

Warmtepompen

Gids voor beslissers

Inzet **warmtepompen** noodzakelijk

... voor beperking afhankelijkheid fossiele brandstoffen

... voor veilige en betaalbare verwarming en koeling

... voor toepassing 100% duurzame energie



Warmtepompen

Gids voor beslissers

Inzet warmtepompen noodzakelijk

... voor beperking afhankelijkheid fossiele brandstoffen

... voor veilige en betaalbare verwarming en koeling

... voor toepassing 100% duurzame energie

Projectnummer 23.09.03

ISBN: 978-90-79537-02-0

Copyright © 2009, Stichting Warmtepompen

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Warmtepompen

Gids voor beslissers

Deze publicatie is tot stand gekomen op initiatief van Stichting Warmtepompen in samenwerking en met financiële ondersteuning van SenterNovem. De publicatie heeft vooral betrekking op de toepassing van elektrische warmtepompen in zowel de bestaande woningbouw als nieuwbouw.

Met warmtepompen kunnen woningen op een duurzame en comfortabele wijze worden verwarmd en gekoeld. Een kwalitatief goede warmtepomp is weliswaar een mooi vertrekpunt, maar nog geen verzekering voor een goed energiebesparend systeem. De bouwkundige randvoorwaarden, de warmtebron, het warmteafgiftesysteem en de temperaturen waarop de installatie werkt hebben allen een grote invloed op het goed functioneren en de besparing van het warmtepompsysteem als geheel. Al deze parameters komen in deze publicatie uitgebreid aan de orde.

Auteursrechten

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Stichting Warmtepompen.

Het is toegestaan gegevens uit deze uitgave te citeren in artikelen, scripties en boeken mits de bron op duidelijke wijze wordt vermeld.

Aansprakelijkheid

De Stichting Warmtepompen en degenen die aan de samenstelling van deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze uitgave. Nochtans moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er toch fouten en onvolledigheden in deze uitgave voorkomen. Gebruik van gegevens daaruit is geheel voor eigen risico van de gebruiker. De Stichting Warmtepompen sluit mede ten behoeve van al degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze publicatie en de daarin opgenomen gegevens.

© Stichting Warmtepompen 2008

Inhoudsopgave

<i>Leeswijzer</i>	7
1 Waar het bij Warmtepompen om gaat	9
1.1 Warmtepompen kunnen wereldwijd de CO ₂ -emissies met 8% reduceren. -----	9
1.2 Berekende besparingen -----	10
1.3 ‘Fossiele energiedragers’, te kostbaar om te verbranden-----	10
1.4 Hoe werkt een warmtepomp? -----	10
1.5 Waarom warmtepompen?-----	11
1.6 Wanneer kan ik een warmtepomp toepassen en waar moet ik op letten? -----	13
1.7 Warmtepompen collectief of individueel -----	14
1.8 Warmtepompconcepten -----	15
1.9 10 meest gestelde vragen over warmtepompen -----	17
2 Werkingsprincipe warmtepompen	19
2.1 Elektrische compressiewarmtepomp-----	20
2.2 Warmtebronnen -----	20
2.3 Koudemiddelen-----	21
2.4 Typen koudemiddelen-----	22
3 Systeemkenmerken	23
3.1 Systeemkeuze-----	23
3.2 Bronsoorten voor warmtepompen -----	23
3.3 Wet- en regelgeving bronnen-----	28
3.4 Monovalent, mono-energetisch en bivalent -----	28
3.5 Warmtepompbedrijf zomer / winter -----	29
3.6 Warmteafgifte zomer / winter -----	30
4 Vergelijk systemen op basis van rendement	33
4.1 Definitie rendementen -----	33
4.2 CO ₂ reductie -----	34
5 Keurmerk en systeemkwaliteit	37
5.1 Kwaliteitskeur Warmtepompen-----	37
Inhoudsopgave	5

Warmtepompen, gids voor beslissers

5.2	Stichting Erkenning Installatiebedrijven (SEI)-----	40
5.3	Europees milieukeur elektrische, gas/gasabsorptie warmtepompen-----	41
6	Stappenplan	47
6.1	Programmafase-----	47
6.2	Ontwerp fase -----	47
6.3	Uitwerkingsfase -----	48
6.4	Realisatiefase -----	48
6.5	Beheerfase -----	48
7	Kennisontwikkeling, links en organisatie	49
7.1	Leergang Warmtepompen-----	49
7.2	Organisaties en links -----	51
7.3	Publicaties-----	52
7.4	Bronvermelding -----	53
8	Afkortingen en Vakjargon	55

Leeswijzer

Deze publicatie kent een achttal hoofdstukken. In de verschillende hoofdstukken worden respectievelijk behandeld:

- Hoofdstuk 1 Waar het bij Warmtepompen om gaat
- Hoofdstuk 2 Werkingsprincipe warmtepompen
- Hoofdstuk 3 Systeemkenmerken
- Hoofdstuk 4 Vergelijk systemen op basis van rendement
- Hoofdstuk 5 Keurmerk en systeemkwaliteit
- Hoofdstuk 6 Stappenplan
- Hoofdstuk 7 Kennisontwikkeling, links en organisaties
- Hoofdstuk 8 Afkortingen en Vakjargon

Hoofdstuk 1 Waar het bij Warmtepompen om gaat

In dit hoofdstuk wordt het doel van de publicatie omschreven en de demarcatie aangegeven waarop de inhoud van toepassing is. De techniek en de randvoorwaarden van warmtepompen zijn laagdrempelig beschreven. Er wordt aandacht besteed aan warmtepompconcepten voor nieuwbouw en bestaande bouw.

Hoofdstuk 2 Werkingsprincipe warmtepompen

In dit hoofdstuk wordt het werkingsprincipe van Warmtepompen beschreven en wordt ingegaan op bronnen voor warmtepompen en de toegepaste koudemiddelen.

Hoofdstuk 3 Systeemkenmerken

In dit hoofdstuk worden de systeemkenmerken beschreven. Hierbij wordt verder ingegaan op de bronsoorten: water, lucht en restwarmte. Er wordt aandacht besteed aan wet- en regelgeving en zomer en winterbedrijf van de installatie.

Hoofdstuk 4 Vergelijk systemen op basis van rendement

In dit hoofdstuk worden de rendementen en hun definities beschreven. Warmtepompen worden vergeleken met andere systemen, conventioneel en nieuw. De duurzame component van warmtepompen wordt verder beschreven en toegelicht. Aangegeven wordt hoe duurzaam kan worden verwarmd en gekoeld.

Hoofdstuk 5 Keurmerk en systeemkwaliteit

In dit hoofdstuk wordt het Kwaliteitskeur Warmtepompen verder uitgewerkt en inhoudelijk toegelicht. De eisen van het Europees milieukeur en de betekenis van de Stichting Erkenning Installatiebedrijven (SEI) worden beschreven.

Hoofdstuk 6 Stappenplan

Een praktijkgericht stappenplan met aandacht voor: ontwerp en dimensionering, het bestek voor de installatie, realisatie en oplevering, gebruik en onderhoud en wet- en regelgeving. Het stappenplan is uitgewerkt volgens de MKK-structuur (Model kwaliteitsbeheersing klimaatinstallaties).

Hoofdstuk 7 Kennisontwikkeling, links en organisaties

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de Leergang Warmtepompen en wordt een aantal links gegeven naar organisaties die zich bezighouden met warmtepompen. Ook is een opsomming gegeven van de relevante publicaties.

Hoofdstuk 8 Afkortingen en Vakjargon

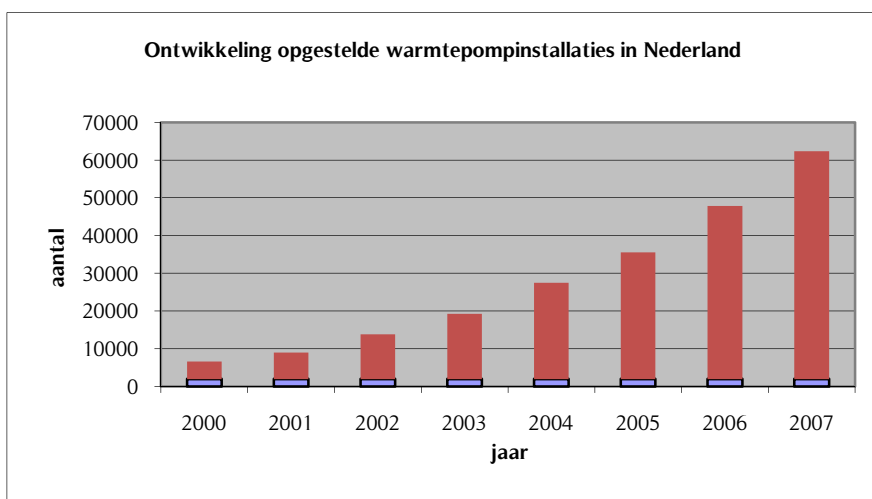
In dit hoofdstuk is een opsomming gemaakt van veel voorkomende afkortingen en begrippen.

1 Waar het bij Warmtepompen om gaat

1.1 Warmtepompen kunnen wereldwijd de CO₂-emissies met 8% reduceren.

Warmtepompen kunnen breed worden ingezet om omgevingswarmte met lage temperatuur uit duurzame bronnen om te zetten in bruikbare warmte voor woon- en kantoorgebouwen, glastuinbouw en industrie.

Het besparingspotentieel in gebouwen is groot. In zowel de nieuwbouw als de bestaande woningbouw zullen warmtepompen het komend decennium op grote schaal worden toegepast.



Figuur 1-1 Ontwikkeling opgestelde warmtepompinstallaties utiliteit en woningbouw in Nederland 1994-2007, bron: CBS

1.1.1 Een paar cijfers

Voor de nieuwbouw is het scenario dat bij een bouwvolume 70.000 woningen per jaar de penetratie van warmtepompen in 2010 op 50% ligt ofwel 35.000 wp/jaar en in 2020 op 80% en 56.000 wp/jaar. In 2020 is dan een besparing bereikt van 5PJ met een inzet van 10 PJ duurzame warmte. Geen enkel ander alternatief kan de woning zo ver verduurzamen.



CO₂ vrij kan alleen met warmtepompen

Met een investering in duurzame elektriciteit kan een nieuwbouw woonwijk nu al met beschikbare de technologie CO₂-neutraal worden gebouwd! Het grootste besparingspotentieel vinden we in de bestaande bouw. Dit geldt voor zowel individuele woningen als collectieve systemen. Met een marktpenetratie per jaar van de warmtepomp-HR combinatie van 150.000 stuks in 2015 zullen er in 2020 1,5 miljoen van dergelijke systemen zijn geplaatst. De besparing die daarmee bereikt wordt is ruim 20PJ, met een potentieel van 70PJ. Voor collectieve systemen in structurele renovatieprocessen komt er nog eens een potentieel van 20PJ bij.

1.2 Berekende besparingen

De reductie van de CO₂ emissie met warmtepompen heeft wereldwijd een potentieel van circa 8%. Een belangrijk keuzecriterium bij warmtepompen is de bepaling van het opwekkingsrendement van de gebruikte elektrische energie. Bij de berekening van terugverdientijden en de gebruikte hoeveelheid primaire energie worden vaak normgetallen gebruikt die geen reële benadering zijn van de werkelijkheid. De daarmee beoogde mogelijke energetische vergelijking met andere warmteopwekkers zoals Hr-ketels wordt daardoor minder positief weergegeven dan de realiteit.

De hogere rendementen van de zogenaamde STEG centrales hebben hierop een extra positieve invloed. Deze potentie zal in de toekomst verder toenemen omdat de rendementen van zowel warmtepompen en die van elektriciteitscentrales blijven verbeteren.

De energieprij is zeer belangrijk. Wanneer deze in de toekomst verder stijgt in de huidige trend, wordt de financiële besparingspotentie nog groter.

Voor huishoudelijke warmtepomptoepassingen zijn COP's (Coëfficiënt Of Performance, zie hoofdstuk 4) van 5 à 6 realiseerbaar. Warmtepompen hebben om deze reden een groot potentieel vanwege de milieuvordelen ten opzichte van conventionele installaties. Het potentieel van warmtepompen is een uitnodiging die vraagt om realisatie.

1.3 'Fossiele energiedragers', te kostbaar om te verbranden

Bij traditionele verwarmingssystemen met fossiele energiedragers is de bruikbare energie altijd minder dan de energie inhoud van de brandstof, waardoor het rendement altijd lager is dan 100%. Met een warmtepomp worden voor elk deel fossiele energie drie delen energie aan de omgeving onttrokken, dit is circa 75 % van de geleverde energie.



Warmtepompen zijn met weinig primaire energie in staat warmte met een lage temperatuur om te zetten in bruikbare warmte voor woningverwarming en tapwaterbereiding

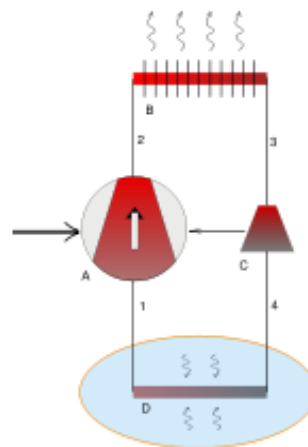
1.4 Hoe werkt een warmtepomp?

1.4.1 Omgevingswarmte wordt verwarming!

Warmtepompen kunnen warmte van omgevingstemperatuur naar een hogere bruikbare temperatuur brengen. Hiermee kunnen woningen, kantoren en kassen worden verwarmd.

Alle soorten warmtepompen nemen bij lage temperatuur warmte op die op hoge temperatuur weer wordt afgegeven. Volgens de Tweede Hoofdwet van de thermodynamica gaat dat niet vanzelf, zodat er één of andere vorm van arbeid aan te pas moet komen. De meeste warmtepompen verdampen vloeistof bij lage temperatuur en condenseren de damp bij hoge temperatuur. In het eerste geval moet het kookpunt dus worden verlaagd en/of in het tweede geval worden verhoogd. Het kookpunt kan worden verhoogd door de druk te verhogen met een compressor (pomp), aan de andere kant kan het kookpunt weer worden verlaagd door de druk te laten zakken in een smoorventiel (of soms in een turbine).

Het geheel van comprimeren (A), condenseren (B), expanderen (C) en verdampen (D) vormt een gesloten kringloop voor het rondstromende koudemiddel. Dit geldt niet voor de warmte en de arbeid. Aan het systeem wordt netto arbeid toegevoerd (in de compressor), en er wordt warmte verplaatst van de verdamper naar de condensor. Daarnaast ontstaat er extra warmte, geluid en infraroodstraling; deze ongewenste bijproducten heten verlies en gaan ten koste van het rendement.



Figuur 1-2 Principe warmtepomp

Thermische aandrijving

Een absorptiewarmtepomp is een warmtepomp die werkt zonder compressor, mogelijk zelfs geheel zonder bewegende delen (behalve uiteraard het stromende koudemiddel). Zulke warmtepompen zijn bijvoorbeeld te vinden in gasgestookte campingkoelkastjes.

1.5 Waarom warmtepompen?

Er zijn tal van redenen om te kiezen voor warmtepompen als warmtebron voor een cv-installatie. Hieronder is een opsomming opgenomen van de belangrijkste keuzecriteria, de voordelen van de warmtepompen op een rij:

Betrouwbaar

De warmtepomptechnologie is in een aantal Europese landen zoals Zweden en Zwitserland al 'state of the art' en daarmee een beproefde techniek.

