

DUURZAME KOELING

AFGIFTESYSTEMEN



THOMAS
MORE

 Buildwise

 University of Antwerp
Faculty of Applied
Engineering

www.duurzamekoeling.be

INHOUDSTAFEL

01

KLIMAATVLOER

Installatiemogelijkheden	1
Randvoorwaarden	1
Toepassingsgebieden	5

KLIMAATPLAFOND

Installatiemogelijkheden	7
Randvoorwaarden	7
Toepassingsgebieden	8

02

03

KLIMAATWAND

Installatiemogelijkheden	9
Randvoorwaarden	9
Toepassingsgebieden	9

VENTILOCONVECTOREN

Niet-condenserende ventiloconvectoren	10
Condenserende ventiloconvectoren	10
Installatiemogelijkheden	10
Toepassingsgebied	12

04

05

RADIATOREN

13

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

@2023

Inhoud

1	Klimaatvloer	1
1.1	Installatiemogelijkheden	1
1.2	Randvoorwaarden	2
1.3	Toepassingsgebied	6
2	Klimaatplafond	7
2.1	Installatiemogelijkheden	7
2.2	Randvoorwaarden	7
2.3	Toepassingsgebied	8
3	Klimaatwand	9
3.1	Installatiemogelijkheden	9
3.2	Randvoorwaarden	9
3.3	Toepassingsgebied	9
4	Ventiloconvectoren	10
4.1	Niet-condenserende ventiloconvectoren	10
4.2	Condenserende ventiloconvectoren	10
4.3	Installatiemogelijkheden	10
4.4	Toepassingsgebied	12
5	Radiatoren	13
	Overzicht	14
	Voorbeeld 1: Slaapkamer	15
	Voorbeeld 2: Leefruimte	16
	Figuren	17
	Bibliografie	18

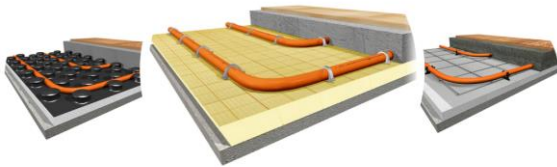
1 Klimaatvloer

Bij een klimaatvloer zitten de leidingen in de vloeropbouw ingewerkt. Door de leidingen wordt water gestuurd waarmee we afhankelijk van de aanvoertemperatuur de woning kunnen koelen of verwarmen. Er bestaan verschillende systemen wat ervoor zorgt dat vloerkoeling/verwarming in elke woning toegepast kan worden. Zowel in nieuwbouw als renovatie.

1.1 Installatiemogelijkheden

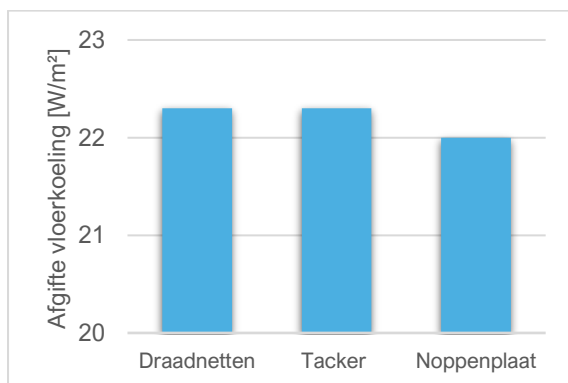
1.1.1 Nat systeem

Bij het natte systeem liggen de leidingen op de isolatie en in de chape. Het tackersysteem, draadnetten en noppenplaten zijn de meest bekende installatiesystemen volgens het natte principe. Het is een traag systeem dat gebruik maakt van de thermische massa van de vloeropbouw.



Figuur 1: Noppen - Tacker – Netten (Bron: Radson)

In het onderzoeksproject Scools is door middel van metingen aangetoond dat de verschillende montage-mogelijkheden van natte systemen weinig tot geen invloed hebben op de koelafgifte.

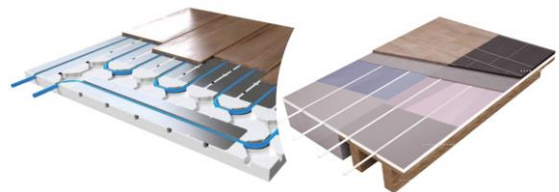


Figuur 2: Vergelijking afgifte natte systemen (Bron: Scools)

1.1.2 Droog systeem

Naast het natte systeem bestaat ook nog het droge systeem. Het droge systeem wordt gebruikt wanneer er geen chape geplaatst kan worden door bijvoorbeeld een gewichtsbepanking, of wanneer de hoogte van de vloeropbouw zeer beperkt is. Er zijn veel verschillende varianten, maar vaak is een beperkte isolatie inbegrepen en wordt gebruik gemaakt van ijzeren platen of goede thermisch geleidende elementen om de warmte zo efficiënt mogelijk te verspreiden.

Dit systeem bereikt snel de gewenste temperatuur doordat er weinig weerstand is. Er is weinig tot geen thermische massa die eerst opgewarmd moet worden. Het is een systeem dat snel kan worden geïnstalleerd en opgestart. Daarnaast kan het eenvoudig gedemonteerd worden waardoor hergebruik mogelijk wordt.



Figuur 3: Droog systeem (Bron: Climaconcept)

1.1.3 Infrezen

Naast het natte en droge systeem is het ook mogelijk om de leidingen in te frezen in de bestaande dekvloer. Dit wordt vooral toegepast bij renovaties waarbij men niet de hele vloeropbouw wil vernieuwen. Het plaatsen van vloerisolatie is aldus niet mogelijk. Een freesmachine maakt sleuven in de dekvloer volgens het legpatroon. Daarna worden de leidingen in de sleuven gelegd. Het is niet noodzakelijk om een nieuwe dekvloer te plaatsen maar een nieuwe afwerking wel.



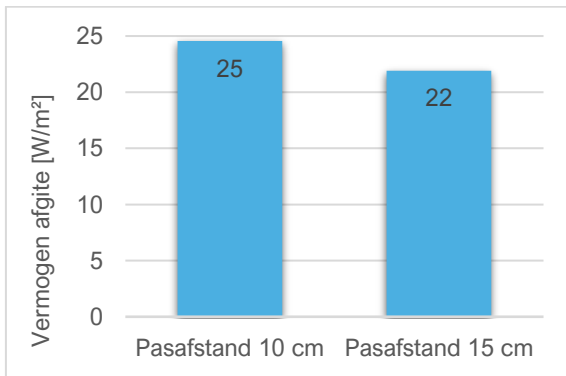
Figuur 4: Infrezen (bron: Climaconcept)

1.2 Randvoorwaarden

1.2.1 Pasafstand

De pasafstand is de hart tot hart afstand tussen de leidingen in het legpatroon. De afstand wordt bepaald door het vermogen dat gevraagd is in een ruimte. De meest gebruikte pasafstanden zijn 10, 15 of 20 cm.

Door het verkleinen van de pasafstand van 15 naar 10 cm kan de koelafgifte per m² verhoogd worden met 14%. De verwarmingsafgifte volgt dezelfde trend met 17%.



Figuur 5: Koelvermogen i.f.v. pasafstand bij 17/20/24

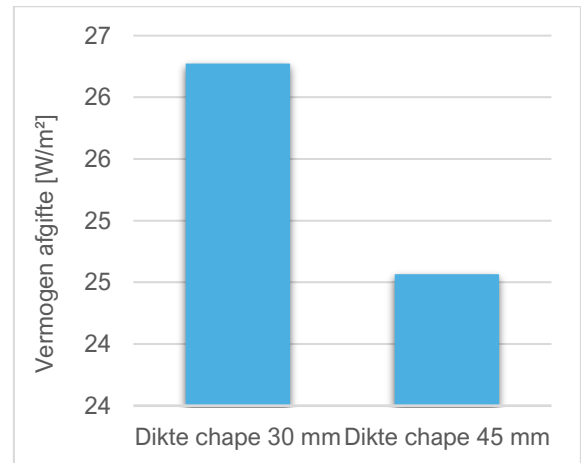
Dit geeft de mogelijkheid om voor eenzelfde afgiftevermogen, een hogere watertemperatuur toe te passen, waardoor de EER (Energy Efficiency Ratio) van de warmtepomp verhoogt. Daarnaast heeft een kleinere pasafstand het voordeel dat de oppervlaktetemperatuur gelijkmatiger verdeeld is.

1.2.2 Chape dikte

De dikte van de chape heeft ook een grote invloed. Dat is zeker te merken bij het verschil tussen het natte en droge systeem. Het natte systeem gebruikt de chape als thermische massa. Zo zal een nat systeem veel trager reageren dan een droog systeem.

