



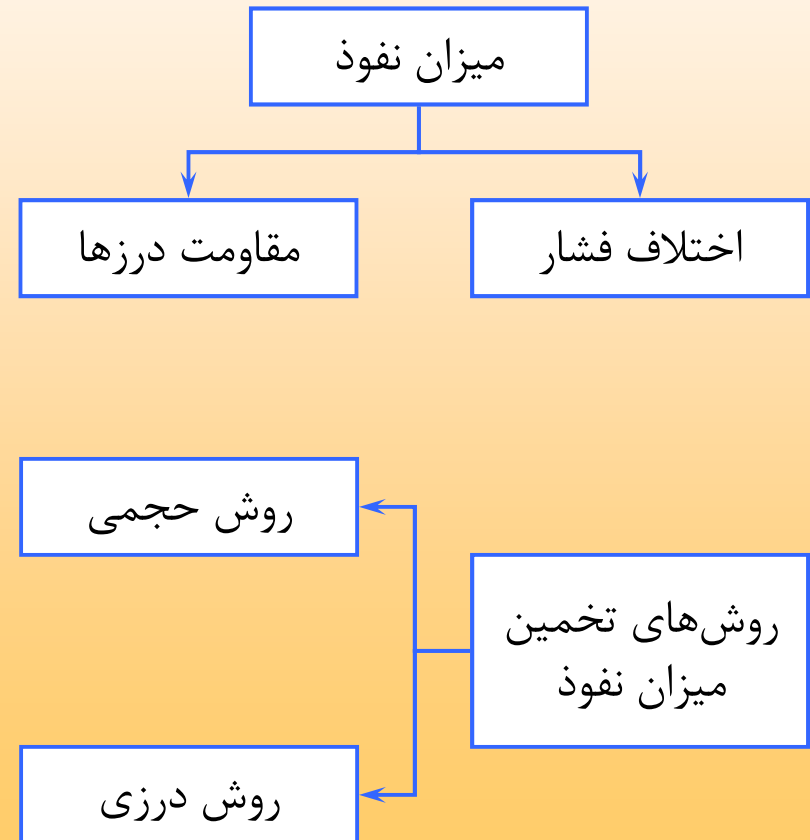
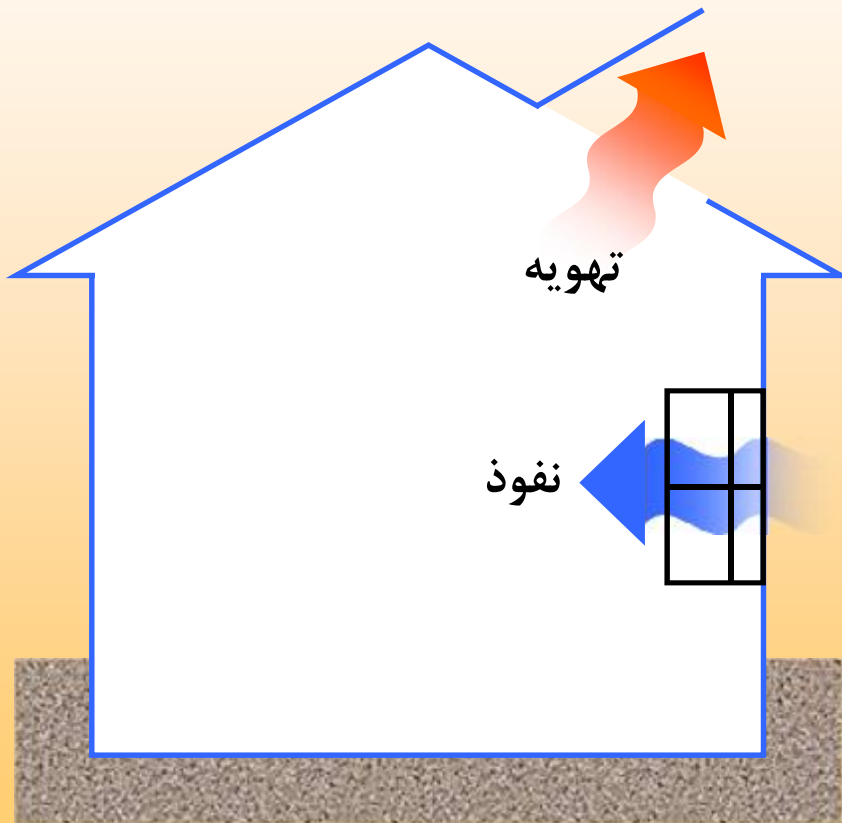
دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

