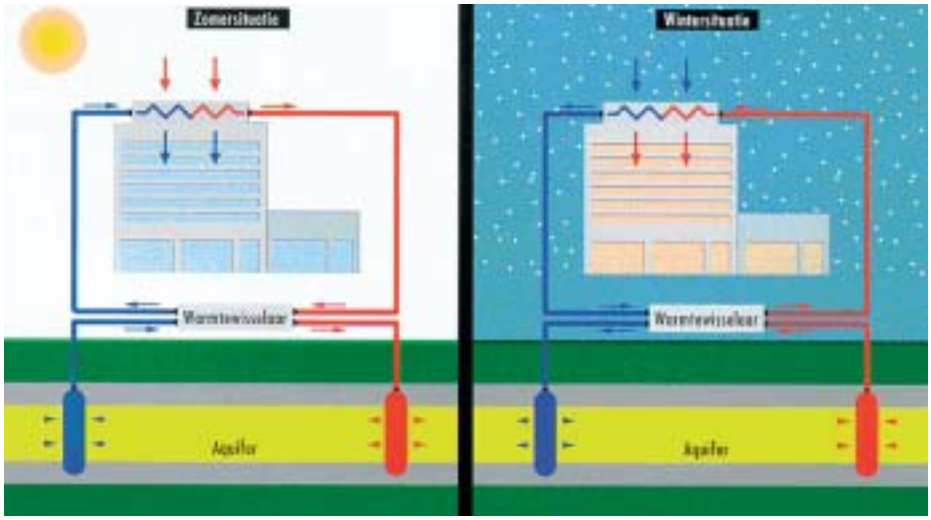
Het wegdek kan beschouwd worden als een goedkope zonnecollector. Een systeem om de zonnewarmte te capteren en te stockeren in de ondergrond voor later gebruik is daarom bijzonder interessant.
Het accent kan liggen op wegdekbescherming, energiewinning voor klimaatregeling of op combinaties hiervan.
Dergelijk systeem heeft de grootste economische rendabiliteit bij autosnelwegen en gewestwegen waar het de zeer hoge onderhoudskosten aanzienlijk kan verlagen.
Het biedt bovendien belangrijke milieuvoordelen en een vermindering van files en ongevallen.

Hans Hoes

De "warmte-weg" vangt zonnewarmte

Een asfaltoppervlak verkrijgt al snel een temperatuur van ± 60°C tijdens een warme zomerdag. Door middel van een buizensysteem in het wegdek kan een zonnecollector gecreëerd worden, wat tevens enkele interessante voordelen voor het wegdek oplevert.
De techniek is ontstaan in landen met een overvloedige en langdurige sneeuwval, om bereikbaarheid van steden en verkeersveiligheid te waarborgen. Initieel werd sneeuw op de wegen verwijderd door middel van elektrische verwarmingssystemen, hetgeen uiteraard een bijzonder dure aangelegenheid was. Nu zijn er reeds tientallen projecten gerealiseerd in Zweden, Japan en Zwitserland waarbij een leidingenregister in het asfaltoppervlak wordt aangebracht en waardoor een fluïdum circuleert. De smeltwarmte wordt geleverd door ofwel elektriciteitscentrales (restwarmte), grondwater of … door de zon (*figuur 1*).
In dit laatste geval wordt zonnewarmte tijdens de zomerperiode gecapteerd en gestockeerd om tijdens de winterperiode herbenut te worden voor het ijs- en sneeuwvrij houden van de wegen. Het SERSO-project in Zwitserland is hiervan een zeer goed voorbeeld. Een brugoppervlak van 1300 m² werd voorzien van een horizontale asfaltwarmtewisselaar bestaande uit roestvast stalen buizen die 7 cm onder het oppervlak in het asfalt werden aangebracht (*foto 2*). Tijdens warme periodes capteren deze buizen de zonnewarmte (25% van de invallende zonne-energie wordt opgenomen). Deze warmte wordt in een ondergrondse warmteopslag, bestaande uit 91 verticale warmtewisse-

laars. Aan het eind van de zomer wordt een gemiddelde opslagtemperatuur van 20°C bereikt. In periodes met sneeuwval wordt het opslagveld ontladen en wordt warmte toegevoerd aan het wegdek door middel van hetzelfde buizensysteem. Na de winterperiode is de opslagtemperatuur teruggelopen tot 8°C.



Figuur 1 : Het principe van koude-warmteopslag.

Foto 2 : Inbouw van het leidingregister bij het SERSO-project.

Foto 3 : Bij verticale warmtewisselaars, wordt het warmtetransporterend medium doorheen een buizenstelsel geleid, alwaar warmtewisseling optreedt met de ondergrond.