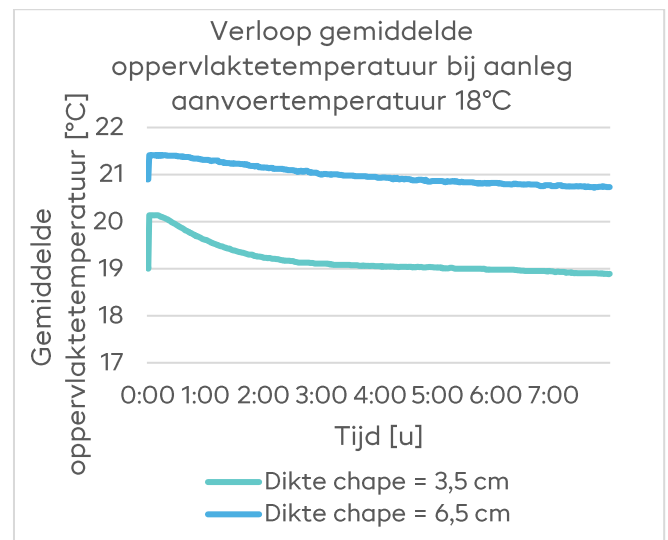
Uit berekeningen (Figuur 6) kan men aantonen dat het afgiftevermogen bij koeling daalt wanneer de chapedikte toeneemt. De chapedikte in Figuur 6 en Figuur 7 is de dikte van de chape die boven de leidingen geplaatst is. Voor klimaatvloeren wordt er een chapedikte van minimaal 5 cm boven aangeraden, maar

door het gebruik van een anhydrietchape kan dit aanzienlijk verminderd worden.



Figuur 6: Koelvermogen i.f.v. chapedikte bij 17/20/24

Tijdens metingen is de reactiesnelheid gemeten van de gemiddelde oppervlaktetemperatuur. Hierbij werd de temperatuur op het vloeroppervlak gemeten rechtstreeks boven de buizen en middenin tussen de 2 buizen bij het aanleggen van een aanvoertemperatuur van 18 °C. Dit zowel bij een vloeropbouw met een chapedikte van 35 mm als een chapedikte van 65 mm.



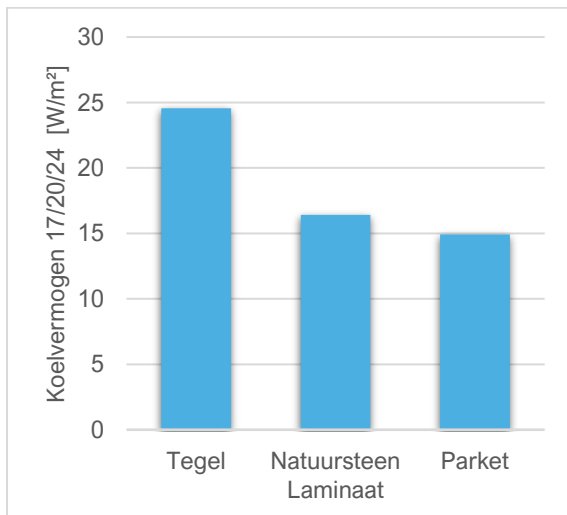
Figuur 7: Metingen reactiesnelheid oppervlaktetemperatuur

Bij een chapedikte van 3,5 cm daalt de oppervlaktetemperatuur sneller en ook verder dan bij de vloeropbouw met chapedikte 6,5 cm. Dit komt door de extra weerstand die de chape met zich meebrengt waardoor het afgiftevermogen daalt.

1.2.3 Vloerafwerking

Ook de vloerafwerking heeft invloed op de afgifte van de vloerkoeling. Tegels hebben nagenoeg geen thermische weerstand ($R=0 \text{ m}^2\text{K/W}$) waardoor ze warmte en koude goed doorlaten en dus ideaal te combineren zijn met een klimaatvloer. Laminaat en natuursteen hebben een kleine weerstand ($R=0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$) en parket een grote weerstand ($R=0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$). Hierdoor wordt er vaak een beperking opgelegd bij het gebruik van vloerverwarming in combinatie met parket.

De berekeningen tonen aan dat bij laminaat en natuursteen het afgiftevermogen in koeling zo'n 34% daalt bij gebruik van laminaat en natuursteen en bij parket 39%.



Figuur 8: Invloed vloerafwerking op koelvermogen bij 17/20/24

Het gebruik van parket in combinatie met vloerkoeling is mogelijk. Er moet wel rekening gehouden worden met de vochtigheid en temperatuur. Deze blijven best zo constant mogelijk. Algemeen aangenomen blijft de relatieve vochtigheid best tussen de 30 en 60%. De 60% vochtigheid mag tijdelijk worden overschreden door een vochtpiek of tijdelijk lagere temperatuur maar het daggemiddelde zou onder de 60% relatieve vochtigheid moeten liggen. In de praktijkmetingen zien wij echter dat de gemiddeldes in zomerperiodes tussen de 55 en 75% RV liggen.

Wanneer de relatieve vochtigheid buiten deze grenzen treedt zal het parket beginnen krimpen of uitzetten waardoor er vervorming optreedt.

Doordat parket een hoge weerstand heeft betekent dit, bij koeling, dat de temperatuur onder het parket nog kouder is dan de oppervlaktetemperatuur. Ook onder het parket is het belangrijk om condensatie te vermijden.

1.2.4 Oppervlaktetemperatuur

De oppervlaktetemperatuur is een belangrijk aspect bij het ontwerpen van de vloerverwarming/koeling. Er moet zowel rekening gehouden worden met de minimum oppervlaktetemperatuur bij koeling als de maximum oppervlaktetemperatuur bij verwarming.

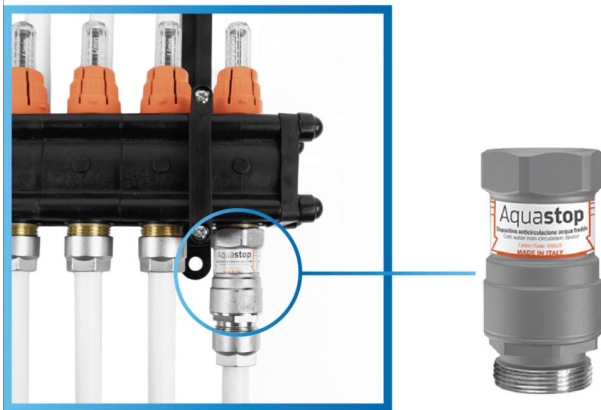
De minimum oppervlaktetemperatuur voor vloerkoeling wordt aanbevolen op 19 °C. Als de oppervlaktetemperatuur onder 19 °C daalt is de kans groot dat er condensatie ontstaat. Wil men toch werken met lagere temperaturen, dan kan men gebruik maken van een dauwpuntregeling.

De dauwpuntregeling bepaalt aan de hand van de gemeten ruimtetemperatuur en relatieve vochtigheid de dauwpunttemperatuur. Daarnaast wordt ook op de collector, of zelfs in de vloer, de temperatuur gemeten. Aan de hand van deze metingen zal de regelaar de aanvoertemperatuur zo instellen dat deze steeds boven de dauwpunttemperatuur blijft om zo condens te vermijden.

Belangrijk bij een dauwpuntregeling is dat er rekening gehouden wordt met de vochtige ruimtes. Hier liggen de dauwpunttemperaturen veel hoger dan in de droge ruimtes.

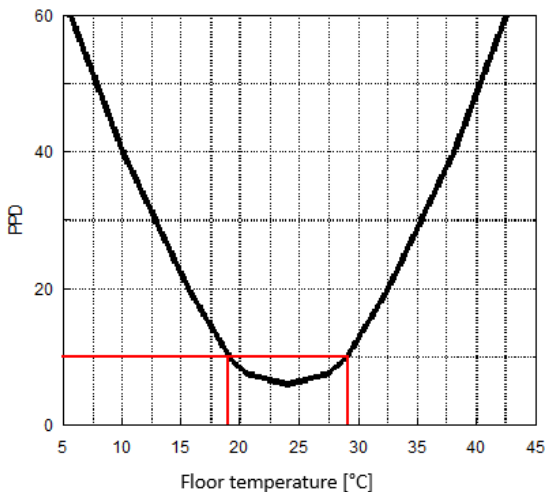
Ofwel dienen deze een aparte meting te hebben, ofwel moet de kring in bv. de badkamer sluiten. Hier is dan in het koelseizoen geen koeling aanwezig. Dit kan manueel door de kring handmatig te sluiten en terug te openen in het najaar. Hier bestaan ook thermostatische kleppen voor. De klep sluit je aan op de toevoer van de kring. Wanneer de aanvoertemperatuur

onder de 19 °C daalt, zal de klep sluiten waardoor de vochtige ruimte niet meer gekoeld wordt.



