



Warmtepompen voor woningverwarming

Warmtepompen voor woningverwarming

INHOUD

0	Voorwoord	1
1	Inleiding	2
2	Eenheden en begrippen	3
3	Warmtebehoefte voor woningen	4
	3.1 Warmteverliezen	4
	3.2 Warmtewinsten	4
	3.3 Warmtebehoefte voor woningverwarming	5
	3.4 Warmteverbruik voor sanitair warm waterproductie	6
	3.5 Besluit	6
4	Hoe werkt een waterpomp ?	7
	4.1 Warmtetransport	7
	4.2 Warmtepompcyclus.....	8
	4.3 Winstfactor.....	9
5	Warmtebronnen	11
	5.1 Grond	11
	5.2 Water	14
	5.3 Lucht.....	16
	5.4 Besluit.....	17
6	Warmteafgifte	19
	6.1 Vloerverwarming	19
	6.2 Muurverwarming	21
	6.3 Plafondverwarming	22
	6.4 Overgedimensioneerde radiatoren	22
	6.5 Warmeluchtverwarming	23
	6.6 Convectoren met geforceerde ventilatie.....	23
7	Warmtepompinstallaties in woningen	24
	7.1 COP-SPF	24
	7.2 Types.....	25
	7.3 Werkingswijzen	26
	7.4 Warmtepompsystemen	26
	7.5 Toepassingen buiten de individuele woning	28
8	Kosten & Subsidies	29
9	Wettelijke verplichtingen	30
	9.1 Wanneer is sprake van een vergunningsplicht?	30
	9.2 Wanneer is sprake van een meldingsplicht?	30
	9.3 Wanneer is sprake van grondwaterheffing?	30
10	Code van goede praktijk voor de toepassing van warmtepompsystemen in de woningbouw	31
	10.1 Inhoud	31
	10.2 Reikwijdte van de code	31
	10.3 Betrokkenen bij de totstandkoming.....	31
11	Adressen	32
12	Websites	33



O

Voorwoord



Onze aardbol is een onuitputtelijke bron van energie. De zon verwarmt onze atmosfeer en de bovenste laag van de aardkorst. De jaarlijkse hoeveelheid zonninstraling komt overeen met 50 keer het totale energiegebruik. De gemiddelde zonninstraling per jaar op 1 m² aardoppervlak bedraagt ongeveer 1.000 kWh (3.600 MJ). De rest van de aarde wordt verwarmd door de kern. De temperatuur in de kern bedraagt naar schatting 4.000 à 7.000°C. Door geleiding wordt deze warmte naar de aardkorst gevoerd. Meer dan 99 % van de massa van de aarde heeft een temperatuur die boven 1.000°C ligt. Slechts 0,1 % van de aarde is "kouder" dan 100°C.

Hoe dieper in de aardkorst, hoe hoger de temperatuur. De toename bedraagt ongeveer 30°C per kilometer. Op sommige plaatsen is die toename beduidend hoger, zoals in Italië en IJsland. Dit geldt niet voor onze streken. Praktisch en economisch gezien is het in Vlaanderen meestal niet haalbaar warmte op voldoende hoge temperatuur diep uit de bodem te halen om rechtstreeks op ons individueel woningverwarmingssysteem aan te sluiten.

Een warmtepomp kan warmte op relatief lage temperatuur benutten voor toepassingen op hogere temperatuur. Ze kan warmte uit de omgeving (lucht, water of bodem) op voldoende hoge temperatuur brengen voor de toepassing van onder andere de verwarming van woningen en sanitair warm water. De hoeveelheid energie die ze hiervoor gebruikt is laag in vergelijking met de opbrengst. 65 % à 80 % van de door de warmtepomp geleverde energie wordt gewonnen uit de omgeving. Zo zal een warmtepompinstallatie minder energie verbruiken dan een klassiek verwarmingssysteem. Ook de CO₂-uitstoot bij verwarming door middel van een warmtepomp is beduidend lager dan die van een klassiek verwarmingssysteem.

Warmtepompen hebben in Vlaanderen nog geen algemene ingang gevonden voor woningverwarming maar, ze zitten duidelijk in de lift. In Zwitserland zijn nu al meer dan 100.000 warmtepompen in gebruik, in Oostenrijk worden 150.000 woningen verwarmd door middel van een warmtepomp. Tenslotte heeft bijna iedereen een warmtepomp in huis namelijk, de koelkast: ze onttrekt warmte aan de binnenkant van de kast en geeft deze af aan de ruimte waarin de koelkast staat.

1

Inleiding

Tot ver in de 19e eeuw was hout de belangrijkste brandstof, en werd een groot deel van de energie geleverd door mensen, dieren, water en wind. Tot vandaag is de energiebehoefte steeds blijven stijgen en zijn we zeer sterk afhankelijk van fossiele en nucleaire brandstoffen.

1.1. Problemen

- Fossiele en nucleaire brandstoffen zijn beperkt voorradig. En terwijl de voorraad snel slinkt, neemt de vraag steeds toe. De wereldbevolking groeit en het energiegebruik per hoofd stijgt. Daaruit volgen vooral economische problemen en problemen rond de veiligheid van de wereldbevolking. IEA (International Energy Agency) voorspelt dat het energieverbruik tussen 1995 en 2020 met 65% zal stijgen en daarnaast zal ook de CO₂-uitstoot met 70% stijgen (onder huidige situatie).
- Reststoffen uit de energiesector hebben een zware impact op het leefmilieu. Hierbij denken we aan:
 - het broeikaseffect veroorzaakt door o.a. koolstofdioxide
 - giftige gasen als koolstofmonoxide, stikstofoxides,...
 - verzurende gasen: stikstofoxides, zwaveldioxide,...
 - transport, verwerking en berging van nucleair materiaal

1.2. Oplossingen

Om deze wereldomvattende problemen niet tot onbeheersbare omvang te laten uitgroeien, moeten er zeer dringend oplossingen gezocht worden. Energiebehoefte en energieopwekking op een duurzame wijze op elkaar afstemmen vergt een tweezijdige aanpak:

1. REG: rationeel energiegebruik d.w.z. spaarzaam omgaan met energie zonder comfortverlies. Dikwijls zijn rendabele maatregelen onvoldoende gekend, of maakt de zeer lage energieprijzen talrijke technische mogelijkheden schijnbaar onrendabel.
2. Hernieuwbare energie: zon, wind, waterkracht, biomassa

en geothermie kunnen ook in ons land aangewend worden om energie op te wekken voor het huishouden, industrie en transport.

1.3. Troeven van hernieuwbare energie

Duurzame ontwikkeling wil aan de behoeften van vandaag voldoen, zonder die van de toekomst in het gedrang te brengen. Hernieuwbare energie is daar een onderdeel van. Het heeft behalve milieu- nog andere voordelen:

1. De meeste technieken voor hernieuwbare energie zijn milieuvriendelijk en duurzaam. Ze zijn vrijwel onuitputtelijk, vragen relatief weinig energie voor fabricage en onderhoud en zijn zuinig in het gebruik van grondstoffen. Hun hele levenscyclus - van bouw over gebruik tot de afbraak - veroorzaken zij een zeer lage uitstoot van schadelijke stoffen.
2. Diversificatie van energievoorziening: Een systeem dat zich te eenzijdig richt op slechts enkele energiebronnen, die geconcentreerd zijn in een klein deel van de wereld, kan tot spanningen leiden.
3. Werkgelegenheid en betalingsbalans: Studies tonen aan dat hernieuwbare energie een positief effect heeft op de werkgelegenheid. Vlaanderen heeft zeer grote exportkansen. Dit vereist wel de ontwikkeling van een thuismarkt.

2

Eenheden en begrippen

2.1. Energie

Arbeid: de kracht die wordt uitgeoefend over een bepaalde weglengte.

Energie: de mogelijkheid die een systeem bezit om arbeid te verrichten.

Enkele verschijningsvormen van energie: wind, een rijdend voertuig, spanning op het elektriciteitsnet, warmte. De ene vorm van energie kan gebruikt worden om de andere vorm op te wekken.

1 J = 1 Joule
1 kJ = 1 kilojoule = 1.000 J
1 MJ = 1 megajoule = 1.000.000 J

1 Wh = 1 wattuur
1 kWh = 1 kilowattuur = 1.000 Wh
1 kWh = 3,6 MJ

Vroegere eenheid van energie

1 kcal = 1 kilocalorie = 4,186 kJ

2.2. Vermogen

Vermogen: de hoeveelheid arbeid die verricht wordt per tijdseenheid.

1 W = 1 watt = 1 J/s
1 kW = 1 kilowatt = 1.000 W

Vroegere eenheid van vermogen

1 kcal/h = 1 kilocalorie per uur = 1,16 W
1 kW = 860 kcal/h

Voorbeeld

Een spaarlamp met een vermogen van 15 W die gedurende 1 uur brandt heeft 15 Wh aan energie verbruikt.

2.3. Druk

1 bar = omgevingsdruk = $10^5 \text{N/m}^2 = 10^5 \text{Pa}$

2.4. Begrippen

- Warmtedragend medium: de stof die de warmte overdraagt van de warmtebron naar het warmteafgiftesysteem, in de praktijk dikwijls koelmiddel of koelvloeistof genoemd. Voorbeeld (H)(C)FK's, ammoniak en propaan.
- (H)(C)FK's: CFK's of volledig gechloreerde chloorfluorkoolwaterstoffen (verboden), HCFC's of onvolledig gechloreerde chloorfluorkoolwaterstoffen zoals R22 (verboden in nieuwe installaties, herstellingen van bestaande installaties zijn na 2014 niet meer toegelaten), HFK's of fluorkoolwaterstoffen zoals R134a (toegelaten).
- COP: Coefficient Of Performance: winstfactor van een warmtepomp.
- SPF: Seasonal Performance Factor: prestatie van een warmtepompsysteem gedurende het ganse verwarmingsseizoen.
- Warmtebron: het medium waaraan de warmtepomp warmte onttrekt.
- Warmteafgiftesysteem: het systeem waaraan de warmtepomp warmte afgeeft.
- Compressiewarmtepomp: de warmtepomp die gebruik maakt van mechanische energie om warmte van een lager temperatuurniveau naar een hoger temperatuurniveau te transporteren.
- Absorptiewarmtepomp: de warmtepomp die gebruik maakt van warmte als aandrijfenergie, bijvoorbeeld door het verbranden van aardgas.
- Verdampen: aggregatietoestandverandering van vloeistof naar gas.
- Condenseren: aggregatietoestandverandering van gas naar vloeistof.



3

Warmtebehoefte voor woningen

De warmtebehoefte van een woning stemt overeen met de warmteverliezen van het gebouw min de warmtewinsten plus het warmteverbruik voor de bereiding van sanitair warm water.

Het eigenlijke energieverbruik van de woning wordt echter door een groot aantal andere factoren mee bepaald:

- de opslagcapaciteit van het gebouw;
- de thermische traagheid van de verwarmingsinstallatie;
- de frequentie en de duur van de bedrijfsonderbreking;
- het rendement van de warmteproductie en de warmtedistributie;
- de zorgvuldige en spaarzame bediening door de bewoners;
- de efficiëntie van de verwarmingsregeling.

Warmtepompen hebben een goede winstfactor wanneer ze toegepast worden in combinatie met een verwarmingssysteem op lage temperatuur (zie hoofdstuk 6). Deze verwarmingssystemen kunnen enkel toegepast worden in gebouwen met een lage warmtebehoefte.

3.1. Warmteverliezen

In een woning treden warmteverliezen op. Deze zijn het gevolg van de transmissieverliezen doorheen het buitenomhulsel van de woning enerzijds en de ventilatieverliezen die ontstaan doordat koude lucht in de woning komt anderzijds en dit gedurende het winterseizoen.

De warmteverliezen van een woning worden berekend volgens de huidig geldige genormaliseerde rekenmethode van de warmteverliezen (NBN B 62-003). Voor zeer goed geïsoleerde gebouwen blijkt deze methode enkel een betrouwbaar resultaat te geven voor continu verwarming. Ze is minder geldig als men rekening houdt met bijvoorbeeld nachtverlaging of onderbreking.

3.1.1. Transmissieverliezen

Het peil van de globale warmte-isolatie (K-peil) van een woning wordt berekend op basis van de warmtedoorgangscoefficienten van de verschillende gebouwoonderdelen en van het volume en de buitenoppervlakte van het gebouw. Hoe hoger het K-peil, hoe hoger de transmissieverliezen.

Volgens de energieprestatieregeling in Vlaanderen dient een nieuwbouwwoning te voldoen aan een maximaal globaal isolatiepeil K45. Bestaande woningen hebben dikwijls een isolatiepeil K100 of meer. Dit heeft consequenties voor het verwarmingssysteem.

Een bestaande woning, voorzien van een verwarmingssysteem op lage temperatuur, is pas voldoende comfortabel wanneer de woning voldoende geïsoleerd is. Het isolatiepeil dient lager te zijn dan K55.

3.1.2. Ventilatieverliezen

Om de ventilatieverliezen te beperken moet het gebouw voldoende luchtdicht zijn afgesloten, er rekening mee houdend dat er voldoende ventilatie nodig is om de luchtkwaliteit te verzekeren. Verse lucht wordt op natuurlijke of mechanische wijze aangevoerd in de droge ruimten en vervuilde lucht wordt afgevoerd via de natte ruimten.

Voor een gezond binnenklimaat heeft een woning een luchtverversing van 25 m³ per persoon per uur nodig. Om het warmteverlies langs deze weg te beperken, wordt best gekozen voor een gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning.

3.2. Warmtewinsten

Een deel van de warmtebehoefte wordt ingevuld door warmte die niet door de verwarmingsinstallatie wordt opgewekt. Deze warmte kan geleverd worden door de zon (zonnepwinsten) of door personen of toestellen binnen de woning (interne warmtewinsten).

3.2.1. Zonnewinsten

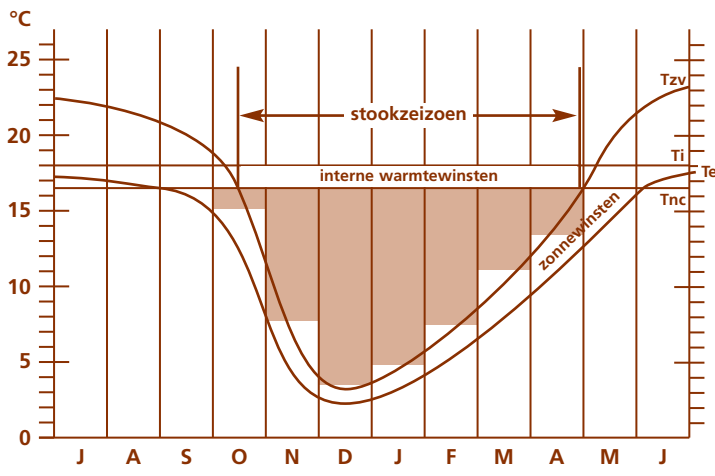
De zonnewinsten, in een gebouw dat helemaal niet verwarmd wordt, zullen de binnentemperatuur opdrijven tot boven de buitentemperatuur; de gerealiseerde binnentemperatuur T_{zv} is dan de temperatuur zonder verwarming van het gebouw.

Bij woningen met een lage warmtebehoefte kunnen warmte-winsten (in woningen vooral zonnewinsten) leiden tot oververhitting in de zomer. Een aangepaste zonnewering is noodzakelijk.

3.2.2. Interne warmte-winsten

De aanwezigheid van interne warmtebronnen zoals keuken-apparaten en huishoudtoestellen, personen en verlichting zorgen voor een deel van de warmtebehoefte. Afhankelijk van het isolatiepeil van het gebouw kunnen zowel de zonnewinsten als de interne warmte-winsten zorgen voor een temperatuursstijging. Hierdoor wordt een deel van de warmtebehoefte geleverd.

