

Vormgeving en dimensionering van een convectorput

Citation for published version (APA):

Laurense, J. T. M., & Weele, van, A. M. (1980). Vormgeving en dimensionering van een convectorput. *VV : verwarming en ventilatie*, 37(9), 555-561.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1980

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

VORMGEVING EN DIMENSIONERING VAN EEN CONVECTORPUT

door A.M. van Weele* en J.T.M. Laurens

Samenvatting

Door de moderne manier van bouwen met grote glasoppervlakken, die vaak tot op de grond doorlopen, worden convectorputten steeds meer toegepast. Toch is er van deze apparaten warmte- en stromingstechnisch nog vrij weinig bekend. Bij het hieronder beschreven onderzoek werd van zo'n put niet alleen de warmteafgifte bepaald, maar zijn ook de stromingsprofielen van de lucht in de kamer alsmede die in de convectorput onderzocht. Als resultaat van de onderzoeken wordt ook de meest gunstige plaats van het verwarmingselement in de put gegeven. Die is anders dan algemeen werd verondersteld.

In een proefkamer volgens DIN 4704 (1) en een perspex model van een convectorput werd de invloed van verschillende parameters op de warmteafgifte en de stromingsprofielen onderzocht om zo te komen tot een optimaal putontwerp met betrekking tot de warmteafgifte. De invloed van de volgende parameters werd bestudeerd:

- plaats van het verwarmingselement in de put
- breedte van de put
- hoogte van het element boven de bodem
- afmetingen van het langsschot
- hoek van het langsschot met de vertikaal
- afstand tussen de dwarschotten
- afronding van hoeken tussen bodem en opstaande wanden
- het percentage vrije doorlaat van het rooster
- isolatie van de put
- manier van aansluiten van verschillende elementen

Op basis hiervan wordt een optimaal putontwerp aangegeven. Voor de verwarmingselementen werden alleen spirobuizen gebruikt.

* De heer A.M. van Weele heeft het hierbeschreven onderzoek verricht als afstudeerder in de vakgroep 'Fabrieks- en Apparatenbouw voor de Procesindustrie' o.l.v. Prof. ir. J.K. Nieuwenhuizen van de Technische Hogeschool te Eindhoven.
De heer Laurens is vaste medewerker in die groep. In de kosten van dit onderzoek is bijgedragen door Ubbink Nederland B.V.

1. INLEIDING

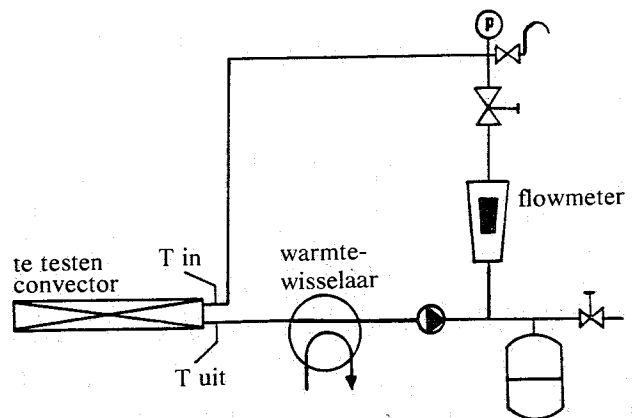
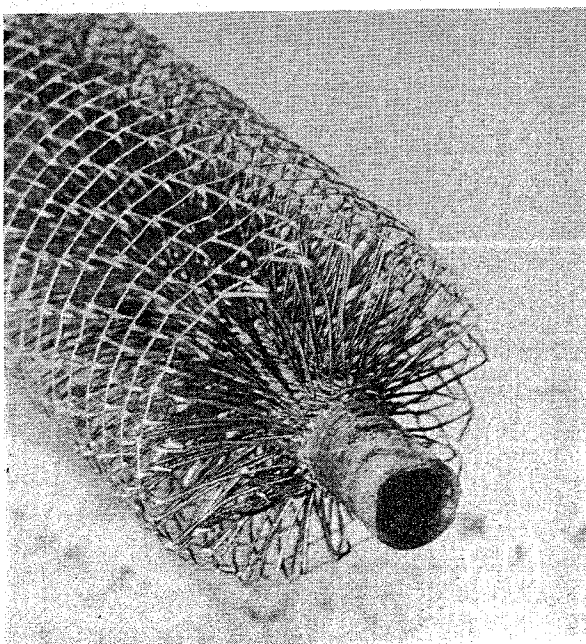
Ondanks het feit dat convectorputten vrij veel toegepast worden, is warmte- en stromingstechnisch nog weinig bekend van deze apparaten. Dit onderzoek is een bijdrage tot het optimaliseren van de convectorput met betrekking tot de warmteafgifte. Bij het hieronder beschreven onderzoek werd niet alleen de warmteafgifte bepaald, maar zijn ook de stromingsprofielen van de lucht in de kamer alsmede die in de convectorput onderzocht. In alle gevallen was het verwarmingselement een spirobuis (zie foto 1).