Figuur 9: Aquastop (Bron: Begetube)

Figuur 10 toont aan dat bij een vloertemperatuur van 19-29 °C slechts 10% van de aanwezigen ontevreden is.

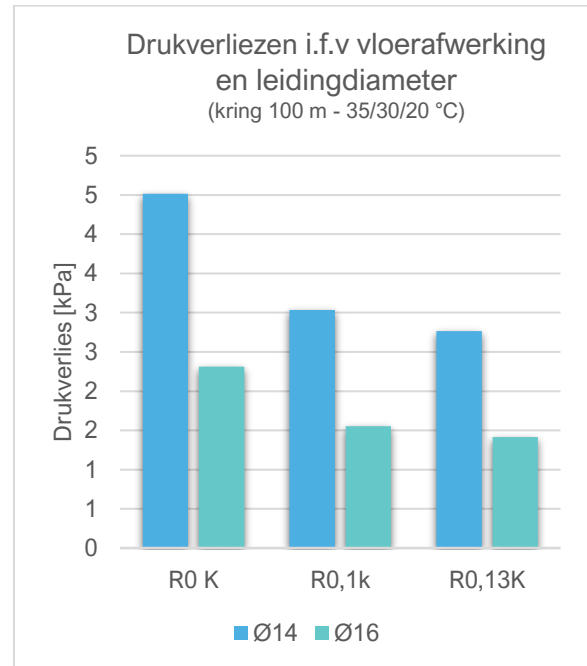


Figuur 10: PPD i.f.v. vloertemperatuur (Bron: Buildwise)

1.2.5 Drukverlies

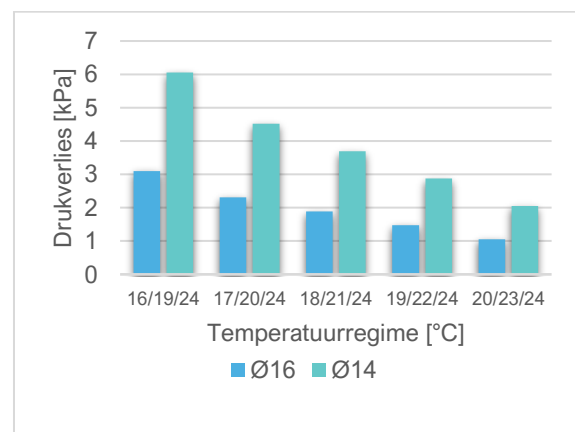
Wanneer het afgiftevermogen per lopende meter buis toeneemt (bij eenzelfde diameter buis), neemt ook het drukverlies toe. Dit wil zeggen dat de vorige besproken puntjes ook invloed hebben op het drukverlies.

Omdat het afgiftevermogen lager ligt bij parket ten opzichte van een keramische tegel, daalt ook het drukverlies. Door de pasafstand te vergroten, verhoog je het afgiftevermogen per meter waardoor het drukverlies ook toeneemt.



Figuur 11: Drukverliezen i.f.v. vloerafwerking en leidingdiameter

Het drukverlies neemt af bij het vergroten van de leidingdiameter omwille van de lagere snelheid. Daarnaast heeft ook het temperatuurregime een grote impact op het drukverlies. Hoe groter het verschil is tussen de gemiddelde watertemperatuur en de ruimtetemperatuur, hoe groter het afgiftevermogen en dus ook het drukverlies.

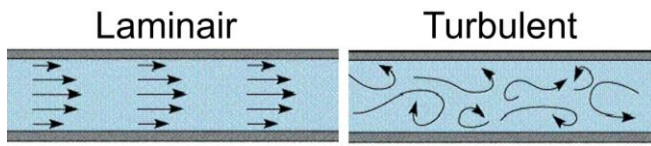


Figuur 12: Drukverlies per 100 m leiding i.f.v. temperatuurregimes

1.2.6 Minimaal debiet

In een klimaatvloer willen we steeds een turbulente stroming bereiken. De turbulente stroming zorgt ervoor dat alle waterdeeltjes met het afgifteoppervlak (wand van de buis) contact maken waardoor de warmteafgifte verhoogt. Bij een laminaire stroming stromen de deeltjes in één lijn door de buis waardoor

enkel de buitenste waterdeeltjes contact maken met het afgifteoppervlak.



Figuur 13: Laminaire vs. turbulente stroming (Bron: Platform Piping Design)

Om een turbulente stroming te bereiken moeten we ofwel werken met een grote diameter leiding of een voldoende grote snelheid. Wanneer een korte kring en een laag temperatuurregime toegepast zijn, bestaat het risico dat er een laminaire stroming ontstaat. Dit resulteert in een verminderde efficiëntie van de warmteoverdracht.

Aangezien we beperkt zijn in de maten van de leiding en we liefst een zo laag mogelijk temperatuurregime gebruiken omwille van de efficiëntie van de opwekking, kunnen we enkel nog spelen met het debiet. In Figuur 14 zijn enkele leidingdiameters weergegeven met hun bijhorende minimaal debiet om een turbulente stroming te verkrijgen.

Diameter leiding	Minimaal debiet [l/min]
Ø 14	1,4
Ø 16	1,7
Ø 18	2

Figuur 14: Minimaal debiet voor turbulente stroming

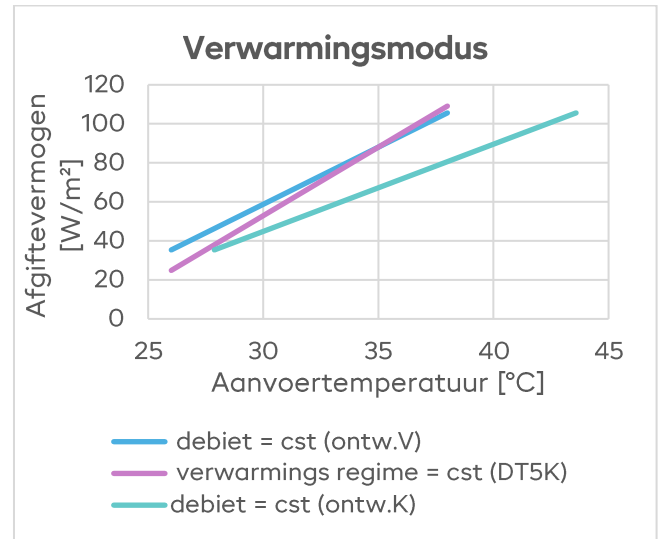
1.2.7 Dimensionering

Het dimensioneren van een klimaatvloer op basis van verwarmingsbehoeften komt ten goede aan de efficiëntie van de vloerkoeling.

Hieronder zien we het verschil tussen het dimensioneren van het systeem met een vast debiet voor verwarming, een vast debiet voor koeling en een vast temperatuurregime.

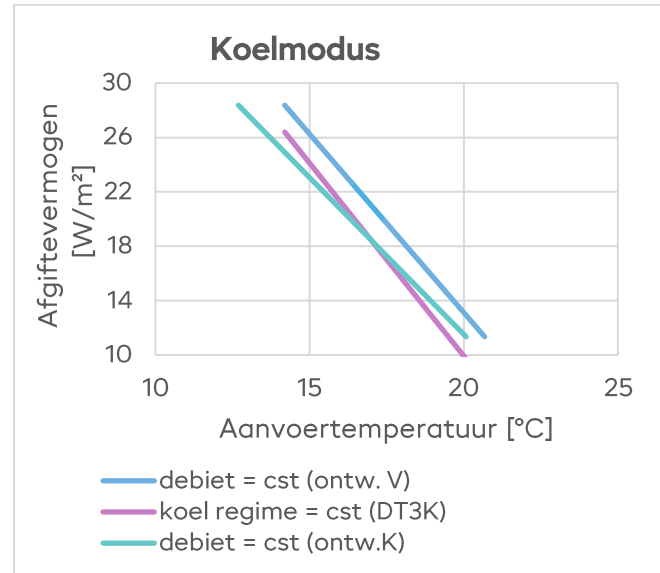
In verwarmingsmodus ligt het afgiftevermogen bij een dimensionering op basis van verwarming met constant debiet het hoogste. Bij een dimensionering met een vast temperatuurregime ($\Delta T = 5K$) ligt de grafiek steiler. Bij aanvoertemperaturen hoger dan het

ontwerppunt (35 °C) zal het afgiftevermogen hoger liggen. De stooklijn kan in dit geval wat vlakker ingesteld worden.



