

# Luchtstroming boven radiatoren en convectoren



door: ing. J.C. Aerts en ir. A.M. van Weele\*

## 1. Inleiding

In 1981 is in opdracht van de stichting ISSO een onderzoek gestart naar het vermogen van verwarmingslichamen in niet genormeerde opstelling. Voor de begeleiding van het onderzoek is de ISSO contactgroep 11 "Warmteafgifte radiatoren en convectoren" opgericht. Doel van het onderzoek was:

- Opstellen van de Nederlandse norm NEN 5065 "CV-radiatoren en -convectoren - Bepaling van het vermogen".
  - Opstellen van een ISSO publikatie "Vermogen van radiatoren en convectoren bij niet genormeerde opstelling".
- In deze publikatie wordt een berekeningsmethode gegeven waarmee men het vermogen van een radiator of convector voor een bepaalde praktijkopstelling kan berekenen.

Beide publikaties zijn in mei 1986 gepubliceerd.

In het kader van voornoemd onderzoek is ook de luchtstroming bij verwarmingslichamen bestudeerd [1].

De foto's die bij dit artikel zijn opgenomen geven een beeld van het luchtstromingspatroon dat zichtbaar is gemaakt door middel van rook. De in de lucht gebrachte rook beïnvloedt het stromingspatroon niet doch maakt deze door middel van een speciale lichtbundel wel zichtbaar. Het is gebruikelijk verwarmingslichamen onder een raam te plaatsen. Hierdoor wordt de relatief lage oppervlakte-temperatuur van het raam gecompenseerd, wordt koudeval van het raam gecompenseerd en wordt koudeval van het raam in het vertrek voorkomen, zie figuur 1 en 2.

Een nadeel is, dat de warme lucht van het verwarmingslichaam tijdens het opstijgen langs het raam sterk afkoelt. Hierdoor ontstaat een relatief grote ongewenste warmtestroom door het raam naar buiten toe. Met een vensterbank kan voorkomen worden dat de warme lucht langs het raam stroomt. Het is daarom interessant de luchtstromen boven een verwarmingslichaam te kennen afhankelijk van:

- Vensterbankbreedte  $b_v$  en de afstand tussen verwarmingslichaam en vensterbank  $k$ ;
- Gemiddelde temperatuur van het verwarmingslichaam;
- Temperatuur van het glasoppervlak (enkel- en dubbelglas);

\*) Medewerkers stichting ISSO



Figuur 1: Koude lucht van het raam stroomt de kamer in. Het verwarmingslichaam staat uit.



Figuur 2: M.b.v. een verwarmingslichaam wordt een koude luchtstroom in de kamer voorkomen.

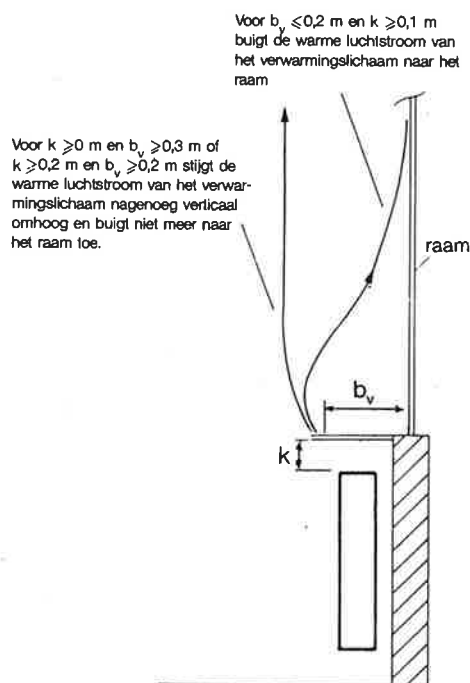
- Vensterbank met gordijn.

Afhankelijk van de vensterbankbreedte  $b_v$  en de afstand  $k$  is in de figuren 3 en 4 door middel van pijlen aangegeven welke verschillende luchtstromen er kunnen optreden. Figuur 3 geeft de luchtstromen bij een gemiddelde temperatuur van het verwarmingslichaam van circa  $80^\circ\text{C}$  en figuur 4 bij een temperatuur van circa  $50^\circ\text{C}$ . De glaswandtemperatuur aan de binnenzijde is in beide gevallen  $10^\circ\text{C}$ . Het vervolg van dit artikel is gewijd aan de verschillende luchtstromingen.

