



EBM-consult BV is een professioneel adviesbureau voor vraagstukken op het vlak van energie, duurzaamheid en bouwfysica in de gebouwde omgeving. Het bureau staat bekend als sterk innoverend, klant- en kwaliteitsgericht en verbindt onderzoeks-, ontwikkelings- en advieswerkzaamheden tot een succesvol geheel. Onze opdrachtportefeuille bestaat uit internationaal en nationaal onderzoek en advisering. Het cluster Onderzoek & Ontwikkeling werkt veel voor overheden en agentschappen en ontwikkelt onder meer energieprestatie en –besparingsrekenmodellen in combinatie met daaraan gerelateerde aspecten als comfort, binnenklimaat en gezondheid. In de advisering richten we ons op utiliteit, woningbouw en lokale overheden. In de afgelopen jaren heeft EBM-consult een goede naam opgebouwd met onder meer opdrachten rond de ontwikkeling van de Energie Prestatie Advies-methodiek voor zowel de woningbouw als de utiliteitssector. EBM-consult is een onderdeel van de CEA-groep.

Voor de verdere uitbouw van onze bouwfysische advisering willen wij in contact komen met een:

Junior onderzoeker bouwfysica

Kennis en ervaring:

- TU / HBO Bouwkunde met als specialisatie bouwfysica en/of installatietechniek of PHBO Bouwfysica
- Bij voorkeur enkele jaren werkervaring met onderzoekswerk of praktische bouwfysische advisering

Vaardigheden:

- Sterk conceptueel en analytisch onderzoeker, affiniteit met rekenmethodieken
- Zelfstandig en in teamverband uitvoeren van onderzoek en adviesprojecten
- Uitstekende mondelinge en schriftelijke uitdrukkingsvaardigheid
- Interesse om in internationale onderzoeksprojecten te functioneren

Werkzaamheden:

- Uitvoeren van uiteenlopende onderzoeks- en ontwikkelingsprojecten
- Bijdragen aan de ontwikkeling van nieuwe product- en dienstverlening
- Beoordelen van energie/milieuaspecten van de gebouwde omgeving.
- Beoordelen van (ver-)nieuwbouwplannen op energie/milieuaspecten

Wij bieden een uitdagende groeifunctie in een kleine en informele organisatie met veel ruimte voor persoonlijke ontwikkeling. De primaire en secundaire arbeidsvoorwaarden zijn goed.

Interesse?

Stuur dan een brief met curriculum vitae naar EBM-consult BV, t.a.v. drs. R.P.G., van Haren, Postbus 694, 6800 AR Arnhem, of per e-mail: rvanharen@ebm-consult.nl.

EEN AFWERKPLEK VOOR ASOCIAAL GEDRAG?

OVER ROOKSERRES IN GEBOUWEN (2)

Ben Bronsema, TU Delft – Faculteit Bouwkunde

In deel 1 van dit artikel wordt een pleidooi gevoerd voor een geïntegreerde oplossing voor rookruimten in gebouwen, die recht doet aan architectuur en techniek en tevens respect voor de roker uitstraalt. Als voorbeeld hiervan wordt de rookserre geïntroduceerd, een ruimte waarin rokers en niet-rokers fysiek gescheiden zijn, waardoor wordt voldaan aan het “Besluit uitzonderingen rookvrije werkplek” van de Tabakswet. Door de transparantie van de scheidingswand blijft de visuele, functionele en sociale eenheid van mensen in de organisatie grotendeel in stand. Dit in tegenstelling tot veel rookruimten die beter als “rookhol” kunnen worden gekwalificeerd. Deel 1 gaat verder in op de ventilatie van rookserres, mede in relatie tot de consequenties van infiltratie en exfiltratie.

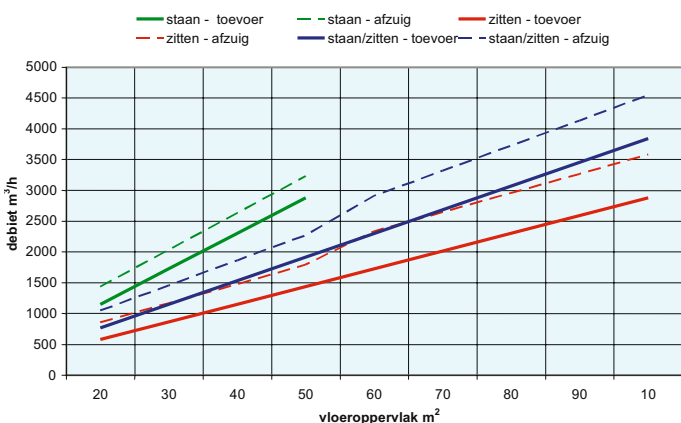
Deel 2 beschrijft een optimaal ventilatiesysteem, en de klimaatregeling van rookserres in zomer en winter. Tenslotte wordt aandacht besteed aan de akoestiek.