3.3. Warmtebehoefte voor woningverwarming



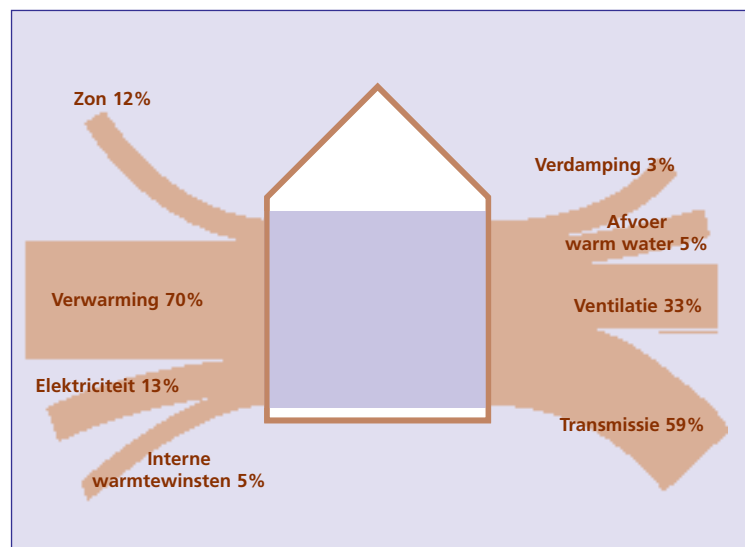
Gebruikte symbolen in bovenstaande figuur:
 T_e = verloop van de gemiddelde buitentemperatuur
 T_i = gemiddelde binnentemperatuur van het gebouw
 T_{nc} = gemiddelde buitentemperatuur waarboven niet hoeft verwarmd te worden
 T_{zv} = temperatuur zonder verwarming van het gebouw
 Het ingekleurde deel van de grafiek komt overeen met de energie die moet geleverd worden door de verwarmingsinstallatie, bijvoorbeeld de warmtepomp.

Voorbeeld

We nemen als voorbeeld een compacte vrijstaande woning met 1 verdieping met een bewoonde oppervlakte van 150 m² (zie onderzoek toepasbaarheid en CO₂-potentieel van de warmtepomp in Belgische woningen door F. Verplaetsen en J. Berghmans, TME K.U.Leuven in opdracht van Electrabel). Het warmteverlies werd berekend voor verschillende isolatiepeilen volgens de norm NBN B62-003 voor een buitentemperatuur van -8°C. Het energieverbruik werd berekend over een gans stookseizoen (van oktober tot mei), voor een woning gelegen in Ukkel met een welbepaald vraagpatroon. Deze rapporten kan u op afspraak inkijken bij ODE-Vlaanderen.

Warmteverliezen	K40	K55	K100
transmissie	4.600 W	5.741 W	10.033 W
ventilatie	3.067 W	3.229 W	2.997 W
max. verwarmingsvermogen	7.667 W	8.970 W	13.030 W
Energieverbruik	13.571 kWh	15.549 kWh	28.227 kWh

De warmtebalans van een woning plaatst de warmte-winsten en de aan de woning toegevoegde warmte tegenover de warmteverliezen van de woning. Deze zijn in evenwicht. De bijgevoegde warmtebalans geldt voor de woning uit het voorbeeld bij K40.



3.4. Warmteverbruik voor sanitair warm waterproductie

Een gemiddelde Belg gebruikt 40 l sanitair warm water per dag. Het verbruik van elk individu kan hier sterk van afwijken. Voor een gezin van 3 à 4 personen zal de inhoud van het voorraadvat 100 à 300 l bedragen. Het totale energiegebruik per jaar voor de bereiding van sanitair warm water voor een gezin van 4 personen bedraagt ongeveer 3.000 kWh. Dit stemt overeen met ongeveer 18% van de totale warmtebehoefte van de woning (voor voorbeeldwoning onder 3.3. bij K40).

Bij het gebruik van een warmtepomp voor de bereiding van sanitair warm water wordt voldoende opslagcapaciteit voorzien in het voorraadvat (boiler). Het vermogen van de warmtepomp kan dan gedimensioneerd worden op het gemiddeld gevraagd vermogen.

3.5. Besluit

Woningen met een lage warmtebehoefte kan men bereiken door een betere isolatie, gekoppeld aan mechanische ventilatie om vochtproblemen te vermijden. Om warmteverliezen langs deze weg te voorkomen wordt best gekozen voor een systeem met warmteterugwinning.

Warmtepompen worden voornamelijk toegepast in woningen met een lage warmtebehoefte. Deze kunnen echter ook in andere woningen geplaatst worden mits een voldoende dimensionering, die kan leiden tot een meerinvestering.

De keuze voor een warmtepomp beïnvloedt hiermee het totaalconcept van de woning. De beslissing over het verwarmingssysteem wordt dan ook best zo vroeg mogelijk genomen, zowel bij nieuwbouw als bij verbouwing.

Energieprestatieregelgeving

De totale energieprestatie (EP) van gebouwen wordt door een toenemend aantal landen gezien als een interessante aanpak in het streven naar energiezuinige gebouwen. Hierbij worden niet alleen de thermische prestaties van het gebouw (isolatie, ventilatie) beoordeeld, maar ook de energetische prestaties van de technische installaties (verwarming, koeling, verlichting, sanitair warm water). Deze energetische prestaties worden gekoppeld aan minimale eisen betreffende de binnenluchtkwaliteit, onder andere door te zorgen voor voldoende ventilatie.

De invoering van de energieprestatieregelgeving vanaf 1 januari 2006 in Vlaanderen vervangt de vroegere isolatiewetgeving. Bij de energieprestatieregelgeving wordt zowel rekening gehouden met de thermische isolatie, ventilatie, luchtdichtheid, verwarming en zomercomfort van een gebouw.

Warmtepompen kunnen bijdragen tot een goede energieprestatie van een gebouw met, hieraan gekoppeld, niet alleen winst voor het milieu maar ook een economische waardevermeerdering van het gebouw.

In nieuwbouwwoningen dient actieve koeling vermeden te worden (oververhittingscontrole), warmtepompen mogen hier dus alleen maar in verwarmingsmodus kunnen werken, free cooling is mogelijk met bepaalde brontypes (grondwater, bodemwarmtewisselaar) en een bypass over de warmtepomp.

4

Hoe werkt een warmtepomp?

4.1. Warmtetransport

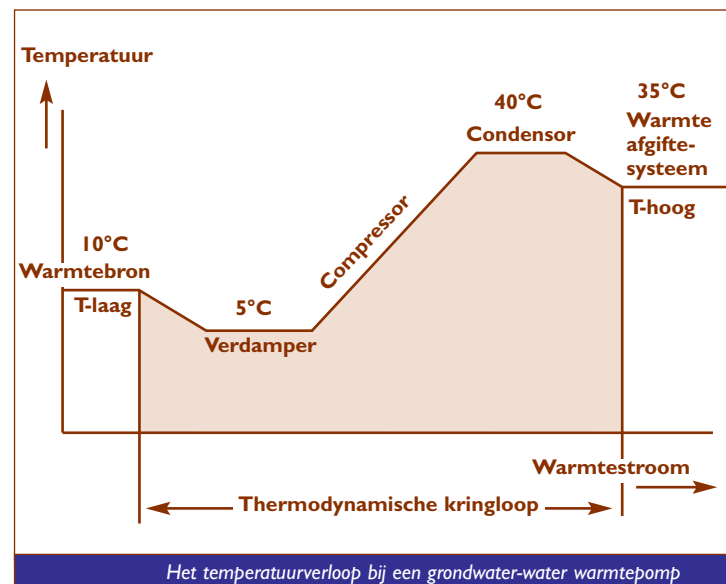
In de natuur gebeurt warmtetransport van objecten op hoge temperatuur naar objecten op lage temperatuur. Een voorwerp dat warmer is dan de omgeving zal afkoelen, zijn warmte afgeven aan de omgeving. Een warmtepomp doet het omgekeerde. Een warmtepomp is een apparaat dat thermische energie (=warmte) onttrekt aan een medium (warmtebron) op een bepaalde temperatuur en deze thermische energie bij een hogere temperatuur aan een ander medium (warmteafgiftesysteem) afgeeft. De warmtepomp "pompt" dus thermische energie van een laag naar een hoog temperatuurniveau. Het warmtetransport gebeurt door middel van een vloeistof (warmtedragend medium).

De werking van een warmtepomp is gebaseerd op drie fysische verschijnselen:

1. Bij verdamping wordt warmte opgenomen en bij condensatie komt warmte vrij.
2. Het kookpunt van een vloeistof, d.w.z. de temperatuur waarbij de vloeistof overgaat in dampvorm, is afhankelijk van de druk van de vloeistof. Het kookpunt stijgt bij stijgende druk van de vloeistof.
3. De temperatuur van een gas stijgt onder toenemende druk.

Niet elke vloeistof is geschikt als warmtedragend medium in een warmtepomp. Men kiest een vloeistof waarvan het kookpunt bij lage druk onder de temperatuur van de warmte-

bron ligt. Dan kan de vloeistof al bij die lage temperatuur verdampen en warmte onttrekken aan de warmtebron (verschijnsel 1). Brengen we nu met een compressor de ontstane damp onder een hogere druk (waardoor het kookpunt en de temperatuur hoger komen te liggen: verschijnsel 2 en 3), dan zal de damp bij een hogere temperatuur condenseren (vloeibaar worden) en warmte afgeven aan het warmteafgiftesysteem. Om terug te keren naar de begintoestand is het nodig om een drukverlaging te realiseren met behulp van een expansieventiel, de cyclus kan dan herbeginnen.



Het kookpunt van vloeistoffen die gebruikt worden als warmtedragend medium

	Kookpunt bij 1,013 bar (°C)	Verdamperdruk bij 0°C(bar)	Condensordruk bij 45°C (bar)
HFK 134a	-26	2,9	11,6
HFK 407c	-43	5,4	18
Propaan R290	-42	4,7	16

Voorbeeld: warmtetransport door water

Wanneer we water verwarmen in een gewone kookpot neemt de temperatuur van het water gelijkmatig toe tot het bij 100°C begint te koken. Het water verdampt. Zolang niet al het water is verdampt, blijft de temperatuur van water en damp 100°C hoewel het kookvuur voortdurend warmte aan het water toevoegt. Bij het verdampen wordt dus door het water warmte opgenomen zonder temperatuursverhoging van water en damp. Indien we warmte blijven toevoegen als al het water verdampt is, zal de temperatuur van de waterdamp opnieuw stijgen. De waterdamp wordt oververhitte stoom.

Wanneer waterdamp een koud oppervlak raakt, een venster bijvoorbeeld, zal de damp terug vloeibaar worden, hij condenseert. Hierbij geeft de damp warmte af aan het vensterglas. Tijdens de omzetting blijft de temperatuur van de damp gelijk. Bij het condenseren wordt dus warmte afgegeven zonder temperatuursdaling in water en damp.

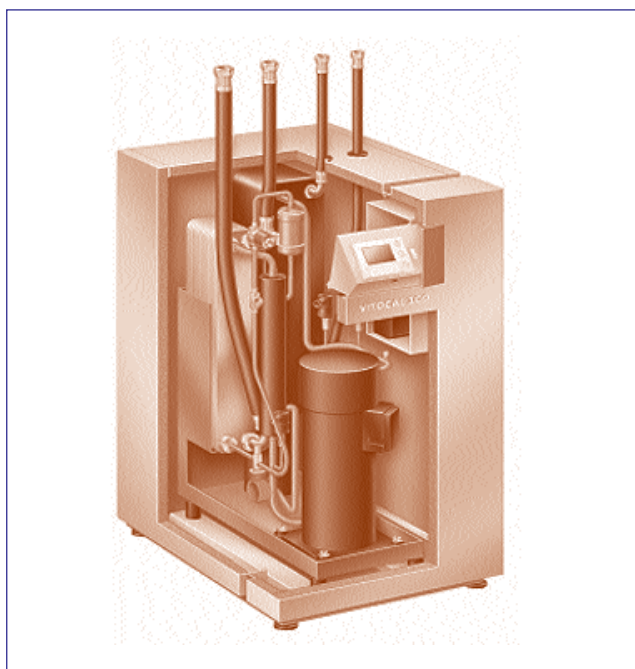
Het kookpunt is echter niet alleen afhankelijk van de temperatuur maar ook van de druk. Water kookt op 100°C bij normale atmosferische druk van 1 bar (760 mm kwikkolom op zeeniveau). Wanneer we water in een snelkookpan opwarmen ligt het kookpunt op een hogere temperatuur dan 100°C.

Diagram met de respectievelijke warmtehoeveelheden die 1 kg water op 0°C nodig heeft om naar de toestand van oververhitte stoom op 120°C over te gaan



De druk in de snelkookpan is immers hoger dan de atmosferische druk. Op een hoge berg, waar de atmosferische druk lager is, zal het kookpunt op lagere temperatuur worden bereikt.

Water is echter niet geschikt als warmtedragend medium voor een warmtepomp bij toepassing in woningverwarming. De temperatuur van de beschikbare warmtebronnen (lucht, water etc.) waaraan de warmtepomp door verdamping warmte onttrekt, ligt veel lager dan het kookpunt van water bij atmosferische druk. Water zal in onderdruk moeten gebracht worden om op voldoende lage temperatuur warmte te kunnen onttrekken aan het beschikbare medium. Dit vraagt veel energie.



4.2. Warmtepompcyclus

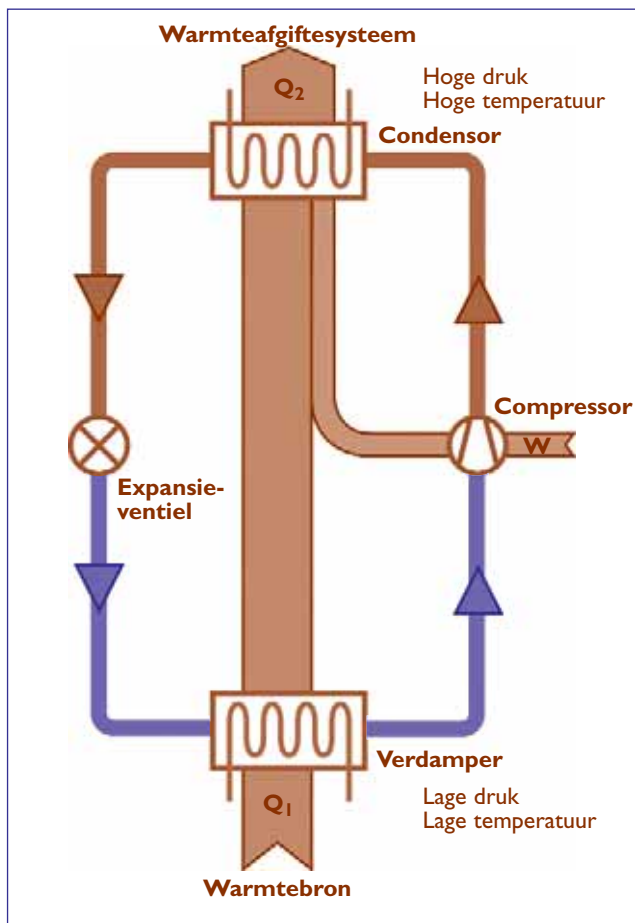
Warmtepompen kunnen werken volgens verschillende principes. De aandrijfenergie kan bestaan uit mechanische energie (compressiewarmtepomp) of warmte (absorptiewarmtepomp). In woningbouw wordt meestal de elektrisch aangedreven compressiewarmtepomp toegepast. Deze wordt hier beschreven.

Om een warmtepompcyclus te doorlopen, heeft men een compressor, een condensor, een verdamper en een ontspanner nodig. Aan de warmtebron wordt warmte onttrokken, aan het warmteafgiftesysteem wordt warmte afgegeven.

