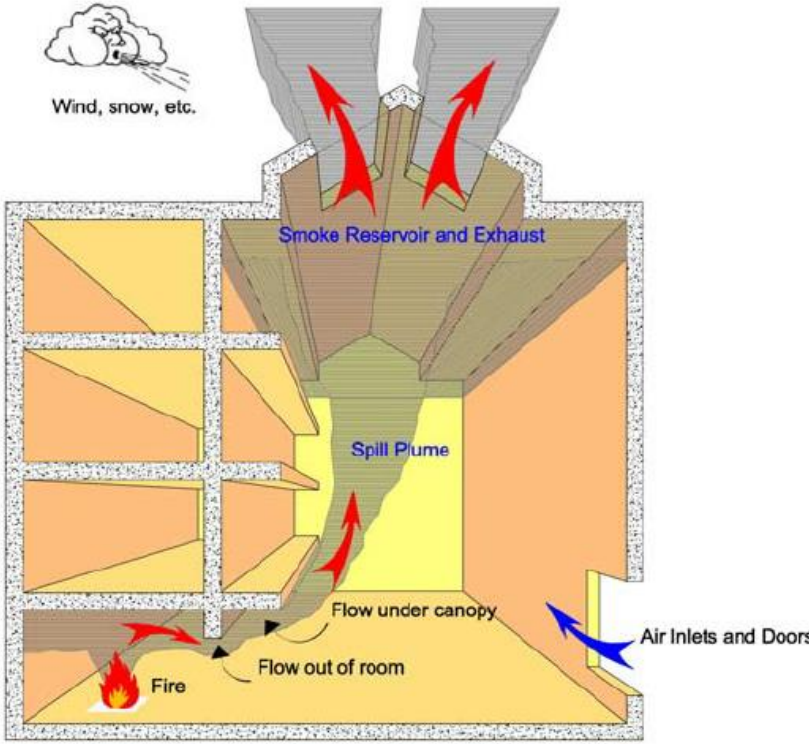
إدارة التحكم في الدخان
الجزء الثاني
(حركة الدخان)

SMOKE MANAGEMENT SYSTEM
PART-02
(AIR & SMOKE MOVEMENT)

شركة مدار الجزيرة
وشريكة للاستشارات الهندسية

تقديم وإعداد
د.م /أحمد حمدي عجور

ahmed_hamdi1988@yahoo.com
+201007002396 & +966552447944
+201007002396 & +966552447944
https://www.linkedin.com/in/dr-ahmed-hamdi-aggoor



إدارة التحكم في الدخان
الجزء الثاني
(حركة الدخان)

- العوامل المؤثرة علي حركة الدخان
- تحليل وقت الهروب (Timed Egress Analysis)
- معدلات انتشار الحرارة (Heat Release Rates - HRR)
- قطاعات الحريق (Smoke compartments)
- التحكم في قطاعات الحريق (Smoke Control Zones)
- تضغيط بئر المصعد
- سحب الدخان بأدوار البدروم
- الفتحات الرأسية (Vertical Opening)
- سحب الدخان من البهو (ATRIUM)
- اختبار أنظمة إدارة الدخان
- برامج المحاكاة CFD

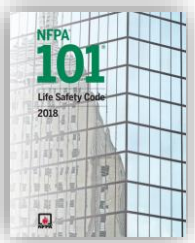
Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED

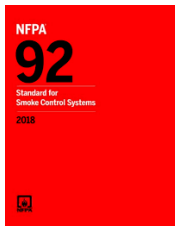
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

(References) مراجع

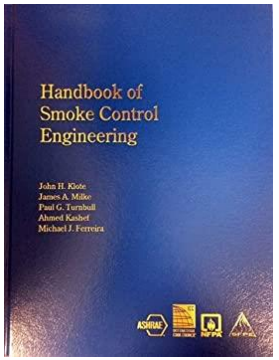
- Saudi Building Code-General SBC 201 – CR, 2018ed
- Saudi Fire Code SBC 801 – CR, 2018ed

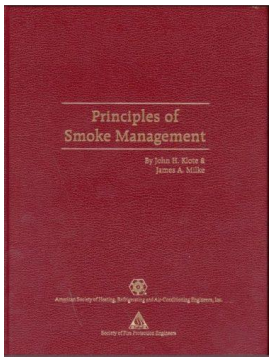
- NFPA101, Life Safety Code, 2018
- NFPA 92, Standard for Smoke Control Systems, 2018ed
- NFPA 92A, Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences, 2009ed
- NFPA 92B, Standard for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Spaces, 2009ed
- NFPA 130, Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems, 2020ed
- NFPA 555, Guide on Methods for Evaluating Potential for Room Flashover, 2017ed
- NFPA 556, Guide on Methods for Evaluating Fire Hazard to Occupants of Passenger Road Vehicles, 2020ed





- 2015 ASHRAE Handbook—HVAC Applications, 2015ed
- 2015 ASHRAE Handbook—HVAC Fundamentals, 2015ed





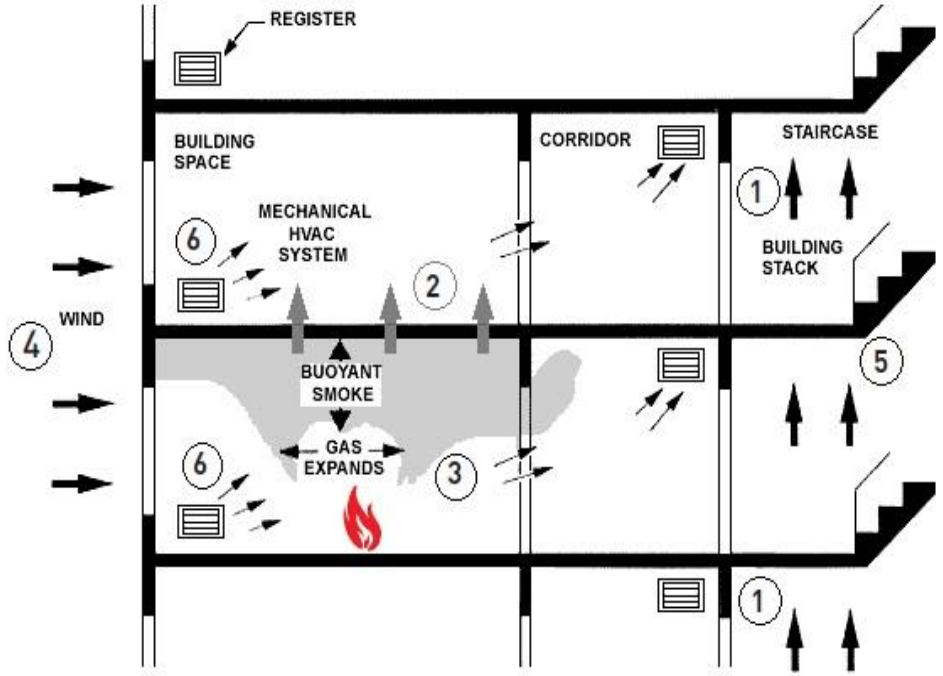
Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED

+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

العوامل المؤثرة علي حركة الدخان

العوامل المؤثرة علي حركة الدخان

- HVAC operation
- Buoyancy of combustion gases
- Wind Forces
- Thermal Expansion
- Natural Convection
- Stack Effect



FACTORS AFFECTING THE MOVEMENT OF SMOKE

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

العوامل المؤثرة علي حركة الدخان

Stack Effect

(الضغط الناتج من فرق درجات الحرارة بين داخل المبني وخارج المبني)،

يكون تأثير الـ (Stack Effect) هو أكثر وضوحا في فصل الشتاء.

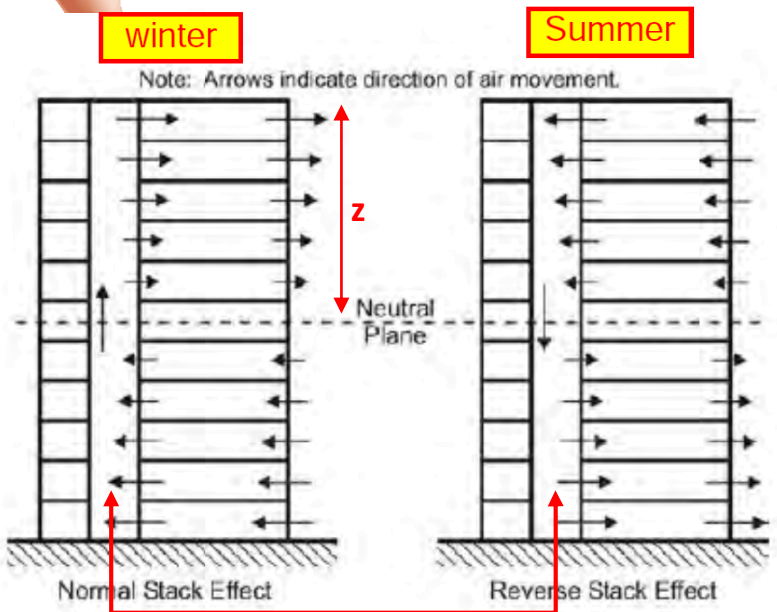


Figure 3.22 *Airflow due to normal and reverse stack effect.*

Stairwells
Elevator shafts
Dumbwaiters
Mechanical Shafts

$$\Delta p_{SO} = \frac{0.00598 g p_{atm}}{R}\left(\frac{1}{T_O} - \frac{1}{T_S}\right)z \qquad (3.33)$$

$$\Delta p_{SO} = \frac{g p_{atm}}{R}\left(\frac{1}{T_O} - \frac{1}{T_S}\right)z \text{ for SI}$$

and at standard atmospheric pressure this is

$$\Delta p_{SO} = 7.63\left(\frac{1}{T_O} - \frac{1}{T_S}\right)z \qquad (3.34)$$

$$\Delta p_{SO} = 3460\left(\frac{1}{T_O} - \frac{1}{T_S}\right)z \text{ for SI}$$

where

Δp_{SO} = pressure difference from shaft to the outdoors, in. H_2O (Pa),

g = acceleration due to gravity, ft/s^2 (m/s^2),

p_{atm} = absolute atmospheric pressure, lb/ft^2 (Pa),

R = gas constant of air, 53.34 ft·lbf/lbm·°R (287.0 J/kg·K),

T_S = absolute temperature of the shaft, °R (K),

T_O = absolute temperature of the outdoors, °R (K),

z = distance above the neutral plane, ft (m).

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :Handbook of Smoke Control Engineering, Chapter 3

العوامل المؤثرة علي حركة الدخان

Stack Effect

Neutral Plane

هو المستوي الذي يكون الضغط داخل المبني يعادل الضغط خارج المبني

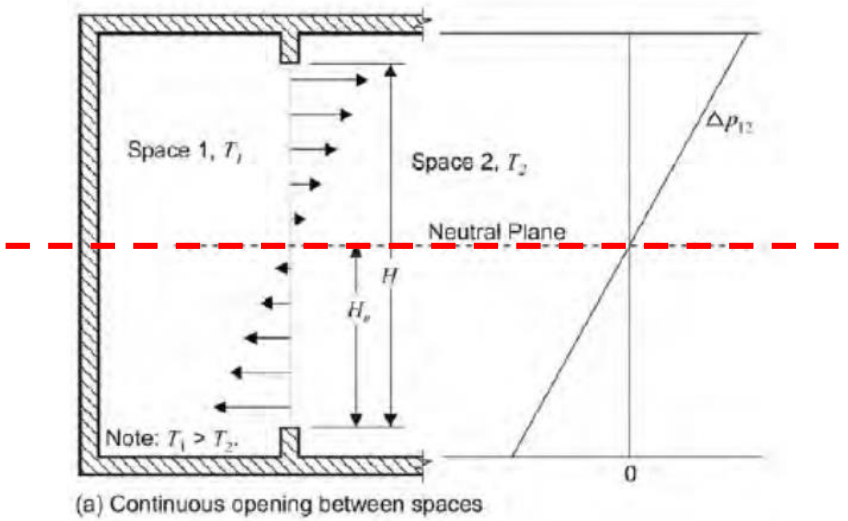
$$H_n = \frac{H}{1+(T_1/T_2)^{1/3}} \qquad (3.19)$$

where

H = height of the opening, ft (m),

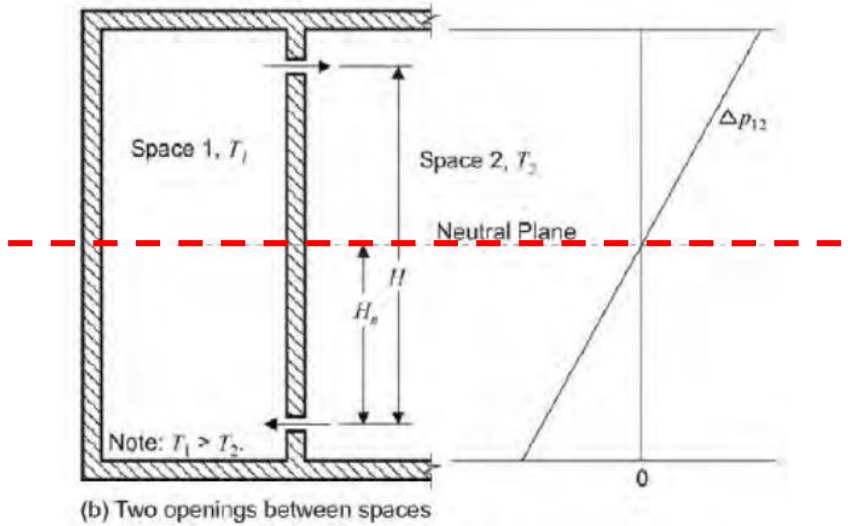
H_n = height of neutral plane, ft (m),

T_1 = absolute temperature of space 1, °R (K),



(a) Continuous opening between spaces

T1 > T2



(b) Two openings between spaces

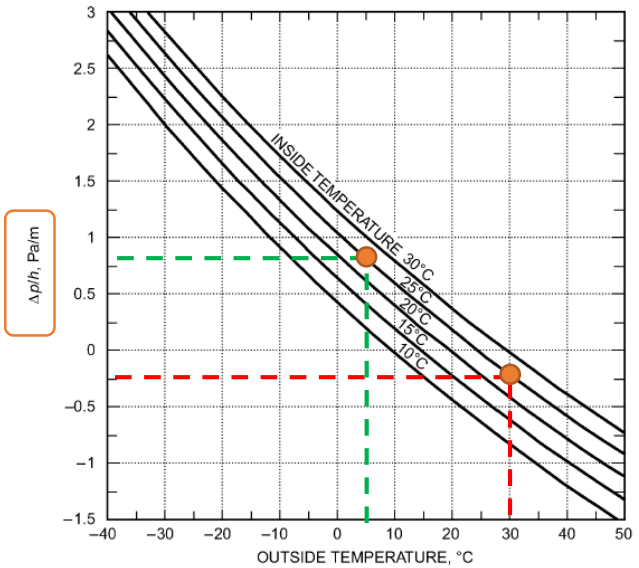


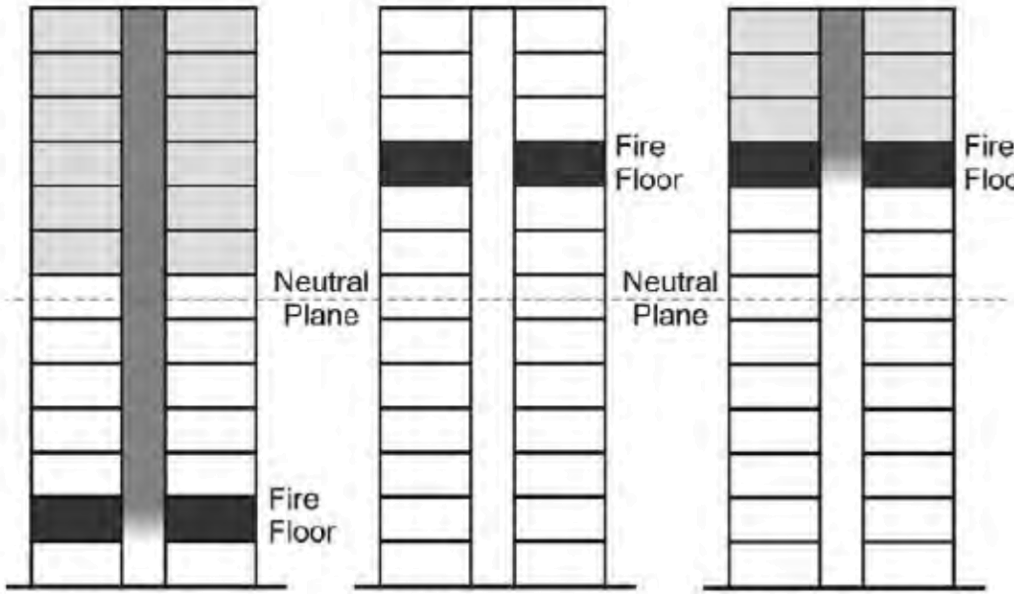
Fig. 4 Pressure Difference Caused by Stack Effect

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :Handbook of Smoke Control Engineering, Ch 3
ASHRAE Fundamentals, Ch52

العوامل المؤثرة علي حركة الدخان

Stack Effect



(a) Fire below neutral plane

(b) Fire above neutral plane

(c) Fire above neutral plane with smoke in a shaft (see note)

Note: If the smoke from a fire above the neutral plane has sufficient buoyancy to overcome stack effect, the smoke can flow into the shaft as in (c) above.