طرح سیستمهای تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

برآورد میزان نفوذ

§ نشت هوا از درز و شکاف اطراف پنجره‌ها، درها و نیز سقف و دیوارهای ساختمان را **نفوذ** می‌نامند.



روش حجمی

ACH	نوع فضا
1	فضا با یک دیوار با در یا پنجره رو به خارج
1.5	فضا با دو دیوار با در یا پنجره رو به خارج
2	فضا با بیش از دو دیوار با در یا پنجره رو به خارج
0.5	فضاهای داخلی بدون دیوار با در یا پنجره رو به خارج
2	راهروی ورودی

روش درزی

§ در این روش برآورد حجم هوای نفوذی براساس اندازه‌گیری مشخصات اجزای ساختمانی و انتخاب اختلاف فشار وارد بر ساختمان صورت می‌گیرد.

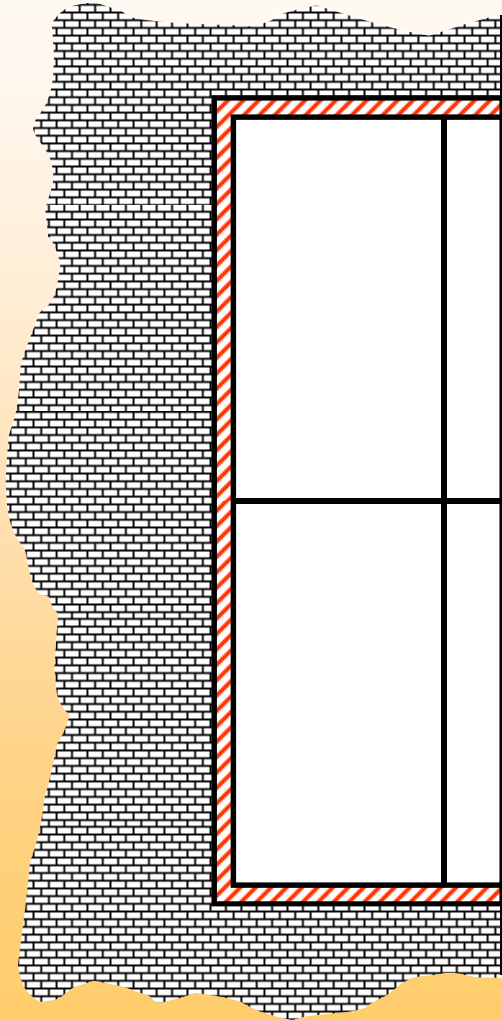
§ از آنجا که درز اطراف درها و پنجره‌ها عموماً اصلی‌ترین منبع نفوذ هواست، روش فوق به‌عنوان روش درزی شناخته می‌شود.

$$Q = C_D A \left(\frac{2\Delta p}{\rho} \right)^n \quad \Rightarrow \quad Q = C \Delta p^n$$

