

# DUURZAME KOELING

OPWEKKINGSSYSTEMEN



THOMAS  
**MORE**

 Buildwise

 University of Antwerp  
Faculty of Applied  
Engineering

[www.duurzamekoeling.be](http://www.duurzamekoeling.be)

# INHOUDSTAFEL

01

WERKING

1

PRESTATIES

Verwarmingsmodus

2

Koelmodus

2

02

03

KOUDEMIDDELEN

GWP en CO<sub>2</sub>eq

3

F-gassenverordening

3

ECODESIGN

Productlabel

4

Pakketlabel

5

04

05

WARMTEPOMPEN

Bron

6

Afgifte

7

Soorten

8

Aandachtspunten

11

DIMENSIONERING

Buffervat

12

Expansievat

14

06

Deze fiche kwam tot stand in het kader van het Tetra project 'Koeling 2.0', met de steun van VLAIO. Vragen of opmerkingen: [kce@thomasmore.be](mailto:kce@thomasmore.be)

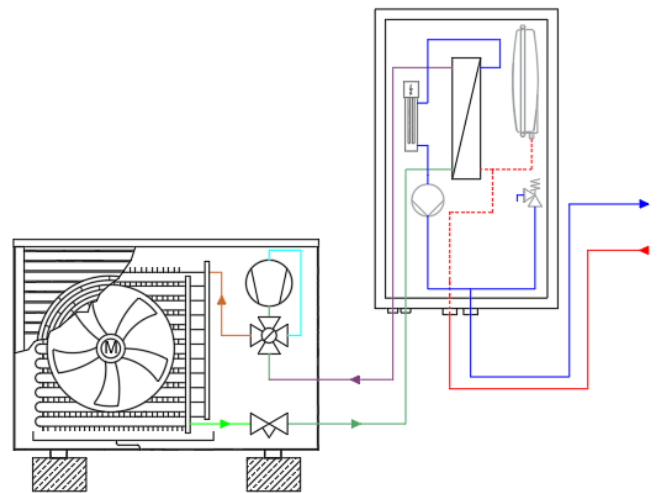
@2023

## 1 Werking

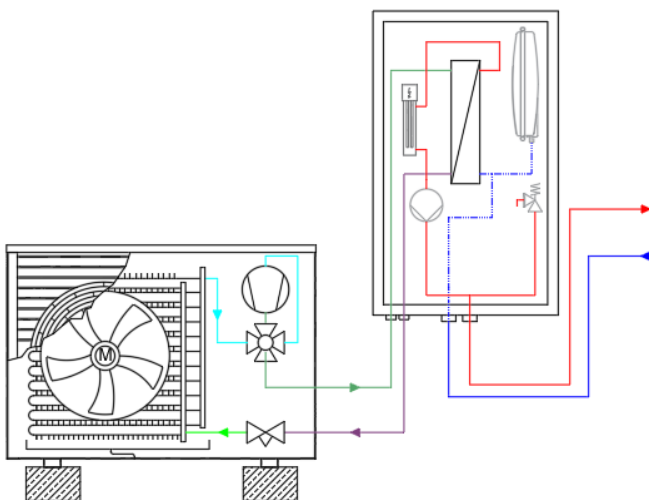
Een warmtepomp bestaat uit een gesloten circuit met 4 essentiële componenten: een verdamper, compressor, condensor en het expansieventiel. Deze componenten zijn met elkaar verbonden door een leiding gevuld met een koudemiddel.

De **verdamer** is een warmtewisselaar waarin warmte wordt geabsorbeerd door het koudemiddel. Het koudemiddel heeft de eigenschap om bij lage temperaturen te verdampen, waardoor het verandert in een gas. De **compressor** speelt een cruciale rol door het gasvormige koudemiddel samen te persen, waardoor het in temperatuur stijgt. In de **condensor** wordt de warmte die opgenomen is in de verdamper afgegeven aan het verwarmingssysteem. Dit kan water of lucht zijn. Hierdoor condenseert het koudemiddel en wordt het weer vloeibaar. Het **expansieventiel** vermindert de druk van het vloeibare koudemiddel waardoor het opnieuw kan verdampen in de verdamper. Hierdoor kan het proces zich herhalen.

verwarmings- en koelingsmodus, afhankelijk van de behoeften van het gebouw of de gebruiker. Hierdoor kan dezelfde warmtepomp zowel voor verwarming als voor koeling worden ingezet.



Figuur 2: Werking warmtepomp koeling



Figuur 1: Werking warmtepomp verwarming

Wanneer de warmtepomp voor koeling wordt gebruikt, moet het circuit worden omgekeerd. In dit geval zal de condensor dienen als de verdamper, waarbij warmte van binnenshuis wordt opgenomen om deze vervolgens buiten af te voeren. Om deze omschakeling praktisch uit te voeren, maken warmtepompen gebruik van een belangrijk onderdeel, de vierwegklep. Deze klep zorgt ervoor dat de rollen van de condensor en de verdamper in het koelcircuit worden omgewisseld, waardoor het systeem in staat is om te schakelen tussen

## 2 Prestaties

### 2.1 Verwarmingsmodus

Waar we bij gas- en stookolies kijken naar het rendement van de ketel, spreekt men bij warmtepompen over de COP (Coëfficiënt Of Performance). Deze waarde geeft weer hoeveel kW warmte de warmtepomp geeft voor 1 kW compressorvermogen.

$$\text{COP} = \frac{\text{Geleverde warmte [kW]}}{\text{Elektriciteitsverbruik [kW]}}$$

De SCOP (Seasonal COP) is de COP bekeken over een heel stookseizoen. De COP wordt slechts bij bepaalde omstandigheden bepaald en geeft dus geen realistisch beeld weer. De SCOP neemt dus ook de betere en slechtere omstandigheden mee waardoor dit een beter beeld geeft van de werking van de warmtepomp.

$$\text{SCOP} = \frac{\text{Geleverde warmte jaar [kWh]}}{\text{Elektriciteitsverbruik verwarming jaar [kWh]}}$$

De SPF (Seasonal Performance Factor) is een waarde die tot stand komt door de gemeten verwarmingsenergie (kWh) te delen door het elektriciteitsverbruik (kWh).

Het verschil met de SCOP is dus dat de SPF in een werkelijke installatie berekend wordt en de SCOP in testcondities.

$$\text{SPF} = \frac{\text{Gemeten warmte [kWh]}}{\text{Gemeten elektriciteitsverbruik [kWh]}}$$

### 2.2 Koelmodus

De EER (Energy Efficiency Ratio) kan je vergelijken met de COP maar dan voor koeling. Het is net zoals de COP een waarde die in testcondities tot stand komt. Hierbij wordt de geleverde koeling gedeeld door het elektriciteitsverbruik.

$$\text{EER} = \frac{\text{Geleverde koeling [kW]}}{\text{Elektriciteitsverbruik [kW]}}$$

De SEER (Seasonal EER) is ook hier gelijkaardig aan de SCOP maar er wordt in plaats van verwarming naar koeling gekeken op jaarbasis.

$$\text{SEER} = \frac{\text{Geleverde koeling jaar [kWh]}}{\text{Elektriciteitsverbruik koeling jaar [kWh]}}$$

De SEER wordt momenteel slechts zelden toegepast. Het wordt op dit moment alleen vermeld bij lucht-luchtwarmtepompen. Dit komt voort uit het feit dat lucht-luchtwarmtepompen meestal worden geïnstalleerd voor koelingstoepassingen. In het geval van lucht-water- of bodem-waterwarmtepompen ligt de nadruk vooral op verwarming en daarom gebruikt men voornamelijk de SCOP-waarde om deze warmtepompen te evalueren en te vergelijken. Hopelijk zullen er in de toekomst veranderingen plaatsvinden, waardoor we warmtepompen ook op basis van hun koelcapaciteit kunnen beoordelen.