2. PROEFINSTALLATIE

Voor bestudering van de stroming boven de convectorput werd gebruik gemaakt van een proefkamer volgens DIN 4704.

Om de luchtstroming in de convectorput zichtbaar te maken werd gebruik gemaakt van een 1 : 1 model perspex convectorput met een lengte van 1 meter. In dit model, met de mogelijkheid om alle parameters op eenvoudige wijze te variëren, waren ook de langs- en dwarschotten uit perspex vervaardigd om video opnamen en foto's van de luchtstroming te kunnen maken. De stromingsprofielen werden zichtbaar gemaakt met behulp van rook die in een extra warmtewisselaar gekoeld werd tot omgevingstemperatuur en vervolgens nabij de putinlaat met lage snelheid werd vrij gemaakt, dan wel met zeepbelletjes. De belletjes, die met helium gevuld werden om ervoor te zorgen dat ze zweven in de lucht, werden in een speciale bellengenerator gemaakt.

Foto 1.
Spirobuis



FIGUUR 1: WATER CIRCUIT.

Voor de warmwater-voorziening, zie figuur 1, werd gebruik gemaakt van een normaal C.V.-circuit waarin als extra een flowmeter en enige thermokoppels opgenomen zijn om de warmteafgifte van het element te kunnen bepalen. Behalve thermokoppels in het C.V.-circuit werden er ook diverse thermokoppels gebruikt om luchttemperaturen te meten. Deze koppels waren op de volgende plaatsen gemonteerd:

- vlak boven de vloer in de kamer
- in de luchtinlaat resp. luchtinlaten
- boven het verwarmingselement.

De verwarmingselementen waren samengesteld uit spirobuizen.

