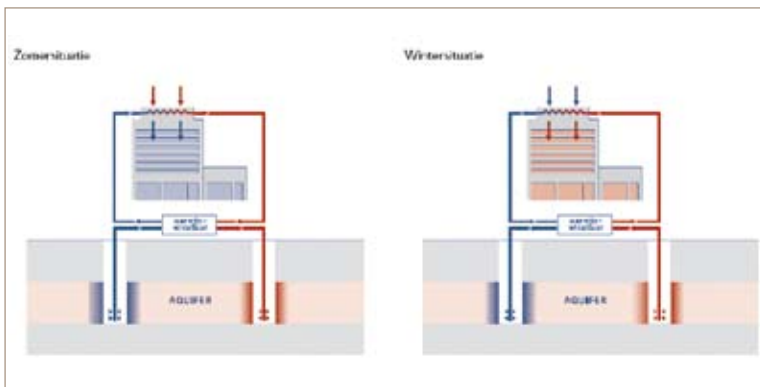


Randvoorwaarden en beperkingen

Net zoals alle andere duurzame technologieën kan het besparingspotentieel van een grondgekoppelde warmtepomp met BEO-veld maar ten volle gevaloriseerd worden mits voldaan wordt aan een aantal randvoorwaarden en beperkingen.

Een eerste uitermate belangrijke beperking houdt verband met het gebouwzijdig afgiftesysteem. De installatie van een warmtepomp met BEO-veld levert warmte op lage en koude op hoge temperatuur. De ontwerper van de binneninstallatie dient hiermee rekening te houden bij de dimensionering van het afgiftesysteem. Richtwaardes zijn daarbij een maximale aanvoertemperatuur van 45 °C voor verwarming en minimaal 14 °C voor koeling.

Ook praktisch kent de toepassing van een BEO-veld een aantal beperkingen. De aanleg van een BEO-veld dient praktisch haalbaar te zijn, gelet op beschikbare ruimte, afstemming met bouwwerkzaamheden, tijdsplanning... De aanleg van een BEO-veld maakt een goede synergie tussen de verschillende aannemers (BEO, grondwerken, ruwbouw, technieken...) in ieder geval noodzakelijk (zie figuur 3).



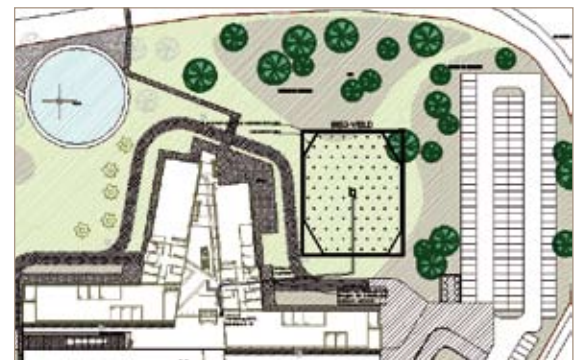
Figuur 2: KWO

de bodem opdat deze thermisch geactiveerd wordt. Bij langdurige warmteonttrekking uit de ondergrond zal er koude opgebouwd worden, die in de zomer de koudevraag vanuit het gebouw kan dekken. In het koel-seizoen zal het BEO-veld dus koude leveren en mits correcte dimensionering zal op het einde van het koel-seizoen de ondergrondse temperatuur terug toegenomen zijn. Dit evenwicht is absoluut noodzakelijk gezien onbalans zal leiden tot een aanzienlijke reductie van de rendementen en de dekkingsgraad van het innovatief systeem.

Warmtepomp met de voeten in de grond

Veelal worden deze ondiepe geothermische systemen gekoppeld aan een warmtepomp. Deze staat in voor de warmtelevering in de winter waarbij er warmte uit de ondergrond onttrokken wordt. Deze warmteonttrekking gaat gepaard met een opbouw aan koude (koude laden), welke in de zomer gebruikt kan worden om direct, zonder tussenkomst van een koelmachine, aan het gebouw te leveren (vrije koeling).

Gezien de koppeling met de ondergrond en de aldaar heersende temperatuur, schommelt het seizoensrendement (SPF of Seasonal Performance Factor) van de grondgekoppelde warmtepomp rond 4,5. Maar de grote winst situeert zich alleszins in de zomer, waar dankzij de vrije koeling seizoensrendementen van 20 geen uitzondering zijn.



Figuur 3: Inplanting

De ontwerper van het BEO-veld dient eveneens de geologische beïnvloeding in rekening te brengen. Grote grondwateronttrekkingen, grondwaterstromingen, de aanwezigheid van KWO-systemen of BEO-systemen in de naaste omgeving hebben ook een niet te verwaarlozen invloed op de prestaties van het BEO-veld.