مثال (١)

INPUT DATA

H = 305m
Ts = 23 °C
To = -7 °C

OUTPUT DATA

Location of Neutral Plan

$$H_n = \frac{H}{1 + \left({}^{T_S}/_{T_O}\right)^{1/3}}$$

$$H_n = \frac{305}{1 + \left({}^{(23+273)}/_{(-7+273)}\right)^{1/3}} = \mathbf{150}$$

Pressure due to Stack Effect

$$\Delta P = 3460\left(\frac{1}{T_O} - \frac{1}{T_S}\right)Z$$

$$\Delta P = 3460\left(\frac{1}{(-7+273)} - \frac{1}{(23+273)}\right) \times 155$$

$$\Delta P = 204\ Pa\ (0.8\ in.wg)$$

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :Handbook of Smoke Control Engineering, Chapter 3

العوامل المؤثرة علي حركة الدخان

Buoyancy

يتصاعد الدخان عالي الحرارة بسبب كثافته المنخفضة.

على مستوى سطح البحر ، يمكن التعبير عن فرق الضغط بين حجرة الحريق ومحيطها على النحو التالي:

$$\Delta p = 3460\left(\frac{1}{T_s} - \frac{1}{T_f}\right)h$$

where

Δp = pressure difference, Pa
T_s = absolute temperature of surroundings, K
T_f = average absolute temperature of fire compartment, K
h = distance above neutral plane, m

$$T_f = \frac{T_s(H - H_j) + T_j H_j}{H}$$

where

H = floor-to-ceiling height, m
H_j = thickness of ceiling jet, m
T_j = absolute temperature of ceiling jet, K

The thick ness of this ceiling jet flow is approximately **5 to 12 percent of the height of the ceiling above the fire source**

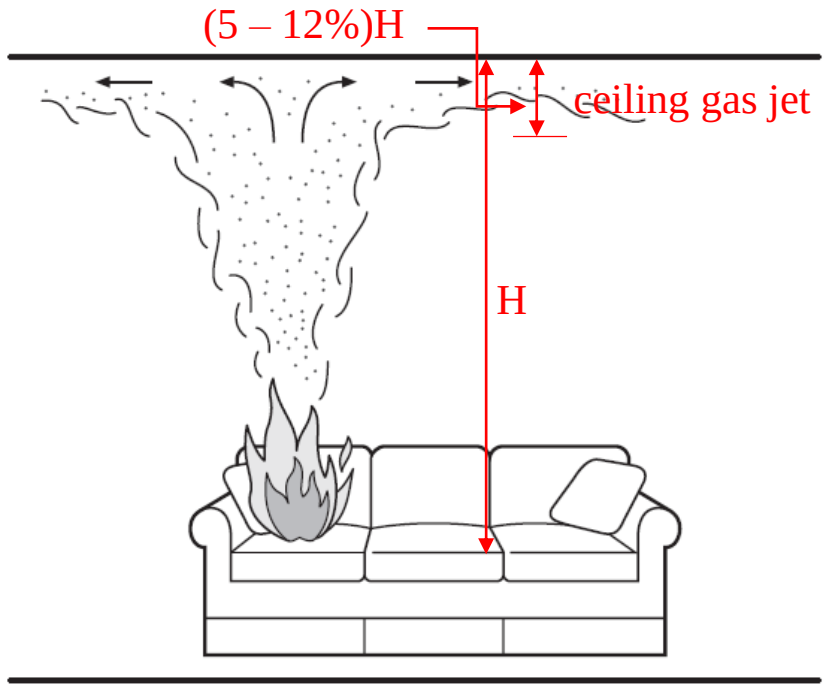


FIGURE 16.1.1 Plume-Ceiling Interaction

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :Fire Protection Handbook, Sec16.1.1
ASHRAE Fundamentals, Ch52

العوامل المؤثرة علي حركة الدخان

Buoyancy

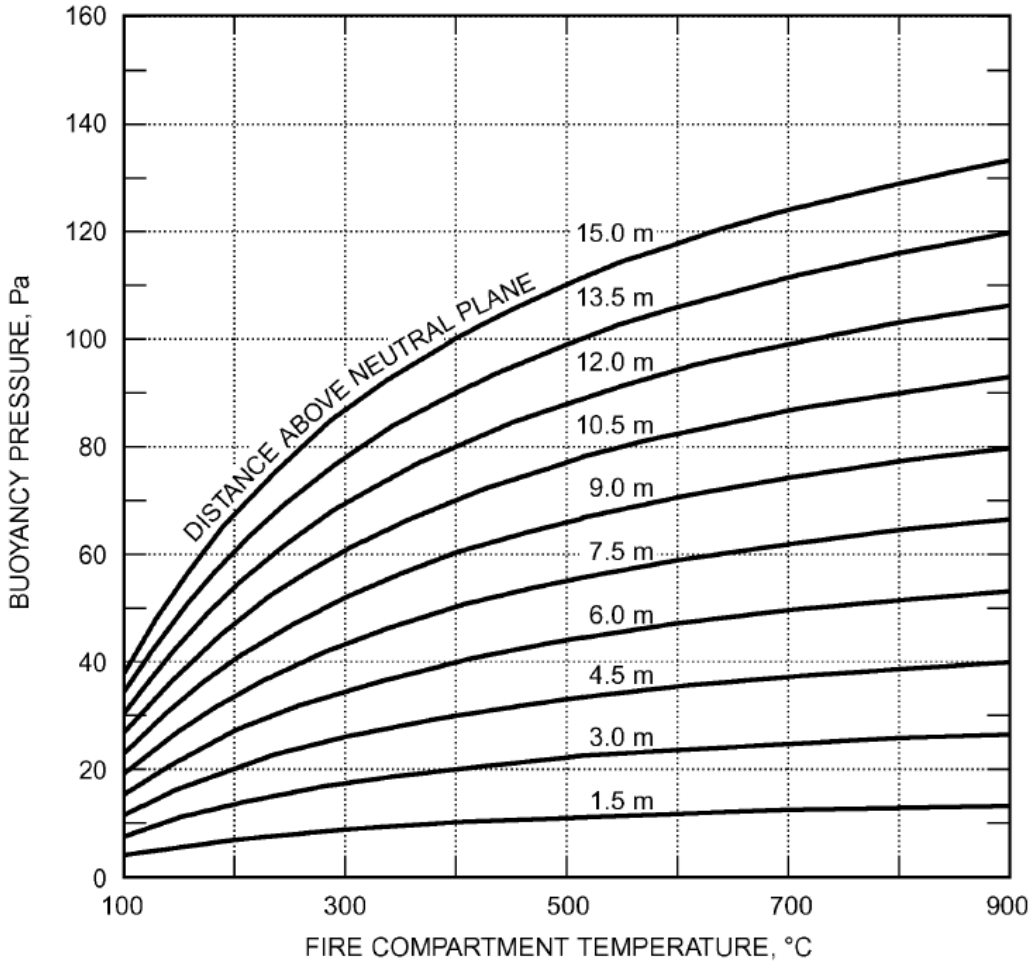


Fig. 5 Pressure Difference Caused by Buoyancy

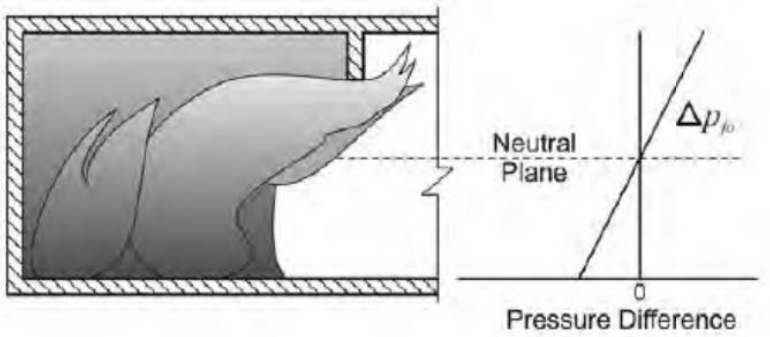


Figure 3.18 *Pressure difference due to a fully developed room fire.*

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :Handbook of Smoke Control Engineering, Ch 3
ASHRAE Fundamentals, Ch52

العوامل المؤثرة علي حركة الدخان

Natural Convection

ينتج الحمل الحراري الطبيعي عن طريق اختلافات في درجة الحرارة داخل الهواء. عند تسخين الهواء ، فإنه يتمدد بينما تظل الكتلة كما هي تجعل الكثافة المنخفضة (كتلة / وحدة حجم) نتيجة زيادة حجم الهواء مع كثافة منخفضة يؤدي إلى ارتفاعه الي أعلي. مع ارتفاع الهواء الساخن ، يتدفق الهواء البارد ليحل محله. الحمل الحراري الطبيعي هو أحد الآليات الرئيسية لنقل الحرارة إلي مكان الحريق، والهواء الساخن والدخان يرتفعان ، ويتحرك الهواء البارد ليحل محله، ينتقل الهواء البارد (المحتوي على الأكسجين اللازم لاستمرار الاحتراق) إلى داخل غرفة الحريق.

Thermal Expansion

(تمدد الهواء / زيادة حجم الهواء نتيجة إنتقالة من وسط درجة حرارته منخفضة إلي وسط درجة حرارتة مرتفعة)، يتم زيادة حجم الهواء بمقدار من ٢-٣ مرات طبقاً (ASHRAE Chapter53)

$$\frac{Q_{out}}{Q_{in}} = \frac{T_{out}}{T_{in}}$$

Wind Forces

(الضغط نتيجة الرياح والمؤثر علي محيط المبني والذي يؤثر علي حركة الدخان)

معاملات الضغط Cw في نطاق (+0.8) الي (-0.8) القيمة الموجبة للحائط المواجه للرياح والقيمة السالبة للحائط المعاكس لإتجاه الرياح.

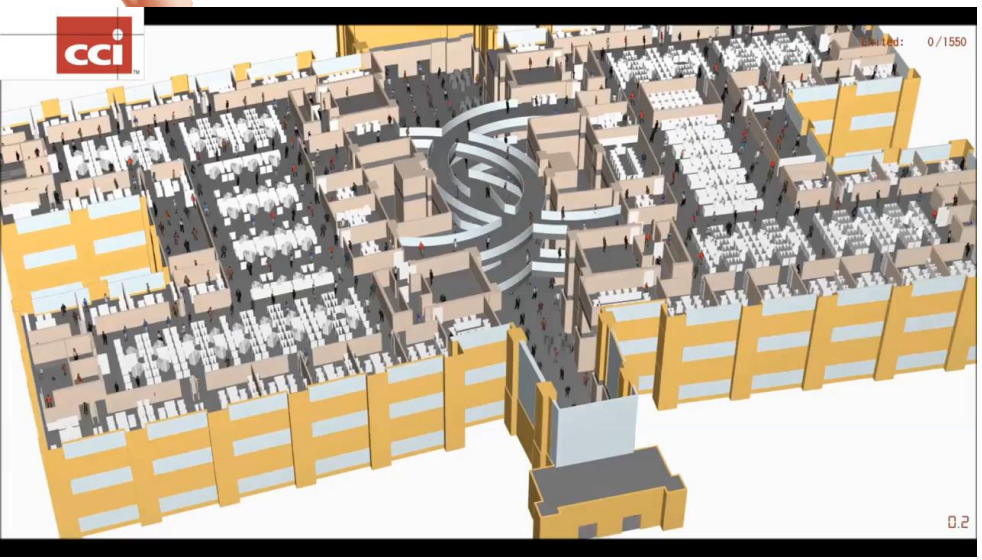
$$p_w = 0.5 C_w \rho_o V^2$$

where

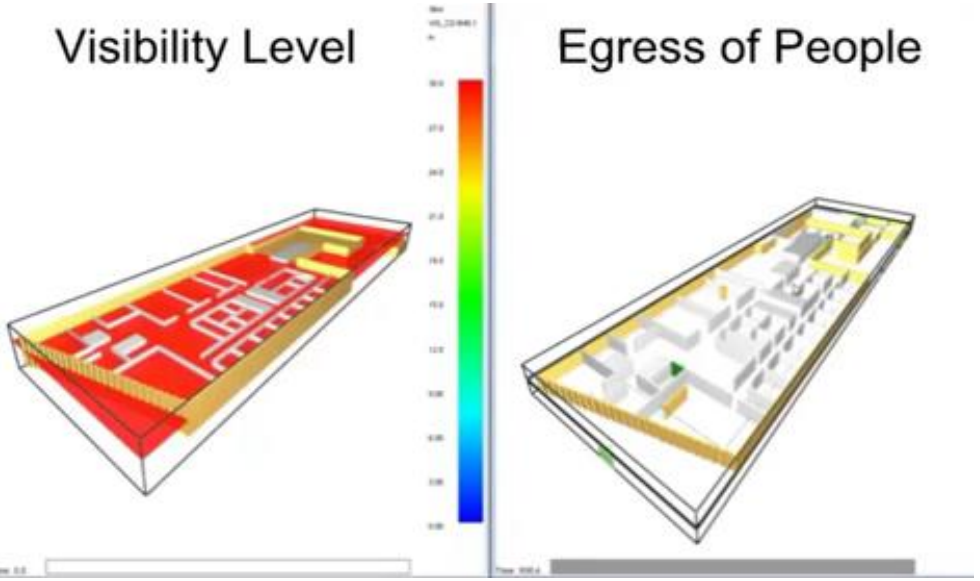
p_w = pressure exerted by wind, Pa
C_w = pressure coefficient, dimensionless
ρ_o = outside air density, kg/m^3
V = wind velocity, m/s

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

تحليل وقت الهروب (Timed Egress Analysis)



- يتم تصميم أنظمة إدارة الدخان بشكل واضح للحفاظ على الوقت الكافي للفترة المطلوبة للإخلاء من قبل شاغلي المبنى.
- يمكن استخدام نتائج تحليل وقت الهروب (Timed Egress Analysis) لتحديد ما إذا كان بإمكان شاغلي المبني الإخلاء قبل انحدار طبقة الدخان إلى موقعهم أو قد يكونون جزءًا من تحليل القابلية الشاملة لتقييم مقدار الوقت الذي قد يتعرض فيه الأفراد للدخان



Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :ASHRAE Handbook of Smoke Control Engineering, CH3
Youtube: Code Consultants, Inc.
Youtube: SEED Engineers.

تحليل وقت الهروب (Timed Egress Analysis)

وقت إدراك الأشخاص بوجود حريق:
سيحتاج شاغلي المبني لبعض الوقت لإدراك أن حريقًا قد بدأ في المبنى أو يتم التنبيه إليهم عن طريق سماع إنذار الحريق المسموع في المبنى، أو رؤية الأضواء الوامضة، أو إخباره عن الحريق "الإذاعة الداخلية بالمبني"

وقت تحضير الأشخاص للإخلاء:
الوقت الذي يحتاجه شاغلي المبني من فترة إضافية من الوقت للتحضير للإخلاء. قد يشمل هذا ارتداء الملابس، والعثور على معطف، وجمع أفراد الأسرة أو أنشطة أخرى

وقت تحرك الأشخاص للخروج:
الوقت الذي يكون الأفراد مستعدين الآن للتحرك ويمكنهم بدء تحركهم نحو الخروج.

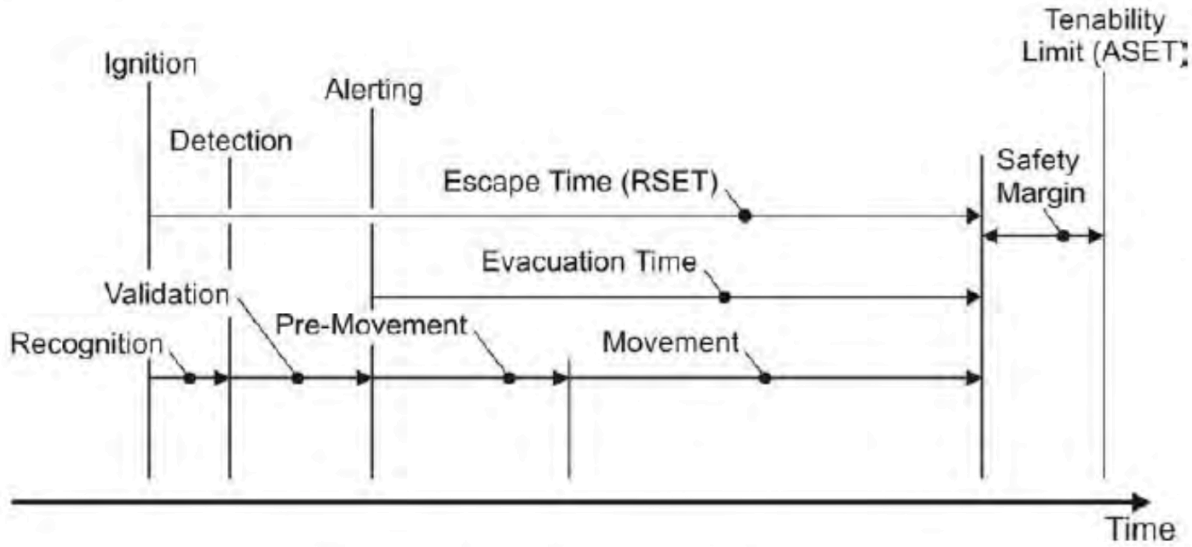


Figure 4.1 *Timeline for occupant response.*

- تعتبر دراسات الخروج المحددة التوقيت بشكل عام أنه بمجرد أن يصبح شاغلي المبني على دراية بالحريق، فإن الإجراءات الوحيدة التي يتخذونها هي تلك المرتبطة بالإخلاء.
- يوجد أوقات أخري لابد أن تأخذ في التحليلات هي أوقات مرتبطة بأفعال أخرى قد يقوم بها الفرد، مثل محاولة الإطفاء، أو مساعدة الآخرين، أو الاتصال بقسم الإطفاء. علاوة على ذلك ، عادة ما يتم تجاهل إمكانية قيام شاغلي المبني بأخذ "الممرات الخاطئة" أثناء الإخلاء.
- صعوبة تقدير مقدار الوقت الذي قد ينخرط فيه الفرد في الأنشطة المختلفة أو يقضيه باتباع مسار خاطئ ، يتم حساب هذه الأوقات أحيانًا بشكل غير مباشر من خلال توسيع وقت (Premovement time) أو تطبيق عامل الأمان

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :ASHRAE Handbook of Smoke Control Engineering, Chapter 10

تحليل وقت الهروب (Timed Egress Analysis)

السلوك البشري (HUMAN BEHAVIOR)

١. **الإدراك (Recognition):**

ملاحظة الإشارات التي تشير إلى شيء مختلف عن المعتاد يحدث. في كثير من الحالات ، تكون الإشارات غامضة (مثل الروائح الغريبة أو الضباب الخفيف أو الأصوات غير الطبيعية). يعتمد الوقت اللازم للأفراد لملاحظة الإشارات على يقظتهم وقربهم من الحريق وما إذا كانت أجهزة الكشف الأوتوماتيكية موجودة. قد لا يُفسر بالضرورة سماع إنذار حريق المبنى أو رؤية وميض على أنه حريق.

