

Stromingsweerstand van openingen in scheidingsconstructies

Kennisbank Bouwfysica

Dictaat ct 4220 Bouwfysica II, TU-Delft Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen,
samengesteld door prof.ir. J.J.M. Cauberg

1 Algemeen

In module LU-10; "Natuurlijke ventilatie en infiltratie" is - heel algemeen - voor de stroming door een opening/kier etc. in formule (1) uitgegaan van:

$$\Delta P = \frac{1}{2} \xi \rho V^2 \quad (1)$$

$$\dot{V} = A \sqrt{\frac{2\Delta P}{\xi \rho}} = C_d A \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (2)$$

Met:

C_d stromingscoëfficiënt, waarvoor geldt $C_d = \frac{1}{\sqrt{\xi}}$

Formule (1) gaat in feite uit van niet-viskeuze of turbulente stroming door de opening, Dit zal het geval zijn bij grote openingen, maar zeker niet bij de stroming door een smalle naad of kier. Dan is er sprake van viskeuze stroming, waarbij de volumestroom evenredig is met P in plaats van \sqrt{P} .

In de praktijk komen beide type stromingen en alles wat daartussen ligt voor. Daarom wordt voor de volumestroom algemeen geschreven:

$$\dot{V} = C(\Delta P)^n \quad (3)$$

Met:

C luchtdoorlatendheidscoëfficiënt in $\text{m}^3 / (\text{s Pa}^n)$

n stromingsexponent.

Voor n geldt:

$$0,5 \leq n \leq 1$$

Waarbij:

$n = 0,5$ overeenkomt met een niet-viskeuze of turbulente stroming

$n = 1$ overeenkomt met een viskeuze stroming

Om daadwerkelijke berekeningen uit te kunnen voeren moet C respectievelijk n bekend zijn.

Deze worden veelal experimenteel bepaald; slechts incidenteel kunnen ze analytisch berekend worden.

2 Naden en kieren

Voor de luchtstroming door naden en kieren in een gebouwschil geldt:

$$\dot{V} = a \cdot l \Delta P^{2/3}$$

Met:

- a luchtdoorlatendheidscoëfficiënt in $\text{m}^3/\text{ms}(\text{Pa})^{2/3}$ of $\text{m}^3/\text{mh}(\text{Pa})^{2/3}$
- l lengte van de naad/kier in m
- \dot{V} volumestroom in m^3/s of m^3/h

De luchtstroom door naden en kieren speelt een belangrijke rol bij de natuurlijke infiltratie van buitenlucht; dit is in feite een ongewenste luchtstroom die niet geregeld kan worden.

De luchtdoorlatendheidscoëfficiënt (spleetkwaliteit) van een kier of naad wordt gebruikt bij het berekenen van het warmteverlies door de natuurlijke infiltratie. Tabel 1 geeft de gebruikelijk gehanteerde spleetkwaliteit weer.

type spleet	spleetkwaliteit in $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m Pa}^{2/3}$	spleetkwaliteit in $\text{dm}^3/\text{s m Pa}^{2/3}$
houten ramen zonder afdichting	0,6	0,167
houten ramen met enkelvoudige afdichting	0,3	0,083
metalen ramen met dubbele afdichting	0,2	0,056

tabel 1. spleetkwaliteit bij ramen, gebruikt bij warmteverliesberekeningen

NEN 3660 “Gevelvullingen-Luchtdoorlatendheid, waterdichtheid, stijfheid en sterkte-Eisen” geeft eisen voor de maximale luchtdoorlatendheid van puien en ramen voor de woningbouw bij de toetsingsdruk. Er worden twee gebieden onderscheiden, namelijk binnenland en kust. Per gebied wordt een toetsingsdruk als functie van de hoogte gegeven; de toetsingsdruk varieert van 75 Pa (binnenland 15 m hoogte) tot 450 Pa (kust 100 m hoogte).

omschrijving	maximale luchtlekkage in m^3/hm bij toetsingsdruk
gevelvulling: kieren bij beweegbare delen	9,0 3,0 (volgens KOMO-eis)
naden bij vaste delen	0,5

tabel 2. kwaliteitseisen luchtlekkage gevelvullingen

Voor kantoorgebouwen worden Rgd-eisen gehanteerd die in tabel 3 gegeven zijn.

omschrijving	maximaal toelaatbare luchtdoorlaat bij de toetsingsdruk
de gevel als geheel: met te openen ramen zonder te openen ramen	1,8 dm ³ /s.m ² 0,5 dm ³ /s.m ²
kieren bij bewegende delen: kierlengte $l \leq 0,6 \text{ m/m}^2$	2,5 dm ³ /s.m ²
kierlengte $l > 0,6 \text{ m/m}^2$	$\frac{0,6}{l} \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$
naden in gevelelementen en/of bouwkundige aansluitingen	0,05 dm ³ /s.m ²

tabel 3. kwaliteitseisen luchtlekkage volgens RGD

De spleetkwaliteit van ramen zoals deze in een laboratoriumopstelling gemeten zijn, zijn slechts beperkt representatief voor datgene wat in de bouw wordt aangetroffen. Zoals uit figuur 1 blijkt, is zelfs voor maatvasten metalen ramen waarin zich een goede kierafdichting bevindt de spreiding in het eindresultaat aanmerkelijk.

