

# Factsheet: WKO en warmtepompen

Categorie: PE (Procesefficiency)

Subcategorie: Installaties, gebouwen en vervoer



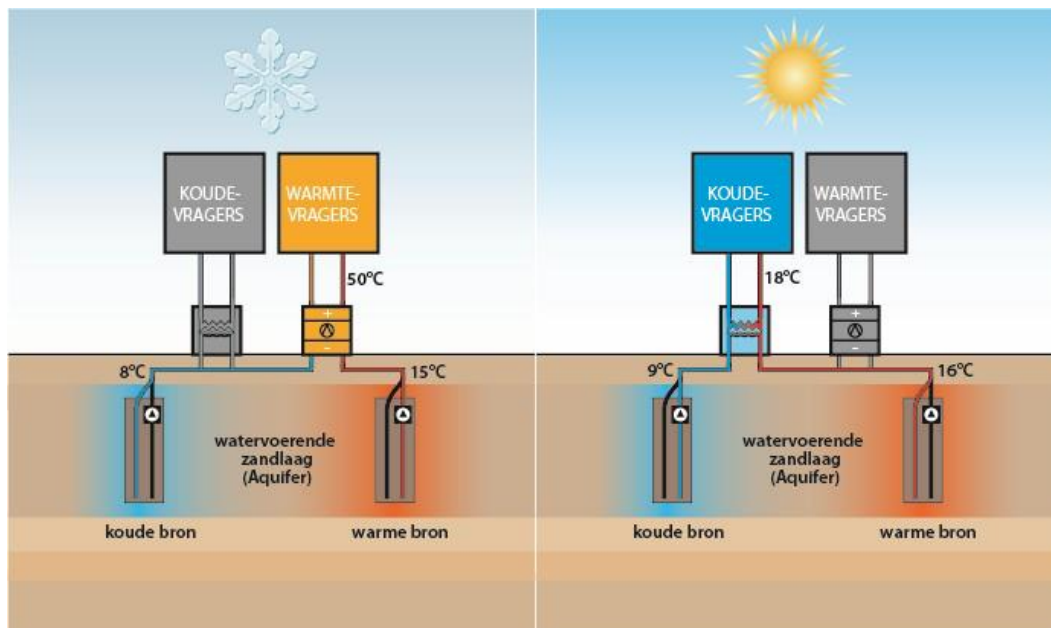
## Beschrijving

In deze factsheet worden de mogelijkheden beschreven voor inzet van warmte/koudeopslag in de bodem (wko) in combinatie met warmtepompen. Wko is inmiddels een volwassen en kosteneffectieve techniek voor het op duurzame wijze opwekken van warmte en koude.

In deze factsheet wordt achtereenvolgens ingegaan op de techniek wko, een aantal kerngegevens en een aantal tips en tops en verwijzing naar informatiebronnen over wko.

## Technieken

Wko is een seizoensbuffer waarin warmte en koude in een ondergrondse zandlaag wordt opgeslagen. Het systeem bestaat uit twee grondwaterbronnen die zo'n 30 tot 250 m diep kunnen zijn. In de winter wordt warm grondwater van ongeveer 15°C uit de warme bron onttrokken. Dit is te gebruiken als basis voor verwarming, waarna het afgekoeld tot zo'n 8°C in de koude bron wordt gefiltreerd. In de zomer draait het systeem om en wordt grondwater uit de koude bron gepompt. Dit koude water (8 tot 10°C) is bruikbaar voor comfortkoeling. Het opgewarmde water wordt vervolgens opgeslagen in de warme bron.



Voor utiliteitsgebouwen is de combinatie van warmtepompen en wko een veel toegepast energieconcept. De warmtepomp kan de in de wko opgeslagen warmte van 15°C transformeren naar een bruikbaar niveau voor ruimteverwarming van 50 tot 60°C.

### Waarom wko en warmtepompen toepassen:

- CO<sub>2</sub> reductie (en energiebesparing)
  - Koudelevering: 60 tot 85% (t.o.v. koeling met compressiekoelmachines)
  - Warmtelevering: 20 tot 40% (t.o.v. verwarming met gasketels)
- Energieneutraal bij combinatie met PV-panelen
- Gunstige rentabiliteit:
  - Grootschalige systemen met warmte- en koudebenuutting: terugverdientijd 5 á 10 jaar
  - Kleinschalige systemen: terugverdientijd 10 á 15 jaar

### Randvoorwaarden voor toepassing van wko en warmtepompen

- Geschiktheid ondergrond voor wko-bronnen

- Handhaven van de energiebalans in de bodem (eens in vijf jaar balans neutraal maken). Wanneer met de warmtepomp onvoldoende koude geproduceerd kan worden, zijn aanvullende systemen voor koude laden nodig, zoals koudewinning uit buitenlucht (droge koelers, koeltorens) of oppervlaktewater.