### 3 Koudemiddelen

In een warmtepomp wordt er steeds gebruik gemaakt van een koudemiddel om de warmteoverdracht mogelijk te maken. De koudemiddel die in deze situatie gebruikt worden hebben al een hele transformatie meegemaakt omwille van milieu eisen, veiligheid en gezondheid. De GWP en CO<sub>2</sub>eq zijn 2 belangrijke factoren waarmee rekening gehouden wordt om te beslissen of en waar het koelmiddel nog gebruikt mag worden.

#### 3.1 GWP en CO<sub>2</sub>eq

De **GWP-waarde**, ook wel het aardopwarmingsvermogen genoemd, geeft de bijdrage tot het broeikas effect weer waarbij de GWP van CO<sub>2</sub> de referentiewaarde 1 is.

De meest gebruikte koelmiddelen in warmtepompen zijn R410A en R32. Dit zijn synthetische koelmiddelen. Propaan (R290) wordt ook steeds vaker gebruikt omdat het een natuurlijk koelmiddel is. Het grootste voordeel van propaan is dat het een kleine GWP-waarde heeft. Hierdoor draagt het maar in kleine mate bij aan het broeikas effect.

Koelmiddel	GWP
R410a	2088
R32	675
R290 (propaan)	3

Figuur 3: GWP waarden koelmiddelen

**CO<sub>2</sub>-equivalent** is een maatstaf die wordt gebruikt om de klimaatimpact van broeikasgassen te vergelijken met die van CO<sub>2</sub>. Het wordt berekend door de hoeveelheid uitgestoten broeikasgassen te vermenigvuldigen met hun respectieve GWP. Het gebruik van CO<sub>2</sub>-equivalenten helpt bij het vergelijken van de totale klimaatimpact van verschillende gassen.

#### 3.2 F-gassenverordening

De f-gassenverordening is een Europese wetgeving die als doel heeft de emissies van fluorkoolwaterstoffen en andere gefluoreerde gassen te verminderen. De broeikasgassen zijn hier onderdeel van. Door het uitsluiten van de f-gassen

wordt het gebruik van milieuvriendelijkere alternatieven bevorderd.

Zo ontstond destijds het koudemiddel R32, een fluorkoolwaterstof maar met een veel lagere GWP-waarde. Helaas is dit nog steeds een fluorkoolwaterstof en kan dit koudemiddel beschouwd worden als een tussenstap naar natuurlijke koudemiddelen met nog lagere GWP-waarden zoals bv. R290.

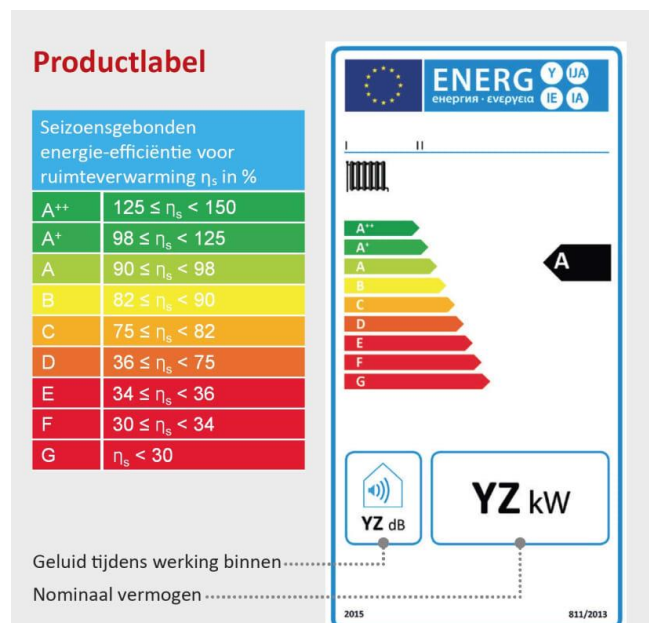
Naast de f-gassenverordening worden er ook eisen gesteld aan het documenteren van het gebruik van koudemiddelen. Wanneer de koudemiddelinhoud kleiner is dan 3 kg, zijn er momenteel geen eisen gesteld. Het is dus niet verplicht om een koeltechnicus in te schakelen voor de installatie, maar wel aangeraden. Wanneer de koudemiddelinhoud groter is dan 3 kg, komen er wel enkele maatregelen aan te pas. Een erkend koeltechnicus moet de installatie maken en opstarten. Maar moet ook een koelmiddellogboek bijhouden. Hier wordt zeer streng op toegezien. Wanneer de installatie niet hermetisch gemarkeerd is moet er vanaf 5 ton CO<sub>2</sub>eq een 12-maandelijke lekdichtheidscontrole uitgevoerd worden. Bij een hermetisch gemarkeerde installatie geldt dit pas vanaf 10 ton CO<sub>2</sub>eq.

## 4 Ecodesign

Waar vroeger vooral gekeken werd naar het nuttig rendement bij stookolie- en gasketels en het rendement voor verwarming bij warmtepompen, kijkt men nu steeds meer naar de seizoensgebonden energie efficiëntie en SCOP. Dit komt mede doordat de raad van de Europese unie in 2009 een richtlijn heeft opgesteld voor Energy related products (ERP). Daaronder valt dus ook het Ecodesign-label. Met behulp van deze informatie kunnen we toestellen beter vergelijken.

### 4.1 Productlabel

Het productlabel geeft informatie over één verwarmings- of sanitair warm water toestel. Verwarmingsinstallaties worden aangeduid met het symbool van een radiator. Sanitair warm water installaties worden aangeduid met een waterkraantje. De verwarmingsinstallaties worden ingedeeld in klassen van A++ tot en met G. Deze klassen zijn ingedeeld op basis van de seizoensgebonden energie-efficiëntie van de ruimteverwarming. In onderstaande afbeelding kan je een voorbeeld zien met de onderverdeling van de klassen.



Figuur 4: Voorbeeld productlabel (Bron: Vlaanderen)

- Merk en type
- Functie van het toestel: ruimteverwarming en/of productie sanitair warm water met bijhorend capaciteitsprofiel
- Geluidsvermogen in dB
- Seizoensgebonden energie-efficiëntieklasse voor ruimteverwarming en opwekking sanitair warm water

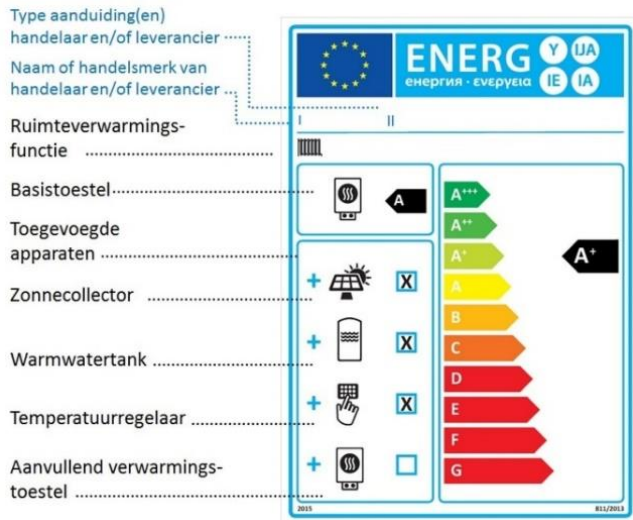
Hoewel de SEER en de SCOP belangrijk zijn voor de beoordeling van de prestaties van een warmtepomp, wordt deze tot nu toe enkel vermeld op het energielabel van een lucht-lucht warmtepomp en nog niet op het energielabel van een lucht-water of bodem-water warmtepomp. Dit komt doordat de meeste lucht-water en bodem-water warmtepompen in eerste plaats meestal voor verwarming gebruikt worden in plaats van koeling. Om een warmtepomp in deze gevallen te vergelijken met bv. gasketels, moeten we kijken naar de seizoensgebonden energie efficiëntie van de warmtepomp. De lucht-lucht warmtepomp of airco werd in het verleden meestal geplaatst voor koeling. Hierdoor wordt er bij de lucht-lucht warmtepomp niet gekeken naar de seizoensgebonden energie efficiëntie maar naar de SEER.