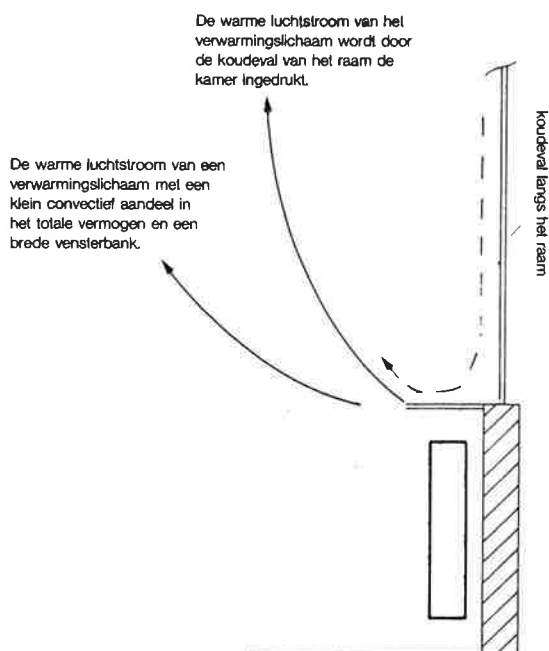
## 2. Convectieve luchtstroming bij verwarmingslichamen geplaatst voor een buitenwand onder een raam.

### 2.1. Verwarmingslichamen zonder vensterbank

Ongeacht het type verwarmingslichaam en bij normaal voorkomende gemiddelde temperaturen tussen  $50^\circ\text{C}$  en



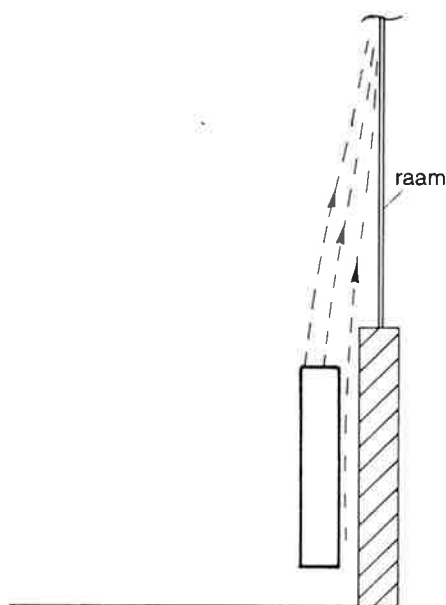
Figuur 3: De vensterbank beïnvloedt het luchtstromingspatroon. De gemiddelde temperatuur van het verwarmingslichaam is 80°C.



Figuur 4: Het luchtstromingspatroon bij een gemiddelde oppervlaktetemperatuur (verwarmingslichaam) van 50°C.

80°C stroomt de warme lucht van het verwarmingslichaam langs het raam omhoog, zie figuur 5. In deze situatie is er een ongewenste extra warmtestroom door het raam naar buiten. De temperatuur van de glaswand met het in figuur 5 gegeven stromingsbeeld mag minimaal 2°C zijn (tem-

peratuur van enkelglas bij een buitentemperatuur van -7°C). Als de temperatuur van de glaswand lager is dan 2°C kan koudeval langs het raam optreden.



Figuur 5: De warme lucht van het verwarmingslichaam stroomt langs het raam omhoog. Hierdoor ontstaat bij het raam een extra warmtestroom naar buiten toe. Een dergelijke luchtstroom treedt op bij een temperatuur van het verwarmingslichaam tussen 50°C en 80°C. De minimale oppervlaktetemperatuur van binnenzijde glas is circa 2°C.

## 2.2 De luchtstromen boven een verwarmingslichaam met een vensterbank

Bij een gemiddelde temperatuur van het verwarmingslichaam van circa 80°C ontstaan er, afhankelijk van de vensterbankbreedte  $b_v$  en de afstand  $k$ , twee verschillende luchtstromingspatronen.

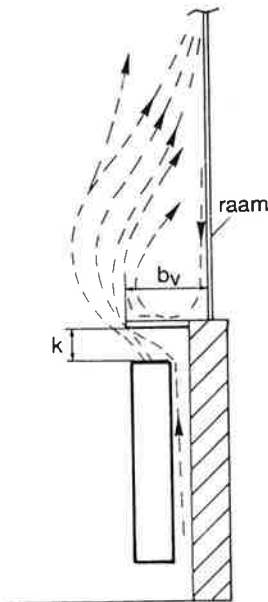
- De luchtstroom buigt naar het raam toe (figuren 6 en 7);
- De luchtstroom buigt niet naar het raam toe (figuren 8 en 9).