$$\Delta p = \Delta p_s + \Delta p_w + \Delta p_p$$

اثر دودکش اثر تهویه وزش باد

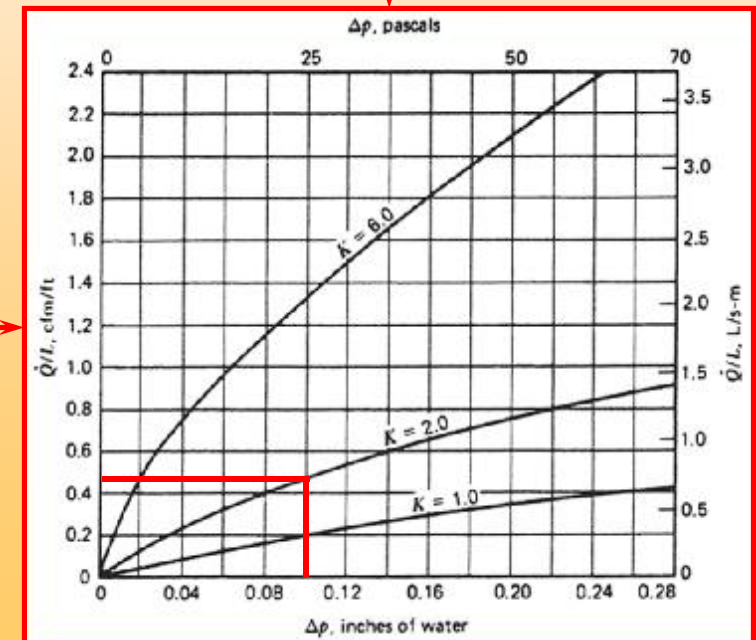
§ مقدار ضریب جریان برای درز در و پنجره به صورت آزمایشی تعیین شده و به جای استفاده از آن با مشخص بودن اختلاف فشار می‌توان میزان نفوذ هوا از درها و پنجره‌ها را مستقیماً با استفاده از نمودارهای بعدی برآورد نمود.



روش درزی

	Wood Double-hung (Locked)	Other Types
Tight-fitting window $K = 1.0$	Weatherstripped average gap ($\frac{1}{64}$ -in. crack)	Wood casement and awning windows; weatherstripped Metal casement windows; weatherstripped
Average-fitting window $K = 2.0$	Non-weatherstripped average gap ($\frac{1}{64}$ -in. crack) or Weatherstripped large gap ($\frac{3}{32}$ -in. crack)	All types of vertical and horizontal sliding windows; weatherstripped. Note: If average gap ($\frac{1}{64}$ -in. crack) this could be tight-fitting window Metal casement windows; Nonweatherstripped. Note: If large gap ($\frac{3}{32}$ -in. crack) this could be a loose-fitting window
Loose-fitting window $K = 6.0$	Non-weatherstripped large gap ($\frac{3}{32}$ -in. crack)	Vertical and horizontal sliding windows; nonweatherstripped

Tight-fitting door $K = 1.0$	Very small perimeter gap and perfect fit weatherstripping—often characteristic of new doors
Average-fitting door $K = 2.0$	Small perimeter gap having stop trim fitting properly around door and weatherstripped
Loose-fitting door $K = 6.0$	Larger perimeter gap having poor fitting stop trim and weatherstripped or Small perimeter gap with no weatherstripping