VENTILATIECAPACITEIT

Luchttoevoer

De voorgaande analyses hebben duidelijk gemaakt dat in een rookserre kwelventilatie sterke voorkeur heeft boven mengventilatie. Het luchttoevoersysteem wordt hierbij gedimensioneerd op 72 m³/h per persoon. Het is redelijk uit te gaan van een bezettingsgraad van 80%; zie hiervoor.

Afvoerlucht uit het gebouw, ETA 1 volgens EN 13779 (CEN 2006) heeft voldoende kwaliteit voor de ventilatie van rookserres, waarbij de lucht degradeert tot de categorie ETA 3. Het is derhalve niet noodzakelijk een rookserre te ventileren met buitenlucht, hetgeen de energiezuinigheid van het gebouw ten goede komt.



Figuur 9 : Toevoer- en afzuigdebieten van rookserres, gebaseerd op kwelventilatie met 72 m³/h per persoon bij 80% bezetting



Luchtafzuig

Het afzuigstelsel moet gedimensioneerd worden op de som van luchttoevoerdebiet, infiltratiedebiet en de via deuropeningen binnenstromende lucht. Figuur 9 geeft hiervan een overzicht voor rookserres van 10 tot 100 m², te gebruiken als snelle indicatie ten behoeve van een voorlopig ontwerp.

De afgezogen lucht, categorie ETA 3, dient op een veilige plaats naar de buitenlucht te worden afgevoerd; veelal is dit op het hoogste punt van het gebouw. Er moet voor worden gezorgd dat deze lucht niet in aanzuigopeningen voor buitenlucht terecht kan komen of anderszins het gebouw kan binnendringen bijvoorbeeld via open ramen. prEN 13779 (CEN 2006) geeft richtlijnen voor de minimale afstanden tussen afvoer- en aanzuigopeningen.

KOUDEVAL LANGS SERREBUITENGEVEL

De koudeval, veroorzaakt door een koud buitenoppervlak van de rookserre, kan de werking van kwelventilatie gemakkelijk laten omslaan in een mengventilatiesysteem. De convectiestroom die ontstaat langs een verticaal vlak kan worden berekend met de volgende formule (Skistad H. 2002). De formule geldt voor turbulente stroming die in dit geval met zekerheid zal optreden.

$$q_{v,z} = 2,75 \Delta q^{0,4} z^{1,2} \quad (4)$$

Waarin:

- $q_{v,z}$ = verticale luchtstroom [dm³/s.m]
- Δq = temperatuurverschil lucht – verticaal vlak [K]
- z = hoogte van het verticale vlak [m]

Figuur 10 geeft een beeld van de te verwachten koudeval per strekkende meter langs een serrebuitengevel van 3,5 m hoog bij verschillende soorten beglazing. Het toevoerdebiet in de buitenzone van 1 meter breed in een rookserre met staplaatsen is bij een bezettingspercentage van 80% (0,8*72=) 57,6 m³/h.m. Gesteld dat een koudeval van 15% van dit toevoerdebiet nog toelaatbaar is om de kwelventilatie niet te verstoren, dan mag deze maximaal (57,6*0,15=) 8,6 m³/h.m bedragen. De grafiek laat zien dat deze waarde bij dubbel glas al onder een buitentemperatuur van 17,5^o C wordt overschreden. Gebruik van glas met een hogere isolatiewaarde biedt weinig soelaas. Geconcludeerd moet worden dat in een rookserre koudeval moet worden gecompenseerd door het aanbrengen van een perimeterverwarming met radiatoren of convectoren. Dit wordt ook aanbevolen in het REHVA Guidebook No.1. (Skistad 2002).

De koudeval van het serredak is moeilijker te bepalen; deze is onstabiel, zowel in plaats als in tijd, en hangt mede af van de luchtbeweging in de serre. Een hoge isolatiewaarde van het glas wordt aanbevolen.

THERMISCHE UITVOERING

De thermische uitvoering van een rookserre wordt normaliter gedecideerd door de volgens het Bouwbesluit geëiste EPC waarde. Meestal zal HR⁺⁺ beglazing moeten worden toegepast, die tevens gunstig is voor het thermisch comfort en de minimalisering van de koudeval.

VERWARMING

Zoals hiervoor reeds opgemerkt moet in een rookserre een perimeterverwarming met radiatoren of convectoren worden aangebracht. De ongewenste koudeval moet in elk geval worden gecompenseerd. In gesloten rookserres – zie hierna – is een geïntegreerde gevelverwarming ook een goede optie.

