

Thema	Gezonde binnenomgeving
Nummer	4.05

# THERMISCH COMFORT

## INHOUD

Inleiding .....	2
Criteria .....	2
Invloed van de gebouwschil op ons thermisch comfort.....	2
Warmteoverdracht beperken .....	2
Benut passieve zonnwinsten tijdens het stookseizoen.....	4
Vermijd oververhitting in de zomer .....	4
Vermijd stralingsasymmetrie.....	4
Bouwmethode .....	5
Vermijd een te hoge luchtvochtigheid .....	6
Invloed van het warmteafgiftesysteem op ons thermisch comfort .....	7
Stralingsverwarming versus convectieverwarming.....	7
Vloer-, wand- en plafondverwarming .....	8
Invloed van koeling op ons thermisch comfort .....	8
Er is niet één 'beste oplossing' ... ..	9
Bronnen .....	9

## Inleiding

**Niet te koud en niet te warm.** Zo voelen we ons comfortabel. Net zoals de binnenluchtkwaliteit en het akoestisch en visueel comfort, heeft het thermisch comfort een impact op ons welbevinden in huis en op hoe gezond onze [binnenomgeving](#) is.

## Criteria

Of we het niet te warm of te koud hebben - ons thermisch comfort – hangt af van **persoonsgebonden criteria** en **omgevingsgebonden parameters**. Met persoonsgebonden criteria bedoelen we onze kledij, en hoe intensief we bewegen en actief zijn. Omgevingsgebonden parameters zijn onder meer de lucht- of omgevingstemperatuur, de stralingstemperatuur van de wanden rond ons, de luchtvochtigheid en lichtsnelheid.

Als gebruiker van een gebouw, kan je ook **zelf ingrijpen**. Een raam openen, een trui aantrekken, de temperatuur een graadje lager of hoger zetten, van plaats veranderen ...

Wat ook meespeelt, zijn onze verwachtingen. Bijvoorbeeld, als het buiten al lange tijd warm is, verwachten we ook binnen een hogere temperatuur. We vinden die binnenwarmte dan comfortabeler dan wanneer het buiten koud zou zijn.

**We zijn sneller tevreden over het thermisch comfort van een ruimte als we zelf een impact hebben.**

Een aantal criteria geven aanleiding tot een **lokaal thermisch discomfort**:

- hinderlijke luchtstromingen (tocht);
- een te groot temperatuurverschil tussen hoofd en voeten (verticale temperatuurverschillen);
- te koude of te warme vloeren;
- te grote verschillen in warmte-uitwisseling naar verschillende richtingen (stralingsasymmetrie, zie verder.)

## Invloed van de gebouwschil op ons thermisch comfort

We willen het in onze woning niet te warm in de zomer en niet te koud in de winter. Zonder hoge energierekening voor verwarming of koeling. Daarom moeten in de eerste plaats de vloeren, muren, daken en schrijnwerk van het beschermd volume (BV) van onze woning zo opbouwen dat ze:

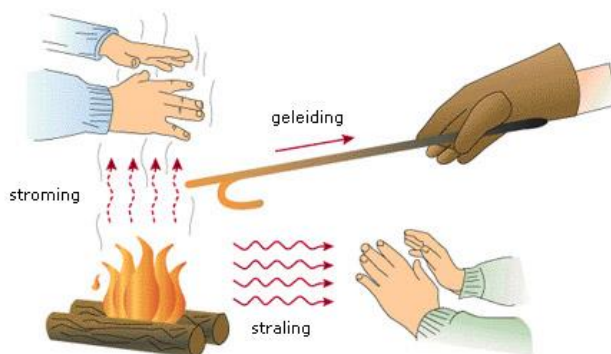
- tijdens het stookseizoen zo weinig mogelijk warmte verloren laten gaan;
- tijdens warme periodes zo weinig mogelijk warmte binnenlaten.