Nu al beschikbaar

Warmtepompsystemen worden samengesteld uit bestaande componenten en zijn daarmee een nieuw maar betrouwbaar product. Met dit nieuwe product wordt in de bestaande verwarmingsmarkt geopereerd.

Brandstofdiversiteit

Warmtepompen kunnen elektriciteit gebruiken afkomstig van elke vorm van opwekking: gas/kolencentrale, WKK, Bio-WKK, wind, geothermie en zon. Warmtepompen dragen ook meer bij aan brandstofdiversiteit dan andere opwekkers van warmte. Op nieuwbouwlocaties biedt de elektrische warmtepomp de mogelijkheid om af te zien van een gasinfrastructuur.



Warmtepompen kunnen elektriciteit gebruiken afkomstig van elke vorm van opwekking

Duurzame techniek

Duurzaam opgewekte elektriciteit is CO₂-neutraal en draagt daarmee bij aan het klimaat en het behoud van reserves van fossiele energie. Bij gebruik van duurzaam opgewekte elektriciteit zijn warmtepompen de enige mogelijkheid om CO₂ neutraal te verwarmen.



Met duurzaam opgewekte elektriciteit zijn warmtepompen de enige mogelijkheid om CO₂ neutraal te verwarmen

Eenvoudige infrastructuur

De elektrisch gedreven warmtepomp kan worden ingezet zonder dat er grote aanpassingen aan de infrastructuur nodig zijn. Op nieuwbouwlocaties kan worden volstaan met een elektrische infrastructuur. Andere vormen van warmtevoorziening (collectieve verwarmingssystemen, stadsverwarming, HR of HRE) vereisen extra infrastructuur in de vorm van warmte- of gasnetten.

Comfort

Omkeerbare warmtepompen kunnen behalve verwarmen ook op relatief energiezuinige wijze koelen. Met de koudebron van een bodembronsysteem kunnen met vrije koeling COP's van 10-20 worden gerealiseerd (rendement 1000-2000%). Met koelen in de zomer wordt de bron geregenereerd waardoor de verwarmingsrendementen stijgen.

De koelnoodzaak is het resultaat van de steeds betere thermische isolatie en kierdichtheid van woningen. Deze zijn het gevolg van de invoering van de Energieprestatienorm (EPN) waarbij de Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC) steeds verder is verlaagd. Het doel was ervoor zorgen dat de warmteverliezen tot een minimum werden beperkt. Dit is gunstig voor de wintersituatie, maar hierdoor staat de woning ook in de zomer de warmte moeilijk af aan zijn omgeving. Dit heeft geleid tot het fenomeen van de 'oververhitte' woningen. Om hier op te anticiperen schaffen bewoners zelf (te) vaak koelunits met zeer lage energie-efficiënte aan, waarmee de via de EPC/EPN gerealiseerde energiezuinigheid van woningen voor een groot deel teniet wordt gedaan.

Voordeel van laag temperatuurverwarming (LTV)

Daarbij komt dat de bij de warmtepomptechniek behorende Lage Temperatuur Verwarming naast energiebesparend ook comfortverhogend is.

Geen lokale emissies

Het gebruik van warmtepompen veroorzaakt ter plaatse geen luchtverontreiniging. Dit gebeurt op de plaats van de stroomopwekking. In het geval van duurzame stroomopwekking is er zelfs helemaal geen sprake van luchtverontreiniging!

1.6 Wanneer kan ik een warmtepomp toepassen en waar moet ik op letten?

Kosten

Kosten zijn over het algemeen een cruciaal beslissingsargument. Hoewel warmtepompinstallaties over het algemeen hogere initiële kosten kennen is het besparingspotentieel groot en de exploitatie gunstig. Dit resulteert in lagere energiekosten tijdens de gehele gebruiksperiode. Op basis van de kenmerken van de installatie is eenvoudig vast te stellen wat de terugverdientijd van de installatie is.

Wanneer de opdrachtgever niet de uiteindelijke gebruiker van de installatie is, heeft de opdrachtgever weinig belang bij een duurzame installatie met over het algemeen hoge installatiekosten. In deze gevallen kan het voor de toekomstige gebruiker zinvol zijn zelf de extra investering voor duurzame installaties te bekostigen. Deze extra investering zal tijdens het gebruik worden terugverdiend met de lagere energiekosten. Vooraf is eenvoudig vast te stellen wat de terugverdientijd is.

Bouwkundige eisen

Warmte- en koudevraag moeten eerst voldoende worden beperkt vanuit oogpunt van energiebesparing en comfort. Dit wordt gerealiseerd met een goede zorgvuldig aangebrachte isolatie, toepassen van kierafdichting en het vermijden van koudebruggen. Hiermee wordt piekvraag van warmte en koude voorkomen. De warmtepomp kan optimaal functioneren en het



Figuur 1-3 Infrarood warmtebeeld van een bestaande woning

systeem(vermogen) wordt ook niet te groot. Warmtepompsystemen vereisen een afgiftesysteem dat geschikt is voor lagere aanvoertemperaturen. Dit stelt hogere eisen aan de bouwkundige uitvoering. Vanuit het verwarmingssysteem worden daarmee randvoorwaarden gesteld aan de bouwkundige afwerking waar elke bouwonderneming aan kan voldoen. Met de extra aandacht die dit vereist dient hiermee al bij het ontwerp en het bestek integraal rekening te worden gehouden. Achteraf is het wenselijk te controleren of de bouwkundige eisen in de praktijk ook zijn gerealiseerd.

Bestaande bouw

Bij renovatieprojecten in de bestaande bouw is een aanpassing van de bouwkundige schil een eerste stap die zou moeten worden genomen. Toch bieden zonder deze gewenste maatregelen ook warmtepompen met lucht als bron, ondersteund met een HR-ketel, een betaalbare oplossing. De HR-ketel voorziet dan in de piekvraag. Bouwkundige aanpassingen achteraf hebben vervolgens een gunstige invloed op de energieconsumptie. Een gelijktijdige integrale renovatie van de schil en de installaties geniet de voorkeur.

Bronnen

Een bijkomend aandachtspunt is het feit dat bij dalende gemiddelde buiten- dan wel brontemperaturen de rendementen van de warmtepomp zullen afnemen en dat de initiële installatiekosten hoger worden.

Wanneer het warmtepompsysteem wordt uitgevoerd met grondwater als bron, is het wenselijk de bron in de zomersituatie te regenereren, door bewust warmte in de bodem te brengen. Deze exercitie is gunstig voor het rendement van de warmtepompinstallatie in de winter. Bij het regenereren (warmte onttrekken in de winter) komt koude beschikbaar die kan worden gebruikt om te koelen.

Onderhoud

Om een langdurig en probleemloos functioneren van een warmtepompsysteem te bewerkstelligen dienen jaarlijks een aantal controle en/of onderhoudsacties te worden uitgevoerd. Deskundig personeel moet hierbij de door de warmtepompleverancier opgestelde onderhoudsvoorschriften in acht te nemen.



Belangrijke onderhoudspunten zijn:

- opstellingsruimte
- leidingen en appendages
- meten van installatieparameters
- aandrijving van de compressor
- de verdamper
- de condensor
- de tapwaterbereiding
- de regeling en beveiliging

1.7 Warmtepompen collectief of individueel

Warmtepompen kunnen worden ingezet bij de productie van warmte en koude voor distributiesystemen. Typische warmtebronnen voor dergelijke systemen zijn grondwater, restwarmte in afvalwaterstromen en zeewater. Deze systemen kunnen interessant zijn bij het opzetten van complete nieuwe woon- of kantoorwijken.

Voordelen van collectieve systemen:

- Goedkoper dan systemen met individuele bron
- Het op te stellen vermogen van het collectieve systeem is lager dan de som van de individuele vermogens
- Bivalent systeem is beschikbaar
- Minder ruimtebeslag in de woning
- Geen geluidsproblematiek op individueel niveau
- Geen onderhoud per individuele woning

Als voorwaarden voor collectieve distributiesystemen kunnen de extra investeringskosten voor het distributienet worden genoemd. Het warmtedistributiesysteem kent warmteverliezen. De aanvoertemperatuur wordt afgestemd op de gebruiker met de hoogste vraagtemperatuur. Per gebruiker is een verbruiksmeter nodig en een afrekenstructuur. Een warmtebron met een grote capaciteit is noodzakelijk.

Als tussenoplossing kan ervoor worden gekozen met een paar gebruikers één bron te delen.

1.8 Warmtepompconcepten

Er zijn een viertal belangrijke warmtepompconcepten te benoemen:

Systeem 1: Warmtepompboiler voor warmtapwaterbereiding

Systeem 2: (Bivalente) Elektrische combiwarmtepomp voor verwarming en tapwater (optioneel vrije koeling)

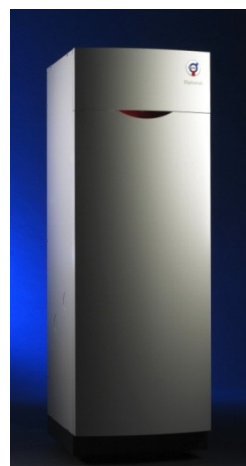
Systeem 3: Individuele combiwarmtepomp met collectieve bron

Systeem 4: Centrale warmtepompinstallatie met centrale warmtapwaterbereiding

1.8.1 System 1 Warmtepompboiler

Warmtepompboilers, bedoeld voor warmtapwaterbereiding, zijn meestal als 'plug and play' toestel ontwikkeld. Alle noodzakelijk componenten inclusief de regeling in het toestel zijn geïntegreerd. De geïntegreerde hoofdcomponenten zijn de ventilatie-unit, de warmtepomp en de boiler. De warmtepompboiler zuigt de voor de bronwarmte noodzakelijke ventilatielucht af uit de woning en verwarmt het boilerwater. Warmtepompboilers worden vaak complementair bij bestaande cv-installaties toegepast.

De installatie van warmtepompboilers is eenvoudig. Als bron wordt de bestaande afzuiginstallatie gebruikt. Verder wordt koud tapwater naar het toestel gebracht en de warmtapwateraansluiting van de warmtepompboiler aangesloten op de bestaande installatie. Met een 220V aansluitpunt wordt de stroomvoorziening verzorgd.



Figuur 1-4 Redenko Thermia Diplomat warmtepomp

1.8.2 System 2 (Bivalente) Elektrische combiwarmtepomp voor verwarming en tapwater (optioneel vrije koeling)

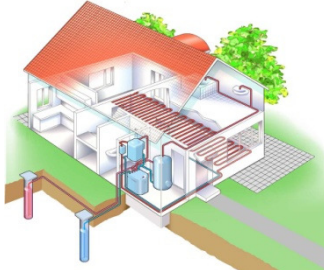
Deze warmtepompconfiguratie is beschikbaar als zogenaamde water/water (bronmedium/afgiftesysteem) en lucht/water uitvoering. In het eerste geval wordt een waterbron gerealiseerd met leidingen naar de warmtepomp. In het tweede geval wordt de buitenlucht (bron) via kanalen door de warmtepomp geleid of door een unit op het dak.

Deze laatste configuratie is goed ter vervanging van de cv-ketel bij renovatie of als concept voor nieuwbouwwoningen. Wanneer de warmtepomp wordt gebruikt in combinatie met een cv-ketel ontstaat een zogenaamd bivalent systeem.

De installatie kan worden voorzien van diverse typen afgiftesystemen. Behalve warmte voor woningverwarming, levert de installatie ook warmte voor warmtapwaterbereiding.

Reversibele (omkeerbare) warmtepompen zijn ook geschikt om te koelen. In combinatie met een koudebron (bodem) kan gebruik worden gemaakt van vrije koeling waarbij alleen elektrische pompenergie nodig is om de koelenergie beschikbaar te maken. Zoals eerder

genoemd zijn hierbij hoge rendementen mogelijk. Ook kan mechanisch worden gekoeld met de warmtepomp.



Figuur 1-5 warmtepomp met bodembron, bron: Stiebel Eltron

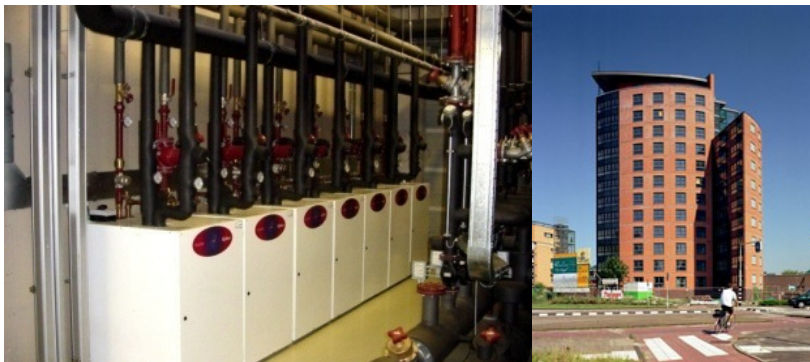
Deze configuratie kan worden toegepast in nieuwbouwsituatie en de bestaande bouw. In de bestaande bouw kan worden volstaan met een bivalent systeem, mits wordt voldaan aan minimale bouwkundige eisen ten aanzien van kierdichting en isolatie. Als de bouwkundige schil in later wordt verbeterd leidt dit tot een verdere verlaging van het energiegebruik. Het handhaven van de cv-ketel is wenselijk om de pieklast op te vangen.

Als bronnen zijn beschikbaar: verticale bodem sonde, horizontale collector, grondwater en oppervlaktewater. Wanneer geen gebruik wordt gemaakt van vrije koeling zijn buitenlucht, ventilatielucht, afvalwarmte en zonnecollector geschikt als bron.

Voor de warmteafgifte kan worden gedacht aan vloer-, wand- of plafondverwarming, radiatoren, convectoren, boiler, of combinaties hiervan. Voor de vrije koeling dient het leidingwerk dusdanig te zijn uitgevoerd dat het water uit de bron vrijelijk naar het afgiftesysteem kan worden gebracht, de warmtepomp wordt voorzien van bypassleidingen.

1.8.3 Systeem 3 Individuele combiwarmtepomp met collectieve bron

Bij grotere nieuwbouw- en renovatieprojecten is het goedkoper en eenvoudiger om gebruik te maken van een collectieve bron. Hierbij valt te denken aan seriematige woningbouw en appartementengebouwen. Een koeloptie is makkelijker te realiseren omdat in deze situaties met aquifers (bronnen) kan worden gewerkt waarin de koude is opgeslagen. Collectieve bronnen



Figuur 1-6 Centrale warmtepompinstallatie met collectieve bron voor appartementengebouwen, bron: Redenko / Stiebel Eltron.

worden relatief goedkoper als de schaalgrootte toeneemt.

Het systeem bestaat uit een centraal bronsysteem en een warmtepompinstallatie op woningniveau. Het centrale systeem bestaat uit een bron en een ringleiding.

Als bron kan worden gekozen voor restwarmte of een warme en een koude bodembron. De bronnen leveren de warmte of de koude op een laag temperatuurniveau aan het centrale ringsysteem dat langs alle woningen voert. In de woning is een warmtepomp geplaatst die de warmte of de koude onttrekt en op de gewenste temperatuur brengt om de woning te kunnen verwarmen (of koelen) of tapwater in de boiler te verwarmen.

Voor de warmte- en koudeafgifte gelden dezelfde voorwaarden als genoemd bij systeem 2. Wanneer de installatie geschikt is om te koelen wordt het afgiftesysteem hierop afgestemd.