3. DIMENSIONERING EN VORMGEVING

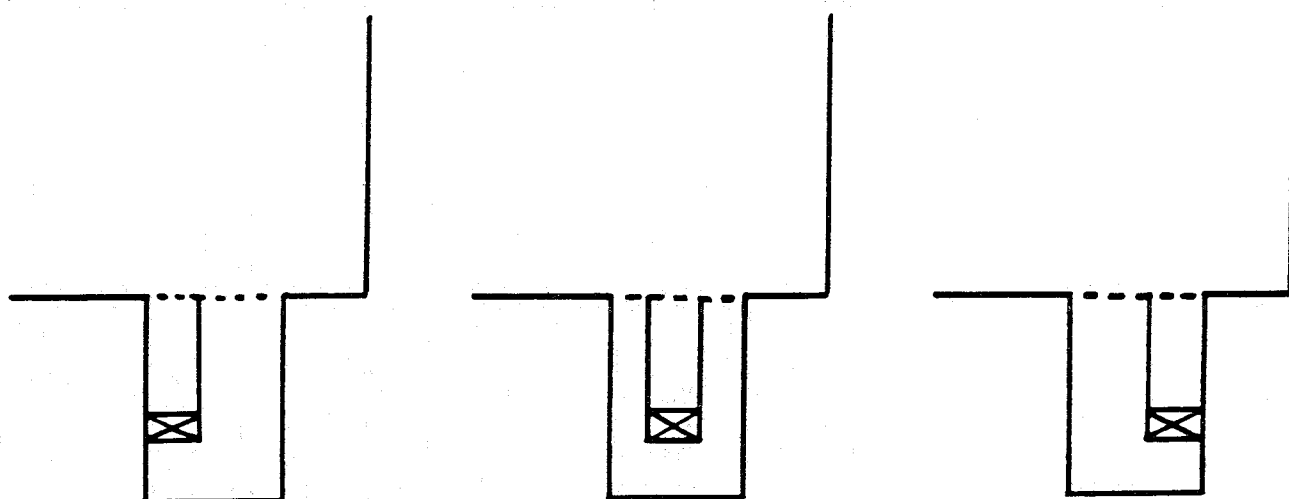
3.1. Plaats van het element

Bij een convectorput is het mogelijk het verwarmingselement op 3 verschillende manieren in de put te plaatsen. Deze methoden en hun benamingen zijn gegeven in figuur 2. Uit stromingsbeelden en capaciteitsmetingen is gebleken dat het het beste is om het verwarmingselement aan de raanzijde te plaatsen.

Foto 2 toont het stromingsbeeld in de kamer bij een raanzijde opstelling. Voor verdere argumentatie over de plaats van het element in de put wordt verwezen naar het artikel luchtstroming in en boven een convectorput (2).

3.2. Breedte van de put

De breedte van de luchtinlaat B - E (zie figuur 3) heeft grote invloed op de weerstand van de koude instromende lucht en beïnvloedt de warmteafgifte dus sterk. In het



KAMERZIJDE OPSTELLING (KZ)

MIDDEN OPSTELLING (M)

RAAMZIJDE OPSTELLING (RZ)

FIGUUR 2.

algemeen kunnen we zeggen dat de warmteafgifte toeneemt met de putbreedte. Bij een wandconvector (in feite een oneindig brede convectorput) is de warmteafgifte maximaal. Deze waarde, die per definitie 100% wordt genoemd, is in grafiek 1 als asymptoom uitgezet. Het is dan mogelijk om het percentage van de warmteafgifte te bepalen voor verschillende breedten van convectorputten bij één bepaald verwarmingselement. In grafiek 1 is het percentage van de maximale warmteafgifte uitgezet tegen de verhouding B/E voor een driepijro-element. Voor andere verwarmingselementen is

de tendens hetzelfde maar kunnen de getalwaarden variëren.

Om tot de optimale breedte van de convectorput te komen zullen ook de produktiekosten voor verschillende breedten in overweging genomen moeten worden. In verband met de sterk afgenomen warmteafgifte lijkt het weinig zinvol om B/E kleiner dan 2 te nemen. Convectorputten met B/E groter dan 2,8 lijken eveneens weinig zinvol omdat bij verdere verbreding van de put er weinig toename van de warmteafgifte maar wel van de kosten te verwachten is.