KLIMAATREGELING IN DE ZOMER

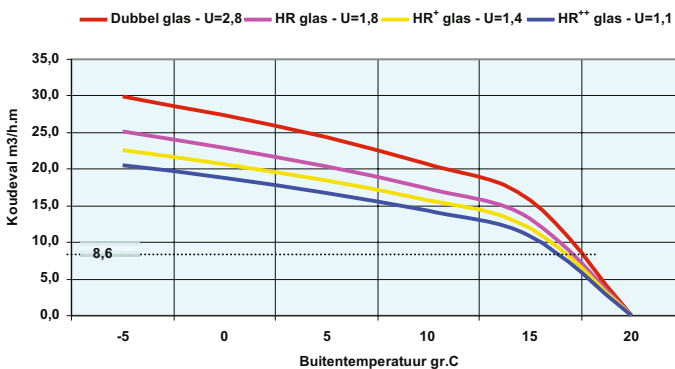
Algemeen

Een punt van overweging is welk thermisch comfort in het koelseizoen aan de gebruikers van de rookserre zal worden geboden, en in welke mate dan van de rookserre gebruik zal worden gemaakt. Een rookserre is immers een gesloten ruimte, en het ligt voor de hand dat rokers bij mooi weer liever naar buiten gaan dan de rookserre op te zoeken. Dit leert althans de ervaring bij de rookserre in de faculteit Bouwkunde van de TU Delft.

Open rookserres

Bij een open rookserre wordt, wanneer de weersomstandigheden zich daarvoor lenen, de serre buitengevel 's zomers geheel geopend, waardoor in feite een buitenterras wordt gerealiseerd. Hierdoor wordt tevens voorkomen dat rokers bij de buitendeuren van het gebouw gaan staan roken, hetgeen niet alleen een onaangename indruk op bezoekers en niet-rokers maakt, maar ook de kans inhoudt dat bij bepaalde windrichtingen TRIO het gebouw binnenkomt.

Een open rookserre vereist een zorgvuldige detaillering van de te openen delen, die immers in gesloten toestand winddicht moeten zijn. Ook het aanbrengen van een perimeterverwarming kan hierdoor worden bemoeilijkt.



Figuur 10: Koudeval langs een serre buitengevel bij verschillende glassoorten

Om penetratie van TRIO¹ naar het gebouw te voorkomen moeten bij geopende serre de toegangsdeuren worden gesloten, en een alternatieve routing naar de rookserre worden aangeboden. Open toegangen voorzien van luchtgordijnen zijn om deze reden bij open rookserres niet mogelijk.

Het spreekt vanzelf dat een dergelijke uitvoering een zorgvuldig beheer van de rookserre noodzakelijk maakt. Door de attractiviteit voor bezoekers, het ontbreken van kunstmatige klimaatregeling in de zomer en de eenvoudiger uitvoering lijkt de open rookserre echter goede papieren te hebben.

Gesloten rookserres

Gesloten rookserres worden 's zomers kunstmatig geklimatiseerd. Het mechanische ventilatiesysteem wordt daartoe voorzien van een koelbatterij.

Hierna wordt nagegaan of en in hoeverre een kunstmatige klimaatregeling van een rookserre mogelijk is.

Koellastberekening

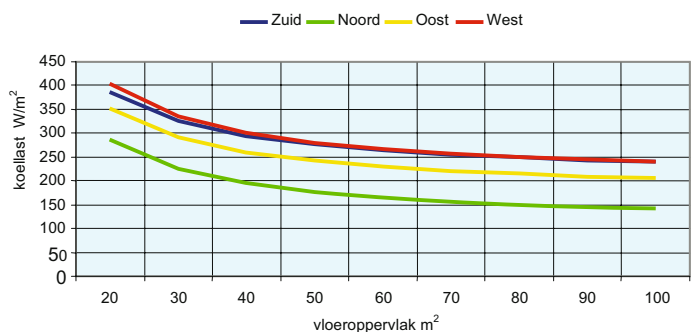
Het klimatiseren van een geheel beglaasde ruimte als een serre vereist een zorgvuldige consideratie over de oriëntatie en de zonwering om zonstraling zoveel mogelijk te weren. Er is een globale koellastberekening gemaakt van serres met een vloeroppervlak van 20 tot 100 m² volgens de bij de leerstoel Installaties van de faculteit Bouwkunde gebruikte methode. Voor de berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- diepte van de serre 4,0 m
- hoogte van de serre 3,5 m
- U-waarde beglazing 1,5 W/m².K
- ZTA beglazing Noord 0,7
- ZTA overige oriëntaties 0,2 (buitenzonwering)
- ZTA dak 0,2 (buitenzonwering)

Figuur 11 laat de specifieke koellast in W/m² zien van de serres op verschillende oriëntaties. Vooral de kleinere serres hebben door hun ongunstige verhouding van buitenoppervlak

¹ TRIO – Tabaksrook in de Omgevingslucht. Ook wel aangeduid met “Omgevingstabaksrook”.

Internationaal ETS – Environmental Tobacco Smoke genoemd



Figuur 11: Koellast serres op verschillende oriëntaties

vlak t.o.v. vloeroppervlak een zeer hoge koellast. Een serre op het Noorden is eigenlijk de enige reële optie. Er is bij de koellastberekening van een dergelijke Noordserre uitgegaan van een serredak in de schaduw van de opgaande Noordgevel. De vraag die moet worden beantwoord is of het mogelijk is met behoud van een redelijk thermisch comfort een dergelijke koellast te verwerken.