1.8.4 **Systeem 4: Centrale warmtepompinstallatie met centrale warmtapwaterbereiding**

Het systeem bestaat uit een bronnensysteem met een warme en een koude bron, één of meerdere grote centrale warmtepompen, een groot boiler voorraadvat, een distributie leidingsysteem en warmteafgiftelichamen in de woningen. De warmtepomp kan worden uitgevoerd als elektrische, absorptie of gasmotorgedreven warmtepomp, eventueel ondersteund door een gasketel om de pieklast op te vangen.

Deze configuratie is vooral geschikt voor collectieve verwarmingsinstallaties in appartementencomplexen waarbij de warmteopwekking en de gebruikers dicht bij elkaar zitten en de warmte niet over grote afstanden (buiten het gebouw) hoeft te worden getransporteerd. Reden hiervoor is de relatief hoge temperatuur van het water in het distributiesysteem en de bijbehorende transmissieverliezen. Leidingen kunnen in dit geval beter afdoende worden geïsoleerd, waarbij de energie met relatief geringe warmteverliezen over grotere afstanden kan worden getransporteerd. Bij collectieve bronsystemen is de temperatuur van het water over het algemeen veel lager.

De Installatie kent analogie met veel voorkomende verwarmingsinstallaties in appartementengebouwen: centrale cv-ketel(s), distributieleidingen en radiatoren in woningen. Het kenmerkende verschil is de warmteopwekking, ketel versus warmtepomp. Een ander belangrijk verschil is de warmteafgifte waarbij lichamen zijn gebaseerd op een 90-70 °C temperatuurregime versus LTV waarbij de maximale aanvoertemperatuur circa 50 °C bedraagt. De consequentie hiervan is dat verwarmingslichamen groter worden uitgevoerd of dat vloer-/wandverwarming of convectoren worden toegepast. Daar staat uiteraard energiebesparing en een hoger comfortniveau tegenover.

1.9 **10 meest gestelde vragen over warmtepompen**

1. Wat voor energie gebruikt en levert de warmtepomp?

Warmtepompen gebruiken over het algemeen elektrische energie, maar zijn ook beschikbaar in gasgestookte en absorptieuitvoering. Warmtepompen leveren warm water met een maximale temperatuur van circa 55 °C. Hogere temperaturen worden gerealiseerd met warmtepompsystemen met specifieke compressoren en koudemiddel of met een elektrisch verwarmingselement in de warmtepomp voor naverwarming.

Een aantal fabrikanten beschikt over nieuwe technologie om hogere temperaturen te realiseren, zonder elektrische naverwarming.

2. Hoe groot is het aandeel hernieuwbare energie van warmtepompen?

Met duurzaam opgewekte elektrische energie is met de warmtepomp een volledig CO₂-neutraal verwarmingssysteem te realiseren.

3. Wat is de energie efficiëntie van warmtepompen?

Warmtepompen, gids voor beslissers

De huidige generatie warmtepompen levert voor verwarming circa 4 maal de hoeveelheid gebruikte energie, Coëfficiënt Of Performance (COP) is 4. Bij vrije koeling met waterbronnen kan de COP oplopen tot 10 à 20.

4. Wordt de energie efficiëntie van warmtepompen nog hoger?

Sommige leveranciers van warmtepompen beschikken over technieken met COP's van 5 à 6, een en ander is afhankelijk van de compressor en het toegepaste koudemiddel.

5. Kan in hartje winter het hele gebouw met lucht-water warmtepompen worden verwarmd?

Ja, hoewel de rendementen in de winter iets teruglopen, wordt het warmtepompsysteem hierop gedimensioneerd.

6. Zijn warmtepompsystemen geschikt voor radiatoren en/of convectoren?

Ja, de afgiftelichamen worden wel groter en moeten hierop juist worden gedimensioneerd. Bij (ventilator)convectoren is koeling mogelijk, bij radiatoren vrijwel niet.

7. Hoeveel stroom gebruiken warmtepompen?

Voor een woning met een regulier gasgebruik van 1.600 m³ per jaar voor verwarming komt het jaarlijkse stroomgebruik op 3.500 tot 4.000 kWh.

8. Hoeveel geld bespaar ik met warmtepompen?

Op basis van de afname van een regulier gasgebruik van 1.600 m³ per jaar en een jaarlijks stroomgebruik van 3.500 tot 4.000 kWh bedraagt de besparing circa € 300 (energieprijsniveau medio 2008). De specifieke besparing moet per individueel geval worden beoordeeld.

9. Wanneer de elektriciteit met fossiele brandstoffen wordt opgewekt, dragen warmtepompen dan nog bij aan de van de CO₂-reductie?

Ja, netto zal bij een Coëfficiënt Of Performance (COP) van 4 nog altijd 50% CO₂ worden gereduceerd.

10. Hoe groot is het huidige aantal in Nederland geplaatste warmtepompen?

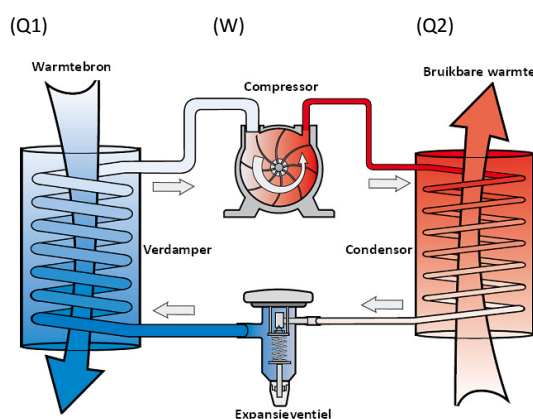
Volgens CBS waren er in 2007 meer dan 60.000 warmtepompinstallaties geplaatst.

2 Werkingsprincipe warmtepompen

Met een warmtepomp kan warmte met een lage temperatuur op een hoger temperatuurniveau worden gebracht. De ‘gratis’ omgevingswarmte met de lage temperatuur wordt in temperatuur verhoogd tot op een voor ruimteverwarming bruikbaar niveau.

De werking van een warmtepomp is grotendeels gebaseerd op het volgende natuurkundig effect: ‘Gas wordt gecompriemd tot een hogere druk, waarbij de temperatuur stijgt’.

Een warmtepomp maakt van dit verschijnsel gebruik, door in een gesloten systeem het aanwezige gas met een compressor in druk te verhogen, totdat de daarbij behorende temperatuur hoog genoeg is om een woning te kunnen verwarmen. Nadat de warmte is afgegeven, wordt de druk verlaagd en kan hierdoor weer nieuwe (duurzame) omgevingswarmte worden opgenomen. Het principe van warmtepompen is in Figuur 2-1 weergegeven.



Om dit tot een continu werkend geheel te maken, zijn de volgende hoofdcomponenten in de warmtepompkringloop nodig:

- Een warmtewisselaar om de warmte uit de omgeving (de duurzame bron) te onttrekken: de verdampelaar
- Een compressor om de druk tot het gewenste niveau te verhogen
- Een warmtewisselaar om de warmte over te dragen aan het te verwarmen object of medium (boiler of verwarmingssysteem): de condensator
- Een expansieventiel; dit is een vernauwing in het leidingwerk, waardoor de compressor druk kan opbouwen. Het koelmiddel achter het expansieventiel heeft een groter volume tot zijn beschikking, waardoor het koelmiddel kan verdampen. Bij het verdampen wordt warmte aan de bron onttrokken.

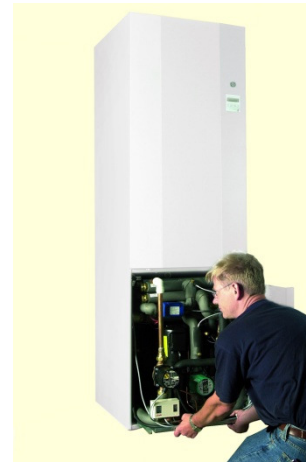
Het benodigde koudemiddel wordt gekozen aan de hand van de proceseisen, zie Hoofdstuk 2.3. Iedere woning staat bovenop een onuitputtelijke bron aan energie. Door de instraling van de zon op de aarde is er in onze omgeving voldoende duurzame gratis energie aanwezig om de gebouwde omgeving te verwarmen te koelen én ons tapwater te verwarmen.

Deze duurzame energie heeft echter een te laag temperatuurniveau om rechtstreeks in onze normale centraleverwarmingsinstallatie te kunnen worden gebruikt. Een warmtepomp is in staat om het temperatuurniveau van deze energie te verhogen, waarmee deze wel bruikbaar wordt voor het verwarmen van woonhuizen, tapwater, etc.

Warmtepompen werken volgens verschillende principes. De aandrijfenergie kan bestaan uit mechanische energie (compressiewarmtepomp) of warmte (absorptiewarmtepomp).

In woning- en utiliteitsbouw wordt meestal de elektrisch aangedreven compressiewarmtepomp toegepast. Het werkingsprincipe van deze warmtepomp wordt hierna beschreven.

De absorptie warmtepomp wordt meestal aangedreven met relatief hoogwaardige restwarmte, en kent daardoor lagere COP's. Vanwege de noodzakelijke beschikbaarheid van deze restwarmte (industrie) worden absorptiewarmtepompen meestal in de nabijheid van dergelijke afvalstromen gebouwd. Deze techniek wordt impliciet ook toegepast bij gasgestookte warmtepompen.



Figuur 2-2 Elektrische compressiewarmtepomp, Techneco Vulcan 1

2.1 Elektrische compressiewarmtepomp

Om een warmtepompcyclus te doorlopen, heeft men een compressor, een condensor, een verdamper en een expansieventiel nodig, zie Figuur 2-1. De warmte wordt aan de warmtebron onttrokken, welke vervolgens door het warmteafgiftesysteem wordt afgegeven. Een warmtedragend medium stroomt tussen de warmtebron en het warmteafgiftesysteem. Het warmtedragend medium verdampt bij een lage druk in de verdamper en neemt hierbij warmte (Q_1) op vanuit de warmtebron (analoog met alcohol die op je hand verdampt en daarbij warmte onttrekt). De compressor zuigt de gassen uit de verdamper en perst deze samen waardoor de temperatuur en het kookpunt worden verhoogd. De compressor levert hierbij arbeid (W). Deze gassen onder hoge druk en op hogere temperatuur worden in de condensor afgekoeld en daarbij vanuit gasvormige toestand vloeibaar gemaakt. Hierbij wordt warmte (Q_2) afgestaan aan het warmteafgiftesysteem (nuttige warmte). In het expansieventiel keert het koudemiddel terug naar zijn oorspronkelijke druk om in de verdamper opnieuw te kunnen verdampen.



De hoofdcomponenten van een warmtepomp zijn:

- verdamper
- compressor
- condensor
- expansieventiel

De afgegeven nuttige warmte is de opgenomen warmte in de verdamper + de arbeid die door de compressor geleverd wordt: $Q_2=Q_1+W$, zie Figuur 2-1.

2.2 Warmtebronnen

Om een warmtepomp goed te kunnen toepassen, zal op voorhand moeten worden gekeken naar een geschikte bron om de benodigde (gratis) warmte te leveren. De keuze zal afhangen van de plaatselijke omstandigheden en de warmtepomptoepassing. Hierbij kan men kiezen uit:

- *Luchtbronnen*
- *Bodemwarmte*
- *Restwarmte* uit bijvoorbeeld industriële processen

De genoemde bronnen zijn verder te specificeren als:

- *Luchtbronnen:*
 - de omgevingslucht (buitenlucht) of
 - de ventilatielucht van de woning of van het gebouw
- *Bodemwarmte:*
 - warmte uit de bodem onder het gebouw tot een diepte van circa 30 - 70 m of
 - warmte uit de bodem naast het gebouw tot een diepte van circa 1 - 1,5 m of
 - warmte uit oppervlakte- of zeewater
- *Restwarmte* uit bijvoorbeeld industriële processen

De soorten en verschijningsvormen van bronnen zijn inhoudelijk uitgewerkt en toegelicht in hoofdstuk 3.2

2.3 Koudemiddelen



Figuur 2-3 Openbron pompput met bronkop, bron: Redenko / Boren van een monobron, bron: Stiebel Eltron

De ozonlaag beschermt de aarde tegen een te hoge instraling van ultraviolet (UV)-licht. Onder invloed van de emissie van stoffen als chloorfluorkoolwaterstoffen (Cfk's) en halonen is de dikte van de ozonlaag sinds 1980 afgenomen. De hierdoor toegenomen UV-straling heeft schadelijke gevolgen voor mens en natuur. Veranderde wetgeving heeft er toe geleid dat de concentratie van ozonlaagafbrekende stoffen in de atmosfeer sinds 2005 langzaam daalt. Het zal nog enige jaren duren voordat het effect van inmiddels uitgestoten stoffen is verdwenen.

Om de schadelijkheid van koudemiddelen te kunnen duiden zijn de begrippen GWP, ODP en TEWI geïntroduceerd:

1. GWP; Global Warming Potential: drukt de emissie van een bepaald broeikasgas uit als een 'CO₂-equivalente' emissie met betrekking tot het broeikaseffect;
2. ODP; Ozone Depletion Potential: deze waarde geeft de verhouding weer van het ozonafbrekend vermogen van een bepaald gas ten opzichte van het ozonafbrekend effect van Cfk-11;
3. TEWI; Total Equivalent Warming Impact: Bij TEWI worden de broeikasgasemissies in CO₂-equivalenten in de productiefase, de gebruiksfase en de afvalfase beschouwd.

Ter indicatie:

- De GWP_(100 jaar) waarde van het koudemiddel R-404A (mengsel van R143a/R125/R134a) bedraagt 3750.
- De GWP_(100 jaar) waarden van nieuwe koudemiddelen R290, R744, propaan en CO₂ zijn kleiner dan 5.

2.4 Typen koudemiddelen

Er zijn een aantal typen koudemiddelen te onderscheiden die allen een eigen status hebben voor wat betreft hun gebruik, namelijk:

- *Cfk's: verboden*, Chloorfluorkoolwaterstoffen bevatten naast chloor- en fluoratomen geen waterstof (H) atomen
- *HCfk's: verboden*, Chloorfluorkoolwaterstoffen bevatten naast chloor- en fluoratomen nog één of meer waterstof (H) atomen
- *HFK's: toegestaan, Synthetische koudemiddelen*, Fluorkoolwaterstoffen die naast fluoratomen nog één of meer waterstof (H) atomen bevatten
- *HK's: toegestaan, Natuurlijke koudemiddelen*, Reguliere gassen als Propaan, Propeen, CO₂ en Ammoniak

Alle categorieën kennen hun eigen verschijningsvormen, zie Tabel 2.1 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** In de categorie natuurlijke koudemiddelen staan een aantal algemeen bekende meestal niet schadelijke gassen.

Tabel 2.1 Typen koudemiddelen en hun verschijningsvormen

HCfk's	Cfk's	HFK's	HK's (natuurlijke koudemiddelen)
R22	R11 R12 R502	R407c R134a R410a	Propaan Propeen CO ₂ Ammoniak

3 Systeemkenmerken

3.1 Systeemkeuze

De keuze van een warmtepompsysteem blijkt in de praktijk vaak niet eenvoudig. Waar de keuze van ketels gewoonlijk beperkt blijft tot een VR- of HR-uitvoering, ligt dit bij warmtepompen gecompliceerder. De keuzemogelijkheden bestaan uit elektrische, gasgestookte en absorptiewarmtepompen. En dan praten we alleen nog maar over de functie verwarming. Andere functies, zoals koeling, maken het plaatje complexer. Ook kan elke warmtepomp meerdere soorten bronnen benutten. In het navolgende worden de verschillende opties toegelicht.