Het energielabel van een lucht-water warmtepomp vermeldt in plaats daarvan de SCOP (Seasonal Coefficient of Performance), die de gemiddelde energie-efficiëntie van de warmtepomp over een volledig stookseizoen weergeeft. Dit is belangrijk omdat de meeste warmtepompen voornamelijk worden gebruikt voor verwarming in plaats van koeling. De SCOP houdt rekening met de prestaties van de warmtepomp bij verschillende buiten-temperaturen en bedrijfsomstandigheden gedurende het hele stookseizoen en is daardoor een betere indicator van de totale energie-efficiëntie van een warmtepomp.

Op elk productlabel staan onderstaande punten vermeld:

## 4.2 Pakketlabel

Het pakketlabel geeft informatie over meerdere toestellen die samenwerken. Dit kan een hybride installatie zijn waar een gasketel samenwerkt met een warmtepomp maar ook een aparte boiler in de installatie wordt hier mee in opgenomen.



**Figuur 5: Voorbeeld pakketlabel (Bron: Vlaanderen)**

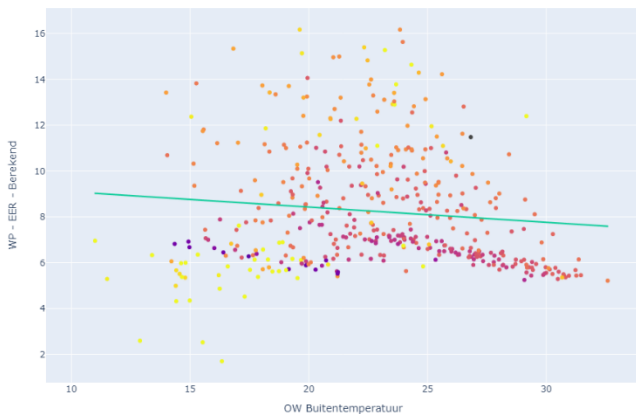
## 5 Warmtepompen

### 5.1 Bron

#### 5.1.1 Lucht

Wanneer we spreken over lucht als bron, wordt meestal de buitenlucht bedoeld. De ventilator zuigt buitenlucht aan waarna het de lucht over de verdamper stuurt. De verdamper is een warmtewisselaar waar koudemiddel door stroomt waar ook nog eens lamellen op bevestigd zijn om een betere warmteafgifte te verkrijgen. Door te werken met een koudemiddel kan er uit de lucht met een relatief lage temperatuur toch nog warmte onttrokken worden. Het koudemiddel zorgt dan voor het transport van warmte naar binnen toe.

Het nadeel bij gebruik van lucht als bron is dat de luchttemperatuur niet constant is. Wanneer de warmtepomp aan het koelen is zal het afgiftesysteem warmte opnemen uit de binnenlucht. De buitenunit zal deze warmte dan afgeven aan de buitenlucht. Wanneer de temperatuur van de buitenlucht toeneemt wordt het steeds moeilijker voor de buitenunit om zijn warmte af te geven. De buitenunit zal meer vermogen vragen waardoor de EER daalt. Gelukkig is in koeling dit fenomeen zeer beperkt. In verwarmingsmodus is dit wel iets waar op gelet moet worden.

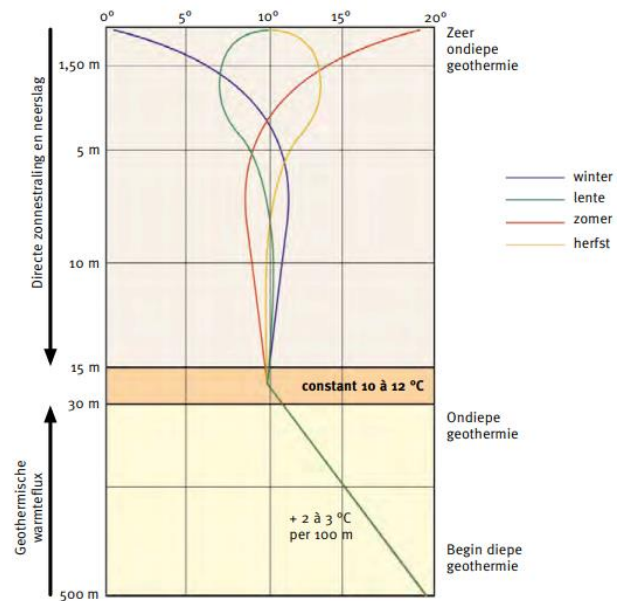


Figuur 6: Voorbeeld EER i.f.v. buitentemperatuur

#### 5.1.2 Bodem

Als we de bodem als bron nemen, gaan we geen warmte uit de lucht onttrekken, maar uit de bodem. Om dit te verwezenlijken zijn er verschillende mogelijkheden. Zo bestaat er een **horizontaal captatienet** waarbij de leidingen horizontaal ca. 1,5 m diep in de bodem gelegd worden. In België spreken

we van een constante bodemtemperatuur vanaf 15 m diepte.



Figuur 7: Bodemtemperatuurverloop (Bron: Buildwise)

Horizontale systemen zijn dus gevoeliger voor seizoensgebonden temperatuurvariaties. Ze vereisen een grote grondoppervlakte in vergelijking met de verticale systemen. Omdat de warmtewisselaar in lange lussen in de grond wordt geplaatst, is er vaak meer ruimte nodig om voldoende warmte uit de grond te halen. Voor een gemiddelde woning zal dit rond de 200 à 500 m<sup>2</sup> zijn.



Figuur 8: Horizontaal captatienet (Bron: Daikin)

Daarnaast bestaat er ook de mogelijkheid om gebruik te maken van **verticale captatie**. Dit systeem maakt gebruik van diepe boringen om toegang te krijgen tot de constante temperatuur van de bodem op een bepaalde diepte, meestal 30-150 m diep voor woningen. De diepte en het aantal boringen dat nodig is, is afhankelijk van het benodigde vermogen, maar ook van de ondergrond. Als er meer dan één boring nodig is, moet er op gelet worden dat deze minimum 5 m uit elkaar liggen. Zo beïnvloeden de boringen elkaar niet. In deze



boringen worden buizen geplaatst waar een mengsel van water en glycol door gepompt wordt. Doordat dit systeem gebruik maakt van de diepte van de bodem, heeft het slechts een beperkt grondoppervlak nodig. Daarbij heeft het ook als voordeel dat op de geboorde diepte de bodemtemperatuur doorheen het jaar constant is. Hierdoor neemt de COP en EER toe.



