

Kris De Decker

STRALINGSVERWARMING

Gezonde warmte met minder energie

Eburon/De Twaalf Ambachten
Delft/Breskens 2014

COLOFON

De uitgave van dit boek is een initiatief van de in 1978 opgerichte Stichting De Twaalf Ambachten, centrum voor ecologische technieken. Zie voor meer informatie: www.de12ambachten.nl

Auteur: *Kris De Decker*

Case studies: *Sietz Leeftang*

Vormgeving en tekeningen: *Wim van Overbeeke*

Omslagontwerp: *Studio Hermkens, Amsterdam*

Productie en uitgave: *Uitgeverij Eburon, Delft, www.eburon.nl, info@eburon.nl*

Stichting De Twaalf Ambachten, Breskens, www.de12ambachten.nl, info@de12ambachten.nl

Deze uitgave werd financieel ondersteund door de ASN Foundation.

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

ISBN 978-90-5972-953-7

INHOUD

Waarom stralingsverwarming?	6
Dankwoord	11
DEEL 1: STRALINGSWARMTE: DE ZON IN HUIS	12
1.1 Warmteoverdracht: convectie, conductie, straling	13
Conductie en convectie	13
Zonnestraling	15
Langgolvlige infraroodstraling	16
Luchtverwarming isoleert, maar verwarmt niet	18
Stralingsverwarming: echte warmte	19
Straling en convectie: een (bijna) onafscheidelijk duo	20
1.2 Stralingsverwarming: energie-efficiënter, gezonder en comfortabeler ...	24
Het belang van de stralingstemperatuur	24
Stralingswarmte kan ook koelen	26
De operationele temperatuur	28
Lucht is geen goed medium voor warmteoverdracht	29
Energiebesparing: Thermisch comfort bij lage luchttemperatuur	31
Het recht op frisse lucht: stralingswarmte en ventilatie	32
1.3 Het stralingslandschap	35
Het horizontale stralingslandschap	35
Het verticale stralingslandschap	38
De omgekeerde kwadratenwet	39
Stralingschaduwen en reflecties	41
Horizontale of verticale stralingswarmte?	42
1.4 Lokaal thermisch ongemak: stralingsasymmetrie	45
De warmtebalans van het lichaam	45
Lokaal thermisch ongemak	47
Lokale verschillen in luchttemperatuur	47
Stralingsasymmetrie	48
Hoe kan stralingsasymmetrie beperkt worden?	50
DEEL 2: WELKE STRALINGSWARMTEBRON KIEZEN?	52
2.1 Criteria bij de keuze van een stralingswarmtebron	53
Wel of geen thermische massa? Homogeen of heterogeen thermisch milieu?	53
Hybride systemen: het beste van twee werelden	55

Rookgas, water of elektriciteit?	56
Unieke voordelen	57
2.2 Tegelkachels: superieur comfort met een lange geschiedenis	58
Schoon en efficiënt	59
4.000 jaar geschiedenis	61
Soorten tegelkachels	63
In het middelpunt van de belangstelling	65
Hoeveel kamers kan een tegelkachel verwarmen?	68
Geen instant warmte	69
Hoe duurzaam is de tegelkachel?	70
Elektrische en gasgestookte tegelkachels	71
2.3 Warmtemuren, warmtevloeren en warmteplafonds	74
Geschiedenis	74
Geen echte stralingswarmte	76
Energie-efficiënt	77
Comfort	78
Muren, vloeren of plafonds?	81
Stralingswarmte die ook kan koelen	82
Nieuwbouw of renovatie?	82
2.4 Infraroodpanelen	84
Wat is het verschil met een radiator?	84
Heldere en donkere stralers	86
Kan elektrische verwarming energie besparen?	89
Geschikt voor huurders	92
Levensduur van elektrische infraroodverwarming	93
Case study: Sandwichverwarming	95
Minder gebruikelijke stralingswarmtebronnen	97
DEEL 3: IEDEREEN COMFORTABEL: PERSOONLIJKE VERWARMING	98
3.1 Inleiding	99
3.2 Luchtverwarming: comfort is niet gegarandeerd	101
Wat is thermisch comfort?	101
Waarom de comfortstandaarden niet tot thermisch comfort leiden	103
3.3 Iedereen comfortabel: lokaal verwarmen en koelen	106
Historisch gebruik van lokale stralingswarmte	106
Stralingsassymetrie en lokale isolatie	108
Combinatie van luchtverwarming en lokale stralingswarmte	110