3.2 Bronsoorten voor warmtepompen

Er kunnen globaal drie soorten bronnen voor warmtepompen worden onderscheiden:

- Lucht
- Bodemwarmte
- Restwarmte

Deze drie bronnen komen zowel voor als 'natuurlijke' bron (buitenlucht, bodemwarmte, grondwater, oppervlaktewater en directe zonnestraling) en als restproduct (afvalwarmte uit ventilatielucht, afvalwater, industriële processen enz.).

De keuze van de bron is afhankelijk van situatiefactoren, zoals de beschikbaarheid van de bron, de mogelijkheid tot grondboringen en de aanwezigheid van afvalwarmtestromen. Per project dient een goede afweging te worden gemaakt met betrekking tot de meest optimale warmtebron.

Selectie warmtepompbron

De keuze van de warmtepompbron is erg belangrijk voor het functioneren van de warmtepomp. Op voorhand moet goed worden gekeken naar een geschikte bron. De keuze hangt af van de plaatselijke omstandigheden en de warmtepomptoepassing.

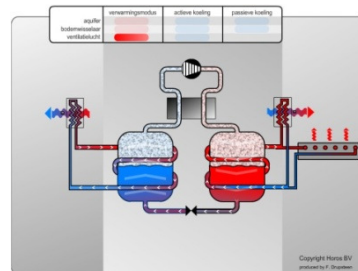
Bij bodemwarmte worden de begrippen sole en brijn gehanteerd. Met sole wordt de bodem bedoeld die als bron wordt gebruikt voor het warmtepompsysteem. Wanneer wordt gesproken van een brijn/water (B/W) warmtepomp, dan wordt daarmee bedoeld dat de warmte uit de bron wordt onttrokken met een water/glycolmengsel. Dergelijke systemen worden uitgevoerd als gesloten systeem. Hiermee wordt het ook mogelijk warmte te onttrekken op een temperatuurniveau dat lager is dan 0 °C.

Voor de juiste keuze van de bron zijn factoren van belang als: warmtebehoefte, (eventueel gewenste) koudebehoefte, beschikbaarheid brontypen, gemiddelde brontemperatuur, minimale brontemperatuur in de winter en brontemperatuur na één of meerdere seizoenen. Afhankelijk van de situatie kan op basis hiervan worden gekozen voor een bepaald type bron. Hieronder worden de verschillende bronnen één voor één toegelicht.

3.2.1 Lucht

Als luchtbronnen komen alle beschikbare luchtstromen in aanmerking. Binnen deze omschrijving worden vooral ventilatielucht en buitenlucht als bron bedoeld.

De moderne woningen / gebouwen in Nederland dienen te worden geventileerd om de bewoners een gezond binnenmilieu te bieden en om de bouwkundige delen tegen vochtinwerking te beschermen. De afgezogen lucht is gemiddeld 20°C en kan prima als bron voor bijvoorbeeld een warmtepomp(boiler) dienen om het cv- en tapwater te verwarmen. Door hun universele toepassing zijn



Figuur 3-1 Schematische weergave van een lucht-water warmtepomp, bron: Horos



Figuur 3-2 Opstelling lucht-water warmtepomp, bron: Stiebel Eltron

deze warmtepompboilers zeer populair in Europa. Warmtepompen voor cv-toepassingen zijn in opkomst.

Hoewel de hoeveelheid beschikbare lucht vrij beperkt is zit er meer warmte in dan voor het verwarmen van tapwater kan worden benut. Vooral Duitsland, Oostenrijk en Scandinavië leveren grotere toestellen, die in staat zijn extra warmte terug te winnen voor centrale verwarming.

Omgevingslucht

De omgevingslucht heeft als groot voordeel dat deze overal in onbeperkte mate voorhanden is. De aanschaf- en installatiekosten voor het benutten van de omgevingslucht als warmtebron voor een warmtepomp zijn dan ook relatief laag. Het nadeel is dat de buitentemperatuur laag is als er veel warmte nodig is. Dit resulteert in een relatief lage COP van de warmtepomp. Een soortgelijke situatie ontstaat bij koelen in de zomer wanneer de buitentemperatuur hoog is. Dit betekent dat het gemiddelde jaarrendement van dergelijke systemen wat lager is dan bij systemen die gebruikmaken van bodem- of restwarmte.



Figuur 3-3 Buitenluchtunit van een lucht/water warmtepomp, bron: Carrier / Stiebel Eltron / Danfos

3.2.2 Bodemwarmte



Figuur 3-4 Horizontaal bronleidingen in de bodem, bron: Carrier / Danfoss / Stichting warmtepompen / Nlbe

Om de bodemwarmte als bron te benutten, worden open of gesloten bodemwarmtewisselaars gebruikt. Hierdoor is het mogelijk om in de bodem opgeslagen warmte te benutten.

De aardbodem slaat de door de zon ingestraalde warmte op waardoor er al vanaf een geringe diepte een vrij constante temperatuur van 10 à 12°C heerst. Er zijn een aantal soorten bodemwarmtewisselaars te onderscheiden:

1. De **horizontale bodemwarmtewisselaar** is gemakkelijk aan te leggen en levert een goed jaarrendement. De bodemwarmtewisselaar dient te worden gedimensioneerd aan de hand van de plaatselijke bodemgesteldheid. Het nadeel is wel dat er een relatief grote oppervlakte nodig is. Deze is bij de meeste woningen in Nederland vaak niet beschikbaar.
2. Indien de benodigde grondoppervlakte niet beschikbaar is, kan de bodemwarmtewisselaar verticaal worden ingebracht. De **monobron** (of sonde) vergt een gedegen bodemanalyse vooraf, en een nauwe samenwerking met een grondboorbedrijf dat ervaring heeft op dit terrein.
3. Gebruikelijk worden er in Nederland **aquifers** toegepast tot een diepte van 20 tot 80 m. De juiste diepte, het aantal en de afstand tussen de bronnen is afhankelijk van de bodemgesteldheid, de beschikbare ruimte en de uiteindelijke warmte- en koudeonttrekking.
4. In een aantal gevallen is het mogelijk open water of **oppervlaktewater** als bron te gebruiken voor de warmtepompinstallatie. Hierbij valt te denken aan rivieren, beken of zeewater. Aandachtspunt is overleg met de betreffende autoriteiten over het gebruik.

Met de eerste drie systemen kunnen in de zomer de bronnen worden geregenereerd. Hiermee wordt het mogelijk de overtollige warmte in de woning (het gebouw) af te voeren (koelen) en de bron hiermee op een hoger temperatuurniveau te brengen. Het installatierendement stijgt bij het verwarmen van de woning in de wintersituatie.

Bodemwarmte horizontale bodemwarmtewisselaar

Om de warmte uit de bodem te halen wordt gebruik gemaakt van een gesloten bronsysteem, bestaande uit kunststof leidingen (de collector), gevuld met een antivriesmengsel (water/glycol, sole). De gesloten bronsystemen worden veel toegepast in de woningbouw. De methodiek voor het berekenen en dimensioneren van bronnen is beschreven in ISSO-publicatie 73. In Tabel 3.1 zijn richtwaarden opgenomen voor het onttrekkingsvermogen voor horizontale bodemwarmtewisselaars.

Tabel 3.1 Richtwaarden onttrekkingsvermogen horizontale bodemwarmtewisselaars

Bodem	Onttrekkingsvermogen (richtwaarden)
Droge zandgrond	10-15 W/m ²
Natte zandgrond	15-20 W/ m ²
Droge leemgrond	20-25 W/ m ²
Natte leemgrond	25-30 W/ m ²
Grondwatervoerende grond	30-35 W/ m ²

De laatste jaren zijn er veel ontwikkelingen geweest op het gebied van dimensionering, materiaal, productie en kwaliteitsboring van de grondcollectortechniek. De dimensionering van de grondcollectoren gebeurt aan de hand van de bodemgesteldheid en de verwarmingsbehoefte. Voor horizontale grondcollectoren is een diepte van 1,2 tot 1,5 meter gebruikelijk. Op deze diepte kunnen grondcollectoren het hele jaar door voldoende warmte aan de bodem onttrekken.

Bodemwarmte monobron

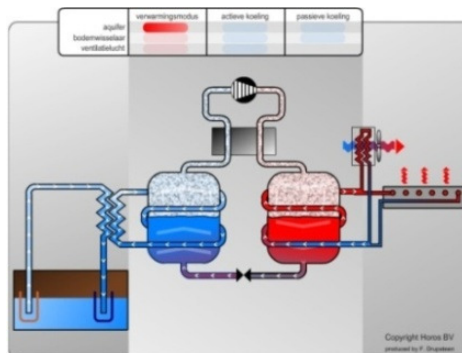


Figuur 3-5 Verticale bodemwarmtewisselaar, bron: Stichting Warmtepompen, Digitale Wegwijzer Warmtepompen / Nibe / Grondboorbedrijf Haitjema B.V.

Vanwege het relatief grote oppervlak dat nodig is voor horizontale grondcollectoren wordt in Nederland vaak gebruik gemaakt van verticale grondcollectoren, een zogenaamde ‘sonde’, zie Figuur 3-4. Bij dit type bron wordt geboord tot op een diepte van 30 tot 50 m.

De temperatuur van het Nederlandse grondwater ligt tussen de 10°C en de 12°C op 30 - 70 m. Het voordeel van grondwater als bron is de hogere temperatuur die na langere periode beschikbaar is. De kosten per woning vallen lager uit wanneer meerdere woningen gebruik maken van één bron. Als aandachtspunten kunnen de bodemwaterkwaliteit en de benodigde vergunningen worden genoemd.

Richtwaarden voor mogelijke specifieke onttrekkingsvermogens voor bodemwarmtesonden zijn weergegeven in Tabel 3.2. De waarden gelden per geboorde meter voor dubbele-U-buissonden met ca. 2.000 draaiuren, conform VDI 4640 blad 2. Zie ISSO-publicatie 73 voor de berekeningsmethodieken.



Figuur 3-6 Schematische weergave van een water-water warmtepomp, bron: Horos

Bodemwarmte Aquifer / open bron

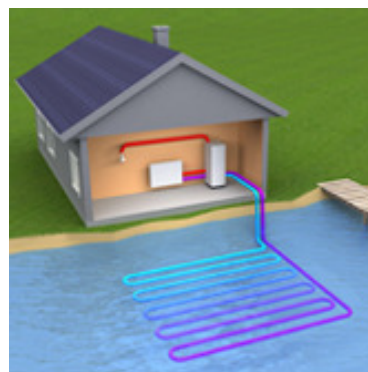
Een alternatief voor de gesloten bodemwarmtewisselaar is het open bronsysteem waarbij grondwater als warmtebron wordt benut. Hierbij wordt grondwater onttrokken en nadat de warmte is onttrokken wordt het grondwater via een tweede bron in de bodem geïnjecteerd.

Tabel 3.2 Richtwaarden onttrekkingsvermogens voor bodemwarmtesonden

Ondergrond	Specifiek Warmte onttrekkingsvermogen* (conform VDI 4640 blad 2)
Algemene richtwaarden	
Slechte ondergrond (droog sediment) (<1,5W/(m.K))	20 W/m
Normale ondergrond vast gesteente en met water verzadigd Sediment (1,5 < sed < 3,0 W/(m.K))	50 W/m
Vast gesteente met hoog warmtegeleidingsvermogen (>3,0 W/(m.K))	70 W/m
Types gesteente	
Kiezel, zand, droog	<20 W/m
Kiezel, zand, watervoerend	55-65 W/m
Klei, leem, vochtig	30-40 W/m
Kalksteen (massief)	45-60 W/m
Zandsteen	55-65 W/m
Zure stollingsgesteenten (bv. graniet)	55-70 W/m
Basische stollingsgesteenten (bv. basalt)	35-55 W/m
Gneis	60-70 W/m
*(dubbele-U-buissonden; ca. 2.000 draaiuren)	

Oppervlaktewater

Voorbeelden van bronnen als oppervlaktewater zijn rivieren, beken of zeewater. Warmteonttrekking gebeurt met gesloten warmtewisselaars zoals in Figuur 3-7 is weergegeven. Bij gebruik van zeewater moet rekening worden gehouden met corrosie. Bij warmteonttrekking aan oppervlakte- of zeewater wordt geen energie opgeslagen die in een zomersituatie bruikbaar is als bron voor koeling.



Figuur 3-7 Schematische weergave van oppervlaktewater als warmtebron, bron: Danfoss

3.2.3 Restwarmte processen

In deze categorie zijn andere mogelijke bronnen te benoemen die hiervoor nog niet zijn genoemd. Te denken valt aan restwarmte uit bijvoorbeeld (industriële) processen, maar ook aan restwater afvalstromen zoals de riolering of mestputten van boerderijen. Het temperatuurniveau van afvalwarmte van industriële processen is vaak relatief hoog wat tot gunstige COP's leidt. De beschikbaarheid in de nabije omgeving en de leveringszekerheid zijn punten van aandacht.

3.3 Wet- en regelgeving bronnen

Een ander aspect van de bronkeuze is de eventuele noodzaak voor een vergunningaanvraag. Afhankelijk van het soort bronsysteem kan een vergunning nodig zijn:

- Voor warmteterugwinning voor een warmtepompboiler uit ventilatielucht is geen vergunning vereist
- Voor plaatsing van een luchtwarmtewisselaar voor een warmtepompboiler aan de buitenkant van een huis moet een bouwvergunning bij de gemeente worden aangevraagd, of kan worden volstaan met een melding bij de gemeente, afhankelijk van de plaats op het dak of aan de gevel. De gemeentelijke Dienst Bouw- en Woningtoezicht kan meer informatie geven
- Voor kleine gesloten bronsystemen voor individuele woningen is geen vergunning nodig. Het Ministerie van VROM heeft regelgeving in voorbereiding, maar deze wordt naar verwachting pas over enkele jaren van kracht
- Voor open bronsystemen (meestal grotere systemen voor bedrijven of woonwijken) is een vergunning nodig in het kader van de Grondwaterwet. De vergunningaanvraag moet bij de provincie worden ingediend

3.4 Monovalent, mono-energetisch en bivalent

De warmtebron en de bouwkundige situatie hebben een grote invloed op de gewenste uitvoering van de warmtepompinstallatie. Afhankelijk van de (bouwkundige) situatie en de gekozen/noodzakelijke bron kan worden gekozen voor een monovalent, mono-energetisch of bivalent systeem. De verschillen zitten in de keuze voor alleen een warmtepomp (monovalent), een warmtepomp aangevuld met een elektrisch verwarmingselement (mono-energetisch) of een warmtepomp met een extra warmteopwekker (bivalent). Hieronder worden de verschillende opties toegelicht.

3.4.1 Monovalent

Monovalente warmtepompsystemen worden het meest toegepast. Bij dergelijke installaties wordt de cv-ketel integraal vervangen door de warmtepomp. De verwarmingsbehoefte wordt daarbij één op één geïnstalleerd. Deze toepassing verdient de voorkeur wanneer gebruik wordt gemaakt van buffervaten om de schakelfrequentie van de warmtepomp te minimaliseren. In de regel wordt monovalent bedrijf gebruikt bij water/water warmtepompen.

3.4.2 Mono-energetisch

Mono-energetische warmtepompsystemen zijn uitgelegd op de gemiddelde warmtevraag die gedurende een groot deel van het jaar noodzakelijk is. Voor de pieklast zijn mono-energetische systemen als back-up uitgevoerd met een elektrisch verwarmingselement voor naverwarming. Dit systeem wordt meestal toegepast bij lucht/water warmtepompen en warmtepompboilers.



