

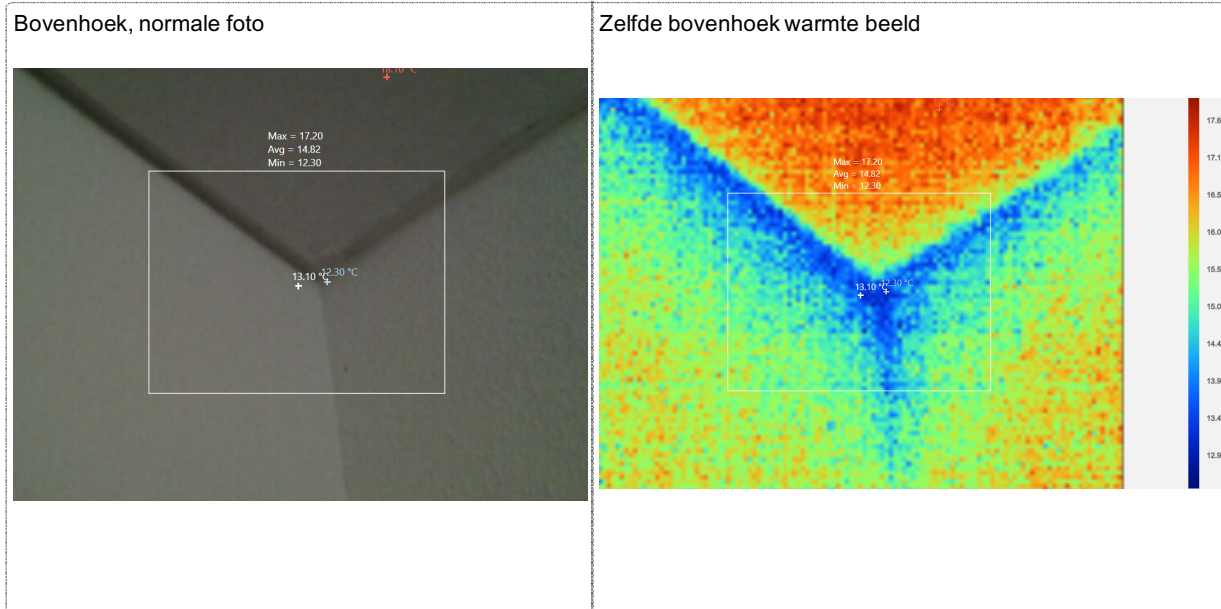
# Warmtebeeld interpretatie

27 October, 2020  
13:36

Hieronder een paar voorbeelden van warmtebeelden die gemakkelijk foutief zouden kunnen worden beoordeeld.

## Hoek

Als er een (aanzienlijk) temperatuurverschil is tussen een warme ruimte en zijn koudere omgeving, zie je van een hoek in het plafond op een warmtebeeld camera altijd een soortgelijk plaatje (soms worden andere kleuren mappings gebruikt)



Wat zien we hier, waarbij we er voor het gemak even van uitgaan dat de emissiviteit van alle oppervlakten gelijk is, hetgeen een redelijke veronderstelling is, want hier is alles met dezelfde verf behandeld.

1. De oppervlaktetemperatuur van de linker muur en van de rechter muur is gelijk
2. De oppervlaktetemperatuur van het plafond is hoger dan de oppervlaktetemperatuur van de wanden
3. De oppervlaktetemperatuur van de aansluiting tussen plafond en muur is (een stuk) lager dan de oppervlaktetemperatuur van de muur
4. Het hoekpunt is het koudste punt dat we hier op de foto zien.

Zijn deze waarnemingen correct ?

Ja, als je een kleine temperatuurvoeler (bijvoorbeeld een thermokoppel van 0.1 mm) op die locaties tegen de muur aandrukt, zie je dat bovenstaande waarnemingen helemaal correct zijn.

Kunnen we iets zeggen over het onderlinge verschil in warmteverlies tussen de verschillende delen ?