Minder files... ?

Men kan dezelfde techniek echter eveneens toepassen in landen met een zachter klimaat. Het accent ligt dan niet op het sneeuwvrij houden van de wegen maar eerder op verlenging van de onderhoudsintervallen aan het wegdek en energiewinning voor klimaatregelingsdoeleinden. Door het onttrekken van warmte tijdens de zonnige zomerdagen blijft de maximum bereikte asfalttemperatuur binnen de perken. Hoge asfalttemperaturen in combinatie met zwaar verkeer leiden immers tot sterk versnelde slijtage van het wegdek. Het is dan ook evident dat een beperking van de asfalttemperatuur een belangrijke invloed heeft op de te respecteren onderhoudstermijnen voor het wegdek.

Proeven in Nederland aan de Haringvlietsluizen wijzen op een belangrijke verbetering op dit vlak. Na anderhalf jaar intensief bemeten blijkt dat niet-gekoelde testvakken een spoorvorming tonen van 4 tot 6 mm, tegenover 0 tot 1,5 mm voor de gekoelde wegstroken. Langetermijn voorspellingen geven aan dat de onderhoudsintervallen (vervanging toplaag, grondige wegdekrenovatie) met een factor 1,5 à 2,5 zullen vergroten. Bijkomend kan in de winter het gebruik van dooizouten vermeden worden hetgeen een positieve invloed heeft op het milieu.

Voor belangrijke wegen (drukke verkeersaders, autosnelwegen) werkt dit niet alleen kostenbesparend voor de wegbeheerder, maar tevens zal er een gunstige invloed zijn op de dagelijkse fileproblemen (want minder wegwerkzaamheden betekent minder files). Wegwerkzaamheden brengen daarenboven dikwijls ernstige verkeersongevallen met zich mee. Het kwantificeren van deze laatste voordelen is echter zeer moeilijk, maar zeker niet onbelangrijk.

Verwarmen met energie uit asfalt

Het realiseren van wegdekkoeling impliceert de opwarming van een doorstromend fluïdum, m.a.w. een thermische energiewinning. Deze energie manifesteert zich echter niet op een hoog temperatuurniveau. Hoewel de asfalttemperatuur in de zomer kan oplopen tot 60°C, zal de uitgaande fluïdumtemperatuur beduidend lager liggen. Deze warmte kan tijdens de zomer niet echt nuttig besteed worden, zodat deze best bewaard wordt. Lage temperatuurswarmte kan immers prima aangewend worden in de winter.

De eenvoudigste manier om grote hoeveelheden warmte te bewaren is door deze in de grond te stoppen (zonder gesloten opslagvat of –tank). Zand- en kleiformaties in de ondergrond houden immers de warmte verbluffend goed vast voor langere periodes. Een eerste toepassing van deze

warmte is uiteraard het berijdbaar houden van het wegdek tijdens de winterperiode. Het blijkt echter dat periodes van ijzel en sneeuw zeer makkelijk kunnen overbrugd worden met de opgeslagen hoeveelheid energie. Slechts 20% van de gestockeerde energie zal aangesproken moeten worden. De overschot aan energie kan op verschillende manieren benut worden voor bv. klimaatregelingsdoeleinden.
In combinatie met een warmtepomp kan een zeer energiezuinige installatie opgezet worden. Door het kleine temperatuursverschil tussen verdamper en condensor zal een per seizoen gebonden prestatiecoëfficiënt (verhouding elektrisch tot nuttig vermogen) van 4 à 5 mogelijk worden (tegenover 2 à 3 voor de klassieke warmtepomptoepassingen).
Ook directe benutting van de warmte is mogelijk door middel van "free heating / cooling". Hierbij wordt in een luchtbehandelingskast koude buitenlucht eerst voorverwarmd door de onttrokken warmte uit het opslagveld vooraleer verdere conditionering plaats heeft. Op deze manier wordt de winterkoude via de luchtbehandelingskast in de grond gebracht, het omgekeerde proces zal in de zomer plaatsvinden. Tijdens warme periodes wordt de opgeslagen koude eerst naar het gebouwcircuit gebracht, waarna het verder opgewarmd wordt door de asfaltcollector, om alzo op een verhoogd temperatuursniveau terug gestockeerd te worden. Dit resulteert in een continu proces van opwarmen en afkoelen van de bodem met telkens een volledige cyclus in één jaar. Belangrijk bij de dimensionering is het bewaren van een energiebalans in de ondergrond, zoniet zal één van beide processen (koelen of verwarmen) verstoord of zelfs onmogelijk worden.