Figuur 3-8 Verwarmingselement met een vermogen van 8,8 kW voor bivalent of Mono-energetisch systeem, bron: Stiebel Eltron

3.4.3 Bivalent

Bivalente warmtepompsystemen zijn uitgelegd op de gemiddelde warmtevraag die gedurende een groot deel van het jaar noodzakelijk is. De systemen zijn aanvullend uitgevoerd met een conventionele warmteopwekker voor de pieklast. Dergelijke toepassingen zijn gangbaar bij renovatie. Nadeel hiervan is dat tweemaal zoveel opstellingsruimte is vereist voor de verwarmingstoestellen. Vaak kan met bouwkundige ingrepen de transmissie worden vermindert waardoor kan worden volstaan met een monovalente of mono-energetische installatie.

3.5 Warmtepompbedrijf zomer / winter

Afhankelijk van de zomer- of wintersituatie kennen warmtepompen een ander type bedrijf. In de winter wordt de aan de bron onttrokken warmte door een warmtepomp op het gewenste temperatuurniveau gebracht en aan het afgiftesysteem afgegeven. Afhankelijk van het type bron wordt het gekoelde medium teruggevoerd naar de koudebron. Hiermee wordt deze 'geladen' voor het koelbedrijf in de zomersituatie. Het in de zomer 'laden' van de bron is gunstig voor de rendementen in de winter.

In de zomersituatie kunnen reversibele (omkeerbare) warmtepompsystemen worden gebruikt om te koelen. Wanneer in de wintersituatie 'koude' is geladen met de warmtepompinstallatie kan in eerste instantie worden gekoeld met het 'vrije-koelingsprincipe'. Hierbij wordt koude uit de bron gebruikt om warmte te onttrekken aan het afgiftesysteem. Hiervoor wordt alleen water rondgepompt. Wanneer het koelvermogen onvoldoende blijkt wordt de warmtepompinstallatie ingeschakeld om mechanisch te kunnen koelen. Als er geen koude is geladen (of er geen koude meer beschikbaar is), dan kan met een reversibele warmtepompinstallatie altijd mechanisch worden gekoeld.

De elektrische compressiewarmtepomp en de warmtepompboiler zijn de meest gangbare omzeters. De systemen kunnen worden uitgevoerd met elektrische naverwarming of een extra conventionele warmteopwekker voor de pieklast. Bij warm tapwaterbereiding speelt de

legionellaproblematiek een belangrijke rol. Elektrische naverwarming is hierbij belangrijk omdat warmtepompen veelal niet de gewenste minimale aanvoertemperatuur kunnen realiseren, hoewel dit ongunstig is voor het jaarrendement van het systeem. Momenteel wordt door warmtepompleveranciers hard aan de technieken gewerkt om de aanvoertemperatuur te verhogen en daarmee naverwarming met elektrische elementen overbodig te maken.

Een nieuwe ontwikkeling is de Hr-ketel met geïntegreerde warmtepomp die gebruik maakt van lucht als bron. Dit toestel kan één op één worden uitgewisseld met een bestaande Vr- of Hr-ketel. De enige vereiste aanpassing is de toe- en afvoer van lucht die fungeert als bronmedium voor de warmtepomp.



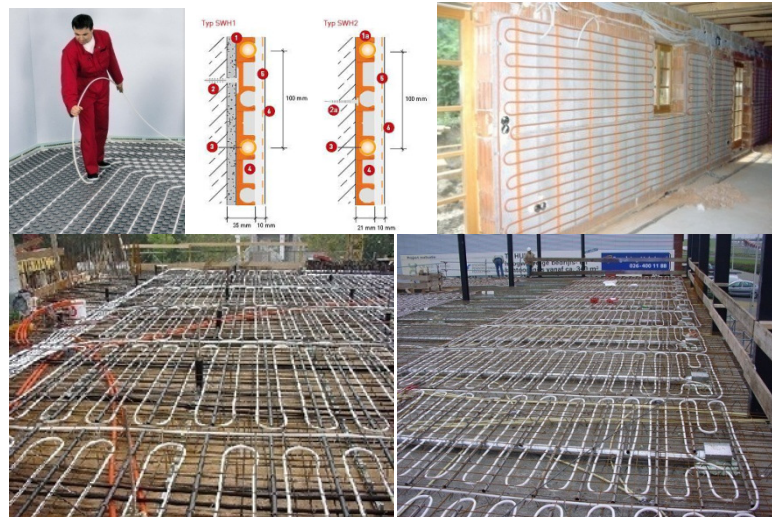
Figuur 3-9 Elektrische compressiewarmtepomp, bron: Redenko Thermia diplomat / Stiebel Eltron / Nibe

Vaker toegepast in utiliteitprojecten zijn de gasmotor warmtepomp en de gasgestookte absorptiewarmtepomp al dan niet aangevuld met gasketel, warmtekracht of stadsverwarming. Deze opwekkers zijn dusdanig afgestemd op de utiliteitsbouw

dat ze voor woningtoepassingen minder geschikt zijn.

3.6 Warmteafgifte zomer / winter

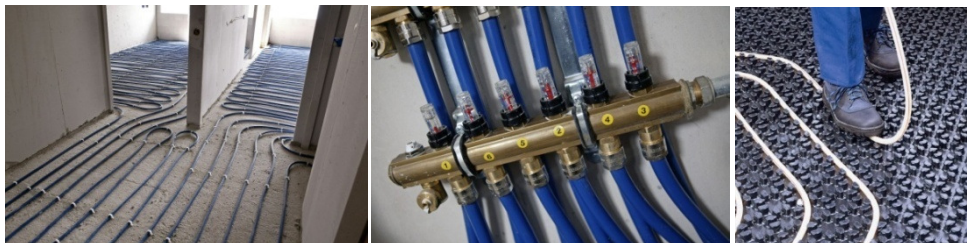
In de woningbouw zijn met name de afgiftesystemen in de winter van belang voor verwarmingsdoeleinden. Koelwensen zijn momenteel nog niet echt ingeburgerd, hoewel bij sommige nieuwbouwwoningen koeling wenselijk is vanwege de doorwarming ten gevolge van de hoge isolatiegraad. Belangrijk bij warmtepomp installaties is het



Figuur 3-10 Lage Temperatuur Verwarming in vloer / wand / betonactivering, bron: www.uponor.nl / www.technea.nl / Betonson, Thermo-Actief Benelux

gegeven dat de afgiftesystemen bij voorkeur worden gedimensioneerd op lage temperaturen, de zogenaamde Lage Temperatuur Verwarmingssystemen (LTV). Dit is noodzakelijk om het rendement van warmtepompen gunstig te beïnvloeden. Hoe hoger de noodzakelijke aanvoertemperatuur, hoe lager het systeemrendement. Het verdient daarom de voorkeur het verwarmd oppervlak (VO) zo groot mogelijk te maken. Dit heeft ook een gunstige invloed op het comfort. Vanwege het lagere regime van de aanvoertemperatuur die inherent is aan

warmtepompsystemen is het wenselijk om van radiatoren over te schakelen op vloer- en wandverwarming en/of convectoren.



Figuur 3-11 Warmteafgifte met vloerverwarming, bron Redenko / Techneco

Een beproefd warmteafgifteconcept bij warmtepompsystemen is vloerverwarming, eventueel aangevuld met radiatoren. Andere opties zijn radiatoren, convectoren, wandverwarming of luchtverwarming. Wanneer het systeem wordt uitgevoerd met radiatoren of convectoren moet er rekening worden gehouden met de afmetingen van de verwarmingslichamen. Hierbij is de dimensionering des te belangrijker omdat bij het verlagen van de aanvoertemperatuur naar LTV niveau de warmteafgifte aanzienlijk afneemt en de afmetingen van het verwarmingslichaam toeneemt. Wanneer een 90-70 °C aanvoertemperatuurregime wordt verlaagd naar een 50-30 °C regime kan dit een factor 2 à 3 betekenen in het op te stellen Verwarmd oppervlak (VO).



Figuur 3-12 Warmtepompboiler, bron: Stiebel Eltron

4 Vergelijk systemen op basis van rendement

4.1 Definitie rendementen

Het rendement van een warmtepomp wordt gegeven als de verhouding tussen geleverde energie en gebruikte energie. Die verhouding wordt aangeduid met het prestatiecoëfficiënt – COP (Coefficient of Performance). Afhankelijk van het type warmtepomp en het toepassingsgebied ligt deze COP voor verwarming tussen 3 en 6.

De COP wordt bepaald onder genormeerde omstandigheden. Hierbij zijn de verdamper en condensor-temperaturen belangrijke factoren. De testomstandigheden zijn vastgelegd in NEN-EN 14511¹.

Om het rendement van warmtepompen te kunnen vergelijken met dat van andere warmteopwekkers zoals een HR-ketel, en gasgedreven warmtepompen, wordt de COP omgerekend naar een PER. Dit staat voor Primary Energy Ratio, en is vrij vertaald de ‘primaire energieverhouding’. PER is de verhouding tussen de hoeveelheid geleverde energie en gebruikte primaire energie.

De energie die wordt gebruikt door een warmtepomp, gas of elektriciteit, kent een omzettingrendement. Zo wordt het rendement van elektriciteitsopwekking bepaald door het rendement van de elektriciteitscentrale en het transport inclusief netverliezen naar de gebruiker. In Nederland ligt die op ruim 40%. Voor de elektrische warmtepomp wordt de PER-waarde dan: $PER = COP \times 0,4$.

Tabel 4.1 Indicatie PER waarden energieopwekkers

Techniek	COP	PER	Energiegebruik t.o.v. HR
Elektrische warmtepomp	>3,5	1,4 - 1,6	70% - 61%
Elektrische warmtepomp (volgende generatie)	5	2,5	39%
Gas warmtepomp	-	1,4 - 1,6	70% - 61%
Gas warmtepomp (volgende generatie)	-	1,7 - 2	60% - 45%
HR	-	0,98	100%
HRE	-	1,1 - 1,3	89% - 76%

Zo wordt ook het rendement van het systeem van gasproductie bepaald door het rendement van de winning en het transport inclusief distributieverliezen naar de gebruiker. De gemiddelde efficiëntie van gasdistributie in Europa is 0,91, en mag ook worden verondersteld te gelden voor Nederland. Deze factor dient ook in een integrale beschouwing van andere energiesystemen, zoals gasgedreven warmteopwekkers (HR-ketels), te worden meegenomen bij de bepaling van de PER waarde.

¹ De NEN-EN 14511 vervangt NEN-EN 255 en is verschenen in 2004, de laatste versie in december 2007. In de nieuwe norm zijn een aantal testcondities hergedefinieerd waardoor de warmtepompen over het algemeen op een lagere COP uitkomen dan met de oude norm Om de gegevens onderling te kunnen vergelijken is het daarom belangrijk te weten volgens welke norm de COP die zijn vastgesteld.

De COP en PER zijn prestatiepunten voor de warmtepomp, toegepast in een verwarmingssysteem leidt de prestatie van de warmtepomp tot een systeemrendement uitgedrukt als SPF (System Performance Factor). Dit systeemrendement is gebaseerd op de verhouding tussen het energiegebruik (inclusief randapparatuur) en de geleverde warmte gedurende het hele jaar.

In Tabel 4.3 is een overzicht gegeven van de hiervoor genoemde en andere veel gebruikte rendementen die bij warmtepompsystemen worden gehanteerd.

Type warmteopwekker	Warmte vraag (kWh)	Rendement (%)	Primaire Energie (kWh)	Specifieke CO ₂ Emissie (kg CO ₂ /kWh)	Jaarlijkse CO ₂ Emissie (kg)
Olieketel	10.000	80	12.500	0,274	3.425
Gasketel	10.000	95	10.526	0,202	2.126

Tabel 4.2 Benchmark CO₂ productie van conventionele toestellen en warmtepompen²

Elektrische boiler	10.000	95	10.526	0,472	4.969
Elektrische warmtepomp, SPF = 3	10.000	300	3.330	0,472	1.574
Elektrische warmtepomp, SPF = 6	10.000	600	1.670	0,472	787
Elektrische warmtepomp, elektriciteit van duurzame bron	10.000	300	3.330	0	0

4.2 CO₂ reductie

Met warmtepompen is wereldwijd een reductie op de CO₂ mogelijk van circa 8%. De mate waarin CO₂-reductie kan worden bereikt met een verwarmingstoestel hangt af van de gebruikte primaire energie en de omzettingrendementen. Het potentieel van CO₂-reductie zal in de toekomst verder toenemen omdat de rendementen van zowel elektriciteitscentrales als warmtepompen toenemen. Voor huishoudelijke toepassingen zijn COP's van 5 à 6 realiseerbaar terwijl STEG-centrales rendementen halen van 55% en hoger. Warmtepompen hebben om deze reden een groot milieuvoordeel ten opzichte van conventionele installaties. Het potentieel van warmtepompen is een uitnodiging die vraagt om realisatie door R&D afdelingen, overheden en bedrijfsleven.



Met warmtepompen in combinatie met elektriciteit uit wind, fotovoltaïsche zonne-energie of bio-energie is het nu al mogelijk met beschikbare technologie CO₂-neutraal te bouwen.

² Bron IEA OECD, 'Renewable energy for a cleaner future'; Heat pumps can cut global CO₂ emissions by nearly 8%

Warmtepompen, gids voor besissers

Een belangrijk keuzecriterium in de woningbouw en utiliteitsbouw is de te behalen EPC met de verschillende maatregelen. Voor warmtepompen is de bepaling van het opwekkingsrendement van de gebruikte elektrische energie een belangrijke factor. Hiervoor worden normgetallen gebruikt die geen reële benadering meer zijn van de werkelijkheid en vooral geen benadering zijn van het energiegebruik over de levensduur van de installatie. De energetische vergelijking met andere warmte opwekkers zoals Hr-ketels wordt daardoor minder positief weergegeven. De hogere rendementen van toekomstige energieopwekking in STEG-centrales en de duurzame opgewekte elektriciteit (10% in 2010 en 50% in 2020) zijn gunstig voor de toepassing van warmtepompen.

Duurzaam opgewekte elektriciteit is CO₂-neutraal en draagt daarmee bij aan het klimaat en het behoud van reserves van fossiele energie. Bij gebruik van duurzaam opgewekte elektriciteit zijn warmtepompen dan ook de enige mogelijkheid om CO₂-neutraal te verwarmen.

Afkorting	Naam	Toelichting
COP	Coëfficiënt Of Performance	Verwarmingsrendement COP : Prestatiecoëfficiënt (COP) is de verhouding tussen de afgegeven warmte en de opgenomen energie (elektriciteit of gas) voor een specifieke bron en afgiftetemperaatuur.

