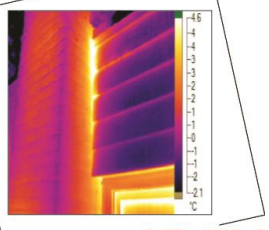
INGENIEURSBUREAU



VAN DER KLEIJ

# Rapportage

# Thermografisch onderzoek

[redacted] *Maarn*

Opdrachtgevers:

Op alle diensten van Ingenieursbureau Van der Kleij zijn de leveringsvoorwaarden van toepassing conform DNR 2011.

ir. P.S. van der Kleij
Boccherinistraat 2, 6815 GX Arnhem
mob. 06-53 34 35 02

info@irvanderkleij.nl
www.irvanderkleij.nl

# Inhoudsopgave

Beschrijving van de woning ..... 3
Meetgegevens ..... 3
Omschrijving van de werkzaamheden en randvoorwaarden van de metingen ..... 4
Luchtdichtheidsmeting ..... 4
Algemene opmerkingen t.a.v. de thermografische opnamen ..... 5
Geconstateerde gebreken en advies op hoofdlijnen ..... 5
Advies op hoofdlijnen ..... 11
Thermische opnamen buitenzijde ..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
Thermische opnamen binnenzijde ..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

## Beschrijving van de woning

De woning is gebouwd in 1973.
De uitbouw achter en de uitgebouwde erker aan de voorkant zijn uit 2007?
De BG vloer is een ongeïsoleerde, zogenaamde 'Kwaaitaal' vloer, een prefab betonnen vloer. De uitbouw heeft een betonvloer op zand of een zogenaamde geïsoleerde balkjes-broodjes vloer.
De verdiepingsvloeren zijn van beton, in het werk gestort.
Het dak is een gordingenkap. Deze is aan de binnenzijde achter de knieschotten geïsoleerd met 20 mm polystyreen, niet afgewerkt. In de kamers is het dak geïsoleerd met 40 mm steenwol, afgewerkt met gips.
De gevels zijn:

- Spouwmuren met een spouw van vermoedelijk 50-60 mm zijn nageïsoleerd.
- De gemetselde schoorsteen is zo te zien verwijderd.
- Het glas is deels origineel, deels HR++:
    - De bovenlichten op de 1e verdieping zijn enkel glas; U = ca. 5,0.
    - In de badkamer, toilet en voordeur zit enkel glas; U = ca. 5,0.
    - De ruit op de overloop heeft een spouw van 9 mm. Dit is HR+ met U = 1,6
    - In de uitbouw achter en in de erker voor zit HR++ glas, spouw 13/15 mm U = 1,2/1,1.
    - De dakkapel heeft twee ruiten HR++ U = 1,2 en een standaard isolatieglas U = 3,0
    - De Velux dakramen op zolder heeft HR++ isolatieglas; 1,2.

    N.B. de spouwbreedte tussen het glas bepaalt, samen met de coating en gasvulling, de isolatiewaarde van het glas. HR++ heeft een U ≤ 1,2 W/m2.K. HR+ heeft een 1,3 ≤ U ≤ 1,6 W/m2.K.

De woning wordt verwarmd met een HR combiketel die op zolder hangt.
Het toilet en de badkamer worden op natuurlijke wijze geventileerd.
De uitbouw achter heeft twee ventilatieroosters in het glas. De kamers op de verdieping worden geventileerd door een raam open te zetten.
In de woonkamer is een grote openhaard.

Gasverbruik:
Het jaarverbruik is niet bekend.

## Meetgegevens

| | |
|---|---|
| Bezoekdatum | 19-12-2022 |

**Bouwdetails** (opgemeten)

| | |
|---|---|
| Netto inhoud van het gebouw | **415** $m^3$ |
| Verwarmd vloeroppervlak | **158,7** $m^2$ |

**Weersgesteldheid:**

| **Tijd** | **8.00 u** | **14.00 u** | **17.20 u** |
|---|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| Buitentemperatuur | 6,7 °C | 9,2 °C | 9,6 °C |
| Luchtvochtigheid | 95% | 87% | 80% |
| Windsnelheid | 6 m/sec | 6 m/sec | 6 m/sec |
| Windrichting | Z | Z | Z |
| Luchtdruk | 1014 hPa | 1014 hPa | 1013 hPa |
| Binnentemperatuur | 18-19 °C | 18-19 °C | 18-19 °C |
| Luchtvochtigheid | 55% | 55% | 55% |
| | motregen | droog na motregen | droog na regen |

**Meetapparatuur:**

| | |
|---|---|
| Thermografische camera: | Flir E95 |
| Blowerdoor | Retrotec 6000 |
| Drukmeter | Retrotec DM32 |

## Omschrijving van de werkzaamheden en randvoorwaarden van de metingen

Om 8.00 u is de woning aan de buitenzijde opgenomen met de warmtebeeldcamera. Omdat het vrij hard woei (4 bft wind op de voorgevel) is aan de achterzijde thermografisch meer te zien dan aan de voorzijde. Het dak was nat door de regen. Daardoor is in het dak warmteverlies minder goed te zien.
De blowerdoor is tijdens de thermografische opnamen opgesteld in de voordeur de achterdeur. De ventilatie van de badkamer en het toilet en de afzuigkap zijn afgeplakt.
De twee ventilatieroosters in de uitbouw zijn dichtgezet. De klep in de openhaard is dichtgezet, maar de openhaard is niet afgeplakt. Dit is volgens het meetprotocol BGS 13-02 (beoordelingsrichtlijnen luchtdichtheidsmetingen); het meetprotocol voor luchtdichtheidsmetingen.
De dakdoorvoer van de airco unit op zolder is afgedicht.

Om 13.00 u is de blowerdoor opgesteld en de woning op 50 Pa onderdruk gebracht. Vervolgens is de woning aan de binnenzijde opgenomen met de warmtebeeldcamera.
De weersomstandigheden waren redelijk met een buitentemperatuur die opliep van 6,7 naar 9,6 °C.
De wind was redelijk sterk, maar nog acceptabel.
De woning was gedurende de nacht zo egaal mogelijk verwarmd.
Aan het eind van het onderzoek is de luchtdichtheid bij onderdruk bepaald.

## Luchtdichtheidsmeting

De luchtdichtheid van de woning is bij de meting bepaald op **$q_{v10}$*= 2,33 l/sec/m²** en de **n50**= 8,40** x de inhoud/uur.

De meetwaarden zijn behoorlijk hoog, ook voor een woning uit deze bouwperiode. Dat betekent dat er veel warmte naar buiten vliegt. Met name door het dak. De luchtdichtheid kan aanzienlijk verbeterd worden, wat het comfort verbetert en het energieverbruik naar beneden brengt.

* In Nederland bepalen we voor de luchtdichtheid de $q_{v10}$. Dit is de luchtlekkage bij 10 Pa drukverschil over de schil, gerelateerd aan het gebruiksoppervlak van de woning. 10 Pa is de gemiddelde windsnelheid in Nederland, te weten 2-3 bft. De $q_{v10}$ wordt aangegeven in l/sec/$m^2$. Voor nieuwbouw mag de $q_{v10}$ volgens het Bouwbesluit maximaal 1,0 l/sec/$m^2$ zijn, maar gebruikelijker is om deze te maximeren op 0,6 of 0,4 l/sec/$m^2$. Bij zeer energiezuinige woningen zelfs 0,15 l/sec/$m^2$.
** In andere landen wordt de $n_{50}$ gebruikt. Dit is de luchtlekkage ten opzichte van de inhoud van de woning bij 50 Pa drukverschil (zeg maar 5 bft). Bij zeer energiezuinige woningen is de $n_{50} < 0,6$.

Mijn collega heeft een kennisblog geschreven over nut & noodzaak van luchtdichtheid:
www.plushuis.nu/luchtdicht

Het meetrapport zelf zit in een apart bestand.

## Algemene opmerkingen t.a.v. de thermografische opnamen

De thermografische beelden zijn als bijlage achterin dit rapport opgenomen.
Om een zo duidelijk mogelijk thermografisch beeld te krijgen, is de temperatuurschaal bij elke opname met zoveel mogelijk contrast ingesteld. Dat wil zeggen dat alle kleuren van het spectrum in de opname worden weergegeven. Dat betekent wel dat de temperatuurschaal per opname kan verschillen. Gelieve hierop te letten.

Bij de thermografische opnamen aan de binnenkant is de woning op 50 Pa onderdruk gezet. Vergelijkbaar met windkracht 5 die rondom op de schil staat. In werkelijkheid zal wind alleen aan de windzijde zorgen voor binnendringende lucht, door de overdruk aan die kant. Aan de lijzijde van de woning zal onderdruk ontstaan, waardoor daar warme lucht uit de woning wordt gezogen. Dit is op de thermografische opnamen van de buitenzijde ook te zien.

Helaas is bij een deel van de thermografische opnamen binnen de gewone foto niet opgeslagen. Hierdoor is minder duidelijk te zien waar de opname gemaakt is.

## Geconstateerde gebreken en advies op hoofdlijnen

**Geconstateerde gebreken nader bekeken:**
*Cursief staan eventuele oplossingen aangegeven.*

***Luchtdichtheid***

De woning is behoorlijk luchtlek – met name het dak. Daar is dan ook veel winst te halen zowel qua energieverbruik als qua comfort.
*Dit zou mijn eerste prioriteit hebben. Dat moet bij voorkeur in combinatie met het aanleggen van een goed ventilatiesysteem in de ruimten waar geleefd wordt.*

In het dak zitten flinke gaten en kieren. Bijvoorbeeld boven de c.v. ketel, maar ook achter de knieschotten en in de dakkapel. Een woning is te zien als een schoorsteen. Jullie woning heeft een

open trappenhuis en zolder(kamer). Warme lucht stijgt op en drukt tegen het dak. Als het daar naar buiten kan betekent dit veel warmteverlies. En de lucht die boven ontsnapt moet op de lager gelegen verdiepingen aangevuld worden van buiten. Door kieren en naden en openstaande ramen. Behalve warmteverlies betekent dit ook een trek door het huis, die zorgt voor discomfort.
De openhaard die jullie hebben zorgt ook voor veel warmteverlies, zelfs met een goed werkende klep. De schoorsteen trekt namelijk ook warmte in de vorm van warme lucht het huis uit.

De grootste luchtlekken zijn:

- Boven de ketel zitten twee grote gaten in het dak. De warmte die de ketel afgeeft verdwijnt hier rechtstreeks door het dak. N.B. bij de dakdoorvoer van het riool zit een Eterniet plaat. Deze tocht rondom.
  *Deze gaten en rond de dakdoorvoeren en de Eterniet plaat het dak luchtdicht maken. Zie hieronder.*
- Of de dakdoorvoer van het rookgaskanaal van de openhaard tocht heb ik niet gezien. *Het kan verstandig zijn om dit te controleren, gezien het warmteverlies langs de andere dakdoorvoeren.*
- Het dakbeschot onder de pannen bestaat uit houten delen met veel kieren.
  Het pannendak is achter de knieschotten en boven de ketel geïsoleerd met 20 mm piepschuim. Achter de knieschotten is dit niet afgewerkt. Daar tocht het behoorlijk, wat leidt tot veel warmteverlies. Ook omdat hier c.v. leidingen lopen. De koude lucht komt ook uit de knieschotten de ruimten binnen.
  In de kamers is het dak geïsoleerd met 40 mm steenwol afgewerkt met gipsplaten (zonder folie). In de kamer zijn de gipsplaten gestuct. Achter het knieschot in de slaapkamer zijn de gipsplaten niet afgewerkt. Daar tocht het dan ook flink. Ook omdat de gipsplaten niet aansluiten op de muren.
  *Belangrijk is dat het dak aan de warme kant luchtdicht is. Dat betekent een gesloten luchtdichte laag aan de binnenkant aanbrengen. Hiervoor bij voorkeur een speciale ('intelligente'-vochtvariabele) folie gebruiken. Deze wordt tussen of over de gordingen aangebracht en luchtdicht aangesloten op het stucwerk van de muren (bouwmuur, kopgevel en gevel op de verdieping. Alle naden en aansluitingen afdichten met speciale luchtdichtingstape en/of kit. Bijvoorbeeld van het merk Siga of Illbruck. De ruimte tussen de folie en het dakbeschot volledig vullen met isolatie om vochtproblemen in het dak te voorkomen.*
  *Dat kan met minerale wol of pir-isolatie. Maar met biobased materialen (vlas, houtvezel of cellulose) blijft de zolder koeler in de zomer, doordat deze materialen de binnenkomende warmte accumuleren en slechts langzaam doorlaten naar binnen.*
- In de zolderkamers tocht het uit de naden en kieren langs gipsplaten. In de aansluiting op de borstweringen, de muren en balken.
  *Dit kan worden afgekit met een goede kit. Beter is nog afdichten met speciale luchtdichtingstape of -pasta, omdat deze materialen i.t.t. kit niet kunnen scheuren. Hier moet dan wel een afwerking overheen.*
- In de constructie van de dakkapel tocht het. Dat betekent dat het dak en de zijwangen niet luchtdicht zijn uitgevoerd. Koude lucht kan daardoor met name in het plafond komen en via de spots ook in de ruimten.
  *Om dit op te lossen moet het plafond open en de ruimte boven het kozijn en de zijwangen dichtgezet worden tegen het dakbeschot en luchtdicht afgewerkt. In mindere mate geldt dit ook voor de zijwangen.*

- *Bij het aanpakken van het dak de Velux dakramen luchtdicht aansluiten op de hierboven genoemde folie.*
- *Een andere, maar minder effectieve optie om de trek in het huis te verminderen, is compartimenteren. De zolder afsluiten van het trappenhuis met een gesloten wand met deur, of eventueel een zwaar gordijn.*
- *Buiten de zomer kan de dakdoorvoer van airco afgedicht worden. Dat scheelt warmteverlies.*
- Waar de pijp van de afzuigkap door de muur gaat zit veel ruimte. Dit veroorzaakt flink tocht. *De ruimte tussen de pijp en de muur goed vullen met flexpur (dit is fijncellige, flexibel pur, die goed luchtdicht is).*
- Het dak van de uitbouw lijkt redelijk luchtdicht.

  Algemeen: muren in plafonds met een houten balklaag zijn meestal niet luchtdicht (N.B. de vloeren van deze woningen zijn van beton). Ook is de onderzijde van een spouwmuur bij een doorbraak vaak open, waardoor koude lucht in het plafond kan komen. Zie hieronder

*Dit is de binnenzijde van de gevel in het plafond van mijn eigen woning. Een gatenkaas Waardoor veel koude lucht in het plafond kwam.*

*Dit kan het beste worden opgelost van binnenuit door het plafond open te maken. Metselwerk wat niet gestuct is stucen.*
*De muren luchtdicht aansluiten op de onderkant van het dakbeschot (flexpur + luchtdichtingstape of -pasta). Hetzelfde rond de balken. Leidingdoorvoeren rondom luchtdicht maken. Verder is het belangrijk dat boven de kozijnen isolatie is aangebracht en rondom luchtdicht is aangesloten/afgewerkt.*

- In de meterkast tocht het, omdat het metselwerk achter de schroten niet gestuct is. Zie de blauwe tekst hierboven:
    - *Om hier bij te komen moeten de schroten weg. Vervolgens het metselwerk stucen en de aansluitingen afdichten.*
    - Klein lekken rond de leidingingen die uit de kruipruimte komt. *Deze afdichten met flexpur of kit.*
- De openhaard is een groot luchtlek. Zelfs bij windstil weer trekt een schoorsteen warme lucht uit het huis. Dit heb ik laatst aangetoond door de rookmachine voor de haard te zetten.
  *De haard weghalen of vervangen door een gesloten houtkachel, liefst met luchttoevoer via de kruipruimte.*
- ~~In de badkamer is een koude baan zichtbaar in het plafond langs de tussenmuur. Dat zal waarschijnlijk uit de dakaansluiting komen en wordt dan opgelost met de eerder beschreven maatregel. Het kan ook uit de muur komen in de vloeren.~~

**De (spouw)muren**

- De spouw van woning zal 50-60 mm zijn. Deze is nageïsoleerd. Het thermografisch beeld van de gevels is niet egaal, wat er op kan duiden dat de spouwmuurisolatie niet meer overal goed is. Er waren geen openingen in de gevel waardoor ik in de spouw kon kijken.
  *Een isolatiebedrijf de staat van de spouwisolatie laten controleren en advies uitbrengen of de spouw kan worden bijgevuld. Dit in combinatie met buren doen levert prijsvoordeel op.*
- Op sommige plaatsen is de binnenzijde vrij koud. Zoals de binnenhoek en ter hoogte van de vloer in de badkamer, boven de keukenkasten en boven het zijraam in de woonkamer. Dit zou kunnen leiden tot schimmel.
  *In de gaten houden en voldoende ventileren zodat de relatieve vochtigheid van de lucht voldoende laag blijft.*
  *In een badkamer kan het beste mechanisch geventileerd worden met warme, droge lucht uit de woning en niet middels een openstaand raam. In het voor- en najaar kan door een open raam juist meer vocht binnen komen, als het buiten vochtig en vrij warm is.*
- De lateien boven de kozijnen vormen koudebruggen. Dit is vooral in de zijgevel op de overloop en in de woonkamer goed te zien.
  *Dit is niet eenvoudig te verbeteren. De beste manier om de woning vergaand te verduurzamen is om de buitengevel in te pakken. Dan worden alle koudebruggen ingepakt en luchtlekkages verholpen. Eventueel eerst het buitenspouwblad verwijderen. Naar ik vermoed dat dit te ver gaat.*
- Vreemd genoeg is op zolder de buitengevel warmer dan de muur met de buren. Dat doet vermoeden dat dit een spouwmuur is. Zie ook de thermografische opname van deze muur op de verdieping.
- De gevel is aan de binnenzijde t.p.v. het garagedak op verschillende plaatsen koud (op de overloop, in de badkamer, boven de voordeur, in de woonkamer en boven de keukenkasten.
  *Daar heb ik niet direct een verklaring voor. Met endoscopisch onderzoek van de spouw is de oorzaak misschien te achterhalen.*

**De kozijnen en lichtkoepels:**

Als de luchtdichtheid verbeterd wordt is het raadzaam om ook goede ventilatie aan te brengen.