٢. **التحقق (Validation):**

إدراك أن الإشارات مرتبطة بالحريق. عندما يشعر الفرد برائحة غريبة أو يرى ضبابًا ، فقد يختار التحقيق لمعرفة مصدر الرائحة أو الضباب. قد يأتي هذا الإدراك بعد البحث عن مصدر الإشارات ، وأفراد آخرين ينقلون ملاحظاتهم ، وتلقي إشارات إضافية ، وما إلى ذلك.

٣. **التعريف (Definition):**

تحديد شدة الحادث والوقت المتاح للخروج الآمن.

٤. **التقييم (Evaluation):**

تحديد الإجراءات الأولية المحتملة وتقييم الإجراءات التي ينبغي القيام بها.

٥. **الالتزام (Commitment):**

تنفيذ الإجراء الأول.

٦. **إعادة التقييم (Reassessment):**

التحليل المستمر للإجراءات المجدية ، اعتمادًا على نجاح الإجراء الأولي وملاحظة الظروف المتغيرة.

تحليل وقت الهروب (Timed Egress Analysis)

Table 3-13.1 ***Estimated Delay Time to Start Evacuation in Minutes***

Occupancy Type	W1 (min)	W2 (min)	W3 (min)
Offices, commercial and Industrial buildings, schools, colleges and universities (Occupants awake and familiar with the building, the alarm system, and evacuation procedure.)	< 1	3	> 4
Shops, museums, leisure-sport centers, and other assembly buildings (Occupants awake but may be unfamiliar with building, alarm system, and evacuation procedure.)	< 2	3	> 6
Dormitories, residential mid-rise and high-rise (Occupants may be asleep but are predominantly familiar with the building, alarm system, and evacuation procedure.)	< 2	4	> 5
Hotels and boarding houses (Occupants may be asleep and unfamiliar with the building, alarm system, and evacuation procedure.)	< 2	4	> 6
Hospitals, nursing homes, and other institutional establishment (A significant number of occupants may require assistance.)	< 3	5	> 8

W1: live directives using a voice communication system from a control room with closed-circuit television facility, or live directives in conjunction with well-trained, uniformed staff that can be seen and heard by all occupants in the space

W2: nondirective voice messages (prerecorded) and/or informative warning visual display with trained staff

W3: warning system using fire alarm signal and staff with no relevant training

Source: Adapted from *Fire Safety Engineering in Buildings, Part 1: Guide to the Application of Fire Safety Engineering Principles*, Table 21, British Standard Institute, DD240, London, 1997.

W1	توجيهات مباشرة باستخدام نظام اتصال صوتي من غرفة تحكم مزودة بمرفق تلفزيوني مغلق الدائرة ، أو توجيهات مباشرة بالاشتراك مع طاقم عمل مدرب جيدًا يمكن رؤيته والاستماع إليه من قبل جميع شاغلي المبني
W2	رسائل صوتية غير موجهة (مسجلة مسبقًا) أو عرض تحذيري مرئي بالمعلومات مع طاقم عمل مدرب
W3	نظام تحذير يستخدم إشارة إنذار الحريق والموظفين دون تدريب ذي صلة

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering, Chapter 3

تحليل وقت الهروب (Timed Egress Analysis)

TABLE 1004.1.2
MAXIMUM FLOOR AREA ALLOWANCES PER OCCUPANT

FUNCTION OF SPACE	OCCUPANT LOAD FACTOR[a]
Accessory storage areas, mechanical equipment room	28 gross
Agricultural building	28 gross
Aircraft hangars	46 gross
Airport terminal	
Baggage claim	1.9 gross
Baggage handling	28 gross
Concourse	9 gross
Waiting areas	1.4 gross
Assembly	
Gaming floors (keno, slots, etc.)	1.02 gross
Exhibit Gallery and Museum	2.8 net
Assembly with fixed seats	See Section 1004.4
Assembly without fixed seats	
Concentrated (chairs only-not fixed)	0.65 net
Standing space	
Unconcentrated (tables and chairs)	0.46 net
	1.4 net
Bowling centers, allow 5 persons for each lane including 4.6 m of runway, and for additional areas	0.65 net
Business areas	9 gross
Courtrooms—other than fixed seating areas	3.7 net
Day care	3.3 net
Dormitories	4.6 gross
Educational	
Classroom area	1.9 net
Shops and other vocational room areas	4.6 net
Exercise rooms	4.6 gross
H-5 Fabrication and manufacturing areas	19 gross
Industrial areas	
Inpatient treatment areas	22 gross
Outpatient areas	9 gross
Sleeping areas	11 gross
Kitchens, commercial	19 gross
Library	
Reading rooms	4.6 net
Stack area	9 gross
Mall buildings—covered and open	See Section 402.8.2
Mercantile	
Areas on other floors	5.6 gross
Basement and grade floor areas Storage, stock, shipping areas	2.8 gross
	28 gross
Parking garages	19 gross
Residential	19 gross
Skating rinks, swimming pools	
Rink and pool	4.6 gross
Decks	1.4 gross
Stages and platforms	1.4 net
Warehouses	46 gross

FLOOR AREA, GROSS. The floor area within the inside perimeter of the *exterior walls* of the building under consideration, exclusive of vent shafts and courts, without deduction for *corridors*, *stairways*, *ramps*, closets, the thickness of interior walls, columns or other features. The floor area of a building, or portion thereof, not provided with surrounding *exterior walls* shall be the usable area under the horizontal projection of the roof or floor above. The *gross floor area* shall not include shafts with no openings or interior courts.

FLOOR AREA, NET. The actual occupied area not including unoccupied accessory areas such as corridors, *stairways*, *ramps*, toilet rooms, mechanical rooms and closets.

Δ Table 7.3.1.2 Occupant Load Factor

Use	(ft²/person)[a]	(m²/person)[a]
Assembly Use		
Concentrated use, without fixed seating	7 net	0.65 net
Less concentrated use, without fixed seating	15 net	1.4 net
Bench-type seating	1 person/18 linear in.	1 person/455 linear mm
Fixed seating	Use number of fixed seats	Use number of fixed seats
Waiting spaces	See 12.1.7.2 and 13.1.7.2.	See 12.1.7.2 and 13.1.7.2.
Kitchens	100	9.3
Library stack areas	100	9.3
Library reading rooms	50 net	4.6 net
Swimming pools	50 (water surface)	4.6 (water surface)
Swimming pool decks	30	2.8
Exercise rooms with equipment	50	4.6
Exercise rooms without equipment	15	1.4
Stages	15 net	1.4 net
Lighting and access catwalks, galleries, gridirons	100 net	9.3 net
Casinos and similar gaming areas	11	1
Skating rinks	50	4.6
Business Use (other than below)	150	14
Concentrated Business Use[f]	50	4.6
Airport traffic control tower observation levels	40	3.7
Collaboration rooms/ spaces ≤450 ft² (41.8 m²) in area[f]	30	2.8
Collaboration rooms/ spaces >450 ft² (41.8 m²) in area[f]	15	1.4
Day-Care Use	35 net	3.3 net
Detention and Correctional Use	120	11.1
Educational Use		
Classrooms	20 net	1.9 net
Shops, laboratories, vocational rooms	50 net	4.6 net
Health Care Use		
Inpatient treatment departments	240	22.3
Sleeping departments	120	11.1
Ambulatory health care	150	14
Industrial Use		
General and high hazard industrial	100	9.3
Special-purpose industrial	NA	NA
Mercantile Use		
Sales area on street floor[b,c]	30	2.8
Sales area on two or more street floors[c]	40	3.7

(continues)

Δ Table 7.3.1.2 *Continued*

Use	(ft²/person)[a]	(m²/person)[a]
Sales area on floor below street floor[c]	30	2.8
Sales area on floors above street floor[c]	60	5.6
Floors or portions of floors used only for offices	See business use.	See business use.
Floors or portions of floors used only for storage, receiving, and shipping, and not open to general public	300	27.9
Mall structures[d]	Per factors applicable to use of space[e]	
Residential Use		
Hotels and dormitories	200	18.6
Apartment buildings	200	18.6
Board and care, large	200	18.6
Storage Use		
In storage occupancies	NA	NA
In mercantile occupancies	300	27.9
In other than storage and mercantile occupancies	500	46.5

NA: Not applicable. The occupant load is the maximum probable number of occupants present at any time.

[a]All factors are expressed in gross area unless marked "net."

[b]For the purpose of determining occupant load in mercantile occupancies where, due to differences in the finished ground level of streets on different sides, two or more floors directly accessible from streets (not including alleys or similar back streets) exist, each such floor is permitted to be considered a street floor. The occupant load factor is one person for each 40 ft² (3.7 m²) of gross floor area of sales space.

[c]For the purpose of determining occupant load in mercantile occupancies with no street floor, as defined in 3.3.271, but with access directly from the street by stairs or escalators, the floor at the point of entrance to the mercantile occupancy is considered the street floor.

[d]For any food court or other assembly use areas located in the mall concourse that are not included as a portion of the gross leasable area of the mall structure, the occupant load is calculated based on the occupant load factor for that use as specified in Table 7.3.1.2. The remaining mall concourse area is not required to be assigned an occupant load.

[e]The portions of the mall concourse not used as gross leasable area are not required to be assessed an occupant load based on Table 7.3.1.2. However, means of egress from a mall concourse are required to be provided for an occupant load determined by dividing the gross leasable area of the mall building (not including anchor buildings) by the appropriate lowest whole number occupant load factor from Figure 7.3.1.2(a) or Figure 7.3.1.2(b).

Each individual tenant space is required to have means of egress to the outside or to the mall concourse based on occupant loads calculated by using the appropriate occupant load factor from Table 7.3.1.2.

Each individual anchor store is required to have means of egress independent of the mall concourse.

[f]See A.7.3.1.2.

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :SBC801, IBC, CH.10
NFPA101, 7.3.1.2

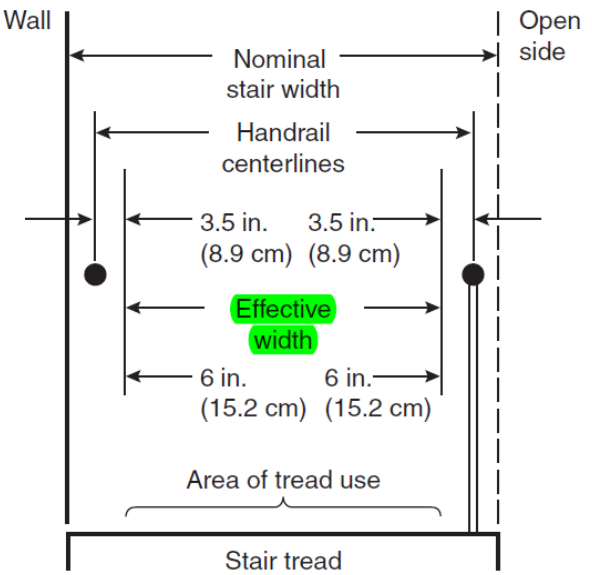
(Timed Egress Analysis) تحليل وقت الهروب

NO.	Estimate Item	Table / Figure
1	**Estimate flow density (D)** $D = \frac{\text{Occupant load}}{\text{corridor area}}$ (Person/ft^2)	Table 1004.1.2 (SBC801, IBC) Table 7.3.1.2 (NFPA101)
2	**Speed, Movement Velocity (S)** $S = k - akD$ where S = speed along the line of travel D = density in persons per unit area k = constant, as shown in Table 3-14.2 = k_1; and $a = 2.86$ for speed in ft/min and density in persons/ft^2 = k_2; and $a = 0.266$ for speed in m/s and density in persons/m^2	**Table 3-14.2** ***Constants for Equation 2, Evacuation Speed*** Exit Route Element — k_1 — k_2 Corridor, Aisle, Ramp, Doorway — 275 — 1.40 Stairs Riser (in.) / Tread (in.) 7.5 / 10 — 196 — 1.00 7.0 / 11 — 212 — 1.08 6.5 / 12 — 229 — 1.16 6.5 / 13 — 242 — 1.23
3	**Specific Flow, (F_S)** $F_s = SD$ where F_s = specific flow D = density S = speed of movement F_s is in persons/min/ft^2 when density is in persons/ft^2 and speed in ft/min; F_s is in persons/s/m^2 when density is in persons/m^2 and speed in m/s. Combining Equations 2 and 3 produces $F_s = (1 - aD)kD$ where k is as listed in Table 3-14.2.	

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering, Chapter 3

(Timed Egress Analysis) تحليل وقت الهروب

NO.	Estimate Item	Table / Figure
4	**Maximum Specific Flow, (F_{Sm})** Take the lower from (F_{Sm}) and (F_S)	**Table 3-14.5** *Maximum Specific Flow, F_{sm}*
5	**Effective Width, (We)** 	**Table 3-14.1** *Boundary Layer Widths*

Exit Route Element	Riser (in.)	Tread (in.)	Maximum Specific Flow: Persons/min/ft of Effective Width	Maximum Specific Flow: Persons/s/m of Effective Width
Corridor, Aisle, Ramp, Doorway			24.0	1.3
Stairs				
	7.5	10	17.1	0.94
	7.0	11	18.5	1.01
	6.5	12	20.0	1.09
	6.5	13	21.2	1.16

Exit Route Element	Boundary Layer (in.)	Boundary Layer (cm)
Stairways—wall or side of tread	6	15
Railings, handrails[a]	3.5	9
Theater chairs, stadium benches	0	0
Corridor, ramp walls	8	20
Obstacles	4	10
Wide concourses, passageways	<18	46
Door, archways	6	15

[a]Where handrails are present, use the value if it results in a lesser effective width.