اثر دودکش

زمستان

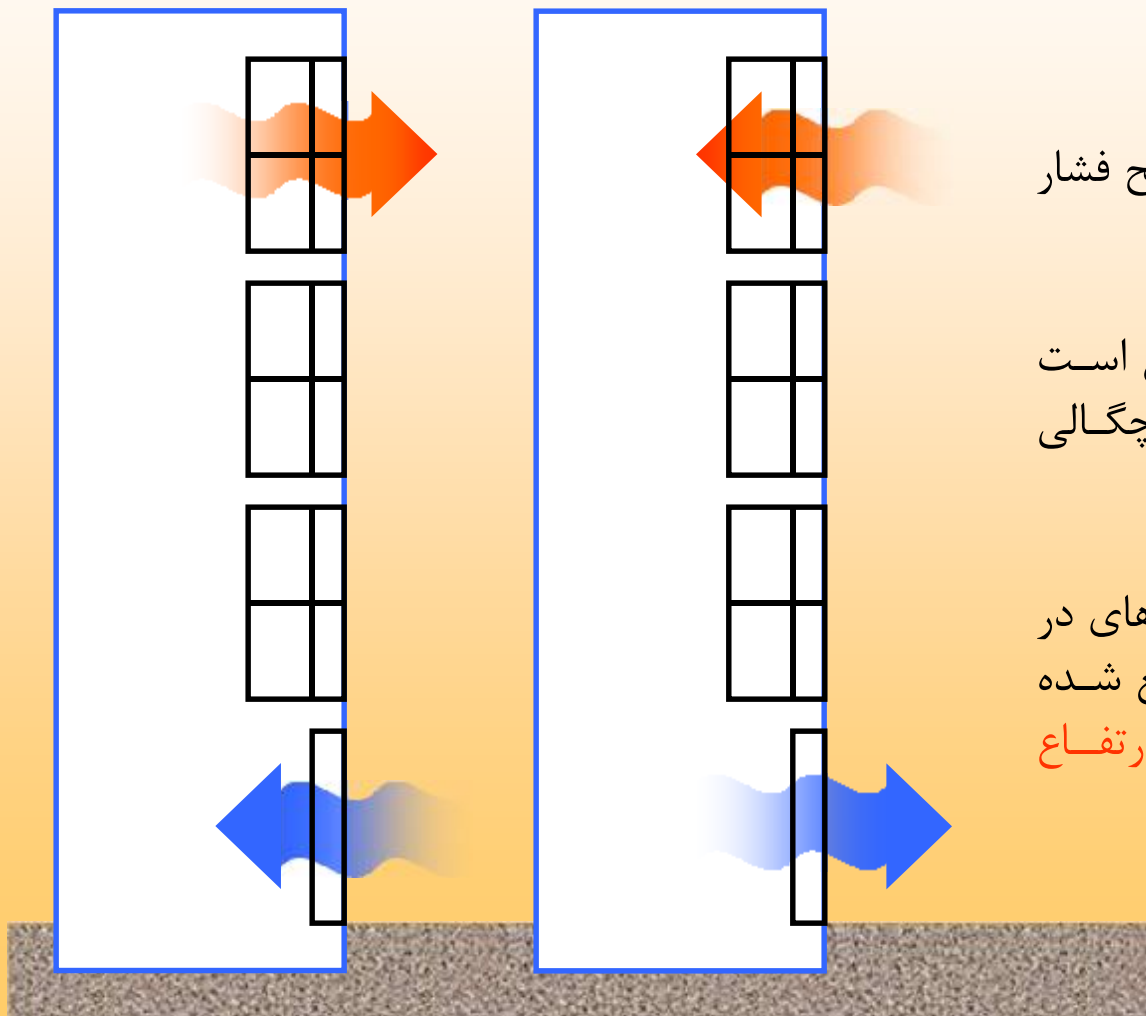
تابستان

$$\Delta p_{st} = 0.52 p_b h \left[\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_i} \right]$$

که در آن h فاصله نقطه مورد نظر از سطح فشار خنثی است.

§ **سطح فشار خنثی** ارتفاعی از ساختمان است که در آن اختلاف فشار ناشی از اختلاف چگالی بین داخل و خارج ساختمان **صفر** باشد.

§ از نظر تئوری چنانچه درزها و بازشوهای در راستای عمودی به طور یکنواخت توزیع شده باشد، سطح فشار خنثی در **وسط ارتفاع** ساختمان قرار دارد.



وزش باد و اثر تهویه

§ فشار ناشی از سرعت هوا را **فشار سرعتی** نامیده و مقدار تئوری آن عبارت است از:

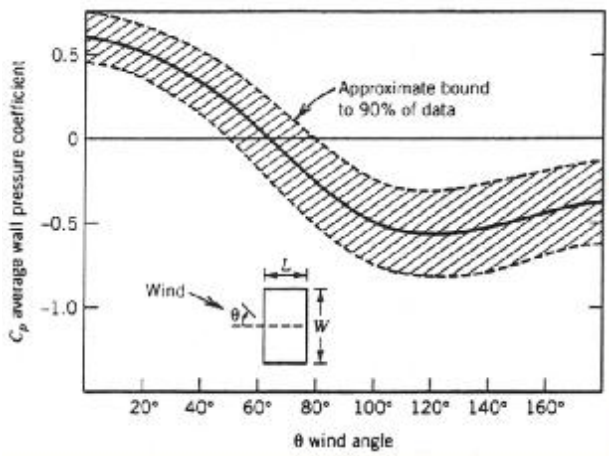
$$\Delta p_{wt} = \frac{1}{2} \rho V_w^2$$