- Het raam van de dakkapel is scheefgezakt, sluit daardoor niet en tocht.

Het raam van de badkamer klemt, staat daardoor 5 cm open. Hierdoor veel tocht, warmteverlies en discomfort.
*De glaslatten verwijderen van het raam. Het glas op de juiste manier met glasblokjes (diagonaal) opstoppen, zodat het raam weer haaks is. Waarschijnlijk moet daarvoor ook de beglazingskit aan de buitenzijde weggesneden worden. De glaslatten terugplaatsen en het glas binnen en buiten opnieuw afkitten.*
*Het badkamerraam uitnemen en afschaven zodat het met voldoende omtrekspeling weer goed in het kozijn past.*
*Te overwegen is om bovenstaande werkzaamheden uit te voeren in combinatie met het buitenschilderwerk.*

- Tussen de kozijnen en de vensterbanken en de gevels tocht het iets.
  *De naden tussen kozijn en vensterbank/muur afkitten met een goede kit. Dit kan een schilder of timmerman doen.*
- De originele draaiende delen hebben geen tochtstrips of deze dichten niet goed af waardoor ze aardig tochten:
  - De deur naar de garage tocht fors. Deze deur is kromgetrokken door het temperatuurverschil tussen keuken en garage.
    *Om de tochtdichtheid te verbeteren de tochtstrips vervangen en het sluitwerk knevelend afstellen. De beste tochtstrips zijn de volrubber Buva Solidseal. Die hebben een grotere 'slag'. Ze kunnen geniet of geplakt worden met dubbelzijdig tape. Nadeel is dat ze er alleen in 17 mm breedte zijn en oudere kozijnsponningen soms maar 15 mm breed. Zie* SolidSeal Renovatie tochtprofiel (luchtdichtshop.nl)
    *Om te voorkomen dat deuren krom trekken en om ze goed in de rubbers te drukken is een meerpuntssluiting een goede oplossing. Daar is een timmerman ca. 8 uur mee bezig.*
    *De onderzijde van naar binnendraaiende deuren is lastig tochtdicht te maken omdat daar geen aanslag zit waar een tochtstrip tegenaan kan sluiten. Er zijn twee mogelijkheden:*
    - *Een valdorpel infrezen in de onderzijde van de deur. Bij het sluiten van de deur komt deze naar beneden en dicht af op de onderdorpel.*

    - *Een borstel of rubber op de onderzijde van de deur schroeven. Deze moet dan aansluiten op de onderdorpel.*

  - In de voordeur stond de meetdeur. In hoeverre deze tocht heb ik daarom niet vastgesteld. Maar vrijwel zeker zal deze deur ook tochten.
    *Zie hierboven bij de garagedeur.*
  - De ramen hebben geen of verouderde tochtstrips.

*Dit kan verbeterd worden door de tochtstrips te vervangen zoals hierboven beschreven.*

- Het glas Is grotendeel HR++ isolatieglas, behalve een ruit in de dakkapel.
  Verder zit er nog enkel
- Het glas in de woonkamer en het onderste glas in de uitbouw (o.a. in de deuren) heeft een slechte isolatiewaarde. De huidige isolatiewaarde is U = 5,0 voor het enkel glas of multiplex, respectievelijk 3,0 voor oud isolatieglas. In de uitbouw heeft het onderste glas een U = 2,0.
  *Vervang het glas het liefst door glas met een zo laag mogelijke U-waarde, bijvoorbeeld HR++ glas met U = 1,1 of 1,0 W/m2.K. Belangrijk is dat de spouw tussen het glas 15 mm is. Wordt glas met een dunnere spouw toegepast dan wordt de isolatiewaarde slechter.*

  | | |
  |---|---|
  | *Speciaal HR++ b.v. 'Eclaz One' spouw 15 mm* | *U = 1,0* |
  | *Standaard HR++ spouw 15 mm* | *U = 1,1* |
  | *Idem met spouw 13 mm* | *U = 1,2* |
  | *HR+ met spouw 12 mm* | *U = 1,3, dit mag dan geen HR++ meer heten.* |
  | *Idem met spouw 9 mm* | *U = 1,6, net nog HR+* |

  *Tripleglas (U = 0,6-0,7) adviseer ik bij jullie alleen in combinatie met een goed ventilatiesysteem en het isoleren van alle bouwdelen in de woonkamer/keuken. Het risico op inwendige condensatie en schimmel is anders te groot.*
- De linker lichtkoepel in de uitbouw tocht. De rechter lichtkoepel niet. Deze is een keer vervangen.
  *Het doorzichtige deel verwijderen en opnieuw aanbrengen met een goed tochtband ertussen.*
  N.B. Goed dat dit drievoudige lichtkoepels zijn (met drie lagen kunststof). Door 'horizontaal glas' is het warmteverlies namelijk groter dan door staand glas.

**Daken/plafonds/vloeren**

- Het isoleren van het pannendak heb ik al besproken bij luchtdichtheid.
- Het platte dak van de uitbouw kan eventueel extra geïsoleerd worden aan de binnenzijde. Mits onder de dakbedekking al pur- of pir isolatie zit met een Rd van minimaal 2,7 $m^2$.K/W.
  *Dan moet in principe wel het plafond er uit. Een 'intelligente' dampremmer aan de binnenzijde over de dakbalken aanbrengen en deze luchtdicht af te tapen/aan te sluiten op de omliggende bouwdelen. Deze folie moet overal doorgetrokken worden en aangesloten op muren en andere constructiedelen. Dus ook boven/in de kast. Dikke rachels 22x60 mm h.o.h. 330 mm aanbrengen over de folie. Tussen de rachels (en de folie) de elektra aanbrengen (folie niet doorboren). De ruimte tussen de folie en het dakbeschot laten vullen met cellulose. Of voor het aanbrengen van de folie de ruimte tussen de balken volledig vullen met isolatie. Minerale wol, maar beter nog vlas of houtvezel. Zie eerder. Op deze wijze aan de binnenzijde kan, mits perfect uitgevoerd én er moet onder de dakbedekking 60 mm PIR isolatie liggen om inwendige condensatie te voorkomen. Is de een dunnere, of andere isolatie onder de dakbedekking aangebracht dan is een controleberekening noodzakelijk.*
  *Tot slot natuurlijk het plafond weer afwerken.*
  *N.B. dit dient door een deskundige partij te worden uitgevoerd.*
- De BG vloer bestaat uit Kwaaitaal elementen.
  *Deze kan vanuit de kruipruimte geïsoleerd worden met bijvoorbeeld met PIFF-isolatie, of bespoten worden met PUR of Icynene (watergeblazen PUR). Daarbij wordt ook een deel van de fundering meegeïsoleerd. Te overwegen is om ook de c.v. leidingen mee te isoleren. Dan zijn ze wel minder goed te controleren op lekkage.*

*Vooraf moet gecontroleerd worden of de Kwaaitaal vloer geen betonrot vertoond en de vloer zonder risico geïsoleerd kan worden. Kwaaitaal vloeren zijn hier namelijk berucht om. Eventueel kan gekozen worden om de Kwaaitaal vloer vrij te houden van isolatie en op de bodem van de kruipruimte losgestorte EPS-parels of Drowa chips aan te brengen. Dit is wel minder effectief dan de onderzijde van de vloer isoleren.*

**Installaties**

- De c.v. leidingen lopen deels door de kruipruimte waar ze onnodig warmte verliezen. *Het is zinvol om deze zo goed mogelijk te isoleren.*
- *Dit geldt ook voor c.v. leidingen die door koude ruimten achter de knieschotten lopen.*
- *Een moderne c.v. ketel heeft het hoogste rendement als de temperatuur op 60 $^{o}$C of lager wordt ingesteld. Dan wordt namelijk de warmte uit de rookgassen teruggewonnen.*
- *Een goed, permanent ventilatiesysteem aanbrengen. Minimaal systeem C (centrale afzuiging van badkamer, keuken en toilet en luchttoevoer in de verblijfsruimten). Of een energiezuinig systeem D (balansventilatie met warmteterugwinning, WTW).*
- *Waterzijdig inregelen van de c.v. installatie kan een besparing opleveren van 10% en in sommige gevallen kan het comfort verbeteren. Waterzijdig inregelen zorgt er namelijk voor dat door elke radiator de juiste hoeveelheid warm water stroomt, hoever deze ook van de ketel verwijderd is. Als de installatie niet waterzijdig is ingeregeld kan het zijn dat radiatoren die ver van de ketel zitten te weinig warmte krijgen, omdat het water vooral door de radiatoren stroomt die vlakbij de ketel zitten.*

## Advies op hoofdlijnen

Ik zou de volgende maatregelen nemen:

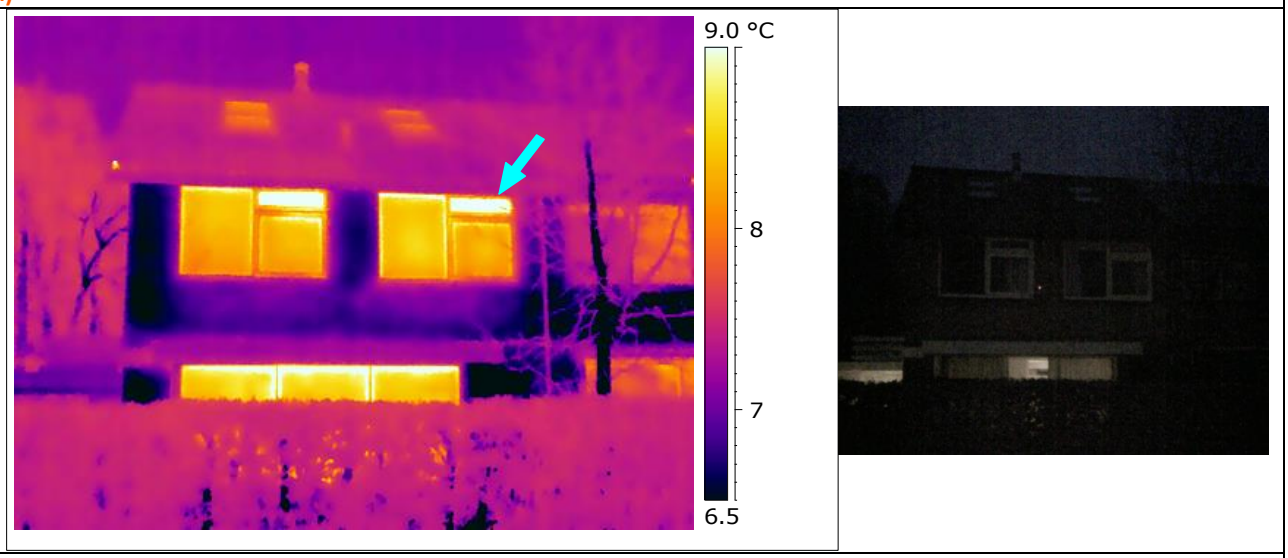
1. De grote gaten in het dak dichten.
2. Het raam in de badkamer en de dakkapel sluitend laten maken.
3. De deur naar de garage tochtdicht maken.
4. De ramen voorzien van tochtstrips.
5. Rondom de geveldoorvoer van de afzuigkap afdichten.
6. Het pannendak luchtdicht maken en meteen beter isoleren.
7. Een alternatief is de woning compartimenteren.
8. Het dak van de dakkapel luchtdicht maken. Eventueel extra isoleren in het dak (zie dak uitbouw).
9. Het dak van de uitbouw luchtdicht maken. Eventueel extra isoleren.
10. De openhaard verwijderen of vervangen door een houtkachel.
11. De spouwisolatie laten controleren en zo mogelijk bijvullen.
12. De BG vloer isoleren.
13. Een goed ventilatiesysteem aanbrengen. Zeker als de woning luchtdichter gemaakt wordt.
14. Door de temperatuur van de c.v. ketel zo laag mogelijk in te stellen kan ook gas bespaart worden. Pas bij een temperatuur onder de 60 $^{o}$C werkt een ketel met een hoog rendement. Dat bij verlagen van de temperatuur nog beter wordt.
15. De c.v. installatie waterzijdig laten inregelen of ruimteregeling (b.v. Honeywell Evohome) kan zowel het comfort verbeteren als energie besparen.

16. Dan nog de optie om een hybride warmtepomp toe te passen. Dat is een lucht-water warmtepomp naast de ketel. De ketel zorgt globaal voor 40% van de verwarming (als het buiten koud is) en het warme water. De warmtepomp doet de rest. Na aftrek van subsidie is dit een interessante maatregel.