(Timed Egress Analysis) تحليل وقت الهروب

NO.	Estimate Item	Table / Figure
6	**Calculated Flow, (F_C)**	
7	**Transitions**	
8	**Conversion Factors for Relating Line of Travel Distance to Vertical Travel**	

Calculated Flow, (F_C)

$$F_c = F_s W_e$$

where

F_c = calculated flow

F_s = specific flow

W_e = effective width

Transitions

$$F_{s(\text{out})} = \frac{F_{s(\text{in})} W_{e(\text{in})}}{W_{e(\text{out})}} \qquad (10a)$$

where

$F_{s(\text{out})}$ = specific flow departing from transition point

$F_{s(\text{in})}$ = specific flow arriving at transition point

$W_{e(\text{in})}$ = effective width prior to transition point

$W_{e(\text{out})}$ = effective width after passing transition point

(b) For cases involving two incoming flows and one outflow from a transition point, such as that which occurs with the merger of a flow down a stair and the entering flow at a floor,

$$F_{s(\text{out})} = \frac{F_{s(\text{in}-1)} W_{e(\text{in}-1)} + F_{s(\text{in}-2)} W_{e(\text{in}-2)}}{W_{e(\text{out})}} \qquad (10b)$$

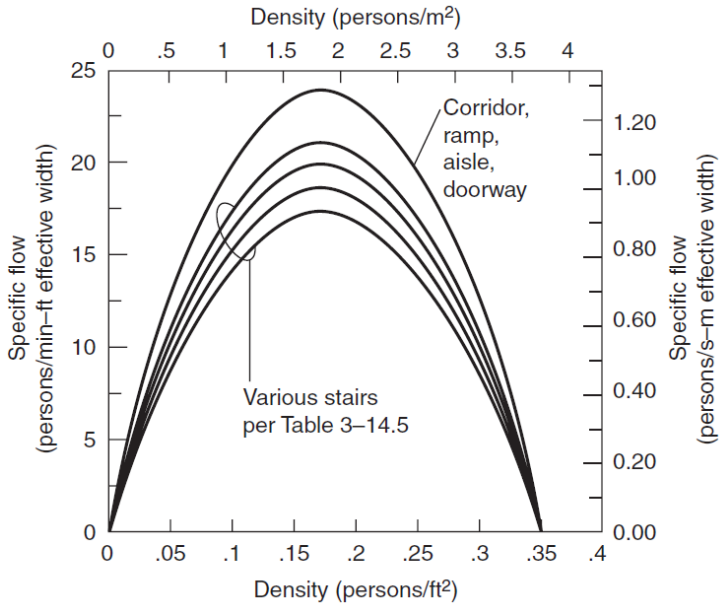


Figure 3-14.5. ***Specific flow as a function of density.***

Table 3-14.3 ***Conversion Factors for Relating Line of Travel Distance to Vertical Travel for Various Stair Configurations***

Stairs Riser (in.)	Tread (in.)	Conversion Factor
7.5	10.0	1.66
7.0	11.0	1.85
6.5	12.0	2.08
6.5	13.0	2.22

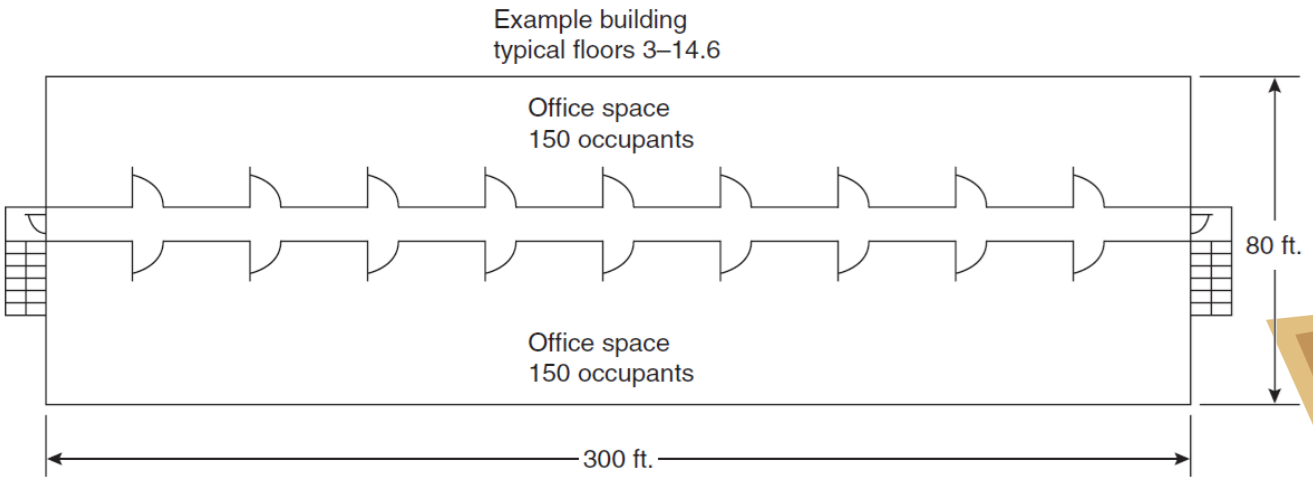
Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

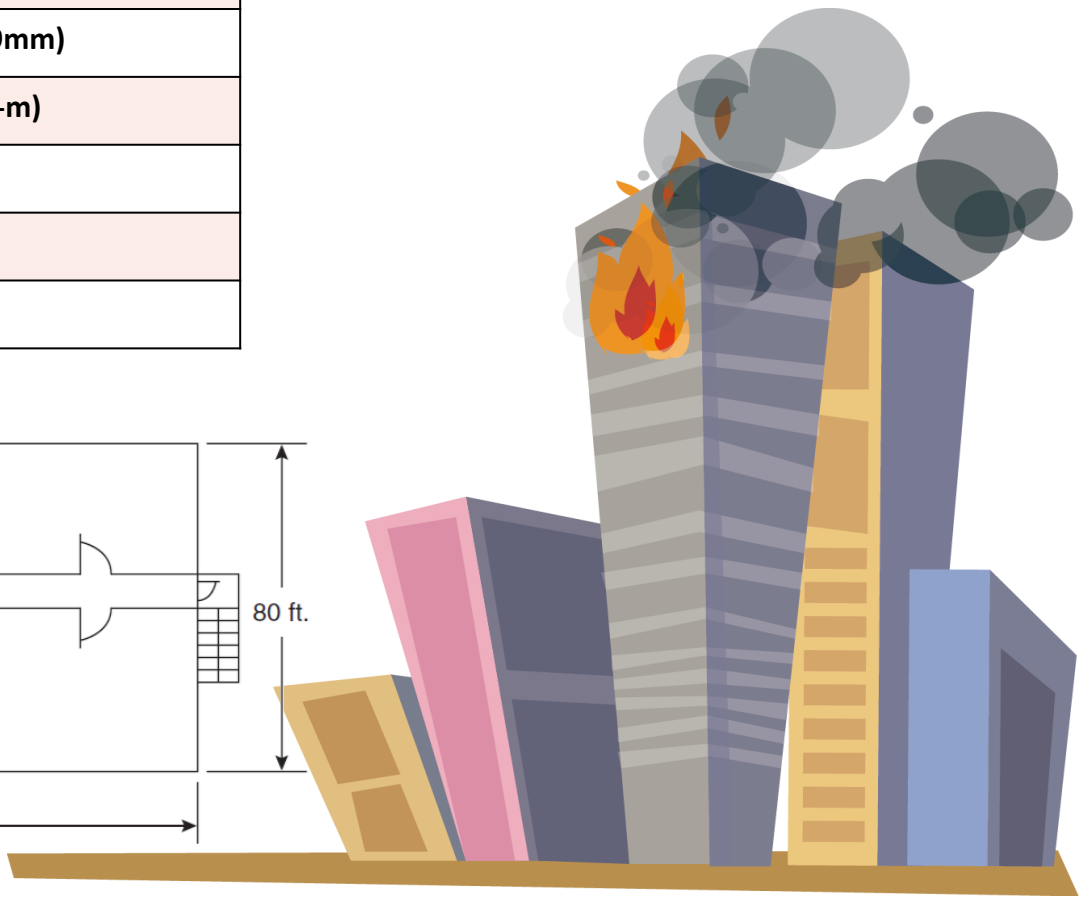
From :SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering, Chapter 3

العودة للقائمة الرئيسية

مثال لتحليل وقت الهروب (Timed Egress Analysis)

ITEMS	INPUT DATA
Number of Floor	9 floors
Floor to floor height	12 ft (3.7 m)
Stair width	44 in (1.12 m)
Stair risers and treads	7 in : 11 in (178mm : 279mm)
Landings per floor	4-ft × 8-ft (1.2-m × 2.4-m)
Door width	36 in (0.91 m)
Corridor width	8 ft (2.4 m)
Population	300 persons/floor





Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering, Chapter 3

مثال لتحليل وقت الهروب (Timed Egress Analysis)

	OUTPUT DATA
Corridor	**Estimate flow density (D)** $$D = \frac{Occupant\ load}{corridor\ area} \quad (Person/ft^2)$$ $$D = \frac{150}{300 \times 8} = \frac{150}{1200} = 0.125\ Person/ft^2$$ **Speed, Movement Velocity (S)** $$S = k - kaD$$ $$S_{corridor} = 275 - (275 \times 2.86 \times 0.125) = 177\ ft/min$$ **Specific Flow, (F_S)** $$F_S = (1 - aD)\ kD$$ $$F_S = [1 - (2.86 \times 0.125)](275 \times 0.125) = 22\ \frac{Person}{ft \times\ min}$$ **Maximum Specific Flow, (F_{Sm})** $$F_{Sm} = 24\ \frac{Person}{ft \times\ min} \qquad (Table\ 3.14.5)$$ ***F_S used for the calculation, because is less than F_{Sm}*** **Effective Width, (We)** $$W_e = 8\ - (2 \times 0.5) = 8\ ft$$ **Calculated Flow, (F_C)** $$F_C = F_S \times W_e$$ $$F_C = 22 \times 8 = 154\ \frac{person}{min}$$
stairway entry doors	**Effective Width, (We)** $$W_e = 36\ - (2 \times 6) = 24\ in\ (2\ ft)$$

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering, Chapter 3

مثال لتحليل وقت الهروب (Timed Egress Analysis)

	OUTPUT DATA
stairway entry doors	**Effective Width, (We)** $W_e = 36 - (2 \times 6) = 24\ in\ (2\ ft)$ **Specific Flow, (F_S)** $F_{S-door} = \frac{F_{s-corridor} \times W_{e-corridor}}{W_{e-door}}$ $F_{S-door} = \frac{22 \times 7}{2} = 77 \frac{Person}{ft \times min}$ **Maximum Specific Flow, (F_{Sm})** $F_{Sm} = 24 \frac{Person}{ft \times min}$ $(Table\ 3.14.5)$ ***F_{Sm} used for the calculation, because is less than F_S*** **Calculated Flow, (F_C)** $F_C = F_S \times W_e$ $F_C = 24 \times 2 = 48\ \frac{person}{min}$
stairway	**Effective Width, (We)** $W_e = 44 - (2 \times 6) = 32\ in\ (2.66\ ft)$ **Specific Flow, (F_S)** $F_{S-stair} = \frac{F_{s-door} \times W_{e-door}}{W_{e-stair}}$ $F_{S-door} = \frac{24 \times 2}{2.66} = 18 \frac{Person}{ft \times min}$ **Maximum Specific Flow, (F_{Sm})** $F_{Sm} = 18.5 \frac{Person}{ft \times min}$ $(Table\ 3.14.5)$ ***F_S used for the calculation, because is less than F_{Sm}*** **Calculated Flow, (F_C)** $F_C = F_S \times W_e$ $F_C = 18 \times 2.66 = 48\ \frac{person}{min}$

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering, Chapter 3

مثال لتحليل وقت الهروب (Timed Egress Analysis)

	OUTPUT DATA
stairway	**The travel distance between floors** $L1 = Floor\ to\ floor\ height \times Conversion\ Factor$ $L1 = 12 \times 1.85 = 22.2\ ft$ **The travel on each of the two landings** $L2 = 2 \times length\ of\ landing$ $L2 = 2 \times 8 = 16\ ft$ **The total floor-to-floor travel distance** $L.T = L1 + L2$ $L.T = 22.2 + 16 = 38.2\ ft$ **Speed, Movement Velocity (S)** $S = k - kaD$ $S_{stair} = 212 - (212 \times 2.86 \times 0.146) = 123\ ft/min$ **Estimate impact of merger of stairway flow and stairway entry flow on exit flow.** $F_{S-out.stair} = \frac{(F_{s-door} \times W_{e-door}) + (F_{s-in.stair} \times W_{e-in.stair})}{W_{e-out.stair}}$ $F_{S-out.stair} = \frac{(24 \times 2) + (18 \times 2.66)}{2.66} = 36\ \frac{person}{ft\ min}$ **Maximum Specific Flow, (F_{Sm})** $F_{Sm} = 18.5\ \frac{Person}{ft \times min}$ $(Table\ 3.14.5)$ ***F_{Sm} used for the calculation, because is less than F_S*** **Calculated Flow, (F_C)** $F_C = F_S \times W_e$ $F_C = 18.5 \times 2.66 = 49\ \frac{person}{min}$

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering, Chapter 3

العودة للقائمة الرئيسية

مثال لتحليل وقت الهروب (Timed Egress Analysis)

ITEM	CALC	OUTPUT
stairway entry doors	$F_C = 48\ \frac{person}{min}$	*All person evacuate to stair exit at 3.125 min*
stairway	$L.T = 38.2\ ft$ $S_{stair} = 123\ ft/min$ $F_C = 48\ \frac{person}{min}$	*Time take from floor-to-floor* $t = \frac{L.T}{S_{stair}} = \frac{38.2}{123} = 0.31\ min$ *Number of person evacuate from floor-to-floor in one second = 15 persons* *Number of person in stair one second* $= 15 \times 8 = 120$ *persons*

TIME	EVACUATION STATE	TIME	EVACUATION STATE
3.125 min	*All persons have evacuated the 9th floor*	**21.01 min**	*The end of the flow reach the 3rd floor*
3.91 min	*The end of the flow reach the 8th floor*	**24.14 min**	*All persons have evacuated the 3rd floor*
7 min	*All persons have evacuated the 8th floor*	**24.45 min**	*The end of the flow reach the 2nd floor*
7.31 min	*The end of the flow reach the 7th floor*	**27.5 min**	*All persons have evacuated the 2nd floor*
10.4 min	*All persons have evacuated the 7th floor*	**30 min**	*All persons have evacuated the building*
10.71 min	*The end of the flow reach the 6th floor*		
13.84 min	*All persons have evacuated the 6th floor*		
14.14 min	*The end of the flow reach the 5th floor*		
17.27 min	*All persons have evacuated the 5th floor*		
17.58 min	*The end of the flow reach the 4th floor*		
20.70 min	*All persons have evacuated the 4th floor*		

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering, Chapter 3

معدلات انتشار الحرارة (Heat Release Rates - HRR)

Table 2.1 Pre-flashover design fire characteristics

Building use	*Fire* growth rate (kW)	Species	Radiative fraction	Peak *HRR*/ *HRR*/m^2
All *buildings* including storage with a stack height of less than 3.0 m	0.0469 t^2	Y_{soot} = 0.07 kg/kg Y_{CO} = 0.04 kg/kg ΔH_C = 20 MJ/kg Y_{CO_2} = 1.5 kg/kg(1) Y_{H_2O} = 0.82 kg/kg(1)	0.35	20 MW 500 – 1000 kW/m$^{2(2)}$ 250 kW/m$^{2(3)}$
Carparks (no stacking)	0.0117 t^2		0.35	
Capable of storage to a stack height of between 3.0 m and 5.0 m above the floor	0.188 t^2		0.35	50 MW
Capable of storage to a stack height of more than 5.0 m above the floor and car parks with stacking systems	0.00068 t^3 H		0.35	1000–2500 kW/m$^{2(2)}$ 250 kW/m$^{2(3)}$

NOTE:
t = time in seconds
H = height to which storage is capable of in metres
Y = *yield* kg/kg
ΔH_C = heat of combustion
(1) As an an alternative to CO_2 + H_2O *yields* use generic fuel as $CH_2O_{0.5}$ and calculate *yields*.
(2) In a CFD model the *fire* is intended to be modelled as a plan area where the size is determined from the peak *HRR*/m^2. A range is provided for *HRR*/m^2 to accommodate different *HRR* and mesh sizes.
(3) Use in a zone model.

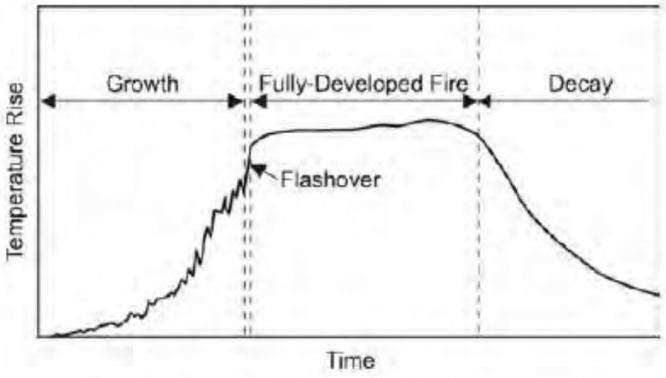
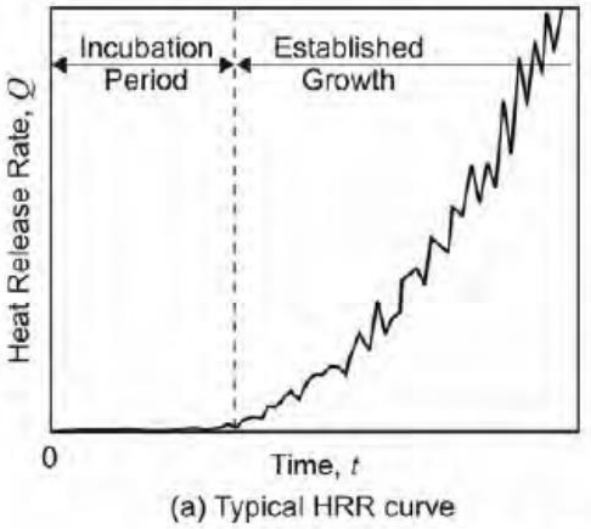


Figure 5.2 *Stages of fire development.*



(a) Typical HRR curve

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

معدلات انتشار الحرارة (Heat Release Rates - HRR)