§ از آنجا که سرعت جریان هوا هنگام برخورد با ساختمان دقیقاً به صفر نمی‌رسد، برای در نظر گرفتن اثرات ناشی از آن از مفهوم **ضریب فشار** استفاده شده و اختلاف فشار ناشی از وزش باد با رابطه زیر بیان می‌گردد:

$$\Delta p_w = C_p \Delta p_{wt}$$

§ مقدار ضریب فشار همواره **کمتر از 1** بوده و تابع **شکل و جهت ساختمان نسبت به باد** است. تخمین مقدار ضریب فشار برای دیوار و سقف ساختمانهای مختلف با استفاده از نمودارهای صفحه بعد صورت می‌گیرد.

وزش باد و اثر تهویه



برای سقف 5/0

ساختمانهای کوتاه

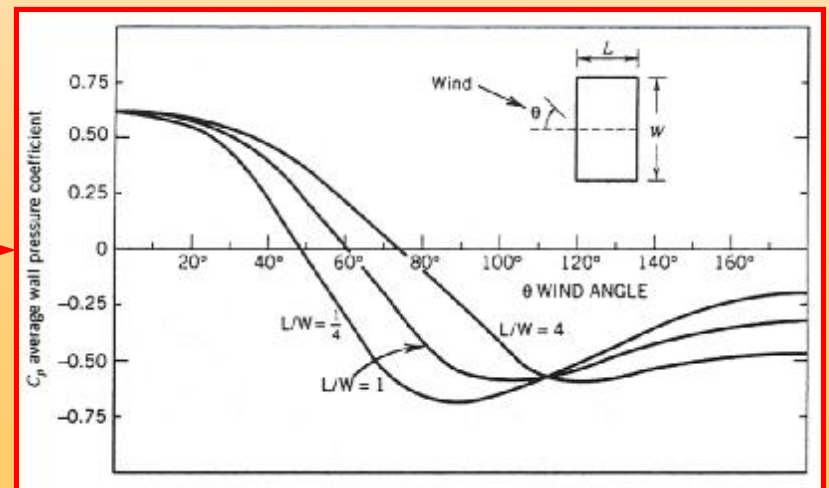
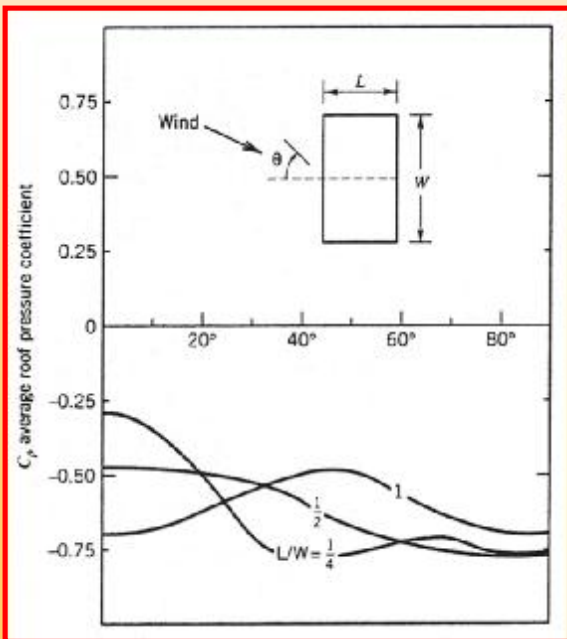
ضریب فشار

دیوار

سقف

ساختمانهای بلند

دیوار



روش سطح نفوذ موثر

$$W_e = A_L (C_s \Delta T + C_w V_w^2)^{0.5}$$

سطح موثر

ضریب باد

ضریب دودکش

Shielding Class	House Height (Stories)		
	One	Two	Three
1	0.0119	0.0157	0.0184
2	0.0092	0.0121	0.0143
3	0.0065	0.0086	0.0101
4	0.0039	0.0051	0.0060
5	0.0012	0.0016	0.0018