Figuur 9: Verticale captatie (Bron: Daikin)

Helaas kan dit niet overal toegepast worden en moet dit per installatie bekeken worden. Niet overal kan men zo diep boren door het type grond dat aanwezig is. Daarnaast mag het meestal ook niet toegepast worden in waterwinningsgebied.

	Horizontaal captatienet	Verticaal captatienet
Diepte	Ca. 1,5 m	30-150 m
Installatiekosten	Voordelig	Duurder
Benodigd grondoppervlak	Groot	Klein
Seizoensinvloed	Beperkt	Geen
Geschikt voor	Kleinere verwarmings- en koelbehoeften	Grotere verwarmings- en koelbehoeften

Figuur 10: Vergelijking horizontaal en verticaal captatienet

### 5.1.3 Water

Het gebruik van waterbronnen als warmtebron voor woningen is minder gebruikelijk. Deze systemen benutten grondwater of oppervlaktewater als hun thermische bron. Het water wordt opgepompt en door een warmtewisselaar gestuurd.

In collectieve systemen kan er ook gebruik gemaakt worden van water als bron. Hierbij zorgt een centraal systeem voor de verdeling van cv-water naar de verschillende wooneenheden. Dit water kan dan als bron gebruikt worden voor een extra naregeling per wooneenheid. Zie Boosterwarmtepomp voor meer informatie.

## 5.2 Afgifte

### 5.2.1 Lucht

Wanneer lucht als afgifte gebruikt wordt. Geeft het koudemiddel doormiddel van een warmtewisselaar zijn warmte/koude rechtstreeks af aan de lucht in de ruimte. Een voorbeeld hiervan is de airco. Dit wil zeggen dat de koudemiddelleidingen tot in de gekoelde ruimtes lopen. Per gekoelde ruimte is er dan een binnenuit voorzien waarin de warmtewisselaar verwerkt zit.



Figuur 11: Airco (Bron: Vaillant)

## 5.2.2 Water

Bij het gebruik van water als afgifte, wordt centraal in de woning warmte/koude afgegeven aan het CV-water. Hierbij wordt een verdeelsysteem, gevuld met water, gebruikt om de warmte/koude te transporteren naar de verschillende ruimtes.

Voorbeelden hiervan zijn een klimaatvloer, klimaatplafond en klimaatwand. Daarnaast behoren ook de ventiloconvectoren ook tot deze categorie. Voor meer informatie over de watergebaseerde afgiftesystemen verwijzen we jullie graag naar de fiche 'afgiftesystemen'.

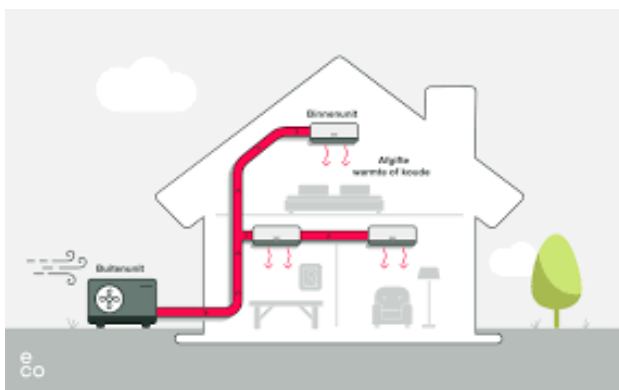


Figuur 12: Ventiloconvector (Bron: Jaga) & klimaatvloer

## 5.3 Soorten

### 5.3.1 Lucht-lucht warmtepomp

Een lucht-lucht warmtepomp onttrekt via de binnenunit warmte uit de ruimte en voert deze af naar buiten toe. Om meerdere ruimtes te kunnen koelen wordt er met een multi-split systeem gewerkt waarbij in elke verwarmde of gekoelde ruimte een binnenunit geplaatst wordt die door middel van een verdeelsysteem gevuld met koudemiddel verbonden is aan één centrale buitenunit.



Figuur 13: Lucht-lucht warmtepomp (Bron: Eco heating)

Doordat er voor deze installatie meerdere koppelingen moeten gemaakt worden in de

koudemiddelleiding is er meer kans op een koudemiddellek.

Dit systeem heeft wel enkele voordelen. Het is een systeem dat zeer snel reageert. Daarnaast zorgt het in de zomer voor een goed comfort. Er moet wel opgelet worden voor tochtklachten omdat de binnenunit met ventilatoren werkt om de frisse lucht naar binnen te blazen. Daarnaast is het ook een systeem dat eenvoudig en zonder veel breekwerk te plaatsen is. Vaak wordt dit niet voorzien bij de bouw van de woning, maar wordt de installatie bijgeplaatst wanneer de hitteklachten ontstaan. Het nadeel ervan is dat zowel de buiten als de binnenunit toch wel wat geluid maken (40-60 dB(A)). Waardoor je deze vaak 's nachts niet laat aanstaan in de slaapkamer

De airco of lucht-lucht warmtepomp gebruikt de massa van de woning niet. Het koelt enkel de lucht in de ruimte af. Hierdoor zal de temperatuur ook weer snel stijgen wanneer de airco uitgezet wordt. Het nadeel van deze installatie is dat het geen sanitair warm water kan aanmaken. Voor het opwekken van sanitair warm water moet een alternatieve oplossing worden gezocht.

De koeling werkt hier, zoals eerder omschreven, door het omkeren van de cyclus aan de hand van de vierwegklep. De compressor moet werken om koeling te voorzien. Dit heet ook wel actieve koeling. Door de actieve koeling is het mogelijk om ervoor te zorgen dat de lucht in de binnenunit afkoelt tot onder de dauwpuntstemperatuur. Het vocht in de lucht zal dan gaan condenseren. Het is dus zeer belangrijk om elke binnenunit ook steeds te voorzien van een condensafvoer. Het nadeel van actieve koeling is dat er een hoger elektriciteitsverbruik tegenover staat.

### 5.3.2 Lucht-water warmtepomp

De lucht-water warmtepomp neemt in de verdampers warmte op van de buitenlucht en geeft dit in de condensor af aan cv-water. Dit water kan dan gebruikt worden om sanitair warm water in een buffervat op te warmen en de afgiftesystemen te voeden met warm water om te verwarmen of koud water om te koelen.

Net zoals bij de lucht-lucht warmtepompen dient er een vierwegklep geplaatst te zijn om actieve koeling te kunnen toepassen. Wat ook hier zorgt voor een hoger elektriciteitsverbruik. Het voordeel van dit

systeem is dat het sanitair warm water kan produceren en er minder kans is op koudemiddellekkages. Het geluidsniveau van de buitenunit moet echter in het oog gehouden worden. Er zijn wettelijke beperkingen met betrekking tot geluidsemissies, zowel overdag als 's nachts. Het geluidsniveau staat vermeld op de technische specificaties en het energielabel.