## Warmteoverdracht beperken

We moeten dus de **warmteoverdracht via de gebouwschil beperken**, meestal van binnen naar buiten maar soms ook in de omgekeerde richting. Er zijn verschillende vormen van warmteoverdracht, die we op verschillende manieren kunnen tegengaan:

- Bij **geleiding of conductie** gebeurt de warmteoverdracht via rechte contact door middel van een vaste stof. De materiaalkeuze van de gebouwschil is hierbij dus bepalend. Warmteoverdracht via geleiding beperk je met:
  - [Thermische isolatiematerialen](#): Dit zijn materialen die de warmte slecht geleiden. Ze worden gekenmerkt door een lage warmtegeleidingscoëfficiënt of lambda-waarde ( $\lambda$ );
  - een voldoende dik thermisch isolatiepakket zonder onderbrekingen of koudebruggen

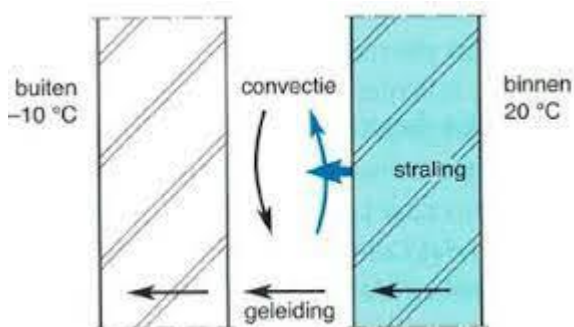
- Bij **stroming of convectie** gebeurt de warmteoverdracht via vloeistoffen of gassen. In een gebouw gaat het meestal om luchtstromingen. [Wind- en luchtdichte constructies](#) gaan ongecontroleerde en ongewenste luchtverplaatsingen tussen de buitenomgeving en de binnenruimte tegen. Ook vocht speelt een rol: als je vochtige lucht niet snel en efficiënt naar buiten afvoert, worden de wanden vochtiger en zal er bij niet-geïsoleerde wanden iets meer warmteoverdracht zijn. Het is dus belangrijk om te [ventileren](#).
- Bij **straling** is er warmteoverdracht via elektromagnetische trillingen, waarbij een warm voorwerp warmte uitstraalt naar een kouder voorwerp. Bijvoorbeeld, een radiator die warmte uitstraalt naar een persoon, maar ook naar de muur.



*Warmte kan overgedragen worden via geleiding, convectie en straling.  
(Bron: [www.aljevragen.nl](http://www.aljevragen.nl))*

Een (buiten)muur zal plaatselijk opwarmen door de stralingswarmte van de radiator die ertegen is geplaatst. En vervolgens op die plek dan ook meer warmte verliezen via geleiding. Hoe beter de muur thermisch geïsoleerd is, hoe minder geleidingsverliezen en hoe kleiner het effect van een reflecterende folie achter de radiator. Bij niet-geïsoleerde muren is een radiatorfolie wel degelijk relevant, in afwachting van het isoleren van de muur.

Meer onbedoelde warmteoverdracht betekent een hogere energierekening, in winter en zomer.



*Een niet-geïsoleerde spouwmuur met warmteoverdracht via geleiding (via de materialen), convectie (luchtstromingen in de spouw) en straling (het binnenste spouwblad is warmer en straalt warmte uit naar het koudere buitenspouwblad). (Bron: Howest)*

## Benut passieve zonnewinsten tijdens het stookseizoen

Soms willen we wél dat er warmteoverdracht plaatsvindt. Wanneer in de winter of in de tussenseizoenen de zon schijnt, willen we die gratis zonnewarmte graag benutten om onze woning op te warmen. Zo zal onze verwarmingsinstallatie minder energie gebruiken. Hoe je dat maximaal doet, lees je in de infofiche '[Passieve zonnewinsten](#)'.