3 Ventilatioorosters

Ventilatioorosters zijn te omschrijven als bewuste ventilatie-voorzieningen, die veelal van metaal geprefabriceerd worden (zie figuur 2). De toepassing van ventilatioorosters steunt op de bepalingsmethode zoals deze in NEN 1087 wordt gegeven. Deze norm gaat uit van de debiet/drukverschil karakteristiek van het rooster (zie figuur 3).

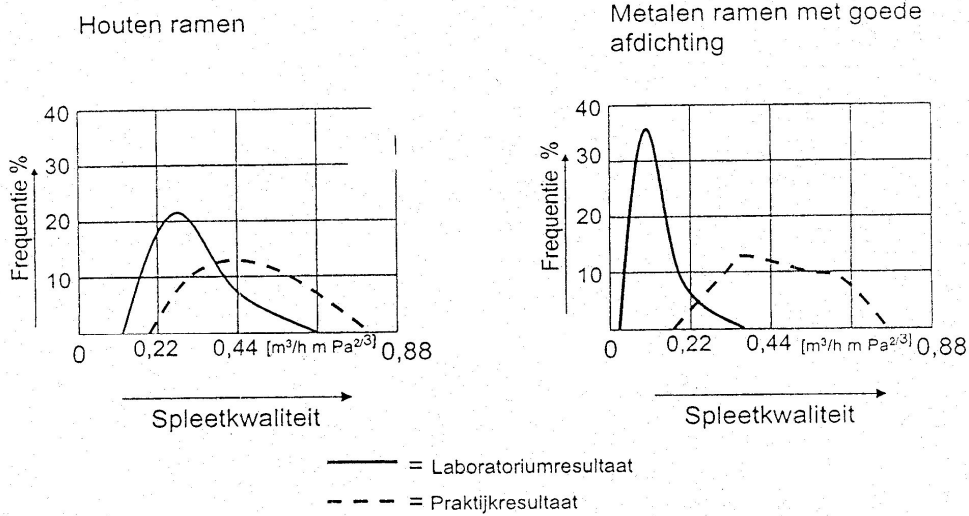
Uit deze karakteristiek is de grootte n en via:

$$C = \frac{\dot{V}}{(\Delta P)^n} \tag{4}$$

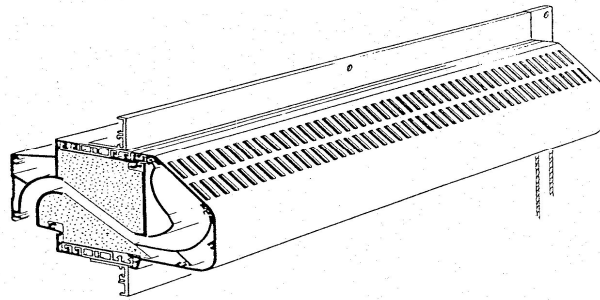
Ook de effectieve doorlaat te bepalen, namelijk:

$$n = 0,51$$

$$C = 11,5 \text{ dm}^3/\text{s}$$



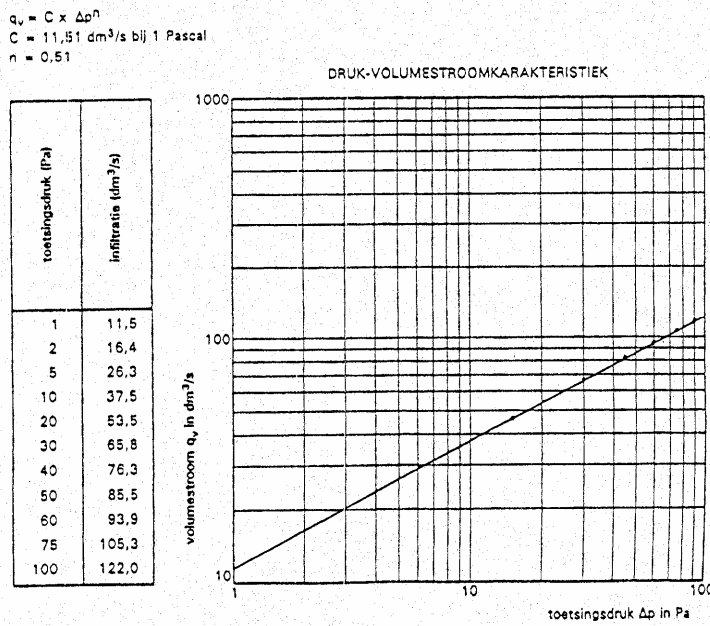
figuur 1 frequentieverdelingen spleetkwaliteit bij houten en metalen ramen