3.4 Toepassing in kantoren, winkels, werkplaatsen en openbare gebouwen	113
Werkplekverwarming en -koeling	113
Hoeveel energie kan lokale verwarming en koeling besparen?	115
Lokale stralingswarmte in woonhuizen, scholen en ziekenhuizen	119
Lokale stralingswarmte in zeer grote en hoge ruimtes	121
Lokale stralingswarmte in kerken en musea	124
Case study: Warm werken in een kale, koude fabriekshal	126
Case study: Infrarood goed voor comfortabele uren in steenkoude kerk	128
3.5 Adaptief thermisch comfort: we leven niet in klimaatkamers	131
Naar een nieuwe definitie van comfort	132
DEEL 4: STRALINGSWARMTE EN ISOLATIE	134
4.1 Wel of niet isoleren?	135
4.2 Stralingswarmte in ongeïsoleerde en historische gebouwen	137
Historische context: waarom isoleren we?	137
De beperkingen van thermische isolatie	139
Waarom na-isolatie niet zo eenvoudig is	141
Na-isolatie van luchtpouwen	143
Stralingswarmte als alternatief voor na-isolatie	144
Onderzoek naar stralingswarmte in historische gebouwen	145
Isolatie van het lichaam: kleding	148
4.3 Reflecterende isolatie	152
Emissiviteit en reflectiviteit	152
Opaak of transparant?	154
Reflecterende isolatie	154
Reflecterende isolatie in luchtpouwen	156
Even goed isoleren met minder materiaal	158
Klassieke of reflecterende isolatie?	159
Meerlaags reflecterende folie	160
Reflecterende verf	162
Stof, veroudering en vochtproblemen	162
Verdwijnt stralingswarmte door het raam?	164
Lokale reflecterende isolatie	165
Samenvatting	169
Bronnenlijst	171

WAAROM STRALINGSVERWARMING?

Sinds vorige winter al is het een hit op internet: een filmpje waarin een makkelijk zelf te maken verwarmingstoestel wordt gedemonstreerd, bestaande uit een paar theelichtjes die onder twee of drie omgekeerde in elkaar passende bloempotten zijn geplaatst. Het uitvindsel zou naar verluidt een hele kamer kunnen verwarmen voor slechts een paar eurocent per dag: de warmte van de theelichtjes wordt opgeslagen in de thermische massa van de bloempotten, aldus de bedenkers, met als gevolg dat de warmteproductie stijgt. Onzin, uiteraard, want er kan nooit meer energie door een verwarmingstoestel worden geproduceerd dan er in werd gestopt – dat stelt de eerste wet van de thermodynamica. Maar het filmpje is intussen wel al tientallen miljoenen keren bekeken en gedeeld, en duizenden doe-het-zelvers hebben hun eigen versie gebouwd.

Hoewel we allemaal een groot deel van ons leven doorbrengen in verwarmde gebouwen, zijn er maar weinig mensen die enigszins begrijpen hoe de wetenschap achter warmteoverdracht en thermisch comfort in elkaar zit. Wellicht is die gebrekkige kennis ook de verklaring waarom we het normaal vinden dat we onze gebouwen met lucht verwarmen. Ruim 86% van de woningen in Nederland heeft centrale luchtverwarming, en ook in kantoorgebouwen en andere gebouwen is het de norm geworden. [1] Maar luchtverwarming verkwt bijzonder veel energie. Om één of meerdere personen in een ruimte comfortabel te maken, moet immers het volledige volume aan lucht in de ruimte worden opgewarmd. Daarbij komt dat warme lucht de vervelende eigenschap heeft om naar het plafond te stijgen, waar ze van geen enkel nut is. Kortom, slechts een zeer klein deel van het energieverbruik van een centrale verwarming wordt effectief gebruikt voor het verwarmen van mensen.