Een warmtedragend medium stroomt tussen de warmtebron en het warmteafgiftesysteem. Het warmtedragend medium verdampt op lage druk in de verdamper en neemt hierbij warmte (Q_1) op vanuit de warmtebron. De compressor zuigt de gassen uit de verdamper en drukt deze samen waardoor de temperatuur en het kookpunt verhogen. De compressor levert

hierbij arbeid (W). Deze gassen onder hoge druk en op hogere temperatuur stromen door de condensor waardoor ze afkoelen en van gasvormige toestand terug vloeibaar worden. Hierbij staan ze warmte (Q_2) af aan het warmteafgiftesysteem. In de ontspanner keren ze terug naar hun oorspronkelijke druk.

De afgegeven warmte is de opgenomen warmte + de arbeid die door de compressor geleverd wordt. $Q_2 = Q_1 + W$.



Zo kan een goede warmtepomp voor elke kWh elektriciteit die de compressor verbruikt tussen 3 en 6 kWh nuttige warmte opleveren. De winstfactor of COP bedraagt dan 3 à 6. Ter vergelijking: een elektrische weerstand zal voor elke kWh elektriciteit die hij verbruikt slechts 1 kWh nuttige warmte opleveren. Dit komt overeen met een COP gelijk aan 1.

Hoe groter de drukverhoging die de compressor moet realiseren, hoe hoger het energieverbruik en hoe lager de winstfactor. De drukverhoging hangt rechtstreeks samen met de gerealiseerde temperatuursverhoging in het warmtedragend medium. Deze temperatuursverhoging is afhankelijk van het temperatuursverschil tussen de warmtebron en het warmteafgiftesysteem. Bijgevolg hangt de winstfactor af van het temperatuursverschil tussen de warmtebron en het warmteafgiftesysteem. Hoe hoger de temperatuur van de warmtebron en hoe lager de temperatuur van het warmteafgiftesysteem, hoe hoger de winstfactor. Bij de vergelijking van de winstfactor van verschillende warmtepompen dient steeds rekening gehouden te worden met de condensor- en verdampertemperatuur die gekoppeld is aan de opgegeven winstfactor. Een aantal constructeurs geeft bij de COP de temperatuur van de warmtebron en van het warmteafgiftesysteem op. Hou er rekening mee dat deze ongeveer 5°C verschillen van de temperatuur van de condensor en verdampertemperatuur (zie figuur).

Als voorbeeld volgt hier een overzicht van de COP's van de drie warmtepompen die getest werden door het De Nayer Instituut in het kader van hun HOBu-project. De COP wordt gevolgd door twee cijfers. Het eerste is de temperatuur van de warmtebron, het tweede de aanvoertemperatuur van het warmteafgiftesysteem.

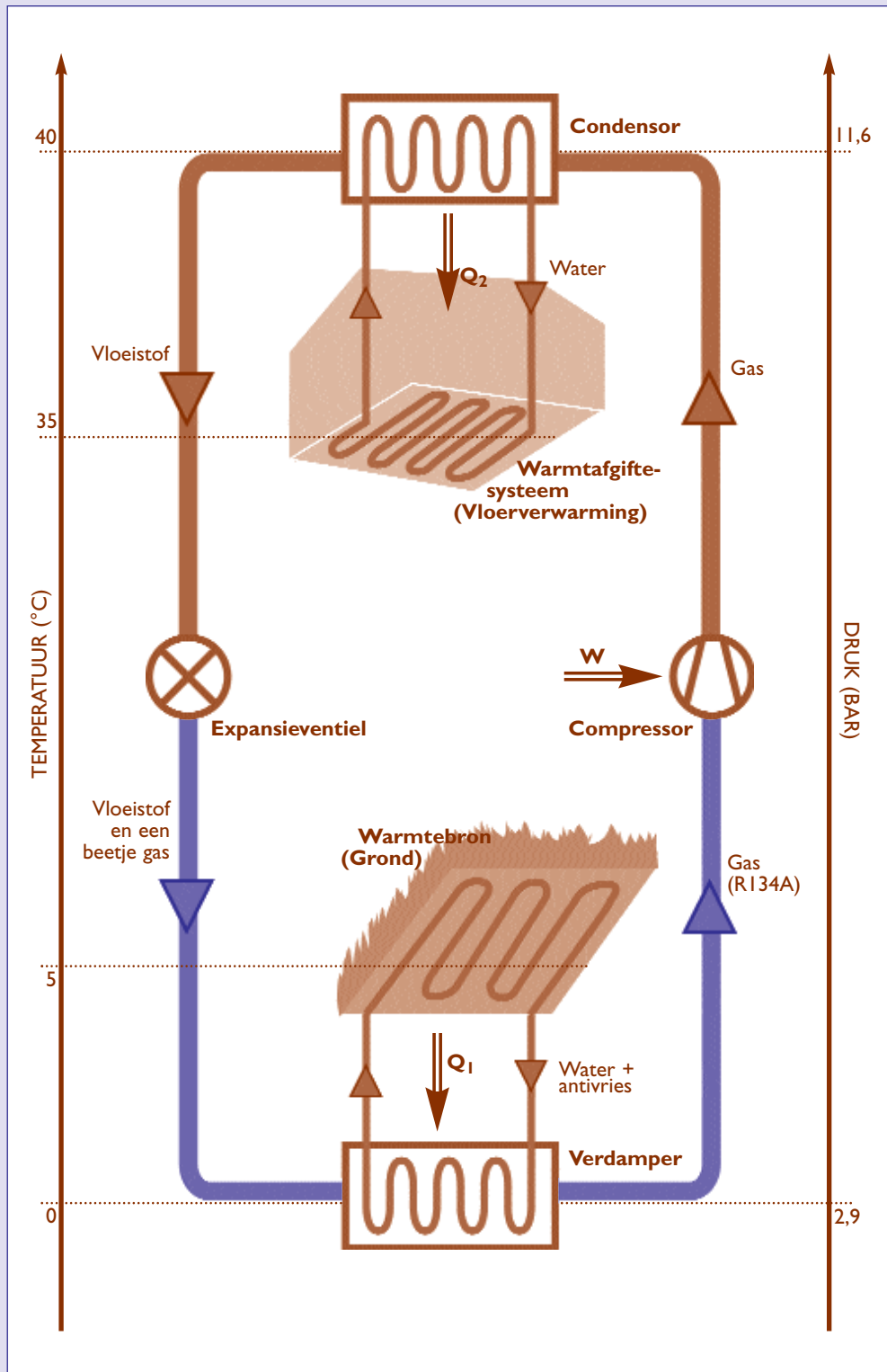
De COP van de warmtepompen, getest in het De Nayer Instituut			
	WP 1	WP 2	WP 3
COP ₀₋₃₅	4,30	4,50	
COP ₁₀₋₃₅			5,60

4.3. Winstfactor

De compressor, die de druk en daarmee ook de temperatuur in het warmtedragend medium verhoogt, is het enige onderdeel van de warmtepomp dat energie gebruikt. Het energieverbruik van de compressor bepaalt hiermee ook de winstfactor van de warmtepomp. De winstfactor wordt berekend door de geleverde nuttige energie (Q_2) van de warmtepomp te delen door de opgenomen elektrische energie (W) van de compressor. Dit noemen we de winstfactor of COP (Coefficient Of Performance). $COP = Q_2/W$.

De energieprestatieregelgeving houdt onder meer in dat voor een gebouw een EPB-berekening wordt uitgevoerd wat resulteert in een E-peil. De COP die wordt ingegeven bij die berekening moet het resultaat zijn van testen conform de norm EN 14511-2 onder standard rating conditions.

De winstfactor van een warmtepomp hangt niet alleen af van de warmtepomp maar ook van de temperatuur van de warmtebron en het warmteafgiftesysteem. De warmtepomp kunnen we hier niet van loskoppelen. Het geheel van warmtepomp, warmtebron, warmteafgiftesysteem en randapparatuur noemen we het warmtepompsysteem. De goede werking van het systeem staat of valt met de werking van elk onderdeel.



5

Warmtebronnen

Bij de toepassing van een warmtepomp dient de warmtebron, die de gratis warmte levert, gekozen te worden afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden en van de functie die de warmtepomp dient te vervullen. Essentiële parameters bij de keuze van de warmtebron zijn de beschikbaarheid van de warmtebronnen, de gemiddelde temperatuur van de warmtebron, de minimum temperatuur van de bron, de temperatuur van de bron na meerdere stookseizoenen, de warmtebehoefte en koudebehoefte van de woning.

De meest courante warmtebronnen zijn de bodem, water en lucht.

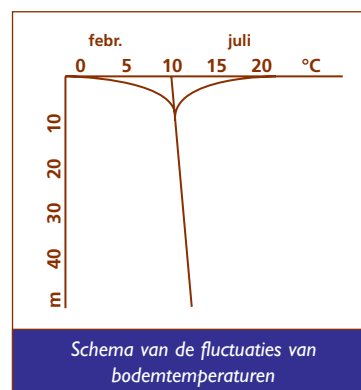
Vermits het energieverbruik van de warmtepomp rechtstreeks afhankelijk is van het temperatuursverschil tussen warmtebron en warmteafgiftesysteem zal een zo hoog mogelijke brontemperatuur de beste winstfactor opleveren.

5.1. Grond



De eerste meters onder het aardoppervlak zijn nog sterk onderhevig aan de seizoensschommelingen. Op 1 meter diepte schommelt de bodemtemperatuur tussen 4 en 17°C. Op 5 à 7 m diepte is die invloed bijna verdwenen en heeft de bodem een temperatuur van 10 à 12°C. Dieper in de bodem

stijgt de temperatuur langzamer namelijk met 1,5 à 3°C per 100 m. Voor rechtstreekse benutting van de aardwarmte, zonder gebruik te maken van een warmtepomp moet in Vlaanderen zeer diep geboord worden. Behoudens de grote kosten voor deze dieptebooringen (ca 750 à 1500 m en meer) is het grondwater op die diepte meestal erg corrosief.



Bij de onttrekking van warmte uit de grond zal de grondtemperatuur rond de grondwarmtewisselaar dalen van bij het begin van het stookseizoen. De warmteonttrekking aan de grond rond de warmtewisselaar is dan groter dan de warmtetoevoer uit de omringende grond. Bij het einde van het stookseizoen begint

het herstel naar de oorspronkelijke grondtemperatuur omdat er minder warmte aan de grond wordt onttrokken. Dit herstel zet zich verder tot het begin van het volgende stookseizoen. Na enkele jaren werking van het systeem stabiliseert de gemiddelde jaartemperatuur rond de collector. Deze zal in de praktijk steeds lager liggen dan de oorspronkelijke temperatuur. De COP van de warmtepomp evolueert gedurende het ganze stookseizoen mee met de temperatuur van de grond rond de warmtewisselaar, hij zal bijgevolg dalen in de loop van het seizoen.

Een grondwarmtewisselaar bestaat uit een buizenstelsel waardoor een mengsel van water en een antivriesproduct, meestal glycol, circuleert. Deze vloeistof wordt over de verdampers van de warmtepomp geleid. In sommige systemen wordt directe expansie van het warmtedragend medium (bijvoorbeeld R134a en R407c) van de warmtepomp toegepast (zie hoofdstuk 7). Het juiste dimensioneren van de grondwarmtewisselaar is van groot belang. Een te kleine warmtewisselaar gaat te lage temperaturen opleveren op het einde van het stookseizoen met rendementsverlies tot gevolg. De warmtewisselaar kan zowel verticaal als horizontaal geplaatst worden. We spreken dan van een verticale of horizontale grondwarmtewisselaar.



5.1.1. Verticale grondwarmtewisselaar

Een verticale grondwarmtewisselaar bestaat uit aardsondes, buizen die door middel van een boormachine verticaal in de grond worden gebracht. Eén sonde kan tot meer dan 100 m diep in de bodem gaan. Dit systeem neemt weinig grondoppervlakte in beslag.



■ Dimensionering

Het dimensioneren van de aardsonde is een ingewikkelde berekening, die door specialisten met ervaring moet uitgevoerd worden.

Belangrijke parameters voor de berekening zijn:

- De gegevens van de warmtepomp:
 - het vermogen (elektrisch en thermisch);
 - het debiet van de warmtebronkring;
 - de temperaturen (warmtebronkring + kring warmteafgifte);
- het aantal draaiuren en piekmomenten.
- De toepassing:
 - verwarming woning, sanitair tapwater, zwembad,... ;
 - is recuperatie mogelijk tijdens de zomerperiode; ijs regeneratie mogelijk door warmteopslag in de zomerperiode vb. door middel van passieve koeling;
- De beschikbare plaats.
- De wetgeving.
- De geologie.

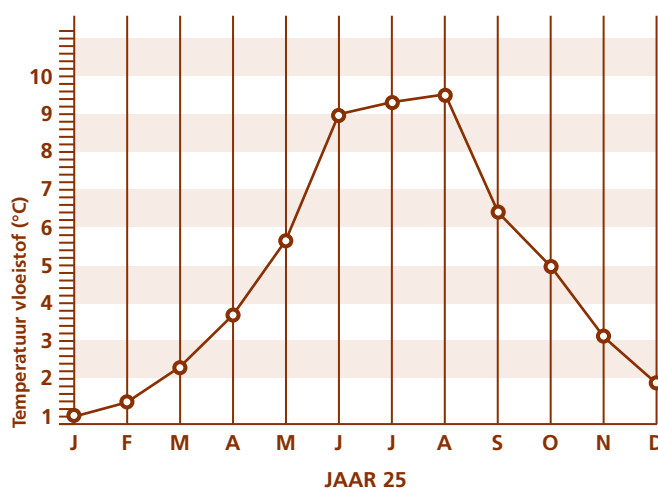
De ondergrond (geologie) is de meest belangrijke factor:

- Het specifieke vermogen per boormeter schommelt tussen de 20 à 100 watt voor een installatie met ongeveer 2000 draaiuren per jaar wat overeen komt met het gemiddelde aantal draaiuren van een warmtepomp.

- Met water verzadigde grondlagen kunnen een groter vermogen leveren dan droge grondlagen. Een hogere grondwaterstroming levert meer vermogen op. Vaste kleigronden hebben een lagere warmtegeleidbaarheid met een lager vermogen tot gevolg.
- Een dubbele U-lus in één boorgat kan het rendement verhogen met 15 à 25% ten opzichte van een enkele U-lus.

In functie van alle bovenstaande parameters wordt door de computer een berekening gemaakt voor de meest ideale dimensionering. De diepte en het aantal boringen, dubbele of enkele U-lus en de leidingdiameter van de sondes worden bepaald. Voor een gemiddelde woning volstaat 150 à 200 boormeter.

De temperatuur van de ondergrond bedraagt tussen de 10 à 14°C. In een goed gedimensioneerde aardsonde zakt de temperatuur, naar het einde van het stookseizoen, niet te ver onder het vriespunt en is bij het begin van het volgende stookseizoen de temperatuur van de ondergrond bijna op het oorspronkelijke niveau. Dit temperatuursverloop kan door middel van een aangepast computerprogramma gesimuleerd worden voor een periode van 25 jaar.