	House Height (Stories)		
	One	Two	Three
Stack coefficient	0.0150	0.0299	0.0449

Class	Description
1	No obstructions or local shielding
2	Light local shielding; few obstructions, few trees, or small shed
3	Moderate local shielding; some obstructions within two house heights, thick hedge, solid fence, or one neighboring house
4	Heavy shielding; obstructions around most of perimeter, buildings or trees within 30 ft in most directions; typical suburban shielding
5	Very heavy shielding; large obstructions surrounding perimeter within two house heights; typical downtown shielding

سطح نفوذ موثر

	Units (see note)	Best Estimate	Mini- mum	Maxi- mum		Units (see note)	Best Estimate	Mini- mum	Maxi- mum
Ceiling					Piping/Plumbing/Wiring penetrations				
General	in ² /ft ²	0.026	0.011	0.04	Uncaulked	in ² ea	0.9	0.31	3.7
Drop	in ² /ft ²	0.0027	0.00066	0.003	Caulked	in ² ea	0.3	0.16	0.3
Ceiling penetrations					Vents				
Whole-house fans	in ² ea	3.1	0.25	3.3	Bathroom with damper closed	in ² ea	1.6	0.39	3.1
Recessed lights	in ² ea	1.6	0.23	3.3	Bathroom with damper open	in ² ea	3.1	0.95	3.4
Ceiling/Flue vent	in ² ea	4.8	4.3	4.8	Dryer with damper	in ² ea	0.46	0.45	1.1
Surface-mounted lights	in ² ea	0.13			Dryer without damper	in ² ea	2.3	1.9	5.3
Chimney	in ² ea	4.5	3.3	5.6	Kitchen with damper open	in ² ea	6.2	2.2	11
Crawl space					Kitchen with damper closed	in ² ea	0.8	0.16	1.1
General (area for exposed wall)	in ² /ft ²	0.144	0.1	0.24	Kitchen with tight gasket	in ² ea	0.16		
8 in. by 16 in. vents	in ² ea	20			Walls (exterior)				
Door frame					Cast-in-place concrete	in ² /ft ²	0.007	0.0007	0.026
General	in ² ea	1.9	0.37	3.9	Clay brick cavity wall, finished	in ² /ft ²	0.0098	0.0007	0.033
Masonry, not caulked	in ² /ft ²	0.07	0.024	0.07	Precast concrete panel	in ² /ft ²	0.017	0.0004	0.024
Masonry, caulked	in ² /ft ²	0.014	0.004	0.014	Lightweight concrete block, unfinished	in ² /ft ²	0.05	0.019	0.058
Wood, not caulked	in ² /ft ²	0.024	0.009	0.024	Lightweight concrete block, painted or stucco	in ² /ft ²	0.016	0.0075	0.016
Wood, caulked	in ² /ft ²	0.004	0.001	0.004	Heavyweight concrete block, unfinished	in ² /ft ²	0.0036		
Trim	in ² /ftc	0.05			Continuous air infiltration barrier	in ² /ft ²	0.0022	0.0008	0.003
Jamb	in ² /ftc	0.4	0.3	0.5	Rigid sheathing	in ² /ft ²	0.005	0.0042	0.006
Threshold	in ² /ftc	0.1	0.06	1.1	Window framing				
Doors					Masonry, uncaulked	in ² /ft ²	0.094	0.082	0.148
Attic/crawl space, not weatherstripped	in ² ea	4.6	1.6	5.7	Masonry, caulked	in ² /ft ²	0.019	0.016	0.03
Attic/crawl space, weatherstripped	in ² ea	2.8	1.2	2.9	Wood, uncaulked	in ² /ft ²	0.025	0.022	0.039
Attic fold down, not weatherstripped	in ² ea	6.8	3.6	13	Wood, caulked	in ² /ft ²	0.004	0.004	0.007
Attic fold down, weatherstripped	in ² ea	3.4	2.2	6.7	Windows				
Attic fold down, with insulated box	in ² ea	0.6			Awning, not weatherstripped	in ² /ft ²	0.023	0.011	0.035
Attic from unconditioned garage	in ² ea	0	0	0	Awning, weatherstripped	in ² /ft ²	0.012	0.006	0.017
Double, not weatherstripped	in ² /ft ²	0.16	0.1	0.32	Casement, weatherstripped	in ² /ftc	0.011	0.005	0.14
Double, weatherstripped	in ² /ft ²	0.12	0.04	0.33	Casement, not weatherstripped	in ² /ftc	0.013		
Elevator (passenger)	in ² ea	0.04	0.022	0.054	Double horizontal slider, not weatherstripped	in ² /ftc	0.052	0.0009	0.16
General, average	in ² /ftc	0.015	0.011	0.021	Double horizontal slider, wood, weatherstripped	in ² /ftc	0.026	0.0070	0.081
Interior (pocket, on top floor)	in ² ea	2.2			Double horizontal slider, aluminum, weatherstripped	in ² /ftc	0.034	0.027	0.038
Interior (stairs)	in ² /ftc	0.04	0.012	0.070	Double-hung, not weatherstripped	in ² /ftc	0.12	0.040	0.29
Mail slot	in ² /ftc	0.2			Double-hung, weatherstripped	in ² /ftc	0.031	0.009	0.089
Sliding exterior glass patio	in ² ea	3.4	0.46	9.3	Double-hung with storm, not weatherstripped	in ² /ftc	0.046	0.023	0.080
Sliding exterior glass patio	in ² /ft ²	0.079	0.009	0.22	Double-hung with storm, weatherstripped	in ² /ftc	0.037	0.021	0.05
Storm (difference between with and without)	in ² ea	0.9	0.46	0.96					
Single, not weatherstripped	in ² ea	3.3	1.9	8.2					
Single, weatherstripped	in ² ea	1.9	0.6	4.2					
Vestibule (subtract per each location)	in ² ea	1.6							