## Vermijd oververhitting in de zomer

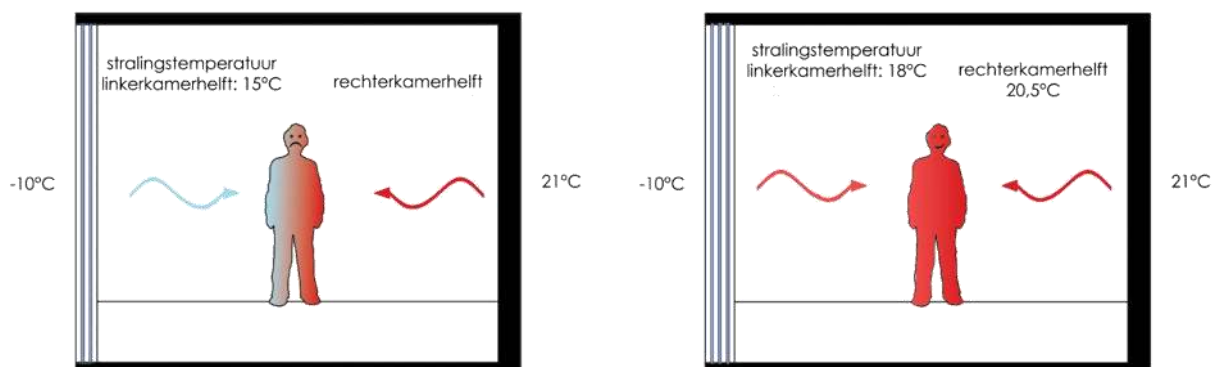
Om gebruik te maken van passieve zonnewinsten, moet je ervoor zorgen dat de zonnewarmte ongehinderd je woning kan opwarmen via de beglaasde oppervlakken. Maar op warme dagen bestaat de kans op [oververhitting](#). Hoe beter het glas thermisch isoleert, hoe meer warmte het ook in de zomer tegenhoudt. Drievoudig glas doet dat beter dan dubbele beglazing.

Maar dit volstaat niet, je moet nog bijkomende maatregelen nemen tegen oververhitting. De belangrijkste bouwkundige maatregelen tegen oververhitting zijn het beperken van de beglaasde oppervlakken, het afschermen ervan met buitenzonwering en het toepassen van intensieve nachtventilatie. Ook de technische installaties in je woning hebben een impact op je zomercomfort. Ook een groendak of gevelgroen helpt om oververhitting tegen te gaan.

## Vermijd stralingsasymmetrie

Als de **stralingstemperatuur** van alle oppervlakten die een ruimte omgeven dicht bij de gewenste **luchttemperatuur** ligt, voelt dat aangenaam. Niet- of slecht geïsoleerde woningen zorgen voor koude oppervlakten. Die zorgen voor een discomfort en om dat te compenseren, zijn we geneigd de kamerthermostaat een graadje hoger te zetten.

In een goed geïsoleerde woning halen we dus hetzelfde comfortgevoel met een lagere luchttemperatuur. Maar je moet dan wel alle oppervlakten in beschouwing nemen. Bijvoorbeeld, een woning met enkele beglazing of zelfs dubbele beglazing ervaren we als thermisch niet-comfortabel, ook al zijn alle andere wanddelen heel goed geïsoleerd. En een koude vloer zal ook een negatieve impact hebben op ons comfortgevoel.



*De stralingstemperatuur van de verschillende wanddelen heeft een invloed op ons thermisch comfort. Stralingsasymmetrie kan zorgen voor lokaal thermisch discomfort. (Bron: Pixii)*

Samengevat: een **goede thermische isolatie van een deel van een gebouw** zal dus zeker resulteren in **minder warmteverliezen**, maar **niet altijd het gewenste comfort** opleveren. Daarvoor moet je **alle wanddelen isoleren**.