Table 5.1: Heat Release Density of Some Materials

	Material Burned	Heat Release Density Btu/s·ft²	Heat Release Density kW/m²
1.	Wood pallets, stacked 1.5 ft (0.46 m) high (6%–12% moisture)	125	1400
2.	Wood pallets, stacked 5 ft (1.52 m) high (6%–12% moisture)	350	4000
3.	Wood pallets, stacked 10 ft (3.05 m) high (6%–12% moisture)	600	6800
4.	Wood pallets, stacked 16 ft (4.88 m) high (6%–12% moisture)	900	10,000
5.	Mail bags, filled, stored 5 ft (1.52 m) high	35	400
6.	Cartons, compartmented, stacked 15 ft (4.57 m) high	150	1700
7.	PE letter trays, filled, stacked 5 ft (1.52 m) high on cart	750	8500
8.	PE trash barrels in cartons, stacked 15 ft (4.57 m) high	175	2000
9.	PE fiberglass shower stalls in cartons, stacked 15 ft (4.57 m) high	125	1400
10.	PE bottles packed in item 6	550	6200
11.	PE bottles in cartons, stacked 15 ft (4.57 m) high	175	2000
12.	PU insulation board, rigid foam, stacked 15 ft (4.57 m) high	170	1900
13.	PS jars packed in item 6	1250	14,000
14.	PS tubes nested in cartons, stacked 14 ft (4.27 m) high	475	5400
15.	PS toy parts in cartons, stacked 15 ft (4.57 m) high	180	2000
16.	PS insulation board, rigid foam, stacked 14 ft (4.27 m) high	290	3300
17.	PVC bottles packed in item 6	300	3400
18.	PP tubes packed in item 6	390	4400
19.	PP & PE film in rolls, stacked 14 ft (4.27 m) high	550	6200
20.	Methanol pool, 0.52 ft (0.16 m) diameter	180	2000
21.	Methanol pool, 4.0 ft (1.22 m) diameter	35	400
22.	Methanol pool, 5.7 ft (1.74 m) diameter	35	400
23.	Methanol pool, 8 ft (2.44 m) diameter	37	420
24.	Methanol pool, 3.2 ft (0.97 m) square	66	745
25.	Silicone transformer fluid pool, 5.7 ft (1.74 m) diameter	8	90
26.	Silicone transformer fluid pool, 8 ft (2.44 m) diameter	8	90
27.	Hydrocarbon transformer fluid pool, 4.0 ft (1.22 m) diameter	83	940
28.	Hydrocarbon transformer fluid pool, 5.7 ft (1.74 m) diameter	80	900
29.	Heptane pool, 4 ft (1.22 m) diameter	270	3000
30.	Heptane pool, 5.7 ft (1.74 m) diameter	280	3200
31.	Work station (four sided)	160	1800

Table 11.2.1.2 Summary of Test Data for Automotive Components Tested for NHTSA [21]

Part	Base Polymer	t_{ig} (sec)	$PHRR_a$ (kW/m²)
Battery cover	Polypropylene	39	297
Resonator structure	Polypropylene	64	417
Resonator intake tube	Ethylene propylene diene monomer	72	434
Air ducts	Polyethylene (A) or polypropylene (B)	68	560
Brake fluid reservoir	Polypropylene	270	499
Kick panel insulation	Polyvinylchloride	605	205
Headlight — clear lens	Polycarbonate	278	385
Headlight — black casing	Polyoxymethylene	74	158
Fender sound reduction foam	Polystyrene	12	251
Hood liner face	Polyethylene terephthalate	29	71
Windshield wiper structure	Glass-reinforced thermoset polyester resin cross-linked with styrene	252	233
Front wheel well liner	PP/PE copolymer	66	390
Air inlet	PP/PE	48	686
Hood insulator	Nylon 6 and phenolic binder (Novalac)	6	21
Radiator inlet/outlet tank	Phenolic binder (Novalac)	305	344
Engine cooling fan	Nylon 6,6	102	158
Power steering fluid reservoir	Nylon 6	129	217
Windshield with laminate	Glass with PVB laminate	157	187
Blower motor housing	Polypropylene	104	268

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :ASHRAE Handbook of Smoke Control Engineering, Ch.5
NFPA556, 11.2.1.2

قطاعات الحريق (Smoke compartments)

- يجب أن يقسم المبنى الذي يكون طابقه أكثر من ١٨ مترًا تحت مستوي الشارع لأدنى مستوى من تصريف الخروج إلى قطاعين دخان على الأقل من القطاعين متساويين الحجم تقريبًا طبقا (SBC201, 405.4.1).
- جميع المباني العالية تتطلب التحكم في الدخان طبقا (SBC201, 403.4.7) عن طريق الأتي:-

١. يتم توزيع النوافذ أو الألواح التي يمكن التعرف عليها بسهولة والتشغيل اليدوي حول محيط كل طابق على فترات لا تزيد عن ١٥ م. يجب ألا تقل مساحة النوافذ أو الألواح القابلة للتشغيل عن ٤م ٢ لكل ١٥ م من المحيط.

٢. توفر معدات مناولة الهواء الميكانيكية تغييرًا واحدًا لعادم الهواء كل ١٥ دقيقة للمنطقة المعنية. يتم نقل الهواء العادم مباشرة إلى الخارج دون إعادة التدوير إلى أجزاء أخرى من المبنى.

- زمن (ASET) (Available Safe Egress Time) أعلي من ٢٥دقيقة.
- هبوط الدخان في ممر الهروب عن ١.٨متر
- تركب مراوح سحب الدخان في الإشغال (S1 , F1) عندما تكون المساحة اكبر من 4645م٢ وغير مجزئة ما عدا هناجر إصلاح الطائرات.
- لا يتم إستخدام مراوح سحب الدخان في المخازن التي تحتوي علي مرشات (ESFR).
- لا يتم إستخدام مراوح سحب الدخان في الأماكن التي تحتوي علي مرشات (FR).
- لا يتم إستخدام مراوح سحب الدخان في ثلاجات الأغذية المجمدة التي تحتوي علي بضائع (CLASS I, II)

قطاعات الحريق (Smoke compartments)

مرافق الرعاية الإسعافية Ambulatory Health Care Occupancies	Group I3	Group I2	Group I1, R1, R2, R3, R4
يجب تزويد الطابق بحاجز دخان لتقسيمه إلى ما لا يقل عن حجرتين للدخان، وذلك عندما تكون المساحة الكلية لواحد أو أكثر من مرافق الرعاية الإسعافية أكبر من ٩٠٠متر٢ في الطابق الواحد. ويجب ألا تزيد مساحة أي حجرة دخان على ٢٠٠٠متر٢، وألا تتجاوز مسافة الانتقال من أي نقطة في حجرة الدخان إلى باب حاجز الدخان على ٦٠م.	يجب توفير حواجز دخان لتقسيم كل طابق يشغله السكان للنوم أو أي طوابق أخرى ذات سعة إشغال ٥٠ شخصاً أو أكثر، إلى ما لا يقل عن حجرتين للدخان، إستثناء: المساحات التي لها مخرج مباشر إلى واحد مما يلي • الشارع الرئيسي. • مبنى مفصول عن منطقة السكن المجاورة بفاصل مقاوم للحريق لمدة ساعتين أو ١٥م من المساحة المفتوحة. • ساحة (محاطة بسور) مؤمنة ذات مساحة حجز ١٥م من منطقة السكن توفر ٠,٥٦م٢ لكل ساكن، بما في ذلك السكان والموظفين والزوار. شروط حجرات الدخان • يجب ألا يزيد عدد المقيمين في أي حجرة دخان عن ٢٠٠ شخص. • لا تزيد مسافة الانتقال إلى باب حاجز الدخان من أي باب غرفة مطلوبة (كالوصول إلى المخرج) على ٤٥ م ألا تزيد مسافة الانتقال إلى باب حاجز الدخان من أي نقطة في الغرفة على ٦٠م.	يجب توفير حواجز دخان لتقسيم كل طابق يُستخدم من قبل أشخاص يتلقون الرعاية أو العلاج أو النوم، وتُقسم الطوابق الأخرى ذات سعة الإشغال ٥٠ شخصاً أو أكثر، إلى ما لا يقل عن حجرتي دخان. تُقسم هذه الطوابق إلى حجرات دخان • بمساحة لا تزيد على ٢٠٠٠متر٢ في مجموعة الإشغال (I2) الحالة-١ • بمساحة لا تزيد على ٣٧٠٠ متر٢ في مجموعة الإشغال (I2) الحالة-٢ ويجب ألا تزيد مسافة الانتقال من أي نقطة في حجرة الدخان إلى باب حاجز الدخان على ٦٠م.	يجب توفير حواجز دخان لتقسيم كل طابق يُستخدم من قبل الأشخاص الذين يتلقون الرعاية أو العلاج أو النوم، وتُقسم الطوابق الأخرى ذات سعة الإشغال ٥٠ شخصاً أو أكثر، إلى ما لا يقل عن حجرتي دخان. حيث تُقسم الطوابق إلى حجرات دخان • بمساحة لا تزيد على ٢٠٠٠متر٢ في مجموعة الإشغال (I1) الحالة-٢ يجب ألا تزيد مسافة الانتقال من أي نقطة في حجرة الدخان إلى باب حاجز الدخان عن ٦٠ م
SBC201, Sec 422.3	SBC201, Sec 408.6	SBC201, Sec 407.5	SBC201, Sec 420.4

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

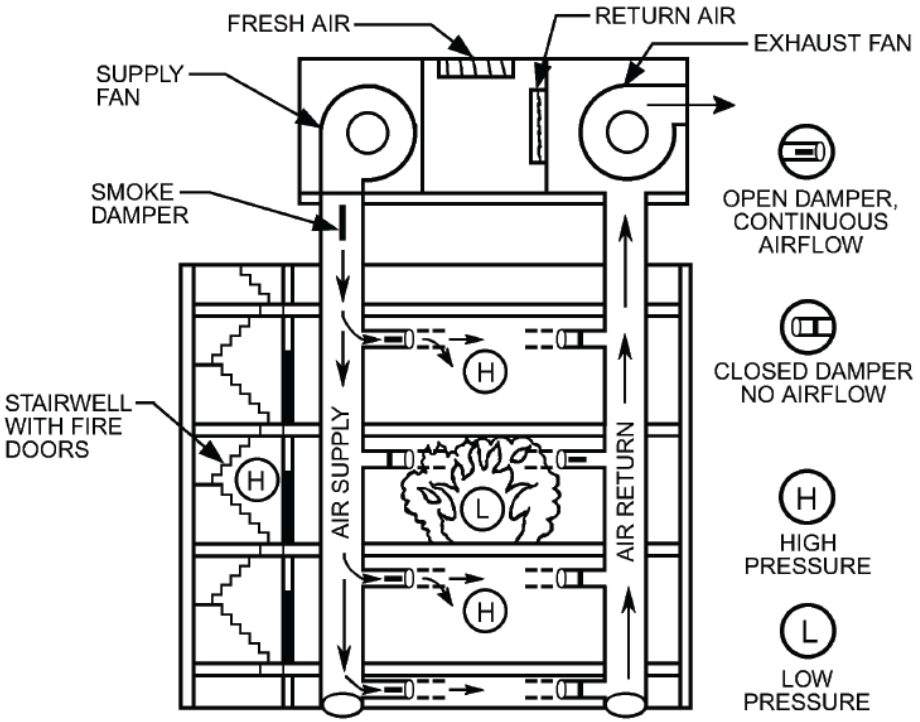
العودة للقائمة الرئيسية

قطاعات الحريق (Smoke compartments)

New Educational Occupancies	إشغال الرعاية الصحية Health Care Occupancies	الاحتجاز والمؤسسات الإصلاحية Detention and Correctional Occupancies	مرافق الرعاية الإسعافية Ambulatory Health Care Occupancies
يجب تقسيم الشواغر التعليمية إلى أقسام بواسطة أقسام دخان لا تقل درجة مقاومة الحريق عن ساعة واحدة عندما يتوفر الأتي: • يتجاوز الحد الأقصى لمساحة الأرضية، بما في ذلك المساحة الإجمالية لجميع الطوابق (٢٨٠٠ م ٢). • يتجاوز طول أو عرض المبنى (٩١ م)	**يجب تقسم أي دور من مبنى الرعاية الصحية إلى عدد ٢ قطاع حريق بكل دور طبقا لما يلي:-** ▪ تقسيم كل دور يستخدمه المرضى للنوم أو العلاج إلى عدد ٢ قطاع حريق على الأقل. ▪ تقسيم كل دور يحتوي على إشغالية ٥٠ شخصًا أو أكثر ، بغض النظر عن الاستخدام ، إلى ما لا يقل عن عدد ٢ قطاع حريق علي الأقل. **تحديد حجم كل قطاع حريق مطلوب في منطقة لا تتجاوز أيًا مما يلي:** ▪ مساحة قطاع الحريق ٢١٠٠م٢ ويحتوي علي غرف نوم للمرضي (لمريضين أو أكثر). ▪ مساحة قطاع الحريق ٣٧٢٠م٢ ويحتوي علي جميع غرف نوم المرضي (لمريض واحد فقط أو جناح "يحتوي علي مريض واحد"). ▪ مساحة قطاع الحريق ٣٧٢٠م٢ لا تحتوي علي غرف نوم للمرضى. ▪ مساحة قطاع الحريق ٢١٠٠م٢ في دور رعاية المسنين ومرافق رعاية محدودة. **تحديد مسافة الإنتقال من أي نقطة للوصول إلى باب قطاع الحريق المطلوب مسافة لا تتجاوز ٢٠٠ قدم (٦١ م)** **إنشاء أي قطاع حريق يكون الحد الأدنى لمقاومة الحريق لمدة ساعة واحدة**	يجب توفير حواجز دخان لتقسيم كل طابق يشغله السكان للنوم أو أي طوابق أخرى ذات سعة إشغال ٥٠ شخصاً أو أكثر، إلى ما لا يقل عن حجرتين للدخان **إستثناء:** المساحات التي لها مخرج مباشر إلى واحد مما يلي • الشارع الرئيسي. • مبنى مفصول عن منطقة السكن المجاورة بفاصل مقاوم للحريق لمدة ساعتين أو ١٥م من المساحة المفتوحة. • ساحة (محاطة بسور) مؤمنة ذات مساحة حجز ١٥ م من منطقة السكن توفر ١.٤ م٢ لكل ساكن، بما في ذلك السكان والموظفين والزوار. **شروط حجرات الدخان** • يجب ألا يزيد عدد المقيمين في أي حجرة دخان عن ٢٠٠ شخص. • لا تزيد مسافة الانتقال إلى باب حاجز الدخان من أي باب غرفة مطلوبة (كالوصول إلى المخرج) على ٤٦ م • ألا تزيد مسافة الانتقال إلى باب حاجز الدخان من أي نقطة في الغرفة على ٦١ م.	يجب فصل شاغلي الرعاية الصحية المتنقلة عن المستأجرين والشاغلين الآخرين بحيث ألا تقل درجة مقاومة الحريق عن ساعة واحدة للجدران. ينقسم كل دور في إشغال الرعاية الإسعافية إلى ما لا يقل ٢ حجرة دخان، لا يسري هذا الشرط في الحالات التالية: ▪ مساحة أقل من (٤٦٥م٢) لكل طابق وتكون هذه المنطقة محمية بنظام معتمد تلقائي للكشف عن الدخان. ▪ مساحة أقل من (٩٢٩م٢) لكل طابق ويكون المبنى محميًا بالكامل من خلال رشاش آلي معتمد. يُسمح لمنطقة في إشغال مجاور أن تكون بمثابة حجرة دخان لإشغال الرعاية الإسعافية إذا تم استيفاء جميع المعايير التالية: ▪ الجدار الفاصل مقاوم للحريق لمدة ١ساعة ▪ ألا يتجاوز إشغال الرعاية الإسعافية واحدًا مما يلي: ○ (٢١٠٠م ٢) ○ (٣٧٢٠م٢) في المباني المحمية طوال الوقت بنظام رش آلي معتمد **يجب ألا تتجاوز حجرات الدخان أحد العناصر التالية:** ▪ مساحة (٢١٠٠ م ٢) ▪ مساحة (٣٧٢٠ م ٢) في المباني المحمية بالكامل بنظام رش آلي معتمد **يجب ألا تتجاوز مسافة السفر من أي نقطة للوصول إلى باب في حاجز الدخان ٢٠٠ قدم (٦١ م).**

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

التحكم في قطاعات الحريق (Smoke Control Zones)



Note: If fans are off, all dampers should be closed.