Klimaatsysteem

Op grond van een grotere ventilatie-effectiviteit is in het voorgaande reeds gekozen voor het kwelventilatiesysteem. Ook met het oog op de temperatuureffectiviteit is dit systeem superieur boven traditionele mengventilatiesystemen.

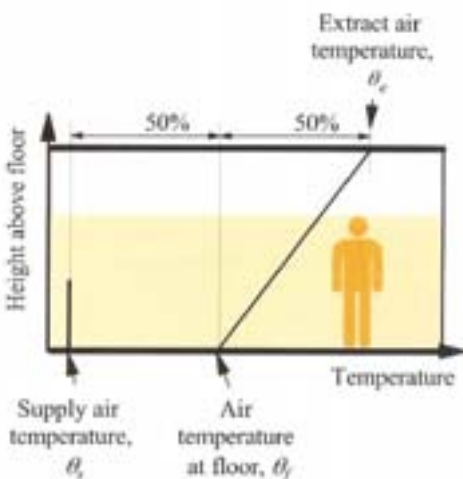
De temperatuureffectiviteit wordt als volgt gedefinieerd (Skistad 2002):

$$e_q = \frac{q_e - q}{q_z - q} \quad (5)$$

Waarin:

- e_q = temperatuureffectiviteit
- q_e = temperatuur afgezogen lucht
- q = temperatuur toegevoerde lucht
- q_z = gemiddelde temperatuur in de leefzone

Het temperatuurprofiel in de ruimte is afhankelijk van de locatie van de warmtebronnen en van het luchtdebiet. Voor een serre kan worden uitgegaan van een temperatuurprofiel volgens figuur 12 (Skistad 2002). Hiervoor geldt de zgn. 50%



Figuur 12: Temperatuureffectiviteit

Tabel 2: Berekening temperaturen bij q van 17°, 18° en 19° C

$\theta_s = 170^\circ \text{ C}$	$\theta_s = 180^\circ \text{ C}$	$\theta_s = 190^\circ \text{ C}$
$\theta_e = 37,5 - 0,5 \cdot 17 = 29^\circ \text{ C}$	$\theta_e = 37,5 - 0,5 \cdot 18 = 28,50^\circ \text{ C}$	$\theta_e = 37,5 - 0,5 \cdot 19 = 28,0^\circ \text{ C}$
$\theta_f = 0,5 \theta_s + 0,5 \theta_e = 23^\circ \text{ C}$	$\theta_f = 0,5 \theta_s + 0,5 \theta_e = 23,25^\circ \text{ C}$	$\theta_f = 0,5 \theta_s + 0,5 \theta_e = 23,5^\circ \text{ C}$
$\theta_{1,75} = 23 + 0,5 \cdot (29 - 23) = 26^\circ \text{ C}$	$\theta_{1,75} = 23,25 + 0,5 \cdot (28,5 - 23,25) = 25,90^\circ \text{ C}$	$\theta_{1,75} = 23,5 + 0,5 \cdot (28 - 23,5) = 25,8^\circ \text{ C}$
$\theta_{1,15} = 23 + \frac{1}{3} \cdot (29 - 23) = 25^\circ \text{ C}$	$\theta_{1,15} = 23,25 + \frac{1}{3} \cdot (28,5 - 23,25) = 25,0^\circ \text{ C}$	$\theta_{1,15} = 23,5 + \frac{1}{3} \cdot (28 - 23,5) = 25,0^\circ \text{ C}$
$\epsilon_0 = 1,50$	$\epsilon_0 = 1,50$	$\epsilon_0 = 1,50$

regel, die zegt dat de luchttemperatuur op vloerniveau halverwege de temperatuur van de toegevoerde lucht en de afgezogen lucht ligt. Als bijvoorbeeld $q_e - q = 12\text{K}$, dan ligt de temperatuur op vloerniveau ongeveer 6K boven de temperatuur van de toegevoerde lucht.

Berekening

De gemiddelde temperatuur in de leefzone, gemeten op 1/3 van de serrehoogte wordt gesteld op 25° C.