Wegdekcollectoren

Er bestaan verschillende mogelijkheden om energie te onttrekken uit het asfalt. Het eerder aangehaalde buizensysteem dat ingebed wordt in het asfalt is één manier om dit te doen. Deze techniek heeft het voordeel dat de buizen relatief hoog in het asfalt kunnen geplaatst worden zodat energiecaptatie maximaal is. Nadeel is echter de moeilijke installatie van het systeem (zware machines, hete asfalt). Tevens is een hoge plaatsing niet aan te raden bij zeer intensief verkeer. Een alternatief systeem bestaat erin om de buizen in een laagje beton aan te brengen direct onder de bovenste asfaltlagen, hierin worden voornoemde nadelen vermeden.
Een andere mogelijkheid bestaat er in om een fluïdum niet doorheen een buizenregister, maar vrij doorheen een laag ZOA (zeer open asfalt, het zogenaamde fluisterasfalt) te laten stromen. Indien deze laag wordt ingesloten tussen twee lagen gesloten asfalt verkrijgt men een warmtewisselaar met direct contact tussen het medium en het asfalt. Dit systeem geeft een aantal evidente voordelen, zoals makkelijke installatie en goede warmtewisseling. Nadelen betreffen echter moeilijkheden bij aan- en afvoer van het fluïdum en een noodzakelijk natuurlijk verval van het wegdek.

Ondergrondse energie-opslag

Het opslaan van energie kan eveneens op verschillende manieren verwezenlijkt worden. Hiervoor zijn twee technieken aan te wenden, een open en een gesloten systeem. In het open systeem (thermische energieopslag in watervoerende lagen) wordt grondwater gebruikt voor het transport van de warmte. We spreken dan over de techniek die

Project "Zoerle-Parwijs"

In dit project worden 13 sociale woningen voorzien van een duurzaam warmteleveringssysteem. De warmte-opwekking wordt gerealiseerd door een grondgekoppelde warmtepomp met een asfalt- en een zonnecollector voor de regeneratie van de ondergrond (*figuren 2 en 3*). De functie van de asfaltcollector is hier dan ook louter gericht op het leveren van thermische energie. De economische voordelen voor de wegbeheerder zijn hier minimaal doordat de weg gelegen is in een dorpskern. Het ijsvrij houden van het wegdek heeft hier geen prioriteit, mede doordat de oppervlakte beperkt is.
De grootte van de asfaltcollector wordt sterk beïnvloed door het gewenste temperatuurniveau van de onttrokken warmte. Hoe hoger de gevraagde temperatuur, des te lager de onttrokken energiehoeveelheid. Voor een gemiddelde uitgaande temperatuur van 20°C kan er een jaaropbrengst van 150 kWh/m² asfaltoppervlak verwacht worden. Een asfaltoppervlak van 500 m² wordt uitgerust met een buizenregister (15 lussen bestaande uit PE-buizen (dikte 25 mm) op een diepte van 12 cm en een onderlinge afstand van 25 cm). De lussen worden samengebracht in een, naast het wegdek opgestelde, putbehuizing alwaar een terreinleiding de energie overbrengt naar het opslagveld (via de technische ruimte). Een energie-opbrengst van 75 MWh wordt hierbij verwacht op jaarbasis.

Figuur 2 : Schematische opbouw van de asfalctollector te Zoerle-Parwijs.

De warmtepomp onttrekt warmte uit een bodemwarmtewisselaarveld van 16 x 10m. Hierin worden 54 verticale warmtewisselaars tot op een diepte van 50m aangebracht op een onderlinge afstand van 2 m, er worden 18 hydraulische circuits gevormd met telkens 3 warmtewisselaars in serie (vertrek- en retourcollector zijn in een centrale put ondergebracht). Het opslagveld dient ongeveer 50 MWh warmte te leveren aan de warmtepomp. Door de voldoende ruime dimensionering van het opslagveld zal de gemiddelde opslagtemperatuur aan het einde van het stookseizoen niet beneden 12°C komen. Hierdoor kan de warmtepomp steeds aan een hoog rendement functioneren (prestatiecoëfficiënt per seizoen SPF minimaal 4).
In het project zijn eveneens thermische zonnecollectoren voorzien voor de bereiding van warm tapwater. Door het hogere aanbod van warmte in de zomer ten opzichte van de vraag kan een gedeelte van de zonnecollectorwarmte (8 MWh) eveneens opgeslagen worden in het opslagveld. Op deze manier kan de zonnewarmte maximaal benut worden. De zonne- en asfaltcollectorwarmte wordt in het opslagveld opgeslagen aan een rendement van 60 % tijdens het eerste jaar, dit stijgt tot ongeveer 75 % in steady-state na ongeveer 5 jaar.

