İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

75252

YÜKSEK BİNALARDA MERDİVEN KOVALARININ BASINÇLANDIRILMASI İLE DUMAN KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh. Serkan SOYEL

Anabilim Dalı: MAKİNA
Programı : ENERJİ

ŞUBAT 1998

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK BİNALARDA MERDİVEN KOVALARININ BASINÇLANDIRILMASI İLE DUMAN KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh. Serkan SOYEL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 Ocak 1998

Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Şubat 1998

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Abdurahman KILIÇ 09/03
Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Aksel ÖZTÜRK 9/3
Prof.Dr. Ahmet ARISOY 11/03

ŞUBAT 1998

ÖNSÖZ

Günümüzün modern toplumunda insanların metropol şehirlerde bir arada birlikte yaşama gerekliliği ve coğrafik alanların azlığı nedeniyle, birim alandan daha fazla yararlanmak için yüksek binaların inşa edilmesini zorunlu kılmıştır. Yüksek binalarda değişik sebeplere bağlı olarak zaman zaman yangınlar çıkmaktadır. Bu tip binalardaki yangınlarda büyük miktarlarda can ve mal kaybı olmaktadır. Bu nedenden dolayı günümüzde yangın güvenliği için değişik ülkelerde yapılan çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar sonucunda oluşturulan standartlarda alınması gerekli önlemler ve uyulması gerekli kurallar belirtilmiştir. Bunlar aktif ve pasif önlemler olarak iki grupta toplanmaktadır.

Can güvenliği açısından belki de en önemli önlemlerden birisi de binalarda güvenli kaçış yolları oluşturmak için, basınçlandırma ile merdiven kovalarında duman kontrolüdür. Çünkü binalarda çıkan yangınlarda meydana gelen ölümlerin %90 gibi büyük bölümünü dumandan zehirlenmeler oluşturmaktadır.

Bana bu konu üzerinde çalışma fırsatı sağlayan , öğrencisi olmaktan her zaman onur ve mutluluk duyduğum değerli hocam Prof. Dr. Abdurahman KILIÇ'a teşekkür ederim.

Ayrıca bu konu üzerinde çalışmam esnasında bana her türlü problemde değerli önerileri ve yadımlarıyla destek olan Dr. Müh. Kazım BECEREN'e, uzakta olmalarına rağmen manevi desteklerini her zaman hissettiğim sevgili annem, babam ve kardeşime, yine çalışmamda bana bilgi ve ekipman açısından her türlü yardımı sağlayan Çilingiroğlu ailesine teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

İstanbul, Ocak 1998 Mak. Müh. Serkan Soyel

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ii

SEMBOL LİSTESİ vi

ŞEKİL LİSTESİ ix

TABLO LİSTESİ xiii

ÖZET xiv

SUMMARY xv

BÖLÜM 1. GİRİŞ 1

BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 5
2.1 Merdiven Kovasının Basınçlandırılması Sistemleri Hakkında Yapılan Teorik Çalışmalar 7
2.2 Basınçlandırma Sistemlerinin Performanslarının Ölçümü ve Geliştirilmesi İçin Yapılan Deneysel Çalışmalar 9
2.3 Duman Kontrol Sistemleri Hakkında İncelemeler 13
2.4 Duman Kontrol Sistemleri İçin Yapılan Bilgisayar Modelleme Çalışmaları 15
2.5 Duman Hareketlerinin İncelendiği Çalışmalar 17
2.6 ASHRAE Tarafından Duman Kontrol Sistemleri Hakkında Yaptırılmış Araştırma Projeleri İle İlgili Çalışmalar 18
2.7 Duman Kontrolü İçin Yapılan Basınçlandırma Sistemlerinin Dizayn Çalışmalarında Kullanılan Datalar, Ekipmanlar ve Temel Prensiplerin Tanıtımı Hakkında Yapılan Çalışmalar 22

BÖLÜM 3. DUMANIN YAPISI ve HAREKETLERİ 26
3.1 Dumanın Yapısı 26
3.1.1 Malzemelerin Duman Çıkarma Özellikleri 26
3.1.2 Dumanın Zehirli Etkisi 27
3.1.3 Tahriş Edici Gazlar 28
3.1.4 Sıcaklığın Etkisi 29
3.2 Duman Hareketleri 29
3.2.1 Efektif Akış Alanları 30
3.2.1.1 Paralel Yollar 30
3.2.1.2 Seri Yollar 31
3.2.1.3 Paralel ve Seri Yolların Kombinasyonu 33
3.2.1.4 Sıcaklıkların ve Akış Katsayılarının Etkileri 34
3.2.2 Duman Hareketlerini Oluşturan Kuvvetler 35
3.2.2.1 Baca Etkisi 36
3.2.2.2 Yanma Gazlarının Kaldırma Gücü 41

3.2.2.3 Yanma Gazlarının Genişlemesi 43
3.2.2.4 Rüzgarın Etkisi 44
3.2.2.5 Zorlanmış Havalandırma Sistemleri 46
3.2.3 Nötral Düzlemin Konumu 47
3.2.3.1 Sürekli Açık Şaft 47
3.2.3.2 İki Havalıklı Şaft 49
3.2.3.3 Havalandırmalı Şaft 51
3.2.3 Üst Katlara Duman Akışının Analizi 52

BÖLÜM 4. BİNALARDA DUMAN KONTROL PRENSİBLERİ ve ANALİTİK YAKLAŞIMLAR 56
4.1 Duman Kontrolü 56
4.1.1 Bölmelendirme 56
4.1.2 Yangından Uzakta Hafifletme (Arındırma) 57
4.1.3 Hava Akışı 58
4.1.4 Kaldırma Gücü 58
4.1.5 Basınçlandırma 59
4.2 Hava Akışı ve Basınç Farkı 61
4.2.1 Dinamik Kuvvetlerin Akışta Hakim Olması 63
4.2.2 Viskoz Kuvvetlerin Akışta Hakim Olması 65
4.2.3 Eksponansiyel Akış Eşitliği 66
4.2.4 Boşluklar (Aralıklar) İçinden Geçen Akış 67
4.2.5 Akış Alanları 70
4.2.6 Simetri 72
4.2.7 Kapı Açma Kuvvetleri 73
4.2.8 Dizayn Basınç Farkları 75
4.3 Merdiven Kovasının Basınçlandırma Sistemleri 76
4.3.1 Merdiven Kovasının Basınçlandırılmasının Genel Prensipleri 76
4.3.2 Tek Kademeli ve Çift Kademeli Basınçlandırma 76
4.3.3 Tekli ve Çoklu Enjeksiyon 77
4.3.4 Bölmelendirme 79
4.3.5 Girişler 79
4.3.6 Besleme Havasının Sağlanma Şekli 80
4.3.7 Merdiven Kovasında Basınç Profilleri 82
4.4 Merdiven Kovasında Oluşan Basınçların İncelenmesi 83
4.4.1 Basınçlandırma Havası 85
4.4.2 Ortalama Basınç Farkları 87
4.4.3 Yükseklik Sınırlaması 88
4.5 Basit Merdiven Kovası Sistemleri 90
4.6 Açık Kapılı Sistemler 92
4.6.1 Açık Kapılı Sistemlerin Analizi 95

BÖLÜM 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 100
5.1 Sayısal Çözüm 100
5.2 Ülkemiz İklim Şartlarına Göre Kritik Mevsimin Belirlenmesi 100
5.3 Açık İç Kapıların Konumunun Basınçlandırmaya Etkisi 102
5.4 Tek Noktadan Enjeksiyonlu Sistemlerde Basınçlandırılma 104
5.4.1 Enjeksiyon Noktasının Konumunun Etkisi 104
5.4.2 Tekli Enjeksiyonda Kat Sınırlaması 105
5.4.3 İç Kapıların Açık veya Kapalı Olmasının Basınçlandırma Üzerindeki Etkisi 108

5.5 Çoklu Enjeksiyonlu Sistemlerde Basınçlandırma 108
5.5.1 Enjeksiyon Nokta Sayısının Etkisi 109
5.5.2 Açık Kapı Sayısının Debi Üzerindeki Etkisi 112
5.5.3 Katlara Üflenen Hava Debisini Eşit veya Farklı Olması Durumunun Basınçlandırma Üzerindeki Etkileri 113
5.5.4 Çoklu Enjeksiyonda Kat Sınırlaması 114
5.6 Yedi Katlı Bir Binada Tekli ve Çoklu Enjeksiyonun Karşılaştırılması117
5.7 Son Söz 119

KAYNAKLAR 123

EKLER 127

ÖZGEÇMİŞ 133

SEMBOL LİSTESİ

A : akış alanı, (m^2);

T : mutlak sıcaklık, (K);

ΔP : akış yolunun iki noktası arasındaki basınç farkı, (Pa),

C : akış katsayısı, (yaklaşık 0.65),

C_r : boyutsuz basınç katsayısı,

C_{r1} : Duvarın rüzgar aldığı durum için basınç katsayısı;

C_{r2} :duvarın rüzgar altı durumu için boyutsuz basınç katsayısı;

C_{kat} : nötral düzlemin üstündeki katta kirlilik konsantrasyonu,

C_{sh} : şaft içindeki kirlilik konsantrasyonu,

K : boyutsuz katsayı,

P : basınç.