De warme luchtstroom buigt naar het raam toe, zie figuur 6 en 7

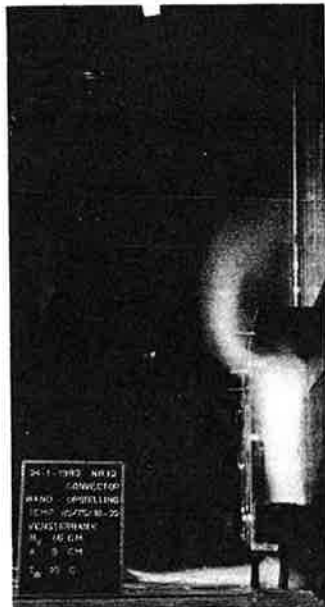
Het naar het raam buigen van de luchtstroom wordt veroorzaakt door het Coanda-effect (zie punt 6). Het raakpunt van de luchtstroom aan het raam is afhankelijk van de snelheid van de lucht en daarmee afhankelijk van het type verwarmingslichaam. Verwarmingslichamen met veel convectie (groot convectief aandeel in het totale vermogen) brengt een grote luchtsnelheid teweeg. Het drukverschil over de luchtstroom is hierdoor groter, waardoor de luchtstroom eerder naar het raam toe buigt en het raakpunt laag komt te liggen. Bij lagere luchtsnelheden (lager convectief aandeel) is het drukverschil over de luchtstroom kleiner, en dus ligt het raakpunt van de warme luchtstroom aan het raam hoger.

Onder het raakpunt is een koudere dalende luchtstroom langs het raam (zie figuur 6). De minimale glaswandtemperatuur voor dit type luchtstroom is 10°C. Een glaswandtemperatuur lager dan 10°C kan door een toename

van de koudeval de in de figuren 6 en 7 aangegeven luchtstroom verstoren.



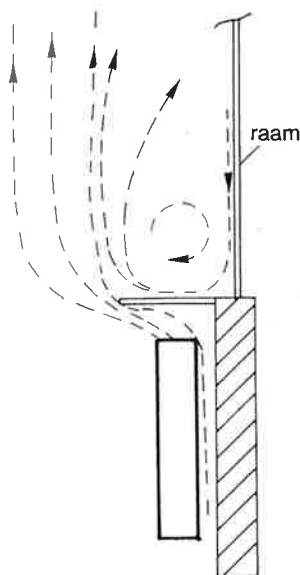
**Figuur 6:** De warme luchtstroom buigt naar het raam; indien  $b_v \leq 0,2$  m en  $k \leq 0,1$  m stroomt de lucht langs het glas omhoog



**Figuur 7:** De luchtstroom buigt naar het raam.

De warme luchtstroom buigt niet naar het raam, zie figuur 8 en 9

Nadat de warme luchtstroom de vensterbank is gepasseerd, stroomt deze onmiddellijk nagenoeg verticaal omhoog. De koudere luchtstroom van het raam buigt gedeeltelijk weer



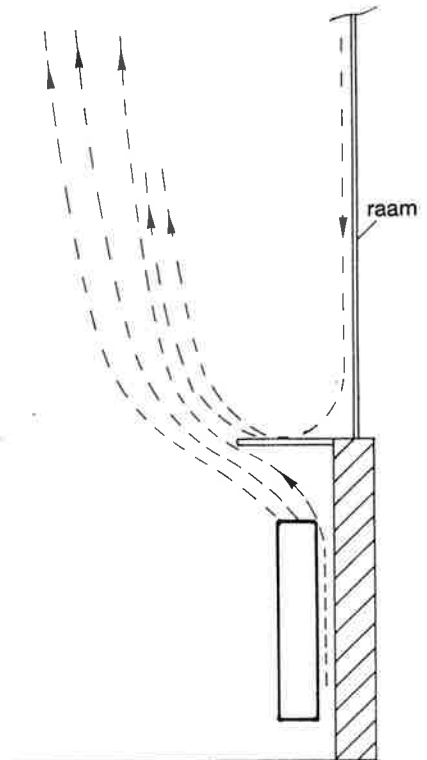
**Figuur 8:** De warme luchtstroom buigt niet meer naar het raam. als:  $k \geq 0$  m en  $b_v \geq 0,3$  m of  $k \geq 0,2$  m en  $b_v \geq 0,2$  m.