Fig. 11 Smoke Control System Damper Recommendation

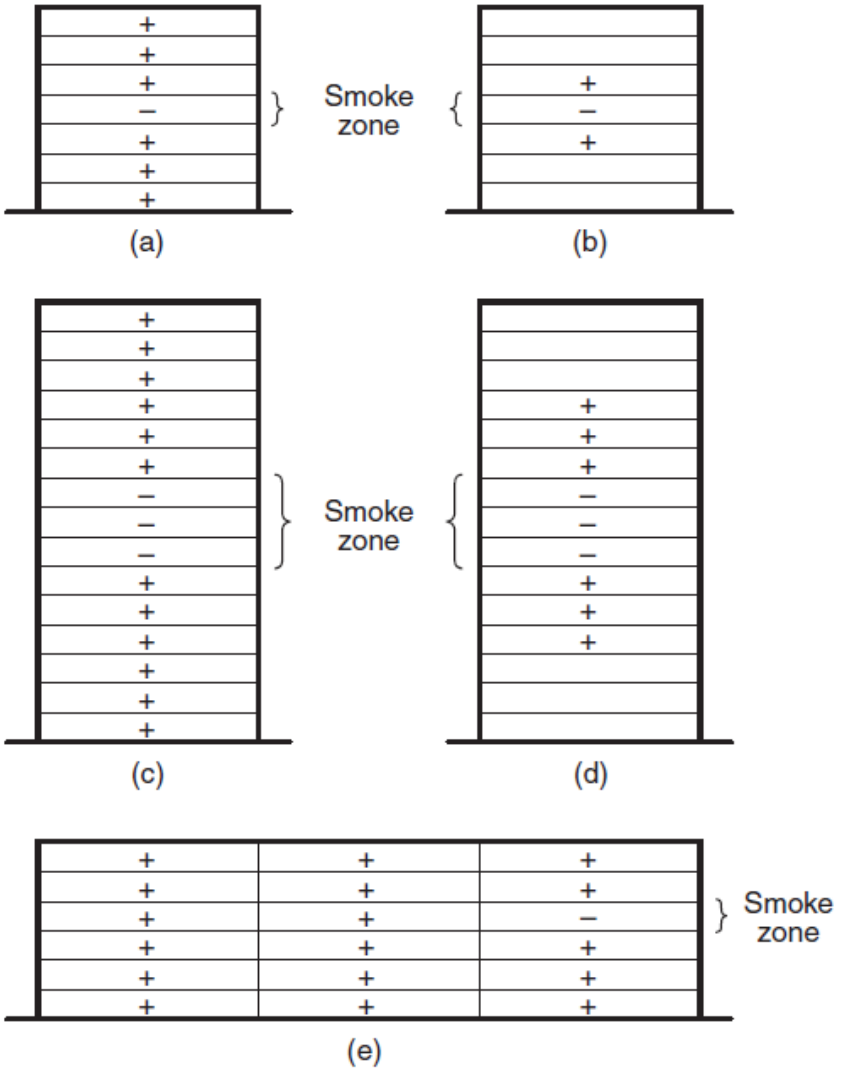
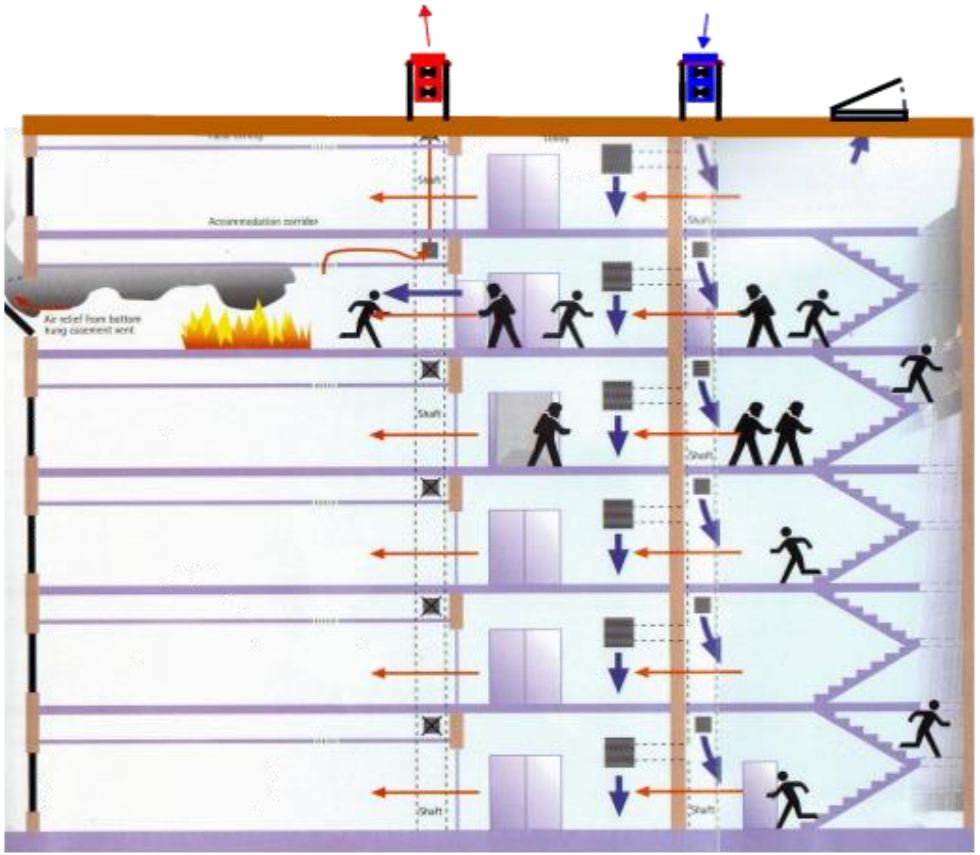


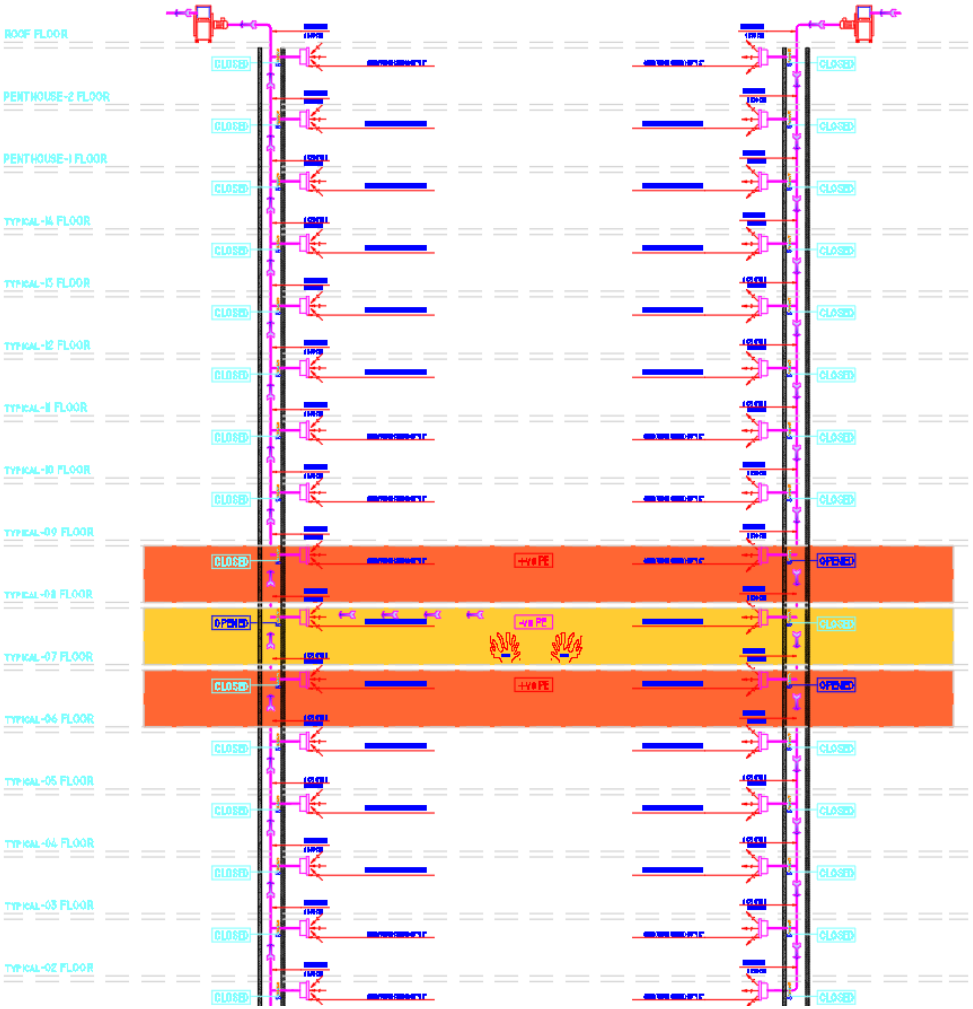
FIGURE A.4.8.1.1.1 Arrangements of Smoke Control Zones.

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :NFPA101

التحكم في قطاعات الحريق (Smoke Control Zones)



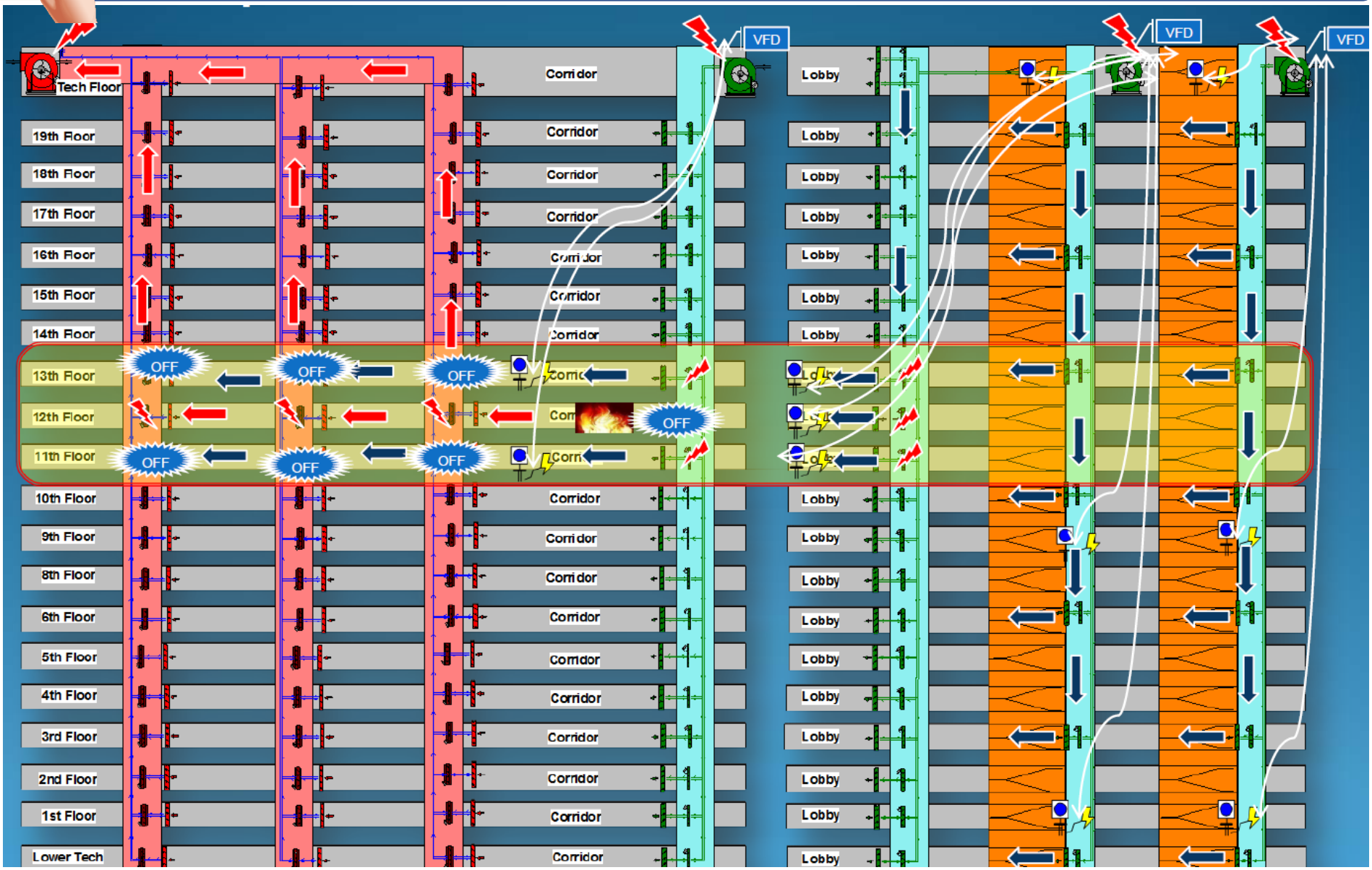


Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :NFPA101

العودة للقائمة الرئيسية

التحكم في قطاعات الحريق (Smoke Control Zones)

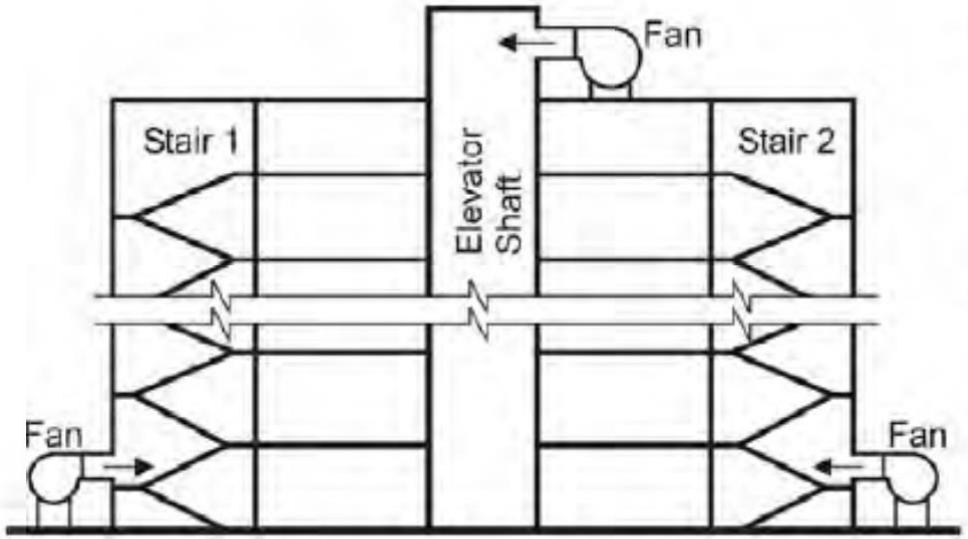


Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

From :NFPA101

تضغيط بئر المصعد

إذا وجد المصعد داخل قطاع حريق فلابد من تضغيط بئر المصعد لمنع تسرب الدخان



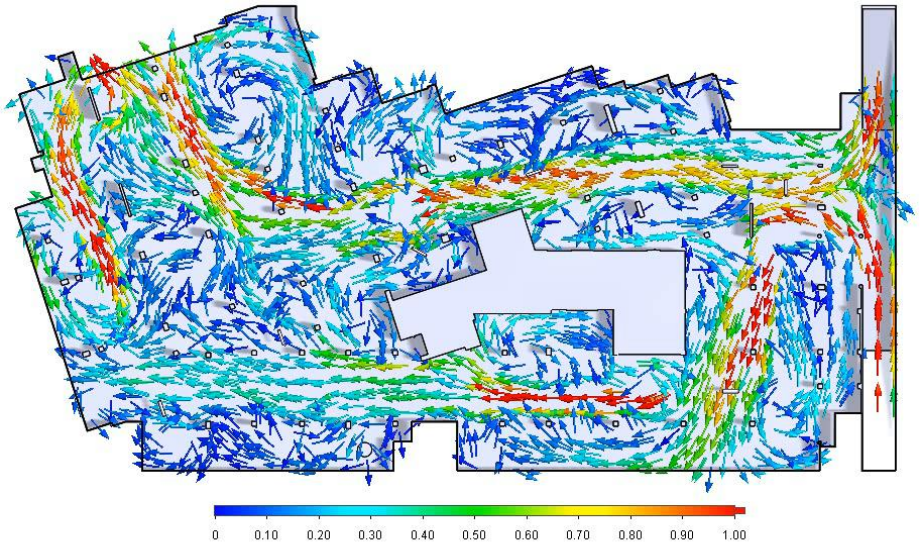
Notes:
1. In the basic system, each stairwell and elevator shaft has one or more dedicated fans that supply pressurization air.
2. In most buildings the basic system does not perform well, but there are other systems that have features to improve performance.
3. In this figure, the stair pressurization and elevator pressurization are single injection subsystems, but they can be multiple injection subsystems.
4. The stair subsystems are not compensated systems.