Hoe energieverkwistend luchtverwarming wel niet is, blijkt uit de energiestatistieken. Het verwarmen van gebouwen in Nederland kost maar liefst 20 tot 25% van het totale primaire energieverbruik, afhankelijk van hoe streng de winter is. [1] Daarmee is warmtevoorziening in gebouwen (woonhuizen, kantoren, winkels, scholen, ziekenhuizen en openbare

gebouwen) een minstens even grote slokop van fossiele brandstoffen als het transport. [2] Hoewel isolatie en efficiëntere verwarmingsketels de jongste decennia tot een daling van de warmtevraag in gebouwen hebben geleid, blijft het energieverbruik voor verwarming onaanvaardbaar hoog. Nederland beschikt weliswaar over eigen gasvelden, maar die voorraad brandstof is niet oneindig. Wat gebeurt er daarna? Gaan we gas kopen in Rusland? Gaan we schaliegas aanboren? Verwarming is geen luxe maar een noodzaak in Nederland, en dus denken we beter eens goed na. Opmerkelijk is ook dat luchtverwarming ondanks het hoge energieverbruik niet het gewenste resultaat oplevert: uit onderzoeken in kantoren en openbare gebouwen blijkt dat ongeveer 1 op 2 personen ontevreden is met het thermisch milieu. Ze hebben het te warm of te koud, ze klagen over slechte ventilatie, of ze worden ziek.

We hebben een efficiëntere, comfortabelere en gezondere oplossing nodig, en die bestaat: stralingsverwarming. Een stralingswarmtebron brengt energie rechtstreeks over naar de mens, zonder dat daarvoor eerst alle lucht in de ruimte moet worden opgewarmd. Dat is uiteraard veel energie-efficiënter. Bijna alle energie die door een stralingswarmtebron wordt verbruikt, wordt nuttig aangewend. Omdat stralingsverwarming mensen rechtstreeks kan verwarmen, verhoogt bovendien het thermisch comfort in een gedeelde ruimte. Luchtverwarming creëert een relatief homogeen klimaat, terwijl mensen verschillend zijn: niet iedereen heeft het even snel warm of koud, niet iedereen draagt dezelfde kleren, en niet iedereen voert precies dezelfde activiteiten uit. In een gedeelde ruimte is de regeling van de centrale verwarming dus altijd gebaseerd op een compromis, waarbij onmogelijk iedereen tevreden kan zijn. Met stralingswarmte kan daarentegen iedereen het thermisch milieu vinden dat bij hem of haar past. Tot slot gaat stralingsverwarming veel beter samen met natuurlijke ventilatie, omdat ventilatie en verwarming geen gebruik maken van hetzelfde medium – lucht.

Het lijkt er steeds meer op dat de overschakeling naar luchtverwarming een historische vergissing is geweest. Voor de komst van luchtverwarming in de twintigste eeuw werden alle gebouwen verwarmd met een stralingswarmtebron. Teruggrijpen naar stralingswarmte betekent echter

niet dat we genoeg moeten nemen met het thermisch comfort uit de negentiende eeuw. Er is nieuwe technologie beschikbaar die de inzet van stralingswarmte efficiënter, praktischer en comfortabeler maakt.

PIONIERSROL

Stichting De Twaalf Ambachten vervult een pioniersrol in Nederland op het gebied van stralingsverwarming. In 1980 bracht de stichting de “stralingswarmtegids” uit, een boekje dat de tegelkachel en de warmtemuur weer volop in de belangstelling plaatste. Niettemin blijft stralingswarmte meer dan 30 jaar later een controversieel en slecht begrepen onderwerp. Er worden tegenstrijdige meningen verkondigd en er wordt soms met religieus fanatisme over gediscussieerd. De wetenschap achter stralingswarmte is complex en de regulering en normering lopen achterop. Er zijn commerciële belangen mee gemoeid. Toen Sietz Leeftang mij vroeg om een heruitgave van de stralingswarmtegids te schrijven, moest ik dus even nadenken.



Omslag van de “Stralingswarmtegids” uit 1980.

Na enig beraad heb ik de opdracht aanvaard, omdat Sietz mij de garantie bood dat ik mij geheel op wetenschappelijke literatuur mocht beroepen, in een poging om een zo objectief mogelijk verhaal te schrijven over stralingswarmte. Er is verrassend veel wetenschappelijk onderzoek

verschenen in de afgelopen vijf tot tien jaar, ook door internationaal gerenommeerde Nederlandse wetenschappers, en daar put het nieuwe boek grotendeels uit. Deze nieuwe uitgave, die meer dan twee keer zo dik is als de oorspronkelijke stralingswarmtegids, is dan ook een geheel nieuw boek geworden. Ideeën en concepten die in 1980 op hypothesen en kleinschalige experimenten steunden, kunnen vandaag met wetenschappelijk bewijs hard worden gemaakt – of weerlegd.