Figuur 15: Afgiftevermogen i.f.v. aanvoertemperatuur in verwarmingsmodus

In koelmodus keert hetzelfde effect terug. Ook hier zorgt de dimensionering op basis van een constant debiet voor verwarming voor de hoogste afgifte.



Figuur 16: Afgiftevermogen i.f.v. aanvoertemperatuur in koelmodus

Hieruit kunnen we besluiten dat wanneer er met een vast debiet gewerkt wordt het hele jaar door, best het ontwerpdebiet van de verwarmingsmodus neemt. Het afgiftevermogen in verwarmingsmodus en koelmodus is dan steeds het hoogste. Als we het ontwerpdebiet voor koeling zouden nemen,

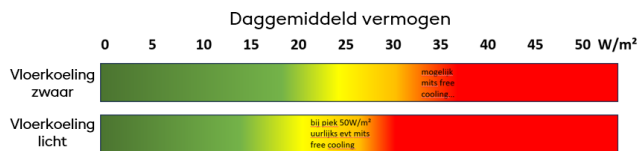
komen we in verwarmingsmodus te kort aan vermogen.

Daarnaast zie je ook nog het ontwerp waar het temperatuurregime constant wordt gehouden. Deze grafiek ligt iets steiler ten opzichte van het ontwerp met een vast debiet. Hieruit kunnen we besluiten dat wanneer we een installatie hebben met een constant temperatuurregime, we de stooklijn iets vlakker moeten instellen ten opzichte van een installatie met een constant debiet.

1.3 Toepassingsgebied

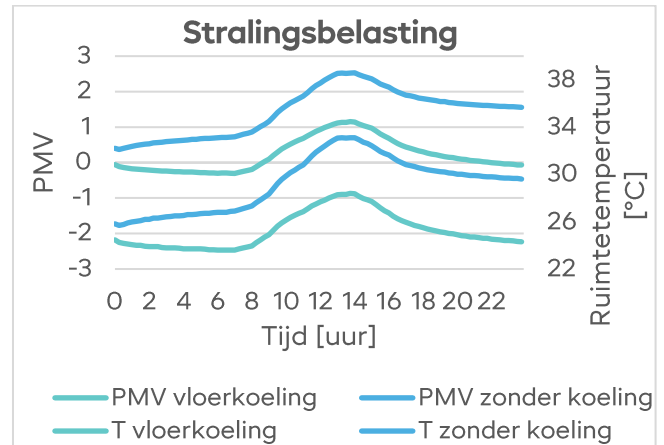
Een klimaatvloer kan, door de uitgebreide keuze aan installatiemogelijkheden, eenvoudig in goed geïsoleerde woningen toegepast worden. Toch heeft een klimaatvloer ook zijn beperkingen.

Een klimaatvloer heeft zo'n 15-40 W/m² koelvermogen afhankelijk van het type en de reeds beschreven randvoorwaarden. Het totale koelvermogen wordt beperkt door het te gebruiken vloeroppervlak. Uit de koellastberekening kan het daggemiddelde vermogen berekend worden. Op basis van deze waarde kan je zien of vloerkoeling geschikt is om alleen in te staan voor de koellast. In de simulaties (Figuur 17) is zichtbaar dat wanneer het daggemiddelde vermogen in het groene gebied ligt dat er een goed comfort behaald kan worden, in het rood gebied behaald de vloerkoeling geen comfort.



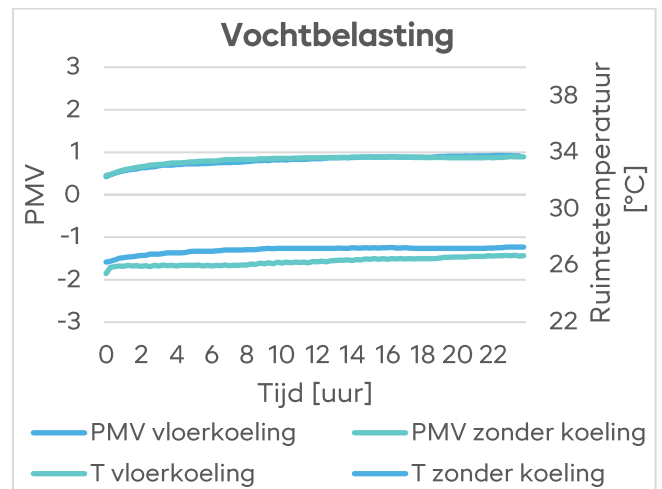
Figuur 17: Toepassing vloerkoeling i.f.v. daggemiddelde vermogen

De metingen tonen aan dat wanneer de woning voornamelijk belast wordt door straling, een klimaatvloer aangeraden is. De koeling houdt de stralingsbelasting goed onder controle.



Figuur 18: PMV en ruimtetemperatuur vloerkoeling bij stralingsbelasting

Als de warmte in de woning voornamelijk ontstaat door een vochtbelasting, zien we dat vloerkoeling minder effect heeft dan bij een stralingsbelasting. De temperatuur daalt lichtjes maar de PMV (zie gids: Waarom koelen?) blijft hoog omwille van de hoge vochtigheid die niet afgedreven kan worden met vloerkoeling.



Figuur 19: PMV en ruimtetemperatuur vloerkoeling bij vochtbelasting

2 Klimaatplafond

Bij een klimaatplafond zijn er aan de onderzijde van het plafond, leidingen in een legpatroon voorzien. Door deze leidingen wordt warm of koud water gestuurd afhankelijk of men wil verwarmen of koelen.

2.1 Installatiemogelijkheden

Bij het natte systeem worden er profielen tegen het plafond bevestigd. De leidingen worden in de profielen geduwd waardoor ze vastklemmen waarna er een eerste pleisterlaag wordt aangebracht. Na wapening kan de tweede pleisterlaag aangebracht worden, zodat scheuren vermeden worden.



Figuur 20: Nat klimaatplafond (Bron: Climaconcept)

Het droge systeem kan op verschillende manieren uitgevoerd worden. Er bestaan profielen waar de leidingen in vastgeklikt kunnen worden of systeemplaten met tandgroef die in elkaar geklikt kunnen worden.

Daarna kan er afgewerkt worden met een afwerkplaat. De keuze daarvan bepaald heel sterk het vermogen, een gipsvezelplaat (bv. Fermacell) geleidt warmte veel beter dan gipskartonplaten (bv. Gyproc).

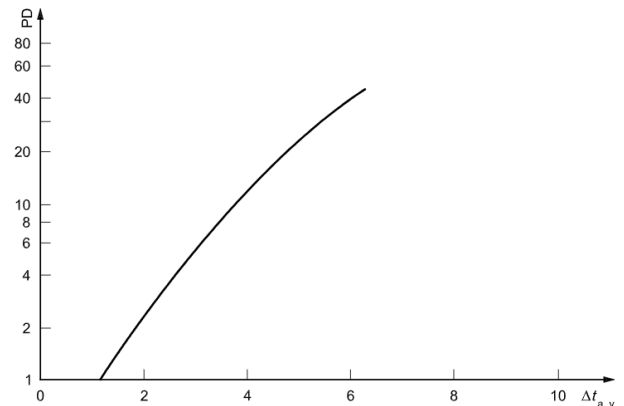


Figuur 21: Droog klimaatplafond (Climaconcept)

2.2 Randvoorwaarden

2.2.1 Verticale temperatuurgradiënt

De verticale temperatuurgradiënt is het verschil tussen de ruimtetemperatuur aan de voet en het hoofd. Wanneer dit verschil te groot wordt, kan dit leiden tot een oncomfortabel gevoel. Om een maximale PPD van 10 % te hebben moet dit verschil beperkt worden tot 4 °C.

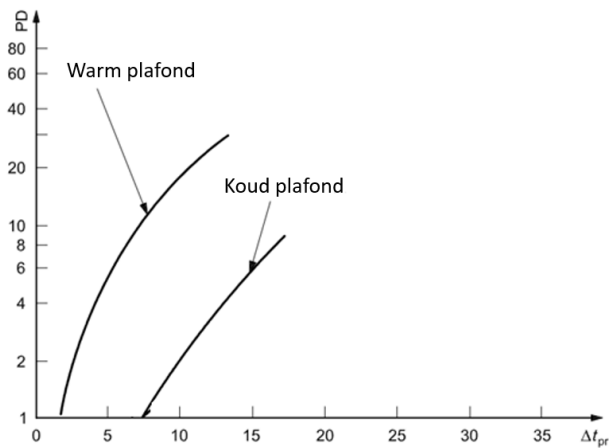


Figuur 22: PPD i.f.v. verticaal temperatuurverschil (Bron: ISO7730)

2.2.2 Stralingsasymmetrie

Stralingsasymmetrie verwijst naar de ongelijke verdeling van warmtestraling in een ruimte. Het treedt op wanneer er grote temperatuurverschillen zijn tussen verschillende oppervlakken in een ruimte. Wanneer dit verschijnsel optreedt kunnen de aanwezige personen een ongemakkelijk gevoel ervaren omdat bepaalde delen van hun lichaam worden blootgesteld aan warmere of koudere stralingsoppervlakken. Dit leidt tot een verstoring van het thermisch comfort.