**Figuur 9:** De warme luchtstroom buigt niet naar het raam.

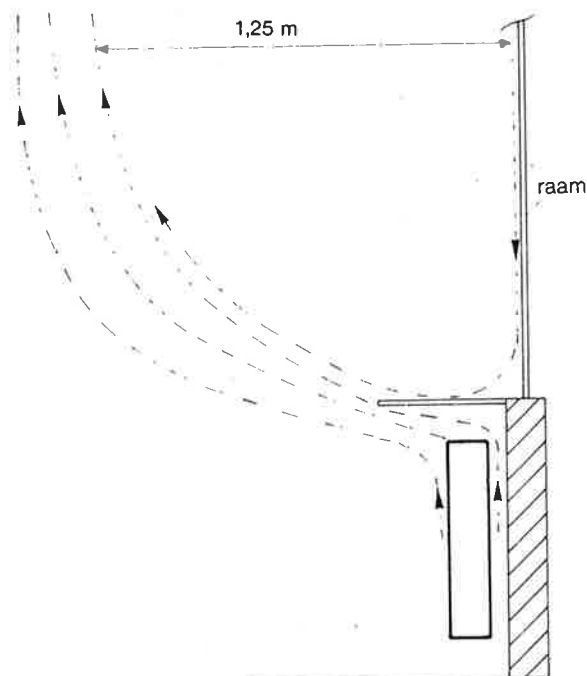
naar het raam terug, zoals is aangegeven in figuur 8. Het afbuigen van de koudere luchtstroom naar het raam hindert de koudeval langs het raam. Dit fenomeen van het terugbuigen van de koudere luchtstroom naar het raam komt bij enkelplaatradiatoren niet voor. Bij dit type verwarmingslichaam is dus een koudeval over het gehele raam aanwezig.

De koudere luchtstroom van het raam heeft bij een enkelplaatradiator meer invloed op de warme luchtstroom en drukt deze verder van het raam af de kamer in. De warme luchtstroom buigt niet meer naar het raam toe als de gemiddelde temperatuur van het verwarmingslichaam kleiner dan of gelijk is aan  $50^\circ\text{C}$ . De minimale breedte van de vensterbank  $b_v$  is hierbij 0,2 m. Er ontstaat nu een luchtstroom zoals is gegeven in figuur 10. De koudere dalende luchtstroom is over het gehele raam aanwezig en drukt de warme luchtstroom van het verwarmingslichaam de kamer in. Een luchtstroming zoals gegeven in figuur 10 treedt op bij een glaswandtemperatuur van circa  $10^\circ\text{C}$ . Een lagere glaswandtemperatuur bevordert de koudeval langs het raam, waardoor de warme luchtstroom van het verwarmingslichaam verder afbuigt naar de kamer.



**Figuur 10:** Luchtstroom als de gemiddelde temperatuur van het verwarmingslichaam circa  $50^\circ\text{C}$  is. De oppervlakte van het glas is circa  $10^\circ\text{C}$ .

Bij een ongunstige combinatie zoals bijvoorbeeld een enkelplaatradiator met een gemiddelde temperatuur van  $50^\circ\text{C}$  en een brede vensterbank ( $b_v > 0,37$  m) stroomt de lucht ver de kamer in. De afstand, gemeten vanaf het raam, waar geen meetbare horizontale stromingscomponenten meer voorkomen is dan circa 1,25 m, zie figuur 11 en 12.



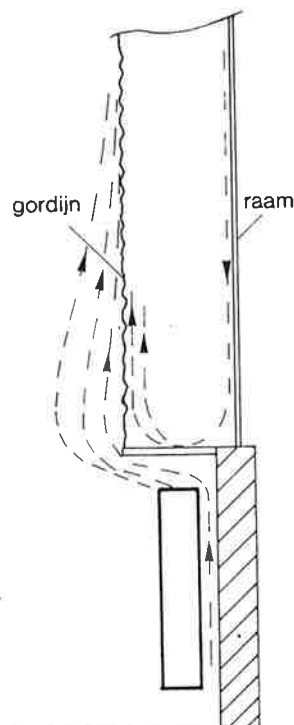
Figuur 11: Luchtstroom boven een enkelplaatradiator met een gemiddelde temperatuur van 50°C. De vensterbank is 0,37 m breed en de temperatuur van de glaswand is 10°C. De lucht stroomt ver de kamer in.