Tabel 4.3 Definities van warmtepompndementen

EER	Energy Efficiency Ratio	Koelrendement EER : Energie-efficiëntieverhouding (EER) is de verhouding tussen de afgegeven koude en de opgenomen energie (elektriciteit of gas) voor een specifieke bron en afgiftetemperaatuur.
SCOP	Seasonal Coëfficiënt Of Performance	SCOP : Seizoensgebonden prestatiecoëfficiënt (SCOP). Jaargemiddelde COP van de warmtepomp. De SCOP wordt gemeten onder normcondities (EN 14511). In de C.O.P. wordt een deel van het energieverbruik van de pomp(en) meegenomen voor zover dit het interne verlies in de warmtepomp betreft. Omdat bron en afgiftetemperaturen over het jaar variëren is de S.C.O.P. doorgaans hoger dan de C.O.P.
SEER	Seasonal Energy Efficiency Ratio	SEER : Seizoensgebonden energie-efficiëntieverhouding (SEER) is de gemiddelde energie-efficiëntieverhouding van het warmtepompsysteem, gerekend over het gehele koelseizoen op een bepaalde locatie.
SPF	System Performance Factor	SPF : Seizoensgebonden prestatiecoëfficiënt. Is de gemiddelde prestatiecoëfficiënt (COP) van het warmtepompsysteem, gerekend over het gehele stookseizoen op een bepaalde locatie.
PER	Primary Energy Ratio	Primaire energieverhouding PER : De primaire energieverhouding (PER) wordt verkregen door: COP × 0,4 (COP/2,5) voor elektrische warmtepompen COP × 0,91 (of COP/1,1) voor gas- of gasabsorptie warmtepompen Hierbij staat 0,40 voor de huidige gemiddelde Europese elektriciteitsopwekkingsefficiëntie, netverliezen meegerekend. Hierbij staat 0,91 voor de huidige gemiddelde Europese gasefficiëntie, distributieverliezen meegerekend.

5 Keurmerk en systeemkwaliteit

In Nederland en Europa zijn verschillende normen en keurmerken op zowel component, apparaat, en installatieniveau.

5.1 Kwaliteitskeur Warmtepompen

‘Warmtepompkeur’ is een kwaliteitsmerk van de Stichting Energie Prestatie Keur (EPK) om door hen getoetste warmtepompen te classificeren.

Het EPK keurmerk ‘Warmtepompkeur’ is in februari 2008 geïntroduceerd als voortzetting van het tot die tijd gevoerde kwaliteitslabel ‘Kwaliteitskeur Warmtepompen’. Op de site van de Stichting EPK zijn de leveranciers met de typen warmtepompen benoemd die over het keurmerk ‘Warmtepompkeur’ beschikken.



Figuur 5-1 Beeldmerk van het WarmtepompKeur, bron: Stichting Energie Prestatie Keur

De Stichting EPK kent het Warmtepompkeur toe aan warmtepompen die voldoen aan de door Stichting EPK gestelde eisen op het gebied van:

- Technische kwaliteiten van het product (COP-waarde, geluid)
- Kwaliteit van de documentatie
- Installatiehandleiding
- Gebruikershandleiding
- Service en garantievoorwaarden

5.1.1 Proces van keuring

Leveranciers of fabrikanten die hun warmtepompen willen laten keuren, schakelen de Stichting EPK in. Vervolgens kunnen zij zich wenden tot een onafhankelijk testinstituut om hun warmtepompen te laten testen.

Tabel 5.1 Europese testinstituten voor de keuring van warmtepompen

	Testinstituut	Adres / postbus	Postcode	Plaats	Land
1	CETIAT	B.P. 2042F-	69603	Villeurbanne cedex	Frankrijk
2	Österreichisches Forschungs und Prüfzentrum Arsenal GmbH	Faradaygasse 3	1030	Wien	Oostenrijk
3	Swedish National Testing and Research Institute	P.O. Box 857	S-50115	Borås	Zweden
4	TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie	Postbus 342	7300 AH	Apeldoorn	Nederland
5	TÜV Bau- und Betriebstechnik	Postfach 21 04	20D-80674	München	Duitsland
6	Wärmepumpen-Testzentrum Winterhur-Tössco Axp	Weststrasse 50	8003	Zürich	Zwitserland

De keuring kan, afhankelijk van de wens van de leverancier/fabrikant op een drietal functies worden uitgevoerd te weten:

- De functie ruimteverwarming
- De functie ruimtekoeling
- De functie warmtapwater

De warmtepompen worden getest op basis van Europese normen die gelden voor de betreffende functie. Daarnaast worden er aanvullende eisen gesteld aan ondermeer geluid en aan service en garantie. Meer informatie over het keurmerk, evenals de warmtepompen die al van het keurmerk zijn voorzien, is te vinden op de site van de Stichting EPK: www.epk.nl.

De warmtepompleveranciers leveren het testrapport, voorzien van aanvullende documenten aan bij de Stichting EPK. Op basis van haar eigen kwaliteitseisen en de testresultaten geeft een onafhankelijke Commissie van Deskundigen een eindoordeel. Warmtepompen die aan de keuringseisen voldoen mogen 3 jaar het Warmtepompkeur beeldmerk voeren.

5.1.2 Warmtepompkeur, normen en eisen

Voor het verkrijgen van het Warmtepompkeur wordt de warmtepomp op de volgende punten getoetst en gelden de volgende normen en eisen:

- De installatie en gebruikershandleiding en het typeplaatje moeten voldoen aan een door Warmtepompkeur opgesteld format;
- De leverancier moet een conformiteitsverklaring voor de warmtepomp afgeven;
- Testgegevens van de warmtepomp mogen maximaal 5% afwijken van de in de handleiding genoemde waarden;
- Het geluidsvermogen wordt getest ten aanzien van de opgegeven waarden;
- Er worden eisen gesteld aan service- en garantie;
- Er worden prestatie-eisen gesteld aan de warmtapwaterbereiding: maximale aanvoertemperatuur (aan het tappunt), gelijkmatigheid van de warmtapwatertemperatuur, toestelwachtijd, toestelbeveiligingen;
- De prestaties ten aanzien van ruimteverwarming;
- De prestaties ten aanzien van ruimtekoeling.

5.1.3 Metingen aan het toestel

Er wordt gemeten volgens de 5% marge regeling. Dit houdt in dat testgegevens van de warmtepomp maximaal 5% mogen afwijken van de in de handleiding genoemde waarden. Deze norm wordt gehanteerd voor de grootte COP en de maximale aanvoertemperatuur. De waarde is niet van toepassing op de maximale warmwatertemperatuur of op de toestel wachttijd. Voor geluid geldt een marge van $\pm 2,5$ dB(A).

De metingen van het geluidsvermogen worden onder normale condities uitgevoerd conform ISO 9614-2 'Acoustics, determination of sound power levels of noise using sound intensity, part 2: measurement by scanning'.



Figuur 5-2 Meten aan een warmtepomp Thermia Duo6 Arvika, bron: Redenko

5.1.4 Service- en garantie

Voor service- en garantie zijn de volgende eisen vastgelegd:

- 2 jaar volledig op de warmtepomp arbeid en componenten
- 10 jaar garantie op de beschikbaarheid van componenten, na einde productiedatum

5.1.5 Documentatie

De installatiehandleiding, de gebruikershandleiding en het typeplaatje moeten voldoen aan een door Warmtepompkeur opgesteld format. De leverancier moet een conformiteitverklaring afgeven dat de warmtepomp voldoet aan de:

- Machinerichtlijn (89/392/EEG)
- MEMC-richtlijn (89/336/EEG)
- Laagspanningsrichtlijn (73/23/EEG)
- RLK december 97
- Richtlijn Drukapparatuur (97/23/EG) 29 mei 1997.

Eventueel kan de fabrikant extra normen noemen waaraan wordt voldaan.

5.1.6 Warmtapwaterbereiding

De prestatie-eisen voor warmtapwater zijn gesteld ten aanzien van: opwekkingsrendement COP_{tap} , aanwarmtijd, geluidsvermogen, gelijkmatig warmtapwater niveau en het stilstandverlies. De temperatuur en de Relatieve Vochtigheidscondities voor de verschillende bronnen en de omgevingsconditie van het toestel zijn genormeerd.

De toestel wachttijd wordt vastgesteld voor genormeerde condities. Ook wordt de maximaal haalbare watertemperatuur aan het tappunt vastgesteld. De maximale warmtapwatertemperatuur van het toestel wordt vastgesteld en mag maximaal 5% afwijken van de waarde in de handleiding.

De gelijkmatigheid van de warmtapwatertemperatuur wordt onder genormeerde condities vastgesteld. Belangrijk criterium is dat gedurende twee tappingen van elk 8 minuten met een debiet van 5 dm³/min, de temperatuur niet lager mag worden dan 58 °C.

De opgegeven prestaties worden bij tapwater warmtepompen in een functionaliteitstest getoetst bij minimale en maximale brontemperaturen en volumestromen. Het toestel mag gedurende de test geen storingen geven en er mogen geen beveiligingen aanspreken.

Het toestel moet hygiënisch betrouwbaar zijn en voldoen aan NEN 1006. Indien het toestel is voorzien van een geïntegreerde terugstroom- en drukbeveiliging wordt de werking getest. Wanneer deze beveiligingen niet zijn opgenomen dan moet in de handleiding zijn omschreven hoe aan de NEN 1006 kan worden voldaan. Afhankelijk van de toepassing is een enkele scheiding vereist volgens artikel 11 van VEWIN werkblad 4.4.C of een dubbele scheiding conform Kiwa BRL-K656/02 [06].

5.1.7 Ruimteverwarming

De prestaties ten aanzien van ruimteverwarming worden conform NEN-EN 255 beproefd. Hierbij wordt de COP vastgesteld afhankelijk van de bij de brontype behorende beproevingscondities. Het keurmerk wordt op het moment van het verschijnen van deze publicatie ten aanzien van de keuringscriteria aangepast aan de NEN-EN14511.

5.1.8 Ruimtekoeling

De prestaties ten aanzien van ruimtekoeling worden vastgesteld met of zonder scheidingswarmtewisselaar. Het warmtepompkeur voor koelen wordt alleen verstrekt wanneer de warmtepomp is uitgerust met een 'Anti condens regeling'. Het systeem dient van een 'Anti condens regeling' te zijn voorzien om condensvorming op de verwarmingslichamen te voorkomen. Alleen de vrije koelsituatie wordt getest. De regeling van de ruimtekoeling gebeurt door de in de warmtepomp geïntegreerde regeling. Wanneer de warmtepomp automatisch schakelt tussen verwarmen en koelen, dan dient deze te zijn voorzien van een anti-pendel-regeling.

5.2 Stichting Erkenning Installatiebedrijven (SEI)

De Stichting Erkenning Installatiebedrijven is beheerder van erkenningsregelingen voor installatiebedrijven die actief zijn op het vakgebied van installatietechniek, onder te verdelen in de vakdisciplines:

- Gastechische installaties
- Elektrotechnische laagspanningsinstallaties
- Watertechnische installaties
- Verwarmingsinstallaties
- Luchtbehandelingsinstallaties



Deze vakdisciplines zijn ondergebracht in de Erkenningsregeling voor Installateurs of kortweg de EVI 2004.

Naast deze regeling beheert de SEI ook het register van de Regeling voor de Erkenning van Watertechnische Installateurs of kortweg de REW 2002.

Deze regeling werd tot voor kort uitgevoerd door de VEWIN, de brancheorganisatie van drinkwaterbedrijven in Nederland.

De SEI is opgericht door UNETO-VNI, de brancheorganisatie voor installatiebedrijven en technische detailhandel, en de VEWIN. De stichting heeft als doel om het onderscheid zichtbaar te maken tussen enerzijds pseudo-vaklui en anderzijds de vakbekwame installateurs.

Sinds in 2007 de Vestigingswet verdween, is het voor opdrachtgevers – consumenten en zakelijke afnemers – lastig om een vakbekwame installateur te onderscheiden van een pseudo-vakman. Met een erkenning van de SEI kan het installatiebedrijf laten zien dat bij hem in ieder geval de juiste kennis aanwezig is om installatiewerk uit te voeren.

Met name voor het installatiewerk in de bestaande bouw heeft de SEI-erkenning een duidelijke, toegevoegde waarde voor het installatiebedrijf. De ondernemer toont zijn potentiële opdrachtgever dat hij ervaring heeft met het werk, dat hij adequaat opgeleide mensen in dienst heeft en dat zijn kwaliteit met enige regelmaat wordt gecontroleerd.

5.2.1 Eisen SEI-installateur

Een installatiebedrijf dat in aanmerking wil komen voor een SEI-erkenning moet ten minste één vakbekwaam persoon fulltime in dienst hebben. Deze man of vrouw – de eigenaar of een medewerker 7– moet minimaal één relevant vakdiploma in bezit hebben voor een van de vakdisciplines. Tevens geeft de SEI de Vewin werkbladen uit waarmee de erkende

watertechnische installateur zijn kennis up-to-date moet houden. Het gaat daarbij vaak om actuele informatie over bijvoorbeeld terugstroombeveiliging of legionellapreventie.

5.2.2 Erkenningsregeling warmtepompen

Voor het ontwerpen, installeren en onderhouden van warmtepompen is een grote mate van vakbekwaamheid vereist. Installatiebedrijven die over deze kennis beschikken, kunnen dit kenbaar maken met een erkenning voor warmtepompen.

De Stichting Erkenning Installatiebedrijven (SEI) heeft onderzoek laten doen voor het opstellen van het functieprofiel van installatiebedrijven die warmtepompen ontwerpen, installeren en onderhouden. Hieraan worden de benodigde competenties toegevoegd, die de basiseisen vormen voor de erkenningsregeling warmtepompen.

De al bestaande erkenningsregeling voor installateurs, of kortweg EVI 2004, zal worden uitgebreid met de vakdiscipline warmtepompen. Om voor een erkenning in aanmerking te komen, dient de technisch beheerder te beschikken over aantoonbare vakbekwaamheid. Deze vakbekwaamheid kan worden aangetoond door: één of meerdere diploma's die opgenomen zijn in de lijst van vakbekwaamheid behorende bij de vakdiscipline warmtepompen van de EVI-2004; vaststelling van gelijkwaardige vakbekwaamheid waarover wordt beschikt via een zogenaamde EVC-toetsing (Elders Verworven Competenties). De EVC-toetsing en ook de diplomalist zijn verankerd in het competentieprofiel warmtepompen. In dit profiel is exact aangegeven wat de technisch beheerder moet 'kennen' en 'kunnen'.

De Leergang Warmtepompen, zie hoofdstuk 7.1, kan worden afgesloten met een examen. Het diploma hiervan wordt door SEI erkend als geldig bewijsstuk voor de vakbekwaamheid. Als verplichte outillage dient men onder andere te beschikken over de voor warmtepompen relevante ISSO-publicaties.

5.3 Europees milieukeur elektrische, gas/gasabsorptie warmtepompen

Hieronder is een samenvatting opgenomen van de beschikking³ Europese commissie over de toekenning van het Europese milieukeur aan elektrische, gas- of gasabsorptiewarmtepompen. Achtereenvolgens komen de volgende punten aan bod:

- Demarcatie
- Milieucriteria
- Eisen EU milieukeur warmtepompen
- Eisen verwarmingsrendement(COP)
- Eisen koelrendement (EER)

Tevens wordt kort ingegaan op het koelmiddel, koudedragers, geluid, zware metalen en vlamvertragers, opleiding van installateurs, documentatie, beschikbaarheid van reserveonderdelen, berekeningen en informatiebladen.

³ Bron L 301/14 NL Publicatieblad van de Europese Unie 20.11.2007

Het Europese milieukeur wordt toegekend aan een product waarvan de eigenschappen werkelijk bijdragen tot verbeteringen van milieuaspecten. Hiervoor gelden per productengroep specifieke criteria die door het Bureau voor de milieukeur van de Europese Unie zijn opgesteld, als uitgangspunt. De geldigheidsduur van de milieukeurcriteria en de desbetreffende eisen inzake beoordeling en verificatie dient drie jaar te zijn.