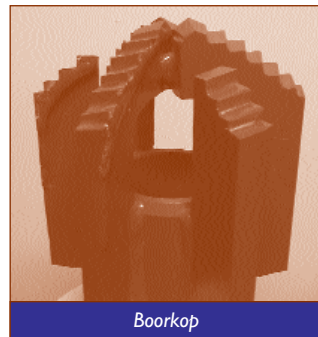


■ Uitvoering van de boring en materialen

De boring wordt met de spoel- of zuigboormethode uitgevoerd. Deze methodes houden in dat een boor de grondlagen afschraapt en zo het boorgat vormt. Het boorgat heeft een diameter tussen de 150 en 200 mm. Een grote hoeveelheid water wordt naar beneden gepompt en neemt via het geboorde gat de boorresten mee naar boven. Door boorstangen bij te plaatsen kan men dieper boren. De High Density PolyEthylene (HDPE) sondeleidingen hebben een doorsnede van 25, 32 of 40 mm, afhankelijk van ondermeer de diepte en het debiet van de kring van de warmtebron. De verbindingen en de U-lus onderaan worden gelast. HDPE is flexibel, licht in gewicht, taai, corrosiebestendig, gemakkelijk te verwerken en

prijsgunstig. De anulaire ruimte naast de sonde wordt terug aangevuld met zand, grind of een speciale grout. Doorboorde kleilagen moeten terug afgedicht worden met een mengsel van bentoniet en kleikorrels om te vermijden dat via het boorgat verschillende waterlagen met elkaar in contact komen.

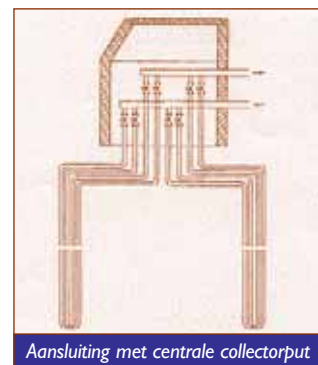
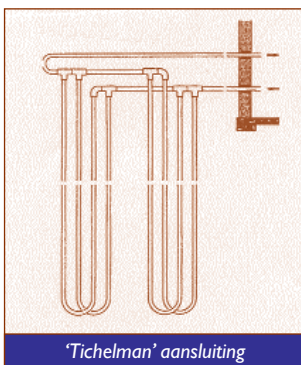
De afstand tussen de verschillende boringen ligt tussen 5 en 10 m. De diepte van de boringen varieert tussen 25 en 150 m. De boringen dienen door een specialist uitgevoerd te worden.



■ De kringloop verdamper-bodemwarmtewisselaar

De verschillende sondeboringen worden met elkaar verbonden en gekoppeld aan de primaire warmtewisselaar van de warmtepomp. Een waterpomp zorgt voor de circulatie. De sondes moeten eerst apart afgeperst worden om eventuele lekkages op te sporen.

Om elke lus thermisch gelijkmatig te belasten moeten de sondes volgens Tichelman aangesloten worden of met een centrale collectorput.



De diameter van de collectorleidingen wordt bepaald in functie van de leidingverliezen en bedraagt meestal 40, 50 of 63 mm. Nadat de lasverbindingen gemaakt zijn wordt de

collector gevuld met water en weer afgeperst. Soms wordt rond elke boring een betonnen ring ter bescherming van de verbindingen geplaatst.

Ten slotte wordt de volledige kringloop gevuld met water + antivries (vb. propyleen-glycol).

De circulatiepomp wordt gekozen in functie van het nodige debiet en de leidingverliezen. Bij juiste dimensionering van de leidingdiameter en toebehoren kan het energieverbruik van de circulatiepomp laag worden gehouden. Bijkomend wordt nog een expansievat met ontluchter en vulgroep geplaatst om de uitzetting van het water op te vangen.

De circulatiepomp wordt gestuurd door de warmtepomp.

5.1.2. Horizontale grondwarmtewisselaar

Horizontale grondwarmtewisselaars bestaan uit een netwerk van buizen, een captatienet dat op een diepte van 1 meter (onder de vorstgrens) of meer in de bodem wordt ingegraven.

Op kleinere diepte is de temperatuur van de bodem te sterk afhankelijk van de buitentemperatuur. In de winter, bij de hoogste warmtevraag zal de brontemperatuur bijgevolg laag zijn. De regeneratie van de bodem treedt pas in op het einde van het stookseizoen.

Indien mogelijk plaatst men het netwerk onder het waterpeil. Dit systeem kan alleen worden toegepast indien men over voldoende grondoppervlakte beschikt.



■ Dimensionering

De dimensionering van het captatienet gebeurt in functie van de warmtegeleidingcoëfficiënt van de bodem. Deze hangt af van de samenstelling van de grond en van het vochtgehalte.

Algemeen geldt voor de volgende bodemsamenstellingen:

Bodem	Onttrokken vermogen
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

Afhankelijk van de grondsamenstelling en het compressorvermogen van de warmtepomp zal de benodigde grondoppervlakte voor een gemiddelde woning tussen 200 en 500 m² liggen.

■ Uitvoering

Het captatienet bestaat uit soepele kunststof buizen op basis van polyethyleen (zie 5.1.1.). Ze moeten corrosiebestendig zijn en ondoordringbaar door water. De diameter varieert van 20 tot 30 millimeter, de lengte per kring van 100 tot 200 meter. Bij directe expansie wordt de grondwarmtewisselaar opgebouwd uit een netwerk van koperen buizen met meestal een diameter van 15 mm. De buizen liggen op een afstand van minimum 80 cm van elkaar. Indien de buizen te kort bij elkaar worden geplaatst gaat de bodem te sterk afkoelen en zal hij moeilijk regenereren.



Ofwel wordt de grond over de volledige oppervlakte afgegraven tot op de diepte van de te plaatsen buizen, ofwel plaatst men de buizen in sleuven. Hier zijn geen speciale machines voor nodig.

■ De kringloop verdamper-bodemwarmtewisselaar

Idem verticale grondwarmtewisselaar.

■ 5.2. Water



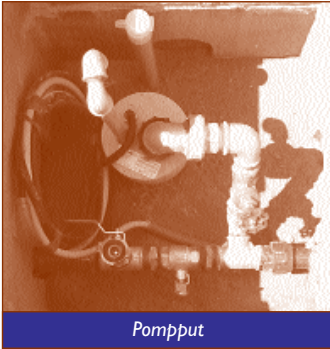
5.2.1. Grondwater

In de ondergrondse waterlagen zit grondwater met een constante temperatuur van 10 à 14°C. Dit grondwater is meestal overvloedig aanwezig en zal bij onttrekking van warmte door een huishoudelijke warmtepomp niet in temperatuur dalen. De COP van de warmtepomp zal dan ook hoog zijn en weinig variëren.

Meestal zuigt men in de pompput het grondwater met een onderwaterpomp op en stuurt het via de warmtepomp naar de retourput. Een goede waterkwaliteit van het grondwater moet er voor zorgen dat de warmtewisselaar niet wordt aangetast. Het grondwater mag niet met de lucht in aanraking komen. Het grondwatercircuit wordt onder overdruk geplaatst zodat de zuurstof niet uit het grondwater kan vrijkomen.



■ Uitvoering van de boring en materialen



Pompput

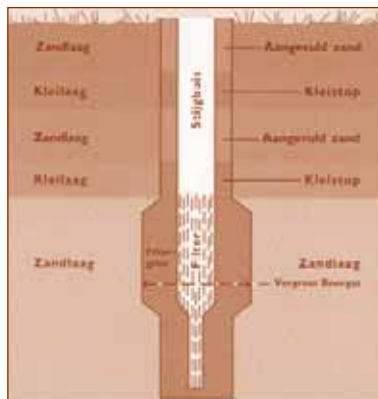
De pompput voor een warmtepomp is identiek aan een klassieke waterput. De diameter van het boorgat bedraagt 200 à 400 mm. Voor de warmtepompen ligt de gemiddelde diepte tussen 20 en 100 m, afhankelijk van de geologie. Boringen dieper dan 150 m zijn meestal om prijs-technische redenen minder interessant. Met een

uitgebreide geologische databank kan voor elke locatie bepaald worden welk systeem het meest interessant is (grond of grondwater als warmtebron).

In het geboorde gat wordt nadien de PVC verbuizing geplaatst. Onderaan is een filterelement, omstort met filterzand, waar het water de put kan indringen. Dit filterelement is verbonden met de stijgbuis die tot aan het maaiveld reikt. Rondom deze stijgbuis worden de doorboorde kleilagen die ondoordringbaar zijn, terug afgedicht met bentoniet klei-pellets en de rest van de annulaire ruimte kan met de opgeboorde boorresten terug aangevuld worden.



Filterelement



Tot een debiet van 15 m³/uur volstaat een stijgbuis van 125 mm doorsnede. Per kW geleverd thermisch vermogen heeft men ongeveer 0,2 à 0,3 m³/uur water nodig van 10°C.

De retourput die het water verplicht in dezelfde watervoerende laag terugstuurt heeft enkele verschilpunten. Water terugpompen is moeilijker dan oppompen. Daarom heeft een retourput een zo lang mogelijk filtergedeelte. Ook de boordiameter ter hoogte van het filterelement moet zo groot mogelijk zijn. Soms is het zelfs noodzakelijk meerdere retourputten te boren. Om te vermijden dat het water langs de buitenkant van de buis terug naar de oppervlakte spoelt, moet een ontlastingsbuis of een cementstop geplaatst worden.

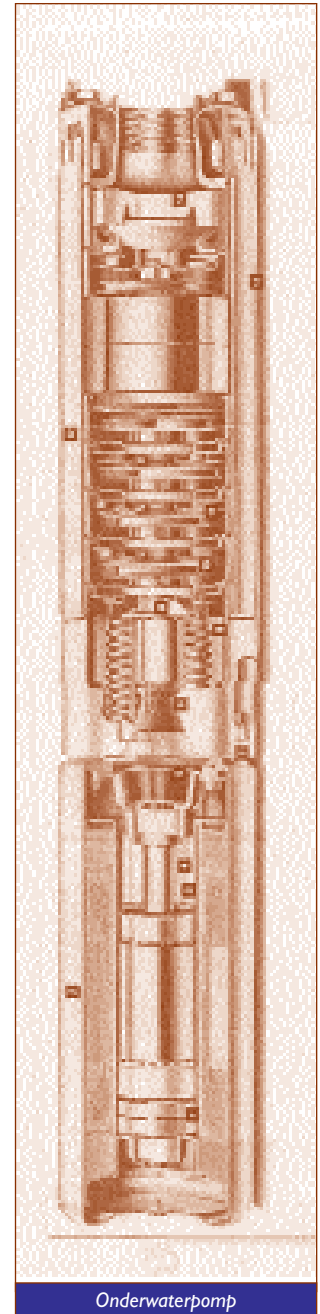
In sommige gevallen, als de watervoerende laag voldoende dikte heeft, is het mogelijk om in één boring de pomp en retourfilter in te bouwen. De kosten van de put en de aansluitingen zijn dan uiteraard lager.

■ Pomp

Meestal wordt geopteerd voor een onderwaterpomp. De juiste keuze van de pomp is zeer belangrijk. Het vermogen van de onderwaterpomp bepaalt mee de winstfactor van het totale systeem.

Het vermogen van de pomp wordt bepaald door het debiet, het dynamische waterpeil (dit is het waterpeil tijdens het pompen), de drukverliezen over de leidingen en de warmtewisselaar en ten slotte de overdruk op de retourput. Een te zware motor gaat de totale winstfactor van het systeem drukken. Bij goede dimensionering ligt het nodige aandrijfvermogen van de grondwaterpomp voor een gemiddelde woning tussen 0,37 en 1 kW.

Het grondwater mag nergens in contact komen met de lucht om oxidatie te voorkomen. Kalk en ijzer in het water kunnen dan afzettingen en verstoppingen veroorzaken in de leidingen, de warmtewisselaar en de putten zelf.



Onderwaterpomp

5.2.2. Oppervlaktewater

Bij het gebruik van oppervlaktewater als warmtebron dient men vooral rekening te houden met de kwaliteit en de temperatuur van het water. De temperatuur zal tijdens de winter duidelijk dalen waardoor een groter volume aan water over de verdampers moet worden geleid.

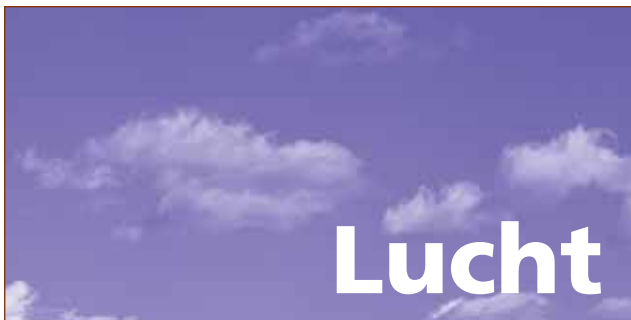
Na hoogwaterstand kan er ernstige vervuiling optreden. Een aftakking van het oppervlaktewater met hierin een horizontaal captatienet, zoals een grondwarmtewisselaar, biedt hier een oplossing.

Deze warmtebron wordt weinig toegepast omdat een voldoende grote hoeveelheid water zelden beschikbaar is.

5.2.3. Andere waterwarmtebronnen

Andere mogelijke warmtebronnen zijn koelwater, afvalwater en rivierwater.

5.3. Lucht



5.3.1. Buitenlucht



Buitenlucht is overvloedig aanwezig maar op sterk wisselende temperatuur. Bijgevolg zal de warmtepomp deze wisselende

brontemperaturen moeten opvangen. De warmtepompen die hier het best aan voldoen zijn inverter gestuurde toestellen. Deze zorgen er voor dat door een variatie van het vermogen van de compressor het rendement zelfs bij lage temperaturen hoog blijft.

Rekening houdend met de gemiddelde winter buitentemperatuur van 4.4°C in België kunnen de beste luchtwarmtepompen op een stookseizoen een rendement halen van 3.6

■ Rendement

Dit systeem heeft geen pomp nodig om water op te pompen uit zijn primaire bron. Er is dus geen energieverbruik voor een primaire waterpomp.

Het rendement (COP) dat opgegeven wordt is een netto rendement voor de warmtepomp zelf.

Deze warmtepompen bestaan in twee versies lucht/lucht en lucht/water.

Bij een lucht/lucht systeem wordt geen extra medium gebruikt om de warmte te verdelen in het gebouw waardoor energetische verliezen door overgang naar een extra medium niet voorkomen.

■ Dimensionering

De buitenlucht temperatuur kan variëren tussen -15°C en +35°C. Dit betekent dat deze warmtepomp moet uitgerust zijn om deze variaties van temperatuur te kunnen opvangen zonder te veel overgedimensioneerd te worden.

De dimensionering van de warmtepomp gebeurt bij -8°C buitentemperatuur.

■ Uitvoering

Opstelling

De warmtepomp kan zowel buiten als binnen geplaatst worden. Ook gescheiden opstelling is mogelijk, waarbij de verdampers buiten staat en de rest van de warmtepomp binnen.

Luchtaanvoer en -afvoer mogen elkaar niet hinderen. Bij binnenopstelling liggen aanvoer en afvoer dan ook best in een ander gevelvlak.

Een afvoer voor condensatiewater is noodzakelijk.

Ontdooisysteem

Warmtepompen met buitenlucht als warmtebron zijn voorzien van een ontdooisysteem.

De waterdamp in de buitenlucht zet zich af bij lage temperaturen op de warmtewisselaar van het buitendeel en vormt



een ijslaag. Deze vormt een isolatielaag op de warmtewisselaar wat de warmte-uitwisseling vermindert. Hiervoor is een ontthooing voorzien van deze warmtewisselaar. De ontthooing gebeurt door kortstondig de werking van de warmtepomp om te draaien. Deze ontthooing gebeurt voornamelijk tussen -3°C en $+4^{\circ}\text{C}$.

5.3.2. Ventilatielucht

Een ventilatiesysteem zorgt er voor dat woningen een gezond binnenklimaat kennen. Omwille van de hoge brontemperatuur haalt een warmtepomp met ventilatielucht als warmtebron ook bij hogere afgiftetemperatuur (bijvoorbeeld de bereiding van sanitair warm water) nog een aanvaardbare COP. Het debiet van het ventilatiesysteem is echter beperkt waardoor slechts in beperkte mate warmte onttrokken kan worden. Het toepassingsgebied beperkt zich dan ook tot de verwarming van sanitair warm water, eventueel gecombineerd met een deel van de woningverwarming. Deze combinatie kan toegepast worden in zeer goed geïsoleerde woningen (vb. K30) waar het hulpverwarmingssysteem beperkt gedimensioneerd kan worden.