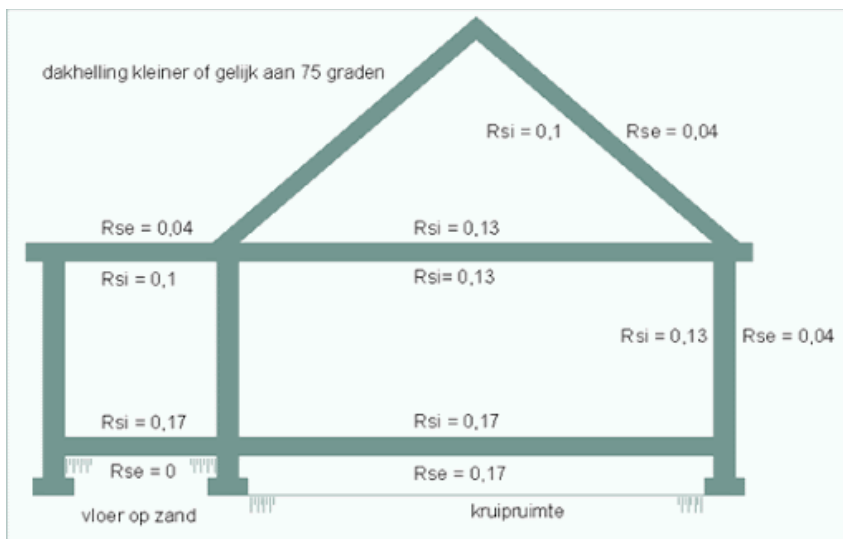
Nee, dat kan niet omdat de geometrie (vormgeving) van de bovengenoemde delen niet gelijk is en daardoor de overdracht van warmte via de lucht (convectie) verschillend is.

Bij de overdracht van lucht naar vaste stof, vormt zich een dun luchtlagje (enkele millimeters), waarin de temperatuurgradient (verschil tussen luchttemperatuur en oppervlakte temperatuur) optreedt. Dit dunne laagje lucht gedraagt zich alsof het een isolator is met een bijbehorende R-waarde. In onderstaande figuur zijn de equivalente R-waarde van enkele veel voorkomende vormen aangegeven. Een veel uitgebreider overzicht is bijvoorbeeld te vinden op <https://kennisbank.issso.nl/publicatie/energievademecum-energiebewust-ontwerpen-van-nieuwbouwwoningen/2015/bijlage-1>

In het plaatje hieronder zien we rechtsonder de R-waarde van een buitenmuur, aan de binnenkant bedraagt de R-waarde, genaamd  $R_{si}$ =0.13 en aan de buitenkant genaamd  $R_{se}$ =0.04.

$R_{si}$  = R surface interior,  $R_{se}$  = R surface exterior

Dat de R-waarde aan de buitenkant een stuk lager is (en dus de isolatie van dat dunne luchtlagje een stuk slechter), is logisch, immers binnen hebben we geen geforceerde luchtstromen, alleen (natuurlijke) temperatuur gedreven luchtstromen (convectie), terwijl we buiten te maken hebben met geforceerde luchtstromen, genaamd wind.



Voor de aansluiting van het plafond op de muur geldt dat de luchtstroom heel moeilijk in de hoek kan komen. Dat betekent dat de overdracht van warmte van de lucht naar de muur in die hoek dus slechter gaat. Gesteld dat er een gelijke hoeveelheid warmte door de muur wordt getransporteerd als er door de hoek wordt getransporteerd, als dan de weerstand van de lucht naar de hoek hoger is, zal de hoek een lagere temperatuur dan de muur krijgen. Omdat het temperatuurverschil over de muur dus groter is dan het temperatuurverschil over de hoek, zal ook het warmteverlies door de muur groter zijn dan door de hoek.

En dat is nu precies het omgekeerde van wat we zien als we even snel naar de kleuren van het warmtebeeld kijken. In dit soort gevallen wordt vaak gesproken van koudebruggen, terwijl dat niet juist is.