5.3.1 Demarcatie

De productengroep „elektrische, gas- of gasabsorptiewarmte- pompen’ zoals vastgelegd door de EU omvat warmtepompen die in de lucht, in de bodem of in water aanwezige energie kunnen concentreren tot bruikbare warmte voor ruimteverwarming, of via het omgekeerde proces kunnen zorgen voor ruimtekoeling. De productengroep omvat slechts elektrische, gas- of gasabsorptiewarmtepompen met een verwarmingscapaciteit van maximaal 100 kW.

De ‘warmtepomp’ is de installatie zoals geleverd door de fabrikant of importeur. Deze levering kan ook circulatiepompen aan de put- of bronzijde omvatten. Bij de berekening van de waarden van de prestatiecoëfficiënt (COP) dient echter altijd rekening te worden gehouden met het energiegebruik van circulatiepompen volgens de methode van EN 14511: 2004 (indien de fabrikant geen gegevens kan over leggen, wordt uitgegaan van een standaardwaarde). Voor gas- absorptiewarmtepompen moet de methode overeenstemmen met EN 12309-2: 2000.

Buiten de productengroep „elektrische, gas- of gasabsorptiewarmtepompen’ vallen:

- warmtepompen die uitsluitend warm water voor sanitaire doeleinden kunnen leveren;
- warmtepompen die uitsluitend warmte aan een gebouw kunnen onttrekken die vervolgens wordt afgevoerd naar de lucht, de bodem of het water, aldus resulterend in ruimtekoeling.

5.3.2 Milieucriteria

Deze criteria zijn gericht op de beperking van de milieueffecten van elektrische, gas- of gasabsorptiewarmtepompen tijdens de gehele levenscyclus; fabricage, gebruik en sloop. De criteria hebben betrekking op:

- het rendement van verwarming en/of verwarming/koeling van gebouwen;
- het terugdringen van het milieueffect van verwarming en/of verwarming/koeling van gebouwen;
- het verminderen of voorkomen van risico’s voor het milieu en voor de menselijke gezondheid welke verband houden met het gebruik van gevaarlijke stoffen;
- het waarborgen van de juistheid van de informatie over de warmtepomp en de efficiënte werking daarvan aan de klant en de installateur van de warmtepomp.

5.3.3 Eisen EU milieukeur warmtepompen

- De aanvrager kan de warmtepompen voor de beoordeling en verificatie indelen in groepen „basismodellen’. Deze modellen worden gevormd door eenheden die in grote lijnen hetzelfde thermisch rendement en dezelfde thermische werking hebben, en die qua basisonderdelen, met name ventilatoren, spoelen, compressoren en motoren, identiek of vergelijkbaar zijn;
- De specifieke eisen inzake beoordeling en verificatie staan direct onder elk criterium vermeld;

- Waar passend kunnen ook andere dan de bij elk criterium genoemde testmethoden en normen worden toegepast, mits de gelijkwaardigheid daarvan is erkend door de bevoegde instantie die de aanvraag behandelt;
- Voor zover de aanvrager verklaringen, documentatie, analyses, testrapporten of andere gegevens dient over te leggen waaruit blijkt dat aan de criteria wordt voldaan, geldt dat deze afkomstig mogen zijn van de aanvrager en/of zijn leverancier(s) en/of hun leverancier(s) enz., al naargelang hetgeen van toepassing is;
- Waar nodig kunnen de bevoegde instanties om aanvullende documentatie vragen en onafhankelijke verificaties uitvoeren;
- Voor de bevoegde instanties verdient het aanbeveling om bij de behandeling van aanvragen en het toezicht op de naleving van de criteria rekening te houden met de toepassing van erkende milieubeheersystemen, zoals EMAS of ISO 14001.

5.3.4 Eisen verwarmingsrendement (COP)

Het rendement van de warmtepompunit moet hoger zijn dan de volgende minimum vereisten van de prestatiecoëfficiënt (COP) en de primaire energieverhouding (PER).

Tabel 5.2 Onderwaarde COP volgens EN 14 511: 2004: bron Publicatieblad Europese Commissie

Type warmte pomp: bron / warmteput	Buitenunit [°C]	Binnenunit [°C]	Min. COP Elektrische warmtepomp	Min. COP Gas warmtepomp	Min. PER
lucht/lucht	Inlaatdrogebol: 2 Inlaatsnattebol: 1	Inlaat drogebol: 20 Inlaatsnattebol: 15 Max	2,90	1,27	1,16
lucht/water	Inlaatdrogebol: 2 Inlaatsnattebol: 1	Inlaatemperatuur: 30 Uitlaatemperatuur: 35	3,10	1,36	1,24
		Inlaatemperatuur: 40 Uitlaatemperatuur: 45	2,60	1,14	1,04
pekel/lucht	Inlaatemp.: 0 Uitlaatemp.: -3	Inlaatdrogebol: 20 Inlaatsnattebol: 15 Max	3,40	1,49	1,36
pekel/water	Inlaatemp: 0 Uitlaatemp: -3	Inlaatemperatuur: 30 Uitlaatemperatuur: 35	4,30	1,89	1,72
		Inlaatemperatuur: 40 Uitlaatemperatuur: 45	3,50	1,54	1,40
water/water	Inlaatemp: 10 Uitlaatemp: 7	Inlaatemperatuur: 30 Uitlaatemperatuur: 35	5,10	2,24	2,04
		Inlaatemperatuur: 40 Uitlaatemperatuur: 45	4,20	1,85	1,68
water/lucht	Inlaatemp: 15 Uitlaatemp: 12	Inlaatdrogebol: 20 Inlaatsnattebol: 15 max	4,70	2,07	1,88
		(waterlusbron) Inlaatemp: 20 Uitlaatemp: 17	4,40	1,93	1,76

Er moet worden getest volgens EN 14 511: 2004. Voor verwarmen en koelen moet de test worden verricht bij vollast onder de in Tabel 5.2 respectievelijk Tabel 5.3 aangegeven omstandigheden. De verkregen waarden moeten worden geverifieerd door een onafhankelijk testlaboratorium dat erkend is voor de betreffende test(s). Warmtepompen die zijn gecertificeerd volgens het Eurovent-certificeringsprogramma, DACH-certificeringsprogramma of een ander programma dat is goedgekeurd door de bevoegde instantie, hoeven niet aanvullend te worden getest. De testrapporten moeten samen met de aanvraag worden ingediend.

5.3.5 Eisen koelrendement (EER)

Als de warmtepomp omkeerbaar is en ook kan koelen, moet het rendement van de warmtepompunit in de koelmodus hoger zijn dan de volgende minimumvereisten van de energie-efficiëntieverhouding (EER), zie Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Onderwaarde EER volgens EN 14 511: 2004: bron Publicatieblad Europese Commissie

Type warmte pomp	Buitenunit [°C]	Binnenunit [°C]	Min. EER Elektrische warmtepomp	Min. EER Gas warmtepomp	Min. PER
lucht/lucht	Inlaatdrogebol: 35 Inlaatsnattebol: 24	Inlaatdrogebol: 27 Inlaatsnattebol: 19	3,20	1,41	1,3
lucht/water	Inlaatdrogebol: 35 Inlaatsnattebol: -	Inlaattertemperatuur: 23 Uitlaattertemperatuur: 18	2,20	0,97	0,9
		Inlaattertemperatuur: 12 Uitlaattertemperatuur: 7	2,20	0,97	0,9
pekel/lucht	Inlaattertemp: 30 Uitlaattertemp: 35	Inlaatdrogebol: 27 Inlaatsnattebol: 19 max	3,30	1,45	1,3
pekel/water	Inlaattertemp: 30 Uitlaattertemp: 35	Inlaattertemperatuur: 23 Uitlaattertemperatuur: 18	3,00	1,32	1,2
		Inlaattertemperatuur: 12 Uitlaattertemperatuur: 7	3,00	1,32	1,2
water/water	Inlaattertemp: 30 Uitlaattertemp: 35	Inlaattertemperatuur: 23 Uitlaattertemperatuur: 18	3,20	1,41	1,3
		Inlaattertemperatuur: 12 Uitlaattertemperatuur: 7	3,20	1,41	1,3
water/lucht	Inlaattertemp: 30 Uitlaattertemp: 35	Inlaatdrogebol: 27 Inlaatsnattebol: 19	4,40	1,93	1,8

5.3.6 Koelmiddel

Het aardopwarmingsvermogen (GWP) van het koelmiddel mag niet hoger zijn dan GWP-waarde > 2.000 over een periode van 100 jaar. Als het koelmiddel een GWP van minder dan 150 heeft, worden de minimumvereisten van de COP en de PER in de verwarmingsmodus en de EER in de koelmodus met 15 % verlaagd.

De GWP-waarden van koelmiddelen worden berekend als het opwarmingsvermogen in een periode van 100 jaar van 1 kg van een gas ten opzichte van 1 kg CO₂.

Voor gefluoreerde koelmiddelen worden de GWP-waarden gehanteerd die zijn gepubliceerd in het derde evaluatierapport (TAR) van de intergouvernementele werkgroep inzake klimaatverandering ('2001 IPCC GWP-waarden' voor een periode van 100 jaar. Voor niet-gefluoreerde gassen gelden de GWP-waarden die zijn gepubliceerd in de eerste IPCC-evaluatie, over een periode van 100 jaar⁴. De GWP-waarden voor mengsels van koelmiddelen worden

⁴ Climate Change, The IPCC Scientific Assessment („Klimaatverandering, wetenschappelijke evaluatie IPCC'), J.T. Houghton, G.J. Jenkins, J.J. Ephraums (ed.) Cambridge University Press, Cambridge (Verenigd Koninkrijk) 1990.

berekend aan de hand van de formule zoals vermeld in bijlage I bij Verordening (EG) nr. 842/2006.

5.3.7 Koudedragers

De koudedragers, pekels of additieven mogen geen stoffen zijn die zijn aangemerkt als schadelijk voor het milieu of stoffen die een gezondheidsrisico inhouden.

5.3.8 Geluid

Het geluidsvermogensniveau moet worden getest en in dB(A) worden weergegeven op het informatieblad.

5.3.9 Zware metalen en vlamvertragers

Cadmium, lood, kwik, zeswaardig chroom of vlamvertragers mogen niet worden gebruikt in de warmtepomp of in het warmtepompsysteem.

5.3.10 Opleiding van installateurs

De warmtepompleverancier dient ervoor te zorgen dat er geschikte trainingsmogelijkheden zijn voor installateurs in de lidstaten waar het product op de markt zal worden gebracht. Bij deze training moeten onder meer de dimensionering en installatie van de warmtepomp en het invullen van het informatieblad voor consumenten aan bod komen.

5.3.11 Documentatie

De aanvrager dient te zorgen voor een uitgebreide installatie- en onderhoudshandleiding voor de warmtepomp, alsmede een handleiding voor de inbedrijfstelling en het gebruik ervan.

5.3.12 Beschikbaarheid van reserveonderdelen

De aanvrager moet ervoor zorgen dat er gedurende 10 jaar na de verkoopdatum reserveonderdelen beschikbaar zijn.

5.3.13 Berekeningen

De warmtepompleverancier moet voorzien in geschikte hulpmiddelen, computerprogramma's en aanwijzingen waarmee installateurs berekeningen kunnen maken van de prestatieparameters van het warmtepompsysteem, zoals het seizoensgebonden rendement, de seizoensgebonden energie-efficiëntieverhouding, de primaire-energieverhouding en de jaarlijkse kooldioxide-emissies.

5.3.14 Informatie op de milieukeur

Kader 2 van de milieukeur moet de volgende tekst bevatten; vergeleken met andere warmtepompen heeft dit product:

- een hoger energierendement
- een lager aardopwarmingseffect

5.3.15 Informatiebladen

In de EU-publicatie zijn een aantal gestandaardiseerde informatiebladen opgenomen voor de installateur en de gebruiker. Deze hebben de functie voor alle partijen de randvoorwaarden en uitgangspunten te kunnen vastleggen.

Gebruiker

Het informatieblad voor de gebruiker wordt ingevuld door de installateur om de klant/gebruiker te informeren en te adviseren over het meest geschikte warmtepompsysteem. In dit document worden bij de intake gegevens vastgelegd over:

- Beschrijving van huidig verwarmingssysteem/gebouw
- Adviezen voor isolatieverbetering
- Aanbevolen warmtepompsysteem

Installateur

Op het informatieblad voor de installateur staan de technische gegevens betreffende de warmtepomp. Deze zijn relevant voor de installateur.

6 Stappenplan

In dit hoofdstuk worden alle stappen om te komen tot een goede warmtepompinstallatie verkort uiteengezet. Alle projectfasen en projectstappen en de onderliggende beheersaspecten zijn met meer detaillering uitgewerkt in ISSO-publicatie 72. Deze publicatie is uitgewerkt volgens de MKK-structuur (Model kwaliteitsbeheersing klimaatinstallaties).

In de ISSO-publicatie 72 zijn ook diverse checklists opgenomen die kunnen worden gebruikt om het hieronder beschreven proces te faciliteren. Het gaat om checklists voor: Klantencontact, inventarisatie, PVE installatie / aandachtspunten ontwerp, calculatie schema, installatie en opleveringsdocument, checklist inspectie en checklist onderhoud.

Binnen de MKK-structuur zijn vijf projectfasen te onderscheiden:

- A. Programmafase
- B. Ontwerp fase
- C. Uitwerkingsfase
- D. Realisatiefase
- E. Beheerfase

Per projectfase zijn in de onderstaande tabellen de verschillende projectstappen en aandachtspunten benoemd. Voor de volledige context kan ISSO-publicatie 72 worden geraadpleegd.

6.1 Programmafase

Fase	stap	aandachtspunten
Programma	A1	Vastleggen uitgangspunten voor ontwerp
	A2	Keuzes toetsen aan PVE
	A3	Verzamelen informatie, randvoorwaarden t.a.v. energievoorziening, bronnen, opstellingsruimte, bouwkundige en installatietechnische randvoorwaarden.
	A4	Vaststellen eisen t.a.v. bouwkundige schil (isolatie, luchtdichtheid)
	A5	Vaststellen aan te houden ontwerp aanvoertemperatuur afgiftesysteem
	A6	Bepalen opwekking verwarmingsvermogen
	A7	Vaststellen eisen ten aanzien van vrije koeling
	A8	Bepalen opwekking verwarmingsvermogen
	A8	Vaststellen eisen ten aanzien van vrije koeling

6.2 Ontwerp fase

Fase	Stap	Aandachtspunten
Ontwerp	B1	Controleer vastgestelde uitgangspunten op consistentie en haalbaarheid
	B2	Bepalen benodigd vermogen warmteopwekking en warmtapwater
	B3	Vaststelling tapwaterbehoefte en boilerselectie
	B4	Uitwerking eisen m.b.t. warmtepompselectie
	B5	Bepaling toepassing buffer
	B6	Bepaling benodigde circulatiepomp
	B7	Bepaling isolatie leiding
	B8	Ontwerp hydraulische schakeling
	B9	Ontwerp toe te passen regeling
	B10	Vastlegging ontwerpspecificaties

6.3 Uitwerkingsfase

Fase	Stap	Aandachtspunten
Uitwerking	C1	Definitieve selectie van alle installatiecomponenten m.b.t. bron-, afgifte- en warmtapwatersysteem.
	C2	Documentatie opstellen met ontwerpgegevens en materiaal specificaties

6.4 Realisatiefase

Fase	Stap	Aandachtspunten
Realisatie	D1	Vaststellen eisen ten aanzien van montage en materiaalgebruik
	D2	Controle op ontwerpuitgangspunten en materiaalspecificaties
	D3	Controle op waterzijdig inregelen van installatie
	D4	Controle installatie op goed functioneren
	D5	Gebruiker instrueren over werking installatie
	D6	Beschikbaar stellen documentatie aan de gebruiker

6.5 Beheerfase

Fase	Stap	Aandachtspunten
Beheer	E1	Gegevens m.b.t. garantie en service vastleggen
	E2	Aanspreekpunt voor garantie met opdrachtgever afstemmen
	E3	Procedure voor service en onderhoud vastleggen
	E4	Opstellen rapportage protocol voor service en onderhoud

7 Kennisontwikkeling, links en organisatie

7.1 Leergang Warmtepompen

Onder druk van de stijgende energiekosten en de toenemende

vraag naar duurzame systemen, is er meer vraag naar warmtepompen in de woning- en utiliteitsbouw.