Voor de minimum inblaastemperatuur van vloerroosters q wordt uitgegaan van 17° à 19° C. Op basis van het model volgens figuur 12 kunnen dan bij deze inblaastemperaturen de temperaturen volgens tabel 5 worden berekend. Voor de afleiding van de vergelijkingen zie venster2.

uit

$$q_f = q + 0,5(q_e - q) = 0,5q + 0,5q_e$$

en

$$25 = q_f - \frac{1}{3}(q_e - q_f) = \frac{2}{3}q_f + \frac{1}{3}q_e$$

volgt

$$25 = \frac{2}{3}(0,5q + 0,5q_e) + \frac{1}{3}q_e = \frac{q}{3} + \frac{q_e}{3} + \frac{q_e}{3} = \frac{q}{3} + \frac{2}{3}q_e$$

en

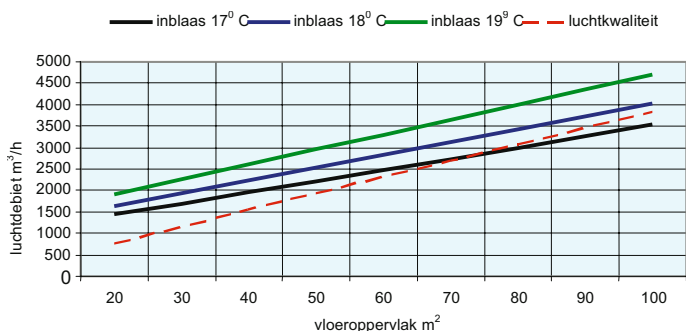
$$q = 37,5 - 0,5q_e \quad (6)$$

Venster 2: Afleiding vergelijkingen

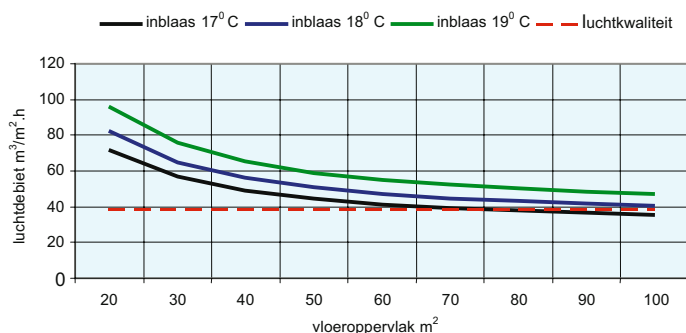
De verschillen in inblaastemperatuur hebben nauwelijks of geen invloed op de temperaturen in de leefzone $q_{1,75}$ en $q_{1,15}$. De $\Delta\theta(q_e - q)$ heeft uiteraard wel consequenties voor het toe te voeren luchtdebiet. Zie figuur 13, waaruit blijkt dat klimaatbeheersing in serres tijdens de zomer aanzienlijk grotere luchtdebieten vereist dan die op basis van luchtkwaliteit nodig zijn. Dit blijkt nog duidelijker uit figuur 14 waarin de specifieke luchtdebieten in $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ zijn aangegeven.

Luchtverdeling

Door de vrijwel volledige transparantie van een rookserre en de grote luchtdebieten komen de traditionele luchtverdelers uit de catalogi van kwelventilatie nauwelijks in aanmerking. Vrijwel de enige mogelijkheid is luchttoevoer via vloerroosters, zoals vaak in computerruimtes worden toegepast; zie figuur 15. Deze roosters verspreiden de lucht in een verticale of een horizontale wervel. De diameters variëren van



Figuur 13: Berekende luchtdebieten rookserres op Noord-oriëntatie – m^3/h



Figuur 14: Specifieke luchtdebieten rookserres op Noord-oriëntaties – m^3/m^2h

100 tot 200 mm. Luchtdebieten tot 180 m^3/h . Voor toepassing van deze roosters is een verhoogde systeemvloer vereist.

Conclusies

- Het is met kwelventilatie zeker mogelijk de luchtdebieten volgens figuur 9 aan een rookserre toe te voeren, maar het is nauwelijks mogelijk hierdoor een goed thermisch comfort te realiseren.
- De noodzaak een verhoogde vloer te installeren alsmede het energiegebruik t.b.v. de grotere luchtverplaatsing en koeling, maakt klimaatregeling van een rookserre minder aantrekkelijk. Een open rookserre, zie hiervoor, zal in veel gevallen een betere optie zijn.
- Om de kwelventilatie ook in het stookseizoen in stand te houden moet koudeval worden voorkomen. Hiervoor is een perimeterverwarming noodzakelijk, ook bij een thermisch hoogwaardige beglazing.



Figuur 15: Vloerrooster

- Om exfiltratie van TRIO naar het gebouw te voorkomen moet bij het bepalen van de afzuigcapaciteit terdege erkenning worden gehouden met de infiltratie van buitenlucht.

HET AKOESTISCH KLIMAAT IN DE ROOKSERRE

Geluidabsorptie

In de rookserre zal ook aandacht moeten worden besteed aan het “akoestisch klimaat”, waarbij het begrip akoestisch klimaat staat voor de waardering van de gebruikers, die dient te worden gekoppeld aan een akoestisch meetbare grootheid. Als akoestische maat wordt de nagalmtijd RT het meest gebruikt, gedefinieerd door:

$$RT = \frac{55.3 V}{c A} = \frac{0.16 V}{A} \quad (7)$$

waarbij V het totale volume van de ruimte representeert en c de geluidssnelheid. Als $c = 343$ m/s (bij kamertemperatuur) komt de waarde 0.16 tevoorschijn, die vaak wordt afgerond tot 1/6.