Uit Figuur 23 kan men besluiten dat een koud plafond minder snel ongemak zal veroorzaken dan een warm plafond.



Figuur 23: PPD i.f.v. stralingsasymmetrie plafond
(Bron: ISO7730)

Het temperatuurverschil bij een koud plafond moet kleiner blijven dan 14 °C om een PPD van max. 10 % te hebben. Bij een warm plafond is dit slechts 5 °C.

2.3 Toepassingsgebied

Doordat de leidingen niet in de dekvloer zitten en dus minder thermische massa hebben is dit systeem veel sneller dan bij vloerkoeling met nat systeem. Het heeft ook een groter afgiftevermogen (25-60 W/m²) omwille van de lage thermische weerstand maar ook omdat plafondkoeling meer gebruik maakt van straling. Daarnaast speelt ook de stralingsasymmetrie mee. Het hoofd bevindt zich hoger in de ruimte waardoor het zich dichterbij het koude oppervlak bevindt. Hierdoor zal dit sneller aangenaam aanvoelen dan bij vloerkoeling. Verwarming met dit systeem is zeker mogelijk, maar er moet rekening gehouden worden met de aanvoertemperatuur. Deze mag niet te hoog zijn zodat stralingsasymmetrie vermeden wordt.

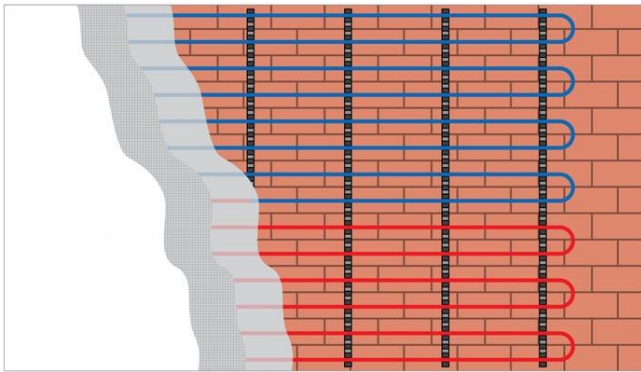
Een klimaatplafond wordt vaak toegepast in kantoren. Voor veel particulieren is het systeem nog steeds onbekend. Daarnaast is het ook duurder dan het plaatsen van een klimaatvloer waardoor de toepassing in residentiële gebouwen eerder beperkt is.

3 Klimaatwand

Een klimaatwand werkt identiek aan vloerkoeling en plafondkoeling. Nu zitten de leidingen verwerkt in de muur in plaats van de vloer of het plafond. Ook bij een klimaatwand spreekt men van natte of droge installaties.

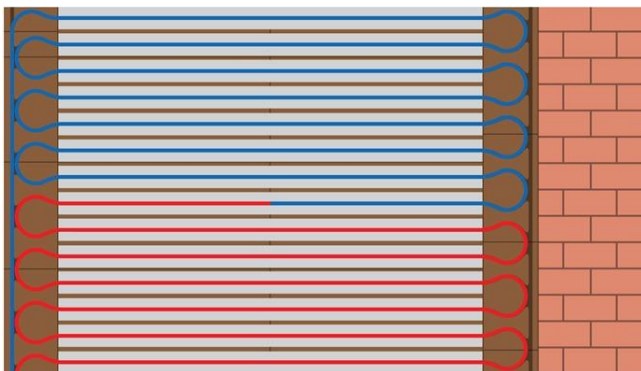
3.1 Installatiemogelijkheden

Bij de natte installatie worden de leidingen op de ruwbouwwand geplaatst. Daarna worden de leidingen bedekt met een dubbele pleisterlaag.



Figuur 24: Natte klimaatwand (Bron: Begetube)

Bij de droge installatie gebruikt men een houten lattenwerk of metalen profielen als basis die tegen de ruwbouwwand bevestigd worden. Daarna worden de systeemplaten bevestigd tegen het kader waar de leidingen eenvoudig ingeklikt kunnen worden. Als laatste kan men de muur afwerken met gipsvezelplaten.



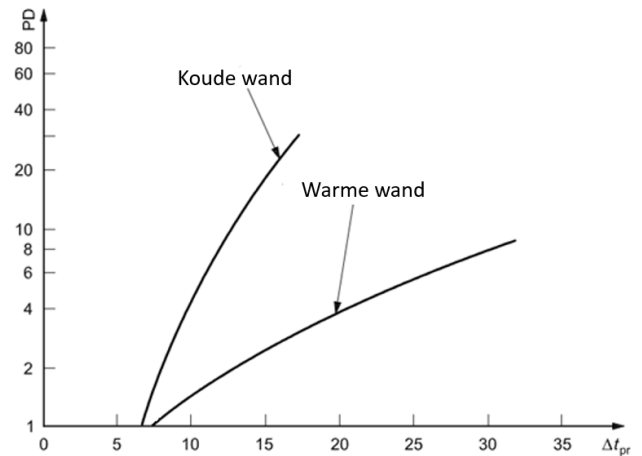
Figuur 25: Droge klimaatwand (Bron: Begetube)

3.2 Randvoorwaarden

3.2.1 Stralingsasymmetrie

Bij klimaatwanden moet men ook opletten voor stralingsasymmetrie. Een koude wand zal sneller ongemak geven dan een warme wand.

Bij een koude wand zou het temperatuurverschil niet groter mogen zijn dan 10 °C. Een warme wand daarentegen mag een temperatuurverschil hebben van 23 °C.



Figuur 26: PPD i.f.v. stralingsasymmetrie wand (Bron: ISO7730)

3.2.2 Oppervlaktetemperatuur

De oppervlaktetemperatuur bij muurverwarming wordt best beperkt tot 30-35 °C. Dit vooral naar veiligheid toe en het vermijden van verbranding van de huid en schade aan de gebruikte materialen. De dauwpunt temperatuur limiteert ook hier de koeling. Condensatie moet ten aller tijde voorkomen worden. Een minimum oppervlaktetemperatuur van 19 °C wordt aangeraden.

3.3 Toepassingsgebied

Een klimaatwand heeft een koelvermogen van ca. 20-50 W/m². Het wordt voornamelijk toegepast in badkamers. Badkamers hebben meestal weinig nuttig bruikbaar vloeroppervlak door de inname van het bad, douche, kasten. Hierdoor is er bij gebruik van een klimaatvloer te weinig afgiftevermogen om de ruimte op de gewenste temperatuur te krijgen. Door de toepassing van een klimaatwand kan er extra vermogen voorzien worden. In andere ruimtes is het vaak moeilijker toepasbaar doordat er vaak meubels tegen muren worden gezet of er eventueel nog kaders etc. bevestigd worden.

4 Ventilconvectoren

4.1 Niet-condenserende ventilconvectoren

Een ventilconvector is een afgiftesysteem dat bestaat uit een warmtewisselaar die uitgerust is met lamellen en ventilatoren. De lucht wordt aangezogen vanuit de ruimte door de ventilconvector. Deze lucht is op kamertemperatuur. De aangezogen lucht bereikt de warmtewisselaar, die gevoed wordt door koud water. De warmtewisselaar neemt de warmte uit de lucht op en geeft het af aan het water. De warmte wordt uit de lucht onttrokken waardoor de lucht afkoelt. Doordat koudere lucht minder weegt dan warmere lucht, heeft het de neiging om naar beneden te zakken. Om dit te vermijden forceren de ventilatoren een luchtstroom naar boven en wordt de koudere lucht door het rooster heen geblazen. De ingeblazen lucht en de lucht op ruimtetemperatuur worden continu gemengd waardoor de ruimtetemperatuur zal afnemen.

De ventilatoren kunnen meestal met een 0-10V signaal of in stappen aangestuurd worden. Door de ventilatoren sneller te laten draaien verhoogt de warmteafgifte. Het nadeel hiervan is dat het geluid ook toeneemt.

Bij een niet condenserende ventilconvector is er geen condensafvoer aanwezig. Hierdoor zal de watertemperatuur steeds boven de 18 °C moeten liggen om condensatie te vermijden.