figuur 2. geluidgedempte ventilatievoorzieningen

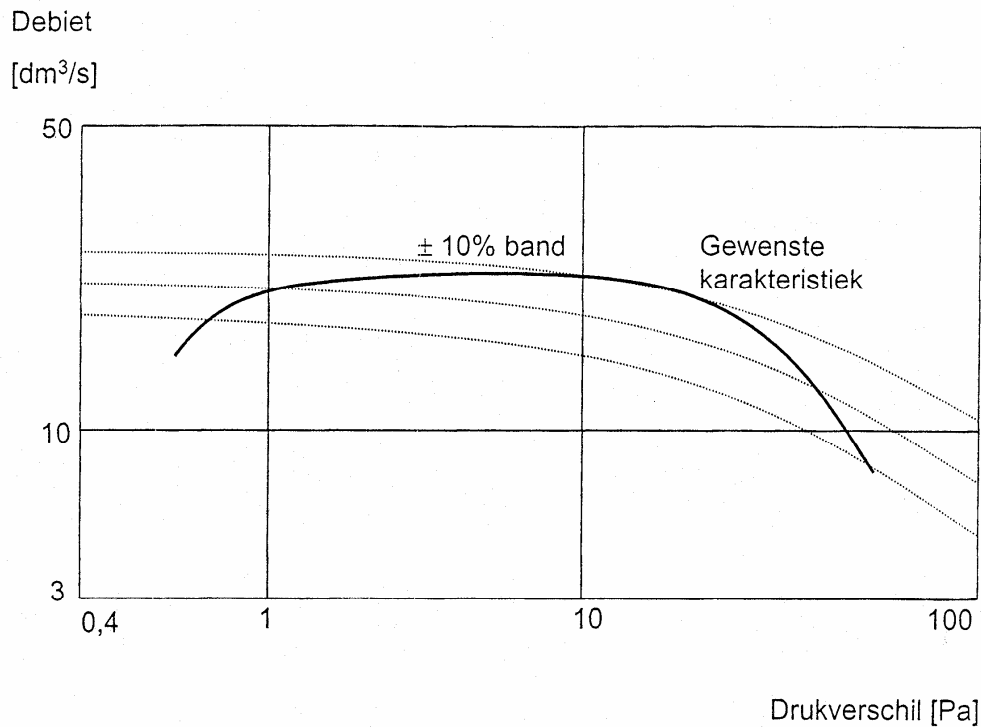
De ventilatiecapaciteit conform het Bouwbesluit is de volumestroom \dot{V} door het rooster bij een drukverschil van 1 Pa; voor het voorbeeld 11,51 l/s.

Lengte	100 cm
Hoogte	15 cm
Kleinste opening (netto doorlaat)	110 cm ²
Kierlengte sluitmechanisme	230 cm
Drukverschil bij luchtsnelheid 5 m/s door netto doorlaat	21 Pa
Volumestroom 1 m/s door netto doorlaat	11,0 dm ³ /s
Nominale ventilatiecapaciteit (NEN 1087:1991)	12 dm ³ /s



figuur 3. meting luchtdoorlatendheid ventilatierooster

Het ventilatiedebiet door de roosters neemt, zoals ook figuur 3 laat zien, toe als het drukverschil over de roosters toeneemt. Alleen door ingrijpen van de bewoners door het verkleinen van het effectieve doorstroomoppervlak, kan het volumedebiet worden aangepast. Er zijn zelfregelende - zogenaamde constant volumeroosters - ontwikkeld die bij een toenemend drukverschil automatisch de volumestroom binnen een bandbreedte regelen; zie figuur 4 voor de druk-volumestroomgrafiek.



figuur 4. regelgebied zelf-regelend ventilatierooster

Ventilatieopeningen leiden bijna altijd tot een turbulente stroming, zodat $n = 0,5$. Combinatie van (1) en (3) geeft voor C_d :

$$C_d = \frac{1}{\sqrt{\xi}} \quad (5)$$

Niet alleen roosters maar ook ramen kunnen als ventilatie-openingen dienst doen. Het klepraam in woningen is daar een bekend voorbeeld van. Voor het debiet door een klepraam met het oppervlak A geldt in kierstand bij benadering:

$$\dot{V} = 0,91A \cdot \Delta P^n$$