Figuur 12: Situatie figuur 11 gefotografeerd

### 2.3 Met vensterbank en gordijnen

Het gordijn vormt een scheiding tussen de warme luchtstroom van het verwarmingslichaam en de koude luchtstroom van het raam. Bij temperaturen van het verwarmingslichaam tussen 80°C en 50°C treedt een luchtstroming op zoals is gegeven in figuur 13. De warme luchtstroom buigt t.g.v. het Coanda-effect naar het gordijn. De lucht stroomt verder omhoog. De breedte van de vensterbank  $b_v$  en de afstand  $k$ , alsmede de glaswandtemperatuur beïnvloeden het gegeven stromingsprofiel nagenoeg niet.



Figuur 13: De luchtstroom boven een verwarmingslichaam met vensterbank en gordijn. De gemiddelde temperatuur van het verwarmingslichaam in zo'n situatie varieert tussen 80°C en 50°C. De minimale glaswandtemperatuur is 2°C.

### 3. Luchtstroming boven een convectorput

Convectorputten worden meestal geplaatst onder grote glasoppervlakken (schuifpui e.d.). Gebleken is, dat ongeacht de plaats van de convector in de put (raamzijde, midden-of kamerzijde), de warme lucht van de convector naar het raam buigt en de lucht verder omhoog stroomt [2] zie de figuren 14 t/m 19. Het naar het raam buigen van de warme luchtstroom wordt toegeschreven aan het Coanda-effect. De gemiddelde convectortemperatuur bij de in de figuren 14 t/m 19 gegeven luchtstromingen is 65°C of hoger. De minimale oppervlaktetemperatuur van het glas binnenzijde is 2°C. De afstand tussen convectorput en raam is 0,25 m. De hoogte van het raakpunt van de warme luchtstroom met het raam is nagenoeg onafhankelijk van de plaats van de convector in de put. Het raakpunt is wel afhankelijk van de temperatuur van het glasoppervlak en

oppervlaktetemperatuur van het glas aan de binnenzijde	raakhoogte (± 10 cm)
2°C	80 cm
10°C	40 cm
17°C	30 cm

Tabel 1: De raakhoogte voor verschillende oppervlaktetemperaturen. De convector bevindt zich aan de raamzijde in de put.

oppervlaktetemperatuur van het glas aan de binnenzijde	raakhoogte ( $\pm 10$ cm)
2°C	70 cm
10°C	50 cm
17°C	35 cm

Tabel 2: De raakhoogte voor verschillende oppervlaktetemperaturen. De convector is in het midden van de put geplaatst.

oppervlaktetemperatuur van het glas aan de binnenzijde	raakhoogte ( $\pm 10$ cm)
2°C	80 cm
10°C	60 cm
17°C	40 cm

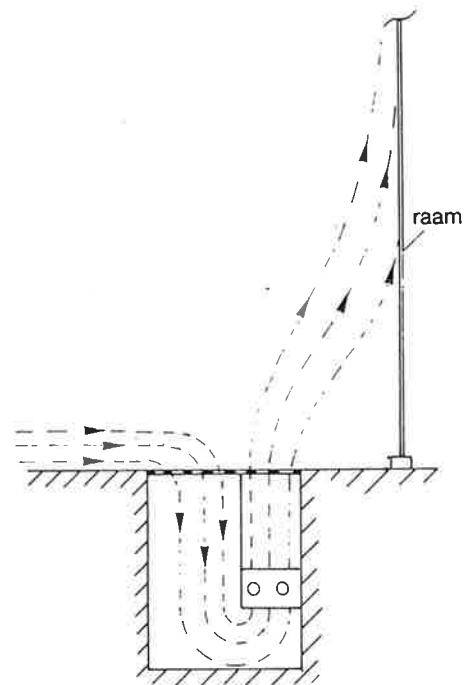
Tabel 3: De raakhoogte voor verschillende oppervlaktetemperaturen. De convector bevindt zich aan de kamerzijde in de put.

in mindere mate afhankelijk van de gemiddelde temperatuur van de convector. Wordt de oppervlaktetemperatuur hoger dan daalt het raakpunt. In de tabellen 1 t/m 3 is voor de drie opstelwijzen (raamzijde, midden- en kamerzijde) het verband gegeven tussen raakhoogte en glastemperatuur. De gemiddelde temperatuur van de convector is hierbij 65°C.