4.2 Condenserende ventilconvectoren

Als een ventilconvector uitgerust is met een condensafvoer, is lage temperatuur koeling mogelijk. Hierbij ligt de watertemperatuur onder de 18 °C. Een vaak gebruikt regime is 7/12 °C. Wanneer de watertemperatuur daalt onder de dauwpuntstemperatuur, zal het vocht dat in de lucht zit condenseren op de lamellen. De condens kan daarna afgevoerd worden via de condensafvoer.

Lage temperatuur ventilconvectoren hebben grotere afgiftevermogens ten opzichte van

hoge temperatuur ventilconvectoren doordat het verschil tussen de gebruikte watertemperatuur en ruimtetemperatuur groter is. Daarnaast hebben zij ook een hogere invloed op het comfort doordat zij kunnen gaan ontvochtigen door watertemperaturen te gebruiken die onder het dauwpunt liggen.

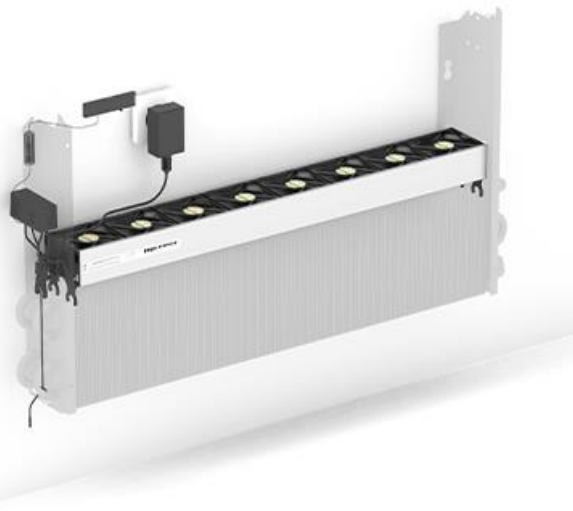
Een aandachtspunt bij het installeren van condenserende ventilconvectoren is het belang van het isoleren van alle leidingen en appendages. Dit moet uitgevoerd worden met een dampdichte isolatie om condensvorming op de leidingen te voorkomen.

Een airco kan qua werking met dit systeem vergeleken worden. Enkel zal er bij de airco een koelmiddel zorgen voor de warmteoverdracht en bij een ventilconvector gebeurt dit aan de hand van water.

4.3 Installatiemogelijkheden

4.3.1 Convector met ventilator-upgrade

Toen koeling nog niet zo van toepassing was, werden er vooral radiatoren en convectoren geplaatst. Deze werden enkel voor verwarming gebruikt. Door de hogere watertemperaturen ontstond er voldoende convectie en waren extra ventilatoren om de natuurlijke convectie te verhogen niet nodig. Nu we met lagere watertemperaturen werken en ook koeling nodig hebben, werden er ventilator-upgrades uitgevonden. Deze set ventilatoren kunnen achteraf in de convector geplaatst worden wat koeling mogelijk maakt. Vraag bij de fabrikant na wat er mogelijk is met het type convector dat er geplaatst is. Bij het plaatsen van de ventilatoren moet er wel een stopcontact in de buurt zijn.



Figuur 27: Convector met ventilator-upgrade

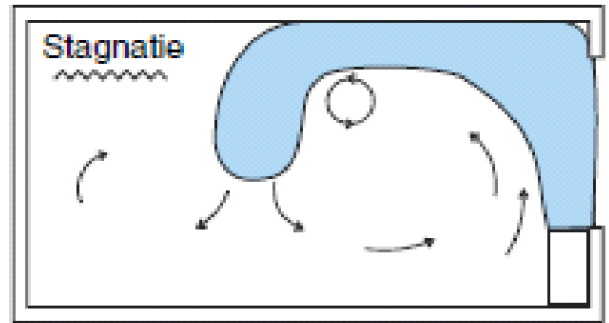
4.3.2 Vloermodel

Ventiloconvectoren bestaan in verschillende modellen. Zo is er het vloermodel, deze hangt onderaan de muur net zoals een radiator.



Figuur 28: Vloermodel

Bij het vloermodel wordt de lucht langs onder aangezogen en blaast deze langs boven uit. Koudere lucht heeft altijd de neiging om naar beneden te zakken. Wanneer de uitblaassnelheid te laag ligt gebeurt dit te vroeg en wordt de koude lucht niet voldoende verspreid en zullen er tochtklachten ontstaan. Een te hoge uitblaassnelheid zorgt ook weer voor tochtverschijnselen doordat de koudere lucht tegen de overstaande muur botst en naar beneden zakt



Figuur 29: Luchtstroming vloermodel (Bron: Clima Construct)

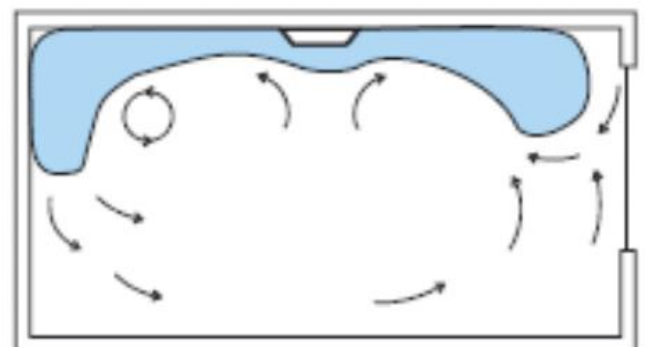
4.3.3 Plafondmodel

Daarnaast heb je ook de mogelijkheid om een cassette in te werken in een vals plafond.



Figuur 30: Plafondmodel

Wanneer de gekoelde lucht uitgeblazen wordt zal deze zich goed verspreiden over de ruimte en een goede menging teweegbrengen. Bij verwarming is het ook hier weer zorgen voor een hogere luchtsnelheid om de menging van de lucht te verkrijgen. Deze roosters worden niet vaak gebruikt in woningen omdat voor deze systemen een vals plafond nodig is.



Figuur 31: Luchtstroming plafondmodel

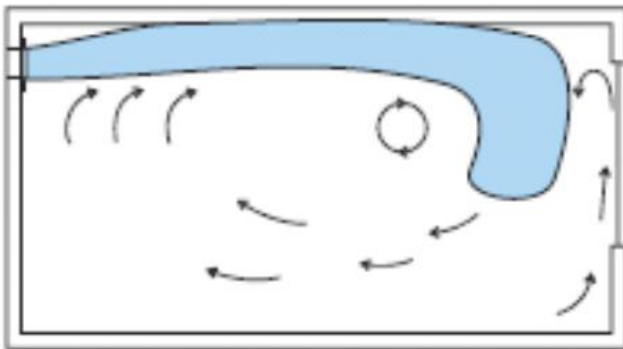
4.3.4 Wandmodel

Er bestaan ook wandmodellen die je hoger op een muur kan hangen.



Figuur 32: Wandmodel

Bij deze roosters geldt hetzelfde principe als bij het vloermodel. Enkel wordt de lucht nu langs boven uitgeblazen. Voor koeling is dit weer een ideale situatie om een goede menging te verkrijgen. Deze modellen zijn meestal voorzien van roosters die ingesteld kunnen worden. Zo kan in functie van verwarming of koeling het rooster naar beneden of naar boven ingesteld worden om voor in beide situaties een goede menging te creëren. De worp moet in beide gevallen goed afgesteld zijn. Buigt de worp te snel af bij het inblazen van koude lucht zal er toch optreden. Is de worp te lang, zal de koude lucht naast de overstaande muur naar beneden komen en ook weer tocht veroorzaken.



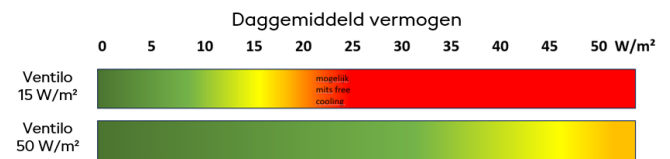
Figuur 33: Luchtstroom wandmodel (Bron: Clima Construct)

4.3.5 Inbouwmodel

Inbouwmodellen bestaan in alle vormen en maten zodat deze kunnen ingewerkt worden in meubels of in vals plafond, waardoor deze niet opvallen in de ruimte. Afhankelijk van de locatie van het uitblaasrooster zien we dezelfde verschijnselen als hierboven omschreven. Belangrijk om op te merken is wel dat er een voldoende groot rooster voorzien wordt voor het aanzuigen en uitblazen van de lucht. Indien de roosters te beperkt zijn, zal er ook geen goede menging ontstaan.