Q : bölmeden geçen hacimsel akış miktarı, (m^3/s),

A_a :nötral düzlemin alt tarafındaki alan, (m^2).

g : yer çekim ivmesi;

z : yükseklik (kod farkı);

R : havanın gaz sabiti,

h : nötral düzlem üzerindeki mesafe, (m);

V : rüzgar hızı, (m/s).

V_o : referans yüksekliğindeki hız, (m/s),

P_r : Bina üzerindeki rüzgar basıncı, (Pa);

z : rüzgarın yüksekliği (m),

z_o : referans konumu, (m),

n : rüzgar üsteli, (boyutsuz).

H_n : şaftın tabanından nötral düzleme kadar olan mesafe, (m),

H : şaft yüksekliği, (m),

m : kütle akış miktarı, (kg/s),

z : nötral düzlemin üstündeki mesafe, (m),

t : zaman, saniye (s),

V_{kat} : katın hacmi, (m^3),

C_{CO} : Δt zaman aralığında olan ortalama CO konsantrasyonu, (ppm),

Δt : olayın gerçekleştiği zaman aralığı, (dakika).

FED : efektif doz yüzdesi.

C_o : karışım konsantrasyonunun ilk değeri,

C : t zamanındaki karışımın konsantrasyonu,

a : dakikada hava değişme sayısına bağlı arındırma oranı,

V : akış yolu içindeki ortalama hız,

$Ç_{ıslak}$: akış yolunda ıslatılan çevre.

z_i : yolun giriş yüksekliği,

z_o : yoldan çıkış yüksekliği,

a : levhalar arasındaki mesafe (boşluğun kalınlığı),

C_e : eksponansiyel akış eşitliği için akış katsayısı, ($m^3 s^{-1} Pa^{-n}$),

n : akış üsteli, boyutsuz.

NQ : boyutsuz akış miktarı (debi),

NP : boyutsuz basınç farkı,

Re : Reynolds sayısı, boyutsuz , akışa dik yönde ,

D_h : hidrolik çap, $D_h = 2$ a,

x : akış yönünde boşluk derinliği, (m),

L : boşluğun boyutu, (m),

M_r : kapı kapayıcısının ve diğer sürtünmelere ait moment, (N.m),

ΔP : kapının ortasındaki basınç farkı, (Pa),

W : kapı genişliği, (m),

A : kapı alanı, (m^2),

d : kapı kolundan kapının kolunun olduğu noktadan çerçeveye kadar olan mesafe,(m).

F : toplam kapı açma kuvveti, (N),

F_r : kapı kapayıcısı ve diğer sürtünmeleri yenen kuvvet, (N),

y : merdiven kovasının tabanı ile tavanı arasındaki mesafe, (m),

H_m : sınır yüksekliği, (m),

N : bölmedeki kat sayısı,

G : akış faktörü, (m/s).

Grek Sembolleri :

Δ : Fark

ρ : gazın yoğunluğu, (kg/m^3),

μ : mutlak vizkositye, (kg/ms)

ν : kinematik viskozite, (m^2/s),

Alt İndisler :

e : sistemin efektif
i : i yolunun
si : şaft ile bina arasında
io : bina ile dış taraf arasında
ü : nötral düzlemin üst tarafında
sh : şaft ve bina arasında
a : bina ve dış taraf arasında
SBOe : merdiven kovası ile dış taraf arasındaki efektif
SB : merdiven kovası ile bina arasında
BO :bina ile dış taraf arasında
SO : merdiven kovası ile dış taraf arasında
o : dış ortam
s : şaft içinde
f : yangın bölmesinde
B : bina
t : bölmenin tavanında
tab : bölmenin tabanında
fo : Yangın bölmesinde çevresine doğru olan
sotab : merdiven kovasının tabanı
SBt : merdiven kovası tepesinde, merdiven kovası ile bina arasında
SBtab: merdiven kovası tabanında, merdiven kovası ile bina ararsında

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Orta noktasından mil üzerine bağlanmış döner kapı 7

Şekil 2.2. Doğal çekişli baca 9

Şekil 2.3. Antre basınçlandırma sistemi 10

Şekil 2.4. Duman kontrol sistemleri test çalışması 11

Şekil 2.5. Aşırı basınçlanmayı önleme sistemleri 12

Şekil 2.6. Duman kontrolü için yapılan çalışmaların yaklaşık tarihi Gelişimini gösteren çizelge 14

Şekil 2.7. Kritik hava hızı üzerinde kapının açılma derecesinin etkileri 20

Şekil 2.8. Kritik hava hızı üzerindeki açık merdiven kapı sayısının etkisi 20

Şekil 2.9. Değişik sprinkler püskürtme yoğunluğuna göre tavanla taban arasında kaldırma gücüne bağlı olarak oluşan basınç farkının değişimi 22

Şekil 2.10. Duman kontrol sistemleriyle yapılan test tiplerinin tanıtımı 24

Şekil 3.1. Birbirine paralel sızıntı yolları 31

Şekil 3.2. Birbirine seri sızıntı yolları 33

Şekil 3.3. Birbirine seri ve paralel sızıntı yollarının kombinasyon şekli 34

Şekil 3.4. Normal baca etkisi durumunda oluşan basınçlar ve basınç farkları 38

Şekil 3.5. Yüksek binalarda normal baca etkisine bağlı olarak duman hareketleri 41

Şekil 3.6. Tamamen yangınla kaplanmış bölme içerisinde oluşan basınç değişimi 42

Şekil 3.7. Dış ortamla sürekli açıklıkla bağlı olan tekil şafttaki normal baca etkisi 48

Şekil 3.8. İki noktada açıklığı olan şaftta baca etkisi ile oluşan basınç farkları 50

Şekil 3.9. Dışarıya havalık ve diğer yönden sürekli açıklık ile bağlantısı olan tekil bir şaftta normal baca etkisi 52

Şekil 4.1. Duman ters akışını engellemek için gerekli kritik Hava hızları 59

Şekil 4.2. Bariyerin yüksek basınç tarafına duman sızıntısını engellemek için kullanılan bariyerli duman kontrol sistemindeki bariyer üzerindeki basınç farkı 60

Şekil 4.3. Açık kapı içerisinde düşük hızlı hava akışını yenen dumanın ters yönden de akışı 61

Şekil 4.4. Yüksek hızlı hava akışlarında açık kapıdan ters yönde akış yok 61

Şekil 4.5. İki paralel düzlem arasında Poiseuille akışı için parabolik hız profili 66

Şekil 4.6. Dar aralık içerisinde laminer akışın oluşumu 66

Şekil 4.7. Tek ve çift kıvrımlı boşlukları olan kapılar için akış faktörleri 69

Şekil 4.8. Simetrik özelliği olan kat planı 72

Şekil 4.9. Duman kontrol sisteminde kullanılan kapı üzerinde oluşan kuvvetler diyagramı 73

Şekil 4.10. Çatı seviyesine konmuş bir fanla tekli enjeksiyon şeklinde yapılan merdiven kovası basınçlandırılması 77

Şekil 4.11. Yer seviyesine konmuş bir fanla çoklu enjeksiyon şeklinde yapılan merdiven kovası basınçlandırılması 77

Şekil 4.12. Çatı seviyesine konmuş bir fanla çoklu enjeksiyon şeklinde yapılan merdiven kovası basınçlandırılması 78

Şekil 4.13. Merdiven kovasının basınçlandırma esnasında kompartımanlara bölünmesi 80

Şekil 4.14. Çatıya yerleştirilmiş uçak pervaneli fanla yapılan merdiven kovası basınçlandırılması 81

Şekil 4.15. Değişik sızıntı karakteristiklerine sahip üç farklı binada yapılan merdiven kovası basınçlandırılmasında oluşan basınç profilleri 82

Şekil 4.16. Sıcaklık faktörü 88

Şekil 4.17. Düşey sızıntı alanları olmayan binalarda yapılan merdiven kovası basınçlandırılması için yükseklik sınırlaması 91

Şekil 4.18. Kanada sisteminde basınçlandırma sistemi çalıştığı an dış çıkış kapısı da otomatik olarak açılır 93

Şekil 4.19. Merdiven kovası basınçlandırılırken her kattan da havalandırma yapılıyor 94

Şekil 4.20. Merdiven kovasının kapılarının açık ve kapalı olması durumunda oluşan basınç farklarının şaft içinde dağılımı 97

Şekil 4.21. Akış faktörü 98

Şekil 5.1. Farklı iklim bölgelerinde kış şartı ve yaz şartı karşılaştırması 102

Şekil 5.2. Açık kapıların basınç dağılımı üzerindeki etkisi 103

Şekil 5.3. Tüm kapılar kapalı durum için tekli enjeksiyon noktasının üstten, ortadan ve alttan olması hali için basınç dağılımı 105