5.4. Besluit

In bijgevoegde tabel zijn de voor- en nadelen van de verschillende warmtebronnen opgenomen. De keuze voor de meest geschikte bron is echter afhankelijk van het totaalproject van de woning.

OVERZICHT VOOR- EN NADELEN WARMTEBRONNEN.

	Voordelen	Nadelen
Verticale grondwarmtewisselaar	<ul style="list-style-type: none"> • beperkt grondbeslag • bijna overal toepasbaar • onbeperkt beschikbaar • weinig variatie in brontemperatuur • relatief hoge brontemperatuur • gesloten systeem • Natural Cooling mogelijk 	<ul style="list-style-type: none"> • daling brontemperatuur gedurende stookseizoen • lekdichtheid nodig i.v.m. glycol in systeem • aangepaste computerprogrammatuur nodig
Horizontale grondwarmtewisselaar	<ul style="list-style-type: none"> • bijna overal toepasbaar • onbeperkt beschikbaar • gesloten systeem • Natural Cooling mogelijk 	<ul style="list-style-type: none"> • ruim grondbeslag • variërende brontemperatuur • opletten voor uitputting bodem • daling brontemperatuur gedurende stookseizoen • lekdichtheid nodig i.v.m. glycol in systeem
Grondwater	<ul style="list-style-type: none"> • beperkt grondbeslag • constante brontemperatuur • relatief hoge brontemperatuur • onuitputbaar • Natural Cooling mogelijk 	<ul style="list-style-type: none"> • goede kwaliteit water niet overal beschikbaar • niet overal beschikbaar op haalbare diepte • hogere investeringskost • open systeem • energie nodig voor oppompen water • milieuvergunning nodig • gegarandeerde scheiding koelmiddel - grondwater • boring, terugvoerput en afdichting vragen extra aandacht • grondige geohydraulische kennis vereist
Buitenlucht	<ul style="list-style-type: none"> • beperkt grondbeslag • bijna overal toepasbaar • onbeperkt beschikbaar • onuitputbaar • hoog seizoensrendement bij inverter systemen • lage investeringskost 	<ul style="list-style-type: none"> • ontdooisysteem noodzakelijk • meldingsplicht • periodiek zeer lage brontemperaturen mogelijk
Ventilatielucht	<ul style="list-style-type: none"> • geen grondbeslag • hoge brontemperatuur • constante brontemperatuur 	<ul style="list-style-type: none"> • geluidsproductie moet beperkt worden • beperkt beschikbaar • alleen toepasbaar bij bepaalde ventilatiesystemen

6

Warmteafgifte

Een veel gebruikte methode om een woning te verwarmen is een centraal verwarmingssysteem met een wateraanvoertemperatuur van 90°C en een retourtemperatuur van 70°C. Bij een verwarmingssysteem op lage temperatuur is de temperatuur van het water (of lucht) niet hoger dan 55°C.

Een verwarmingssysteem op lage temperatuur is een voorwaarde voor de toepassing van een monovalent werkende (zie hoofdstuk 7) warmtepomp. De wateraanvoertemperatuur is bij voorkeur zelfs niet hoger dan 45°C en de waterretourtemperatuur maximum 35°C. In sommige systemen wordt directe expansie van het warmtedragend medium (bijvoorbeeld R134a, R407c en R410A) van de warmtepomp toegepast (zie hoofdstuk 7) in plaats van water. Dit zijn lucht/lucht systemen die redelijk compacte afgifte elementen gebruiken omdat deze uitgerust worden met een ventilator. Dit type van warmtepomp gebruikt geen tussenmedium als water.

Om een woning te verwarmen met een verwarmingssysteem op lage temperatuur dat water als tussenmedium gebruikt is wel een warmteafgiftesysteem nodig met een groot warmteafgevend oppervlak (vloerverwarming, muurverwarming, plafondverwarming, overgedimensioneerde radiatoren) of warmeluchtverwarming of convectoren met

geforceerde ventilatie.

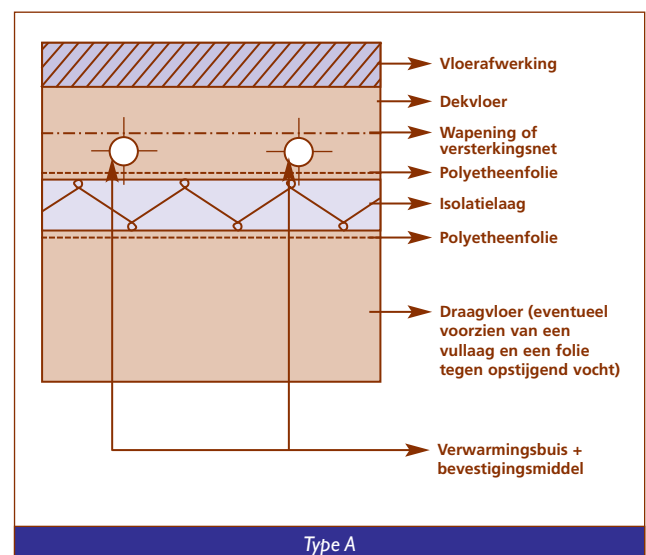
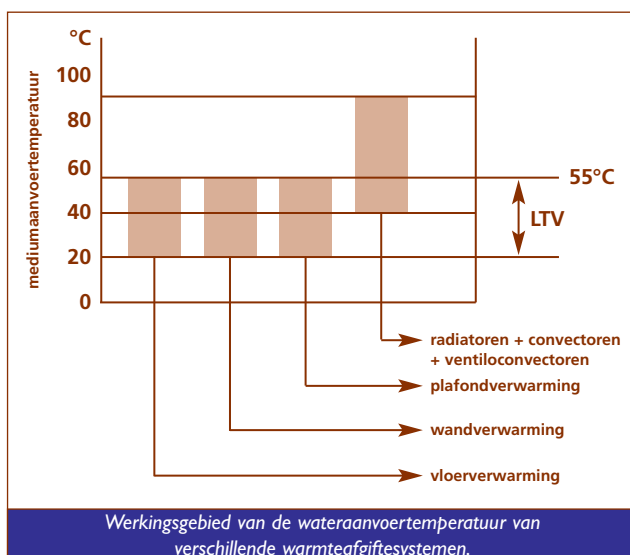
Vermits het energieverbruik van de warmtepomp rechtstreeks afhankelijk is van het temperatuurverschil tussen warmtebron en warmteafgiftesysteem zal een zo laag mogelijke temperatuur van het warmteafgiftesysteem het beste rendement opleveren.

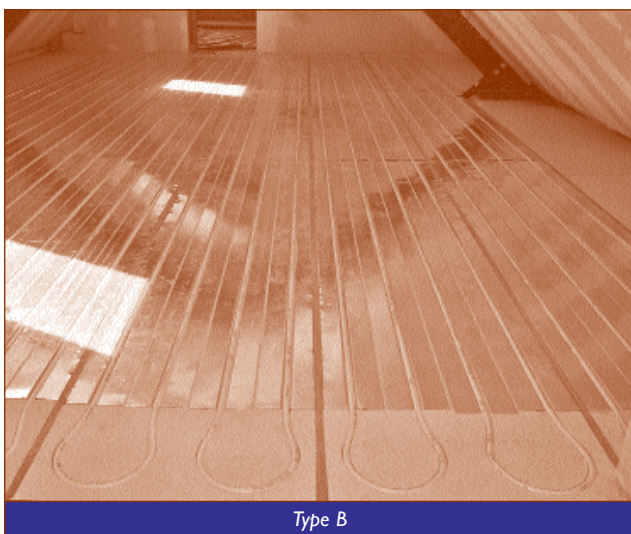
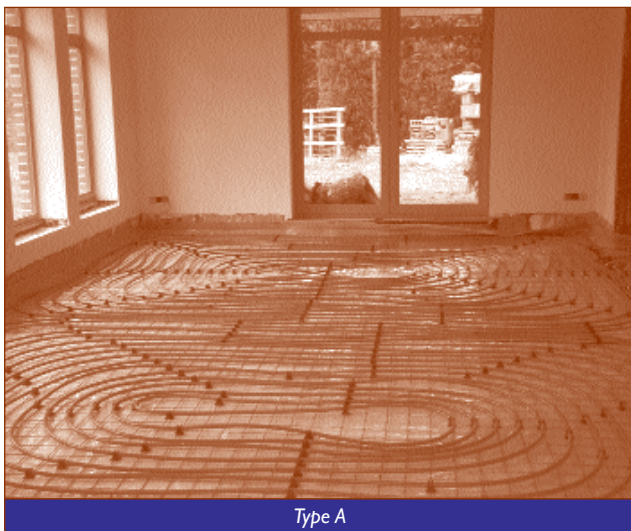
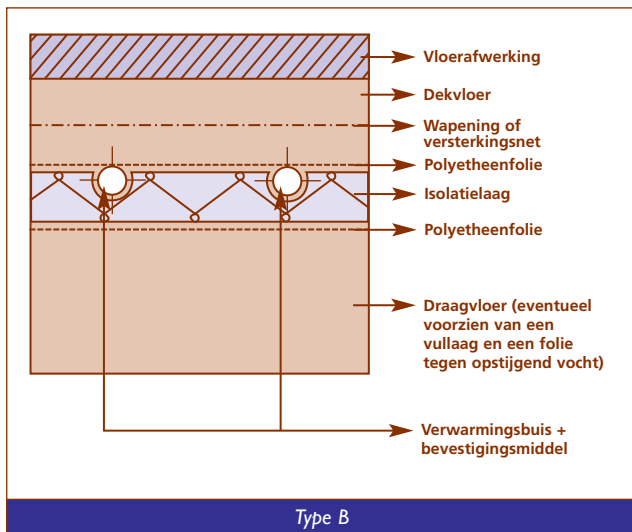
Immers per °C temperatuursverlaging van het warmteafgiftesysteem verhoogt de COP met 2%.

6.1. Vloerverwarming

6.1.1. Principes, kenmerken en uitvoering

Bij klassieke vloerverwarming wordt een buizenet (ook leidingregister genoemd), waardoor water op lage temperatuur circuleert, ingebed in de vloeropbouw. De door het buizenet afgestane warmte wordt eerst in de vloeropbouw opgestapeld en vervolgens in hoofdzaak afgegeven aan de ruimten boven de vloer. De warmteafgifte van een vloerverwarming gebeurt in hoofdzaak door straling.





Naargelang de buizen in de dekvloer liggen of verzonken zijn in de vloerisolatielaag, spreekt men van het "natte" (type A) of het "droge" (type B) systeem. Bij dit laatste systeem is de warmteafgifte kleiner, maar door de kleinere totale vloerdikte bestaat de mogelijkheid het achteraf nog in bestaande gebouwen te plaatsen (renovatie). Dunne vloerlagen met kleine warmteweerstand zijn gunstig voor de warmteafgifte en verhogen de regelbaarheid van het systeem en dus ook het comfort.

De warmteafgifte van een vloerverwarming hangt af van verschillende parameters, zoals het gebruikte systeem, de watertemperatuur, de pasafstand tussen de buizen, de warmteweerstand van de vloerlagen boven en onder de buizen. Momenteel worden vrijwel uitsluitend kunststofbuizen gebruikt, die gemakkelijker en vlugger te plaatsen zijn maar die omwille van de zuurstofdoorlaatbaarheid ook risico op corrosie veroorzaken. Dit risico vergroot naarmate de watertemperatuur toeneemt. Buizen voorzien van een zuurstofscherm en/of een waterbehandeling met inhibitoren zijn daarom aangewezen. Bij directe expansie maakt men gebruik van een koperen buizenet.

Het afgifterendement van een vloerverwarming hangt voornamelijk af van de warmteweerstand van de vloerlagen boven en onder het buizenet. De thermische weerstand van de vloerlagen boven de buizen is best zo laag mogelijk. Een parketvloer of tapijten op de vloer zijn bijgevolg minder gunstig voor een goede warmteafgifte.

Onder het buizenet moet een isolatielaag geplaatst worden die warmteverlies naar beneden beperkt.

Voordelen:

- de verwarmingslichamen zijn onzichtbaar en niet hinderlijk;
- de vloerverwarming is zeer comfortabel, op voorwaarde dat bepaalde comfortcriteria gerespecteerd worden (o.a. maximale vloeroppervlaktetemperatuur);
- het systeem kan als koeling gebruikt worden, de koelcapaciteit is hierbij beperkt.

Nadeel:

- de installatie is bij voorkeur bij het ontwerp van het gebouw te voorzien, eenmaal geïnstalleerd zijn er geen wijzigingen meer mogelijk.

6.1.2. Dimensionering

Vermits de maximale oppervlaktetemperatuur van de vloer beperkt moet blijven tot 29°C (woonzone) of 32°C (randzone), is de maximale mogelijke warmteafgifte van een vloerverwarming eveneens beperkt (ong. 100 W/m² in de woonzone). Deze maximale warmteafgifte betreft de nuttig beschikbare vloeroppervlakte, die in bepaalde vertrekken (keuken, badkamer) sterk beperkt is door de aanwezige uitrustingen of het meubilair.

6.2. Muurverwarming

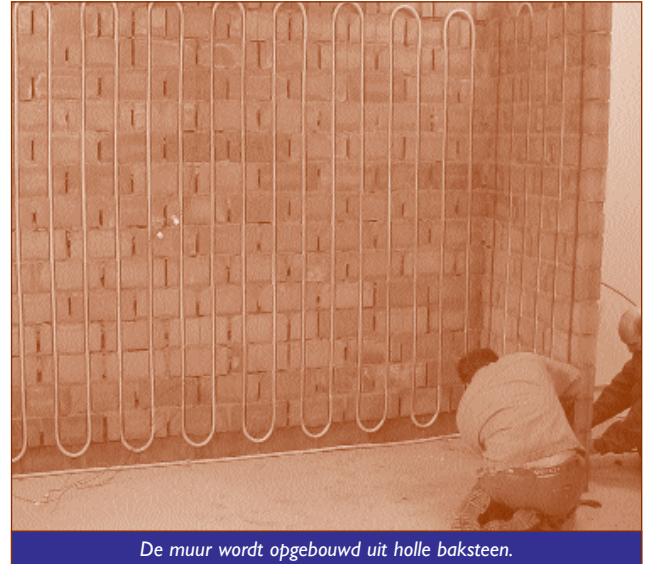
Bij muurverwarming wordt het buizenet in of tegen de muur geplaatst, men kan ook gebruik maken van in de muren geplaatste verticale kanalen waar warme lucht doorgeblazen wordt. Meestal wordt echter gekozen voor de eerste oplossing omdat deze techniek gemakkelijker gecombineerd kan worden met vloerverwarming. De combinatie muur-vloerverwarming wordt dikwijls toegepast in vertrekken waar de nuttige vloeroppervlakte beperkt is (bv. badkamers, keukens).

Montagetechnieken in steenachtige muren:

1. De buizen worden op de muur gemonteerd. De ruimten tussen de buizen worden opgevuld met een cement- of kalkmortellaag. Als afwerking komt een gewone pleisterlaag van ongeveer 1 cm dikte.
2. In de muren worden sleuven gefreesd, waarin de buizen geplaatst worden. De resterende openingen worden opgevuld met mortel en de gehele wand wordt egaal afgewerkt met een pleisterlaag.
3. In het geval van betonwanden kunnen de verwarmingsbuizen voorgemonteerd worden op de wapening vooraleer het beton gestort wordt. De afwerking gebeurt zoals gewoonlijk met pleisterlaag.
4. De muur wordt opgebouwd uit speciale blokken uit kalkzandsteen of holle baksteen, waarin fabrieksmatig sleuven zijn aangebracht op bepaalde afstand van elkaar (15 cm). De diepte en breedte van de sleuven zijn aangepast aan de diameter van de kunststofbuis die in de sleuven geplaatst wordt. De egale afwerking met pleisterlaag is opnieuw klassiek. Deze speciale snelbouwstenen zijn duurder dan gewone snelbouwstenen en hun plaatsing moet zorgvuldig gebeuren om de sleuven goed te laten aansluiten.