Maximaal geluid in open lucht [dB(A)]	Overdag	's Avonds	's Nachts
Woongebieden	45	40	35

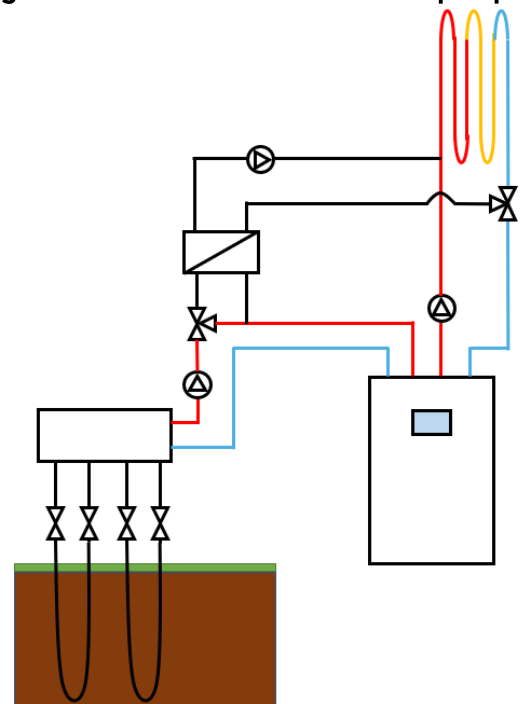
Figuur 14: Maximaal geluid in open lucht

Verder is het belangrijk om met lage aanvoeren te werken voor verwarming om het rendement van de warmtepomp te optimaliseren. Een lage-temperatuur afgiftesysteem zoals ventiloconvectoren of oppervlakteverwarming wordt aanbevolen. Houd er rekening mee dat in het geval van vloerkoeling of niet-condenserende ventiloconvectoren de watertemperatuur altijd boven het dauwpunt moet worden gehouden. Dit kan worden bereikt door een minimumtemperatuur van bijvoorbeeld 19 °C in te stellen, wat in de meeste gevallen veilig is. Een alternatieve aanpak is het gebruik van een dauwpuntsregeling, waarmee de watertemperatuur tot net boven het dauwpunt kan worden verlaagd. Hierdoor kan er dieper gekoeld worden, zonder kans op condensatie.

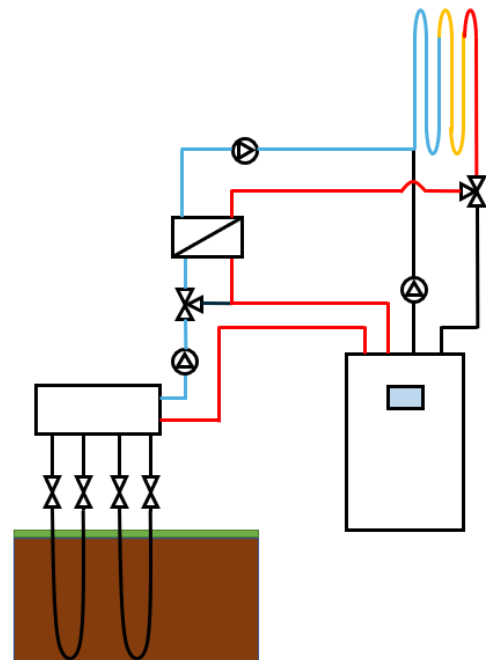
### 5.3.3 Bodem-water warmtepomp

Een bodem-water warmtepomp onttrekt warmte aan de bodem via een reeks grondboringen. Deze boringen bevatten leidingen die zijn gevuld met een water-glycolmengsel dat warmte opneemt. De warmtepomp gebruikt deze warmte om het gebouw te verwarmen. Als gevolg van het onttrekken van warmte aan de bodem, koelt de bodem af. Het is van essentieel belang dat de boringen voldoende groot worden gedimensioneerd om bevriezing van de boringen te voorkomen, wat de warmtewisseling tussen de bodem en het water-glycolmengsel kan belemmeren. In het ergste geval kunnen de leidingen beschadigd raken of barsten, waardoor de boring niet meer bruikbaar is. Als de warmtepomp uitsluitend voor verwarming wordt gebruikt, zorgt de ondergrond voor de natuurlijke regeneratie van de bodem. Deze regeneratie is helaas beperkt, waardoor de brontemperatuur van de boring in de

loop der jaren geleidelijk afnemen. Dit leidt tot een daling van de efficiëntie van de warmtepomp.



Figuur 15: Verwarmingsmodus bodem-water warmtepomp



Figuur 16: Vrije koeling bodem-waterwarmtepomp

Om dit te voorkomen en ook om in de zomer comfort te bieden, kan **vrije koeling** worden toegepast. In dit geval wordt het water-glycolmengsel niet langer door de warmtepomp gestuurd, maar wordt het via een driewegklep naar een extra warmtewisselaar geleid. Hier geeft het koude mengsel zijn koude af aan het cv-circuit dat naar de afgiftesystemen leidt. Om te koelen zijn hier dus enkel de bronpomp en

circulatiepomp nodig. De compressor van de warmtepomp wordt niet gebruikt. Hierdoor ligt het elektriciteitsverbruik voor de koelmodus lager dan bij de lucht-lucht- en lucht-water warmtepomp.

Het grote voordeel van de vrije koeling is dat het zorgt voor regeneratie van de bron. De warmte die in de woning zit wordt terug de bodem in gebracht, waardoor de bron geleidelijk aan weer zal opwarmen en zich zal voorbereiden op het verwarmingsseizoen. Door de hogere brontemperatuur in de winter en de lagere brontemperatuur in de zomer, ligt de energie-efficiëntie van de warmtepomp zowel bij verwarming als bij koeling hoger.

Het nadeel van vrije koeling is dat in het begin van het koelseizoen het koelvermogen nog relatief hoog is omdat de boring goed is afgekoeld. Gedurende de zomerperiode begint de brontemperatuur geleidelijk aan toe te nemen, wat resulteert in een afname van het koelvermogen. Als er aan het einde van de zomer nog steeds een grote koelvraag aanwezig is, kan het zijn dat vrije koeling niet meer voldoet. Daarnaast is het niet rendabel om bij vrije koeling te werken met condenserende afgiftesystemen. De aanvoertemperatuur ligt daarvoor meestal te hoog (>15 °C).

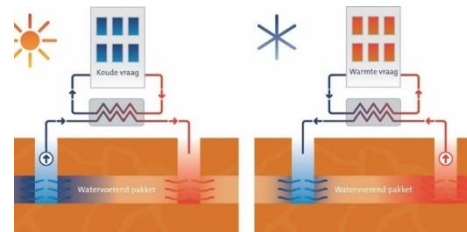
Het doel is om op jaarbasis een thermisch evenwicht in de bodem te bereiken, zodat de bodemtemperatuur niet systematisch toeneemt of afneemt. Dit zorgt voor een optimale efficiëntie van de geothermische installatie op lange termijn.

### 5.3.4 Koude-warmteopslag

Koude-warmteopslag (KWO) met een open circuit is gebaseerd op het gebruik van grondwater dat zich in de ondergrond bevindt. Dit systeem maakt gebruik van twee bronboringen tot in de watervoerende laag. In verwarmingsmodus zal er grondwater uit de warme bron opgepompt worden dat vervolgens door een warmtewisselaar wordt geleid waar het zijn warmte afgeeft aan het cv-water. Daarna wordt het afgekoelde grondwater naar de andere bron gepompt. Hierdoor koelt de koude bron af. Wanneer het koelseizoen start is de koude bron voldoende afgekoeld en zal hier het grondwater uit opgepompt worden. Nu leidt het grondwater opnieuw naar de warmtewisselaar waar het zijn koude afgeeft aan het cv-water, waarna het opgewarmde grondwater terug naar de warme bron wordt geleid.

Om de bronnen in balans te houden moet er op jaarbasis evenveel warmte als koude onttrokken worden aan de bronnen.