Een belangrijke reden voor een nieuw boek over stralingswarmte is de opkomst van een geheel nieuwe stralingswarmtebron, het elektrisch infraroodpaneel. Opnieuw een zeer controversiële technologie, want is elektrische verwarming niet energieverkwistend? Wel, dat hangt er van af. Aangezien een elektrisch stralingspaneel heel snel warmte kan leveren, moet het alleen maar worden ingeschakeld als het nodig is, terwijl andere verwarmingsbronnen een ruimte continu op temperatuur moeten houden om instant comfort te kunnen leveren. Aangezien infraroodpanelen daarbij ook nog eens lokaal kunnen verwarmen, kan er wel degelijk veel energie worden bespaard in vergelijking met luchtverwarming, ondanks de grote energieverliezen in de elektriciteitscentrale.

Dat betekent echter niet dat elektrische infraroodpanelen altijd een goede oplossing zijn, of dat ze de al langer bestaande stralingswarmtebronnen overbodig maken. Alles hangt af van de omstandigheden, elke stralingswarmtebron heeft voor- en nadelen. Bovendien levert ook de combinatie van verschillende stralingswarmtebronnen interessante mogelijkheden op. Bijvoorbeeld een tegelkachel in de centrale woonruimte kan worden gecombineerd met enkele infraroodpanelen in kamers die minder frequent worden gebruikt. Zelfs een combinatie van stralingswarmte en luchtverwarming brengt veel voordelen mee, omdat de thermostaat een stuk lager kan worden gezet en het comfort lokaal kan worden verhoogd door een stralingswarmtebron. Kiezen voor stralingsverwarming betekent dus niet dat de centrale verwarming moet worden afgebroken.

Het leidt geen twijfel dat stralingsverwarming een mooie toekomst tegemoet gaat. Er beweegt veel en de toepassingen zijn eindeloos. Stralingsverwarming is net zo goed geschikt voor woonhuizen als voor

kantoren, winkels, scholen, ziekenhuizen, openbare gebouwen, fabrieken of magazijnen. Nieuw wetenschappelijk onderzoek dringt langzaam maar zeker door tot de internationale comfortnormen, die nu nog een obstakel vormen voor de doorbraak van stralingsverwarming. Het aanbod van informatie blijft echter versnipperd en stralingsverwarming is nog steeds onbekend bij het grote publiek. Deze nieuwe uitgave van de stralingswarmtegids hoopt daar verandering in te brengen.

DANKWOORD

Dit boek kon alleen maar gerealiseerd worden met de steun van Sietz Leeflang, die niet alleen de inspiratie maar ook veel informatie leverde. Heel verhelderend ook waren de interviews met de gebroeders Leo en Richard de Mos van Li-Tech, ontwikkelaars en aanbieders van elektrische infraroodpanelen. Ondanks de evidente commerciële belangen waren ook zij voorstander van een zo objectief mogelijk boek over stralingsverwarming, wat betekent dat de nadelen van hun producten niet worden weggemoffeld. Verder wil ik ook de lezers van Lowtech Magazine danken, die waardevolle commentaren leverden op voorpublicaties van enkele hoofdstukken.

DEEL 1

STRALINGSWARMTE: DE ZON IN HUIS

Warmteoverdracht: convectie, conductie, straling (1.1)

Stralingsverwarming: energie-efficiënter, gezonder, comfortabeler (1.2)

Het stralingslandschap: warmteverdeling in de ruimte (1.3)

Lokaal thermisch ongemak: stralingsassymetrie (1.4)