Houdt men de glaswandtemperatuur constant, dan komt het raakpunt van de warme luchtstroom met het glas hoger te liggen naarmate de gemiddelde temperatuur van de convector lager wordt. Dit is weer te verklaren met het Coanda-effect. Bij een lagere convectortemperatuur is de snelheid van de warme luchtstroom van de convector ook lager, waardoor het drukverschil over de luchtstroom klein is. Door dit kleinere drukverschil buigt de luchtstroom minder snel naar het raam, waardoor het raakpunt hoger komt te liggen.

Volgens [3] is een minimale afstand tussen convectorput en raam van circa 0,6 m nodig opdat de luchtstroom niet meer naar het raam buigt. De warme lucht van de convector stijgt dan verticaal omhoog. Een afstand tussen convectorput en raam van 0,6 m is echter niet realistisch. Er wordt daarom vanuit gegaan dat de afstand convectorput/raam altijd kleiner is dan 0,6 m en dat de warme luchtstroom altijd naar het raam toe buigt, zoals is aangegeven in de figuren 14 t/m 19.

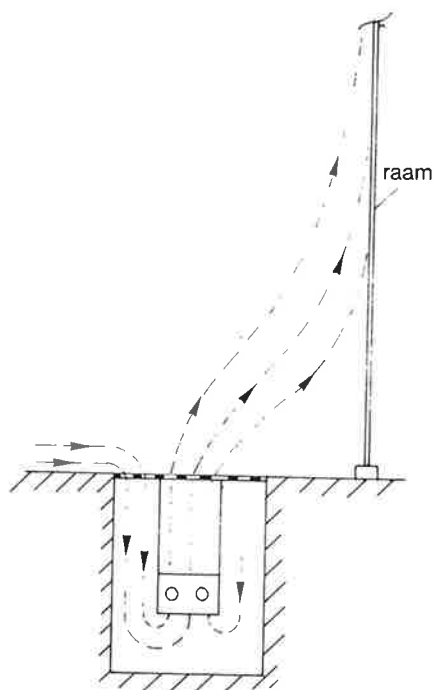
Nadere bestudering van de figuren 14 t/m 19 leert ons, dat alleen in de raamzijde-opstelling (figuur 14) de warme en koude luchtstroom van en naar de convector elkaar niet hinderen. Deze opstellingswijze van de convector in de put levert het grootste vermogen. In middenopstelling (figuur 16) krijgt de inlaatschacht aan de raamzijde onvoldoende lucht toegevoerd, omdat aanvoer van lucht alleen mogelijk is vanuit de kamer via weerszijden van de put. De aanvoer van lucht in de middenopstelling geschiedt dus grotendeels via de smalle inlaatschacht aan de kamerzijde. De convector geeft minder warmte af als deze aan de kamerzijde in de put is geplaatst, zie figuur 18. De gehele lucht-aanvoer naar de inlaatschacht aan de raamzijde geschiedt nu langs weerszijden van de put.



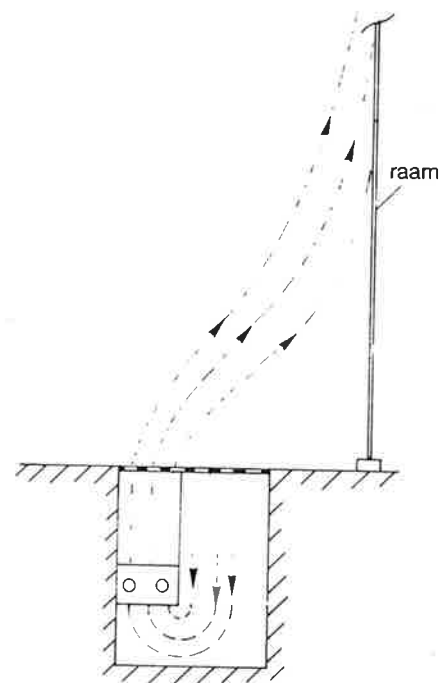
Figuur 14: Luchtstroom boven een convectorput. T.g.v. het Coanda-effect buigt de warme lucht naar het raam. De convector is aan de raamzijde geplaatst, en werkt optimaal