A representeert het totale geluidabsorberende oppervlak in de ruimte. Het wordt berekend uit de som over alle deelopervlakken in de ruimte:

$$A = \sum_i a_i S_i. \quad (8)$$

Uit de waarde van A en het totale oppervlak kan door deling a_{gem} worden berekend. Deze grootheid (tussen 0 en 1) speelt een belangrijke rol bij de karakterisering van de akoestische kwaliteit. In een rookserre is het absolute geluidniveau SPL nl. een veel belangrijker grootheid dan de nagalmtijd. Het wordt hier gegeven door:

$$SPL = L_w + 10 \log(H). \quad (9)$$

L_w representeert het akoestisch vermogen van alle geluidbronnen in de ruimte; we komen daarop terug in de volgende paragraaf.

De variabele H representeert de akoestische eigenschappen van de ruimte. In de meeste handboeken staat H geschreven als:

$$H = \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4(1 - a_{gem})}{A} \quad (10)$$

De eerste term geeft het directe geluid tussen een bron en een waarnemer die zich op een afstand r bevinden. Bij menselijke spraak dient Q dient om de richting van de spraak vast te leggen. Recht voor de mond wordt die meestal gegeven als $Q = 2.5$. Aan de achterzijde van het hoofd kan Q aanzienlijk kleiner zijn dan 1. In de eerste term vinden we geen eigenschappen van de ruimte terug. De tweede term hangt juist uitsluitend af van de ruimtegegevens omdat de afstand ontbreekt.

In de praktijk is de eerste term meestal groter indien r in de orde van 1 m of kleiner is. In een gebruikelijke ruimte is op een paar meter steeds de tweede term groter. Het deel van de ruimte waar de eerste term mag worden verwaarloosd zullen

we het “diffuse veld” noemen. Er kunnen dus twee bijzonder gevallen worden afgesplitst voor het directe en diffuse veld:

$$H_{dir} = \frac{Q}{4\pi r^2} \quad (11) \quad \text{en} \quad H_{diffuus} = \frac{4(1 - a_{gem})}{A} \quad (11a)$$

Omdat a_{gem} vaak in de orde van 0.1 tot 0.3 is, wordt die laatste vergelijking vaak benaderd door:

$$H_{diffuus} = \frac{4}{A}. \quad (11b)$$

Het geluidniveau in een rokersruimte

Het akoestisch vermogenniveau van de bron (L_W) in een rookserre wordt normaliter bepaald door de stemmen van de aanwezige rokers. Er ontstaat een effect dat in de akoestische theorie het “cocktailparty-effect” wordt genoemd, al zullen veel werkgevers er niet blij mee zijn als in een rookruimte daadwerkelijk een cocktailparty ontstaat.

Er spelen twee effecten:

- De akoestische vermogens van N sprekers mogen simpelweg worden opgeteld. Omdat L_W een logaritmische grootte is, kunnen we voor het totale vermogenniveau schrijven:

$$L_w = L_{w,gem} + 10\log(N), \quad (12)$$

waarin $L_{w,gem}$ dus het vermogenniveau is van één gemiddelde spreker.

Vergelijking (9) kan daarom worden geschreven als:

$$SPL = L_{w,gem} + 10\log(N \times H), \quad (13)$$

en vergelijking (11b) gaat over in:

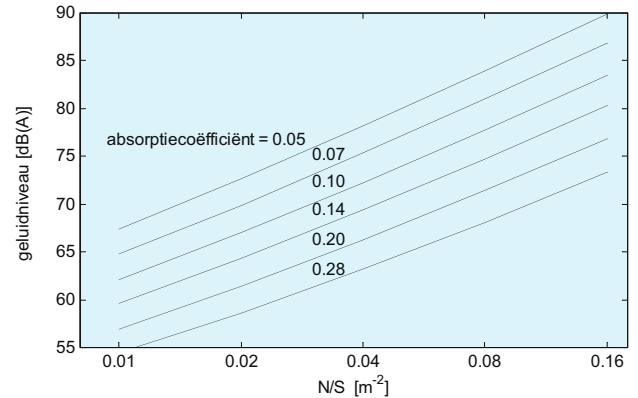
$$H_{diffuus} = \frac{4N}{A} = \frac{4N}{a_{gem} \times S}. \quad (14)$$

- Mensen gaan harder spreken in een lawaaiige omgeving. $L_{w,gem}$ varieert daarom van ca. 60 dB(A) bij dode-kamermetingen tot 75 dB(A) indien het ruisniveau in de orde van 80 dB(A) ligt. Dat betekent helaas ook dat $L_{w,gem}$ in vergelijking (13) afhangt van SPL , zodat een recursieve vergelijking ontstaat die over het algemeen numeriek moet worden opgelost.