De buizen worden op de muur gemonteerd.



De muur wordt opgebouwd uit holle baksteen.

Technieken bij houtskeletbouw:

1. Bij volledige droogbouw worden de kunststofbuizen in de afdekplaten geplaatst.
2. Bij halfdroogbouw worden de buizen in beugels tegen de vlakke wand gemonteerd en vervolgens ingebed in een mortellaag en afgewerkt met een pleisterlaag.



De buizen worden in afdekplaten geplaatst.

De wandbreedte van een warmtemuur wordt, afhankelijk van het bouw materiaal, beperkt tot 5 meter, zoniet wordt een dilatatievoeg voorzien. Het is ook belangrijk om in alle gevallen een voldoende dikke isolatielaag te voorzien tussen de buizen en de buitenomgeving of de aangrenzende niet-verwarmde ruimten. Vermits het buizenet verticaal kan gelegd worden, dient het vullen met water zorgvuldig te gebeuren

om luchtophoping te voorkomen (automatische luchtafscheiders zijn aanbevolen).

Er zijn buiscollectoren ontwikkeld die de juiste ligging van de buizen kunnen detecteren, zodat buisperforatie kan vermeden worden indien men in de muur boort of nagelt. Het spreekt dan ook voor zich dat men het plaatsen van meubilair tegen een warmtemuur beter vermijdt, om het stralingsaandeel van deze verwarming niet te missen.

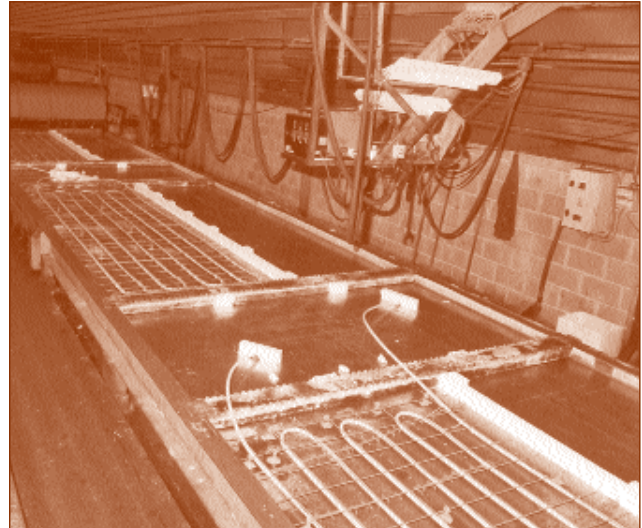
De opwarmings tijd van een verwarmde muur hangt af van de dikte van de afwerklaag voor de buizen. Het naijlen van de warmteoverdracht aan de binnenruimte hangt in grote mate af van de op te warmen massa van de muur. Hoe dunner deze wand is, hoe sneller hij opgewarmd kan worden.

6.3. Plafondverwarming

Bij plafondverwarming wordt het buisennet ingewerkt in de plafondbouw. Plafondverwarming kan gecombineerd worden met vloerverwarming en/of wandverwarming of als hoofdverwarming toegepast worden. In ruimtes waar koeling en verwarming vereist is, is plafondverwarming de ideale oplossing gezien het hoge koelvermogen (zie hoofdstuk 7).

Montagetechnieken:

1. Het buisennet wordt geïntegreerd in het midden van een ter plaatse gestorte betonvloer. Dit noemt men betonkernactivering. De grote thermische massa resulteert in een trage werking.
2. Het buisennet wordt bij de productie geïntegreerd in gladde breedvloerplaten. Na plaatsing van deze breedvloerplaten op de werf worden deze hydraulisch gekoppeld aan de verdeelcollectoren. Daarna wordt een druklaag gestort op deze breedvloerplaten en plaatst men de verdere afwerking. Daar het buisennet tegen het oppervlak gemonteerd wordt, is de reactiesnelheid heel wat hoger t.o.v. betonkernactivering.
3. Het buisennet wordt geplaatst in opbouw op het plafond en geïntegreerd in een pleisterlaag. Deze techniek is omslachtig.
4. Bij zwevende of verlaagde plafondconstructies zal men gipsvezelplaten, waarin het buisennet geïntegreerd is, als afwerklaag toepassen. Dit is een interessante techniek voor renovatieprojecten. Gezien de beperkte massa is de reactiesnelheid vrij hoog.



Het buisennet wordt bij de productie geïntegreerd in gladde breedvloerplaten.



Plafondverwarming bij verlaagde plafondconstructie.

6.4. Overgedimensioneerde radiatoren

Radiatoren en convectoren zijn momenteel nog de meest gebruikte verwarmingslichamen in gebouwen. De warmteafgifte gebeurt hoofdzakelijk door convectie (circulerende lucht).

Bij klassieke bestaande installaties werden de genormaliseerde radiatorvermogens bepaald voor een gemiddelde watertemperatuur van 80°C. Indien radiatoren in een verwarmingsstelsel op lage temperatuur geplaatst worden en gevoed worden door water op een gemiddeld lagere temperatuur, dan daalt de warmteafgifte vrij snel.

Daarom zal een radiator, gevoed op lage temperatuur, overgedimensioneerd moeten worden indien men wenst dat hij een evenwaardige warmteafgifte op hoge temperatuur realiseert. In een bestaande woning kan mits voldoende nisolatie de radiator vaak op lage temperatuur nog voldoende verwarming afgeven. Alles is steeds een combinatie van het isolatiepeil van de woning en het afgiftesysteem

6.5. Warmeluchtverwarming

Bij warmeluchtverwarming wordt lucht (een mengeling van gerecycleerde en verse lucht) opgewarmd in een generator en via een kanalennet naar de te verwarmen ruimten gevoerd. De luchtcirculatie wordt verzekerd door een ventilator.

Enkele nadelen:

- door het ontbreken van stralingswarmte, dient de luchttemperatuur hoger te zijn om eenzelfde comfort te realiseren;
- luchtverwarming profiteert niet van de thermische opslagcapaciteit van een gebouw;
- geluids- en tochtproblemen zijn mogelijk bij slecht ontworpen installaties;
- het kanalennet neemt veel plaat in en vertoont in vele gevallen grote lekken;
- hoog energieverbruik bij het transporteren van lucht in vergelijking met het transporteren van water.

6.6. Convectoren met geforceerde ventilatie

Deze bestaan in 2 soorten namelijk aangesloten op een watercircuit of rechtstreeks aangesloten op het warmtedragend medium van de warmtepomp.

De convectoren op een watercircuit worden ook ventilo-convectoren genoemd. Dit zijn in feite verbeterde convectoren. In het verwarmingslichaam wordt een ventilator ingebouwd. Daardoor krijgt men een betere luchtcirculatie en dus een betere warmteafgifte dan bij gewone convectoren, zeker bij lagere watertemperaturen.

De toestellen rechtstreeks aangesloten op het warmtedragend medium van de warmtepomp (directe condensatie) worden meestal bestempeld als binnentoestel. Hier is ook een ventilator ingebouwd. Ze werken op het principe van convectoren. Deze toestellen zijn meestal compacter dan convectoren op water.

Vermits hier geen extra tussenmedium als water wordt voorzien is er ook geen rendementsverlies door warmte over te brengen naar een extra medium.

Ook heeft men geen energieverbruik van een circulatiepomp die het water moet rondsturen in het gebouw.

Het warmtedragend medium wordt door de compressor van de warmtepomp rondgestuurd en dit verbruik is reeds geïntegreerd in het rendement van de warmtepomp. Bij andere systemen dient u het verbruik van de circulatiepomp nog extra in rekening te brengen.

Bij convectoren met geforceerde ventilatie dient er gelet te worden op geluidsniveau en luchtverdeling van deze toestellen.



7

Warmtepompinstallaties in woningen

Dimensionering warmtepompsysteem

Bij warmtepompinstallaties is een juiste dimensionering van de warmtepomp zeer belangrijk. Te groot gedimensioneerde warmtepompen kennen een lager rendement en vragen een te hoge investering. Het is dus zeer belangrijk de juiste warmtebehoefte van het gebouw te kennen.

De huidige rekenmethode voor de berekening van de warmteverliezen (NBN B 62-003) geeft voor zeer goed geïsoleerde gebouwen enkel betrouwbare resultaten voor continu verwarming. Bij zeer goed geïsoleerde gebouwen die uitgerust zijn met een warmtepomp is het aangewezen om continu te verwarmen. Omwille van energiebesparing wordt vaak de temperatuur verlaagd, vooral 's nachts en bij afwezigheid van de bewoners. Wil men de ruimten met een lagere temperatuur relatief snel op de gewenste comforttemperatuur brengen, dan zijn grotere vermogens nodig dan berekend volgens de huidige geldende rekenmethode. Dit geldt vooral voor minder goed geïsoleerde woningen. Een aangepaste rekenmethode is hier aangewezen.

De dimensionering van een verwarmingsinstallatie is echter dikwijls gebaseerd op oude vuistregels en niet op een warmteverliesberekening. Hierdoor worden in de praktijk verwarmingsinstallaties dikwijls dubbel zo groot gedimensioneerd als nodig.

Vermits een warmtepompinstallatie andere eigenschappen heeft dan een gebruikelijke CV-installatie is een grondige voorbereiding essentieel. De warmtepomp is slechts één onderdeel van de installatie. Een goede afstemming van alle onderdelen is nodig om een goed werkend geheel met een hoge systeemwinstfactor (SPF) te verkrijgen. De keuze voor een bepaald type, werkingswijze of systeem is afhankelijk van het totaalproject van de woning.

7.1. COP-SPF

De winstfactor of COP van een warmtepomp is afhankelijk van het temperatuurverschil tussen de warmtebron en het warmteafgiftesysteem. Dit is niet constant gedurende het volledige stookseizoen. Vooral de temperatuur van de warmtebron (afhankelijk van welke warmtebron men kiest) kan sterk wijzigen in de loop van het seizoen.

Binnen het warmtepompsysteem is de warmtepomp niet het enige toestel dat energie verbruikt. Het verbruik van circulatiepompen en eventueel een waterpomp (bij grondwater als warmtebron) hebben geen invloed op de COP.

De prestatie van een warmtepompsysteem of SPF (seasonal performance factor) brengt zowel het energieverbruik van de warmtepomp als het verbruik van de randapparatuur, zoals pompen, in rekening en dit over een gans stookseizoen. De SPF is bijgevolg altijd lager dan de COP. De SPF laat toe verschillende warmtepompsystemen met elkaar te vergelijken en warmtepompsystemen te vergelijken met andere verwarmingssystemen.

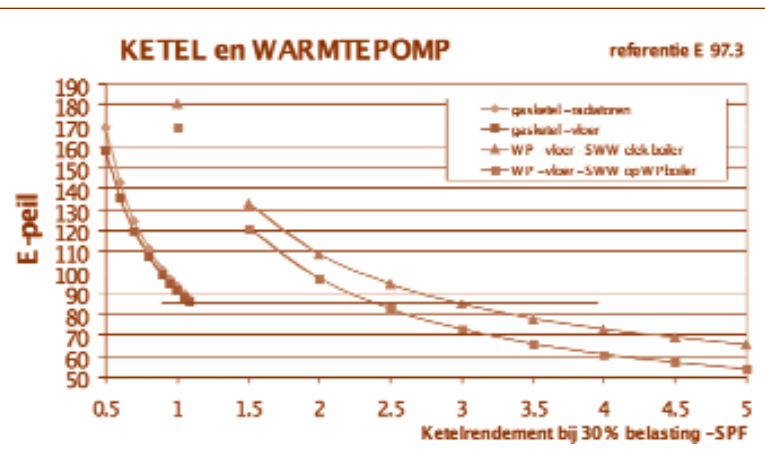
De COP van de warmtepompen, getest in het De Nayer Instituut			
	WP 1	WP 2	WP 3
COP ₀₋₃₅	4,30	4,50	
COP ₁₀₋₃₅			5,60
SPF _{WP}	3,60	4,40	4,40
SPF _{Systeem}	3,20	3,50	3,60

Het bovenstaande voorbeeld geeft een overzicht van de COP en SPF van de warmtepompen alleen en van de warmtepompsystemen die getest werden door het De Nayer Instituut in het kader van hun HOBu-project. WP 1 werkt met een verticale grondwarmtewisselaar, de metingen gebeurden voor de maand januari van een standaardjaar.

WP 2 is gekoppeld aan een horizontale grondwarmtewisselaar met metingen voor de maanden januari, februari en de helft van maart voor een standaardjaar. WP 3 heeft grondwater als warmtebron, gemeten van 9 oktober 2002 tot 21 januari 2003.

De warmtepomp wordt in de EPB-berekening ingerekend via de SPF. De SPF wordt bepaald door de COP (testwaarde volgens EN14511) te vermenigvuldigen met enkele factoren die in functie zijn van de aanvoertemperatuur, het ontwerp temperatuurverschil, het verbruik van de primaire (bron)pomp en (bij ventilatielucht als afgifte of bron) het luchtdebiet.

De onderstaande figuur geeft het verband weer tussen de SPF van een warmtepompinstallatie en een condenserende gas-ketel en het E-peil.



Hieruit blijkt dat een warmtepomp, om beter te doen dan een condenserende gasketel, minstens een SPF hoger dan 2,5 of 3 moet hebben (in functie van de wijze van warm water productie).

Bij een variatie van de invloedsfactoren op het E-peil kunnen belangrijke conclusies getrokken worden (de berekeningen zijn gemaakt op basis van de EN14511-testgegevens van commerciële warmtepompen). Lucht als afgifte werd in deze vergelijking niet mee opgenomen. Een greep hieruit:

Invloed van brontemperatuur: bij vloerverwarming met regime 35°C-30°C is het E-peil van een lucht-water-warmtepomp (LW) 7 punten hoger dan van een bodem-water-warmtepomp (BW), die op haar beurt een 2-punten hoger E-peil heeft dan een water-water-warmtepomp (WW)

Invloed van de afgiftetemperatuur: uit onderstaande tabel blijkt dat het temperatuursregime een belangrijke invloed heeft op het E-peil. De getallen zijn geldig voor zowel de bodem, grondwater als buitenlucht als warmtebron.

Effect op het E-peil ten opzicht van een afgiftemperatuur 55°C-45°C		
35-30 °C	45-35 °C	55-45 °C
- 5 à 7 punten	- 4 à 5 punten	0

De achterliggende gegevens van deze analyse zijn terug te vinden in de WarmtepompMatrix van Kenniscentrum IDEG (www.ideg.info).

7.2. Types

Afhankelijk van de combinatie tussen de warmtebron en het warmteafgiftesysteem kunnen we verschillende types warmtepompsystemen onderscheiden.

7.2.1. Grond-Water

Glycolwater, dat stroomt door de warmtebronkring, neemt de warmte op uit de grond via een horizontale of verticale warmtewisselaar. Deze opgenomen warmte wordt via de verdampers afgegeven aan het warmtedragend medium en via de compressor getransporteerd naar de condensor. In de condensor neemt het water van het warmteafgiftesysteem zowel de warmte opgenomen in de verdampers als de energie geleverd aan de compressor op. Het warmteafgiftesysteem bestaat uit een binnenwaterkringloop, gebruikt voor de bereiding van sanitair warm water en/of voor de verwarming van het gebouw.