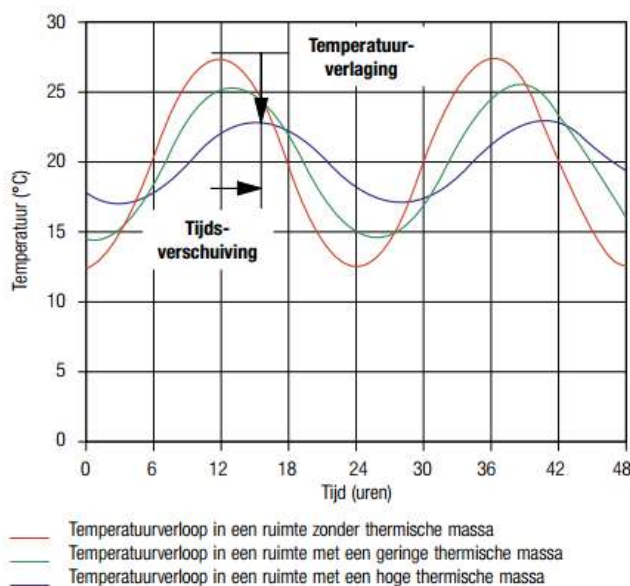
Bij een nieuwbouwwoning zorg je meteen voor een goede thermische isolatie van de volledige gebouwschil. Bij de renovatie van een bestaande woning werk je al dan niet gefaseerd.

Beglazing blijft de zwakke schakel. Het best isolerende glas op de markt isoleert nog altijd minder goed dan een 'matig' geïsoleerde muur. Dit mag geen reden zijn om je muren minder goed te isoleren, wel om te investeren in drievoudige beglazing.

## Bouwmethode

Een woning kan een lichte draagstructuur hebben (zoals houtskeletbouw), gebouwd zijn met zware materialen (massiefbouw) of een combinatie zijn van beide (bijvoorbeeld massieve vloeren en muren, daken met een lichte draagstructuur, of met een aanbouw in houtskelet). De bouwmethode heeft een impact op het binnenklimaat van een woning.

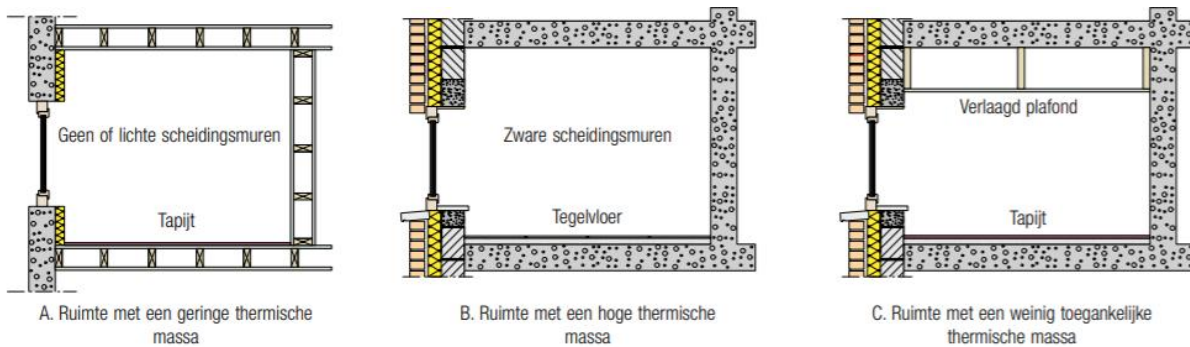
Het gebruik van zware materialen draagt bij tot het akoestisch comfort, maar beïnvloedt ook het thermisch comfort. Zware, massieve en goed geleidende materialen hebben immers het vermogen om warmte op te slaan en geleidelijk aan terug af te geven. **Thermische inertie**, zo heet dat. Een zwaar gebouw met **voldoende toegankelijke thermische massa** warmt trager op en koelt trager af. De massa zorgt immers voor een vertragend effect in de tijd (faseverschuiving) en voor het afvlakken van temperatuurpieken (temperatuurverlaging), in vergelijking met een lichte constructie.



*Thermische massa heeft een effect op de temperatuur in een ruimte door het afvlakken van temperatuurpieken en een vertragend effect in de tijd. (Bron: Buildwise)*

Wat verstaan we onder toegankelijke of bereikbare thermische massa? Materialen met veel gewicht (minstens 100 kg/m<sup>2</sup>), een hoge warmtecapaciteit en goed geleidend. En die zich aan de binnenzijde (eerste 5 à 10 cm) van een constructie bevinden.