In recent, nog niet gepubliceerd onderzoek is het geluidvermogen van sprekers gemeten als functie van het achtergrondniveau. Dat resulteert in figuur 16, waarin twee grootheden staan die afkomstig zijn uit vergelijking (14): a_{gem} en N/S . Voor beide grootheden vinden we bij verdubbeling een helling van ongeveer 6 dB(A) per verdubbeling, terwijl vergelijking (13) slechts een toename van 3 dB(A) voorspelt. Dat komt dus doordat mensen harder gaan praten.

De gegeven niveaus dienen met enige voorzichtigheid te worden gehanteerd. Ze gelden voor “normale conversatie” en de onnauwkeurigheid is in de orde van 2 dB(A). In grotere gezelschappen kunnen echter ook nog velerlei enthousiaste uitroepen en luidkeels gelach worden geconstateerd. Dan kunnen tijdelijke ophogingen van 6 tot 10 dB(A) worden gemeten.

De grootheden N en S geven respectievelijk het aantal sprekers en de totale oppervlakte van de ruimte. Ze dienen dus te



Figuur 16: Het geluidniveau in dB(A) als functie van het quotiënt van het aantal sprekers en het totale oppervlak in de ruimte. De gemiddelde absorptiecoëfficiënt is de parameter.

worden vertaald in het aantal aanwezigen en het vloeroppervlak. De groepsgrootte van een gesprek kan in een rustige omgeving zeker één spreker per zes of acht aanwezigen zijn. Echter, in een lawaaiige omgeving worden de aanwezigen gedwongen om op korte afstand in elkaars oren te roepen en vindt dus duovorming plaats. We zullen, als ruwe schatting, aannemen dat N gelijk is aan 0.4 maal het aantal aanwezigen. Bij een aanwezigheidspercentage van 80% staande mensen vinden we dus $N = 3$ bij 10 m² vloeroppervlak en $N = 32$ bij 100 m².

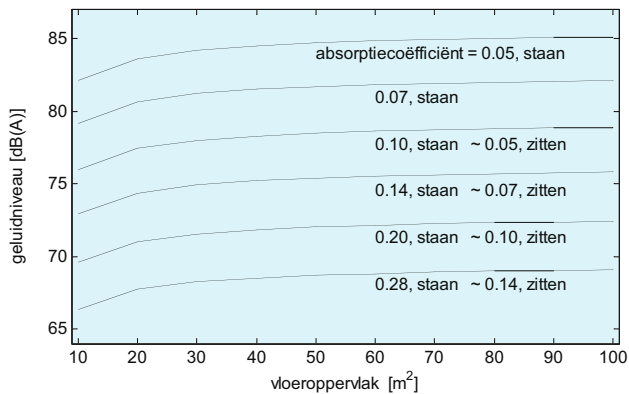
Voor een vertaling van het totale oppervlak naar het vloeroppervlak is een schatting van de verdiepingshoogte noodzakelijk. We veronderstellen daartoe dat de hoogte stijgt van 2.5 m bij 10 m² vloeroppervlak naar 3.5 m bij 100 m². De waarde van S loopt dan op van 50 m² tot 350 m² indien het vloeroppervlak stijgt van 10 naar 100 m². We vinden nu in figuur 16 een verrassend kleine range van N/S tussen 0.06 tot 0.09. Indien er alleen zitplaatsen aanwezig zijn, wordt het aantal plaatsen gehalveerd en daarmee ook de waarden van N/S . Figuur 17 laat de resulterende curven zien.

In de figuur constateren we een effect dat al eerder bij sportaccommodaties was vastgesteld: de gemiddelde absorptiecoëfficiënt en het aantal bronnen blijken maatgevend. Het vloeroppervlak doet nauwelijks ter zake. Daarmee wordt de nagalmtijd als normstellende grootheid omzeild, die veel te afhankelijk is van de grootte van de ruimte.

Een poging tot normstelling

Voor rookserres e.d. bestaan geen akoestische normen. We moeten dus zelf ideeën ontwikkelen aan de hand van de uiteindelijke geluidniveaus in figuur 17. Daarbij kunnen de volgende overwegingen worden aangehouden:

- Geluidniveaus boven 80 dB(A) zijn onacceptabel. De aanwezige rokers zou kunnen worden gevraagd zoveel mogelijk hun mond te houden (ze komen om te roken, niet om te praten), maar indien dit ongewenst is zullen aan de ingang gehoorbeschermers moeten worden uitgereikt.



Figuur 17: Het geluidniveau bij toenemend vloeroppervlak. De curven zijn berekend voor een bezettingsgraad van 80%, waarvan 40% spreekt. Alle aanwezigen staan. Voor een ruimte met uitsluitend zitplaatsen is het aantal sprekers gehalveerd en kan dus ook de absorptiecoëfficiënt worden gehalveerd als vergelijking (14) wordt aangehouden.