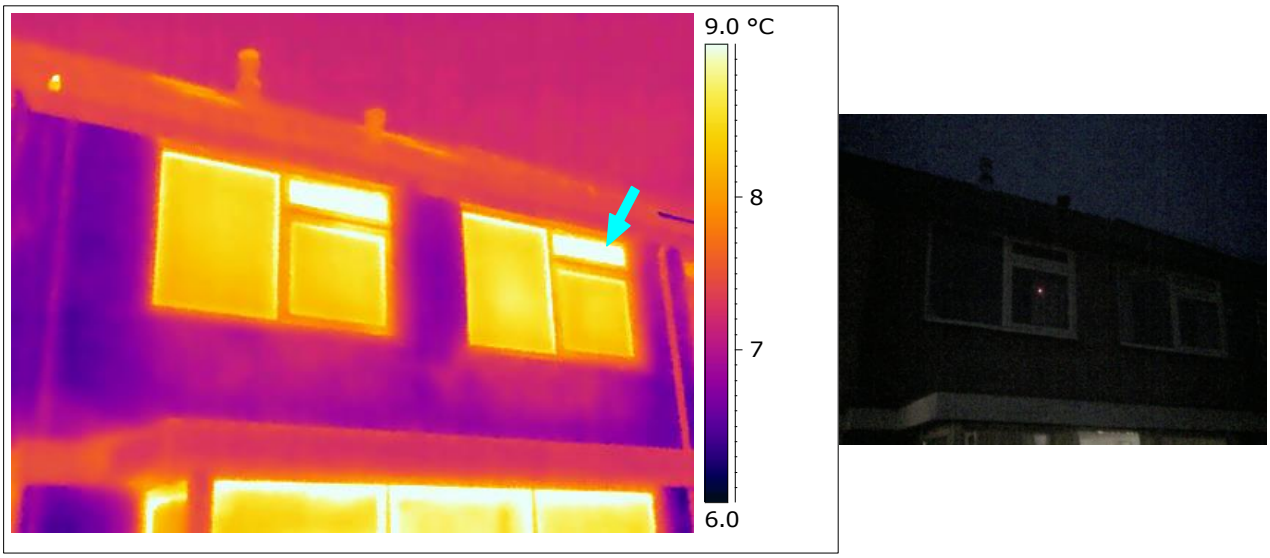
## Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Voorgevel |

**a)**




**b)**




**Commentaar**

***N.B. de opnamen aan de voorzijde laten thermografisch niet zoveel zien. Dit komt omdat de wind, die op de voorgevel stond, de gevel en het dak afkoelde. Aan de achterzijde is daarom des te meer te zien.***

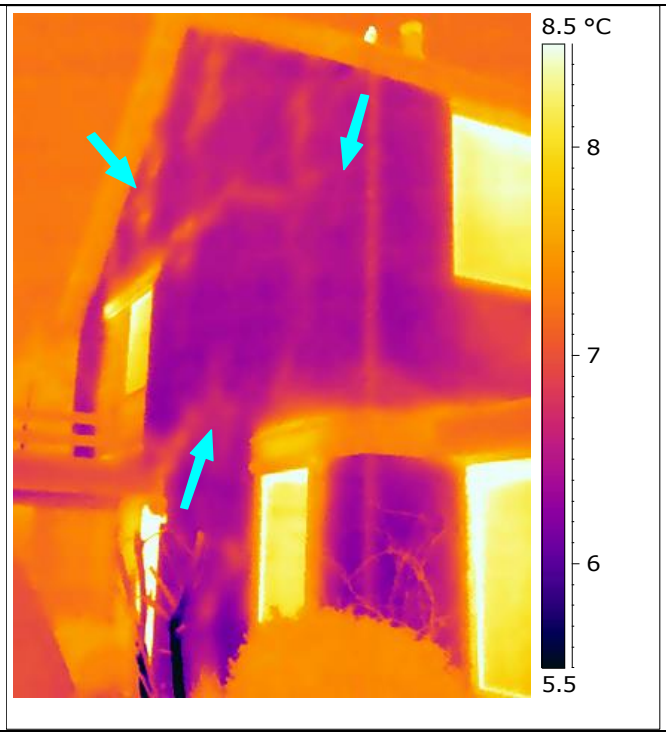
**Bovenlichten zijn enkel glas.**

## Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Voor- en zijgevel |

**a)**

**b)**



**Commentaar**

**a) De gordijnen isoleren. N.B. het thermografisch beeld van een ruit is een combinatie van de warmte van het glas en de gereflecteerde warmte/koude uit de omgeving.**

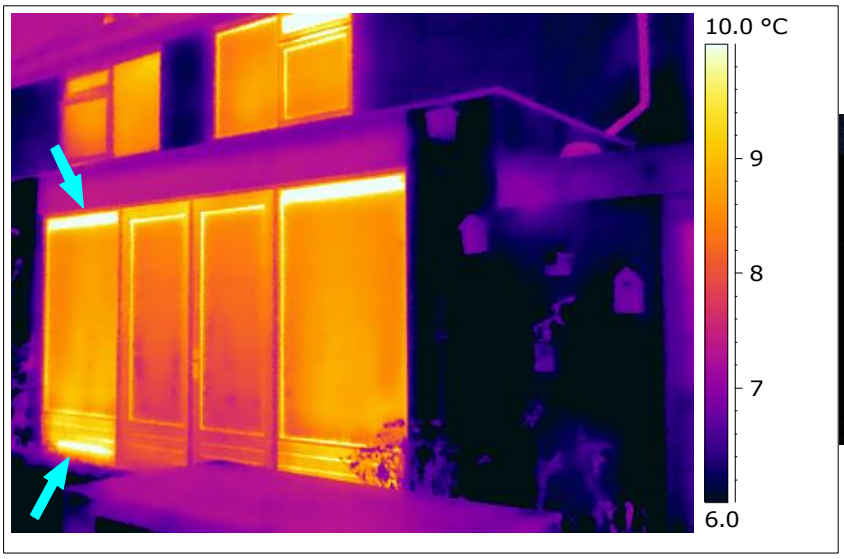
**b) In de gevel warme banen. Dit zijn afwijkingen in de spouwisolatie.**

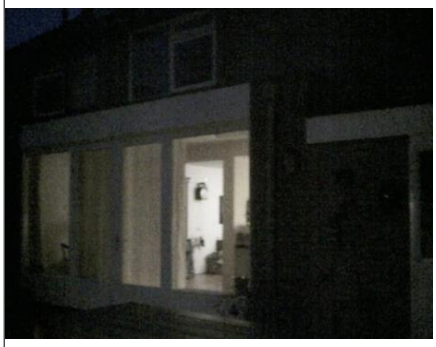
## Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Achtergevel |

**a)**

**b)**



**Commentaar**

***N.B. dit is de lijzijde van de woning, waardoor er meer te zien is dan aan de voorzijde.***

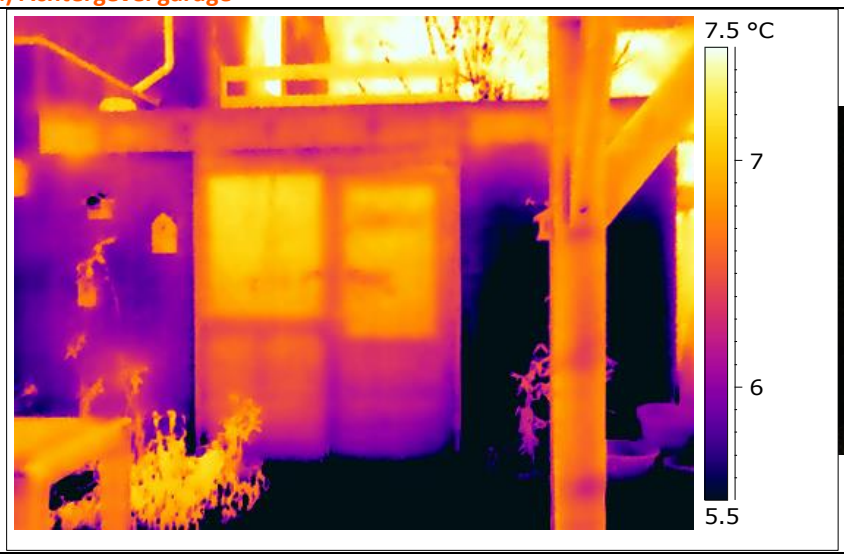
**a) Warme lucht uit de dakkapel, de ramen en vooral het dak naast de dakkapel en rond de dakdoorvoeren.**
**Het badkamerraam (enkel glas) sluit niet. Het raam in de slaapkamer tocht.**
**Rechter raam in de dakkapel is geen HR++ maar standaard isolatieglas.**

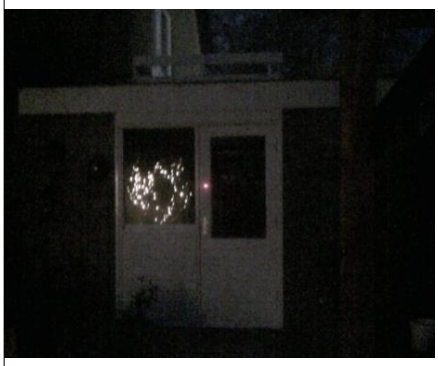
**b) Links en rechts een ventilatierooster in het glas.**
**Kozijn is links onderin warmer.**

## Thermische opnamen buitenzijde
voor zonsopgang

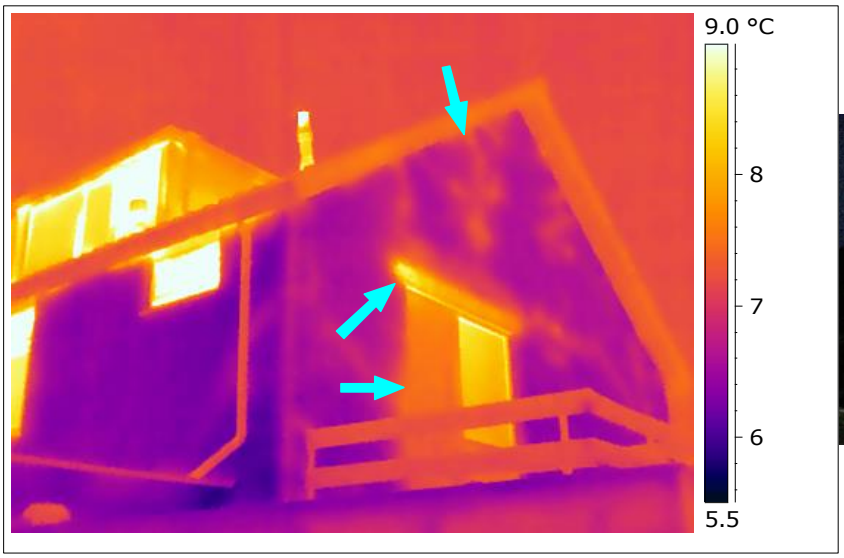
| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | |

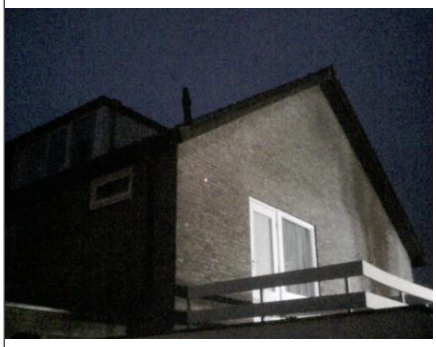
**a) Achtergevel garage**



**b) Zijgevel**



**Commentaar**

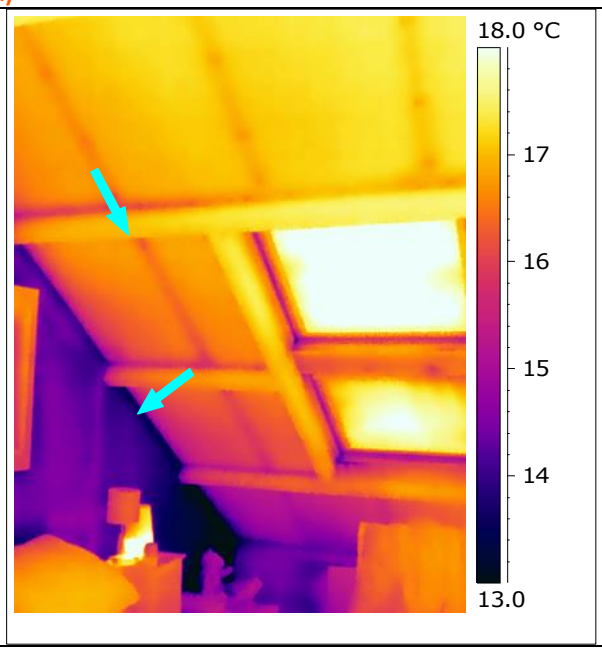
**a) Garage ligt buiten de geïsoleerde schil en is daarom niet meegenomen in het onderzoek.**

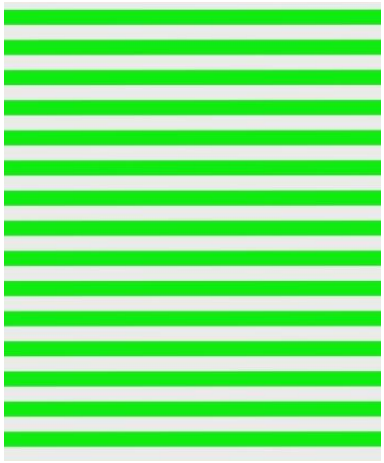
**b) Ook vanuit hier vallen de warme banen op in de gevel. Boven het kozijn zorgt de latei voor warmtegeleiding. De linker hoek van de latei is warmer. Dit kan duiden op een luchtlek, gezien de warme baan die van daaruit omhoog gaat (convectie van warme lucht in de spouw).**
**Het linker deel van het kozijn is binnen weggewerkt achter een voorzetwand.**

## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

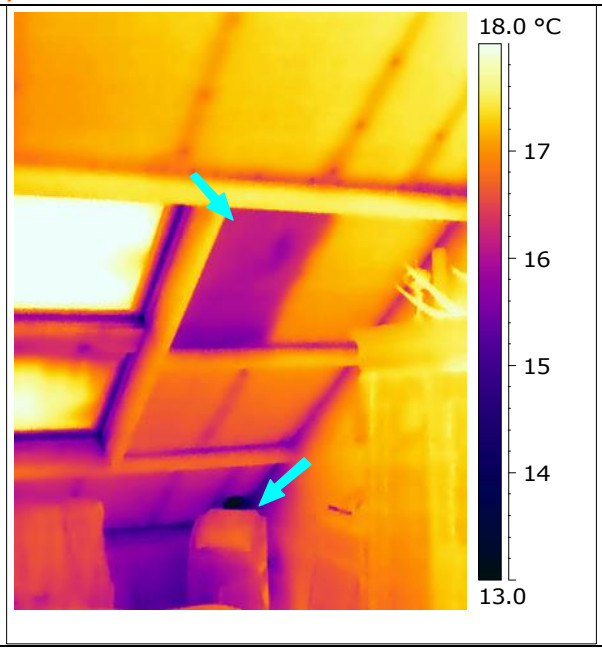
| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Slaapkamer op zolder |

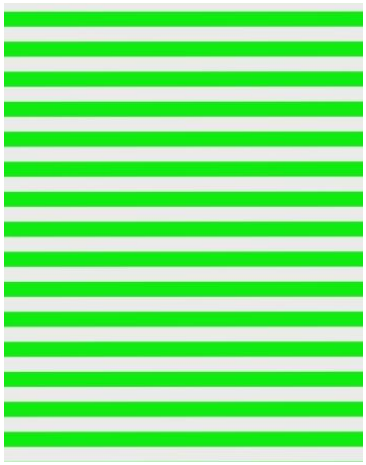
**a)**



**b)**



**Commentaar**

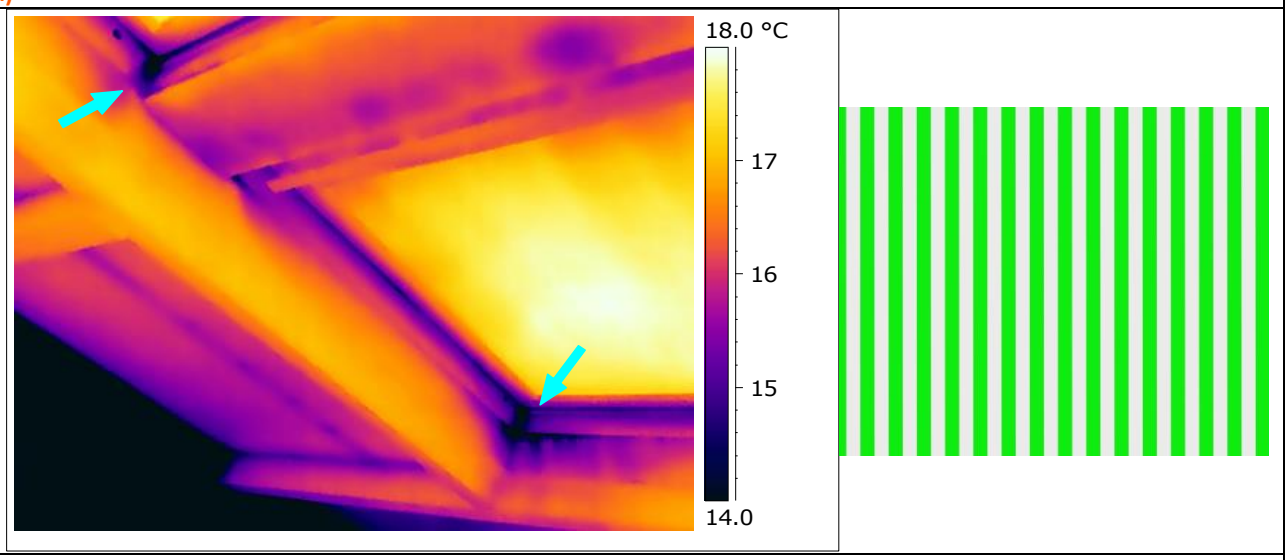
**a) De kap is geïsoleerd met 40 mm steenwol afgewerkt met gipsplaat (zonder folie).**
**De muur met de buren is opvallend koud.**