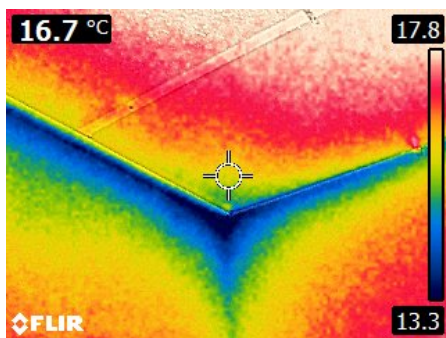
Is dit erg? Moeten we ons hier druk om maken?

In het algemeen niet, namelijk

- Het oppervlakte waar we over praten is vergeleken met het oppervlakte van muren en plafonds te verwaarlozen, dus zelfs als er een groter warmtelek zou zijn, is dat energetisch gezien niet erg.
- Als het toch een koudebrug is (wat naast bovenstaand verhaal ook het geval zou kunnen zijn), dan is het jammer, want in het algemeen is daar nauwelijks iets aan te doen.
- Waar we wel op bedacht moeten zijn, is dat de gemeten temperaturen in die hoeken juist zijn. Dat betekent dat bij hoge relatieve vochtigheidsgehalten er juist condensatie op die plaatsen kan optreden.

Belangrijke conclusie: vergelijk alleen warmtebeeld temperaturen op plaatsen waar de vormgeving en emissiviteit gelijk zijn.

Tenslotte nog een beeld van dezelfde hoek, maar genomen met een andere camera. Deze camera heeft het zogenaamde edge-enhancement, hierbij worden temperatuurverschillen opgerekt op plaatsen waar in de gewone foto (een warmtebeeld camera maakt altijd 2 foto's, een gewone foto en een infrarood foto) randen worden gedetecteerd. Hierdoor ziet het er nog veel erger uit, dan het in werkelijkheid is.



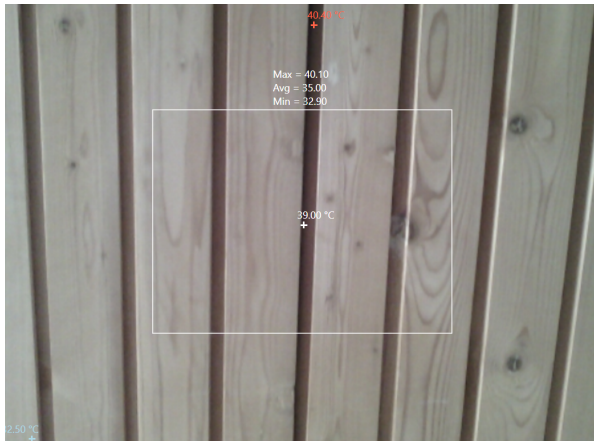
## Ook in de zomer kun je soms goede warmtebeelden maken:

Het dakbeschot van mijn huis, bouwjaar 1988. Dit zijn sandwich panelen, waarbij de binnenkant bestaat uit schrootjes, aan de buitenkant een of andere waterkerende plaatmateriaal en er tussenin EPS (piepschuim, naar schatting 6 cm dik, totale dikte van een paneel is 9 cm). Het is duidelijk dat wat betreft de geometrie en dus wat betreft de convectie alle richels tussen de schrootjes gelijk

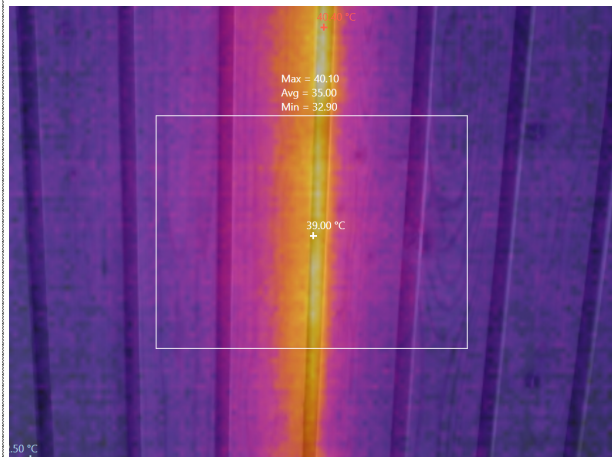
Hieronder het warmtebeeld, opgenomen in de zomer.