### Aandachtspunten

Op basis van kennis en ervaringen zijn de volgende aandachtspunten geformuleerd om een zo efficiënt mogelijk wko-systeem te realiseren:

- Zorg bij de implementatie van wko en warmtepomp voor een integraal totaalconcept (gebouw en installaties moeten goed op elkaar afgestemd zijn);
- Kies een flexibel installatie-ontwerp, waarmee de energiebalans in de ondergrond goed is te behalen;
- Schenk continue aandacht aan het functioneren van de installaties;
- Zorg voor goed werkende regeltechniek, zodat installaties kunnen functioneren op basis van het gebruik van het gebouw;
- Zorg voor een heldere visualisatie van GBS-data zodat snel inzichtelijk is of het systeem goed functioneert;
- Deel de verantwoordelijkheden en het belang van een goed functionerende installatie met de onderhoudspartij door bijvoorbeeld prestatiecontracten of Esco-constructies;
- Leg de taken en werkzaamheden weg bij de partij die er de kennis en ervaring mee heeft;
- Borg de kwaliteit door de BRL toe te passen (sinds 2014 is dit verplicht):
  - Ondergrondse deel van wko: ontwerp, realisatie, beheer en onderhoud conform BRL SIKB 11000
  - Energiecentrale: ontwerp, installatie en beheer conform BRL SIKB 6000
  - Mechanische grondboringen conform BRL SIKB 2100
- In dichtbebouwde gebieden kan de toepassing van wko leiden tot knelpunten in de beschikbare ondergrondse ruimte. Het collectief organiseren van koude-opwekking kan dan oplossingen bieden.

### Wko en warmtepompen voor bestaande bouw

Een wko-systeem heeft een hoog energierendement wanneer het verschil in temperatuur van het systeemwater en de gewenste ruimtetemperatuur klein is. Dat betekent dat er toepassing van Lage Temperatuur Verwarming wenselijk is (50/40°C of lager) en Hoge Temperatuur Koeling (bijvoorbeeld 10/20°C). Bij nieuwbouw kunnen de gebouwinstallaties van meet af aan op dergelijke ontwerptemperaturen ontworpen worden. Voor bestaande gebouwen is het belangrijk om renovatiemomenten aan te grijpen om de installaties op deze temperaturen uit te leggen. Dit betekent dat afgiftesystemen nodig zijn met vergoot afgifteoppervlak (fan coils, inductie-units, convectoren of vloerverwarming) en vergroting van de batterijen in de luchtbehandelingkasten. De afmetingen van de afgiftesystemen zijn te beperken door toepassing van goede isolatie van de gebouwschil.

Voor een optimaal wko-rendement is een goed hydraulisch ontwerp van het cv- en gkw-circuit van groot belang. De regeling moet er op gericht zijn dat er grote temperatuurverschillen (delta T) behaald kunnen worden. Dus lage cv- en hoge gkw- retourtemperaturen zijn wenselijk. Dit kan met zogenoemde twee-wegregelingen waarmee op de hoeveelheid cv-water of gkw (debiet) geregeld wordt. In de ISSO publicatie 44 is weergegeven hoe de hydraulische schakeling dient te worden opgezet (zie module 1 tot en met 8). Om deze lage retourtemperaturen ook in deellast (lente/herfst) te waarborgen is veel aandacht voor inregelen van de installaties nodig. Met name in bestaande gebouwen is aandacht nodig voor het opsporen en ombouwen van kortsluitleidingen waarmee water ongebruikt vanuit de aanvoer in de retourleiding wordt gestort.

### HT-warmtepompen

De standaard warmtepompen kunnen cv-water tot maximaal 55 a 60°C opwarmen. Sinds een aantal jaar zijn echter ook Hoge Temperatuur (HT) warmtepompen ontwikkeld die 70 a 80°C kunnen produceren. Dit vergemakkelijkt de toepassing van warmtepompen in bestaande gebouwen en het toepassen van warmtepompen voor tapwaterverwarming. Deze hogere temperatuur gaat wel enigszins ten koste van het energierendement (SPF) van de warmtepomp, maar de toepassing kan nog steeds energiebesparing opleveren ten opzichte van cv-ketels.