Integratie in totaal concept

Het ontwerp van een opslagsysteem zoals BEO vraagt extra aandacht. Zowel onder- als overdimensionering zal immers leiden tot een gebrekkige installatie die de verwachtingen absoluut niet kan inlossen. Om dus te starten met een ontwerp, dienen de beschikbare randvoorwaarden dus nauwkeurig bepaald te worden. Om de thermische bodemkarakteristiek met voldoende precisie te kunnen bepalen, dient er een thermische responstest uitgevoerd te worden (zie kadertekst TRT-test).

De volgende stap in het ontwerp is het uitvoeren van een gebouw- en systemsimulatie. Opslagsystemen van die aard en omvang kunnen enkel aan de hand van dynamische simulatie correct gedimensioneerd worden.

Deze laten toe om verschillende scenario's door te rekenen om zo te komen tot een integraal energieconcept met het BEO-veld, de warmtepomp en de overige installatiecomponenten (additionele ketel, koelmachine,...). Indien er een evenwicht bestaat tussen de warmte- en koudevraag, is een monovalent systeem het overwegen waard. Maar meestal is een hybride concept de meest aangewezen optie, waarbij er een additionele ketel en/of koelmachine voorzien wordt.

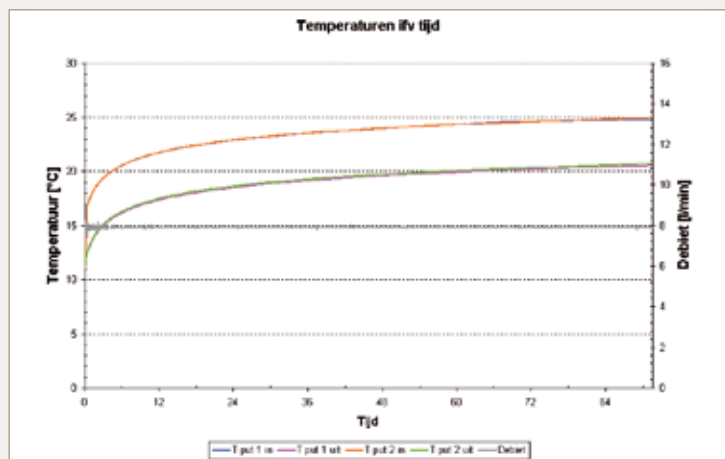
Brug tussen theorie en praktijk

Voor een nieuwbouw kantoorgebouw (totaal: 650 personen, 15.000 m²) heeft VITO in samenwerking met Studiebureau De Klerck Engineering een BEO-veld ontworpen met 90 verticale wisselaars op een diepte van 125 m. Het BEO-veld staat in voor de koeling die zoveel mogelijk via vrije koeling geleverd wordt, terwijl de warmtepomp samen met het BEO-veld instaat voor de verwarming.

- De installatie van een grondgekoppelde WP met BEO-veld kan 78% van de jaarlijkse warmtevraag van het kantoorgebouw dekken. De resterende 22% wordt gedekt door de aardgasketels die hierdoor kleiner kunnen gedimensioneerd worden dan in de situatie zonder WP en BEO-veld.
- Het BEO-veld staat in voor 41% van de gevraagde jaarlijkse koudehoeveelheid onder de vorm van vrij koeling'. Het BEO-veld en de WP tezamen staan in voor 86% van de jaarlijkse koudehoeveelheid van het kantoorgebouw. De rest (14%) wordt door een koelmachine voorzien die veel kleiner kan gedimensioneerd worden dan in de referentiesituatie.
- De jaarlijkse exploitatiekostenbesparing bedraagt € 25.000 per jaar wat neerkomt op een eenvoudige terugverdientijd van 9 jaar en dit zonder subsidiesteun.
- Door het integreren van het BEO-veld en WP komt de globale SPF voor het aanreiken van koude op 6. Dit komt doordat het BEO-veld koude levert aan een SPF van 44.
- De besparing op de CO₂-emissie komt neer op 128 ton per jaar.