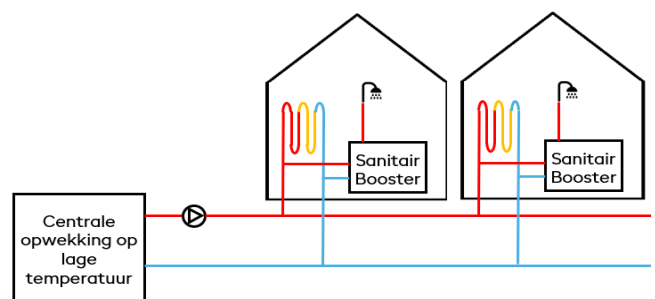
Het voordeel van een KWO-systeem is dat het mogelijk is om in de zomer grondwater uit de koude bron te trekken dat lager is dan de natuurlijke brontemperatuur. Ook hier geldt net zoals bij de bodem-water warmtepomp dat op het einde van het koelseizoen de koude bron weer geleidelijk aan opgewarmd zijn tot de natuurlijke brontemperatuur.



Figuur 17: Werking KWO

### 5.3.5 Boosterwarmtepomp

De sanitaire boosterwarmtepomp is een geavanceerde water-water warmtepomp die ontworpen is voor gebruik in collectieve systemen of warmtenetten. Dit toestel maakt gebruik van het lage temperatuur collectief systeem om op een efficiënte manier het sanitair warm water op te warmen.

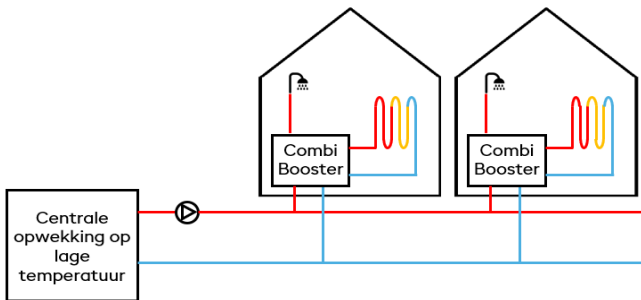


Figuur 18: Sanitaire booster WP in collectief systeem

Elke wooneenheid krijgt water aan op lage temperatuur (12-40°C) via het collectief systeem die in staat voor de verwarming en koeling van de wooneenheden. Door hierop een boosterwarmtepomp te plaatsen kan de warmtepomp gebruik maken van de hogere brontemperaturen om het sanitair warm water op te wekken.

De combi boosterwarmtepomp werkt op dezelfde manier als de sanitaire boosterwarmtepomp maar geeft ook de ruimteverwarming een extra boost. De wooneenheden krijgen elk dezelfde watertemperatuur toegestuurd, waarna de

warmtepomp de watertemperatuur extra kan verhogen of verlagen om zo aan de wensen van de bewoners te voldoen. De booster kan dus zowel gebruikt worden voor verwarming als voor actieve koeling.



Figuur 19: Combi boosterWP in collectief systeem

### 5.3.6 Warmtepompboiler

Een warmtepompboiler is een lucht-water warmtepomp die specifiek is ontworpen voor de opwekking van sanitair warm water. Het onderscheidt zich sterk van elektrische boilers, die aanzienlijke hoeveelheden elektriciteit verbruiken om water op te warmen. In plaats daarvan maakt een warmtepompboiler gebruik van beschikbare warmtebronnen in de omgeving, zoals binnenlucht, ventilatielucht of buitenlucht. Warmtepompboilers zijn 3 tot 4 keer efficiënter dan een elektrische boiler.

De warmtepompboiler vereist wel meer ruimte dan een elektrische boiler, voornamelijk vanwege de aanwezigheid van de warmtepomp, die toch extra ruimte inneemt. Meestal wordt de warmtepompboiler binnenshuis geplaatst, met voorkeur een onverwarmde ruimte zoals een garage of kelder. Als de warmtepompboiler binnenlucht gebruikt zal de lucht afkoelen. Dit willen we vermijden in de ruimtes die verwarmd worden.

Bovendien zijn de meeste warmtepompboilers uitgerust met een ingebouwd elektrisch naverwarmingselement, wat handig is als de temperatuur hoger moet zijn dan 55 °C, om bijvoorbeeld legionellabacteriën te voorkomen. Hoe hoger de luchttemperatuur, hoe efficiënter het systeem werkt. Het is dan ook een slimme zet om de warmtepompboiler aan te sluiten op de extractie van de ventilatielucht.

## 5.4 Aandachtspunten

### 5.4.1 Persgastemperatuur

De persgastemperatuur is een belangrijke parameter voor het controleren van de goede werking van de warmtepomp. Wanneer deze hoger is als 90°C gaat de olie in de compressor degraderen. Een te hoge persgastemperatuur wil zeggen dat er ook een te grote oververhitting van het gas aanwezig is. Als gevolg van de te hoge temperatuur zal de olie in de compressor degraderen met schade aan de compressor tot gevolg.

### 5.4.2 Draaiuren

Het gemiddeld aantal draaiuren van een warmtepomp voor de opwekking van sanitair warm water en verwarming is zo'n 1800 uren. Wanneer de lucht-lucht of lucht-water warmtepomp ook voor koeling gebruikt wordt neemt het aantal draaiuren aanzienlijk toe. Dit heeft een grote invloed op de slijtage van de onderdelen en de levensduur van de warmtepomp.

Doordat een bodem-water warmtepomp gebruik maakt van passieve koeling en er dus geen extra draaiuren moeten bijgeteld worden, zal de warmtepomp minder slijten en dus een langere levensduur hebben.

Waar ook rekening mee moet gehouden worden is het aantal start/stops. Het telkens opnieuw starten en stoppen van de warmtepomp zorgt voor een grote belasting van de onderdelen waardoor de slijtage toeneemt. Dit wordt vaak omschreven in een aantal start/stops per uur of een minimum draaitijd die nodig is aan één stuk en is afhankelijk van fabrikant tot fabrikant. We zien waardes van maximum 1 start/stop per uur tot 3 start/stops per uur.

## 6 Dimensionering

De dimensionering van warmtepompen kan nog steeds gebaseerd zijn op verwarmingsbehoeften, aangezien woningen doorgaans een grotere vraag naar verwarming hebben dan naar koeling. Bovendien biedt de warmtepomp vaak ruimschoots voldoende koelcapaciteit. Met als gevolg dat de koelafgifte meestal de beperkende factor is.

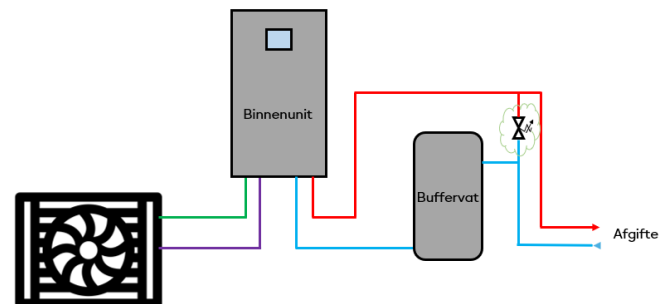
### 6.1 Buffervat

In verwarmingsinstallaties met warmtepompen wordt vaak aangeraden om een buffervat toe te passen. Het eerste voordeel is dat het buffervat de vermogen onbalans tussen opwekking en afgifte kan wegwerken. Het is essentieel dat de warmtepomp een minimale draaitijd behoudt bij elke startcyclus. Dit betekent dat het vermogen voor koelafgifte in het ideale geval hoger moet zijn dan het opwekkingsvermogen.