Door voorzetwandjes of binnenisolatie te plaatsen verliezen muren uit zware, massieve materialen (volle baksteen, betonsteen, kalkzandsteen...) hun thermische massa. Net zoals massieve vloeren met tapijt of een houten vloerbekleding.



*Bereikbare thermische massa in een ruimte. (Bron: Buildwise)*

Dat een gebouw trager opwarmt en afkoelt, kan zowel een voor- als een nadeel zijn.

In ruimtes die je maar sporadisch verwarmt, ben je niet gebaat bij een lange opwarmtijd.

In de zomer neemt de massa overdag warmte op en vlakkt zo de temperatuurpieken af. Maar 's nachts zal ze die opgeslagen warmte ook weer afgeven. Dat is op warme zomerdagen niet aangenaam in de slaapkamer, tenzij je de hele nacht intensief kunt ventileren.

## Vermijd een te hoge luchtvochtigheid

De luchtvochtigheid bepaalt mee het thermisch comfort in een ruimte. De **relatieve vochtigheid** (RV) in een ruimte, uitgedrukt in %, is de verhouding tussen de hoeveelheid vocht in de lucht bij een bepaalde temperatuur en de maximale hoeveelheid vocht die de lucht bij die temperatuur kan bevatten.

Een luchtvochtigheid van meer dan 60% voelt onbehaaglijk als het warm is of als je fysieke inspanningen levert. 'Heat stress', heet dit. Bovendien zorgt te veel vocht voor condensatie en schimmel. Schimmels hebben een negatieve impact op de kwaliteit van de binnenlucht en kunnen aanleiding geven tot [gezondheidsproblemen](#) (allergische reacties, irritatie en ontsteking van de luchtwegen ...).

Meer over de invloed van de RV op de gebouwschil lees je in de fiche ['Wind- en luchtdicht bouwen'](#).

Vocht kan komen van menselijke activiteiten, maar evengoed van gebreken aan de gebouwschil (opstijgend vocht, een lek in een leiding of in een goot ...). Een vochtprobleem pak je best zo snel mogelijk bij de bron aan: laat die lekkende goot herstellen, injecteer de muren. Ventileer om het vocht en andere schadelijke stoffen naar buiten af te voeren.

## Invloed van het warmteafgiftesysteem op ons thermisch comfort

De keuze van je warmteafgiftesysteem heeft een impact op het thermisch comfort van je woning. Kies best een warmteafgiftesysteem op **zeer lage temperatuur**, zoals ventilo-convectoren, vloer-, wand- of plafondverwarming. Hogere warmteafgifte temperaturen doen de warme lucht sneller stijgen. Bij lagere watertemperaturen wordt de warmte gelijkmatiger verdeeld over de ruimte.

**Warmteafgiftesystemen op zeer lage temperatuur zorgen dan ook voor een hoger thermisch comfort.**

Bovendien is het een toekomstgerichte keuze, want je kan later eventueel aansluiten op een warmtepomp of warmtenet. Ze zorgen ook voor een hoger rendement van je centrale verwarmingsinstallatie

### Stralingsverwarming versus convectieverwarming

De geproduceerde warmte van een verwarmingsinstallatie wordt voornamelijk overgedragen door straling en convectie. Bij straling gaat het om rechtstreekse energieoverdracht, bij convectie wordt eerst de lucht opgewarmd die op zijn beurt de warmte afgeeft aan de gebruiker.

De term **stralingsverwarming** gebruiken we bij **afgiftesystemen waarbij de warmteoverdracht hoofdzakelijk via straling plaatsvindt** en dus in mindere mate via convectie.

Dit is zowel het geval bij sommige **warmteafgiftesystemen op lage temperatuur** (vloer-, wand- en plafondverwarming) als bij accumulatiekachels (tegel- en speksteenkachels) die op hogere temperatuur werken. Maar ook bij zogenaamde 'infraroodverwarming', een vorm van directe elektrische verwarming, gebeurt de warmteoverdracht hoofdzakelijk via straling. Infraroodpanelen gaan echter gepaard met een hoog elektriciteitsverbruik. Niet elke vorm van stralingsverwarming is dus een duurzame keuze.