Şekil 5.4. Tekli enjeksiyonda üst iç kapılar açık pozisyonda alttan, ortadan ve üsten enjeksiyonlu sistemlerin karşılaştırılması 106

Şekil 5.5. Tekli enjeksiyonlu sistemde dış ve 1 iç kapı açık olması durumunda kabul edilebilir sınırlar içinde kalınarak yapılan basınçlandırmalarda kullanılan debi ile elde edilen basınç dağılımları 107

Şekil 5.6. Üstten tekli enjeksiyonla yapılan basınçlandırmada üstten ikinci iç kapı açık olması durumunda şaft içerisinde oluşan basınç dağılımı 107

Şekil 5.7. Kat sayısının değişimi ile açık ve kapalı kapılı sistemlerde debi artışının karşılaştırılması 109

Şekil 5.8. Üfleme nokta sayısının basınçlandırma üzerinde etkisi 110

Şekil 5.9. Kat sayısının değişimi ile açık ve kapalı kapılı sistemlerde debi artışının karşılaştırılması 113

Şekil 5.10. Üfleme miktarının her noktadan eşit ve dış kapı seviyesinde yarı debinin verildiği basınçlandırma sistemlerinin karşılaştırılması 114

Şekil 5.11. Çoklu enjeksiyonlu sistemle yapılan basınçlandırmada kat sınırlamasının bulunması 115

Şekil 5.12. Tüm kapıları kapalı olan merdiven kovası için üstten tekli ve çoklu enjeksiyonlu sistemlerle yapılan basınçlandırmada elde edilen basınç dağılımları 117

Şekil 5.13. Açık kapılı bir merdiven kovasının tekli enjeksiyon ile çoklu enjeksiyonlu sistemlerle basınçlandırılması sonucu elde edilen basınç dağılımları 119

Şekil A.1. Debi programı akış şeması 132

Şekil A.2. Duman kontrol programı akış şeması 132

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 3.1	Malzemelerin yanma olayı sonucu çıkardıkları gazlar	27
Tablo 4.1	Yüksek binalar için duvar ve döşemelerdeki tipik sızıntı alanları	71
Tablo 4.2	Dizayn için önerilen minimum basınç değerleri	76
Tablo 5.1	Üfleme nokta sayısının basınçlandırma üzerindeki Etkisi	111
Tablo 5.2	Çoklu enjeksiyonlu sistemlerde kat sınırlaması	116

ÖZET

Yangınlarda ölüm ve yaralanmaların büyük çoğunluğu, katlar arasına, merdiven ve asansör şaftları içerisine dolan duman nedeniyle olmaktadır. Bu konu üzerinde yapılan istatistiki çalışmalar göstermiştir ki; ölümlerin %90'ından fazlasına zehirli duman sebep olmaktadır.

Duman kontrolü için yangın merdiven kovasının basınçlandırılması günümüzde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Bunun yapılmasının nedeni ise yukarıda belirtildiği gibi, bina kullanıcılarının bir yangın esnasında binayı rahatça tahliye edebilmelerini güvenli bir ortam içerisinde ve itfaiyenin yangına kolayca müdahale edebilmesini sağlamaktadır. Belirtilen tüm bu imkanların sağlanabilmesi için, yangın merdiven kovasına uygulanan basınçlandırma sisteminin düzgün bir şekilde çalışması gerekmektedir.

Yangın merdiven kovasının basınçlandırılması tekli ve çoklu enjeksiyonlu sistem ile yapılmaktadır. Tekli enjeksiyonlu sistemde merdiven kovası içerisine üflenen basınçlandırma havası tek bir noktadan, çoklu enjeksiyonlu sistemlerde ise merdiven kovası içerisine üflenen basınçlandırma havası birden fazla noktadan verilmektedir. Burada üfleme nokta sayısı, üfleme havasının merdiven kovası içerisine nasıl verildiğine bağlıdır. Bu her katta olabileceği gibi, iki veya üç katta bir de yapılabilmektedir. Çoklu enjeksiyonlu sistemler yüksek binalar için tercih edilmektedir.

Bu çalışmada, yangın merdivenleri kovalarının basınçlandırılması ve dumanın tahliye edilmesi için uygulanacak sistemlerin tasarımına etki eden faktörler ve tasarım kriterleri incelenmiştir. Geliştirilen bir model için bilgi-işlem programı hazırlanmış ve değişik parametrelere göre elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan modellemelerde ülkemiz coğrafi bölgelerinin her birine ait bir ilimiz ele alınarak incelemelerimiz yapılmıştır. Elde edilen sayısal neticeler grafikler şeklinde verilip, sonuçlar irdelenmiştir.

Yaz ve kış iklim şartlarına göre kritik mevsim olarak kış mevsimi belirlenmiştir. Kış şartlarına göre, açık iç kapıların konumunun basınçlandırma sistemine etkisi ele alınmış, üst iç kapıların en kritik neticeyi verdiği saptanmıştır. Tek noktadan enjeksiyonlu sistemlerde, enjeksiyon yapılan noktanın konumunun sistem performansı üzerindeki etkisi incelenmiş ve üstten üflemenin en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Tekli enjeksiyonlu sistemler için kat sınırlamasının 8 kat olduğu hesaplarla gösterilmiştir. Çoklu enjeksiyonlu sistemler de üfleme aralığının kaç katta bir yapılırsa optimum sonucu verdiği, sistem verimi, maliyeti ve otomasyon kolaylığı açısından irdelenmiş ve optimum kat sayısının 3 olduğu bulunmuştur. Ayrıca tekli ve çoklu enjeksiyonlu sistemlerin mukayesesi 7 katlı bir bina ele alınarak yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalarda çoklu enjeksiyonun çok daha uygun olduğu görülmüştür.

SUMMARY

PRESSURIZED STAIRWELLS IN HIGH-RISE BUILDINGS FOR SMOKE CONTROL

In building fire, smoke often flows to locations remote from the fire, threatening life and damaging property. Stairwells and elevators frequently become smoke filled, thereby blocking or inhibiting evacuation. Smoke causes the most deaths in fires. Smoke is defined as the airborne solid and liquid particulates and gases evolved when a material undergoes pyrolysis or combustion, together with the quantity of air that is entrained or otherwise mixed into the mass.

In the early 1980s, the idea of pressurization to prevent smoke infiltration of stairwells began to attract attention. This concept was followed by the idea of the "pressure sandwich," i.e., venting or exhausting the fire floor and pressurizing the surrounding floors. Frequently, a building's ventilation system is used for this purpose. Smoke control systems use pressurization produced by mechanical fans to limit smoke movement in fire situations.

This paper discusses smoke control systems in high-rise buildings as they relate to the design critical parameters. The objective of fire safety is to provide some degree of protection for building's occupants, the building and the property inside it, and neighboring buildings. Various forms of system analysis have been used to help quantify protection. Specific life safety objectives differ with occupancy; for example, nursing home requirements are different from those for office buildings.

Two basic approaches to fire protection are to prevent fire ignition and to manage fire impact.. The building occupants and managers have the primary role in preventing fire ignition. The building design team may incorporate features into the building to assist to occupants and managers in effort. Because it is impossible to prevent fire ignition completely, managing fire impact has become significant in fire protection design. Examples of fire impact management include compartmentation, suppression, control of construction materials, exit systems, and smoke management. Smoke Movement and Control in High-Rise Buildings (Tamura 1994) contain detailed fire safety information.

Historically, fire safety professionals have considered the HVAC system as a potentially dangerous penetration of natural building membranes (wall, floors, and so forth) that can readily transport smoke and fire. For this reason, the systems have traditionally been shut down when fire is discovered. Although shutting down the system prevents fans from forcing smoke flow, it does not prevent smoke movement through ducts due to smoke buoyancy, stack effect, or wind. To solve the problem of smoke movement, methods of smoke control have been developed; it should be viewed as only one part of the overall building fire protection system.

Smoke Movement; a smoke control system must be designed so that it is not overpowered by the driving forces that cause smoke movement, which include stack effect, buoyancy, expansion, the wind, and the heating, ventilating, and air-conditioning system. In fire, smoke is generally moved by a combination of these forces.

Stack effect; when it is cold outside, air often moves upward within building shafts, such as stairwells, elevator shafts, dumbwaiter shafts, mechanical shafts, or mail chutes. This normal stack effect occurs because the air in the building is warmer and less dense that the outside air. Normal stack effect is great when outside temperatures are low, especially in tall buildings. However, normal stack effect can exist even in a one-story building.