**b) Ontbreekt achter deze plaat de isolatie?**
**Dakdoorvoer airco is tijdens het onderzoek afgedicht.**

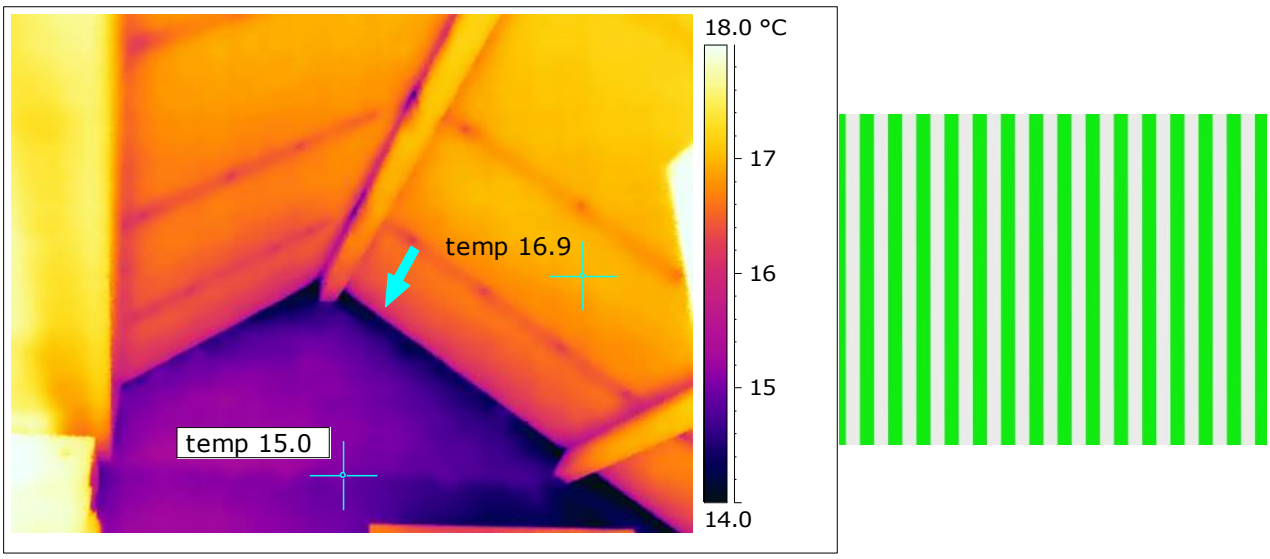
## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Slaapkamer op zolder |

**a)**




**b)**




**Commentaar**

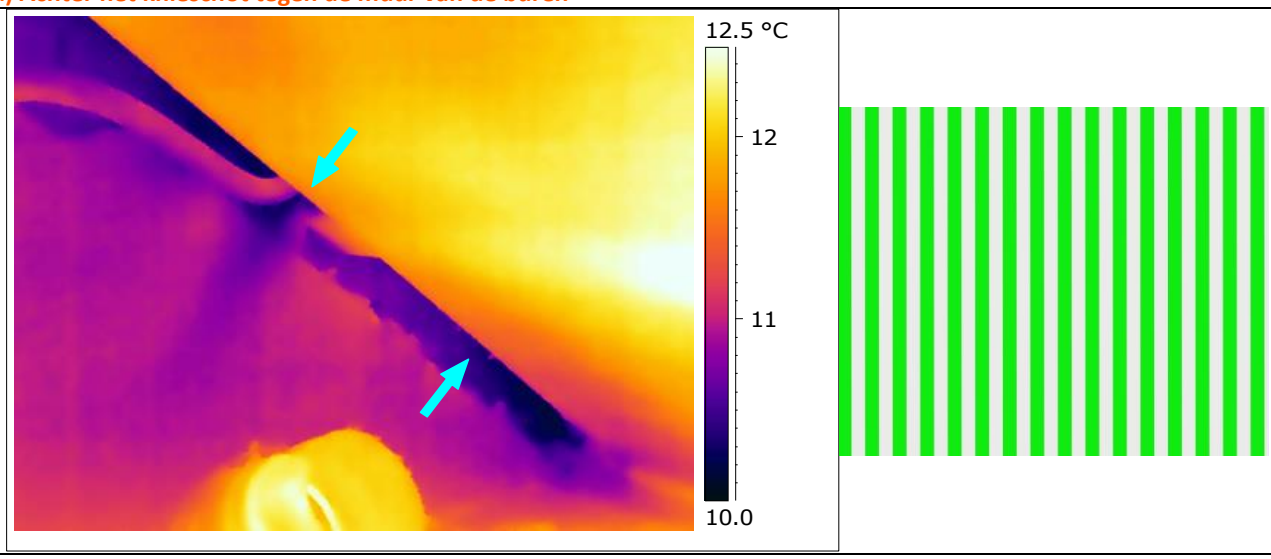
**a) Wat tocht rond de dakramen.**

**b) De muur met de buren is opvallend koud. Onduidelijk is of dit een spouwmuur is, maar waarschijnlijk is het op zolder bij de buren kouder.**

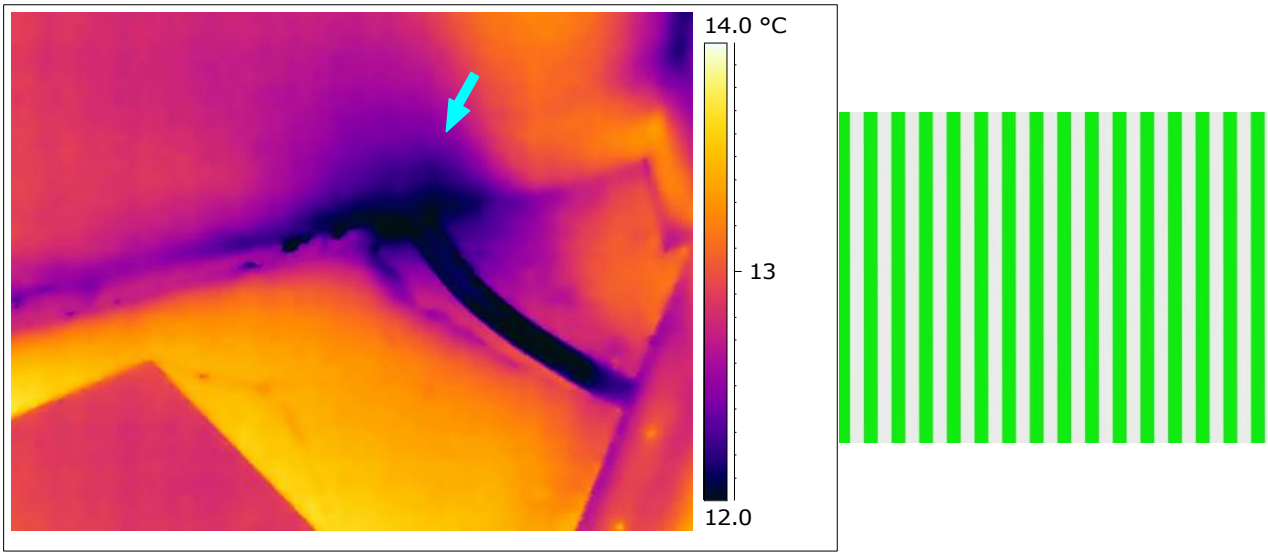
## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Slaapkamer op zolder |

**a) Achter het knieschot tegen de muur van de buren**




**b) Achter het knieschot?**




**Commentaar**

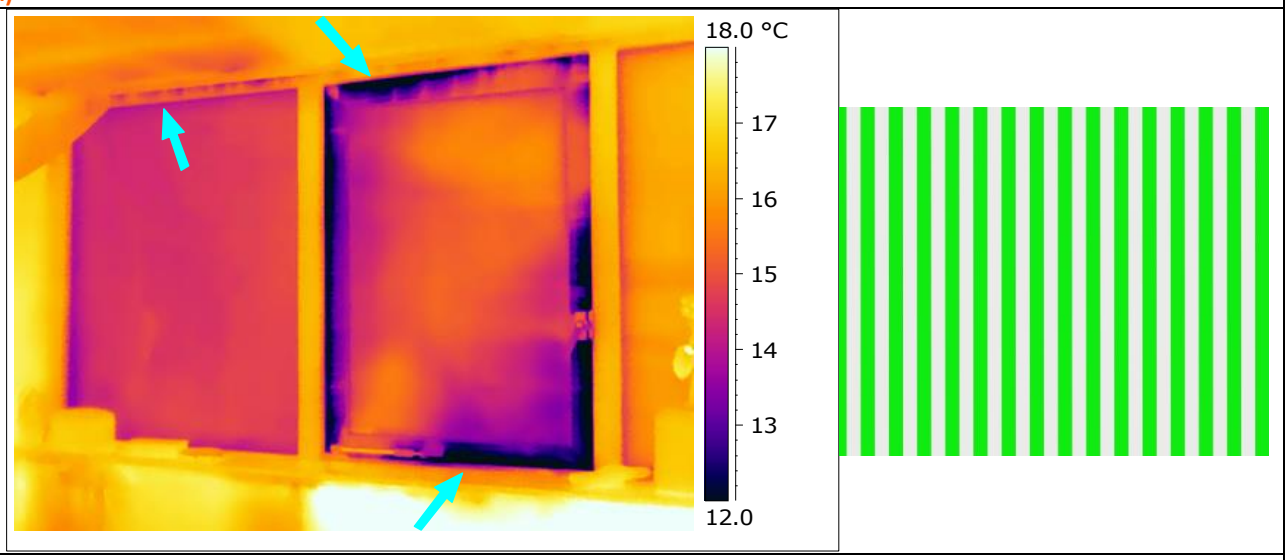
**a) Veel koude lucht uit het dak. De gipsplaat stopt 6 cm uit de muur. Er is geen dampdichte/luchtdichte folie aangebracht.**

**b) Kou rond de kabeldoorvoer door het dak.**

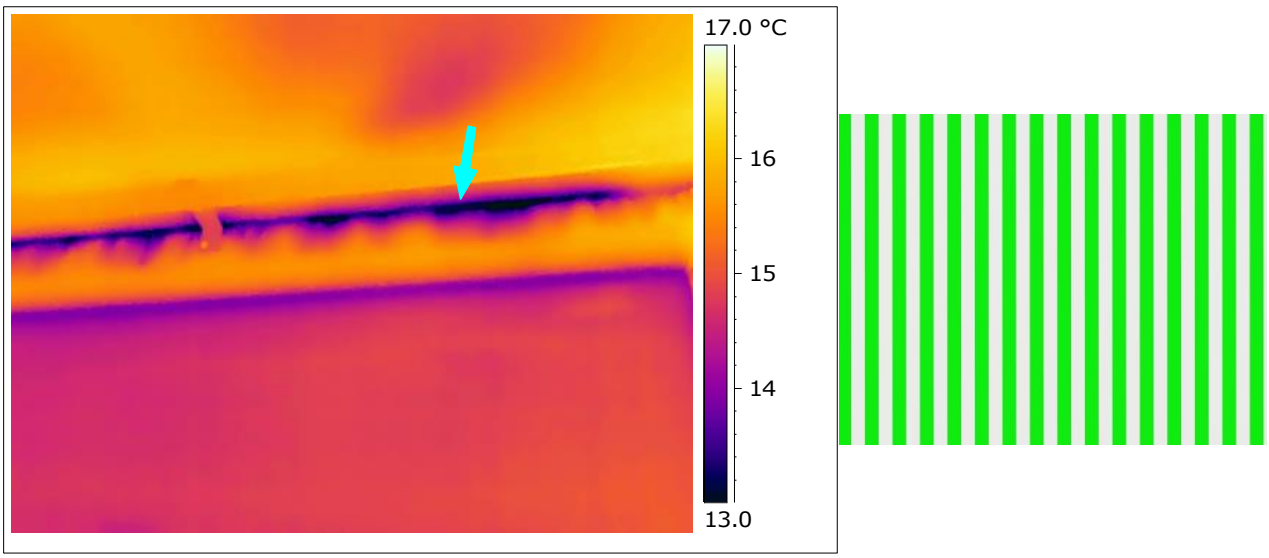
## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Slaapkamer op zolder |

**a)**




**b)**




**Commentaar**

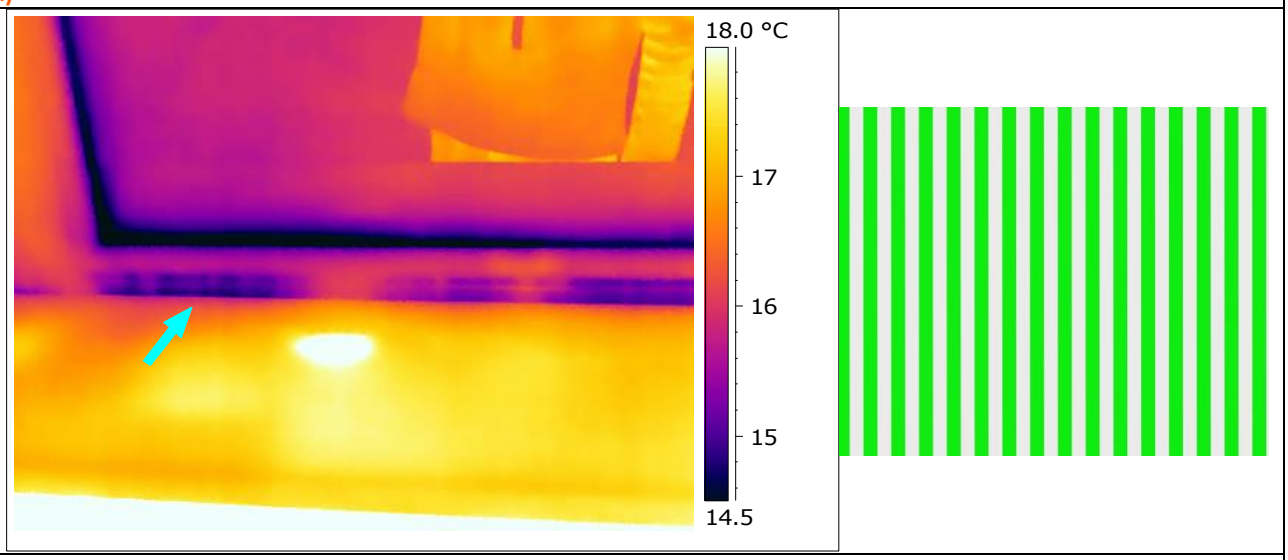
**a) Alle draairamen ontberen tochtstrips waardoor ze flink tochten. Een aantal ramen is ook scheefgezakt (glas is niet goed opgestopt).**
**Koude lucht in het plafond komt via de kier naar binnen.**
**Linker raam is standaard i.p.v. HR++ isolatieglas.**

**b) Detail van de kier.**

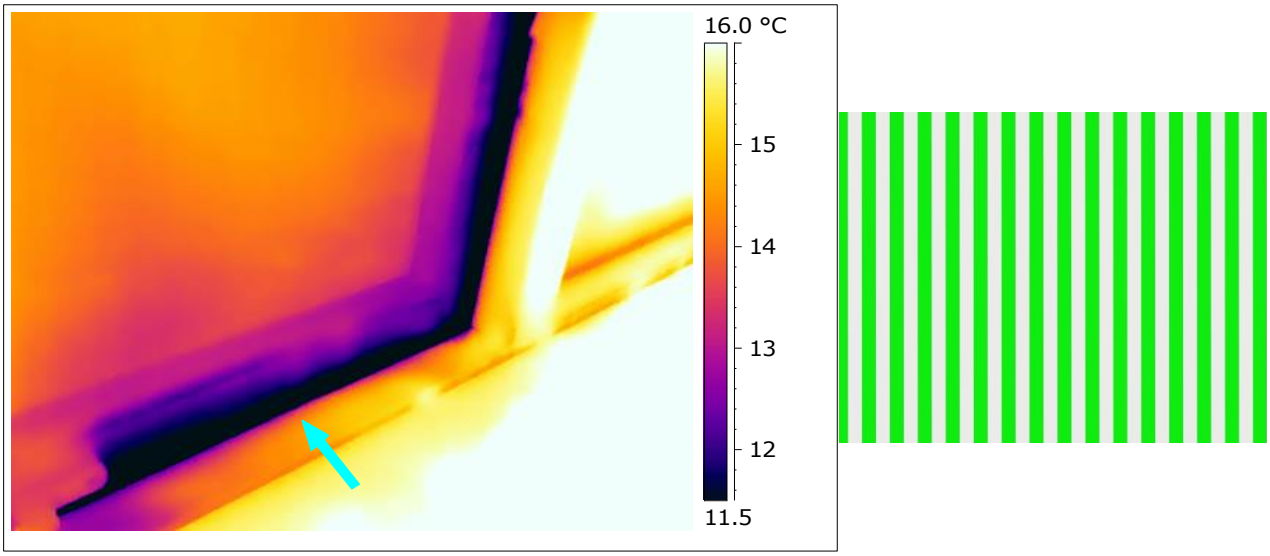
## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Kozijn dakkapel zolder |