Bij radiatoren gebeurt de warmteoverdracht zowel via straling als convectie. Convectoren en luchtverwarmingssystemen werken met convectie.

De klassieke radiatoren en convectoren zijn geen toekomstgerichte keuze. Ze zijn immers niet geschikt voor verwarmingssystemen op zeer lage temperatuur, in tegenstelling tot ventilo-convectoren.

De stralingswarmte van een kachel of radiatoren op hoge temperatuur kan comfort- en energiewinst opleveren in minder goed geïsoleerde woningen. Maar in goed geïsoleerde woningen met weinig warmteverliezen biedt stralingswarmte weinig meerwaarde omdat je de volledige woning gemakkelijk continu op een comfortabele temperatuur kan houden.

Bij warmteafgiftesystemen op zeer lage temperatuur ligt de oppervlaktetemperatuur van het afgiftesysteem eigenlijk te laag om een voelbaar comforteffect op vlak van straling te realiseren. Het comfortverschil tussen vloerverwarming, ventilo-convectoren en radiatoren, heeft dan ook andere oorzaken dan straling of convectie.

Kies je voor luchtverwarming, dan verplaats je veel meer lucht dan bij (ventilo-)convectoren en kan de luchtsnelheid onaangenaam voelen.

## Vloer-, wand- en plafondverwarming

Vloer-, wand- en plafondverwarming verdelen de warmte gelijkmatig over de ruimte omdat het afgifteoppervlak zeer groot is. Bovendien ligt **de stralingstemperatuur van de oppervlakken** hoger, waardoor voor hetzelfde thermisch comfort een lagere luchttemperatuur kan ingesteld worden. Dat vertaalt zich in een lager energieverbruik.

We staan een groot deel van de tijd in contact met de vloer, en een hogere oppervlaktetemperatuur bij vloerverwarming voelt in het algemeen comfortabel aan. Ook het feit dat het aan onze voeten warmer is dan op het niveau van ons hoofd, voelt aangenaam. Op voorwaarde dat de oppervlaktetemperatuur van de vloer in leefruimtes niet hoger is dan 29°C, anders krijg je te warme voeten. In een badkamer mag dit 33°C zijn.

Klassieke **natte vloerverwarmingssystemen** - met een dekvloer boven op de buizen – zijn ‘trage’ systemen. Dat komt door hun thermische inertie. Ze reageren dus traag op een plotse extra warmtevraag of -aanbod (bijvoorbeeld door zonnewinsten). Dit laatste vormt geen probleem door het zelfregelend effect: omdat de luchttemperatuur stijgt, wordt het verschil met de vloertemperatuur kleiner en neemt de warmteafgifte van de vloer af. Door deze traagheid moet je natte vloerverwarming als een permanente verwarming beschouwen. De temperatuur 's nachts of bij afwezigheid verlagen, pas je best maar beperkt toe om een te lange opwarmtijd te vermijden. Bij droge vloer- en muurverwarming speelt dit iets minder: de traagheid is er kleiner en je kan verwarmen met hogere watertemperaturen.

Wandverwarming is minder gangbaar dan vloerverwarming. Het kan van pas komen in, bijvoorbeeld, een badkamer of douchecel met weinig vloeroppervlakte. De oppervlaktetemperatuur van wandverwarming kan hoger liggen dan bij vloerverwarming, maar boven de 40°C is niet meer comfortabel.

Plafondverwarming is vandaag nog eerder uitzonderlijk in woningen. Toch biedt het wel wat mogelijkheden op vlak van koeling (zie verder). Deze oplossing is voorbehouden aan zeer goed geïsoleerde gebouwen.