GRAFIËK 1: INVLOED VAN DE BREEDTE VAN DE PUT OP DE WARMTEAFGIFTE

PERCENTAGE VAN DE MAX. WARMTEAFGIFTE

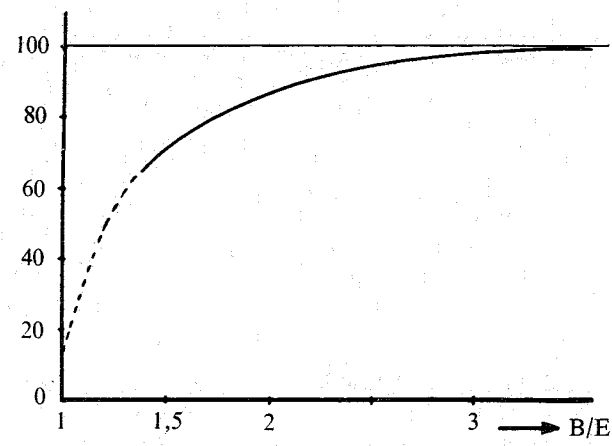
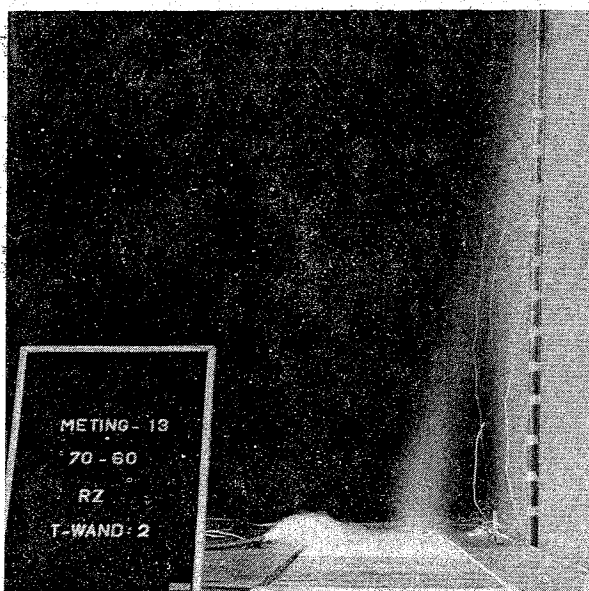
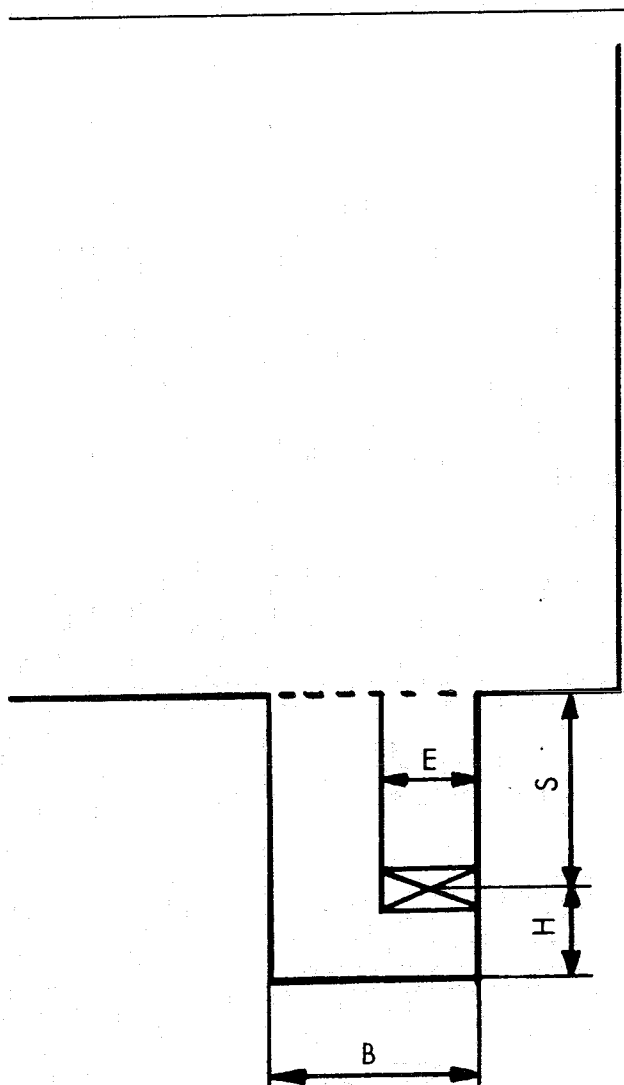


Foto 2.
Luchtstroming boven de convectorput





FIGUUR 3: AFMETINGEN VAN EEN CONVECTORPUT

3.3. Hoogte van het element boven de bodem

Bij dit onderzoek is er uitgegaan van een vaste putdiepte van 500 mm. In deze put is de afstand tussen het hart van het verwarmingselement en de bodem gevarieerd.