Het buffervat moet dan zorgvuldig gedimensioneerd worden om voldoende energie op te slaan, zodat de warmtepomp gedurende een bepaalde minimale periode (bv. 10 minuten) kan blijven draaien bij een vast temperatuurverschil tussen de retour- en aanvoertemperatuur van de warmtepomp. Vanuit praktisch oogpunt is het mogelijk om de aanvoertemperatuur te verhogen met een hysteresis van 3 K, zolang de maximale temperatuur van de warmtepomp niet wordt overschreden.

Een ander technisch voordeel doet zich voor bij de lucht-water warmtepompen. Het buffervat kan ingezet worden om energie te leveren voor het ontdooien van de verdamper. Tijdens het ontdooiproces keren de meeste lucht-water warmtepompen hun cyclus om, waardoor ze via de binnenuit warmte gaan onttrekken om daarna met deze warmte de buitenunit te ontdooien. Als er geen buffervat aanwezig is, wordt de benodigde warmte direct uit de afgifte elementen gehaald. Bij vloerverwarming zal dit wellicht weinig invloed hebben op de ruimtetemperatuur, maar bij radiatoren of convectoren kan het koelend effect tijdens het ontdooien wel een invloed hebben op het comfort. Dankzij het gebruik van een buffervat kan de benodigde warmte onttrokken worden uit het buffervat en zal het onttrekken van warmte uit de ruimte door de afgifte elementen beperkt blijven.

Bij het aansluiten van een buffervat geldt steeds de regel dat de warme leidingen bovenaan worden aangesloten en de koude onderaan. Dit wordt gedaan om het stratificatie-effect te maximaliseren en de menging van warm en koud water zo min mogelijk te beïnvloeden. Als het buffervat zich op het laagste punt van de installatie bevindt en er aanzienlijk hoogteverschil is, is het essentieel om ervoor te zorgen dat de aansluitingen zodanig zijn ontworpen dat thermosifoncirculatie wordt voorkomen. Dit kan worden bereikt door het gebruik van terugslagkleppen of het creëren van een U-bocht van ongeveer 20 cm. Het plaatsen van een buffervat in serie is de eenvoudigste optie. Hierbij wordt het buffervat aangesloten met twee leidingen, meestal in de retourleiding van de installatie. De retourleiding van het afgiftesysteem wordt bovenaan aangesloten en de retourleiding naar de warmtepomp onderaan. Deze opstelling is gunstig om ontdooiing te overbruggen of om de minimale draaitijd van de warmtepomp te waarborgen. Het is echter van groot belang om te garanderen dat er altijd voldoende debiet kan circuleren. Daarom wordt vaak een overstortklep geïnstalleerd om dit te waarborgen. Zie Figuur 20.



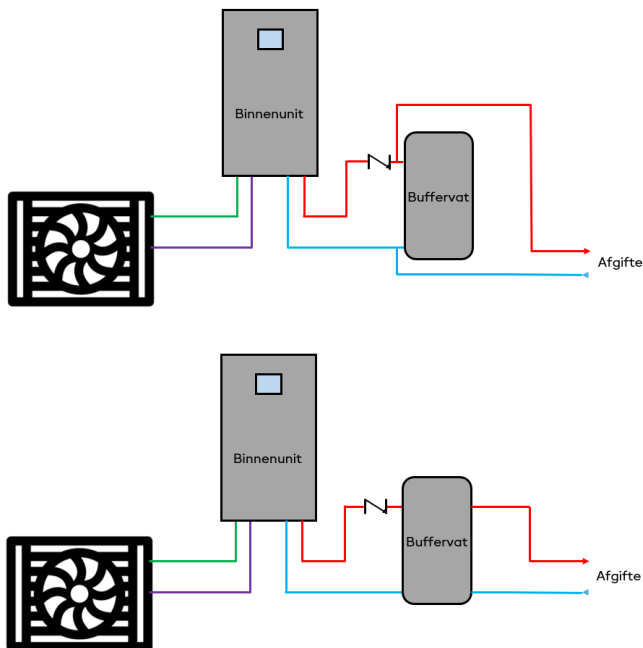
Figuur 20: Serie-aansluiting buffervat

In situaties waarin meerdere zones worden geregeld, of wanneer het afgiftesysteem grote drukverliezen en debieten vraagt, is een **parallele aansluiting** vaak aangewezen (Figuur 21). Hierbij fungeert het buffervat niet alleen als waarborg voor de minimale draaitijd en buffer tijdens het ontdooiproces, maar ook als evenwichtsfles. Dit maakt het mogelijk om meerdere circulatiepompen in de installatie te plaatsen. Dankzij de parallele aansluiting wordt het minimumdebiet steeds gegarandeerd, maar afhankelijk van het evenwicht tussen de debieten in het opwekkingscircuit en afgiftecircuit kan er een temperatuurverlies optreden tussen de aanvoertemperatuur van de warmtepomp en de aanvoertemperatuur naar het

afgiftesysteem. Dit temperatuurverlies heeft nadelige gevolgen voor de efficiëntie van de warmtepomp. De ongewenste menging verminderd, maar wanneer het secundaire debiet groter is dan het primaire debiet, blijft het temperatuurverlies nog steeds aanwezig.

afgiftezijde en opwekkingszijde te waarborgen. Dit is van groot belang bij lucht-water warmtepompen, omdat de vermogensbalans hier van nature moeilijker ligt.

In koelmodus heeft een lucht-water warmtepomp doorgaans een hoger opwekkingsvermogen dan in verwarmingsmodus. Aan de andere kant hebben afgiftesystemen in koeling vaak een lager vermogen in vergelijking met verwarming. Het is daarom aan te raden om bij lucht-water warmtepompen het buffervat te dimensioneren met de focus op koeling in plaats van verwarming. In tegenstelling tot de bodem-water warmtepomp waar het aan te raden is om met focus op verwarming te dimensioneren.



*Figuur 21: Parallel-aansluiting buffervat*

Wanneer de installatie zowel voor verwarming als koeling wordt gebruikt, verdient een buffervat in serie de voorkeur. Bij een parallelle aansluiting kan ongewenste temperatuurmenging optreden, omdat het cv-water met koudere temperaturen zich bovenaan in het buffervat bevindt en de warmere temperaturen onderaan. Dit kan leiden tot een groot temperatuurverlies in het buffervat. In principe kan dit probleem worden opgelost door de aansluitingen om te draaien, maar hiervoor zijn extra 3-weg of 6-weg ventielen nodig, wat de installatie complexer maakt.

Bij het plaatsen van het buffervat is het belangrijk dat de mantel of isolatie van het buffervat dampdicht is uitgevoerd. Ook bij niet condenserende koeling kunnen er zich specifieke gevallen voordoen waarbij condensatie kan optreden, bijvoorbeeld wanneer het buffervat in een vochtige ruimte zoals een wasplaats staat.

In koelmodus is het niet nodig om rekening te houden met ontdooiing, daarom moet het buffervat gedimensioneerd worden om de balans tussen

**Voorbeeld**

We nemen een lucht-water warmtepomp met een verwarmingsvermogen van 11 kW (A-7/W35). In koelmodus geeft deze een minimum koelvermogen van 4,3 kW (A30/W18). Daarnaast nemen we een klimaatvloer van 300 m<sup>2</sup> waarvan 150 m<sup>2</sup> nageregeld kan worden.