4.4 Toepassingsgebied

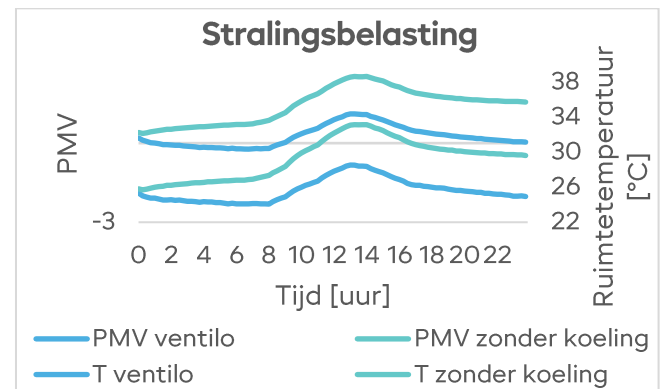
Niet-condenserende ventiloconvectoren kunnen tot zo'n 500 W koelvermogen afgeven. Condenserende ventiloconvectoren kunnen dat vermogen verhogen tot ca. 1500 W doordat ze lagere watertemperaturen kunnen gebruiken. Ook voor het toepassen van ventiloconvectoren kan er gebruik gemaakt worden van het daggemiddelde vermogen die uit de koellastberekening komt om te kijken of een ventiloconvector voldoet in de ruimte.



Figuur 34: Toepassing ventiloconvectoren i.f.v. daggemiddelde vermogen

Simulaties tonen aan (Figuur 34) dat er steeds comfort kan behaald worden door het gebruik van ventiloconvectoren, maar dat er voldoende vermogen voorzien moet zijn. Dit wil zeggen dat men eerder moet kiezen voor een grotere dan kleinere ventiloconvector, waar ook weer plaats voor moet zijn.

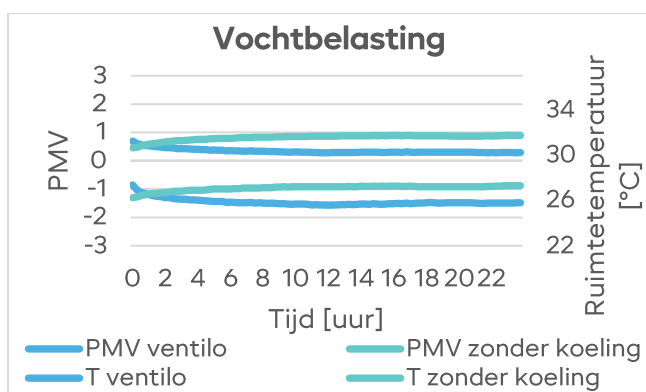
In Figuur 35 zien we dat de invloed van een condenserende ventiloconvector op een stralingsbelasting (bijvoorbeeld zinstraling door ramen) gelijkaardig is aan vloerkoeling.



Figuur 35: PMV en ruimtetemperatuur ventiloconvector bij stralingsbelasting

Het grote verschil merken we echter bij een vochtbelasting (Figuur 36). Dit kan voorkomen wanneer in de woning gewerkt wordt met een recirculatie dampkap waarbij het vrijgekomen

vocht niet rechtstreeks afgevoerd wordt naar buiten, maar in de keuken blijft hangen in combinatie met een algemene hoge relatieve vochtigheid zowel buiten als binnen. Figuur 36 toont aan dat met behulp van koeling onder de dauwpunttemperatuur, het vocht uit de ruimte afgevoerd wordt. Bij gebruik van vloerkoeling daalt de temperatuur, maar de PMV blijft hoog. Bij de condenserende ventiloconvectoren zien we dat de temperatuur sterker afneemt. Maar het belangrijkste, ook de PMV neemt af door het afgedreven vocht, waardoor er een beter comfort bereikt wordt.



Figuur 36: PMV en ruimtetemperatuur ventiloconvector bij vochtbelasting


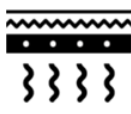





































Ventiloconvectoren hebben een snelle reactietijd waardoor ze direct impact hebben op de ruimtetemperatuur. Door gebruik te maken van ventiloconvectoren met condensafvoer is ontvochtiging mogelijk. In de praktijk moet er voor het gebruik van condenserende ventiloconvectoren steeds een condensafvoer en voeding voor elektriciteit voorzien worden.

5 Radiatoren

Radiatoren worden meestal niet gebruikt om te koelen, maar eerder om een ruimte te verwarmen. Radiatoren werken op basis van het principe van natuurlijke convectie en stralingswarmte, waarbij warm water door de buizen stroomt en warmte afgeeft aan de omringende lucht.

Het is mogelijk om ventilatoren toe te passen op de radiatoren om zo de convectie te verhogen. Maar het afgiftevermogen blijft nog steeds te beperkt. Wanneer koeling nodig is, is het raadzaam om een alternatief te bekijken.

Overzicht

THOMAS MORE						
		Klimaatvloer	Klimaatplafond	Klimaatwand	Ventiloconvector Niet-condenserend	Ventiloconvector Condenserend
	Afgift vermogen	15-25 W/m ²	25-50 W/m ²	25-60 W/m ²	250-500 W	1000-2000 W ¹
	Presentatie laatst opgeslagen: Zojiust					
	Afgift vermogen	40-80 W/m ²	30-55 W/m ²	30-70 W/m ²	200-2000 W	200-2000 W
	Comfort					
	Renovatie					
	Nieuwbouw					
	Reactiesnelheid					
	Geluid					

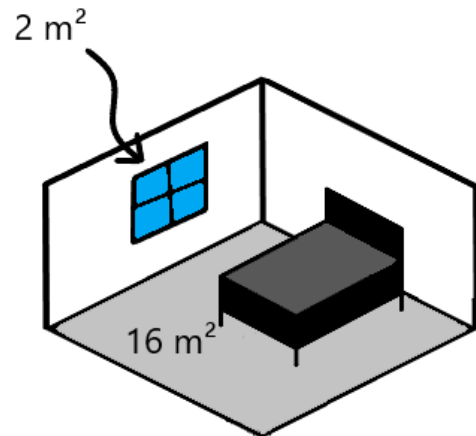
1. Door het gebruik van lage aanvoertemperaturen (7/12°C) kunnen deze hoge afgiftevormogens bereikt worden. Het nadelig gevolg hiervan is dat de EER daalt.

Voorbeeld 1: Slaapkamer

Als eerste voorbeeld nemen we een slaapkamer van 16 m² vloeroppervlakte met een gemiddelde hoogte van 2,5 m. De ruimte is oostelijk gericht. De slaapkamer heeft een raam van 2 m².

Renovatie: Het raam is vervangen door dubbelglas volgens de norm. Er is 6 cm spouwisolatie toegepast in de buitenmuren en het dak is voorzien van 15 cm rotswol isolatie. Er is een koelvraag in de ruimte van 579W. Dit komt neer op 36 W/m².

Nieuwbouw: Woning volgens de EPB-eisen. Er is een koelvraag van 545 W nodig, ofwel 34 W/m².



	Renovatie ¹	Nieuwbouw ²	Afgifte
Koelvraag	579 W (36 W/m²)	545 W (34 W/m²)	
Klimaatvloer (16 m²)	€ 1280	€ 560	400 W
Klimaatwand (11 m²)	Nat	€ 1210	550 W³
	Droog	€ 1980	
Klimaatplafond (16 m²)	Nat	€ 2000	960 W
	Droog	€ 3280	
Ventiloconvector niet-condenserend	€ 1550	€ 1470	600 W
Ventiloconvector condenserend	€ 1278⁴	€ 1188	600 W