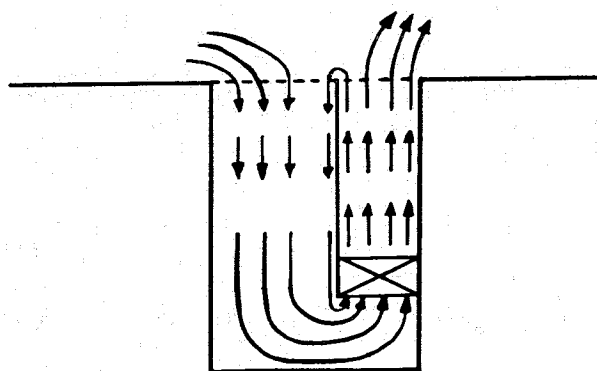
Hierdoor krijgen we dus ook een variabele schachthoogte S (zie figuur.3). Als $0,85 < H/E < 1,15$ dan is bij een vaste putdiepte van 500 mm de warmteafgifte maximaal. Wanneer we het verwarmingselement dicht bij de bodem plaatsen, neemt de weerstand van de instromende lucht toe en neemt de warmteafgifte dus af.

Wordt het verwarmingselement zo hoog in de put geplaatst dat $H/E > 1,15$ dan is de weerstand onder het element gering, maar neemt de warmteafgifte af omdat de schachthoogte S geringer wordt.

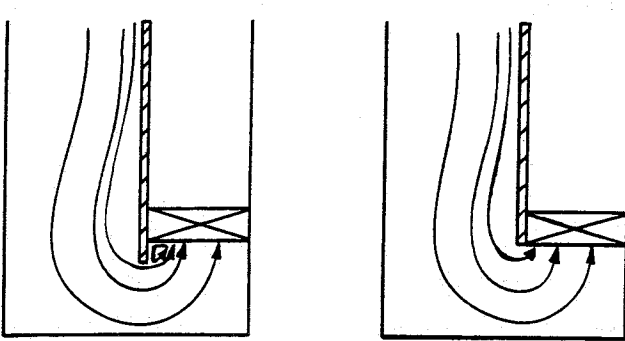
3.4. Afmetingen langsschot

De langsschotten dienen om de relatief koude instromende lucht en de uittredende opgewarmde lucht van elkaar te scheiden, en zo een 'schoorsteen' boven het element te creëren. Uit onderzoeken met rook en de bellengenerator is gebleken dat er altijd een zgn. recirculatiestroming optreedt. Figuur 4 geeft een beeld van deze recirculatiestroming. Deze stroming is te verminderen door het langsschot aan de bovenzijde tot tegen het rooster door te trekken. Aan de onderzijde is het het beste om de onderzijde van het langsschot gelijk te houden met de onderzijde van het verwarmingselement.

Wanneer het langsschot aan de onderzijde onder het verwarmingselement uitsteekt, krijgen we staande werelings van lucht onder het element waardoor een deel van het V.O. niet meer effectief is. Figuur 5 geeft stromingsbeelden van een situatie met een te lang langsschot en met een langsschot van de goede lengte. Uit de stromingsbeelden is gebleken dat de instromende lucht vooral langs het langsschot stroomt. Dit is te verklaren door het feit dat de lucht die aangezogen wordt vooral net boven de vloer stroomt (0,10 - 0,20 meter) en bij het in de put vallen dus een hoek van 90° graden moet maken waardoor de stroming langs z'n uiterste begrenzing (het langsschot) gaat liggen.



FIGUUR 4: RECIRCULATIESTROMING.



FIGUUR 5: INVLOED VAN HET LANGSSCHOT OP DE STROMING

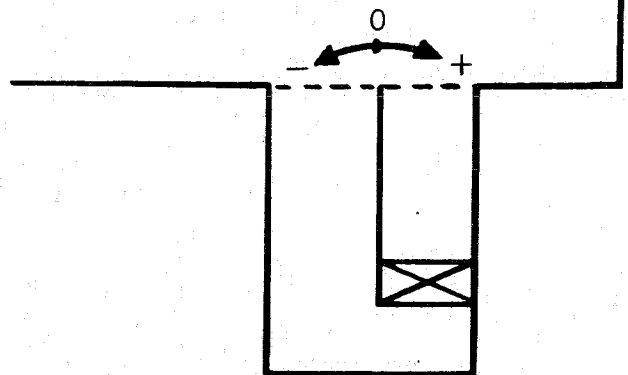
3.5. Draaiing van het langsschot.