### Lucht/water warmtepompen

Voor gebouwen met hoofdzakelijk warmtevraag (en dus nauwelijks koudevraag) kan toepassing van lucht/water warmtepompen



perspectiefvol zijn. Deze warmtepompen zetten warmte uit de buitenlucht om in nuttig bruikbare cv-warmte. Ook ventilatielucht uit het gebouw kan als bron voor een luchtwarmtepomp dienen. Wanneer de buitenluchttemperatuur onder het vriespunt zakt, daalt energierendement (SPF) van een lucht/water warmtepomp zover dat deze beter afgeschakeld kan worden. In dat geval neemt een gasketel de warmtelevering over.

Er zijn ook combinaties van luchtwarmtepompen met wko en water/water warmtepompen denkbaar. De water/water warmtepomp wordt dan 's winters precies zolang ingezet dat er voldoende koude in de wko wordt geladen voor koeling in de zomer. De luchtwarmtepomp is dan vooral bij hogere buitentemperaturen (lente/herfst) in bedrijf.

### Energierendement wko

Het energierendement van wko wordt uitgedrukt als de Seasonal Performance Factor. Daarbij wordt de jaarlijks geproduceerde warmte ( $Q_w$ ) en koude ( $Q_k$ ) gedeeld door de toegevoegde primaire energie. Deze primaire energie input is te berekenen uit het elektriciteitsverbruik (E) en/of het aardgasverbruik (G).

$$SPF = \frac{Q_w + Q_k}{E + G}$$

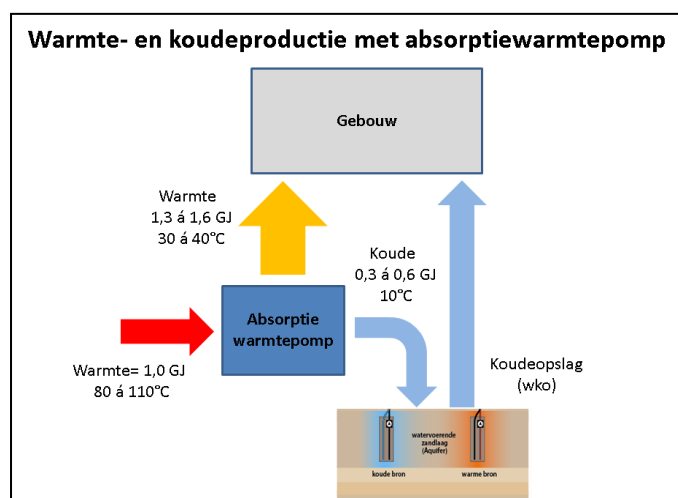
Richtgetallen:

- SPF voor geleverde warmte en koude door wko: 20
- SPF voor geleverde warmte door warmtepomp: 4
- SPF voor regeneratie van de wko door een droge koeler: 16

### Wko en stadsverwarming

Voor grote utiliteitsgebouwen met een koudevraag kan de combinatie van stadswarmte en absorptietechnologie interessant zijn. Met een absorptiewarmtepomp is het mogelijk de warmteopbrengst vanuit de stadsverwarming sterk te vergroten. Deze absorptiewarmtepomp wordt aangedreven met warmte uit een warmtenet.

Uit 1,0 GJ-warmte op hoog temperatuurniveau (80 à 110°C) transformeert een absorptiewarmtepomp 1,3 tot 1,6



GJ-warmte van 30 à 40°C. Dit is prima bruikbaar voor ruimteverwarming in nieuwbouwsituaties. Uit het absorptieproces komt tegelijkertijd koude vrij. Deze koude kan 's winters in de bodem (wko-systeem) worden opgeslagen, zodat de koude 's-zomers te benutten is voor comfortkoeling. De inzet van absorptiewarmtepompen levert dus een win-winsituatie op. Enerzijds kan de inkoop van warmte worden gereduceerd. Naast een kostenvoordeel voor de klant levert dit voor de warmteleverancier het voordeel dat deze meer klanten kan bedienen. Anderzijds kan de koudevraag van het gebouw op een duurzame wijze worden ingevuld.

### Kerngegevens

Onderstaand zijn de investeringen en besparingen voor de verschillende technieken weergegeven.