When the outside air is warmer than the building air, downward airflow, or reverse stack effect, frequently exists in shafts. At standard atmospheric pressure, the pressure difference due to either normal or reverse stack effect is expressed as

$$\Delta P = 3460\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_i}\right)h \qquad (1)$$

where

ΔP : pressure difference, (Pa)
T_0 : absolute temperature of outside air, (K)
T_i : absolute temperature of inside air, (K)
h : distance above neutral plane, (m)

For a building 60 m tall with a neutral plane at the midheight, an outside temperature of –18°C, and an inside temperature of 21°C, the maximum pressure difference due to stack effect would be 55 Pa. This means that at the top of the building, a shaft would have a pressure 55 Pa greater than the outside pressure. At the bottom of the shaft, the shaft would have a pressure 55 Pa less than the outside pressure. Figure 1 diagrams the pressure difference between a building shaft and the outside. A positive pressure difference indicates that the shaft pressure is higher than the outside pressure, and a negative pressure difference indicates the opposite.

Stack effect usually exists between a building and the outside. The air movement in buildings caused by both normal and reverse stack effect. In this case, the pressure difference expressed in equation (1) refers to the pressure difference between the shaft and the outside of the building.

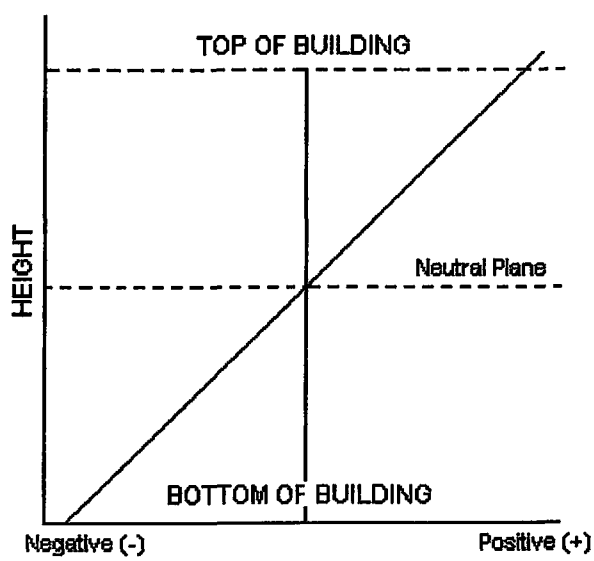


Figure 1. Pressure Difference Between a Building Shaft and the Outside Due to Normal Stack Effect.

Smoke movement from a building fire can be dominated by stack effect. In a building with normal stack effect, the existing air currents can move smoke considerable distances from the fire origin. If the fire below the neutral plane, smoke moves with the building air into and up the shafts. This upward smoke flow is enhanced by buoyancy forces due to the temperature of the smoke. Once above the neutral plane, the smoke flows from the shafts into the upper floors of the building. If the leakage between floors is negligible, the floors below the neutral plane, except the fire floor, are relatively smoke-free until the quantity of smoke produced is greater than can be handled by stack effect flows.

Smoke from a fire located above the neutral plane is carried by the building airflow to the outside through exterior openings in the building. If leakage between floors is negligible, all floors other than the fire floor remain relatively smoke-free until the quantity of smoke produced is greater than can be handled by stack effect flows. When the leakage between floors is considerable, the smoke flows to the floor above the fire floor.

The air currents caused by reverse stack effect tend to move relatively cool smoke down. In the case of hot smoke, buoyancy forces can cause smoke to flow upward, even during reverse stack effect conditions.

Buoyancy; High-temperature smoke from a fire has a buoyancy force due to its reduced density. The pressure difference between a fire compartment and its surroundings can be expressed as follows;

$$\Delta P = 3460\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_f}\right)h \qquad (2)$$

where

ΔP : pressure difference, (Pa)
T_0 : absolute temperature of surroundings, (K)
T_f : absolute temperature of fire compartment, (K)
h : distance above neutral plane, (m)

The neutral plane is the plane of equal hydrostatic pressure between the fire compartment and its surroundings. For a fire with a fire compartment temperature at 800°C, the pressure difference 1.5 m above the neutral plane is 13 Pa.

Much larger pressure difference are possible for tall fire compartments where the distance *h* from the neutral plane can be larger. If the fire compartment temperature is 700°C, the pressure difference 10.7 m above the neutral plane is 90 Pa. This is large fire, and the pressure it produces are beyond present smoke control methods. However, the example illustrates extent to which Equation (2) can be applied.

Expansion ; in addition to buoyancy, the energy released by a fire can move smoke by expansion. In a fire compartment with only one opening to the building, building air will flow in, and hot smoke will flow out. Neglecting the added mass of the fuel, which is small compared to the airflow, the ration of volumetric flows can be expressed as a ration of absolute temperatures:

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

where

Q_{out} : volumetric flow rate of smoke out of fire compartment, (m^3/h)
Q_{in} : volumetric flow rate of air into fire compartment, (m^3/h)
T_{out} : absolute temperature of smoke leaving fire compartment, (K)

T_{in} : absolute temperature of air into fire compartment, (K)

For a smoke temperature of 700°C (973 K) and an entering air temperature of 20°C (293 K), the ratio of volumetric flows is 3.32. Note that absolute temperatures are used in the calculation. In such a case, if the air flowing into the fire compartment is 1.5 m^3/s, the smoke flowing out of the fire compartment would be 5.0 m^3/s, with the gas expanding to more than three times its original volume.

For a fire compartment with open doors or windows, the pressure difference across these openings due to expansion is negligible. However, for a tightly sealed fire compartment, the pressure differences due to expansion may be important.

Smoke Management; in this part, smoke management includes all methods that can be used singly or in combination to modify smoke movement for the benefit of occupants or firefighters or for the reduction of property damage. The use of barriers, smoke vents, and smoke shafts are traditional methods of smoke management. The effectiveness of barriers is limited by the extent to which they are free of leakage paths. Smoke vents and smoke shafts are limited by the fact that smoke must be sufficiently buoyant to overcome any other driving forces that could be present. In the last few decades, fans have been used with the intent of overcoming the limitations of traditional approaches. The mechanisms of compartmentation, dilution, airflow, pressurization, and buoyancy are used by themselves or in combination to manage smoke conditions in fire situations. These mechanisms are discussed in the following sections.

Compartmentation; barriers with sufficient fire endurance to remain effective throughout a fire exposure have a long history of providing protection against fire spread. In such fire compartmentation, the walls, partitions, floors, doors, and other barriers provide some level of smoke protection to spaces remote from the fire. This section discusses the use of passive compartmentation. The use of compartmentation in conjunction with pressurization is discussed later. Many codes, such as McCabe (1991), provide specific criteria for the construction of smoke barriers and smoke dampers in these barriers. The extent to which leaks through such barriers depends on size and shape of the leakage paths in the barriers and the pressure difference across the paths.

Dilution remote from fire; dilution of smoke is sometimes referred to smoke purging, smoke removal, smoke exhaust, or smoke extraction. Dilution can be used to maintain acceptable gas and particulate concentrations in a compartment subject to smoke infiltration from an adjacent space. It can be effective if the rate of smoke leakage is small compared to either the total volume of the safeguarded space or the rate of purging air supplied to and removed from the space. Also, dilution can be beneficial to the fire service for removing smoke after a fire has been extinguished. Sometimes, when doors are opened, smoke flows into areas intended to protected. Ideally, the doors are only open for short periods during evacuation. Smoke that has entered spaces remote from the fire can be purged by supplying outside air to dilute the smoke.

The following is simple analysis of smoke dilution for spaces in which there is no fire. Assume that at time zero (t = 0), a compartment is contaminated with some concentration of smoke and that no more smoke flows into the compartment or is generated within it. Also, assume that the contaminant is uniformly distributed throughout the space. The concentration of contaminant in the space can be expressed as

$$\frac{C}{C_0} = e^{-at} \tag{3}$$

The dilution rate can be determined from the following equation:

$$a = \frac{1}{t}\ln\left(\frac{C_0}{C}\right) \tag{4}$$

where

C_0 : initial concentration of contaminant
C : concentration of contaminant at time t
a : dilution rate in number of air changes per minute
t : time after smoke stops entering space or time after which smoke production has stopped, (min.)
e : base of natural logarithm (approximately 2.718)

The concentrations C_0 and C must be expressed in the same units, and they can be any units appropriate for the particular contaminant being considered. E.Dillon et al (1987) evaluated the maximum levels of smoke obstruction from a number of fire tests and a number of proposed criteria for tolerable levels of smoke obstruction. Based on this evaluation, they state that the maximum levels of smoke obstruction are greater by a factor of 100 than those relating to the limit of tolerance. Thus, they indicate that a space can be considered "reasonably safe" with respect to smoke obstruction, if the concentration of contaminants in the space is less than about 1% of the concentration in the immediate fire area. This level of dilution will increase visibility by about a factor of 100 (for example from 0.15 m to 15 m). Such dilution would also reduce the concentrations of toxic smoke components. Toxicity is more complex problem, and no parallel statement has been made regarding dilution needed to obtain a safe atmosphere with respect to toxic gases.

In reality, it is impossible to ensure that the concentration of the contaminant is uniform throughout the compartment. Because of buoyancy, it is likely that higher concentrations are near the ceiling. Therefore, exhausting smoke near the ceiling and supplying air near the floor probably dilutes smoke even faster than indicated by Equation (3). Caution should be exercised in placing the supply and exhaust points to prevent the supply air from blowing into the exhaust inlet, which short circuits the dilution operation.