1.1 **WARMTEOVERDRACHT: CONVECTIE, CONDUCTIE, STRALING**

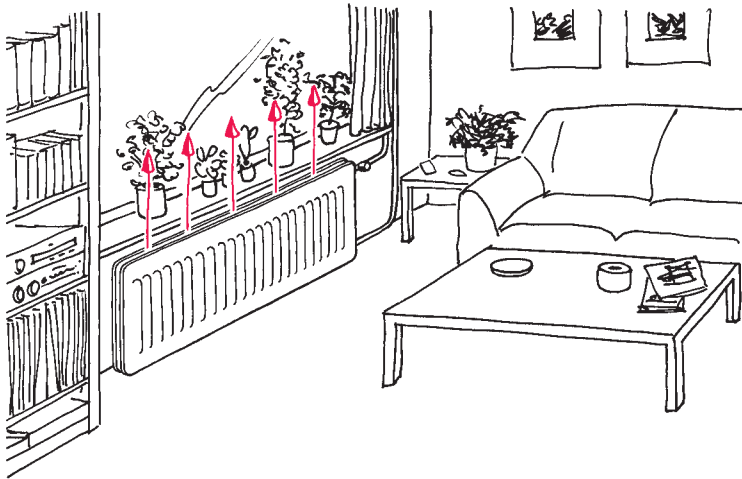
Moderne verwarmingssystemen zijn bijna allemaal gebaseerd op het verwarmen van de lucht. Dat lijkt vanzelfsprekend, maar luchtverwarming (“convectie”) is niet de enige vorm van voelbare warmteoverdracht. Warmte kan ook worden overgebracht door “conductie” of “straling”. Als het belang van conductie of straling in de totale warmteoverdracht toeneemt, dan kan een mens zich ‘s winters perfect comfortabel voelen bij relatief lage luchttemperaturen. Maar het omgekeerde is ook mogelijk: conductie en straling kunnen ervoor zorgen dat een mens niet comfortabel is ondanks een hoge luchttemperatuur.

CONDUCTIE EN CONVECTIE

Conductie en convectie zijn nauw met elkaar verwant. Conductie betreft de geleiding van warmte als resultaat van fysiek contact tussen twee objecten. Wie met blote voeten op een koude vloer staat, verliest warmte aan de vloer via conductie en krijgt het koud – ook al bedraagt de luchttemperatuur 21 of 22 graden. Een warme kop soep in de hand, vloerverwarming, of een verwarmde zitbank zorgen voor het omgekeerde effect. Conductie is een zeer effectieve vorm van warmteoverdracht, maar speelt meestal een relatief kleine rol in de context van gebouwenverwarming.

De snelheid waarmee warmte zich via conductie door een stof verplaatst, is afhankelijk van de thermische weerstand van die stof. Zo verplaatst warmte zich veel sneller door metaal dan door hout of baksteen, omdat metaal een veel lagere thermische weerstand heeft. Als het lichaam fysiek contact maakt met een metalen voorwerp en een houten voorwerp die dezelfde, lage temperatuur hebben, dan zal het metalen voorwerp veel kouder aanvoelen omdat het sneller warmte onttrekt aan het lichaam. Andersom zal het aanraken van een heet metalen voorwerp sneller brandwonden opleveren dan het aanraken van een even heet materiaal met een hoge thermische weerstand, zoals metselwerk.

Er treedt niet alleen conductie op tussen fysieke objecten onderling, maar ook tussen fysieke objecten en gassen (zoals lucht) of tussen gassen onderling. Elk fysiek object of lichaam dat warmer is dan de omgeving, warmt de lucht in de onmiddellijke nabijheid op door conductie. Op zich is dat effect beperkt, want lucht heeft een hoge thermische weerstand – daarom vormt het de basis van de meeste isolatiematerialen. Maar de door conductie opgewarmde lucht zet uit en gaat stijgen. De plaats van de opgewarmde lucht wordt ingenomen door koude lucht, die op haar beurt wordt opgewarmd en stijgt, enzovoort. Deze pluim van warme lucht die opstijgt, is convectie. Neerwaartse convectie bestaat niet, omdat warme lucht altijd stijgt.



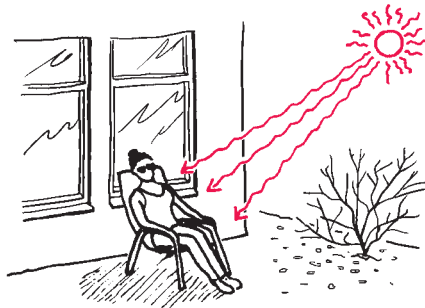
De warme lucht die wordt geproduceerd door een radiator (eigenlijk convector) stijgt naar het plafond.

Convectie vormt de spil van moderne verwarmingssystemen. Het oppervlak van een radiator van een centrale verwarming warmt de aangrenzende lucht op door conductie, die lucht stijgt, koelt af, daalt en wordt opnieuw opgewarmd door de radiator. Deze constante luchtcirculatie is typisch voor luchtverwarming.