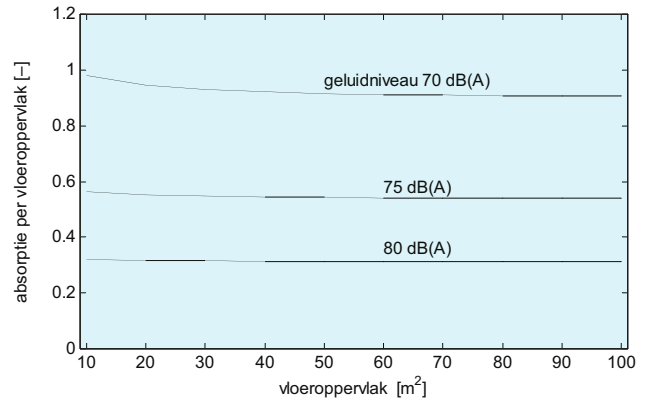
- Geluidniveaus rond 75 dB(A) zijn “zeer matig”; een redelijke spraakverstaanbaarheid is alleen te bereiken indien gesprekspartners elkaar vanaf korte afstand in de oren roepen. Toch kunnen in de huidige praktijk redelijk wat van dergelijke ruimten, in de vorm van restaurants en kantines worden gevonden. Naar onze mening valt er in een rookserre met een korte verblijftijd te leven met dit soort niveaus.
- Geluidniveaus tot 70 dB(A) zijn “redelijk” te noemen, althans in een rookruimte. In de figuur is te zien dat dan absorptiecoëfficiënten in de orde van 28% nodig zijn, hetgeen al een flinke ontwerpingsgreep verlangt. Dat komt door de hoge dichtheid van sprekers die in de rookruimte wordt verondersteld.

Conclusies voor het ontwerp

Uiteraard gaat het uiteindelijk om het aantal vierkante meters absorptiemateriaal dat moet worden aangebracht. Om dat te berekenen zijn de gegevens uit figuur 17 herschikt. Horizontaal staat weer het vloeroppervlak; vertikaal staat nu de *verhouding* tussen het aantal vierkante meters absorptiemateriaal (inclusief meubilair en 0.4 m² absorptie per mens) en het vloeroppervlak. De figuur geldt weer voor de hoge dichtheid, dus als alle rokers staan.

De waarde van 80 dB(A) geldt bij ca. 0.3 maal het vloeroppervlak. Dat wordt ongeveer gehaald in een onbehandelde ruimte, waarin alleen rokers aanwezig zijn. Bij 100 m² vloeroppervlak werden 80 staande mensen verondersteld die ruim 30 m² absorptie meebrengen.

Indien de ruimte wordt ontworpen met een absorberend plafond, staat in figuur 18 ongeveer de benodigde absorptiecoëfficiënt van het materiaal. Bij de gebruikelijk waarden van een redelijk goedkoop plafond (bijvoorbeeld met 70% absorptie) plus wat meubilair, een tikkeltje absorptie van de wanden en de aanwezige rokers is een geluidniveau in de buurt van 70 dB(A) zeker te bereiken.



Figuur 18: De verhouding tussen de totale hoeveelheid absorptie (in m²) en het vloeroppervlak.

REFERENTIES

- Bronsema, B. en Luscuerre, P.G. 2006. *Smoke free Architecture* – Rookscheiding zonder muren. BOUWFYSICA, Vol. 18, 2006, No.1. ISSN 0928-5377.
- Bronsema, B. 2006. Ventilatie van ETA 3 ruimten - deel 1 en 2. TVVL Magazine 9/2006
- CEN 2006. prEN 13779. Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. www.cen.org
- Nijs, L & A. Schuur 2004. “Het gebruik van de nagalmtijd bij de normstelling van sportzalen”. BOUWFYSICA, jg 15, no 1, pp 9-17.
- Mundt, E. et al 2004. Ventilation Effectiveness. REHVA Guidebook no.1. Federation of European Heating and Air-conditioning Associations REHVA. ISBN 2-9600468-0-3.
- NEN-EN 12831 (en). Verwarmingssystemen in gebouwen – Methode voor de berekening van de ontwerp-warmtebelasting. *Nederlands Normalisatie-instituut februari 2004.*
- Recknagel 2000. Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik. Recknagel Sprenger Schrammek, 69^{ste} druk. R. Oldenbourg Verlag München Wien. ISBN 3-486-26215-7.
- Skistad, H (ed) 2002. Displacement Ventilation in non-industrial premises. REHVA Guidebook no.1. Federation of European Heating and Air-conditioning Associations REHVA. ISBN 82-594-2369-3.
- Skistad en Bronsema (ed) 2005. Ventilation and Smoking. REHVA Guidebook no.1. Federation of European Heating and Air-conditioning Associations REHVA. ISBN 2-9600468-2-X.
- Wagner, J. et al 2004. Environmental Tobacco Smoke Leakage from Smoking Rooms. Journal of Occupational and Environmental Hygiene February 2004. ISSN1545-9624 print / 1545-9632 online.