Caution about dilution near fire; many people have unrealistic expectations about what dilution can accomplish in the fire space. No theoretical or experimental evidence indicates that using a building's heating, ventilation or air-conditioning (HVAC) system for smoke dilution will significantly improve tenable conditions within the fire space. Because HVAC systems promote a considerable degree of air mixing within the spaces they serve and because very large quantities of smoke can be produced by building fires, it is generally believed that dilution of smoke by an HVAC system in the fire space will not result in any practical improvement in the tenable conditions in that space. Thus smoke purging systems should not be used to improve hazard conditions within the fire space or in spaces connected to the fire space by large openings.

Pressurization; systems that pressurize an area using mechanical fans are referred to as smoke control in this paper and by NFPA (1993b). A pressure difference across a barrier can control smoke movement as illustrated in figure 2. Within the barrier is a door . The high pressure side of door can be either a refuge area or an egress route. The low pressure side is exposed to smoke from fire.

Airflow through the gaps around the door and through construction cracks prevents smoke infiltration to high pressure side.

For smoke control analysis, the orifice equation can be used to estimate the flow through building flow paths:

$$Q = CA\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \tag{5}$$

where

Q : volumetric airflow rate, (m^3 /s)
C : flow coefficient :
A : flow area (also called leakage area), (m^2)
Δp : pressure difference across flow path, (Pa)
ρ : density of air entering flow path, (kg/m^3)

The flow coefficient depends on geometry of the flow path, as well as on turbulence and friction. In the present context, the flow coefficient is generally in the range of 0.6 to 0.7. For ρ = 1.2 kg/m^3 and C = 0.65 the flow equation above can be expressed as

$$Q = 0.839\, A\sqrt{\Delta p} \tag{6}$$

The flow area is frequently the same as the cross-sectional area of the flow path. A closed door with a crack area of 0.01 m^2 and a pressure difference of a 2.5 Pa has an air leakage rate of approximately 0.013 m^3/s. If the pressure difference across the door is increased to 75 Pa, the flow is 0.07 m^3/s.

Frequently, in field tests of smoke control systems, pressure differences across partitions or closed doors have fluctuated by as much as 5 Pa. These fluctuations have generally been attributed to wind, although they could have been due to the HVAC system or some other source. To control smoke movement, the pressure differences produced by a smoke control system must be sufficiently large so they are not overcome by pressure fluctuations, stack effect, smoke buoyancy, and the forces of wind. However, the pressure difference should not be so large that the door is difficult to open.

Buoyancy; the buoyancy of hot combustion gases is employed in both fan-powered and non-fan-powered venting systems. Such fan-powered venting for large spaces is commonly employed for atriums and covered shopping malls, and non-fan-powered venting is commonly used for large industrial and storage buildings. There is a concern that the sprinkler flow will cool the smoke, reducing buoyancy and thus the system effectiveness. Research is needed in this area. Refer to Klote and Milke (1992) for detailed design information about these systems.

Door-Opening Forces; the door-opening forces resulting from the pressure differences produced by a smoke control system must be considered. Unreasonably high door-opening forces can result in occupants having difficulty or being unable to open doors to refuge areas or escape routes.

The force required to open a door is the sum of the forces to overcome the pressure difference across the door and to overcome the door closer. This can be expressed as

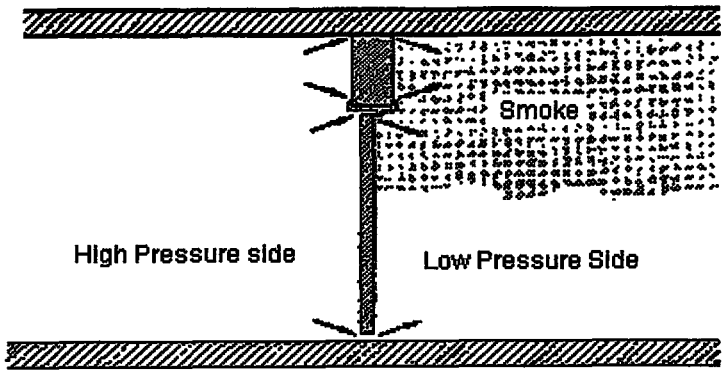


Figure 2. Pressure difference across a barrier of a smoke control system preventing smoke infiltration to the high pressure side of the barrier.

$$F = F_{dc} + \frac{W A \Delta p}{2(w-d)} \tag{7}$$

where

F : total door-opening force, (N)
F_{dc} : force to overcome door closer, (N)
W : door width, (m)
A : door area,(m^2)
Δp : pressure difference across door, (Pa)
d : distance from doorknob to edge of knob side of door, (m)

This relation assumes that the door-opening force is applied at the knob. Door-opening forces due to pressure diference. The force to overcome the door closer is usually greater than 13 N and, in some cases, can be as great as 90 N. For a door that is 2.1 m high and 0.9 m wide and subject to a pressure difference of 75 Pa, the total door-opening force is 133 N, if the force to overcome the door closer is 53 N.

Flow Area; in designing smoke control systems, airflow paths must be identified and evaluated. Some leakage paths are obvious, such as cracks around closed doors, open doors, elevator doors, windows, and air transfer grilles. While construction cracks in building walls are less obvious, they are equally important.

The flow area of most large openings, such as open windows, can be calculated easily. However, flow areas of cracks are more difficult to evaluate. The area of these leakage paths depends on the workmanship, for example, how well a door is fitted or how well weather stripping is installed. A door that is 0.9 m by 2.1 m with an average crack width of 3 mm has a leakage area of 0.018 m^2 . However, if this door is installed with a 20 mm undercut, the leakage area is 0.033 m^2-a significant difference.

For open stairwell doorways, Marshall (1985) found that complex flow patterns exist and that the resulting flow through open doorways was considerably below the flow calculated by using the geometric area of the doorway as the flow area in Equation (5). Based on this research, it is recommended that the design flow area of an open stairwell doorway be half that of the geometric area of the doorway.

Effective flow areas; the concept of effective flow areas is useful for analyzing smoke control systems. The paths in the system can be in parallel with one another, in series, or combination of parallel and series. The effective area of a

system of flow areas is the area that results in same flow as the system when it is subjected to the same pressure difference over the total system of flow paths. The effective area of parallel leakage areas in the sum of the individual leakage paths.

$$A_e = \sum_{i=1}^{n} A_i \tag{8}$$

where n is the number of flow areas A_i in parallel. The general rule for any number of leakage areas in series is

$$A_e = \left[\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{A_i^2} \right]^{-0.5} \tag{9}$$

where n is the number of leakage area A_i in series.

Symmetry; the concept of symmetry is useful in simplifying problems. Flow area on one side of the plane of symmetry are equal to corresponding flow areas on the other side. For a building to be treated in this manner, every floor of the building must be such that it can be divided in the same manner by the plane of symmetry. If wind effects are not considered in the analysis, or if the wind direction is parallel to the plane of symmetry; the airflow is only one-half of the total for the building analyzed. It is not necessary that the building be geometrically symmetric, it must be symmetric only with respect to flow.

Pressurized Stairwells; many pressurized stairwells have been designed and built to provide a smoke-free escape route in the event of a building fire. They are provided a smoke-free staging area for fire fighters. On the fire floor, a pressurized stairwell must maintain a positive pressure difference across a closed stairwell door so that smoke infiltration is prevented.

During building fire situations, some stairwell doors are opened intermittently during evacuation and fire fighting, and some doors may even be blocked open. Ideally, when stairwell door is opened on the fire floor, airflow through the door should be sufficient to prevent smoke backflow. Designing such a system is difficult because of the many combinations of open stairwell doors and weather conditions effecting airflow.

Stairwell pressurization systems may be single and multiple injection systems. A single injection system has pressurized air supplied to the stairwell at one location. Associated with this system is the potential of smoke entering the stairwell through the pressurization fan intake. Therefore, automatic shutdown during such an event should be considered.

For tall stairwells, single injection system can fail when a few doors are open near the air supply injection point. Such a failure is especially likely when a ground-level stairwell door is open in bottom injection systems.

For tall stairwells, supply air can be supplied at a number of locations over the height of the stairwell. Figure 3 show a example of multiple injection systems that can be used to overcome the limitations of single injection systems. In this figure, the supply duct is shown in a separate shaft. However, systems have been built that have eliminated the expense of separate duct shaft by locating the supply duct in the stairwell itself. In such a case, care must be taken that the duct does not become an obstruction to orderly building evacuation.