ZONNESTRALING

Straling, de derde vorm van voelbare warmteoverdracht, werkt op een totaal andere manier dan convectie of conductie. In het geval van straling verloopt de warmteuitwisseling via elektromagnetische energie, meer bepaald dat deel van het elektromagnetisch spectrum dat infrarode straling wordt genoemd. Straling heeft geen nood aan een medium (zoals lucht of water) om energie over te brengen en werkt dus ook in een vacuüm – het is de belangrijkste vorm van warmteuitwisseling in de ruimte. De overdracht van straling verloopt op een gelijkaardige manier als de overdracht van licht of geluid.

Iedereen kent het effect van stralingswarmte, want het is de directe warmte die door de zon wordt geleverd. Tijdens de lente of de herfst kan het in direct zonlicht en afgeschermd van de wind warm genoeg zijn om comfortabel in T-shirt op een terras te zitten, terwijl het een paar meter verderop in de schaduw zo koud kan zijn dat je een jas moet aandoen – ook al is op beide plaatsen de luchttemperatuur ongeveer gelijk.



's Zomers is het verschil even duidelijk. Bij hoge temperaturen zoeken we verkoeling door uit de zon en in de schaduw te gaan zitten, ook al is de luchttemperatuur op beide plekken min of meer dezelfde.

Infrarode straling heeft geen temperatuur, alleen maar energie. Het is pas wanneer ze op het oppervlak botst van iets dat massa heeft, dat de

energie kan worden geabsorbeerd en omgezet in warmte. Lucht heeft nauwelijks massa, zodat infrarode straling bijna geen directe opwarming van de lucht als gevolg heeft. Daarom is de luchttemperatuur ongeveer even hoog in de schaduw als in de zon. De infrarode straling van de zon zorgt wel voor een indirecte opwarming van de lucht. De zonnestraling wordt geabsorbeerd door het aardoppervlak en omgezet in warmte. Het opgewarmde aardoppervlak zorgt vervolgens voor een vertraagde opwarming van de lucht door de eerder beschreven effecten van conductie en convectie.

Het is dus niet de zon maar het aardoppervlak dat de lucht op aarde verwarmt. Dat verklaart waarom het na het vallen van de avond warmer is dan bij het krieken van de dag: het aardoppervlak is 's avonds warmer dan 's morgens. Het verklaart ook waarom het in oktober meestal warmer is dan in maart, ook al staat de zon in beide gevallen even hoog aan de hemel: aan het eind van de winter is de temperatuur van het aardoppervlak immers lager dan aan het eind van de zomer. Als de zon de lucht op aarde rechtstreeks zou verwarmen, dan zou het bij zonsondergang plots zo ongehoord koud worden dat we allemaal doodvriezen, verwarming of niet.

Het is de in het aardoppervlak opgeslagen zonnewarmte die ervoor zorgt dat de daling van de luchttemperatuur 's nachts beperkt blijft. Een wolkendeek kan het warmteverlies extra beperken omdat waterdamp (lucht met een hoog vochtigheidsgehalte) wel infrarode straling absorbeert. Een wolkendeek zorgt 's nachts dus voor bijkomende isolatie waardoor de temperatuur minder sterk daalt dan bij een heldere, onbewolkte hemel. Hetzelfde principe zorgt er overdag voor dat het aardoppervlak bij een bewolkte hemel minder opwarmt. Niet alle infrarode straling bereikt immers het aardoppervlak.

LANGGOLVIGE INFRAROODSTRALING

Hoewel de zon de primaire bron is van alle straling – en daarmee (samen met geothermische energie) aan de basis ligt van de twee andere vormen van warmteoverdracht – straalt alles en iedereen op aarde infrarode stra-

ling uit: het aardoppervlak, een steen, een mens, een stoel, een boek, een blokje ijs, enzovoort.

De enige voorwaarden voor warmteoverdracht via straling zijn een temperatuurverschil, twee objecten of lichamen met massa en met een temperatuur boven het absolute minpunt (-273 graden), alsook een afstand tussen beide objecten of lichamen (zometer wordt warmte overgedragen door conductie). De uitgezonden straling wordt geabsorbeerd (en in sommige gevallen gereflecteerd of doorgelaten) door de oppervlakken van objecten en lichamen met een lagere temperatuur dan het uitstralende object.