**a)**




**b)**

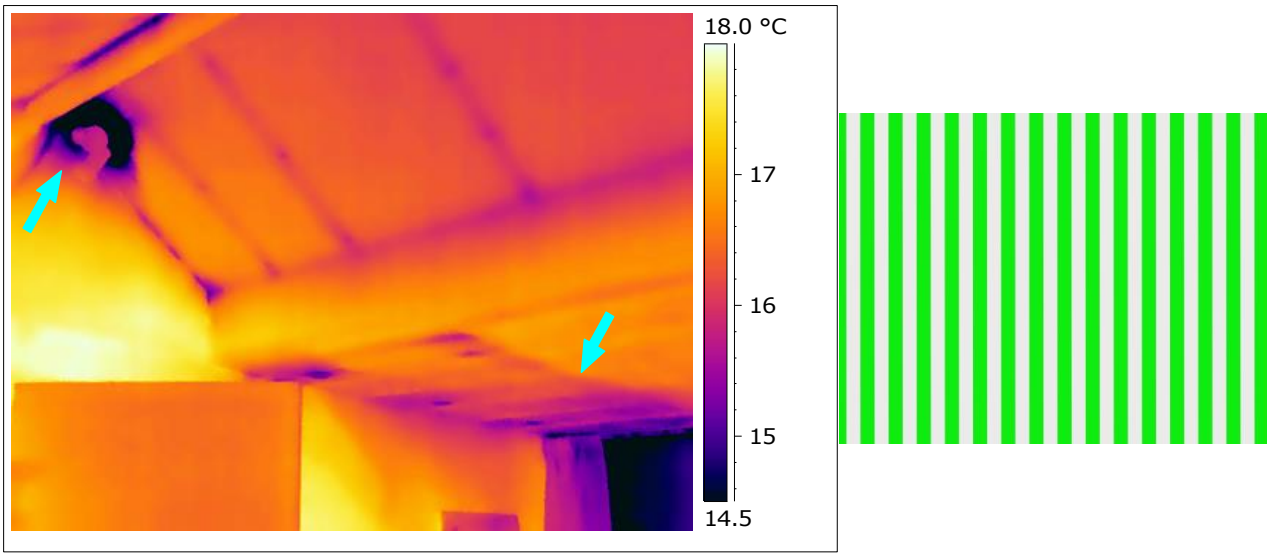



**Commentaar**
**a) Tocht bij de vensterbank.**
**b) Raam tocht door ontbreken tochtstrip.**

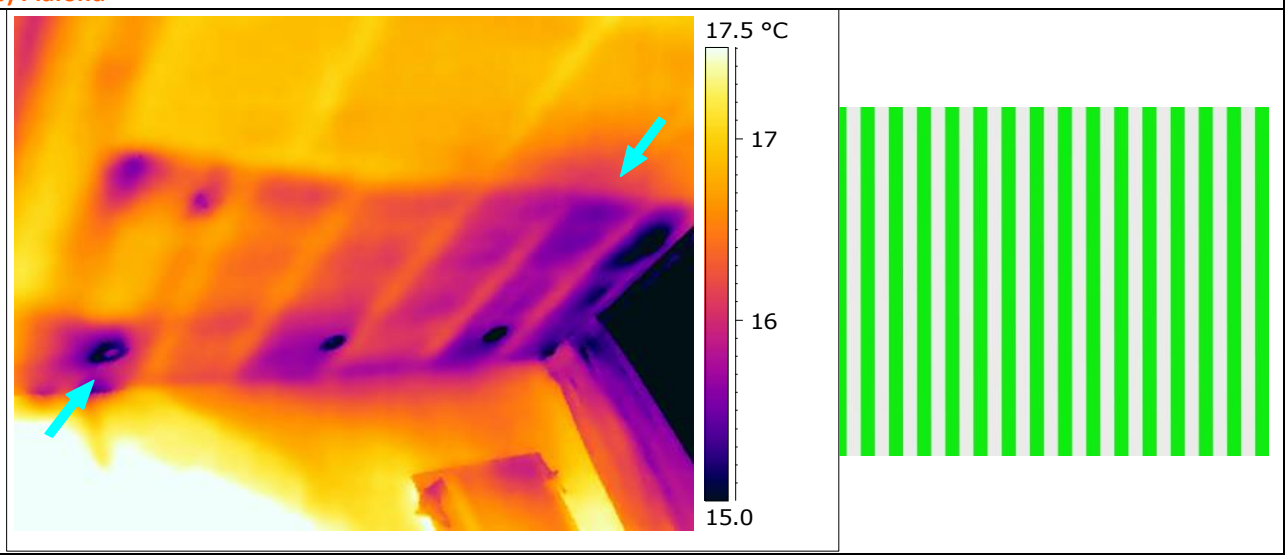
## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Dakkapel op zolder |

**a) Tussenmuur**




**b) Plafond**

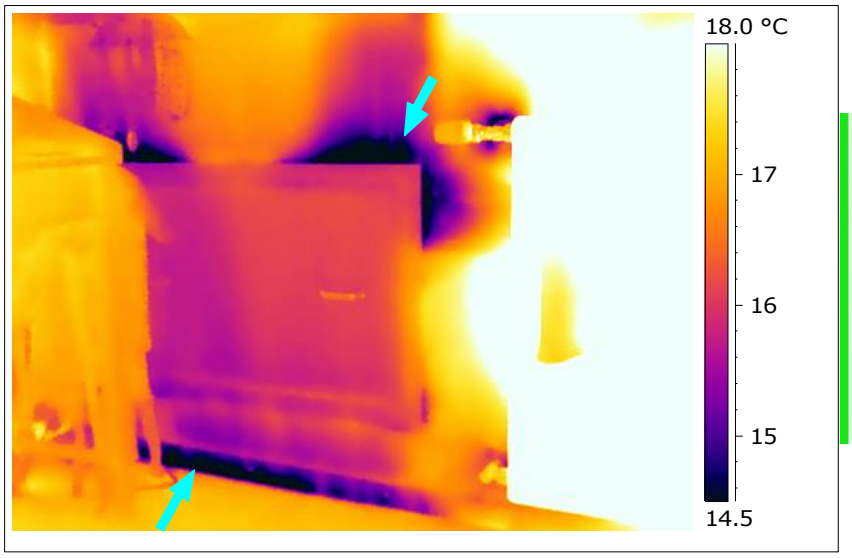



**Commentaar**
**Koude lucht in het plafond, komt via de spots en elektra naar binnen.**
**Linksboven tocht rond de lamp.**

## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Dakkapel op zolder |

**a) Knieschot**




**b) Tussenmuur achter het knieschot**

**Commentaar**

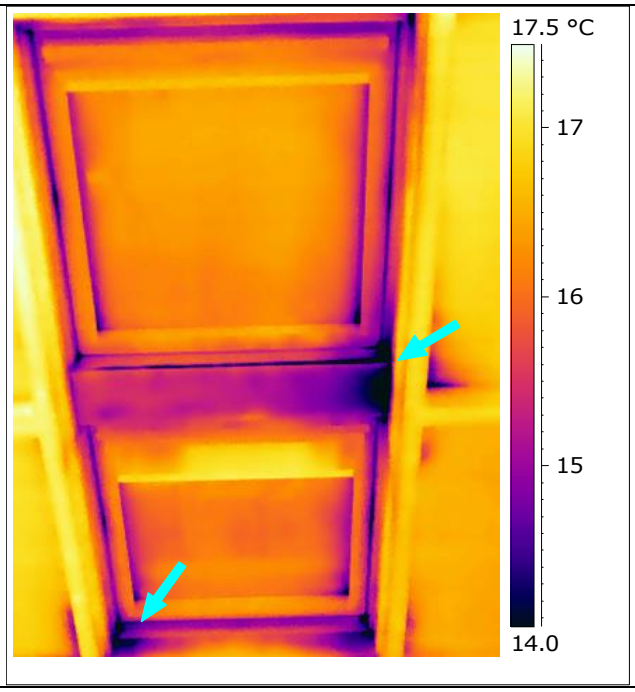
**a) Koude lucht van achter het knieschot. Het dakbeschot, dat bestaat uit houten delen met veel kieren, is enigszins geïsoleerd met 2 cm dikke piepschuimplaten. Die ook kieren.**
**De c.v. leidingen die hier lopen koelen af in de koude, tochtige ruimte.**

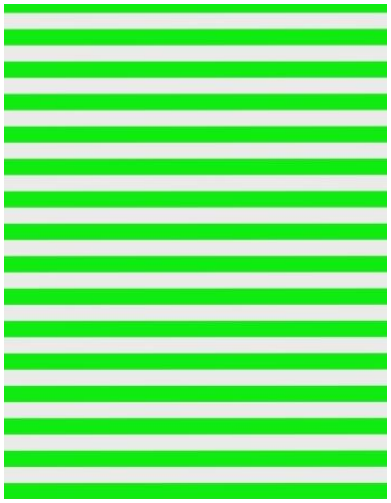
**b)**

## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

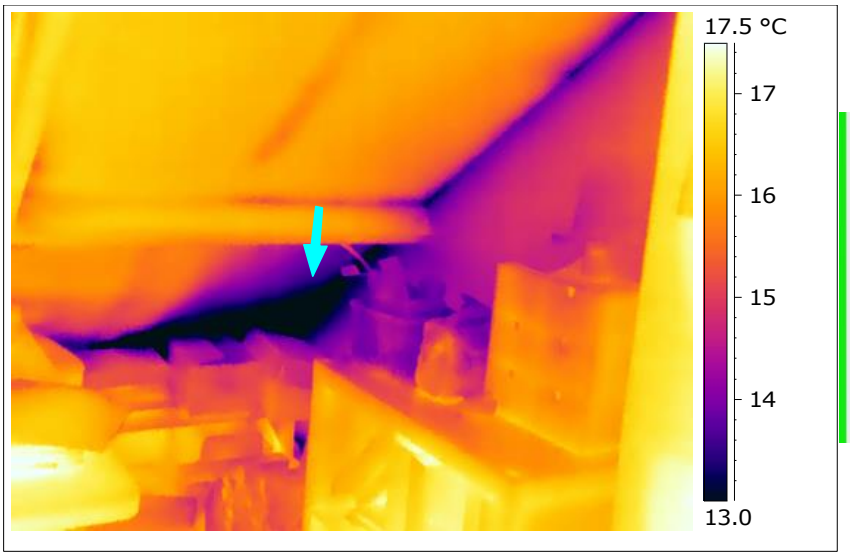
| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Overloop/werkruimte zolder |

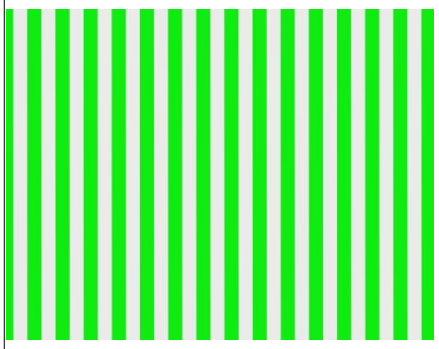
**a)**



**b)**



**Commentaar**

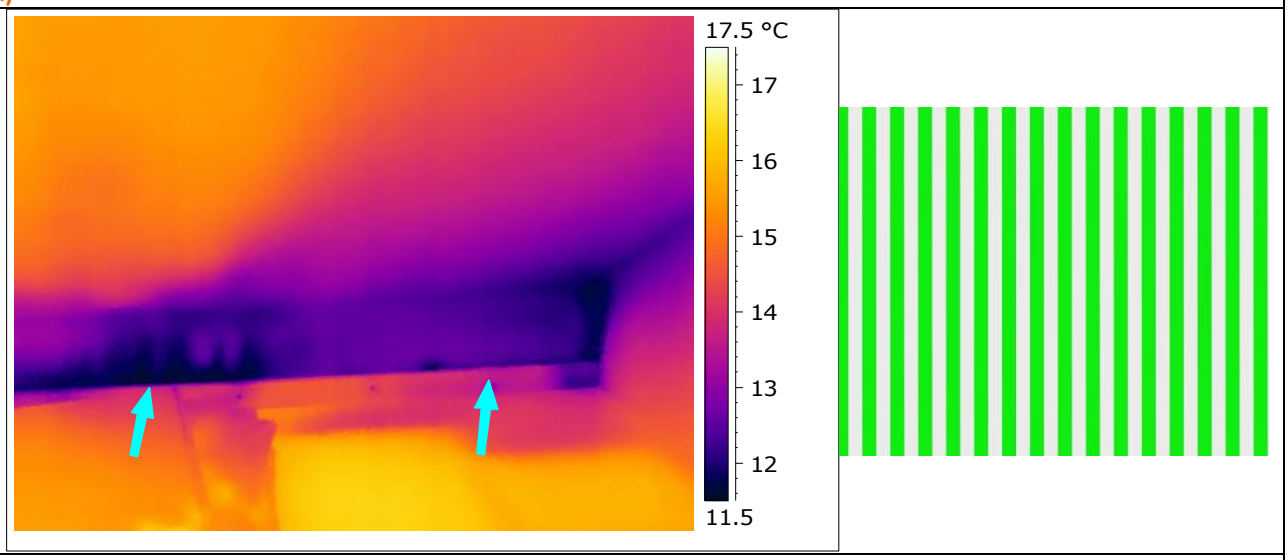
**a) Aftimmering dakramen tocht.**

**b) Veel koude lucht van achter het knieschot (kier tussen knieschot en dak, over de volle breedte). Zie vorige en volgende pagina.**

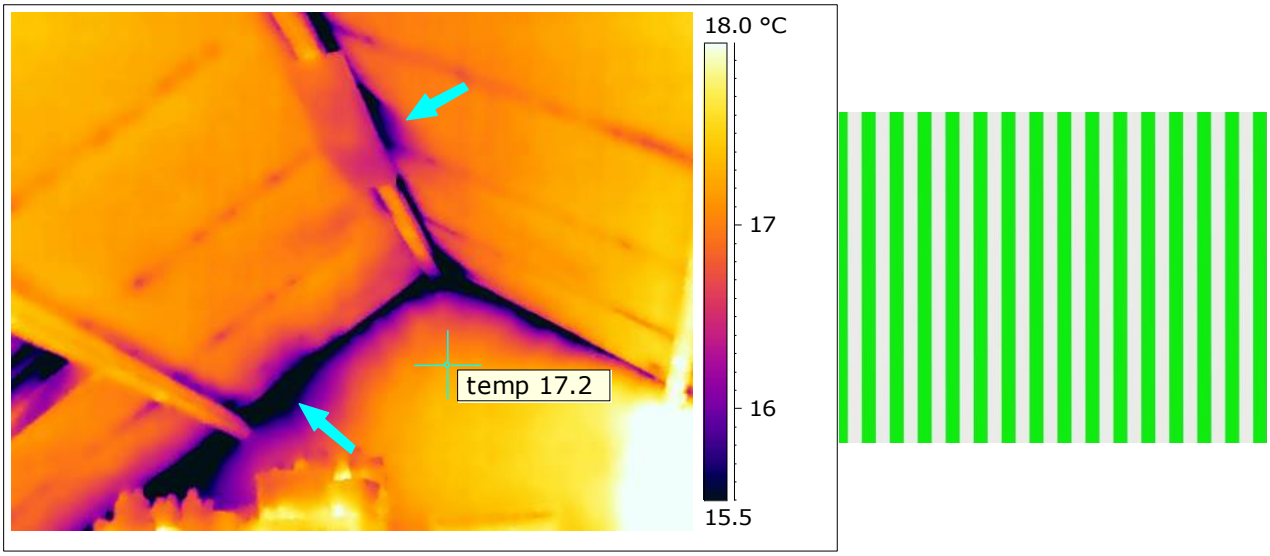
## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | |

**a)**




**b)**




**Commentaar**

**a) De koude lucht die uit de kier tussen knieschot en dak komt koelt het dak af.**

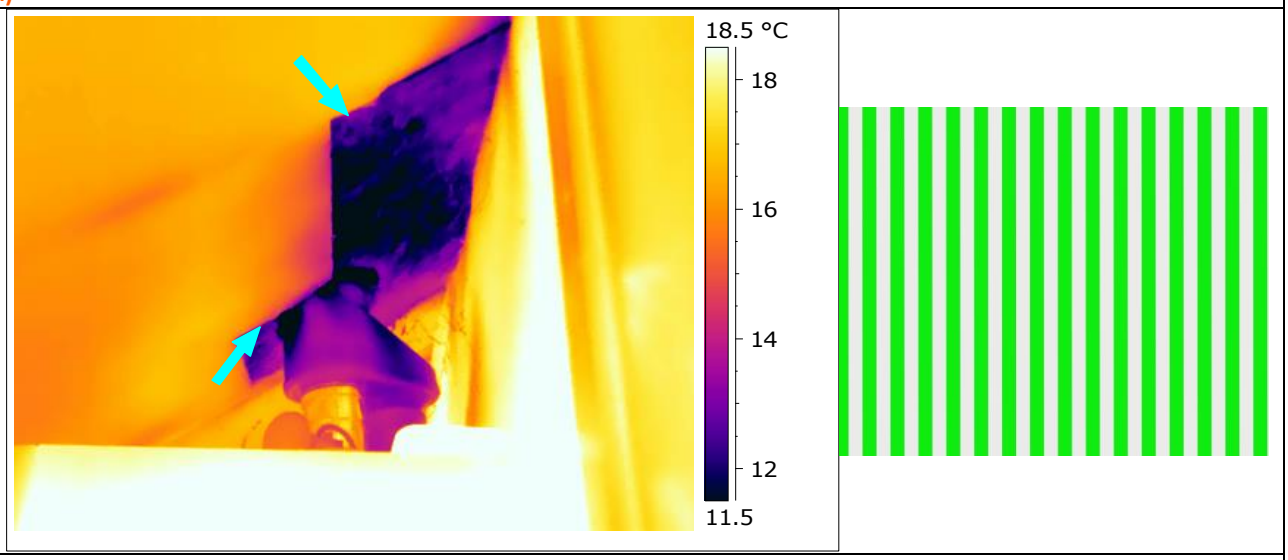
**b) Koude lucht uit de aansluitingen in het dak.**

**Opvallend is dat de gevel warmer is dan de tussenmuur met de buren (15 °C zie eerder).**

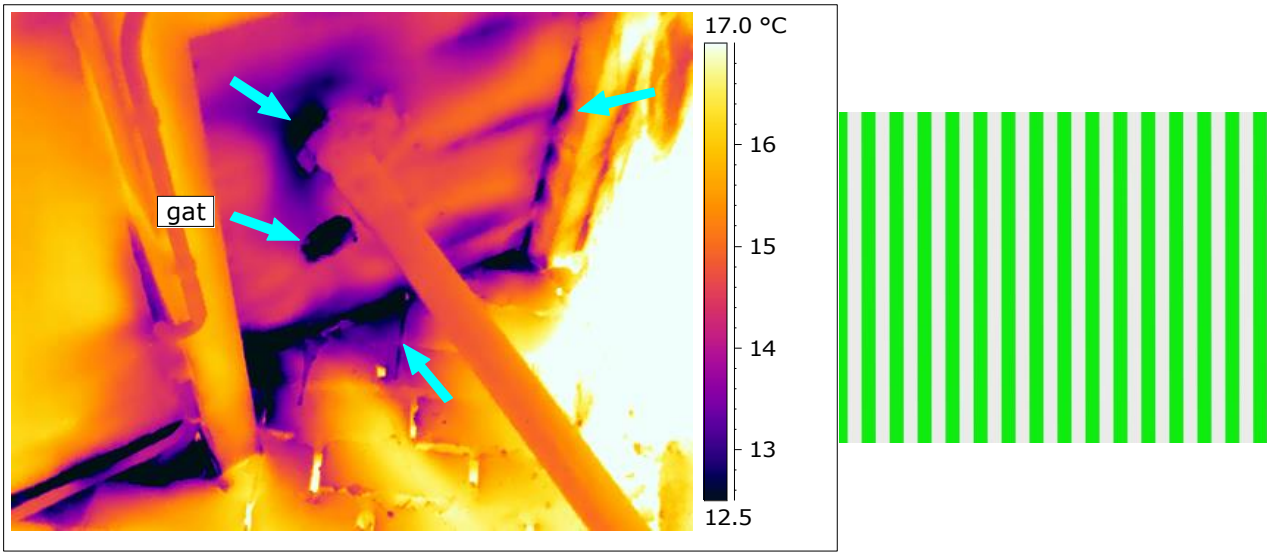
## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | c.v. ruimte op zolder |

**a)**




**b)**




**Commentaar**

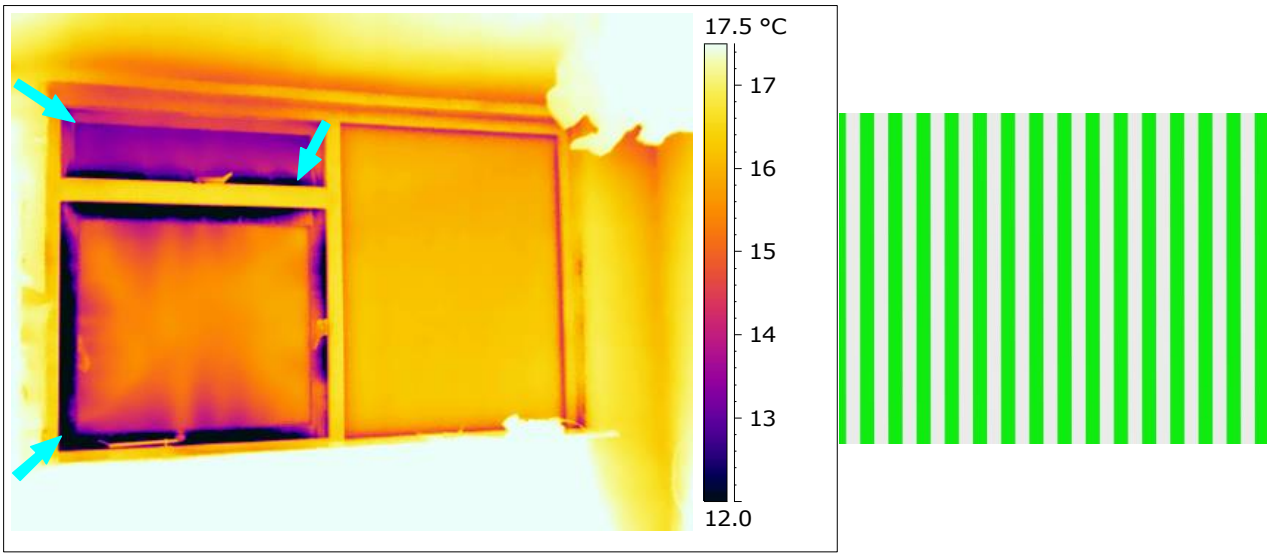
**a) Veel tocht boven de ketel omdat de gipsplaten en folie ontbreken. Zoals aan op de opnamen aan de buitenkant te zien is zorgt dit voor veel warmteverlies. Zeker boven de ketel.**

**b) Veel tocht rond de eterniet plaat, de ontluchting van het riool. Daarnaast zit nog een gat in het dak. Via het trappenhuis, dat vanaf de BG open is, wordt de ontsnappende lucht van beneden af aangevuld, waardoor behoorlijk warmteverlies optreedt.**

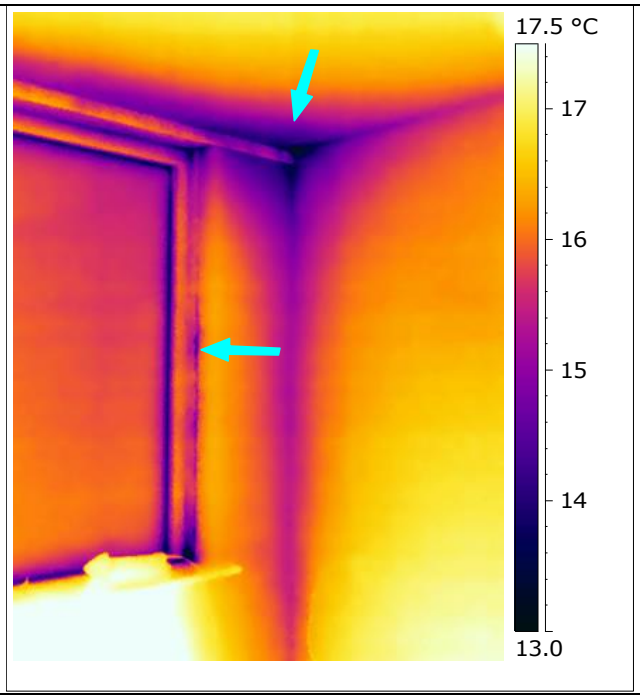
## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Achterkamer 1e verdieping |

**a)**




**b)**




**Commentaar**

**a) Glas van het bovenlicht is enkel. De originele, opdek, tochtstrip dicht niet meer goed af.**
**Ook dit raam tocht fors door het ontbreken van tochtstrips.**

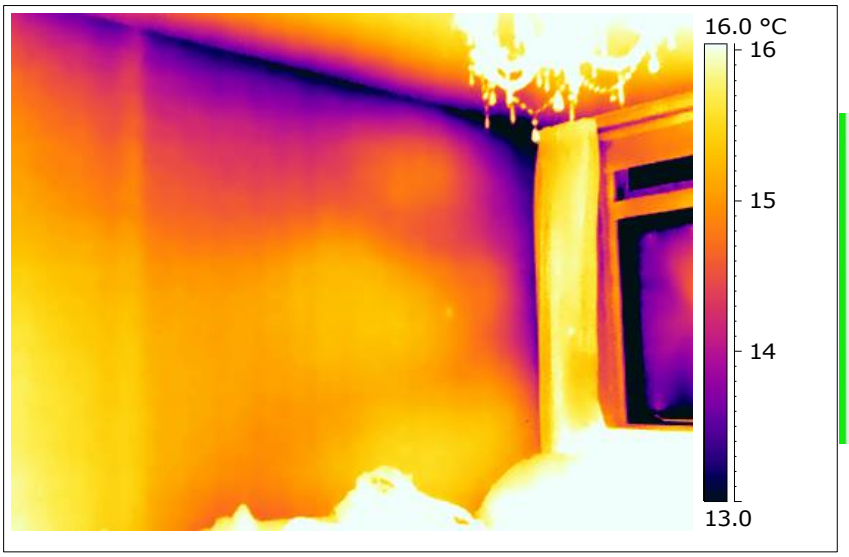
**b) Koude binnenhoek.**
**Beetje tocht van achter de aftimmering.**

## Thermografische opnamen binnenzijde

Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Voorkamer 1e verdieping voor |

**a)**




**Commentaar**

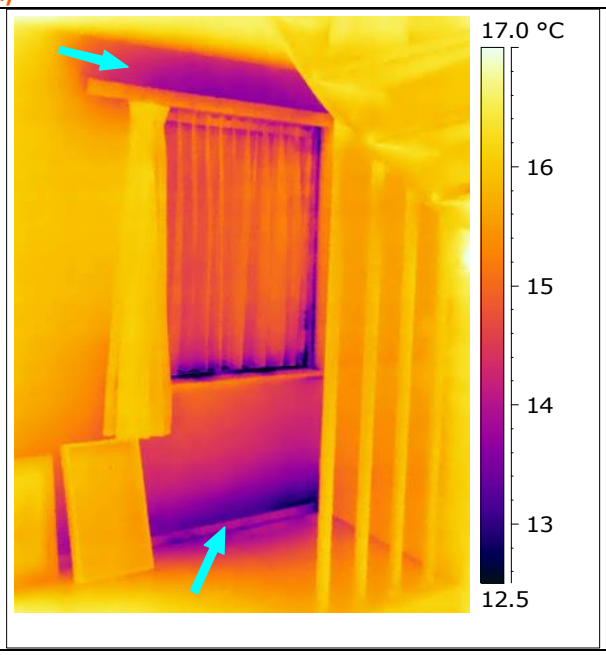
**a) Het temperatuurverloop doet vermoeden dat de muur met de buren een spouwmuur is.**

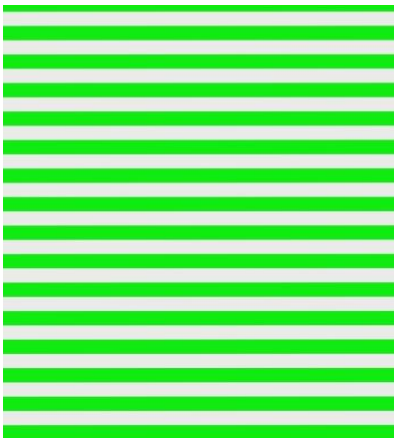
## Thermografische opnamen binnenzijde

Woning in onderdruk

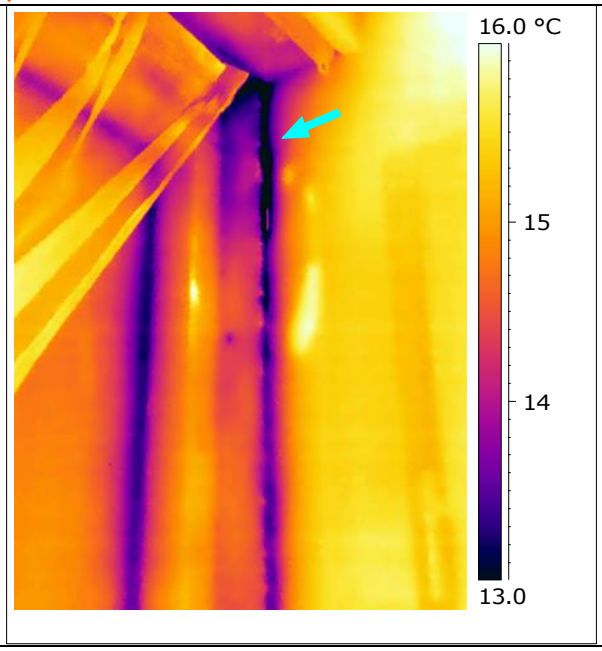
| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Overloop |

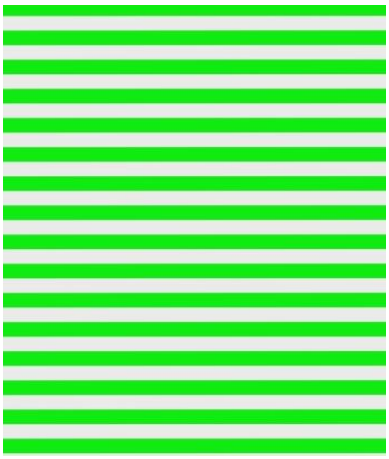
**a)**



**b)**



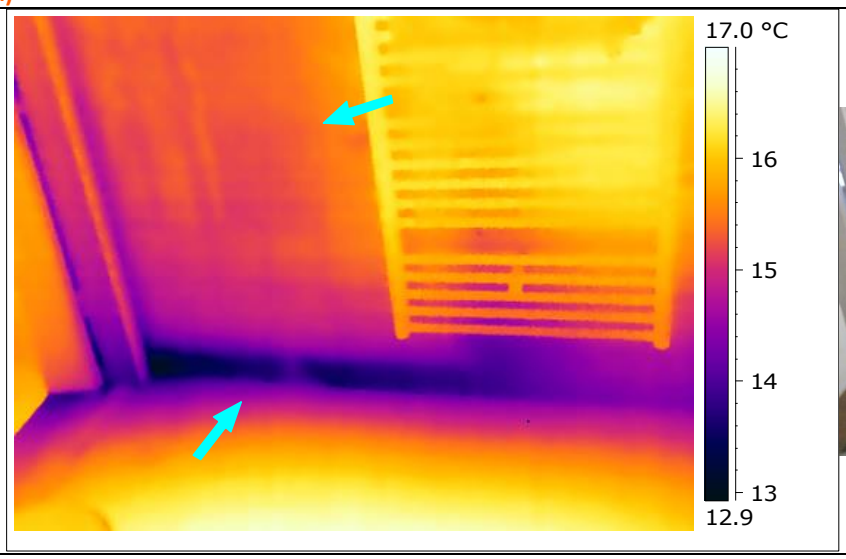
**Commentaar**

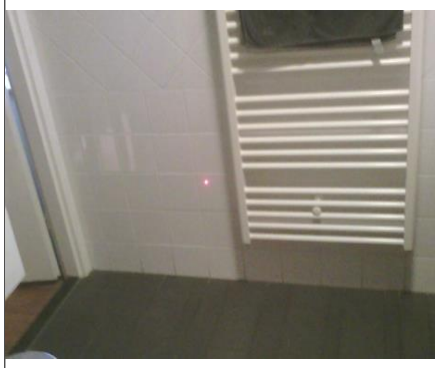
**a) De latei boven het kozijn is een koudebrug.**
**Ook onder het kozijn een koudebrug.**
**b) Tocht langs de aftimmering van het kozijn**

## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

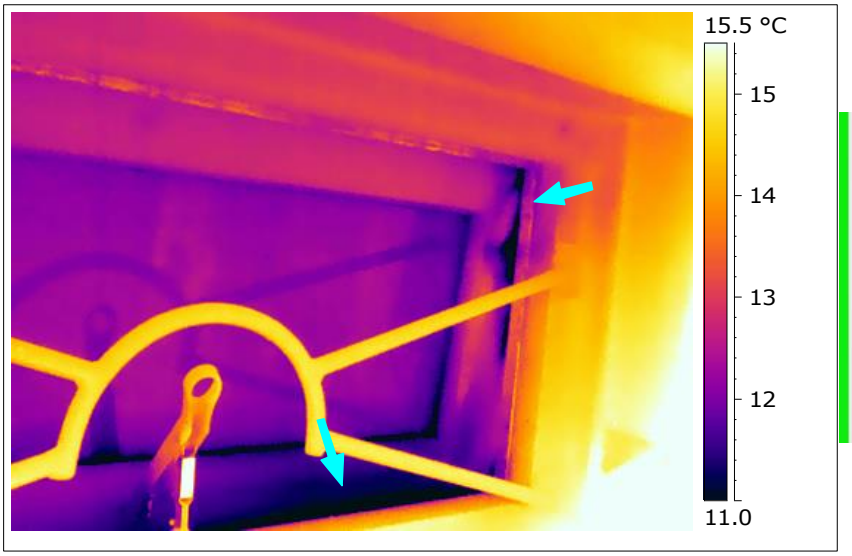
| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Badkamer |

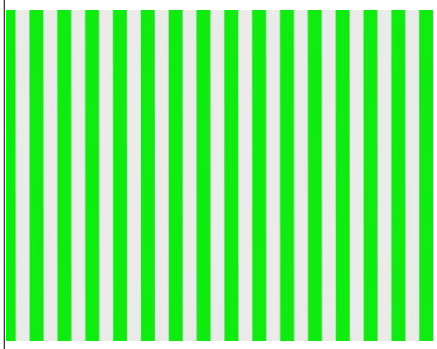
**a)**



**b)**



**Commentaar**

**a) Achter de tegels zit de balkondeur. Koudebrug bij de vloer. Dit kan de onderdorpel van het deurkozijn zijn dat achter de wand is weggewerkt.**

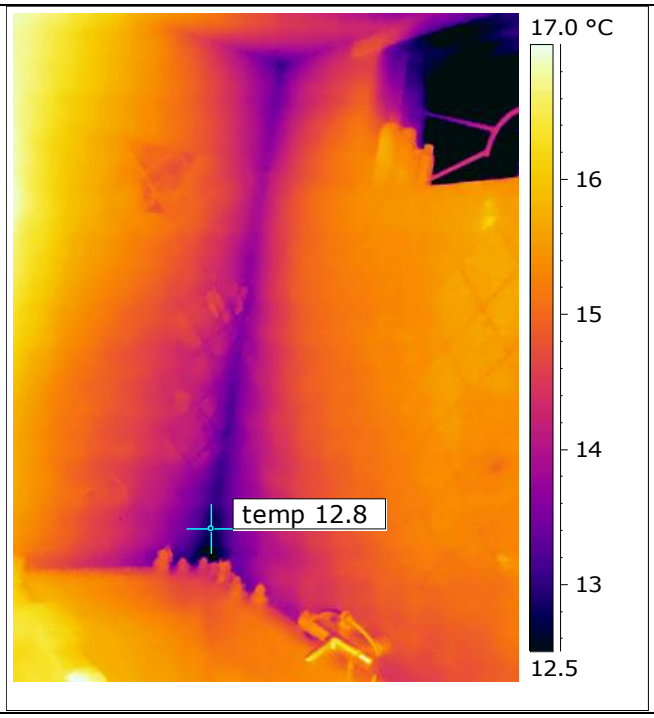
**b) Het raam klemt en staat daardoor 5 cm open.**

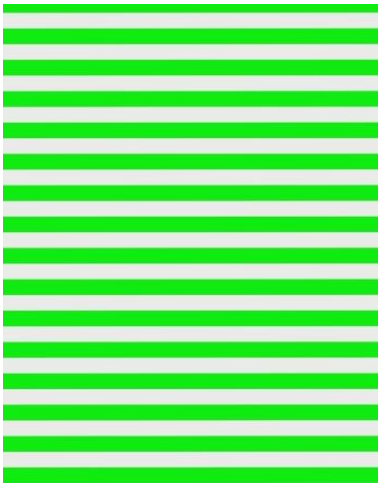
## Thermografische opnamen binnenzijde

Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | |

**a)**



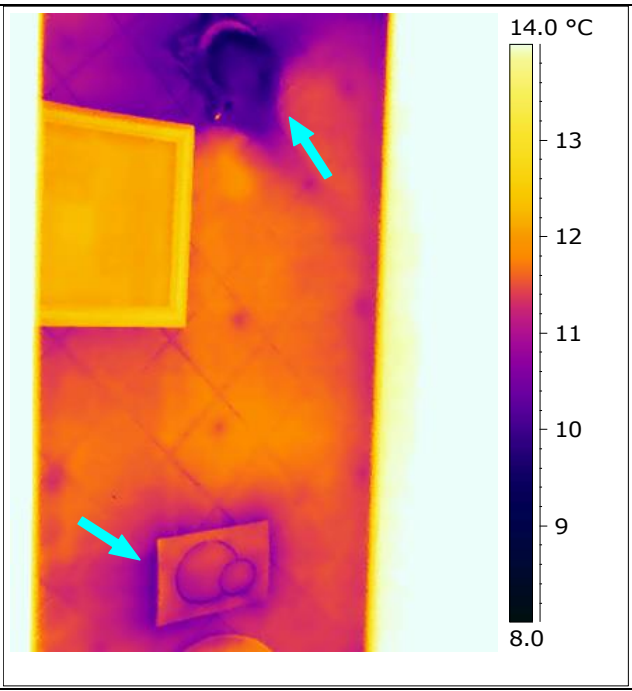
**Commentaar**

**a) De binnenhoek is behoorlijk koud. Hier zou schimmel kunnen ontstaan.**

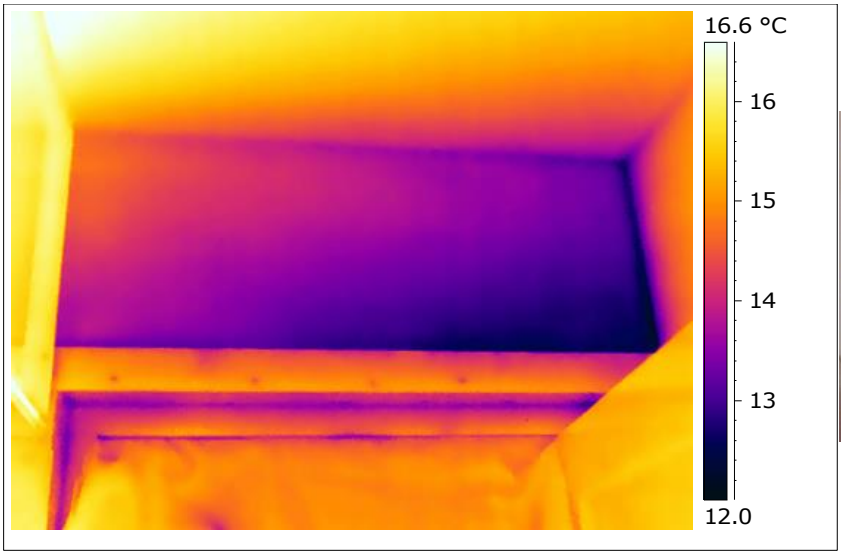
## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

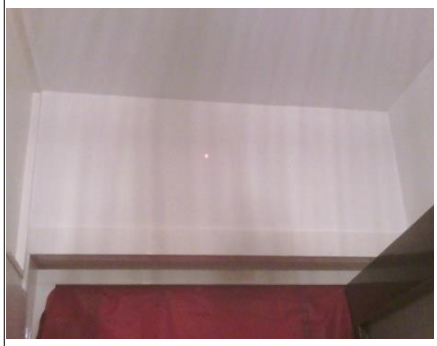
| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Begane grond |

**a) Toilet**



**b) Voordeur**



**Commentaar**

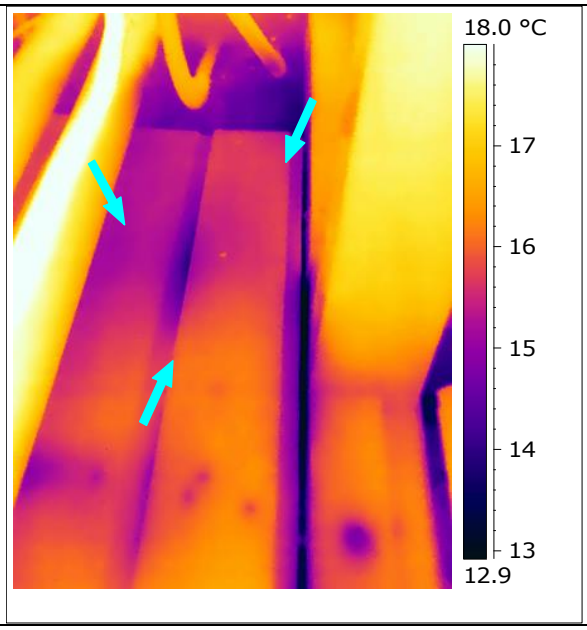
**a) De natuurlijke ventilatie gaat rechtstreeks naar buiten. Had ik niet goed afgeplakt.**
**Wat koude lucht uit de drukplaat. Dit komt of langs het riool uit de kruipruimte, of uit de spouw achter het Inbouwreservoir.**

**b) Boven de voordeur is het vrij koud, terwijl dit t.p.v. het dak van de garage is.**

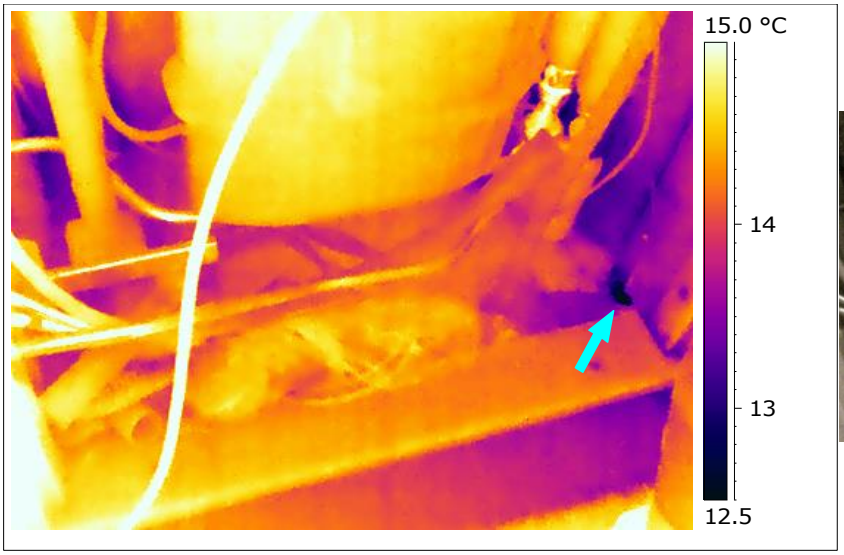
## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Meterkast |

**a)**



**b)**



**Commentaar**

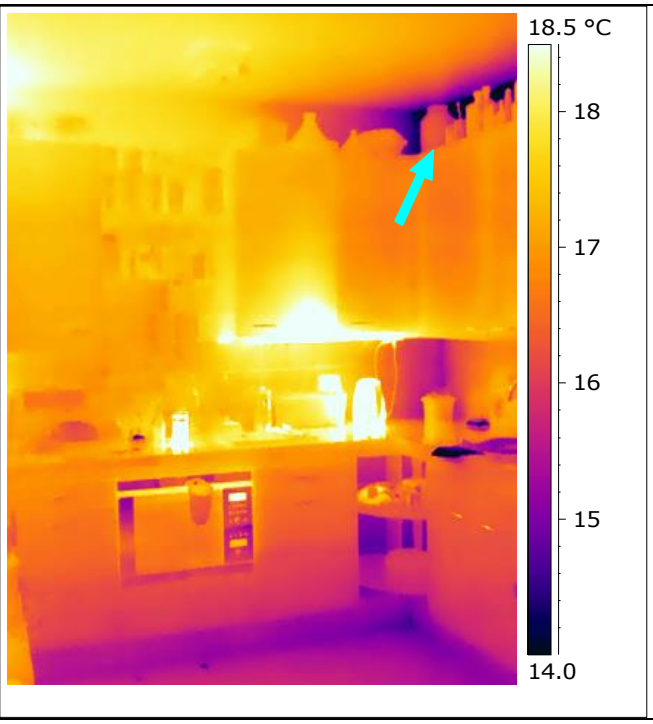
**a) De binnenzijde van de gevel is afgewerkt met schroten. Tussen de schroten en het kozijn tocht het.**

**b) Kleine gaten naar de kruipruimte. BG vloer is beton. Achter de voordeur een stukje in het werk gestort. De rest Kwaaitaal.**

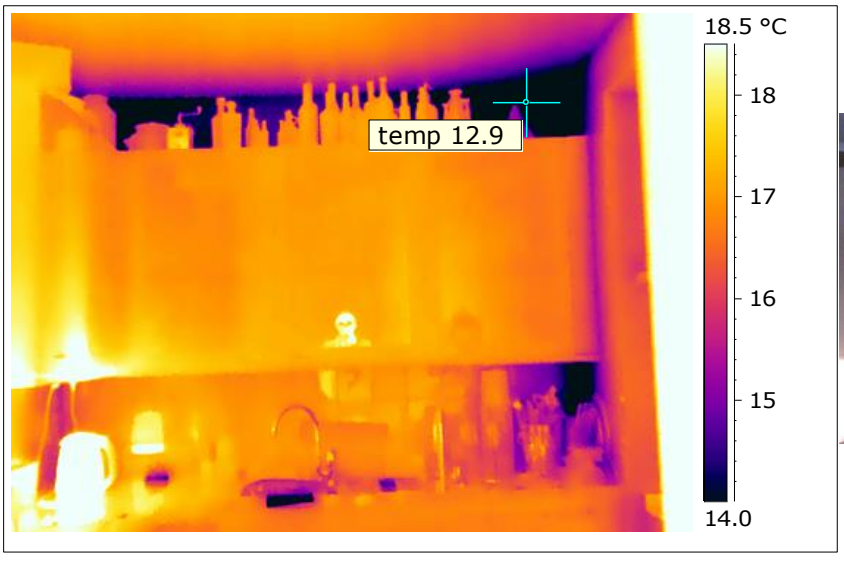
## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

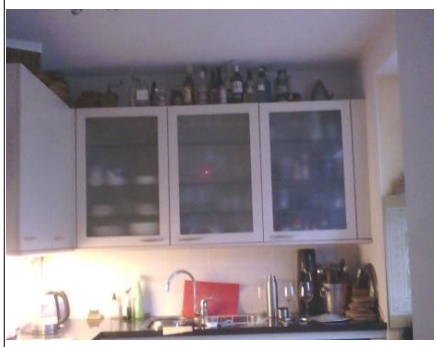
| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Keuken |

**a)**



**b)**



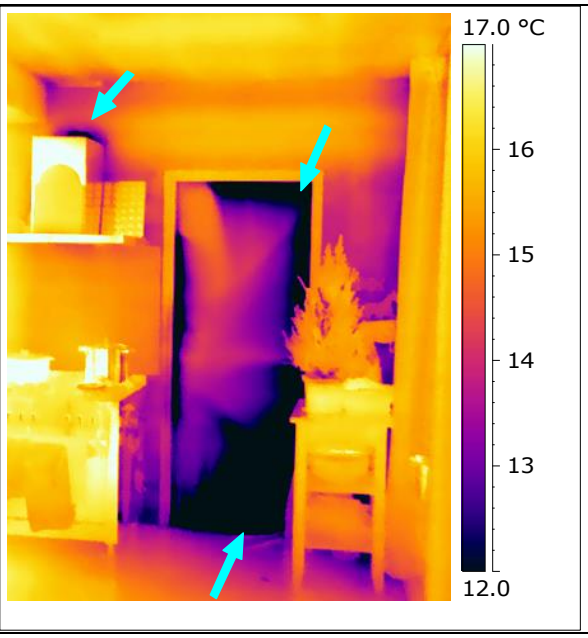



**Commentaar**
**Boven de kasten is de muur (garage) behoorlijk koud.**

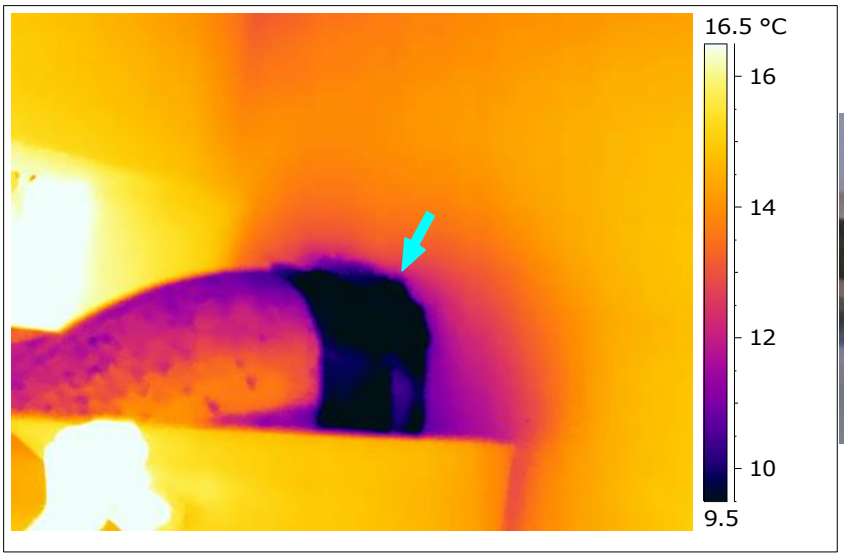
## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