Figuur 37: Voorbeeldberekening slaapkamer

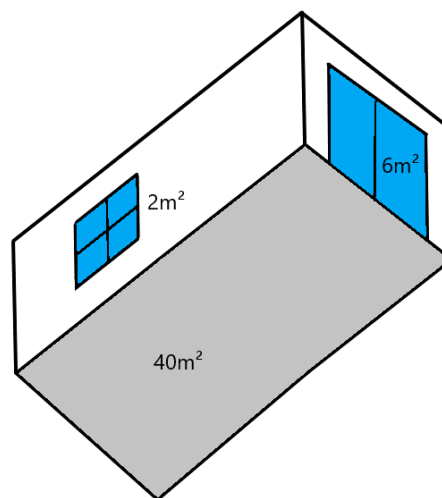
1. Prijzen Renovatie: Infrezen= 40€/m², nieuwe vloer= 40€/m², klimaatwand nat= 85€/m², pleisterwerken wand= 25€/m², klimaatwand droog= 150€/m², afwerking wand gyproc= 30€/m², klimaatplafond nat=100€/m², pleisterwerken plafond= 25€/m², klimaatplafond droog= 150€/m², afwerking plafond gyproc= 55€/m², ventiloconvector niet-condenserend= 2,45 €/W (18/20/24°C), ventiloconvector condenserend= 1,83€/W (7/12/24°C), prijs stopcontact= €80, prijs condensafvoer= €100
2. Prijzen Nieuwbouw: Tacker= 35€/m², klimaatwand nat= 85€/m², klimaatwand droog= 150€/m², klimaatplafond nat=100€/m², klimaatplafond droog= 150€/m², ventiloconvector niet-condenserend= 2,45 €/W (18/20/24°C), ventiloconvector condenserend= 1,83€/W (7/12/24°C), prijs stopcontact= €80, prijs condensafvoer= €50
Afwerking werd hier niet meegeteld omdat er altijd afwerking voorzien moet worden bij nieuwbouw.
3. Er is uitgegaan van één volledige muur die voorzien is van een klimaatwand. Het afgiftevermogen kan vergroot worden door meerdere muren te voorzien van een klimaatwand.
4. Prijs van de condenserende ventiloconvector ligt in dit voorbeeld lager dan de niet-condenserende. Het toestel op zich goedkoper als je naar €/Watt gaat kijken. Maar hou er rekening mee dat er bij een condenserende ventiloconvector nog ingrijpende werken dienen te gebeuren. Niet overal kan eenvoudig een afvoer geplaatst worden en het isoleren van de leidingen van de volledige installatie mag ook niet vergeten worden. Daarnaast zal de EER van de installatie ook dalen omwille van de lagere aanvoertemperaturen.

Voorbeeld 2: Leefruimte

Als tweede voorbeeld nemen we een leefruimte oostelijk gericht met een vloeroppervlakte van 40 m².

Renovatie: Het raam is vervangen door dubbelglas volgens de norm. Er is 6 cm spouwisolatie toegepast in de buitenmuren en het dak is voorzien van 15 cm rotswol isolatie. De koelvraag komt dan op 1206 W. Dit komt neer op 30 W/m². Er is een koelvermogen in de ruimte van 1206 W nodig. Dit komt neer op 30 W/m².

Nieuwbouw: Woning volgens de EPB-eisen. Bij de nieuwbouw leefruimte is er een koelvermogen van 1936 W nodig, ofwel 48 W/m².



	Renovatie ¹	Nieuwbouw ²	Afgifte
Koelvraag	1206 W (30 W/m²)	1936 W (48 W/m²)	
Klimaatvloer (40 m²)	€ 3200	€ 2000	1000 W
Klimaatwand			
Nat	€ 2200	€ 1700	1000 W³
(11 m²)			
Droog	€ 3600	€ 3000	
Klimaatplafond			
Nat	€ 5000	€ 4000	2400 W
(40 m²)			
Droog	€ 8200	€ 6000	
Ventiloconvector niet-condenserend	€ 4980	€ 4940	2000 W
Ventiloconvector condenserend	€ 3840⁴	€3750	2000 W

Figuur 38: Voorbeeldberekening leefruimte

1. Prijzen Renovatie: Infrezen= 40€/m², nieuwe vloer= 40€/m², klimaatwand nat= 85€/m², pleisterwerken wand= 25€/m², klimaatwand droog= 150€/m², afwerking wand gyproc= 30€/m², klimaatplafond nat=100€/m², pleisterwerken plafond= 25€/m², klimaatplafond droog= 150€/m², afwerking plafond gyproc= 55€/m², ventiloconvector niet-condenserend= 2,45 €/W (18/20/24°C), ventiloconvector condenserend= 1,83€/W (7/12/24°C), prijs stopcontact= €80, prijs condensafvoer= €100
2. Prijzen Nieuwbouw: Tacker= 35€/m², klimaatwand nat= 85€/m², klimaatwand droog= 150€/m², klimaatplafond nat=100€/m², klimaatplafond droog= 150€/m², ventiloconvector niet-condenserend= 2,45 €/W (18/20/24°C), ventiloconvector condenserend= 1,83€/W (7/12/24°C), prijs stopcontact= €80, prijs condensafvoer= €50
Afwerking werd hier niet meegeteld omdat er altijd afwerking voorzien moet worden bij nieuwbouw.
3. Er is uitgegaan van één volledige muur die voorzien is van een klimaatwand. Het afgiftevermogen kan vergroot worden door meerdere muren te voorzien van een klimaatwand.
4. Prijs van de condenserende ventiloconvector ligt in dit voorbeeld lager dan de niet-condenserende. Het toestel op zich goedkoper als je naar €/Watt gaat kijken. Maar hou er rekening mee dat er bij een condenserende ventiloconvector nog ingrijpende werken dienen te gebeuren. Niet overal kan eenvoudig een afvoer geplaatst worden en het isoleren van de leidingen van de volledige installatie mag ook niet vergeten worden. Daarnaast zal de EER van de installatie ook dalen omwille van de lagere aanvoertemperaturen.

Figuren

Figuur 1: Noppen - Tacker – Netten (Bron: Radson)	1
Figuur 2: Vergelijking afgifte natte systemen (Bron: Scools)	1
Figuur 3: Droog systeem (Bron: Climaconcept)	1
Figuur 4: Infrezen (bron: Climaconcept)	1
Figuur 5: Koelvermogen i.f.v. pasafstand bij 17/20/24.....	2
Figuur 6: Koelvermogen i.f.v. chapedikte bij 17/20/24.....	2
Figuur 7: Metingen reactiesnelheid oppervlaktetemperatuur	2
Figuur 8: Invloed vloerafwerking op koelvermogen bij 17/20/24	3
Figuur 9: Aquastop (Bron: Begetube)	4
Figuur 10: PPD i.f.v. vloertemperatuur (Bron: Buildwise).....	4
Figuur 11: Drukverliezen i.f.v. vloerafwerking en leidingdiameter.....	4
Figuur 12: Drukverlies per 100 m leiding i.f.v. temperatuurregimes.....	4
Figuur 13: Laminaire vs. turbulente stroming (Bron: Platform Piping Design)	5
Figuur 14: Minimaal debiet voor turbulente stroming.....	5
Figuur 15: Afgiftevermogen i.f.v. aanvoertemperatuur in verwarmingsmodus.....	5
Figuur 16: Afgiftevermogen i.f.v. aanvoertemperatuur in koelmodus.....	5
Figuur 17: Toepassing vloerkoeling i.f.v. daggemiddelde vermogen.....	6
Figuur 18: PMV en ruimtetemperatuur vloerkoeling bij stralingsbelasting.....	6
Figuur 19: PMV en ruimtetemperatuur vloerkoeling bij vochtbelasting.....	6
Figuur 20: Nat klimaatplafond (Bron: Climaconcept).....	7
Figuur 21: Droog klimaatplafond (Climaconcept)	7
Figuur 22: PPD i.f.v. verticaal temperatuurverschil (Bron: ISO7730).....	7
Figuur 23: PPD i.f.v. stralingsassymetrie plafond (Bron: ISO7730).....	8
Figuur 24: Natte klimaatwand (Bron: Begetube).....	9
Figuur 25: Droge klimaatwand (Bron: Begetube)	9
Figuur 26: PPD i.f.v. stralingsasymmetrie wand (Bron: ISO7730)	9
Figuur 27: Convectoren met ventilator-upgrade.....	11
Figuur 28: Vloermodel.....	11
Figuur 29: Luchtstroming vloermodel (Bron: Clima Construct).....	11
Figuur 30: Plafondmodel	11
Figuur 31: Luchtstroming plafondmodel.....	11
Figuur 32: Wandmodel.....	12
Figuur 33: Luchtstroom wandmodel (Bron: Clima Construct)	12
Figuur 34: Toepassing ventiloconvectoren i.f.v. daggemiddelde vermogen.....	12
Figuur 35: PMV en ruimtetemperatuur ventiloconvector bij stralingsbelasting.....	12
Figuur 36: PMV en ruimtetemperatuur ventiloconvector bij vochtbelasting.....	13
Figuur 37: Voorbeeldberekening slaapkamer.....	15
Figuur 38: Voorbeeldberekening leefruimte.....	16

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. (2004). NBN EN 14240: Ventilatie in gebouwen - Gekoelde plafonds - Beproeving en capaciteit. Brussel: BIN.

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. (2020). TV273: Installatie van vloerverwarmingssystemen met warm water. Brussel: Olivier Vandooren.

CEN-CENELEC. (2016). Free hanging heating and cooling surfaces for water with a temperature below 120 °C. Brussel: CEN-CENELEC.

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

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

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