Voor het ontwerpen en realiseren van goede warmtepompsystemen is actuele kennis van zaken onontbeerlijk. De technische ontwikkelingen gaan immers snel.

Voor het verkrijgen van de benodigde kennis op het gebied van het ontwerpen en installeren van warmtepompsystemen, is de leergang Warmtepompen ontwikkeld op initiatief van OTIB.

Hieraan hebben meegewerkt ISSO, DWA installatie- en energieadvies, Uneto-VNI, Kenteq en Stichting Warmtepompen. De leergang biedt zes cursussen en is zo opgebouwd dat op verschillende niveaus de kennis op het gebied van warmtepompen kan worden opgedaan.

De doelgroepen zijn installateurs, installatieadviseurs, gemeenteambtenaren en medewerkers van energiebedrijven.

Opbouw leergang

De leergang is modulair opgebouwd zodat op verschillende niveaus de noodzakelijke kennis op het gebied van warmtepompen kan worden opgedaan. Dit heeft geleid tot een aanbod in de vorm van een zestal cursussen, dat elk een specifieke inhoud en doelgroep kent.

De cursussen zijn ontwikkeld rond de in dit kader beschikbare ISSO richtlijnen op het gebied van warmtepompen te weten ISSO publicatie 72, 80 en 81. Verder is bij de ontwikkeling van de leergang gebruik gemaakt van de al aanwezige kennis en ervaring bij zowel de fabrikanten, ontwerpers/adviseurs en installateurs. Hiermee kennen de cursussen een duidelijk praktijkgerichte benadering van de materie op basis van een gedegen theoretische onderbouwing. Cursisten hebben de mogelijkheid om na het volgen van de modules 2 tot en met 5 een examen af te leggen.

Modulaire opbouw

De leergang is opgebouwd uit zes verschillende modules, die afhankelijk van de complexiteit, 1 tot 3 dagen duren. Een en ander is in Tabel 7.1 uitgewerkt. Voor meer informatie over de Leergang Warmtepompen kunt u contact opnemen met het secretariaat van Stichting Warmtepompen te Woerden, e-mailadres: info@stichtingwarmtepompen.nl



Warmtepompen, gids voor beslissers

Module	Naam	Doelgroep	Cursusduur
--------	------	-----------	------------

Tabel 7.1 Modules leergang warmtepomp

1.a.	Warmtepompen basis voor monteurs	Monteurs	1 dag
1.b.	Warmtepompen basis voor aspirant ontwerpers	Aspirant ontwerpers (projectleiders, technici, werkvoorbereiders)	1 dag
2.	Individuele warmtepompen in woningen	Ontwerpers van individuele warmtepompsystemen voor woningbouw en kleine utiliteit. Projectleiders, technici, werkvoorbereiders.	2 dagen
3.	Collectieve warmtepompen in woningen	Ontwerpers van collectieve warmtepompsystemen voor woningbouw. Projectleiders technici, werkvoorbereiders	3 dagen
4.	Warmtepompen U-bouw, grondgebonden	Ontwerpers van collectieve grondgebonden warmtepompsystemen voor utiliteit. Projectleiders technici, werkvoorbereiders	3 dagen
5.	Warmtepompen U-bouw, lucht/lucht	Ontwerpers van lucht/lucht warmtepompsystemen voor utiliteit. Projectleiders technici, werkvoorbereiders	

7.2 Organisaties en links

Naam organisatie / site	Adres site / URL
ASHREA	www.ashrea.org
AHRI	http://ehpa.fiz.karlsruhe.de
EGB Stichting erkenning voor het grondboor en bronbemaalingsbedrijf	www.egberkend.nl
Energy Performance Building Directive (EPBD), EHPA, European Heat Pump Association	www.epbd.nl www.ehpa.org / http://ehpa.fiz.karlsruhe.de
Europees Milieukeur	Eur-lex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&type_doc=Decision&an_doc=2007&nu_doc=742&lg=nl
Earth Energy Design	www.earthenergysystems.com
Gastec	www.gastec.com
IEA Heat Pump Centre	www.heatpumpcentre.org
ISSO	Kennisinstituut voor de installatiesector; www.isso.nl
Kamer van Koophandel	www.kamervankoophandel.nl
KEMA	www.kema.nl
Kenteq	www.kenteq.nl
KIWA	www.kiwa.nl
Milieu en Natuur Compendium	www.milieuennatuurcompendium.nl
NEN	www.nen.nl
NPW, Nederlands Platform Warmtepompen	www.platformwarmtepompen.nl
NVOE: Nederlandse Vereniging voor Ondergrondse Energieopslagsystemen	www.nvoe.nl
Platform Geothermie	www.geothermie.nl
Portal Warmtepompen en energieopslag	www.warmtepompenwegwijzer.nl
Quickscan Warmtepompen woningbouw	www.uneto-vni.nl
SenterNovem	www.senternovem.nl
Sterkin	www.erkendinstallateur.nl
Stichting Bouwkwaliiteit (SBK)	www.bouwkwaliiteit.nl
Stichting Energie Prestatiekeur	www.epk.nl
Stichting Erkenning Installatiebedrijven (SEI)	www.erkendinstallatiebedrijf.nl
Stichting KBI	www.stichtingkbi.nl
Stichting Kwaliteitsborging Installatiesector (KBI)	www.kbi.nl
SWP Stichting Warmtepompen	www.stichtingwarmtepompen.nl
Toolkit Duurzame Woningbouw	www.toolkitonline.nl
UNETO-VNI	www.uneto-vni.nl
VEWIN	www.vewin.nl
VROM	www.vrom.nl
Warmtepompen Zwitserland	www.energieforschung.ch www.energie-schweiz.ch , www.fws.ch

7.3 Publicaties

Publicatienaam	Titel publicatie
ISSO-publicatie 24	Installatiegeluid
ISSO-publicatie 30 / 30.5	Leidingwaterinstallaties in woningen
ISSO-publicatie 49	Vloerverwarming/wandverwarming en vloer-/wandkoeling (herziening ISSO-publicatie 10)
ISSO-publicatie 50	Kwaliteitseisen verwarmingsinstallaties woningen
ISSO-publicatie 51	Warmteverliesberekening voor woningen en woongebouwen
ISSO-publicatie 55.1	(herziene versie 2005) Praktijkhandleiding Legionellapreventie in leidingwater
ISSO-publicatie 56	Inregelen van ontwerp volumestromen in individuele verwarmingsinstallaties in woningen
ISSO-publicatie 59	Grote zonneboilers- ontwerp, uitvoering en advisering
ISSO-publicatie 61	Kwaliteitseisen ventilatiesystemen woningen
ISSO publicatie 72	Ontwerpen van individuele en klein elektrische warmtepompsystemen; augustus 2005
ISSO-publicatie 73	Ontwerp en uitvoering van verticale bodemwarmtewisselaars
ISSO Publicatie 80	Handboek integraal ontwerpen van collectieve installaties met warmtepompen in de woningbouw; maart 2006
NEN 1006	Algemene voorschriften voor leidingwaterinstallaties (AVWI-2002)
NEN-EN 255-2	Luchtbehandelingsapparatuur, koeleenheden met vloeistof en warmtepompen met elektrisch aangedreven compressoren voor ruimteverwarming en voor koeling - Deel 3: Beproevingmethoden
NEN-EN 14511	Luchtbehandelingsapparatuur, koeleenheden met vloeistof en warmtepompen met elektrisch aangedreven compressoren voor ruimteverwarming en voor koeling - Deel 3: Beproevingmethoden
NVOE Richtlijnen	NVOE Richtlijnen Ondergrondse Energieopslag; november 2006
Europese milieukeur	EU-beschikking van de commissie van 9 november 2007 tot vaststelling van de milieucriteria voor de toekenning van de Europese milieukeur aan elektrische, gas- of gasabsorptiewarmtepompen (Kennisgeving geschied onder nummer C(2007) 5492) (2007/742/EG)
RLK-97	Regeling lekdichtheidsvoorschriften koelinstallaties 1997
STEK-eisen	STichting Erkenningsregeling voor de uitoefening van het Koeltechnisch bedrijf

7.4 Bronvermelding

Organisatie	Publicatietitel	Publicatiedatum
Aardwarmtesystemen.nl	Site: aardwarmtesystemen.nl	site
Beco Groep	Code van goede praktijk Voor de toepassing van Warmtepompsystemen in de Woningbouw	december 2007
DE Koepel, Holland Solar, NVOE, NPW, Platform Geothermie, SWP	Visie document Duurzame Warmte en Koude	22 mei 2007
Energie schweiz	Die warmepumpen heizung	
European Heat Pump Association (EHPA)	European Heat Pump Action plan	-
European Heat Pump Association (EHPA)	Heatpumps, a technology overview	-
Europese Unie	Vaststelling van de milieucriteria voor de toekenning van de Europese milieukeur aan elektrische, gas- of gasabsorptiewarmtepompen	20 november 2007
FWS Fördergemeinschaft wärmepumpe Schweiz	Wer wir sind. Was wir machen. Und wem es nutzt	-
Garantie Instituut Woningbouw (GIW) / SWP	Installatie-eisen Nieuwbouw eengezinswoningen en appartementen	2007
IEA Heat Pump Centre	Heat pumps can cut global CO ₂ emissions by nearly 8% Renewable energy for a cleaner future	-
HEA-AA Wärmemarkt	Die wärmepumpe heizsystem mit zukunft	januari 2006
IEA Heat Pump Centre	Heat pumps offer an energy-efficient way to provide heating and cooling in many applications	13 februari 2006
IEA Heat Pump Centre	Heat Pumping Technology Heat pumps offer an energy-efficient way to provide heating and cooling in many applications	-
IEA Heat Pump Centre	Heat pumps offer an energy-efficient way to provide heating and cooling in many applications	September 2005
MarktMonitor	Markt voor warmtepompen	mei 2007
ODE Vlaanderen	Warmtepompen voor woningverwarming	2006
SenterNovem	Warmtepompen in de transitie naar een duurzame warmtevoorziening Transitie warmtepompen vs 8.1	2 februari 2007
SWP, Stichting Warmtepompen	Wegwijzer warmtepompen 2007	februari 2008
SWP, Stichting Warmtepompen	SWP-publicatie 80 Handboek integraal ontwerpen van collectieve installaties met warmtepompen in de woningbouw	maart 2006
SWP, Stichting Warmtepompen	SWP publicatie 72 Ontwerpen van individuele en klein elektrische warmtepompsystemen	augustus 2005
Uneto-VNI	Nieuwsbrief nummer 6 Leergang warmtepompen	

8 Afkortingen en Vakjargon

Jargon / afkorting	Omschrijving / toelichting
Bivalent	Bivalente warmtepompsystemen zijn uitgelegd op de gemiddelde warmtevraag die gedurende een groot deel van het jaar noodzakelijk is. Het systeem is aangevuld met een conventionele warmteopwekker voor de pieklust.
Brijn	Wanneer wordt gesproken van een brijn/water (B/W) warmtepomp, dan wordt daarmee bedoeld dat de warmte uit de bron wordt onttrokken met een water/glycolmengsel (brijn). Het doel is warmte te kunnen onttrekken op een niveau van 0 °C. Voor verhoudingen water/toevoeging zie ISSO-publicatie 73.
Cfk's	Chloorfluorkoolwaterstoffen bevatten naast chloor- en fluoratomen geen waterstof (H)
COP	Prestatiecoëfficiënt (COP) is de verhouding tussen de afgegeven warmte en de opgenomen energie (elektriciteit of gas) voor een specifieke bron en afgiftetemperatuur.
EER	Energie-efficiëntieverhouding (EER) is de verhouding tussen de afgegeven koude en de opgenomen energie (elektriciteit of gas) voor een specifieke bron en afgiftetemperatuur.
EPC	Energie Prestatie Coëfficiënt: Waarde voor de energetische kwaliteit van een gebouw
EPN	Energieprestatienorm: noermering waarin de Energie Prestatie Coëfficiënt van gebouwen is geregeld
GWP	Global Warming Potential, drukt de emissie van een bepaald broeikasgas uit als een 'CO-equivalente' emissie met betrekking tot het broeikaseffect
HCfk's	Chloorfluorkoolwaterstoffen bevatten naast chloor- en fluoratomen nog één of meer waterstof (H) atomen
Mono-energetisch	Mono-energetische warmtepompsystemen zijn uitgevoerd met een aanvullende elektrisch verwarmingselement voor naverwarming als back-up voor de pieklust
Monovalent	Een monovalent warmtepompsysteem gebruikt een warmtepomp voor warmteproductie, er is geen back-up met een verwarmingselement zoals bij een mono-energetisch of met een aanvullende warmteopwekker zoals bij bivalent warmtepompsysteem.
ODP	Ozone Depletion Potential: deze waarde geeft de verhouding weer van het ozonafbrekend vermogen van een bepaald gasten opzichte van het ozonafbrekend effect van Cfk-11
PER	De primaire-energieverhouding (PER) wordt verkregen door: COP × 0,40 (of COP/2,5) voor elektrische warmtepompen, en COP × 0,91 (of COP/1,1) voor gas- of gasabsorptiewarmtepompen, waarbij 0,40 staat voor de huidige gemiddelde Europese elektriciteitsopwekkingsefficiëntie, netverliezen meegerekend, en 0,91 voor de huidige gemiddelde Europese gasefficiëntie, distributieverliezen meegerekend.
Reversibel	Omkeerbaar, warmtepomp die geschikt is om te verwarmen en te koelen.
SCOP	Seizoensgebonden prestatiecoëfficiënt (SCOP) is de gemiddelde prestatiecoëfficiënt van het warmtepompsysteem, gerekend over het gehele stookseizoen op een bepaalde locatie.
SEER	Seizoensgebonden energie-efficiëntieverhouding (SEER) is de gemiddelde energie-efficiëntieverhouding van het warmtepompsysteem, gerekend over het gehele koelseizoen op een bepaalde locatie.
Sole	Met sole wordt de bodem bedoeld die als bron wordt gebruikt voor het warmtepompsysteem.
SPF	Seasonal Performance Factor, seizoengebonden energetische prestatie van de installatie
TEWI	Total Equivalent Warming Impact
VO	Verwarmd oppervlak, in de vorm van verwarmingslichamen, vloeren of wanden



Secretariaat Stichting Warmtepompen

Johan van Oldenbarneveltlaan 11

Postbus 377

3440 AJ Woerden

tel. (0348) 439600

fax (0348) 433111

www.stichtingwarmtepompen.nl

info@stichtingwarmtepompen.nl

ISBN: 978.90.79537.02.0