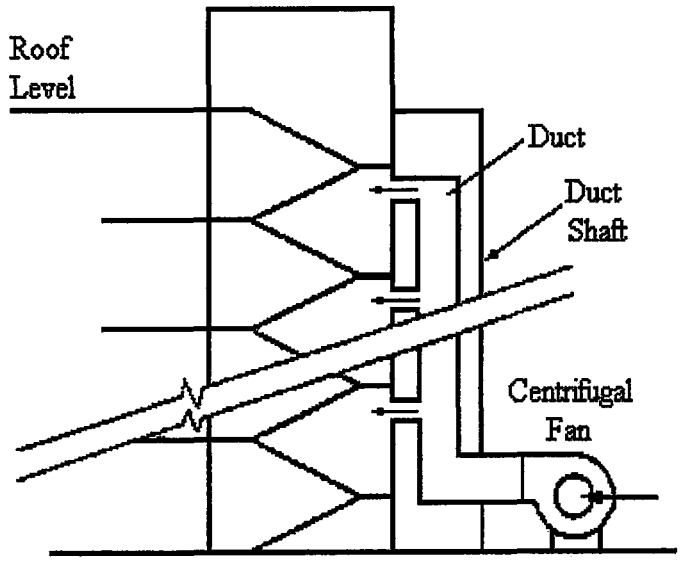


Figure 3. Stairwell pressurization by multiple injection with fan located at ground level.

Stairwell Analysis; this section presents an analysis for a pressurized stairwell in a building without vertical leakage. The performance of pressurized stairwells in buildings without elevators may be closely approximated by this method. It is also useful for buildings with vertical leakage in that it yields conservative results. Only one stairwell is considered in the building; however, the analysis can be extended to any number of stairwells by the concept of symmetry. For evaluation of vertical leakage through the building or with open stairwell doors, computer analysis is recommended. The analysis is for buildings where the leakage areas are the same for each floor of building and where the only significant driving forces are stairwell pressurization system and the temperature difference between the indoors and outdoors.

The pressure difference Δp_{sb} between the stairwell and building can be expressed as

$$\Delta p_{sb} = \Delta p_{sbb} + B\,y \Big/ \left[1 + \left(A_{sb} \Big/ A_{bo}\right)^2\right] \tag{10}$$

where

Δp_{sbb} : pressure difference from stairwell to building at stairwell bottom, (Pa)
y : distance above stairwell bottom, (m)
A_{sb} : flow area between stairwell and building (per floor), (m^2)
A_{bo} : flow area between building and outside (per floor), (m^2)

$$B = 3460\left[\frac{1}{(273+t_0)} - \frac{1}{(273-t_s)}\right]$$

t_0 : temperature of outside air, (°C)
t_s : temperature of stairwell air, (°C)

For a stairwell with no leakage directly to outside, the flow rate of pressurization air is

$$Q = 0.559\, NA_{sb}\left(\frac{\Delta p_{sbt}^{3/2} - \Delta p_{sbb}^{3/2}}{\Delta p_{sbt} - \Delta p_{sbb}}\right) \quad (11)$$

where

Q : volumetric flow rate, (m^3/s)

N : number of floors

Δp_{sbt} : pressure difference from stairwell to building at stairwell top, (Pa)

Stairwell Pressurization and Open Doors; the simple pressurization system discussed previously has two limitations regarding open doors. First, when a stairwell door to the outside and doors to the building are open, the simple system cannot provide sufficient airflow through doorways to the building to prevent smoke backflow. Second, when stairwell doors are open, the pressure difference across the closed doors can drop to low levels. Two systems used to overcome these problems are overpressure relief (Tamura 1990) and supply fan bypass.

CONCLUSION:

This study is designated to smoke control systems in high-rise buildings as they are related to the designed critical parameters. These parameters determined by using computer programs which are introducing at appendix A. The models which were shown before, in this part of study, have few critical parameters. One of these parameters is, the specific provinces chosen from different geographic areas were investigated about their climate conditions of our country, as a comparison of these seasons, it was seen that, winter season is the most critical and important season of a year. Then the pressurization system which were designed for winter conditions it was seen that, the greatest amount of pressurization air is needed when the limited number of opened doors are located in a section at the top of stairwell. After that, the subject of discussion was the single injection system; the effect of the injection point on the performance of pressurized system was researched and as a result, top injection system is the most efficient system between the other ones. In the second step about single injection system, it was indicated by calculations that the limited number of stories for our country's climate conditions are eight. After the studies about single injection systems, the multiple injection systems were designated. In multiple injection system, if the injection points are repeated every 3 stories, the best result according to the system efficiency, cost and easiness of automation can be taken. To sum it up, the comparison of these two systems were made on a 7 stories building which was supposed to be a model. As a result of this comparison, it can be said that the multiple injection systems, always more useful and appropriate than the single injection systems.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Duman kontrolü ile insanlığın ilgisi ateşin bulunması ile başlamıştır denilebilir. Çünkü; ateşi ısınmak ve yemek pişirmede kullanmışlardır. Ortamda oluşan dumandan korunmak için ise deneyerek bacaları, yakıt ve duman yerinde duman kontrolünü bulmuşlardır. Bu günümüze dek insanlığın gelişimi ile orantılı olarak gelişme ihtiyacı duymuştur. Nedeni ise; bilhassa yüksek binalarda çıkan yangınlarda en büyük ölüm nedenini (%90'nı) dumandan boğulma oluşturmaktadır [1]. Duman genellikle yangın yerinden diğer alanlara hızla yayılmakta, can ve mal güvenliğini tehtid etmektedir. Yangın esnasında duman, merdiven boşluğuna ve asansör boşluğuna dolmakta ve insanların tahliye edilmesini engelleyip, itfaiyenin kurtarma çalışmalarına zorlaştırıp, geciktirmesi ölüm oranlarının artmasına neden olmaktadır.

Yukarda belirttiğimiz üzere dumanın yayılmasını önlemek ve hacimlerin dumandan arındırılması; can , mal güvenliği ve yangınlara kolay müdahale edilebilmesi açısından gerekli olup duman kontrol sistemlerinin oluşturulması günümüzde yangın güvenliğinin en başta gelen önlemlerinden biri olmasını gerekli kılmıştır. Bunların sonucu olarak duman hareket problemini çözümlemek için duman kontrol sistemleri geliştirilmiştir. Duman hareketlerinin kontrolü şu mekanizmaların tek tek yada birkaçının birlikte kullanılmasıyla yapılır; Bölgelere ayırma, sprinkler (fıskiyelerle) kullanılması, hava akışı, basınçlandırma , duman tahliye bacaları. Bir hacimden diğer hacimlere duman geçişini engellemek için duman damperleri veya perdeleri kullanılır [2].

Günümüzde yaygın olarak,bu konuyla ilgili olarak iki standart kullanılmaktadır. Bu standartlar BS (British Standart) ve ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning

Engineers, Inc.). Bu iki standart olaya farklı açılardan yaklaşmaktadır. ASHRAE kodlarında debiyi hesaplamak için matematiksel bağıntılardan yararlanırken BS'da ampirik tablolar ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada ASHRAE kodları dikkate alınmıştır.

Yangın çıkınca insanlar binayı hemen terk edip, çıkışlara yöneleceğine göre duman konusunda bu denli evhamlı yaklaşmaya gerek var mı, diye düşünülebilir. Oysa, yangın yaşamış kişilerle yapılan anketler endişelenmeye gerek olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle, yangın yaşamış kişilerle iki ülkede (Amerika Birleşik Devletleri ve İngiltere) yapılmış olan anketlerin sonuçları aşağıda sunulmuştur;

Yapılan her iki anketin ortak noktaları şunlardır:

a) Yangın başladığı zaman yangın yerine gidip " neler olduğuna bakan" insanlarla, "yangını söndürmek için" yangın yerine gidenlerin toplamı her iki ankette % 20'den az değildir. Bu bakımdan yangın sırasında binadaki insanların en az % 20'si yangın büyümeye devam ederken zaman kaybetmektedirler. Duman yoğunluğu bu sürede artmaktadır. Bu süre zarfında yangın söndürülemezse, dumanların yoğunluğu artmakta ve bu insanların binayı boşaltmama riskleri ortaya çıkabilmektedir [3].

b) Yangını fark ettiğinde hemen binayı terk etmeyi düşünenlerin oranlarını sadece % 7.5 dolayındadır. Buradan çıkarılacak sonuç, yangın sırasında binada bulunan insanların % 92.5 'i kaçıp, kurtulma kararı vermeden önce zaman kaybetmektedir. Bu zaman süresi kısa da olsa dumanların hızla ortalığı kapladığı bir ortamda sakıncalar yaratır. Zehirli gazlar örneğin bir yatak yanmaya başladıktan 6 dakika sonra bir konuttaki havanın içerdiği karbonmonoksit miktarın ölümcül oranda olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, kaybedilen süre nedeniyle insanlar duman karşısında çaresiz kalabilirler [3].

c) % 2 oranında insan "hiç bir şey yapmadan diğerlerini seyretmektedir" . İngiltere'de yapılan ankete yangını farkkettiğinizde ilk ne yaptınız sorusundan sonra, sorulan ikinci olarak ne yaptıkları sorusuna verilen yanıtlara bakıldığı zaman, insanların % 14.5'ü

hareketsiz diğer insanları seyrettiklerini ifade etmişlerdir; ataletsizlik en tehlikelisidir;onlar dururken duman yayılmaya devam etmektedir [3].