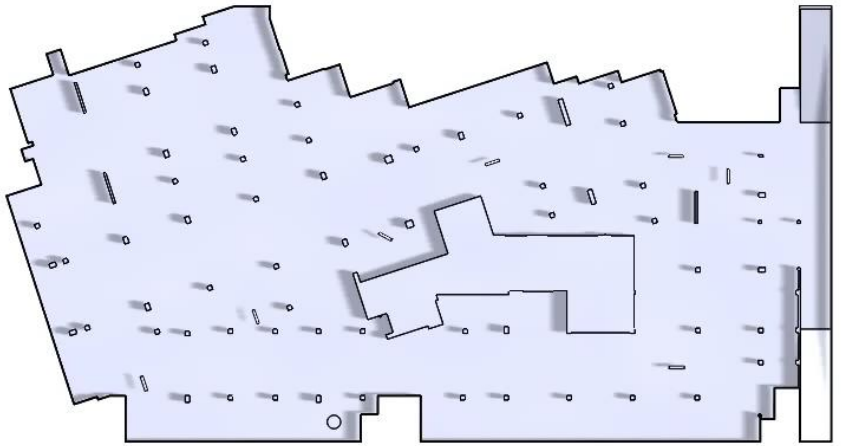
Figure 11.1 *Basic elevator pressurization system.*

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

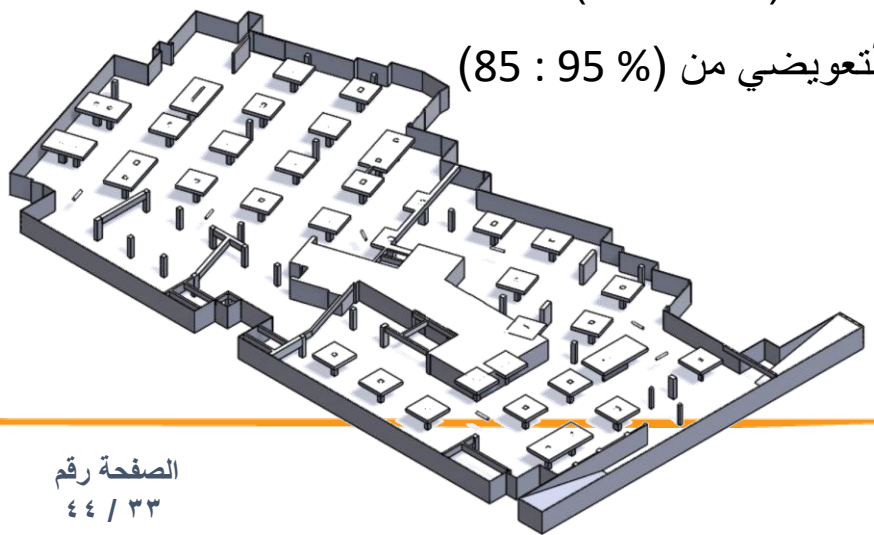
From :Handbook of Smoke Control Engineering, Chapter 11

سحب الدخان بأدوار البدروم



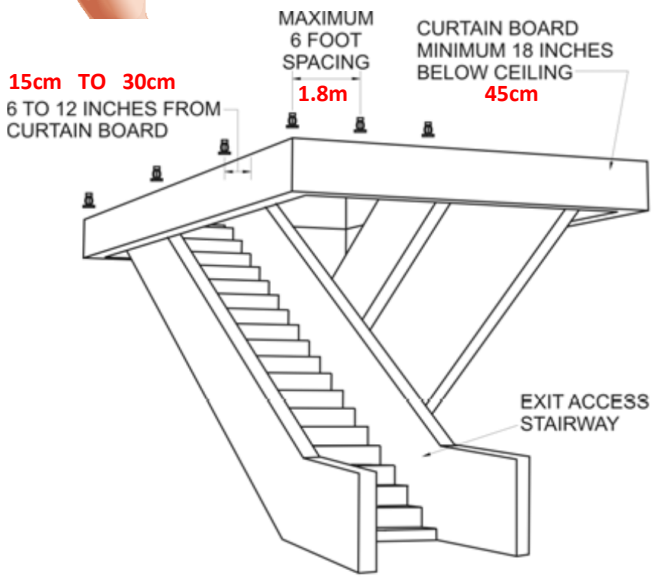


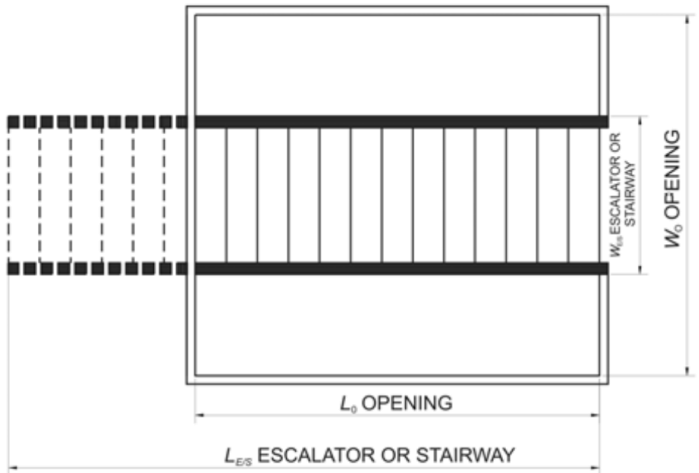
- يجب أن يقسم المبنى الذي يكون طابقه أكثر من ١٨ مترًا تحت مستوي الشارع لأدنى مستوى من تصريف الخروج إلى قطاعين دخان على الأقل من القطاعين متساويين الحجم تقريبًا طبقا (SBC201, 405.4.1).
- يجب ألا يقل الارتفاع الصافي في مناطق مرور السيارات والمشاة عن 2.1متر طبقا (SBC201, 406.3.2).
- حساب التهوية (0.75 CFM/ft2) طبقا (ASHRAE St.62 Table 6.5).
- سحب الدخان (8:10 ACH) حسب متطلب الكود.
- الهواء التعويضي من (% 95 : 85)



Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

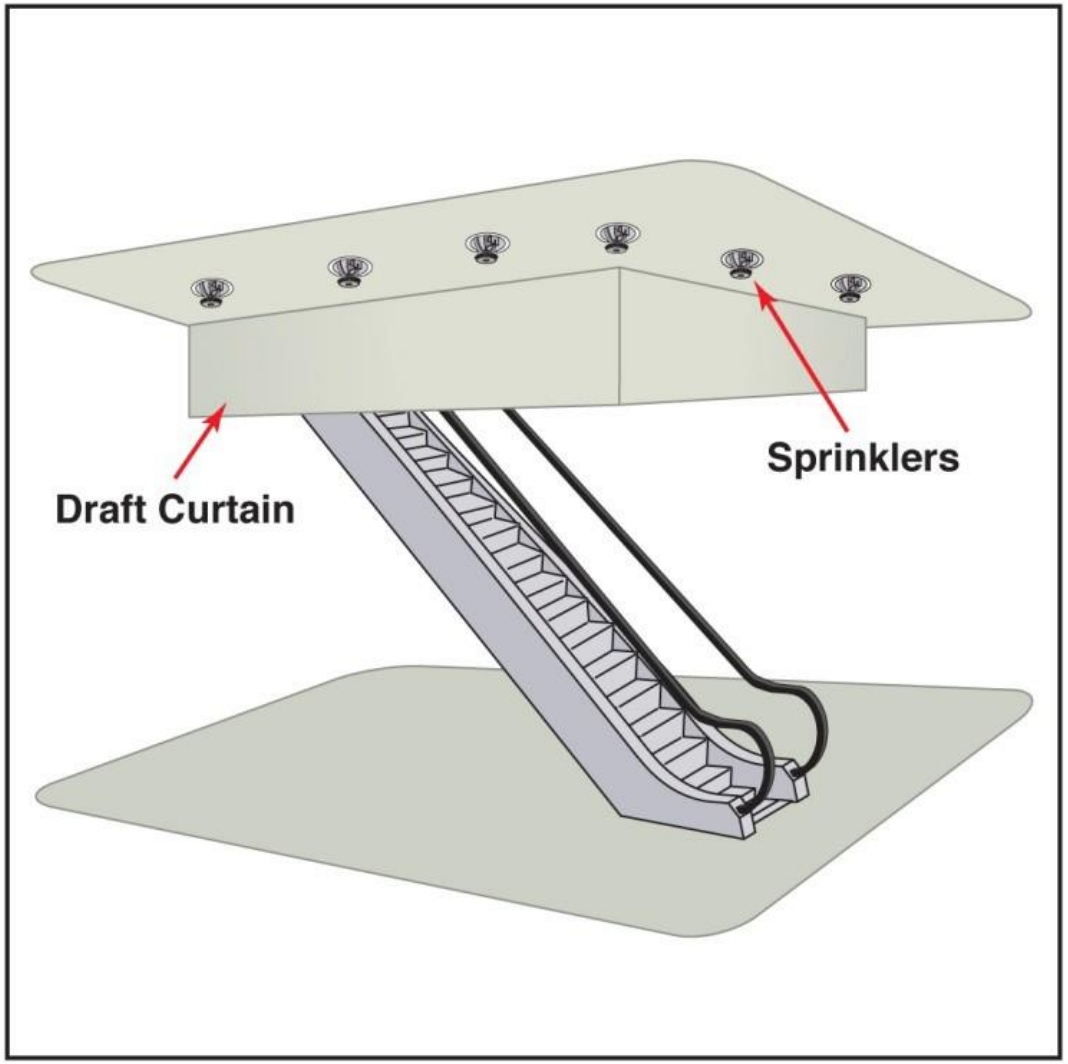
الفتحات الرأسية (Vertical Opening)





FLOOR OPENING CANNOT EXCEED TWICE THE HORIZONTAL PROJECTED AREA OF THE STAIRWAY

THEREFORE $L_O \times W_O \leq 2 \times L_{ES} \times W_{ES}$



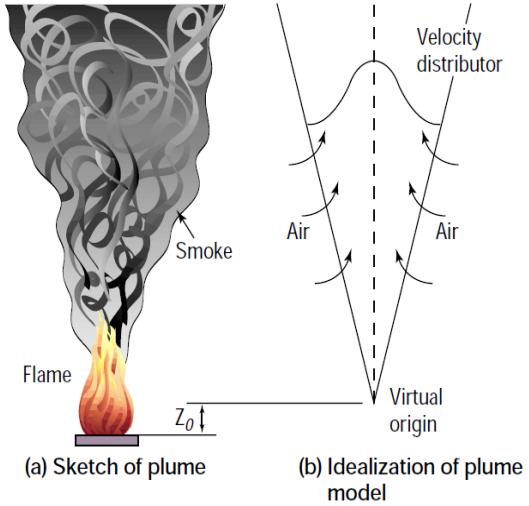
Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

سحب الدخان من البهو (ATRIUM)

- فتحة تربط بين طابقين أو أكثر غير (السلالم المغلقة والمصاعد وطرق الرفع والسلالم المتحركة والسباكة والكهرباء وتكييف الهواء أو غيرها من المعدات).
- يتم عمل مراوح سحب دخان للبهو ماعدا البهو الذي يربط بين دورين في إشغال الرعاية الصحية (Group I.1, Group I.2 condition-2) طبقا (SBC201, 404.5)
- يتم فصل البهو عن المناطق المجاورة بفاصل مقاوم للحريق لمدة ساعة ويمكن إستثناء الأتي:-

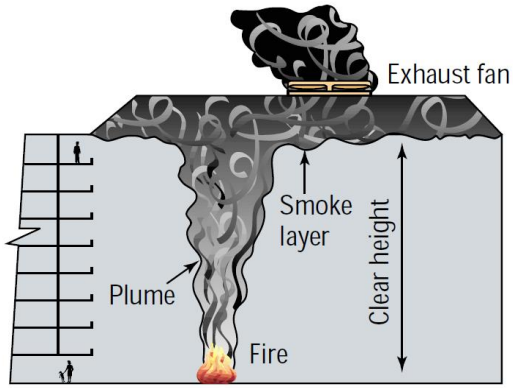
١. تركيب زجاج غير مقاوم للحريق بشرط الأتي:-
   - تركيب مرشات علي جانبي حائط الزجاج المسافة بين المرش والحائط من (١٠ : ٣٠ سم).
   - المسافة بين المرشات ١.٨م.
   - يتم تركيب الزجاج داخل (gasketed frame) لمنع تهشم الزجاج عند تشغيل المرشات.
   - الأبواب الموجود لا بد أنت تكون (self-closing or automatic-closing)
٢. تركيب حائط زجاج من النوع (block wall assembly) مقاوم للحريق ¾ ساعة.
٣. لا يلزم حاجز حريق بين البهو والمساحات المجاورة لأي ثلاثة طوابق من البهو شريطة مراعاة هذه المساحات في تصميم نظام التحكم في الدخان.

سحب الدخان من البهو (ATRIUM)

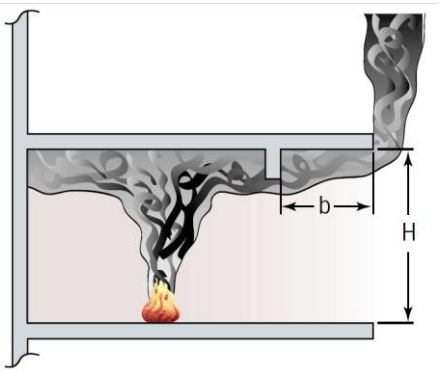


أنواع الدخان في البهو

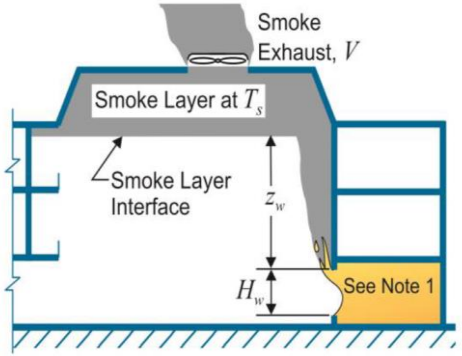
- Window Plumes
- Balcony Spill Plumes
- Axisymmetric Plumes



Axisymmetric Plumes



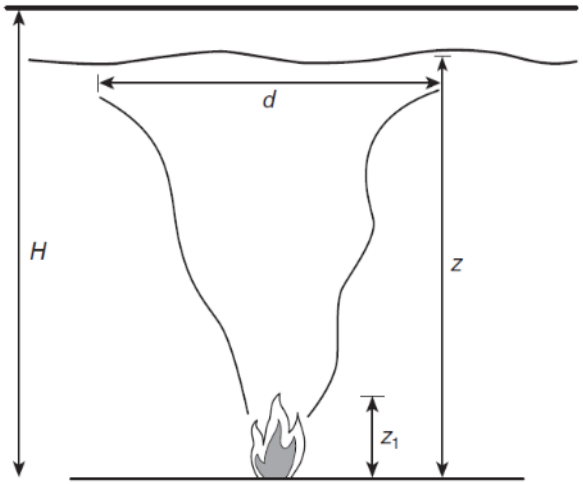
Balcony Spill Plumes



Window Plumes

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

سحب الدخان من البهو (ATRIUM)



١. حساب كمية الحرارة الناتجة من الحريق داخل البهو

$$Q_c = \chi Q$$

٢. حساب إرتفاع اللهب الناتج من الحريق

$$z_l = 0.533 Q_c^{2/5}$$

٣. حساب كمية التدفق للدخان وهي تعتمد علي إرتفاع اللهب

$$\text{when } z \le z_l,\ m = 0.0208 Q_c^{3/5} z \qquad \text{when } z > z_l,\ m = \left(0.022 Q_c^{1/3} z^{5/3}\right) + 0.0042 Q_c$$

٤. حساب درجه حرارة الدخان

$$T_s = T_o + \frac{K_s Q_c}{m C_p}$$

٥. حساب كثافة الدخان

$$\rho = \frac{144 P_{atm}}{R(T + 460)}$$

٦. حساب كمية الدخان

$$V = 60 \frac{m}{\rho}$$

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

سحب الدخان من البهو (ATRIUM)

Example 14.2 Steady Smoke Exhaust

What is the smoke exhaust needed to maintain a smoke layer height of 36 ft (11.0 m) with the design parameters listed below?

Ambient temperature	72.0°F (22°C)
Ceiling height	45 ft (13.7 m)
Convective fraction	0.7
Height of top of fuel	0 ft (0 m)
Heat release rate	2000 Btu/s (2110 kW)
Wall heat transfer fraction	0.4

Note that the smoke layer depth is 45 – 36 = 9 ft (2.7 m), which is 20% of the height of the atrium ceiling above the fuel. This depth accommodates the formation of the ceiling jet as in the section "Minimum Depth of Smoke Layer" in Chapter 13.

From Equation (14.14), the convective the heat release rate is

$$Q_c = \chi_c \dot{Q} = 0.7(2000) = 1400 \text{ Btu/s } (1480 \text{ kW}).$$

From Equation (14.13), the mean flame height is

$$z_l = 0.533 \dot{Q}_c^{2/5} = 0.533(1400)^{0.4} = 9.7 \text{ ft } (3.0 \text{ m}).$$

The smoke layer height, z, is 36 ft (11.0 m).

Because z_l is less than z, the mass flow is calculated from Equation (14.11):

$$\dot{m} = 0.22 Q_c^{1/3} z^{5/3} + 0.0042 \dot{Q}_c = 0.022(1400^{1/3})(36^{5/3}) + 0.0042(1400) = 102 \text{ lb/s } (46.4 \text{ kg/s}).$$

From Equation (14.15), the smoke temperature is

$$T_s = T_o + \frac{\dot{Q}_c(1-\eta)}{\dot{m} C_p} = 72 + \frac{1400(1-0.4)}{102(0.24)} = 106°\text{F } (41°\text{C})$$

From Equation (14.17), the smoke density is

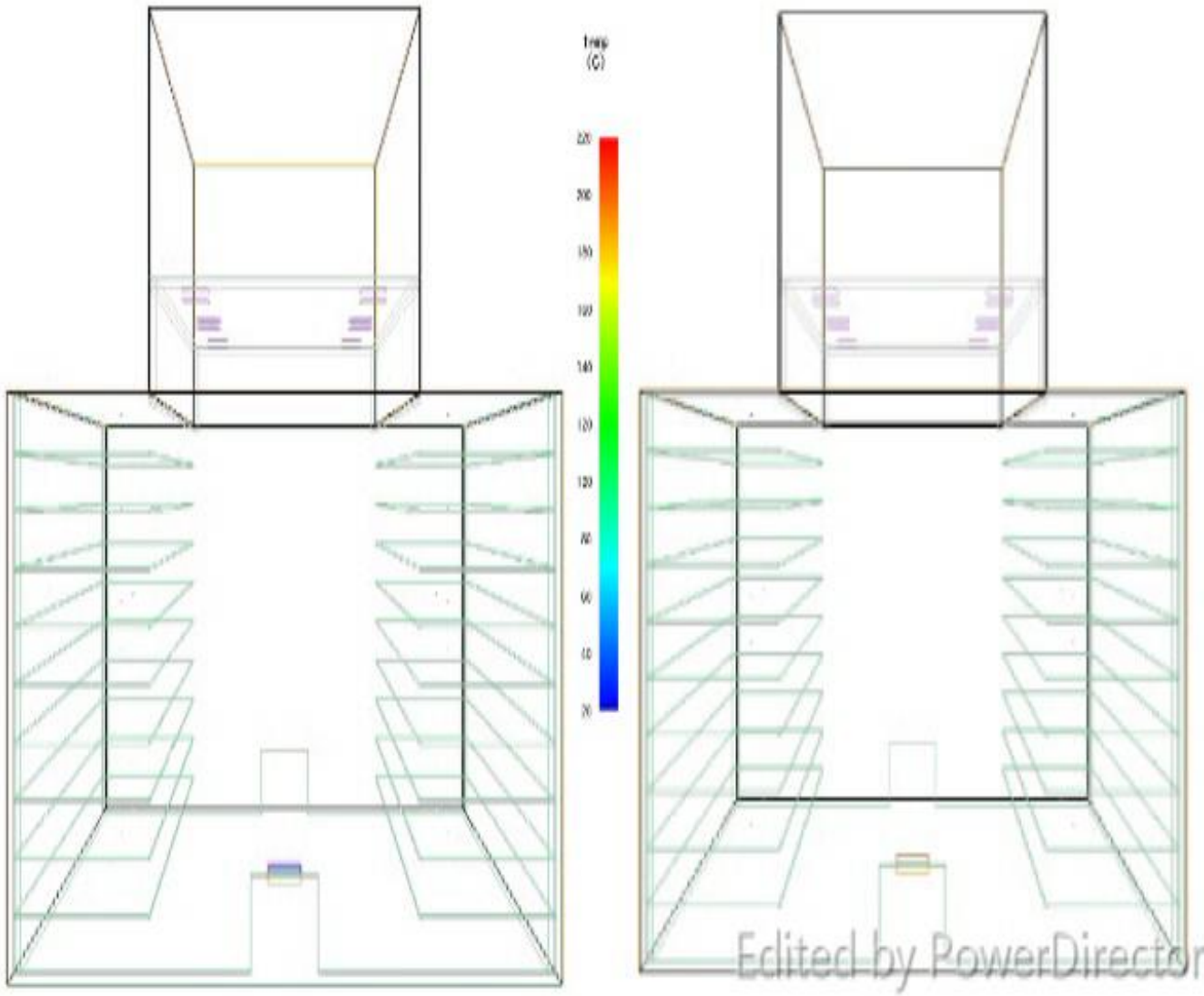
$$\rho_s = 0.075 \frac{530}{T_s} = 0.075 \frac{530}{106 + 460} = 0.0702 \text{ lb/ft}^3 \ (1.12 \text{ kg/m}^3).$$