نفوذ در ساختمانهای تجاری

از آنجا که بخش مهمی از میزان هوای نفوذی از درهای ساختمانهای تجاری، به دلیل رفت و آمد و استفاده از آنهاست، مشخصات نفوذ در مورد آنها تا حدودی می باشد.

در ورودی ساختمانهای تجاری معمولاً دو نوع در مورد استفاده قرار می گیرد:

Swinging Doors

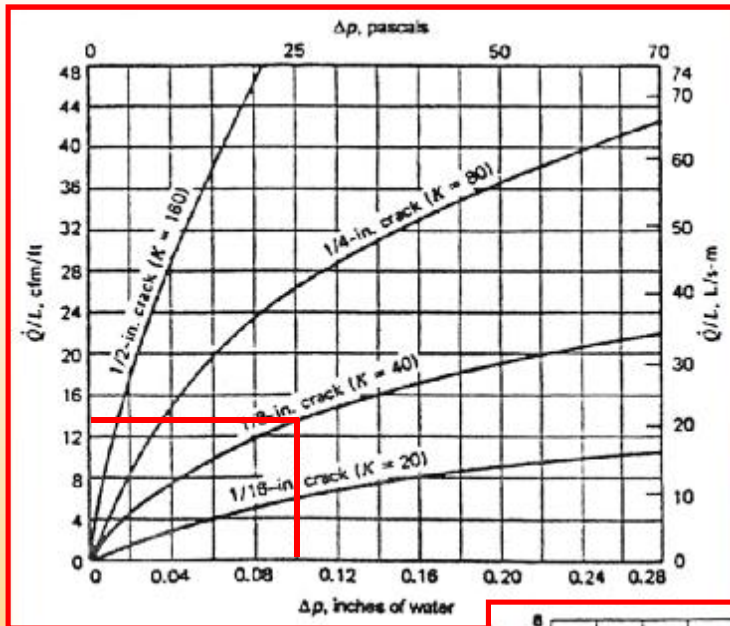


Revolving Doors

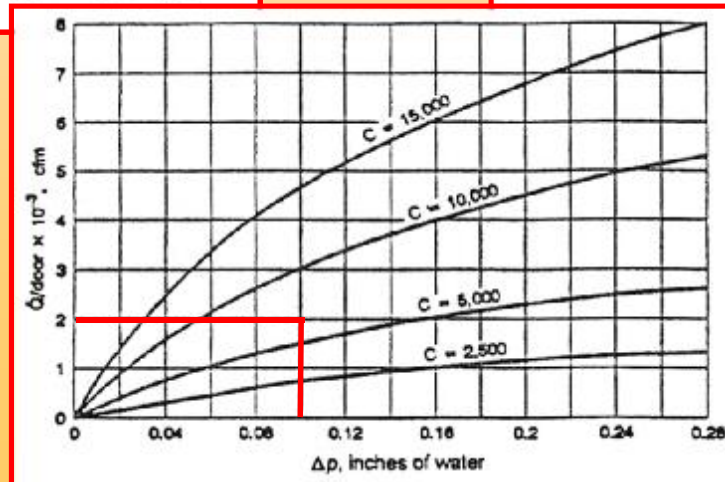
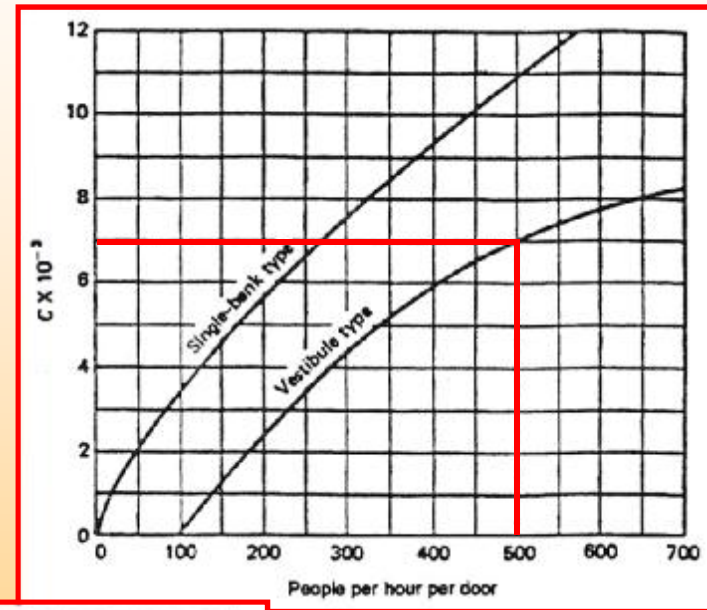


نفوذ در درهای Swinging

نفوذ از درزها



نفوذ ناشی از رفت و آمد



برآورد میزان تهویه

APPLICATION	SMOKING	CFM PER PERSON		CFM PER SQ FT OF FLOOR Minimum*
		Recommended	Minimum*	
Apartment { Average De Luxe	Some	20	15	—
	Some	30	25	.33
Banking Space	Occasional	10	7 ½	—
Barber Shops	Considerable	15	10	—
Beauty Parlors	Occasional	10	7 ½	—
Broker's Board Rooms	Very Heavy	50	30	—
Cocktail Bars	Heavy	30	25	—
Corridors (Supply or Exhaust)	—	—	—	.25
Department Stores	None	7 ½	5	.05
Directors Rooms	Extreme	50	30	—
Drug Stores †	Considerable	10	7 ½	—
Factories †§	None	10	7 ½	.10
Five and Ten Cent Stores	None	7 ½	5	—
Funeral Parlors	None	10	7 ½	—
Garage †	—	—	—	1.0
Hospitals { Operating Rooms †** Private Rooms Wards	None	—	—	2.0
	None	30	25	.33
	None	20	15	—
Hotel Rooms	Heavy	30	25	.33
Kitchen { Restaurant † Residence	—	—	—	4.0
	—	—	—	2.0
Laboratories †	Some	20	15	—
Meeting Rooms	Very Heavy	50	30	1.25
Office { General Private Private	Some	15	10	—
	None	25	15	.25
	Considerable	30	25	.25
Restaurant { Cafeteria † Dining Room †	Considerable	12	10	—
	Considerable	15	12	—
School Rooms †	None	—	—	—
Shop Retail	None	10	7 ½	—
Theater †	None	7 ½	5	—
Theater	Some	15	10	—
Toilets † (Exhaust)	—	—	—	2.0

*When minimum is used, use the larger.

†See local codes which may govern.

‡May be governed by exhaust.

§Use these values unless governed by other sources of contamination or by local codes.

**All outdoor air is recommended to overcome explosion hazard of anesthetics.