Yukarıdaki belirtilen anket sonuçlarında yer almayan bir diğer önemli veri de: Yanan binaların % 50'sinde yangın çıkışı olmasına rağmen kullanıcıların sadece % 5'inin yangın çıkışlarına doğru gittiği, geri kalan % 95'inin normal zamanda takip ettikleri yolu yangın halinde de kullanmaya devam ettiğidir [3].

Bu bakımdan yangın merdivenleri yapıp, ana merdivenleri duman ve alev etkisinde bırakan tasarımlar uygulanmada yeterli sonucun alınmasına yetmemektedir. Mümkün olursa, ana merdivenlerin de dumana dayanıklı yapılmaları en sağlıklı sonucu verir [4].

Yangın bölmelerinin (kompartıman) tasarımında, insanların azami yürüyüş uzaklıklarına temel oluşturacak "insanların duman içinde yürüyebildikleri uzaklıkları gösteren anket sonuçları aşağıda sunulmuştur [5]:

1. Yangın sırasında insanların % 21'inin dumanın içinde 2.0 m'den fazla yürüyemediği ;
2. Kullanıcıların %51'inin (İngiltere'de) ve %27.8'inin (A.B.D:'de) duman içinde 3.6 m'den fazla yürüyemediği;
3. Kullanıcıların % 70'inin (İngiltere'de) ve %73.3'ünün (A.B.D.' de) duman içinde 9 m'den fazla yürüyemediği;

Kullanıcıların % 80'inin her iki ülkede de 13.5 m'den fazla dumanın içinde yürüyemediği görülmektedir.

Tüm bu sonuçlar göstermiştir ki; binalar bilhassa yüksek binalarda mutlaka duman kontrol sistemler ile kullanıcılara tahliye ve korunma için dumandan arındırılmış alanlar oluşturulmalıdır.

Çalışmamız 5 bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünden sonra, Bölüm 2'de merdiven kovasının basınçlandırılması konusu ile ilgili çalışmalardan, Bölüm 3'de ise dumanın yapısı, yarattığı tehlikeler ile duman hareketlerini oluşturan kuvvetlerin yapısından bahsedilmektedir. Bölüm 4'de ise duman hareketlerinin engelleme yollarının tanıtımı ve modelleme şekilleri verilmiştir. Bölüm 5'de ise hazırlanan

bilgisayar programları kullanılarak ülkemiz dizayn şartlarına göre yapılan irdelemeler sonuçları verilmiştir. Sonuçların elde edilmesinde kullanılan bilgisayar programlarının tanıtımı Ek-A'da verilmiştir.

Bu çalışmada bir binanın yangın merdiven kovasının basınçlandırılmasının dizayn aşamasında, hangi dizayn koşullarının dikkate alınması gerektiği sırasıyla ve sebepleriyle ortaya konmuştur. Bu konu üzerinde yaptığımız çalışmalar ise, şu kısımlardan oluşmuştur. ilk olarak yapılan çalışma sonuçlarının elde edilmesinde kullanılmak üzere bilgisayar programı hazırlanmıştır. İncelemeler sonucunda ülkemiz iklim şartlarına göre kritik mevsim olarak kış mevsimi belirlenmiştir. Daha sonra ise açık iç kapıların konumunun basınçlandırma sistemi üzerinde etkisi ele alınarak yapılan incelemede üst iç kapıların en kritik neticeyi verdiği saptanmıştır. Tek noktadan enjeksiyonlu sistemlerde enjeksiyon yapılan noktanın konumunun sistem performansı üzerindeki etkisini incelenmiş ve üstten üflemenin en iyi sonucu verdiği saptanmıştır. Tekli enjeksiyonlu sistemler için kat sınırlamasının 8 kat olduğu bulunmuştur. Çoklu enjeksiyonlu sistemlerde ilk olarak üfleme aralığının kaç katta bir yapılırsa optimum sonucu verdiği, sistem verimi, maliyeti ve bina otomasyon kolaylığı açısından irdelenmiş ve 3 katta bir olduğu sonucu bulunmuştur. Bir sonraki adımda ise çoklu enjeksiyonlu sistemlerde yapılan basınçlandırmalarda, kat yüksekliğinin 3 m olması halinde ve kabul edilebilir sınırlar içinde kalmak kaydı ile yapılabilecek en yüksek bina sınırı, 45 kat olduğu bulunmuştur. Yukarıda tekli ve çoklu enjeksiyonlar hakkında yapılan incelemeler bitirildikten sonra, her iki sistemin mukayesesi 7 katlı bir bina ele alınarak yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar da ise çoklu enjeksiyonun her yönden daha üstün olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar ışığında 8 kata kadar olan düşük katlı binalarda tekli enjeksiyonun kullanımı maliyet ve basitlik açısından tercih edilebilir. Daha yüksek binalar için ülkemiz dizayn şartlarına göre kesinlikle çoklu enjeksiyonlu sistemler kullanılmalıdır.

BÖLÜM 2

KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bina kullanıcılarının, yardımına gelen itfaiyecilerin ve yapının yangına karşı korunabilmesi için, başvurulan çözümlere yangın güvenliği önlemleri denir. Yangın güvenliğinin etkin olabilmesi, yangın çıkmasının önlenmesi ve yangın başladıktan sonra hızla etkisiz hale getirilmesiyle mümkündür. İnsanlar için önlemler insan güvenliğine fayda sağlar [6].

Çıkış nedenleri bilinirse, yangın çıkmaması için gerekli önlemler alınabilir. Yangın çıkmaması için sigara yasağı konması, çıplak ateş kullanılan yerlerde dikkatli olunması, kolay yanan, parlayan, patlayan maddelerin depolanması ve kullanılımında güvenlik kurallarına uyulması, paratoner konması, bekçi devriyesi, makinaların ve elektrik donanımının sık sık elden geçmesi gibi önlemler alınır.

Yangın güvenliğinde etkin,başarılı olunması aşağıda belirtilen ölçütler uyularak sağlanır [6]:

1- Yangın çıktığı zaman erken anlaşılırsa, itfaiyeye biran önce haber verilir; duman kaçış yollarını tıkmadan kullanıcılar binayı terk eder. Erken tanı için ya bekçi devriyesi yada yangın detektörleri kullanılır.

2- Yangının büyümesinin geciktirilmesi. Daha çok zaman kazanmaya, ateşin binanın diğer mekanlarına, katlara yayılmasını belirli bir süre için durdurmaya yönelik yapısal önlemler ve düzenlemelerdir.

3- Yangının yayılmasını kısıtlanması. Bunun amacı yangın başlangıçlarını meydana geldikleri bölüm veya mekanda sınırlayıp, yangını bina bütününe, yöredeki binalara yayılmadan kontrol altına almaktır. Bunu sağlamak için, yangına yeterli süre direnç gösterecek nitelikte bina içi yatay ve düşey yangın ayırımları düzenlemek kadar, radyasyon veya konveksiyon akımları ile tutuşmayı önleyecek binalar arası uzaklıkların belirlenmesinde de gerekmektedir.

4- Duman hareketlerinin kontrol edilmesi. Yapılan tasarımın bina güvenliğinde önemli görevlerinden biridir. Duman hareketlerinin kontrollu ya dumanın binanın dışına doğal veya mekanik olarak çıkarılmasıyla, yada dumanın belli bölümlerde hapsedilmesiyle olur.

5- Kaçış olanaklarının sağlanması . İnsanların yatay ve düşey kaçış elemanlarını kullanarak binadan dışarı çıkarılması veya bina içinde yangın tehlikesi olmayan ve itfaiye yardıma gelinceye kadar güvencede olabilecekleri yerlere ulaştırılması sağlayan bir dizayn gereklidir.

6- Strüktürün yıkılmasının önlenmesi. Strüktür elemanlarının yangın başlangıcından yangının söndürülmesine kadar sağlamlığını koruması sağlanmalıdır.

7- Yangınla mücadele. Bu mücadele şehir itfaiyesi, tesisin özel itfaiye kurumu, otomatik yangın söndürme sistemleri veya kullanıcıların portatif söndürücülerle, mevcut hidrant tesisatıyla müdahale etmesiyle yapılır.

Yukarıda sıralanan 7 madde içerisinde yangın çıkmasını engelleyici ve erken tespit için gerekli şartlar ile yangın esnasında can ve mal güvenliğinin sağlanması için ise gerekli olan 4.maddede de belirtildiği gibi, duman hareketlerinin kontrolünün önemi belirtilmektedir. Bu çalışmada tüm önlemlere rağmen yangın çıkması halinde duman kontrolü nasıl sağlanır, bu konu incelenmiştir.