Er is echter een belangrijk verschil tussen de straling afkomstig van de zon en de straling die wordt geproduceerd door het aardoppervlak, een object, of een mens. De zon is veel heter dan alle dingen op aarde, en het is de temperatuur van een object die bepaalt welke golflengtes in het elektromagnetisch spectrum de overhand hebben: hoe hoger de temperatuur, hoe groter het aandeel van kortgolvlige straling. Zonnestraling bevat bijvoorbeeld ook ultraviolette straling en kortgolvlige infraroodstraling, terwijl objecten met een lagere oppervlaktetemperatuur (tot ongeveer 100 graden) uitsluitend langgolvlige infraroodstraling uitzenden.

Dit verschil is essentieel. Omdat kortgolvlige straling diep doordringt in het lichaam, kan ze schade aanrichten. Te lang in de zon zitten is daarom geen goed idee. Langgolvlige infraroodstraling dringt echter niet in het lichaam door en is geheel onschadelijk – gelukkig maar, aangezien alles rondom ons heen, gedurende dag en nacht, langgolvlige infraroodstraling uitzendt.

De menselijke huid is beschermd tegen de nadelige effecten van de zonnestraling door een groot deel van de kortgolvlige straling te weerkaatsen in plaats van te absorberen. Met de veel minder krachtige, langgolvlige infraroodstraling gebeurt echter het omgekeerde: de huid absorbeert deze straling bijna volledig, terwijl slechts een miniem percentage van de infrarode stralen (ongeveer 2%) wordt weerkaatst. Dat maakt de mens zeer gevoelig voor het opwarmend effect van langgolvlige infraroodstraling.

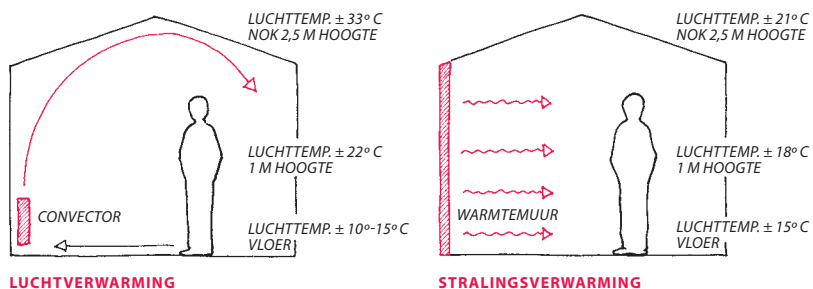
LUCHTVERWARMING ISOLEERT, MAAR VERWARMT NIET

Het is interessant om een vergelijking te maken tussen de “verwarming” van de aarde en de verwarming van een gebouw. De zon verwarmt ons op drie manieren: door directe aanstraling en opwarming van het lichaam (als we tenminste niet in de schaduw zitten), door het verhogen van de temperatuur van de oppervlakken in onze omgeving (waardoor het lichaam minder warmte verliest aan die oppervlakken), en door een indirecte opwarming van de lucht (waardoor het lichaam minder warmte verliest aan de lucht).

De centrale verwarming verwarmt ons op een heel andere manier. Ze imiteert niet de zon maar één van de effecten ervan: het opwarmen van de lucht. Die opgewarmde lucht wordt vervolgens zo goed mogelijk vastgehouden door een luchtdicht gemaakt gebouw, waarvan het effect enigszins vergelijkbaar is met dat van een dik wolkendek. Daarbij zal het opwarmen van de lucht in de ruimte ook onrechtstreeks voor een beperkte temperatuursverhoging zorgen van de oppervlakken in de ruimte, omdat de warmte van de lucht via conductie wordt overgedragen naar de muren, de vloer en het plafond.

Wat de centrale luchtverwarming echter *niet* doet, is het direct en daadwerkelijk opwarmen van de mens en het gebouw zelf. In feite is luchtverwarming strikt gesproken helemaal geen verwarming: het is *isolatie*. Een hogere luchttemperatuur zorgt ervoor dat het lichaam minder warmte verliest aan de omgeving via convectie, omdat het temperatuursverschil tussen huid en lucht kleiner wordt.