From Equation (14.18), the volumetric flow of exhaust gases is

$$\dot{V} = 60 \frac{\dot{m}}{\rho_p} = 60 \frac{102}{0.0702} = 87,200 \text{ cfm } (41.2 \text{ m}^3/\text{s}).$$

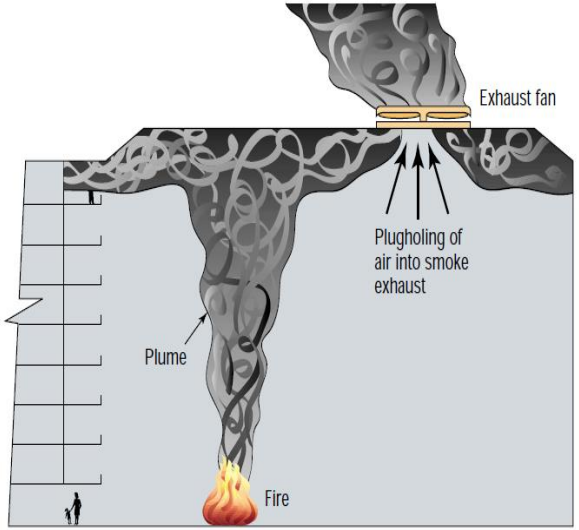
Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

سحب الدخان من البهو (ATRIUM)

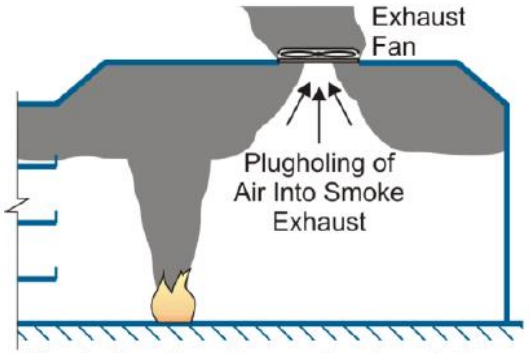


Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

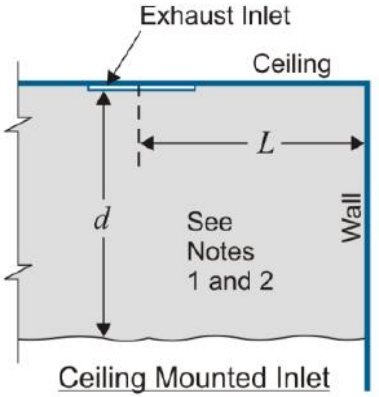
سحب الدخان من البهو (ATRIUM)



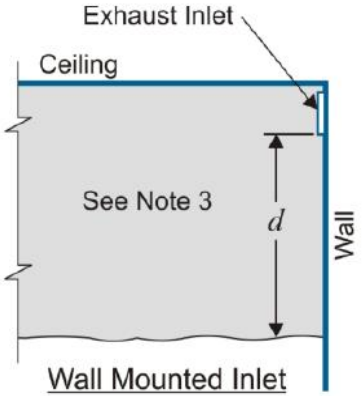
- يتم الانتباه لعدد مخارج الهواء المسوح به في عملية سحب الدخان حتي لاتحدث ظاهره تسمي plug holing وهي سحب هواء نقي من اسفل طبقة الدخان دون سحب الدخان نفسه



Plugholing Can Cause System Failure



Ceiling Mounted Inlet



Wall Mounted Inlet

Notes:

1. For a ceiling mounted exhaust inlet with $L < 2\ D_i$, $\gamma = 0.5$.
2. For a ceiling mounted exhaust inlet with $L \geq 2\ D_i$, $\gamma = 1$.
3. For a wall mounted exhaust inlet, $\gamma = 0.5$.
4. d/D_i must be greater than 2.
5. V_e must be less than or equal to V_{max}.
6. The edge-to-edge distance between inlets must not be less than S_{min}.

Round Inlet Grille

Rectangular Inlet Grille

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

سحب الدخان من البهو (ATRIUM)

لحساب أقصي سرعة لسحب الدخان من الـ GRILLS

$$V_{max} = 452\gamma d^{5/2}\left(\frac{T_s - T_o}{T_o}\right)^{1/2}$$

$$V_{max} = 4.16\gamma d^{5/2}\left(\frac{T_s - T_o}{T_o}\right)^{1/2} \quad \text{for SI}$$

where
V_{max} = maximum volumetric flow rate without plugholing at T_s, cfm (m^3/s).
T_s = absolute temperature of the smoke layer, °R (K).
T_o = absolute ambient temperature, °R (K).
d = depth of smoke layer below the lowest point of the exhaust inlet, ft (m).
γ = exhaust location factor, dimensionless.

$$D_i = \frac{2ab}{a+b}$$

where
D_i = effective diameter of the inlet, ft (m),
a = length of the inlet, ft (m),
b = width of the inlet. ft (m).

$$S_{min} = 0.065V_e^{1/2}$$

$$S_{min} = 0.9V_e^{1/2} \quad \text{for SI}$$

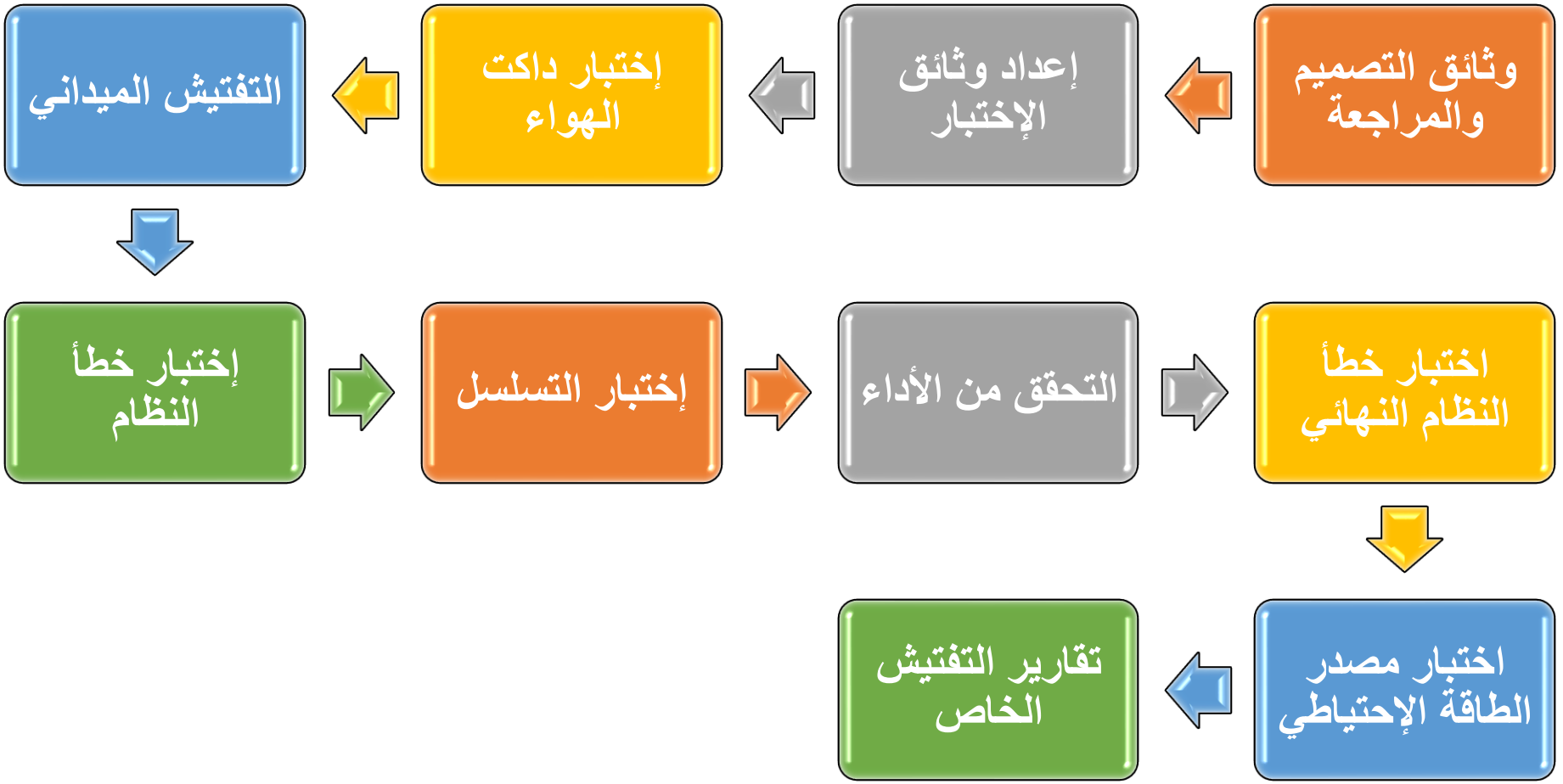
where
S_{min} = minimum edge-to-edge separation between inlets, ft (m),
V_e = volumetric flow rate of one exhaust inlet, cfm (m^3/s).

** ملحوظه:

لابد أن يكون حاصل قسمة (d / D_i) أكبر من ٢ طبقاً (NFPA92A Section 6.3.7)

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

اختبار أنظمة إدارة الدخان



Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

اختبار أنظمة إدارة الدخان

م	البند		مطابق	غير طابق
١	مراوح سحب الدخان (IBC Section909.10.5 - NFPA92A (Section 5.3.2			
	١-١-	عدد سيور المحرك المشغل للمروحة ١,٥ مرة ونصف الظروف الطبيعية (أقل لعدد سيور المحرك (٢) إثنين).	☐	☐
	١-٢-	منحنى الأداء (Performance Curve) يعطي التدفق الهواء عند ظروف ضغط التشغيل ودرجات الحرارة العالية.	☐	☐
	١-٣-	تثبيتات المروحة غير قابلة للاحتراق.	☐	☐
	١-٤-	يتم سحب الدخان بالمراوح إلى مناطق لا تؤدي إلى إعادة إدخال الدخان إلى المبنى مرة أخري	☐	☐
٢	مسارات الهواء / Damper (IBC Section909.10.2 – 909.10.4)			
	٢-١-	داكت الهواء والتركيبات تتحمل الضغوط ودرجات الحرارة العالية.	☐	☐
	٢-٢-	اختبار الداكت على ضغط ١,٥ مرة ونصف من اقصى ضغط للتشغيل.	☐	☐
	٢-٣-	لا يزيد الفقد في الدكت من Flow عن ٥ % من كمية التدفق المصمم عليها.	☐	☐
	٢-٤-	الـ Damper مطابقة للمواصفات ومعتمدة	☐	☐
	٢-٥-	الدخان لا يتسرب من الداكت حيث يتم نقله من منطقة الدخان إلى خارج المبنى	☐	☐
٣	مصادر الطاقة			
	٣-١-	تغذية نظام سحب الدخان من مصدرين للطاقة (مصدر رئيسي / المولد الإحتياطي)	☐	☐
	٣-٢-	عمل المولد الإحتياطي أتوماتيكياً في خلال ٦٠ ثانية من فقد مصدر الطاقة الرئيسي.	☐	☐
	٣-٣-	تغذية لوحة التحكم في الدخان ببطاريات ١٥ دقيقة	☐	☐
	٣-٤-	ظروف غرفة التحكم (تكييف)	☐	☐
٤	مخطط لوحة التحكم			
	٤-١-	مخططات التحكم توضح جميع الأجهزة في النظام وتحديد موقعها ووظيفتها.	☐	☐
٥	كواشف الدخان / الحرارة / الكاسر الزجاجي		☐	☐
٦	قطاعات الحريق (Fire Zone Compartment)			
	٦-١-	فصل مناطق الدخان عن بعضها البعض بحواجز دخان مقاومة للحريق لمدة ساعة.	☐	☐
	٦-٢-	مطابقة الأبواب الموجودة داخل (Fire Zone Compartment) للمواصفات الموجودة في مخططات التصميم	☐	☐
	٦-٣-	وجود أبواب آلية أو ذاتية الإغلاق داخل حدود منطقة الدخان	☐	☐
٧	إختبار خطأ النظام			
	٧-١-	خطأ إذا كانت المروحة تعمل بدون سيور	☐	☐
	٧-٢-	خطأ إذا كان مراوح التضغيط تعمل بدون كواشف دخان	☐	☐
	٧-٣-	خطأ إذا كانت مراوح التضغيط تعمل ويتم إلغاء ال Relief	☐	☐
٨	مراوح تضغيط سلم الطوارئ			
	٨-١-	فروق الضغط عبر كل باب للسلم يتجاوز فارق الضغط المقاس القيمة المطلوبة من الكود	☐	☐
	٨-٢-	القوة اللازمة لفتح باب واحد	☐	☐
	٨-٣-	عند فتح جميع الأبواب المطلوبة ، اتجاه تدفق الهواء عبر فتح كل باب	☐	☐
	٨-٤-	عند فتح الأبواب يتدفق من الدرج الي المساحة المجاورة بسرعة لا تتجاوز ١ متر/ثانية.	☐	☐

Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

برامج المحاكاة CFD

CONTAM
Multizone Airflow and Contaminant Transport Analysis Software

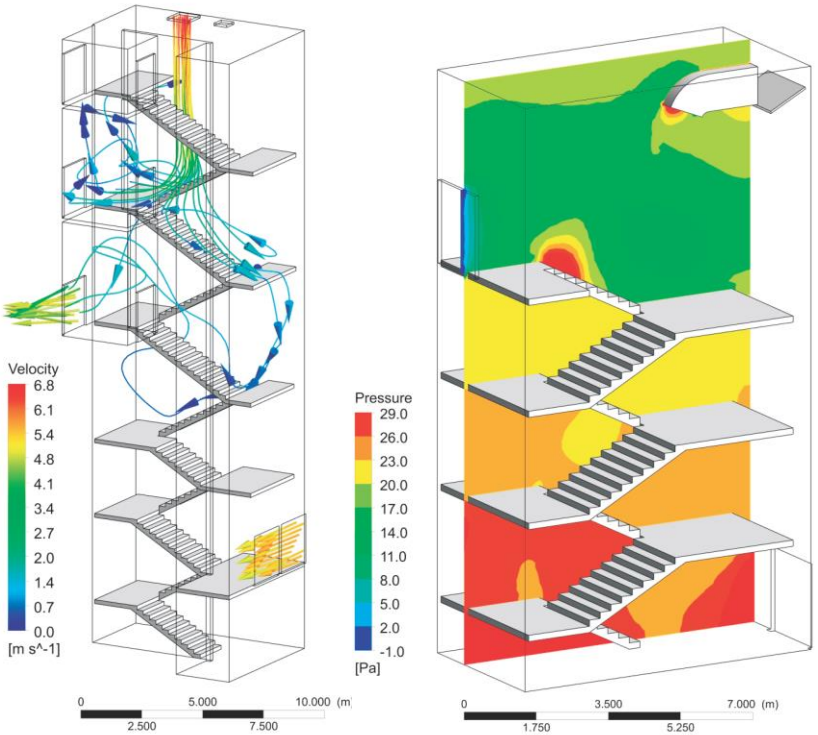
NIST National Institute of Standards and Technology • U.S. Department of Commerce

PyroSim

FDS

ANSYS®

CFD



Dr.Eng.Ahmed Hamdi
MSc, PHd, CFPS, LEED
+201007002396 & +966552447944
ahmed_hamdi1988@yahoo.com
dr.ahmed@madar-eng.com

شركة مدار الجزيرة
وشريكة للاستشارات الهندسية

شكراً جزيلاً

تقديم وإعداد
د.م /أحمد حمدي عجور

ahmed_hamdi1988@yahoo.com

+201007002396 & +966552447944

+201007002396 & +966552447944

https://www.linkedin.com/in/dr-ahmed-hamdi-aggoor