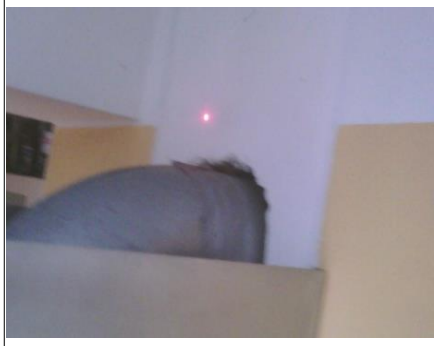
| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Uitbouw keuken |

**a)**



**b)**



**Commentaar**

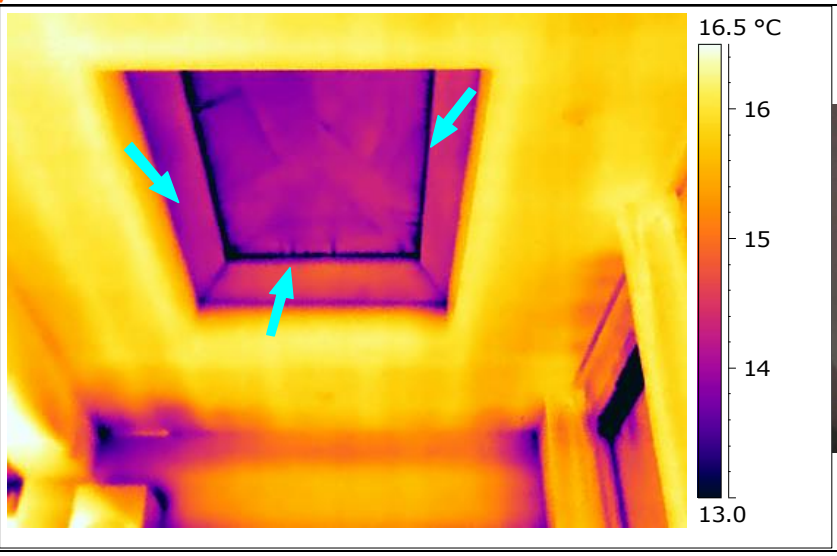
**a) De deur naar de garage is erg krom (door het temperatuurverschil) en laat veel koude lucht door.**

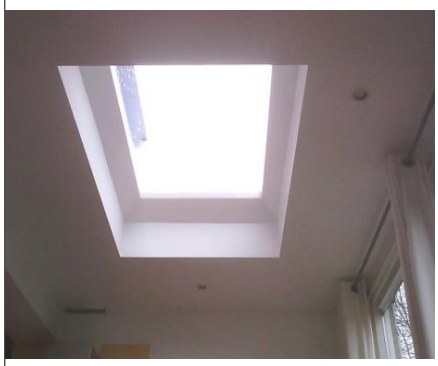
**b) Veel koude lucht uit de garage. Rond de pijp van de afzuigkap zit 1 cm ruimte.**

## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

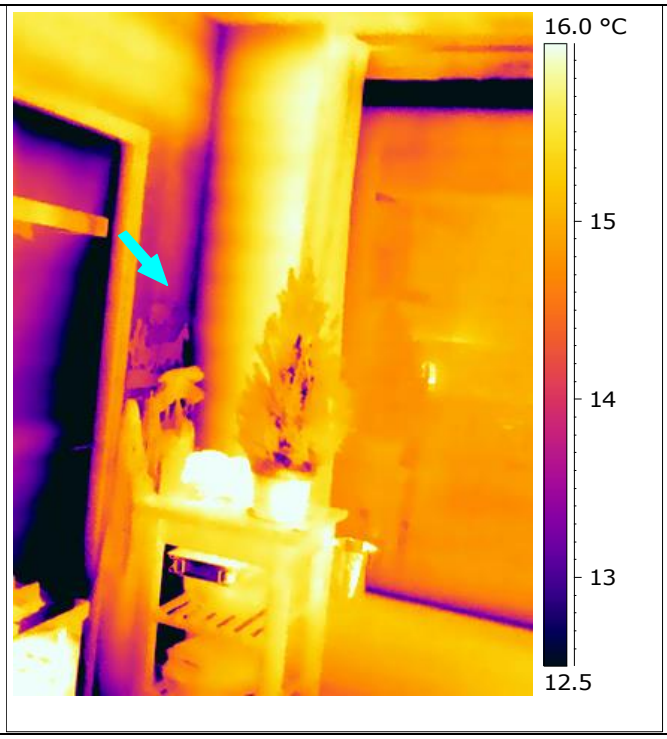
| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Uitbouw keuken |

**a)**



**b)**



**Commentaar**

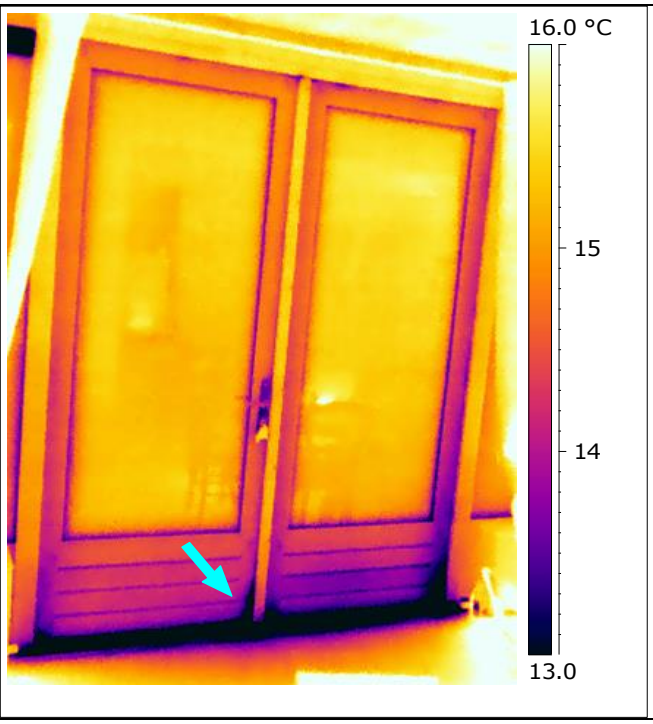
**a) Deze (drievoudige) lichtkoepel tocht. Oplossing is om de koepel met nieuw tochtband op de opstand monteren.**

**b) Koude binnenhoek.**

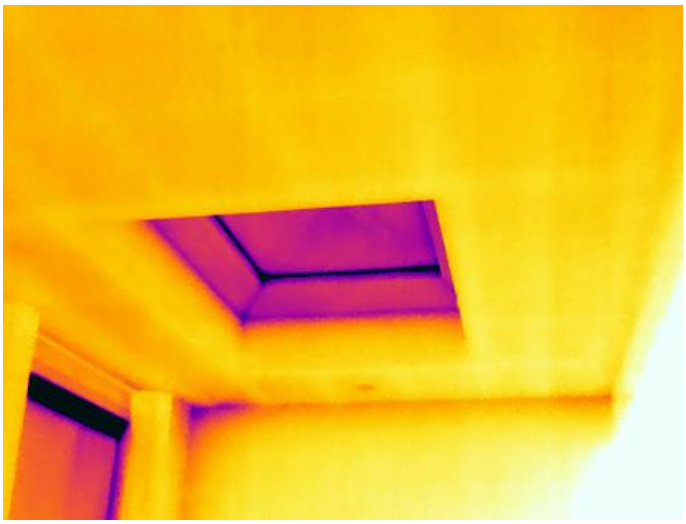
## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Uitbouw keuken |

**a)**



**b)**



**Commentaar**

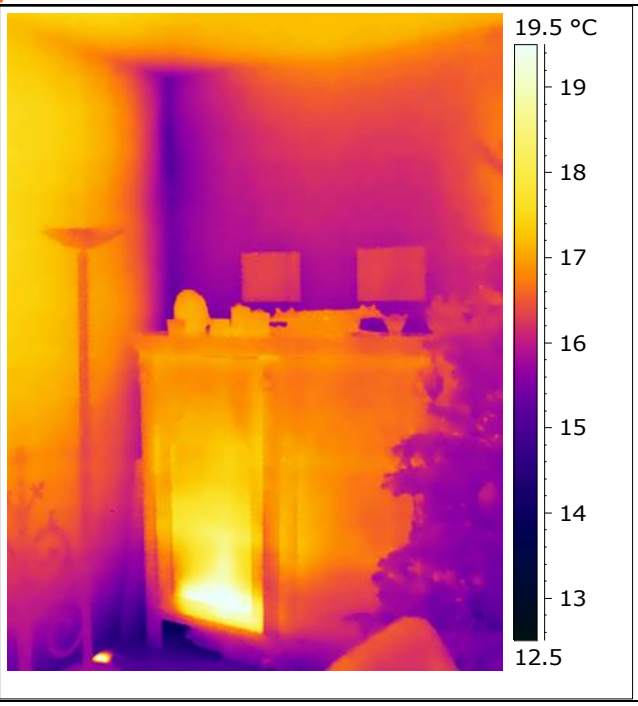
**a) Deurstel tocht onderin iets.**

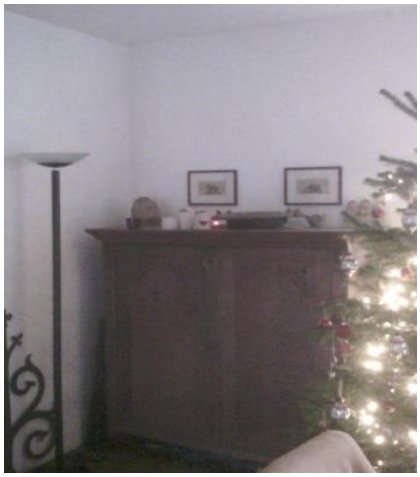
**b) Deze lichtkoepel is ooit vervangen en wel luchtdicht gemonteerd.**

## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

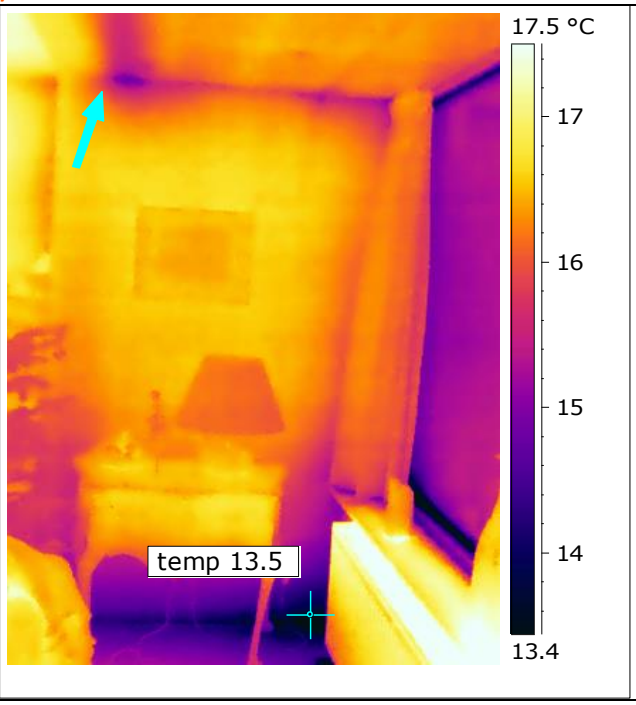
| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Woonkamer |

**a)**



**b) Erker**



**Commentaar**

**a) Voorgevel is relatief koud. Dat komt deels door de kast.**
**b) Koude lucht in het plafond, of dit is de stalen balk in de gevel.**
**Koude binnenhoek.**

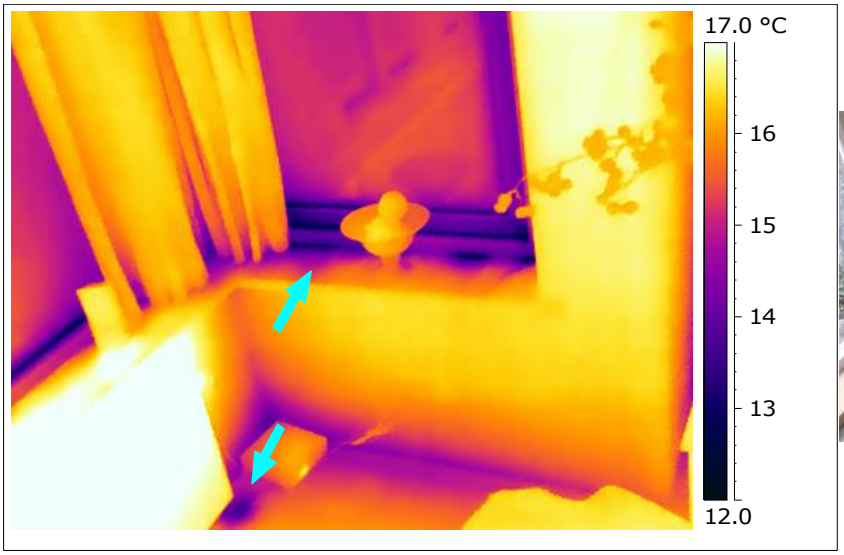
## Thermografische opnamen binnenzijde

Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | Linker (van buiten gezien) zijgevel erker |

**a)**

**b)**

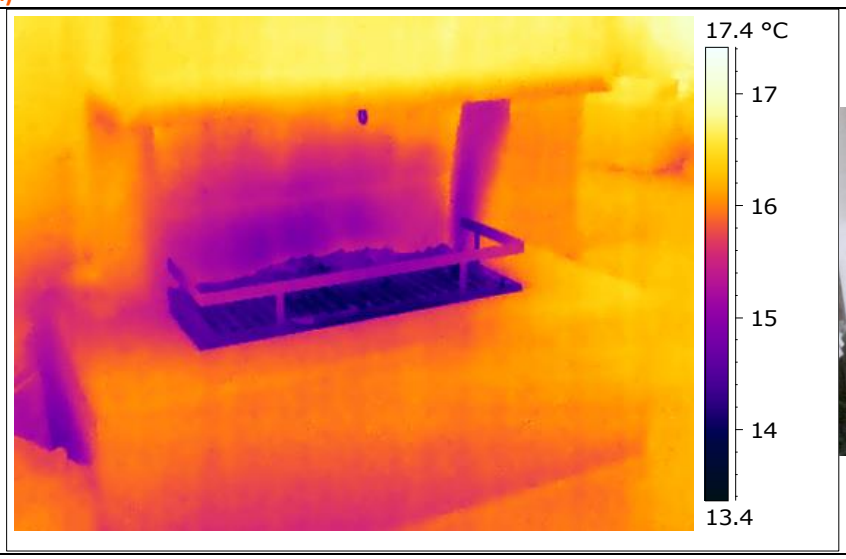


**Commentaar**
**a) Erg koude binnenhoek in de aansluiting erker-originele gevel.**
**De latei boven het kozijn is ook goed zichtbaar.**
**b) Koude lucht uit de aansluiting kozijn-vensterbank en uit de kruipruimte langs de c.v. leiding.**

## Thermografische opnamen binnenzijde
Woning in onderdruk

| | |
|---|---|
| Doel meting: | Onderzoek warmte- en luchtlekken |
| Locatie: | |
| Verdieping / bouwdeel / Constructiedeel: | |

**a)**



**Commentaar**

**a) Tja, de openhaard. Zelfs met de klep dicht gaat door de schoorsteen warmte verloren.**