Omdat alle richels warmtebeeld-technisch gelijk zijn, mogen we de richels onderling vergelijken. We zien dat hier 2 panelen naast elkaar liggen en dat er of een spleet tussen zit en/of de messing groef aan de buitenzijde helemaal afwezig is. Het temperatuurverschil aan het oppervlakte

zijn en dus op een warmtebeeld met elkaar mogen worden vergeleken.



scheelt ruim 8 graden.



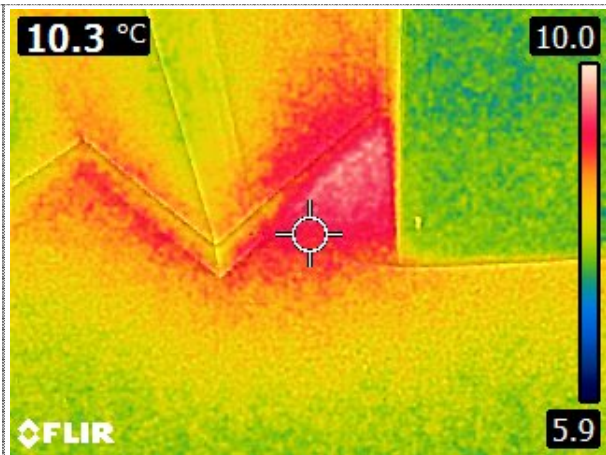
## Wat wel en niet vergelijken

Hier rechts zie je de aansluiting van een buitenhoek van een kamer op de vloer van de eerste verdieping. Het is winter, de begane grond is verwarmd, de eerste verdieping is onverwarmd.

Vele zullen zeggen je ziet daar duidelijk koudebruggen. Maar zoals hierboven uitgelegd, omdat de geometrie van vloer, wand en hoek niet gelijk zijn, kun je daar geen conclusie aan verbinden.

Wat je wel kunt vergelijken is de hoek die naar links wijst en de hoek die naar rechts wijst, die hebben wel een identieke geometrie. De hoek die naar rechts wijst heeft een veel hogere temperatuur dan de hoek die naar links wijst. Het warmtelek van de naar rechts wijzende hoek is dus veel groter.

En dat laatste klopt, want deze foto is genomen tijdens het isoleren van het plafond op de begane grond, en in de naar rechts wijzende hoek ontbreekt nog een driehoekig stukje isolatie.



## Geometrie gelijk, maar toch een verkeerde conclusie ?

Dit is een complex verhaal en het wordt ontraden om dit als beginner te lezen.

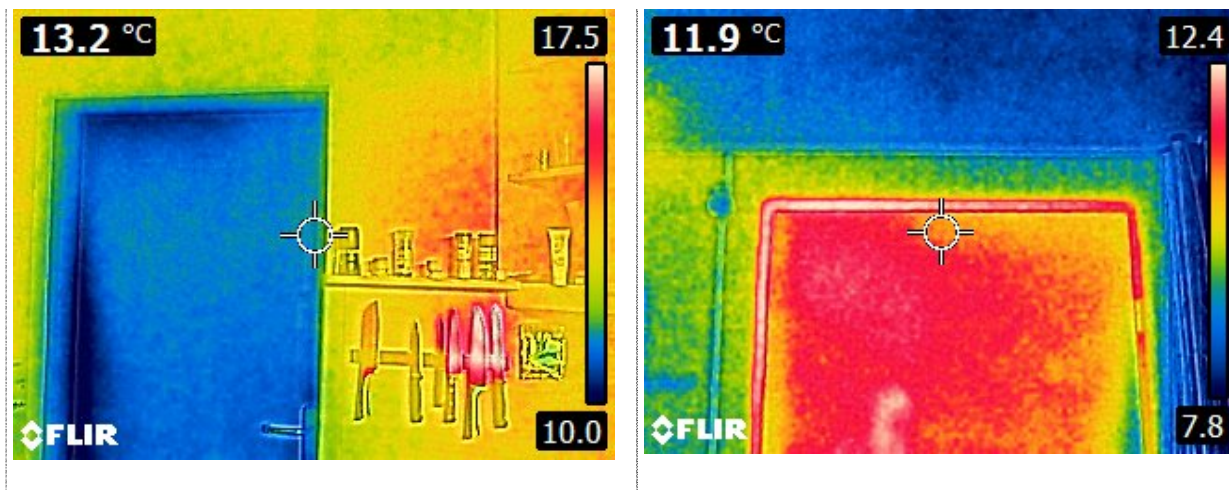
Links een warmtebeeld van de keukendeur (zo'n goedkope boarddeur) vanuit de verwarmde woonkamer gezien (ongeveer 18 graden Celsius), rechts vanuit de ander zijde gezien, een onverwarmde bijkeuken ongeveer 10 graden Celsius.