7.2.2. Water-Water

De warmte uit opgepompt grondwater, koel- of oppervlaktewater wordt via de verdampers afgegeven aan het warmtedragend medium en via de compressor getransporteerd naar de condensor. Vervolgens, zie Grond-Water. (7.2.1)

7.2.3. Lucht-Water

De warmte uit met een ventilator aangevoerde buitenlucht of ventilatielucht wordt via de verdampers afgegeven aan het warmtedragend medium en via de compressor getransporteerd naar de condensor. Het warmteafgiftesysteem bestaat uit een binnenwaterkringloop, gebruikt voor de verwarming van het gebouw en/of voor de bereiding van sanitair warm water.

7.2.4. Lucht-Lucht

De warmte uit met een ventilator aangevoerde buitenlucht of ventilatielucht wordt via de verdampers afgegeven aan het warmtedragend medium en via de compressor getransporteerd naar de condensor. In de condensor neemt de met een ventilator aangevoerde en afgevoerde binnenlucht van het warmteafgiftesysteem zowel de warmte opgenomen in de verdampers als de energie geleverd aan de compressor op. Het warmteafgiftesysteem bestaat uit een luchtkanalennet of binnentoestellen gebruikt voor de verwarming van het gebouw.

7.2.5. Directe expansie

Bij een klassiek systeem (Grond-Water) stroomt door de bodemwarmtewisselaar een mengsel van water en glycol waaraan in de warmtepomp warmte wordt onttrokken. Bij directe expansiesystemen verdampt het warmtedragend medium direct in de grondwarmtewisselaar en na compressie condenseert hetzelfde warmtedragend medium direct in het warmteafgiftesysteem. De grondwarmtewisselaar is dus de verdampers en het warmteafgiftesysteem de condensor. Een

tussenmedium met bijhorende warmtewisselaar en circulatiepompen is niet nodig. Het warmteafgiftesysteem kan ook een gescheiden systeem zijn, gevuld met water en glycol.

■ Aandachtspunten:

- zoals bij Grond-Water systemen moet men hier zeker rekening houden met lekdichtheidseisen, waar vroeger (H)(C)FK's werden gebruikt is men nu overgegaan naar isobuthaan als warmtedragend medium;
- een gespecialiseerd bedrijf is noodzakelijk voor ontwerp, installatie en beheer;
- de controle van de debietverdeling vraagt extra veel aandacht, het gaat hier immers niet om een vloeistof maar om een mengsel van gas en vloeistof; bijgevolg worden dikwijls meerdere compressoren per woning geïnstalleerd, afhankelijk van het temperatuurniveau van de lokalen.

■ 7.3. Werkingswijzen

7.3.1. Monovalente warmtepompen

Alleen de warmtepomp verwarmt de woning. De types Grond-Water, Water-Water en Lucht-Lucht zijn geschikt voor monovalente werking.

7.3.2. Mono-energetische warmtepompen

De warmtepomp dekt de voornaamste warmtebehoeften. Zelfs bij koud weer wordt alle warmteproductie volledig door de warmtepomp gedekt. Het type Lucht/Water of Lucht/Lucht is met de huidige technologie geschikt om mono-valent te werken.

7.3.3. Bivalente warmtepompen

De bivalente warmtepomp bestaat uit twee verwarmingssystemen: de warmtepomp zorgt voor de verwarming tot een bepaalde externe temperatuur en een tweede systeem (gas of stookolie) staat in voor de productie van bijkomende warmte volgens de behoeften. Dit wordt voornamelijk gebruikt om de initiële investeringskost te beperken.

Ventilatielucht is slechts beperkt beschikbaar waardoor ook hier hulpverwarming noodzakelijk is.

Er bestaan drie werkingsschema's:

■ Parallel bedrijf:

De warmtepomp en de hulpverwarming kunnen samen in bedrijf zijn en samen voor de nodige warmtetoevoer zorgen.

■ Gedeeltelijk parallel, gedeeltelijk alternatief bedrijf:

De hulpverwarming treedt pas in werking wanneer de warmtevraag groter is dan de energie die de warmtepomp kan leveren. De warmtepomp zorgt dan voor de voorverwarming, de hulpverwarming voor de naverwarming. Wordt de warmtevraag nog groter en ligt de retourtemperatuur van het warmteafgiftesysteem hoger dan de maximale wateraanvoertemperatuur van de warmtepomp, dan zal de hulpverwarming de volledige warmtevraag dekken.

In de praktijk wordt dit systeem het meest toegepast.

■ Alternatief bedrijf:

De warmtepomp werkt alleen, totdat haar water-aanvoertemperatuur onvoldoende wordt, dan schakelt ze uit. De hulpverwarming neemt dan de taak over en zorgt voor de volledige warmtebehoefte.

■ 7.4. Warmtepompsystemen

Warmtepompsystemen zijn te onderscheiden naar de functie die er mee vervuld moet worden.

Voor alle systemen geldt dat de regeling een bepalende factor is in het te bereiken rendement. Een juist systeemontwerp, afgestemd op de feitelijke behoefte van het gebouw is van belang waarbij de regeling zo eenvoudig mogelijk uitgevoerd moet worden.

7.4.1. Systemen voor verwarming

Het warmtepompsysteem dient alleen voor ruimteverwarming. In sanitair warm water wordt op een andere manier voorzien. De werking is monovalent of bivalent. In principe kan gebruik gemaakt worden van alle eerder aangegeven warmtebronnen en afgiftesystemen.

7.4.2. Systemen voor verwarmen en koelen

Onderzoek heeft aangetoond dat een goed ontwerp (beperking van beglazing op het zuiden), het gebruik van een goede buitenzonnewering en nachtventilatie in ons klimaat meestal volstaan om de binnentemperatuur van gebouwen in de zomer op een aanvaardbaar comfortabel peil te houden. Dit geldt zeker voor woningen, waar de interne warmte winsten veel lager liggen dan in bijvoorbeeld kantoorgebouwen.

Wordt er toch een actieve koeling geïnstalleerd, dan is de warmtepomp aangewezen omdat zij met éénzelfde installatie kan verwarmen en koelen. Met elk type warmtepomp kan gekoeld worden. Het type Lucht-Lucht is het meest bekend als koelsysteem. Ook een buizenet gevuld met water kan een

gebouw koelen. We spreken dan van koelvloeren, koelwanden en koelplafonds.

Bij deze systemen wordt het thermisch comfort hoofdzakelijk bereikt door straling. Bij koelvloeren mag omwille van comforteisen de oppervlaktetemperatuur niet dalen onder 20°C. De temperatuur van het koelwater mag hiervoor niet lager zijn dan 16°C. Koelvloeren zijn dus in staat om de comforttemperatuur met maximum 2 °C te doen dalen, wat zeker niet veel is, maar dikwijls voldoende om een bevredigend thermisch comfort te realiseren. Men spreekt dan van topkoeling.

Bij koelplafonds zijn de oppervlaktetemperaturen lager bij éénzelfde koelwatertemperatuur. De buizen van een koelplafond zijn rechtstreeks gemonteerd in de plafondbouw.

■ Natural cooling

Dit systeem kan worden toegepast voor de types Grond-Water en Water-Water. Het glycolwater of het opgepompte grondwater wordt niet langs de compressor geleid maar, onttrekt de warmte aan het water van het warmteafgiftesysteem (hier gebruikt als koelsysteem). Het energieverbruik beperkt zich tot het verbruik van de circulatiepomp. Bij het type Grond-Water bevordert dit systeem de regeneratie van de bodem.

■ De omkeerbare warmtepomp

Bij een omkeerbare warmtepomp is het mogelijk de warmtepompcyclus om te draaien. De condensor wordt dan de verdampers en neemt warmte op uit het warmteafgiftesysteem, de verdampers wordt condensor en geeft warmte af aan de warmtebron. Dit systeem is van toepassing als ontdooisysteem bij buitenlucht als warmtebron.

7.4.3. Systemen voor de bereiding van sanitair warm water

Aangezien het afnamepatroon van de warmte gelijkmatiger is als voor ruimteverwarming is de warmtepomp zeer geschikt om deze functie met een goed rendement te vervullen. Hierbij kan de warmtebron kleiner zijn, maar wordt wel altijd sanitair warm water op voorraad gehouden. De warmtepompboiler die warmte onttrekt aan binnenlucht van de woning is het meest bekende voorbeeld hiervan. Andere mogelijke warmtebronnen zijn ventilatielucht en grond.

Bij ventilatielucht als warmtebron bestaat er concurrentie met gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. Beide toestellen gebruiken de uitgaande ventilatiestroom als warmtebron. In bestaande woningen, waar gebalanceerde ventilatie niet kan worden toegepast, en in woningen die niet geschikt zijn voor de toepassing van een zonneboiler is deze warmtepompboiler een interessante optie.

Zonnecollector en warmtepompboiler kunnen gecombineerd worden. De zonnecollectoren verwarmen het water in het voorraadvat (boiler) via een warmtewisselaar. De naverwarming gebeurt door de warmtepomp.

7.4.4. Combi systemen

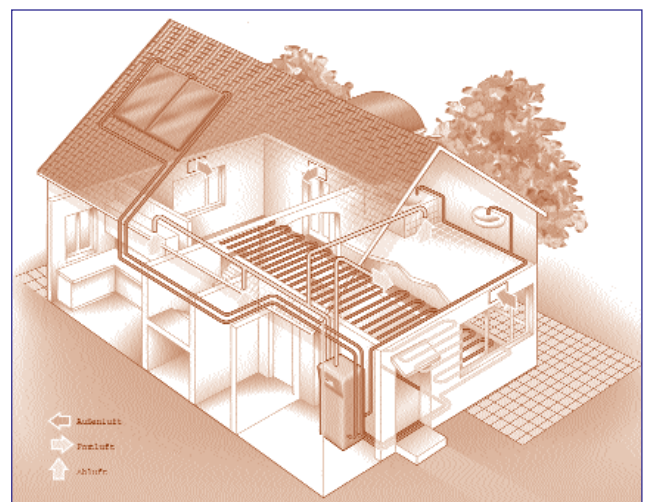
In deze systemen worden de functies van de bereiding van sanitair warm water, ruimteverwarming en eventueel ventilatie verenigd. Hierbij wordt rekening gehouden met de verschillen in de benodigde temperaturniveaus voor de verschillende functies. Omwille van de goede werking van het systeem worden warmtepompinstallaties best zo eenvoudig mogelijk gehouden. Combi systemen vragen steeds een gespecialiseerde studie + begeleiding bij de uitvoering.

■ Ventilatielucht - warmtepomp - CV ketel - boilercombinatie

Deze warmtepomp gebruikt de warmte uit de afgevoerde ventilatielucht van de woning om zowel het sanitair water als het water van het woningverwarmingssysteem te verwarmen. Het toestel wordt aangesloten op de centrale afvoerbuis van de mechanische ventilatie in de woning. Het ventilatiegedeelte is altijd in werking.

Wanneer het water in het voorraadvat voor sanitair warm water beneden de ingestelde temperatuur daalt, start automatisch de warmtepomp die uit de ventilatielucht voldoende warmte onttrekt om het sanitair water, via een warmtewisselaar in het voorraadvat, te verwarmen.

Wanneer de temperatuur in de woning beneden de ingestelde waarde daalt, verwarmt de warmtepomp het water van het warmteafgiftesysteem. Zakt de temperatuur van het retourwater onder de temperatuur nodig om de woning te verwarmen, dan zal een CV-ketel als hulpverwarming optreden. Is de ingestelde ruimtetemperatuur weer bereikt, dan stopt de hulpverwarming en zal de warmtepomp alleen in de nodige warmte voorzien.



7.5. Toepassingen buiten de individuele woning

7.5.1. Kantoren

Kantoren kennen in de winter een relatief kleine warmtebehoefte. In de zomer zorgen de zon en interne warmtewinsten, veroorzaakt door de hoge bezettingsgraad, computers en andere toestellen, voor oververhitting. Kantoren hebben bijgevolg zowel behoefte aan verwarming als aan koeling. Warmtepompen kunnen aan deze vraag naar verwarming en koeling voldoen. Dit kan door de toepassing van natural cooling of van de omkeerbare warmtepomp.

Betonkernactivering maakt gebruik van de massa van het gebouw voor verwarming en koeling. Met vrij lage watertemperaturen kan dit systeem een gebouw verwarmen. Omwille van die lage temperaturen kan de koppeling van betonkernactivering aan een warmtepomp zeer hoge SPF-waarden realiseren.

7.5.2. Collectieve warmtepompsystemen

Collectieve systemen kunnen op verschillende schaal worden uitgebouwd. Afhankelijk van de plaatselijke situatie kan gekozen worden voor grotere of kleinere collectieve systemen.

Voordelen

- goedkoper dan individuele warmtepompsystemen met collectieve warmtebron;
- het op te stellen vermogen is lager dan de som van de nodige individuele vermogens;
- bivalent systeem is betaalbaar;
- minder ruimtebeslag in de woning;
- geen geluidsproblemen op individueel niveau;
- weinig onderhoud per individuele woning.

Nadelen

- kostprijs warmtedistributiesysteem;
- warmteverliezen in distributiesysteem;
- de aanvoertemperatuur moet afgestemd zijn op de individuele gebruiker met de hoogste warmtebehoefte;
- kostprijs individuele verbruiksmeters;
- een warmtebron met grote capaciteit is noodzakelijk.

Als tussenoplossing kan gekozen worden voor individuele warmtepompen met collectieve warmtebron.

7.5.3. Glastuinbouw

Serres hebben een grote behoefte aan verwarming en koeling maar ook aan ontvochtiging en soms aan CO₂. Een warmte-

pomp kan hier verschillende functies vervullen, in combinatie met koude-warmteopslag in watervoerende lagen. In de zomer wordt de serre gekoeld met grondwater, opgepompt uit een aquifer (ondergronds zandlaag), de koude bron. Hierbij warmt het water op. Het systeem slaat het opgewarmde water op in een warme bron. In de winter wordt het relatief warme water uit de warme bron terug opgepompt. De warmtepomp onttrekt hieraan warmte en het afgekoelde water wordt terug in de koude bron opgeslagen.

Sommige teelten hebben behoefte aan CO₂. Een gasgestookte absorbtiewarmtepomp kan zowel warmte als CO₂ leveren. Bij teelten met weinig behoefte aan CO₂ zal de elektrische compressiewarmtepomp de beste resultaten leveren.

7.5.4. Andere toepassingen

De ontvochtiging van zwembaden vraagt verluchting met grote luchtdebieten. Dit veroorzaakt grote warmteverliezen. Deze kunnen gerecupereerd worden door middel van een warmtepomp.

Gebouwen met hoge bezetting en lange bedrijfstijden hebben zowel behoefte aan verwarming als koeling. Dit zijn bijvoorbeeld ziekenhuizen, rust- en verzorgingstehuizen, hotels en gevangenissen. Ook hier kan een warmtepompsysteem in beide behoeften voorzien.



8

Kosten & Subsidies

Wat kost een warmtepompsysteem?