Kleding doet precies hetzelfde door de luchtlaag tussen huid en textiel op te warmen, maar is veel efficiënter dan luchtverwarming omdat niet heel de kamer maar slechts een dun laagje lucht wordt opgewarmd – de nodige energie daarvoor wordt door het lichaam zelf geleverd. Alleen wanneer de luchttemperatuur in een ruimte hoger is dan de temperatuur van de huid, zorgt luchtverwarming voor een daadwerkelijke opwarming van de mens. Maar uiteraard zet niemand de verwarming hoger dan 30 graden.



STRALINGSVERWARMING: ECHTE WARMTE

Nochtans is het perfect mogelijk om binnenshuis het effect van de zon na te bootsen, wat veel voordelen oplevert. Stralingswarmte kan op twee manieren worden ingezet voor de verwarming van een gebouw: enerzijds door het benutten van directe zonnestraling, wat bereikt kan worden door een optimale oriëntatie en een aangepast ontwerp van het gebouw, of door het gebruik van zonnecollectoren.

Anderzijds kan stralingswarmte ook geproduceerd worden door een andere stralingswarmtebron dan de zon, zoals een tegelkachel (zie hoofdstuk 2.2), een met water verwarmd bouwoppervlak (hoofdstuk 2.3), of een elektrisch infraroodpaneel (hoofdstuk 2.4). In het geval van watergevoede infraroodverwarming kan het water verwarmd worden door zonnecollectoren, zodat beide methodes worden gecombineerd. Het aanbod van zonne-energie in Nederland is relatief beperkt, zodat we ons in dit boek concentreren op het gebruik van andere stralingswarmtebronnen dan de zon.

Stralingswarmte is praktischer binnen dan buiten, omdat we de omgevingsfactoren onder controle hebben. Als er buiten een wind opsteekt, dan is het opwarmende effect van de zonnestraling snel weg. Het lichaam verliest bij toenemende luchtcirculatie veel meer warmte door convectie. Ook een hoge luchtvochtigheid kan het effect van straling teniet doen: als er een wolk voor de zon schuift, is het effect van zonnestraling meteen weg.

Wolken en wind zijn geen factoren binnenshuis en dus kan stralingswarmte perfect gecontroleerd worden. Wel kunnen – net zoals in het geval van zonnestraling – andere objecten een schaduw werpen, zodat de plaatsing van stralingswarmtebronnen, meubels en andere objecten een invloed kan hebben op de directe aanstraling van een mens.

Net zoals de zon warmt een stralingswarmtebron niet rechtstreeks de lucht op, maar brengt ze elektromagnetische energie over (zonder energieverlies) naar alles wat massa heeft. In de context van gebouwenverwarming zijn dat bijvoorbeeld de vloer, de muren, het plafond, de meubels en natuurlijk ook de mensen zelf. In tegenstelling tot bij luchtverwarming worden mens en gebouw bij het gebruik van een stralingswarmtebron dus daadwerkelijk opgewarmd.

Daarbij zorgt de directe opwarming van de oppervlakken in de ruimte ook voor isolatie van het lichaam. Ten eerste zal alles wat in het “gezichtsveld” van de stralingswarmtebron ligt in temperatuur stijgen en vervolgens zelf meer elektromagnetische energie uitstralen, zodat het warmteverlies van het lichaam naar de omringende oppervlakken wordt beperkt. In feite wordt zo de hele ruimte onderdeel van het verwarmingssysteem. Ten tweede zorgen de opgewarmde oppervlakken via conductie en convectie ook voor een beperkte en vertraagde opwarming van de lucht, waardoor het lichaam minder warmte verliest aan de omringende luchtlaag. Kortom, luchtverwarming isoleert, terwijl stralingsverwarming isoleert én verwarmt, net zoals de zon.

STRALING EN CONVECTIE: EEN (BIJNA) ONAFSCHEIDELIJK DUO

Geen enkele stralingswarmtebron levert 100% straling. De zon doet dat wel, maar die bevindt zich in een vacuüm. Op aarde is er lucht en dus gaat straling altijd samen met convectie. Het oppervlak van een stralingswarmtebron maakt contact met de lucht, die door conductie wordt opgewarmd en stijgt. De verhouding van convectie en straling in de totale warmteoverdracht kan wel grondig verschillen. De stralingswarmtebronnen die in dit boek besproken worden, hebben een aandeel van 50-95%