Laten we eerst het plaatje links eens bestuderen.

We zien als eerst dat de deur als geheel een veel lagere oppervlakte temperatuur heeft dan de muren. Omdat het beide grote verticale oppervlakte in dezelfde ruimte zijn, is de overgangswaerstand Rsi voor deur en muur gelijk en dus mogen we concluderen dat het warmtelek (per m2) van de deur groter is dan het warmtelek door de deur.

Als we nu naar het plaatje rechts kijken, dan zien we precies het omgekeerde, de deur is veel warmer dan de muren. Omdat de geometrie weer gelijk is, kunnen we kijkend vanuit een koude ruimte zeggen het warmtelek door de deur groter is dan het warmtelek door de muur.

Tot zover een recht toe recht aan beoordeling van het warmtebeeld die ook klopt met ons gevoel (en overigens ook fysisch correct is).



Nu gaan we naar een paar details kijken, eerst naar het linker plaatje:

We zien dat aan de bovenkant links en aan de linkerkant in het midden de kleur veel donkerder is, dit alles in vergelijking met identieke geometriën, zoals bovenkant rechts en linkerkant boven. Aangezien we vanuit de warme ruimte kijken, zijn deze donkerblauwe gebieden kouder en dus is daar een groter warmtelek.

En nu naar het rechter plaatje (links/rechts is in beide plaatjes natuurlijk gespiegeld ten opzichte van elkaar):

Hier zien we dus aan de bovenkant rechts en aan de rechterkant in het midden duidelijk koudere gebieden dan bijvoorbeeld boven links. Dus in eerste instantie ben je geneigd te zeggen dat klopt, maar dat klopt helemaal niet. Omdat we vanuit een koudere ruimte kijken, hebben de koudste gebieden dus boven rechts de kleinste warmtelek, en dat is precies omgekeerd dan we uit linker plaatje hebben afgeleid.

Wat is hier aan de hand, wel in de warme ruimte stond een afzuigkap de lucht (zachtjes) af te zuigen. Op de bijzondere plaatsen die we net hebben beschreven is de kierdichting slechter dan op de overige plaatsen. Omdat de ruimte verder behoorlijk kierdicht is, gaat er vrij forse luchtstroom door die paar lekken heen, en dat is koude lucht die fysiek de deur daar ter plaatsen heel erg goed afkoelt (R-waarde lucht deur zal daar op nul liggen). In feite moet je geforceerde luchtstromen meenemen in je geometrie, die dan dus ook ongelijk worden.

Conclusie: als je warmtebeelden eenvoudig wilt kunnen interpreteren, zorg dan in ieder geval voor een statische situatie zonder luchtstromen.

Andere conclusie: warmtebeelden geven een snel signaal dat er op een bepaalde plaats iets aan de hand zou kunnen zijn, in plaats van een gedetailleerde analyse van de warmtebeelden kun je beter met een andere methode naar die kritieke plaatsen gaan kijken (hier was een vinger langs de kieren genoeg om duidelijk te krijgen wat er aan de hand was).