Foto 4 : Bij gesloten systemen met thermische opslag in boorgaten creëert een buizenstelsel een opslagveld voor warmtewisseling. Zo wordt al snel een opslagveld gecreëerd met een volume van meerdere duizenden kubieke meters.

beter bekend is als koude-warmteopslag en waar reeds een tiental installaties in bedrijf / opbouw zijn in Vlaanderen. Het systeem bestaat uit een warme en een koude bron, die op een afstand van een honderdtal meter van elkaar worden geplaatst. Afhankelijk van de vraag naar koude of warmte wordt grondwater opgepompt uit één bron en na warmtewisseling in een andere bron terug geïnjecteerd. Zo worden de bronnen per seizoen geladen en ontladen. Deze techniek kan echter niet overal in Vlaanderen toegepast worden daar grondwater niet overal op economisch haalbare dieptes met voldoende debiet op te pompen is. De techniek is milieuvriendelijk (geen verbruik van grondwater) en zeer energiezuinig door het gebruik van zomerwarmte in de winter en winterkoude in de zomer.

Bij gesloten systemen (thermische energieopslag in boorgaten) wordt het warmtetransporterend medium doorheen een buizenstelsel geleid, alwaar warmtewisseling optreedt met de ondergrond. Dit buizenstelsel bestaat uit een aantal verticaal in boorgaten ingebrachte kunststofbuizen die hydraulisch met elkaar gekoppeld zijn. In functie van de onderlinge boorgatafstand (1.5 tot 4 m), het aantal boorgaten en de boorgatdiepte (20 tot 100 m) wordt een zekere grondmassa bereikt die deelneemt aan de warmtewisseling (*foto 3*). Zo wordt al snel een opslagveld gecreëerd met een volume van meerdere duizenden kubieke meters (*foto 4*). Het thermisch gedrag van zulk een opslagveld is zeer sterk vergelijkbaar met dat van een klassiek geïsoleerd opslagvat met geïntegreerde warmtewisselaar. Het kan eveneens geladen en ontladen worden en de warmteverliezen zijn beperkt. Systemen met verticale warmtewisselaars worden reeds sporadisch toegepast in combinatie met warmtepompen (grond/water-warmtepompen), het betreft de meest efficiënte warmtepompsystemen.

Economisch haalbaar ?

De wegdekcollector kan beschouwd worden als een goedkope zonnecollector, terwijl het qua opbouw vergelijkbaar is met een klassiek vloerverwarmingsysteem. Een richtprijs voor de investering bedraagt 25 euro per vierkante meter wegdek. De kostprijs voor de constructie van een thermisch opslagveld is sterk afhankelijk van de plaatselijke ondergrond (zand, klei, krijt, …) en het gekozen systeem (open / gesloten) waarbij de open systemen de voorkeur krijgen bij voldoende grote installaties en indien de ondergrond het toelaat.

Vooral voor de wegbeheerder is de techniek een zeer interessante optie. Onderhoudswerken aan wegen kosten handen vol geld en zijn daarenboven bijzonder belastend voor de samenleving. Voorzichtige berekeningen wijzen erop dat voor belangrijke wegen (autosnelwegen, viaducten, bruggen,…) de techniek op relatief korte termijn terugbetaalbaar is (binnen 5 jaar). Indien bijkomend gebruik kan gemaakt worden van de overschot aan energie, kan het kostenplaatje enkel nog interessanter worden.

Referenties

1. Rijkswaterstaat, directie Zuid-Holland - dienstkring Rhoon, 1999, rapport 2526A020 -Tussenrapportage monitoring proefvakken Haringvlietsluizen
2. Polydynamics, 1995, Pilotprojekt zur Sonnenenergierückgewinnung aus Strassenoberflächen
3. Dirven P., Gysen B., Hoes H., 1999, Koude-warmteopslag in watervoerende lagen voor klimaatregeling in gebouwen en industriële processen
4. Van Bijsterveld W.T., Houben L.J.M., Pietersen H.S., Scarpas A., 2000, Energie uit asfalt ? Een modelmatige beschouwing van constructieve en thermische aspecten

Auteur

Ing. Hans HOES is werkzaam bij Vito in het expertisecentrum Energietechnologie, projectgroep geo-energie, waarbinnen onderzoek verricht wordt naar mogelijkheden van thermische energie-opslag in de bodem. Dit heeft onder andere geleid tot de introductie van koude-warmteopslag in Vlaanderen.