Meer over de **voorwaarden voor het thermisch comfort bij een (zeer) lage temperatuurverwarming, zoals het beperken van de warmte vraag en de afmetingen van de verwarmingselementen?** Dat lees je in de fiche over ['Verwarmingssystemen op lage en zeer lage temperatuur'](#)

## Invloed van koeling op ons thermisch comfort

De eerste stap om het risico op oververhitting in de zomer te beperken, is het nemen van bouwkundige maatregelen. Volstaan die niet, dan kan je actief of passief koelen.

Kies waar mogelijk voor **passieve koeling**. Bij een **mechanisch ventilatiesysteem (systeem D)** kan dit met adiabatische koeling of door een bodemwarmtewisselaar aan te sluiten op de toevoerlucht. Passieve koeling met een warmtepomp kan enkel met een **bodem-waterwarmtepomp**. **Actieve koeling** kan zowel met een **lucht-water-** als **een lucht-luchtwarmtepomp**.

Koelen via het ventilatiesysteem D heeft een beperkte invloed op je comfort. Alleen als je sterk inzet op zonwering en nachtventilatie is het effect ook voelbaar.

Zowel met een bodem-water warmtepomp (passief) als met een lucht-water warmtepomp (actief) kan je aan **topkoeling** doen. De minimum watertemperatuur in je centrale verwarming is dan 17 à 18°C. Hiermee loop je geen risico op condensatie op je vloeren of wanden bij vloer- of wandverwarming, of op je ventilo-convectoren. Met topkoeling kan je de temperatuur in de woning enkele graden laten dalen. Dit volstaat in de meeste woningen voor een aangenaam binnenklimaat, voor de meeste bewoners.



Met **plafondverwarming** kan je de grootste temperatuurdaling realiseren. Maar plafondverwarming raden we enkel aan in zeer goed geïsoleerde gebouwen, uitgerust met drievoudige beglazing, om het thermisch comfort in de winter te garanderen.

Met een lucht-waterwarmtepomp in combinatie met ventilo-convectoren kan je aan **hoge temperatuurkoeling** doen. De watertemperatuur is dan 6 à 18 °C. Het koelvermogen is drie keer hoger dan bij topkoeling. Je moet dan wel condensafvoer voorzien op je ventilo-convectoren en alle leidingen en collectoren isoleren.

Een lucht-lucht warmtepomp kan snel en meer koelen dan een lucht-waterwarmtepomp. Maar ze verbruikt dan ook meer energie. De lucht-luchtwarmtepomp haalt het vocht uit de lucht bij het koelen, wat zorgt voor een aangenamer binnenklimaat in de zomer. Alleen als je de temperatuur te sterk laat dalen in verhouding tot de buitentemperatuur, kan dit oncomfortabel aanvoelen.

**Een mobiele airco is geen goed idee.** Want een mobiele airco is productie- en afgiftetoestel in één: de condensor staat in de te koelen ruimte en dus moet de warmte van het toestel naar buiten afgevoerd worden. Meestal gebeurt dit via een buis door een open raam. Waardoor er langs daar weer warme lucht binnen komt. Bovendien zorgt het aircotoestel voor mogelijk geluidsoverlast in de te koelen ruimte.

Meer over koeling vind je op de infoches ['Koelen'](#) en ['Koelen met een warmtepomp'](#).

## Er is niet één 'beste oplossing'...

De keuze voor een technische installatie (verwarming, koeling, ventilatie) heeft een impact op het thermisch comfort van je woning. Maar er is niet iets als een 'beste' oplossing: elke keuze heeft voor- en nadelen en moet afgetoetst worden aan andere bouwparameters. Zoals het gebruik van de ruimte. Zo ben je in ruimtes die je slechts af en toe wil verwarmen niet gebaat met een traag verwarmingssysteem, ook al is dat in veel andere situaties het systeem dat het grootste thermische comfort oplevert.

## Bronnen

- Dialoog vzw
- Plan van eisen m.b.t. het thermisch comfort van gebouwen (Luc François (Buildwise), 2012, IWT-VIS traject [Smart Geotherm](#))
- Lage-temperatuurverwarming wordt de standaard (Buildwise-dossier 4/2009)
- Presentatie zomercomfort in scholen (Hilde Breesch)