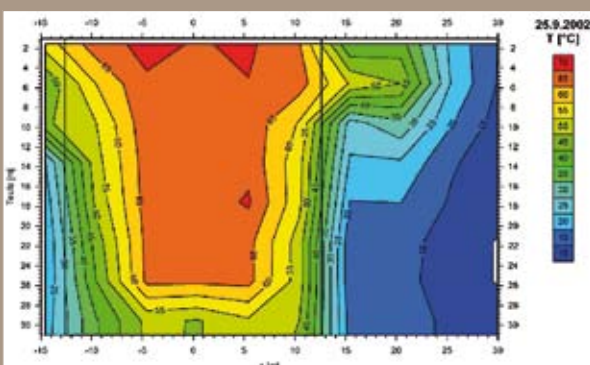
TRT-test

Een deugdelijk ontwerp kan maar opgesteld worden indien de thermische bodemkarakteristiek ter plekke nauwkeurig gekend is. De impact op het rendement van het systeem is van die aard dat een inschatting van deze parameters niet het gewenste detailniveau garandeert. Een meting van deze karakteristieken dringt zich op. De belangrijkste parameters zijn de warmtegeleidingcoëfficiënt van de bodem, λ uitgedrukt in W/m. K, en de thermische weerstand van het gemaakte boorgat, R_b uitgedrukt in K/(W/m). De geothermische respons test of Thermal Respons Test maakt het mogelijk om deze parameters op een nauwkeurige manier in situ te bepalen. Hierbij wordt op locatie een proefboring uitgevoerd, waarin een warmtewisselaar ingebouwd wordt. Via deze warmtewisselaar wordt er warmte in de bodem geïnjecteerd ahv een stapresponsie gedurende een periode van minimaal 48 uur. Een logger registreert de in- en uitgaande temperaturen in de warmtewisselaar, alsook het debiet. Met behulp van de line-source theorie kunnen de thermische parameters van de bodem zeer nauwkeurig berekend worden (zie figuur 4).



Figuur 4: TRT

Om deze bepaling te vergemakkelijken heeft VITO een testopstelling ontwikkeld waarmee een geothermische respons test kan uitgevoerd worden. De opstelling, bestaande uit hydraulisch circuit, een regelsysteem en een datalogger, is gemonteerd in een aanhangwagen wat het mogelijk maakt de tests in-situ uit te voeren.



Figuur 5: TESSAS

wordt via een afstandsverwarmingsnet in eerste instantie aangewend om een aantal omringende kantoorgebouwen te verwarmen en indien nodig opgeslagen in het HTO-veld. Op het moment dat de warmtevraag vanuit de gebouwen de warmtelevering van het afstandsnet overtreft, kan er uit de HTO warmte onttrokken worden (zie figuur 5).

TESSAS - Hoge Temperatuur Opslag

Een BEO-veld kent, behalve de toepassing met een grondgekoppelde warmtepomp, nog andere valorisatiemogelijkheden. Behalve seizoensgebonden koude-opslag kan een BEO-veld ook dienst doen als hoge temperatuur opslagveld (HTO). Hoge temperatuurwarmte, afkomstig van vb. een WKK, een zonnecentrale of restwarmte vanuit een productieproces, kan ook ondergronds gebufferd worden om dan op een andere tijdstip terug te onttrekken, dit aan vrij hoge rendementen. In het proefproject TESSAS – een hoge temperatuur opslagveld van 144 wisselaars op 30 m diepte – te VITO in Mol werden de mogelijkheden van hoge temperatuur opslag bemeaten. De warmte afkomstig van de nabij gelegen elektriciteitscentrale

BEO in de praktijk.



Referenties

1. S. Gehlin, 2002, Thermal Response Test, Method Development and Evaluation, Doctoral Thesis, Lulea University of Technology, Zweden.
2. J. Desmedt en H. Hoes, 2005, Haalbaarheidstudie naar het gebruik van een warmtepomp met ondergrondse energieopslag voor het kantoorgebouw X te X (vertrouwelijk rapport).
3. B. Lemmens, J. Desmedt en H. Hoes, 2006, Technische omschrijving voor de installatie van verticale bodemwarmtewisselaars en een warmtepomp voor het kantoorgebouw van X te X (vertrouwelijk rapport).
4. Hoes H. (2004). TESSAS High temperature thermal energy storage in saturated sand layers with vertical heat exchangers, VITO, Mol.

De auteurs

Hans HOES is werkzaam bij VITO in het expertisecentrum Energietechnologie waarbinnen hij onderzoek verricht naar de mogelijkheden van thermische energie-opslag in de bodem. Dit heeft onder andere geleid tot de introductie van koude-warmteopslag en boorgat-energieopslag in Vlaanderen.

E-mail: hans.hoes@vito.be

Johan DESMEDT is werkzaam bij VITO in het expertisecentrum Energietechnologie waarbinnen hij onderzoek verricht naar de mogelijkheden van thermische energie-opslag in de bodem en betrokken is bij onderzoeks- en veldtestprojecten op het vlak van thermische energiesystemen.

E-mail: johan.desmedt@vito.be

Bert LEMMENS is als onderzoeker ondergrondse energieopslag bij VITO belast met het opstellen van werkomschrijvingen voor en de uitvoeringsbegeleiding van de ondergrondse energieopslagprojecten.

E-mail: bert1.lemmens@vito.be

Koen DE KLERCK is gedelegeerd bestuurder van Studieburo De Klerck Engineering dat gespecialiseerd is in het ontwerpen van technische installaties van gebouwen. Studieburo De Klerck Engineering heeft samen met VITO boorgatenergieopslag in Vlaanderen geïntroduceerd.

E-mail: kdk@sdke.be