De tekenafpraak bij draaiing van het langsschot is gegeven in figuur 6. Bij draaiing van het langsschot in negatieve richting neemt de weerstand van de instromende lucht toe. Hierdoor neemt de warmteafgifte af. Wanneer het langsschot in positieve richting gedraaid wordt, blijkt dat bij kleine verdraaiing van het langsschot (± 2 graden) er een positieve verandering van de warmteafgifte optreedt. Deze verandering is echter klein (ongeveer 1 procent). Bij een sterkere draaiing neemt de warmteafgifte weer af. Bij een verdraaiing groter dan 5 graden neemt de warmteafgifte sterk af.

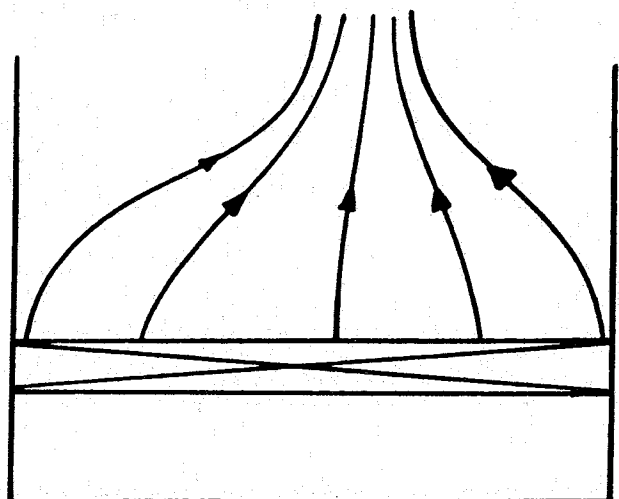
Uit het bovenstaande blijkt dat het geen zin heeft om het langsschot anders dan vertikaal in de put te hangen.

3.6. Aantal dwarsschotten.

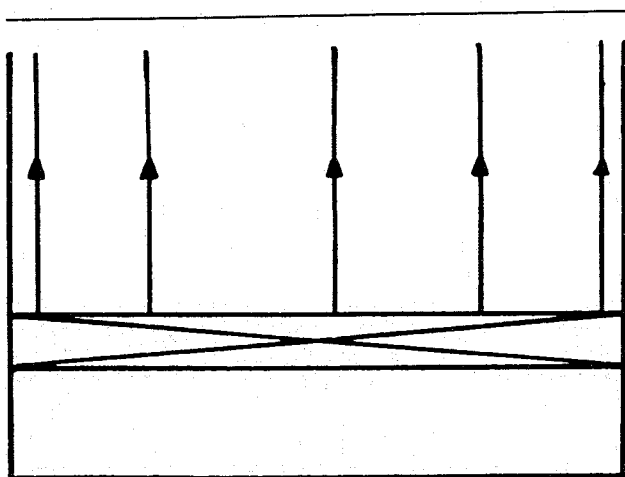
De afstand tussen de dwarsschotten heeft grote invloed op de warmteafgifte van de convectorput. Wanneer er geen of te weinig dwarsschotten boven het element geplaatst zijn, krijgen we een erg onrustig stromingsbeeld. Op het ene moment krijgen we samentrekkende stroming (zie figuur 7) en op het andere moment hebben we een parallelstroming (zie figuur 8). Bij de samentrekkende stroming hoeft het punt van samentrekken niet in het midden te liggen. Er treedt dus met korte tussenpozen omklappen van de stroming op waardoor het niet meer mogelijk is om van een gordijn opstijgende warme lucht te spreken. Door nu dwarsschotten boven het element te plaatsen wordt het omklappen verhinderd en treedt het ideaal van een gordijn warme opstijgende lucht beter op. In grafiek 2 is de verandering van de warmteafgifte tegen de afstand tussen de dwarsschotten uitgezet. De referentielijn aangegeven met 0 geeft de situatie weer van de 1 meter lange convectorput waarin geen dwarsschotten geplaatst zijn. De piek van deze curve geeft een toename van de warmteafgifte van ongeveer 7 procent vergeleken met de situatie waarin geen dwarsschotten geplaatst zijn. Plaatsen we te veel schotten boven het element, dan neemt de weerstand toe en de warmteafgifte sterk af.