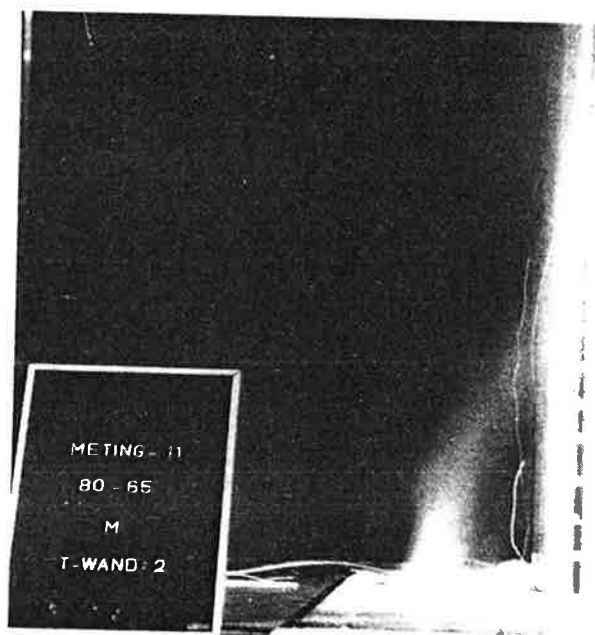
Figuur 15: De luchtstroom als de convectorput aan de raamzijde in de put is geplaatst.



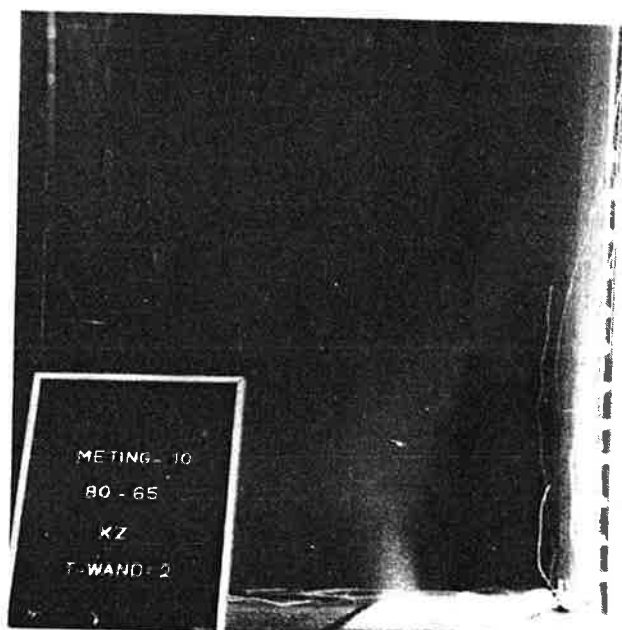
Figuur 16: Luchtstroom boven een convectorput, de warme luchtstroom buigt naar het raam. De convector in het midden van de put geplaatst, geeft minder af dan opstelling aan raamzijde.



Figuur 18: Luchtstroom boven een convectorput; de warme luchtstroom buigt t.g.v. het Coanda-effect naar het raam.



Figuur 17: De luchtstroom als de convector in het midden van de put is geplaatst.



Figuur 19: Luchtstroom als de convector aan de kamerzijde in de put is geplaatst.

## 4. Conclusies

### 4.1 Wandopstelling

- Als de warme lucht van het verwarmingslichaam langs het raam omhoog stroomt ontstaat er een grote ongewenste warmtestroom door het raam naar buiten toe.

Dit kan worden voorkomen door een vensterbank boven het verwarmingslichaam aan te brengen.

T.g.v. het Coanda-effect kan met een vensterbank de warme luchtstroom toch naar het raam toe buigen, waardoor het beoogde effect deels teniet wordt gedaan. In dit artikel wordt aangegeven onder welke condities de warme

luchtstroom wel of niet naar het raam buigt. Houdt men tevens rekening met een vermindering van het afgegeven vermogen van een verwarmingslichaam t.g.v. van de vensterbank dan geldt, bij een gemiddelde temperatuur van het verwarmingslichaam van circa 80°C en een glaswand temperatuur niet lager dan 10°C (dubbelglas) voor een optimaal ontwerp:

- Afstand tussen vensterbank en verwarmingslichaam  $k > 0,2$  m;
- De breedte van de vensterbank (tot aan het glasvlak)  $b_v = 0,2$  m.
- Bij verwarmingslichamen met een gemiddelde temperatuur lager dan of gelijk aan 50°C en een vensterbank met een breedte van minimaal 0,2 m buigt de warme luchtstroom niet meer naar het raam. Wel moet men nu i.v.m. het te ver de kamer instromen van de luchtstroom al te brede vensterbanken ( $b_v > 0,37$ m) vermijden.
- Een gordijn vormt een scheiding van de koude luchtstroom van het raam en de warme luchtstroom van het verwarmingslichaam. Het stromingsbeeld wordt dan niet beïnvloed door de breedte van de vensterbank, de afstand tussen vensterbank en verwarmingslichaam en de temperatuur van het verwarmingslichaam en het raam.