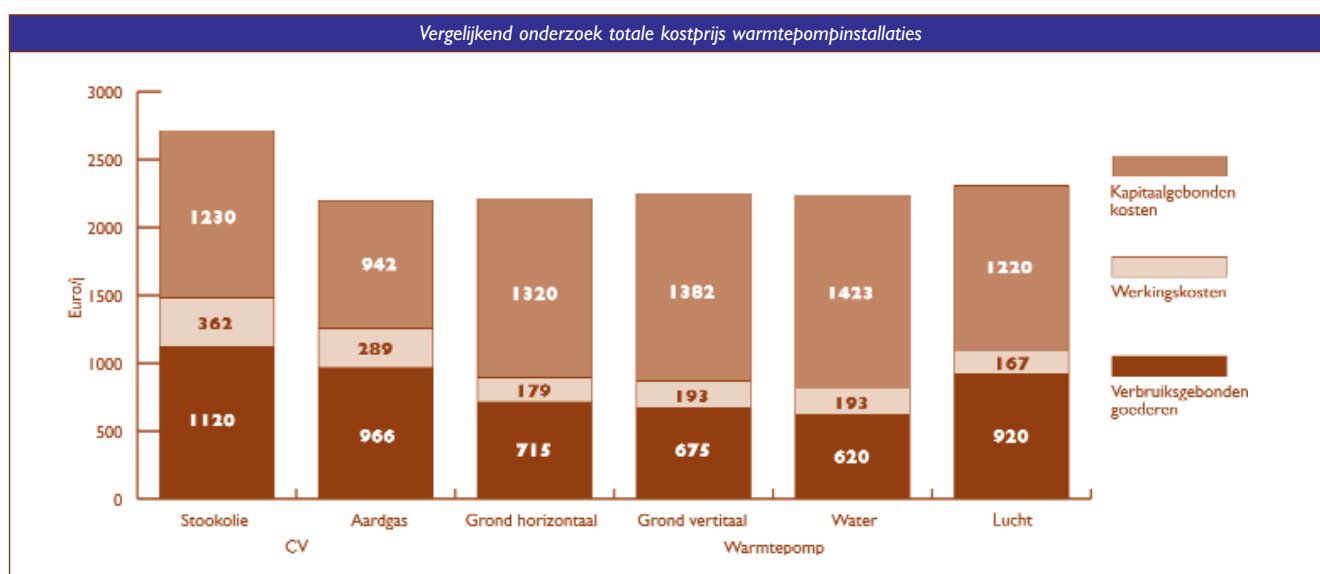
Het De Nayer Instituut heeft een vergelijkend onderzoek verricht naar de kostprijs van warmtepomp- en andere verwarmingsinstallaties. Het betreft een ééngezinswoning.

- Woonoppervlak: 128,72 m²;
- Normwarmtevraag: 7979 W;

- Specifieke warmtevraag: 62 W/m²;
- Jaarlijkse verbruiksuren: 2196h/j;
- Jaarlijks verwarmingsverbruik: 17.522 kWh/j.

De kostprijs werd berekend per jaar, zowel voor de verbruiksgebonden kosten, de werkingskosten als de kapitaalgebonden kosten. Zo werd bijvoorbeeld voor de warmtepomp zelf een afschrijftermijn van 18 jaar voorzien.

Gedetailleerde gegevens betreffende het onderzoek kan u opvragen bij ODE-Vlaanderen of downloaden op www.ode.be.



Subsidiemogelijkheden

U kunt een aantal energiebesparende maatregelen inbrengen bij uw jaarlijkse belastingaangifte. Dit geldt ook voor de installatie van een geothermische warmtepomp.

Voor warmtepompen en warmtepompboilers worden er aanvullende premies gegeven door sommige netbeheerders, op voorwaarde dat ze niet als airconditioning wordt gebruikt en als hoofdverwarming van de woning dient. Het bedrag is afhankelijk van het vermogen van de compressor van de warmtepomp.

Sommige gemeenten geven subsidies voor warmtepompen of voor hernieuwbare energie in het algemeen.

Voor meer informatie: surf naar www.ode.be of www.energiesparen.be.



9

Wettelijke verplichtingen

9.1. Wanneer is sprake van een vergunningsplicht?

- indien een voor huishoudelijke doeleinden zeer grote warmtepomp wordt toegepast (met een totale geïnstalleerde drijfkracht van de warmtepomp van meer dan 200 kW);
- indien grondwater (met pomp- en retourput) als warmtebron wordt toegepast;
- indien een verticale bodemwarmtewisselaar als bron wordt toegepast waarbij tot op een diepte van meer dan 50 meter onder het maaiveld wordt geboord;
- indien een horizontale of verticale bodemwarmtewisselaar wordt toegepast met daarin een warmtedragend medium met gevaarlijke stoffen zoals bedoeld in bijlage 2B van Vlare I.

9.2. Wanneer is sprake van een meldingsplicht?

Als er geen sprake is van een vergunningsplicht, zal vaak wel een melding moeten worden gedaan. Dit is het geval indien sprake is van één of meer van de volgende situaties:

- de warmtepomp heeft een totale geïnstalleerde drijfkracht van meer dan 5 kW;
- er wordt gebruik gemaakt van een verticale bodemwarmtewisselaar waarbij tot een diepte van maximaal 50 meter onder het maaiveld wordt geboord (bij een diepte van meer dan 50 meter geldt een vergunningsplicht).

9.3. Wanneer is sprake van (vrijstelling van) grondwaterheffing?

Bij toepassing van grondwater met een pomp- en retourput als bron moet in principe grondwaterheffing worden betaald, waarvoor echter onder bepaalde voorwaarden geheel of gedeeltelijk vrijstelling kan worden verkregen. Vrijstelling is mogelijk voor het gedeelte van het opgepompte grondwater waarvoor aangetoond kan worden dat het wordt teruggevoerd in dezelfde watervoerende laag.

Meer informatie vindt u in de 'Code van goede praktijk voor de toepassing van warmtepompsystemen in de woningbouw' die u kunt downloaden op www.ode.be of bestellen bij ODE-Vlaanderen.



10

Code van goede praktijk voor de toepassing van warmtepompsystemen in de woningbouw

De verwachting is dat warmtepompsystemen in de nabije toekomst op veel grotere schaal in Vlaanderen toegepast zullen worden dan tot dusver is gebeurd. Voor een grootschaligere toepassing van warmtepompsystemen is het echter nodig dat er meer kennis komt bij diverse relevante partijen: bouwheren, architecten, bouw- en installatieadviseurs, installateurs, verkoopkanalen voor verwarmingsapparatuur, ... De behoefte aan kennis betreft vooral de mogelijkheden van warmtepompsystemen (wanneer is een warmtepomp wel interessant en wanneer niet?) en de manier waarop deze systemen goed kunnen worden toegepast.

Om deze reden heeft het Vlaams Energieagentschap opdracht gegeven voor het opstellen van de voorliggende code van goede praktijk voor de installatie van warmtepompsystemen.

10.1. Inhoud

De code is zeer praktijk- en resultaatgericht qua opzet en bestaat uit drie delen:

1. Het eerste deel is een beknopte introductie over wat een warmtepompsysteem is, hoe het systeem werkt en vooral ook wanneer een warmtepompsysteem interessant is om mee te voorzien in de verwarmingsbehoefte van een woning.
2. Het tweede deel is uitgebreider en is bedoeld voor mensen die warmtepompsystemen in de woningbouw willen toepassen. In dat deel van de code wordt een praktische houvast geboden voor het goed toepassen van een warmtepomp-systeem. Het bestaat uit een praktijkgericht stappenplan per fase (voorstudie, ontwerp, bestek, realisatie, gebruik en sloop) van het volledige toepassingstraject. Voor iedere fase wordt beschreven welke stappen achtereenvolgens dienen te worden genomen. Voor diverse stappen zijn tevens praktische werkbladen opgenomen.
3. Meer uitgebreide toelichting, achtergrondinformatie en rekenvoorbeelden zijn in de vorm van bijlagen opgenomen in het derde en laatste deel van de code.

10.2. Reikwijdte van de code (afbakening)

De code van goede praktijk beperkt zich tot de toepassing van elektrische warmtepompen ten behoeve van ruimteverwarming en natuurlijke koeling, al dan niet in combinatie met warmtapwaterbereiding, in de individuele woningbouw (nieuwbouw).

10.3. Betrokkenen bij de totstandkoming

De code is opgesteld onder de coördinatie van BECO Groep in samenwerking met een groot aantal betrokkenen van deskundige organisaties en organisaties uit de doelgroepen van de code.

U vindt deze 'Code van de Goede Praktijk voor de toepassing van warmtepompsystemen in de woningbouw' op:

www.IDEG.info (zie warmtepompmatrix)

www.energiesparen.be

11



■ Sectorverenigingen

Bouwunie

Spastraat 8, 1000 Brussel
02/238.06.05 - fax 02/238.06.11
info@bouwunie.be
www.bouwunie.be

Algemene belangenbehartiging van de bouw- en aanverwante beroepen en dienstverlening aan de zelfstandige ondernemers en KMO's uit deze sectoren

Fedecom Putboorders

Lombardstraat 34-42, 1000 Brussel
02/545.57.58 - fax 02/513.24.16
www.confederatiebouw.be
Beroepsfederatie bouw, waaronder boringen

FEE

Excelsiorlaan 91, 1930 Zaventem
02/720.40.80 - fax 02/720.20.60
www.feebel.be
Federatie van de Elektriciteit en de Elektronica

UBIC

Belgische Unie van Installateurs
Centrale Verwarming en Sanitair
Lombardstraat 34-42, 1000 Brussel
02/520.73.00 - fax 02/520.97.49
info@ubbu-ics.be
www.ubbu-ics.be
Beroepsfederatie installateurs centrale verwarming

Platform warmtepompen

Koningsstraat 35, 1000 Brussel
02/218.87.47
www.ode.be
www.warmtepompplatform.be
Sectoroverleg warmtepompen

UBF/ACA

Koninklijke Belgische Vereniging voor Koude en Luchtbehandeling
Joseph Chantraineplantsoen 1
3070 Kortenberg
02/215.18.34 - fax 02/215.88.78

info@ubf-aca.be
www.ubf-aca.be
Beroepsfederatie koeltechniek en airconditioning

■ Informatie en vorming

ATIC

Interleuvenlaan 62, 3001 Leuven
016/39.48.00 - fax 016/39.48.01
info@atic.be
www.atic.be
Koninklijke Technische Vereniging van de Verwarmings- en Ventilatie- en Nijverheid en der Aanverwante Takken
Activiteiten: informatie, steun en opleidingen in technisch onderwijs, steun toegepast onderzoek, organisatie conferenties, ...

Innovatiesteunpunt voor land- en tuinbouw

Diestsevest 40, 3000 Leuven
016/28.61.25 - fax 016/28.61.29
info@innovatiesteunpunt.be
www.innovatiesteunpunt.be
Dienst van Boerenbond die land- en tuinbouwers advies en begeleiding geeft bij energieprojecten.
Daarnaast is ook een audit van de energiestromen mogelijk

Syntra West

Zandvoordeschorredijkstraat 73
8400 Oostende
059/51.60.00 - fax 059/70.61.70
www.syntrawest.be
Trainingscentrum voor installatie en duurzaam energiebeheer opleiding warmtepompen

■ Onderzoek

De Nayer Instituut

Jan De Nayerlaan 5
2860 St.-Katelijne-Waver
015/31.69.44 - fax 015/31.74.53
Willy.Vanpassel@denayer.wenk.be
www.denayer.be

Opleiding bachelor en master in de industriële wetenschappen.
IWT-TIS-IDEG-project: "Integratie van Duurzame Energieinstallaties in Gebouwen (Thematische innovatie stimulerend van zonne-energie, warmtepompen met warmte-oudeopslag en HR-WTW-ventilatie)

Laborelec

Rodestraat 125, 1630 Linkebeek
02/382.02.11 - fax 02/382.04.32
www.laborelec.com
Kenniscentrum voor de elektriciteitssector

KULeuven

Afdeling Toegepaste Mechanica en Energieconversie
Celestijnenlaan 300A, 3001 Heverlee
016/32.25.05 - fax 016/32.29.85
lieve.helsen@mech.kuleuven.be
www.kuleuven.be
Onderwijs, onderzoek en dienstverlening over thermische systemen

Vito

Boeretang 200, 2400 Mol
014/33.55.40 - fax 014/32.11.85
www.vito.be/energie/energietechnologie.htm
Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek

WTBC

Departement bouwfysica, binnenklimaat en installaties
Lozenberg 7, 1932 Brussel
02/655.77.11 - fax 02/635.07.29
www.bbri.be
Onderzoek en ontwikkeling rond energie en binnenklimaat in gebouwen: thermisch comfort in winter en zomer, ventilatie en luchtkwaliteit, daglicht en verlichting, akoestiek, technische installaties, gebouw-integratie van duurzame energie, ondersteuning norm energieprestaties van gebouwen en installaties, normalisatie en regelgeving

■ Overheid

Vlaams Energieagentschap

Koning Albert II-laan 20 - bus 17
1000 Brussel
02/553.46.00 - fax 02/553.46.01
www.energiesparen.be
Informatie over steunmaatregelen en subsidies

12

Websites

www.IDEG.info
Website van het kenniscentrum 'Integratie van Duurzaam Energiegebruik in Gebouwen'.
<i>Warmtepomp informatie</i>
www.warmtepompplatform.be
Website van het Vlaamse warmtepompplatform (ODE-Vlaanderen).
www.energiesparen.be
Website van het Vlaams Energieagentschap
<i>Informatie over energiebesparing, hernieuwbare energie, premies en regelgeving</i>
www.heatpumpcentre.org
Website van het IEA Heat Pump Centre.
<i>Technische informatie, internationale publicaties, conferenties en studiedagen.</i>
www.ehpa.org
Website van de European Heat Pump Association.
<i>Nieuwsbrief, informatie over projecten, publicaties en evenementen.</i>
www.stichtingwarmtepompen.nl
Website van de Nederlandse Stichting Warmtepompen (leveranciers en fabrikanten).
<i>Informatie over leveranciers en fabrikanten + algemene informatie.</i>
www.warmtepompenwegwijzer.nl
Portaalsite van Novem over warmtepompen & energieopslag
<i>Referentieprojecten (BOA-Constructie), de Quick Scan Utiliteitsbouw, links, enz.</i>

Bronnen figuren en foto's:

De Nayer Instituut
Floriade
Gebo bvba
Grundfos
Suntechnics
Leroy bvba
Putboringen Verheyden bvba
Stiebel Eltron
Viessmann-Belgium bvba

Deze brochure is gratis verkrijgbaar bij:



ODE-Vlaanderen

Koningsstraat 35
1000 Brussel
tel. 02/218.87.47
e-mail: info@ode.be
website: www.ode.be

**Vlaams ministerie van Leefmilieu,
Natuur en Energie**

Vlaams Energieagentschap
Koning Albert II-laan 20, bus 17
1000 Brussel
e-mail: energie@vlaanderen.be
website: www.energiesparen.be

ODE-Vlaanderen vzw, de Organisatie voor Duurzame Energie Vlaanderen, wil de toepassing van duurzame energie en energiebesparing in Vlaanderen stimuleren. Sinds het najaar 1998 werkt ODE-Vlaanderen met de steun van de Vlaamse overheid als centrale informatiezender over duurzame energie voor het Vlaams Gewest.

ODE-Vlaanderen werd op 7 februari 1996 opgericht als koepelvereniging door een brede groep instellingen, vzw's en individuele stichtende leden. Als ledenvereniging staat ODE-Vlaanderen open voor iedereen die haar doelstellingen onderschrijft en haar werking wil steunen.

Bezoek onze website: www.ode.be

COLOFON

Samenstelling

Organisatie voor Duurzame Energie Vlaanderen in samenwerking met:

- Willy Van Passel (De Nayer Instituut)
- Geert Matthys (De Nayer Instituut)
- Filip Verplaetsen (KUL, fac. Toegepaste Wet., dept. Mechanica, afd. TME)
- Luc Leroy (Leroy bvba)
- Yvan Somers (AEG home Comfort)
- Johan Verheyden (Putboringen Verheyden bvba)
- Koen Coupé (VEA)

Met dank aan het platform warmtepompen

In opdracht van

Vlaams Energieagentschap

Verantwoordelijke uitgever

Luc Peeters
Vlaams Energieagentschap

Ivan Piette
Voorzitter
ODE-Vlaanderen

Design & Opmaak
Studio Dermaux

Depotnummer
D/2009/3241/023