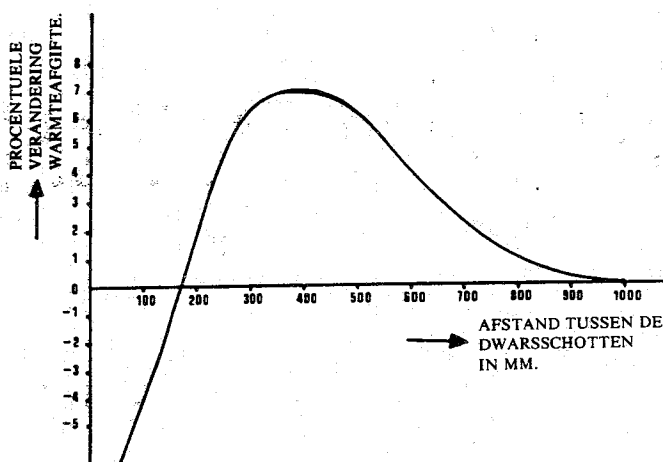
FIGUUR 6: TEKENAFSPRAAK BIJ DRAAIING VAN HET LANGSSCHOT



FIGUUR 7: SAMENTREKKENDE STROMING.



FIGUUR 8: PARALLELE STROMING.



GRAFIEK 2: INVLOED VAN DE AFSTAND TUSSEN DE DWARSSCHOTTEN OP DE WARMTEAFGIFTE.

3.7. Afronding hoeken

Het afronden van de hoeken tussen de bodem en de opstaande wanden van de convectorput heeft slechts geringe invloed op de warmteafgifte. De straal van de afronding is afhankelijk van de breedte van het element.

Het is het beste om de straal 0,75 x de breedte van het element te kiezen. Dit geeft een toename van de warmteafgifte met ongeveer 1,5 procent. Nemen we de straal van de afronding groter, dan wordt, bij dezelfde afstand van het element tot de bodem, de stroming meer belemmerd en wordt het effect van de afronding minder of zelfs geheel teniet gedaan. Het hoger in de put plaatsen van het element laat grotere kromtestralen toe, maar door de verminderde schachthoogte is de toename van de warmteafgifte niet optimaal.

3.8. Openingspercentage van het rooster.

Het rooster vormt zowel voor de intredende als de uitredende lucht een belemmering. Het is dus het beste om het rooster een zo groot mogelijke doorlaat te geven. De invloed van percentage vrije doorlaat van het rooster op de warmteafgifte is gegeven in tabel 1. In deze tabel is 100% opening de situatie van een put zonder rooster.

Tabel 1: Invloed van het openingspercentage van het rooster op de warmteafgifte.

Percentage vrije doorlaat van het rooster	Percentage van de warmteafgifte
100	100
75	98,5
66	97
50	95

3.9. Isolatie

Om het warmteverlies naar de kruipruimte te beperken, is het nodig om de convectorput te isoleren. Door het isoleren wordt een groter deel van de door het verwarmingselement afgestane warmte nuttig voor de woonruimte gebruikt. De mate waarin men een convectorput moet isoleren is dus een kosten-baten kwestie. Bij dit isoleren moeten niet alleen de opstaande wanden maar ook de bodem geïsoleerd worden, omdat de bodem opgewarmd wordt door straling van het element (Q straling ~ 35 Watt per meter element).

3.10. Aansluiting van de elementen

Bij verschillende typen elementen is het van groot belang welke van de pijpen de aanvoer is/zijn en welke de retour. Dit kan makkelijk een verschil van 5% in de warmteafgifte veroorzaken. Het is dus noodzakelijk om op de convectorput aan te geven welke aansluiting de aanvoer en welke de retour is.