Lucht-water warmtepomp	Opwekking	Afgifte
Verwarming (A-7/W35)	11 kW	80 W/m <sup>2</sup> x 150 m <sup>2</sup> = 12 kW
Koeling (A30/W18)	Min. 4,3 kW	22 W/m <sup>2</sup> x 150 m <sup>2</sup> = 3,3 kW

Figuur 22: Voorbeeldberekening noodzaak buffervat

Voor verwarming zou het afgiftevermogen nog net voldoende zijn om de installatie goed te laten werken. Bij koeling is het afgiftevermogen te klein en is de kans op pendelen groot. Het afgiftevermogen bij koeling verhogen door de watertemperatuur te laten dalen is vaak onmogelijk omdat dit condensatieproblemen kan veroorzaken.

Daarom is het van belang om bij installaties waar koeling mogelijk is, het buffervat specifiek te dimensioneren voor koeling. Daarnaast is bij koeling ook het temperatuurverschil voor buffering kleiner. Bij verwarming gaan we uit van een temperatuurverschil van 5 K met mogelijks een kleine extra hysteresis. Bij koeling wordt bij ontwerp vaak uitgegaan van 3 K, maar in de praktijk kan dit lager uitvallen vanwege hogere debieten (cfr. Ontwerp verwarming) en een mogelijks lagere binnentemperatuur. Een extra hysteresis is bij koeling vaak niet mogelijk omdat de watertemperatuur dan onder het dauwpunt daalt met condensatieproblemen tot gevolg. Daarom raden we aan om het temperatuurverschil niet boven de 2 graden Kelvin te nemen in de onderstaande berekening.

Voor het berekenen van het benodigde buffervolume (V) in liter kunt u de volgende formule gebruiken:

$$V = \frac{P_{min} \times \frac{t}{60}}{0,00116 \times \Delta T}$$

Waarbij:

V: Buffervolume in liter

P<sub>min</sub>: Minimumvermogen van de warmtepomp in koelmodus in kilowatt (kW)

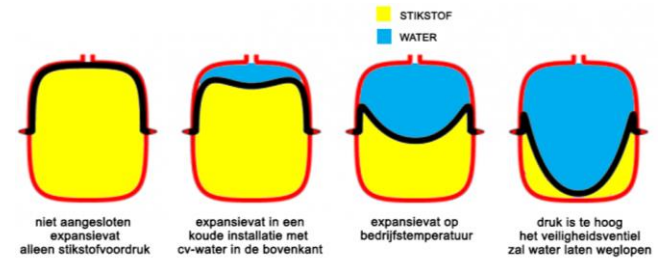
t: Minimale draaitijd per start in minuten

ΔT: Temperatuurverschil tussen de aanvoer- en retourtemperatuur in graden Kelvin (K)

**6.2 Expansievat**

Voor de voordruk van het expansievat in te stellen kijkt men meestal naar de hoogte van de installatie. De vuldruk zou daarna dan ingesteld moeten worden op de voordruk + ca. 0,2 bar.

Wanneer we gaan koelen met een condenserend afgiftesysteem kan het zijn dat de watertemperaturen (T<sub>min</sub> = 5 °C) lager liggen dan de vultemperatuur (10 °C). Door de lagere watertemperaturen en dus een groter temperatuurverschil, zal de waterinhoud meer gaan uitzetten. Daarom moet er bij condenserende koeling een groter reservevolume voorzien worden. Dit kan door de vuldruk te vergroten (voordruk + ca. 0,8 bar).


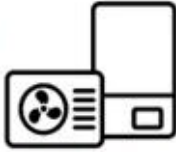
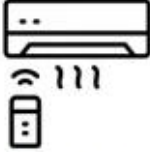






Figuur 23: Werking expansievat



## Overzicht



		Vloerverwarming	Vloerverwarming	
				
		Geothermische warmtepomp	Lucht-water warmtepomp	Lucht-lucht warmtepomp
 Verwarming	Verbruik			
	Comfort			
 Koeling	Verbruik			
	Comfort			
 €	Investering			
	Levensduur & onderhoud			
	Slimme sturing			
 Person	Milieu			
	Geluid			
	Impact renovatie			

## Bibliografie

Deze fiche kwam tot stand vanuit o.a. de analyses, metingen en simulaties binnen de onderzoeksprojecten 'TETRA Koeling 2.0' en 'TETRA SCoolS' (2018-2023)

**BIN.** (2006). *Ergonomie van de thermische omgeving*. Brussel: BIN.

**Bracke, J.** (2021, 06 14). *strengere regels voor koelmiddelen in warmtepompen, airco's, ... Vanaf wanneer voldoet systeem niet meer?* Opgehaald van bouw-energie: <https://bouw-energie.be/nl-be/blog/post/strengere-regels-voor-koelmiddelen-in-warmtepompen-airco-s-vanaf-wanneer-voldoet-systeem-niet-meer>

**Buildwise.** (2016). *Dimensionering van vloerverwarmingssystemen met warmwaterbuizen*. Brussel: Jan Venstermans.

**Buildwise.** (2016). *TV 259: Ondiepe geothermie*. Brussel: Buildwise.

**Daikin.** (z.d.). *De horizontale warmtepomp*. Opgehaald van Daikin: [https://www.daikin.be/nl\\_be/warmtepompen/producten/horizontaal.html](https://www.daikin.be/nl_be/warmtepompen/producten/horizontaal.html)

**Daikin.** (z.d.). *De verticale warmtepomp*. Opgehaald van Daikin: [https://www.daikin.be/nl\\_be/warmtepompen/producten/verticaal.html](https://www.daikin.be/nl_be/warmtepompen/producten/verticaal.html)

**KMI - Koninklijk Meteorologisch Instituut.** (2020). *Klimaatrapport 2020*. Ukkel: Dr. D. Gellens.

**L. François en G. Van Lysebetten.** (2017). *Code van goede praktijk: ontwerp, uitvoering en beheer van koude-warmteopslagsystemen in de ondiepe ondergrond in Vlaanderen*.

**REHVA.** (2013). *Low temperature heating and high temperature cooling*. Brussel: REHVA.

**VEKA.** (z.d.). *Regelgeving inzake het gebruik van F-gassen*. Opgehaald van Vlaams energie- en klimaatagentschap: <https://www.vlaanderen.be/veka/energie-en-klimaatbeleid/energie-en-klimaatbeleid-voor-ondernemingen/f-gassen/regelgeving-inzake-het-gebruik-van-f-gassen>

**VITO Team geo.** (2012, december). *Beknopte wegwijzer, geothermie in België*. Opgehaald van vito.be: [https://vito.be/sites/vito.be/files/compressed-downloads/beknopte\\_wegwijzer\\_geothermie.pdf](https://vito.be/sites/vito.be/files/compressed-downloads/beknopte_wegwijzer_geothermie.pdf)

**Vlaanderen.** (z.d.). *Pakketlabel voor verwarmings- en warmwatertoestellen*. Opgehaald van Vlaanderen: <https://www.vlaanderen.be/informatie-voor-verwarmingsprofessionals/energielabel-voor-verwarmings-en-warmwatertoestellen/pakketlabel-voor-verwarmings-en-warmwatertoestellen>

**Vlaanderen.** (z.d.). *Productlabel voor verwarmings- en warmwatertoestellen*. Opgehaald van Vlaanderen: <https://www.vlaanderen.be/informatie-voor-verwarmingsprofessionals/energielabel-voor-verwarmings-en-warmwatertoestellen/productlabel-voor-verwarmings-en-warmwatertoestellen>