#### 4.1. Putopstelling

- Bij convectorputten buigt de warme luchtstroom van de convector in alle gevallen naar het raam toe. Voor een zo groot mogelijk afgegeven vermogen van de convector is de meest optimale plaats van de convector in de put de raamzijde opstelling.

### 5. symbolen en begrippen

$b_v$  breedte van een vensterbank (m)  
 $k$  afstand bovenkant verwarmingslichaam tot de vensterbank (m)

$\theta_1$  luchttemperatuur van de kamer (°C)

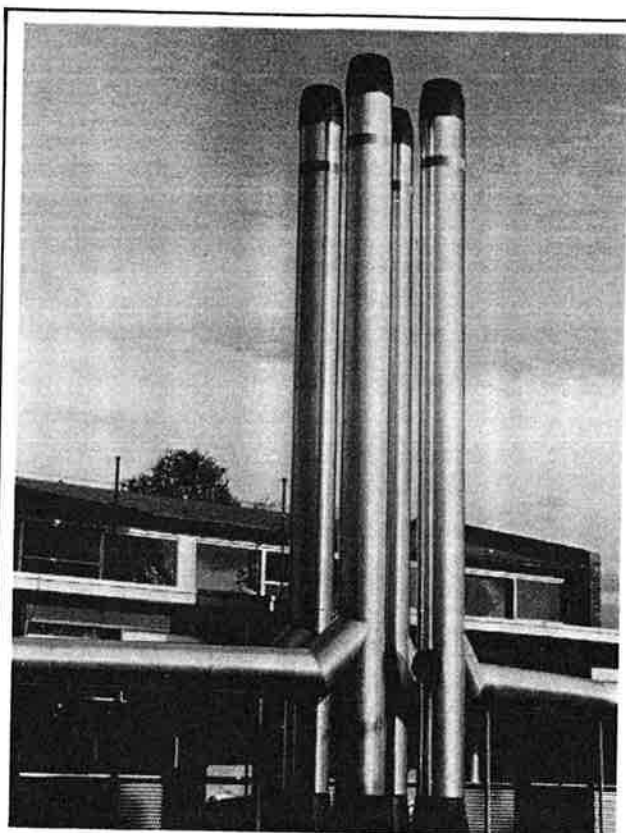
*Coanda-effect:* Het effect waarbij een luchtstroom naar een wand buigt en de lucht verder omhoog stroomt. Een stromend medium probeert materie uit de omgeving mee te zuigen. Wordt aan een zijde van de luchtstroom de luchttoevoer gehinderd door b.v. een muur of een raam, dan ontstaat aan die zijde een lagere druk waardoor de luchtstroom naar die zijde afbuigt.

### 6. Literatuur

[1] ISSO-publikatie 1/Vermogen van radiatoren en convectoren bij niet genormeerde opstelling/1986/ISSO Rotterdam/ISBN 90-5044-001-0.

[2] A.M. van Weele en J.T.M. Laurens/Luchtstroming in en boven een convectorput/Verwarming en Ventilatie/december 1979, nr. 12.

[3] P. Katz/Der Coanda-Effect/Gesundheits-Ingenieur/juni 1973, nr. 6.



## SPECIALIST IN SCHOORSTENEN

De meest moderne machines en een enthousiast team van jonge vakmensen staat ons hiervoor ter beschikking.

De verwerking van uitsluitend hoogwaardige materialen geven u de garantie van een kwaliteitsproduct.

Levertijd kan in overleg nader worden overeengekomen.

Bent u geïnteresseerd?

Wij geven alle gewenste inlichtingen.



BOS NIEUWERKERK BV  
 Alb. van 't Hartweg 52  
 2913 LG Nieuwerkerk a/d IJssel  
 Tel.: 01803-12393/12388  
 Na 6 uur 070-972974

**bos nieuwerkerk bv.**

**SCHOORSTEENBOUW**