Maatregel	Investerings (exclusief btw)	Besparingen
Warmtepomp met WKO	€ 25/m <sup>2</sup> vloeroppervlak bij gebouwen < 7.500 m <sup>2</sup> € 19/m <sup>2</sup> vloeroppervlak bij gebouwen > 7.500m <sup>2</sup> (prijzen gelden bij natuurlijk moment ketel en koelmachine)	0,21 GJ/m <sup>2</sup> /jaar
Warmtepomp op buitenlucht	€ 10-15/m <sup>2</sup> vloeroppervlak (op natuurlijk moment)	0,11 GJ/m <sup>2</sup> /jaar
Warmtepomp	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 tot 250 kW: € 1.000,- tot 700,- per kW</li> <li>• 250 tot 1.000 kW: € 700,- tot 500,- per kW</li> </ul>	
Wko (bronnen inclusief warmtewisselaar)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 tot 50 m<sup>3</sup>/h: € 7.000,- tot 4.500,- per m<sup>3</sup>/h</li> <li>• 50 tot 200 m<sup>3</sup>/h: € 4.500,- tot 3.500,- per m<sup>3</sup>/h</li> </ul>	
LTV	€ 30/m <sup>2</sup>	0,02 GJ/m <sup>2</sup> /jaar

Voor de kosten voor jaarlijks onderhoud en beheer gelden de volgende kengetallen:

- Warmtepomp: 4% van de investering
- Wko (bronnen inclusief warmtewisselaar) 4% van de investering voor wko's met brondebiet < 30 m<sup>3</sup>/h  
2,5% van de investering voor wko's met brondebiet > 100 m<sup>3</sup>/h

## Tips en tops

Tijdens de bijeenkomst van 10 mei zijn met de deelnemers de ervaringen gedeeld over de toepassing van WKO en warmtepompen en zijn de volgende tips en tops geformuleerd:

- Voor een goed functionerend systeem is het belangrijk dat er een goede oplevering (controle door onafhankelijke partij) plaatsvindt en dat de installatie continue gemonitord wordt.
- In het ontwerptraject is het belangrijk om een goede adviseur in te schakelen en ook alvast na te denken over hoe het onderhoud te regelen.
- Belangrijk is om het hele 'energieplaatje' compleet te hebben, zodat je weet waarop gestuurd kan worden.
- Voor aansluiting van nieuwe gebouwen op een bestaand systeem wordt geadviseerd om een programma van eisen op te stellen waaraan moet worden voldaan.
- Simulatie van de toekomstige wamte- en koudeopslag op basis van de monitoringsresultaten is zinvol om tijdig bij te sturen en instellingen te wijzigen.
- Intern draagvlak en samenwerking is belangrijk, zodat gezamenlijk gezorgd wordt voor een goed functionerend systeem.
- Zorg dat er voldoende kennis in huis is over de installaties. Volledig uitbesteden van onderhoud en beheer heeft om die reden niet de voorkeur.
- In het ontwerpproces is het belangrijk dat er een regisseur is die boven het ontwerpteam staat en zorgt voor de controle en afstemming van het DO en bestek.
- Geadviseerd wordt om bij de analyse van de monitoringsresultaten ook een financieel overzicht te maken om het management mee te informeren.
- Een goed beheer vergt veel aandacht, daarom is het belangrijk om de beheerders goed op te leiden en te enthousiasmeren.

## Meer informatie

Meer informatie over wko en warmtepompen is te vinden op:

- Informatie over geschiktheid van de ondergrond voor wko: [www.wkotool.nl](http://www.wkotool.nl)
- Website brancheorganisatie wko: [www.bodemenergienl.nl](http://www.bodemenergienl.nl)
- ISSO-publicatie 39: Ontwerp, realisatie en beheer van een energiecentrale met warmte- en koudeopslag: [www.issso.nl](http://www.issso.nl)
- Factsheet Factsheet Wko 3 x beter (beter bedenken, beter bouwen en beter beheren): <http://www.lente-akkoord.nl/wko-3x-beter-beter-bedenken-beter-bouwen-en-beter-beheren/>
- Factsheet Warmtepompen in utiliteitsbouw. De do's en don'ts voor ontwikkelaars (april 2012): <http://www.lente-akkoord.nl/wp-content/uploads/2012/05/Dos-en-donts-warmtepompen-utiliteitsbouw.pdf>
- Factsheet Warmte-/koudeopslag MJA3 <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/meerjarenafspraken-energie-effici%C3%ABntie/publicaties/duurzame-energie>
- Factsheet Beheer Warmte- koudeopslag [https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiNk73Imf\\_LAhUnM5oKHS\\_CjBfEQFggiMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.rvo.nl%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2FFactsheet-Warmte%2520Koude%2520Opslag.pdf&usq=AFQjCNGy93HiVekwZE4eiVJ4eInoiAGMMw](https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiNk73Imf_LAhUnM5oKHS_CjBfEQFggiMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.rvo.nl%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2FFactsheet-Warmte%2520Koude%2520Opslag.pdf&usq=AFQjCNGy93HiVekwZE4eiVJ4eInoiAGMMw)
- Brochure: Energiezuinig koelen met WKO: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Energiezuinig%20koelen%20met%20warmte%20en%20koudeopslag.pdf>