- **3 pijpselement.** Bij dit type element is de keuze van de aanvoer pijp(en) en retour pijp(en) zeer belangrijk. Het is het beste om de middelste pijp als aanvoer en de twee overigen als retour te laten fungeren. Wordt het element andersom aangesloten (2 aanvoer, 1 retour) dan zal de warmteafgifte met ongeveer 5,5 procent afnemen. Dit is te verklaren uit het feit dat de lucht bij de pijp met het heetste water het meest opgewarmd wordt en dus de grootste stijgsnelheid krijgt. Deze snel stijgende opgewarmde lucht trekt lucht langs de zijwanden mee. Wanneer de warmste pijp langs de zijwand en/of het langsschot ligt, wordt het effect van het snellere stijgen teniet gedaan door wandwrijving.

- **4 pijps-dubbel-element.** Bij deze elementen met 2 pijpen boven en 2 pijpen onder moet het warme water door de bovenste pijpen stromen terwijl de onderste twee pijpen als retour fungeren.

Wordt dit soort elementen verkeerd om aangesloten, dan zal de warmteafgifte erg slecht zijn omdat we dan met de door de onderste pijpen opgewarmde lucht de bovenste pijpen gaan opwarmen. De toename van de warmteafgifte ten opzichte van een gewoon 2 pijps-element bedraagt ongeveer 30%. Hieruit volgt dat de extra investering van 2 pijpen een slechte opbrengst heeft en het dus niet aan te raden is om dubbele elementen te gebruiken.

4. CONCLUSIES

Uitgangspunt bij dimensionering en vormgeving van een convectorput is het verwarmingselement. Het benodigde type verwarmingselement wordt bepaald door de gewenste capaciteit en de lengte van de convectorput. Het verwarmingselement, dat aan de raanzijde in de put geplaatst moet worden, moet een afstand tot de bodem hebben die gelijk is aan de breedte van het element. De breedte van de convectorput moet tussen de 2 en 2,8 maal de breedte van het gekozen verwarmingselement liggen. Deze breedte wordt bepaald door een kosten-baten afweging. De hoeken van de bodem met de opstaande wanden moeten afgerond worden met een afrondingsstraal van 0,75 maal de breedte van het gebruikte element.

Het langsschot moet zo uitgevoerd worden dat het aan de onderzijde gelijk ligt met het element en aan de bovenzijde doorloopt tot tegen het rooster. Aan de beide kopse kanten moet het langsschot goed aansluiten. De dwarsschotten, die in verband met een geringe stromingsweerstand uit dun materiaal uitgevoerd moeten worden, moeten een onderlinge afstand van ongeveer 350 mm hebben.

Het percentage vrije doorlaat van het rooster moet uiteraard zo groot mogelijk zijn. Om de warmteverliezen naar de kruipruimte te beperken moet de put geïsoleerd worden. De isolatiedikte volgt na een kosten-baten analyse.

5. LITERATUUR

1. DIN 4704 'Prüfung von Raumheizkörpern'.
2. van Weele A.M., Laurence J.T.M. 'Luchtstroming in en boven een convectorput', *Verwarming en Ventilatie*, 36 no 12 (dec. 1979), pag. 817.
3. Kriegel B. 'Fallströmungen vor Abkühlungsflächen in Gebäuden und mögliche Schutzmassnahmen', Dissertation, Technische Hochschule Berlin, 1973.
4. De Jong J., Keijzer A., van Ooijen H., van Woerlee M. 'Behaaglijkheid en koude glasvlakken', *Klimaatbeheersing*.



en warmte binnen

Bahco luchtgordijnen zorgen voor een plezierig en tochtvrij werkklimaat - minder ziekte-dagen - en een forse besparing van energiekosten. Bahco luchtgordijnen zorgen bovendien voor meer werkruimte; ook de ruimte vlak voor de buitendeuren kan worden benut. Voor meer veiligheid; het uitzicht van uw vorkheftruck-chauffeurs wordt niet langer belemmerd door plastic of rubber gordijnen. Voor meer zekerheid; Bahco heeft meer ervaring met de bouw en installatie van luchtgordijnen dan wie ook.

Redenen genoeg dus om ons te bellen of te schrijven voor uitgebreide documentatie.

BAHCO
Ventilation B.V.

Postbus 49, 3760 AA Soest,
Kostverlorenweg 3c.
Tel. 02155 - 10904. Telex 43403.

912-39