Bu bölümde yine duman kontrol konusunda yapılan çalışmalar incelenmiştir. Duman kontrol konusu daha yeni sayılacak bir konu olması nedeni ile bu konuda ayrıntılı çalışmalar 1980'lerden itibaren başlamaktadır. Yapılan kaynak araştırması sırasında daha önceki yıllara ait pek fazla çalışmaya rastlanmamakla birlikte 1980'lerin ortasından sonraki çalışmalar günümüzde ağırlıklı olarak incelenmiştir. Yapılan literatür taraması tanıtımında sınıflandırmalar (zaman sırasına göre) aşağıda verilmiştir.

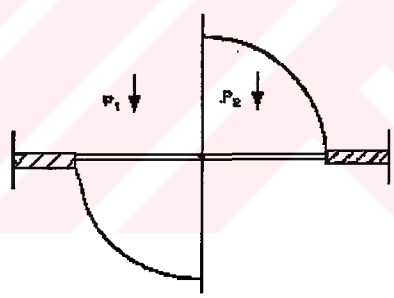
2.1 MERDİVEN KOVASININ BASINÇLANDIRILMASI SİSTEMLERİ HAKKINDA YAPILAN TEORİK ÇALIŞMALAR

a)Merdiven Kovasının Basınçlandırılması:[JOHN H. KLOTE, P.E., 1980]

Merdiven kovasının basınçlandırılmasının genel prensiplerini ilk kez toplu halde sunmuştur [15].

b) Basınçlandırma Sistemlerine Bir Bakış : [WENG LUN CHEN, 1986]

Merdiven kovasının basınçlandırılması esnasında baca etkisi, basınç kaybı veya dinamik etki, hava akışının doğrultusu açık olan kapının yeri ile ilgili olduğu göz önüne alınması ve bu üç hususa göre en kötü şarta göre minimum ve maksimum basınç farkları hava akış basınç kaybının matematiksel ifadeleri verilmiş, aşırı basınçlı hale çare olarak şekil 2.1'de görüldüğü gibi ortadan mil üzerine bağlanmış döner kapı önerilmiştir [12].



Şekil 2.1. Orta noktasından mil üzerine bağlanmış döner kapı.

c) Merdiven Boşluğunun Basınçlandırmasının Temel Prensiplerin ve Alternatif Sistemler : [K. P. CHEUNG , 1987]

Bu çalışmada merdiven boşluğunun verimli bir şekilde basınçlandırılabilmesi için değişik yangın senaryolarına uygun şartlar için çalışmalar yapılmış. Değişik fikirler ve ek can güvenliği için pratik ve uygulamada gerekli olan hususlardan bahsetmiştir [17].

d)Duman Kontrolü İçin Merdivenlerin Basınçlandırma Sistemleri : [GEORGE T. TAMURA , P.E. ,1991]

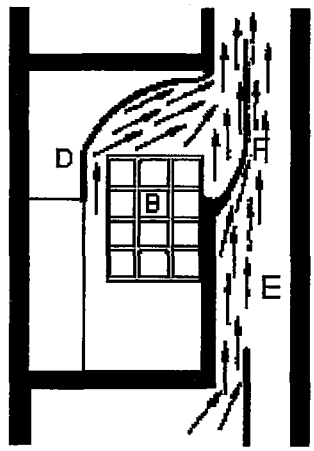
Yüksek yapılarda yangın esnasında acil durumda boşaltma (tahliye) iki şekilde yapılır [23]. Bunlar kontrolsüz ve toptan komutlara uyularak sıra ile tahliye. Her iki halde de kapılar açılmakta, duman buralara sızmaktadır, bu konuda daha önceden yeterli bilgi olmadığından yapılan teorik ve pratik çalışmalar sonucunda duman girişini engellemek için gerekli kritik hava hızlarının hangi limitler arasında olması gerektiği verilmiştir.

e)Merdiven Boşluğunun Basınçlandırma Sisteminin Değerlendirilmesi : [W. K. CHOW , Ph.D., L.W. LAM , 1993]

Hong-Kong'da yapılan bu çalışmada bir ticari binanın merdiven boşluğunun basınçlandırılma sistemini teste tabi tutulup elde edilen ölçüm sonuçları ile ASCOS programında yapılan simulasyon sonuçları karşılaştırılması yapılmıştır [19]. Sonuçta yapılan test sonucu merdiven basınçlandırma sistemi tatmin edici bulunmazken, ASCOS programı birçok alternatif durumu incelemek için gayet kullanışlı bulunmuştur.

f)Merdiven Kovalarının Basınçlandırılma Sistemlerinin Gelişme Evreleri : [JONH A. CLARK, P.E. ve JAMES S. BUCKKLEY, P.E., 1991]

Yazar burada dumandan arındırılmış bölgeler için yangın tahliye merdivenlerinin geçirdiği evreleri şöyle sıralamıştır; ilk çelik dış merdivenlerin daha sonra bina içine yapılan merdivenlerle yer değiştirdiğini, bu merdivenlerin başlarda duman kontrolü dumanın yükselme etkisinden yararlanıp doğal havalandırmada yararlanıldığını şekil 2.2.'de görüldüğü gibi bunun yetersiz olması üzerine, basınçlandırma fikrinin doğuşunu belgeleyen bir literatür şeklinde gelişimini ayrıntılı bir şekilde anlatıp, bugüne kadar oluşturulan standartları ve el kitaplarını tanıtmıştır [11]. Daha sonra basınçlandırma sistemlerinde yapılması gerekli testler ve karşılaşılan sorunları anlatıp, günümüzdeki son durumları verilip gelecekteki basınçlandırılmış merdivenlerin nasıl olacağı tahminleri yapılmıştır.



Şekil 2.2. Doğal çekişli baca.

2.2 BASINÇLANDIRMA SİSTEMLERİNİN PERFORMANSLARININ ÖLÇÜMÜ ve GELİŞTİRİLMESİ İÇİN YAPILAN DENEYSEL ÇALIŞMALAR

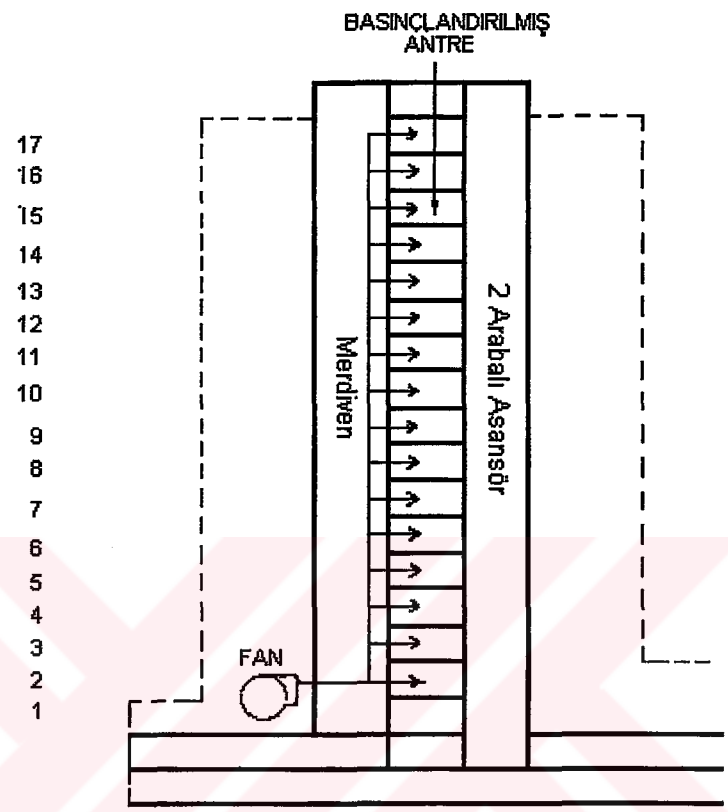
a)Basınçlandırılmış Kaçış Yolları Hakkında Deneysel Çalışmalar : [GEORGE T. TAMURA, 1974]

Bu konu üzerinde yapılan ilk çalışmalara güzel bir temel teşkil etmektedir [10]. Bu çalışmada kullanılan iki farklı binada basınçlandırılmış merdiven boşluğundaki duvar çatlaklarından ve kapılarından hava sızıntısının ölçümleri yapılmıştır. Sonuç kısmında sızıntı (hava geçirme) miktarları kapı ve duvar için değişik konstirüksiyonlar için tablolar halinde verilip bunlara bağlı olarak basınç kayıp karakteristiklerinin matematiksel ifadeleri verilmiştir.

b)17 Katlı Hotel'de Kaçış Yolları İçin Korunmuş Alanlar Yaratan Antre Basınçlandırma Sisteminin Performansı : [G.T. TAMURA, P. ENG., 1980]

Binanın tahliyesi esnasında arındırılmış bölgelerin gerekliliğinden bahsedilip, antrelerin bu alanlardan biri olduğu vurgulanmıştır [31]. Daha sonra şekil 2.3.'de görüldüğü gibi antrelerin basınçlandırma sistemleri tanıtılmıştır. Sonuç kısmında deneysel sonuçları grafiksel olarak verip, neticede basınçlandırılmış merdiven

boşluğuna ilaveten antrelerin de basınçlandırılmasının tüm sistemin performansını artırıcı etki yaptığı belirtilmiştir.

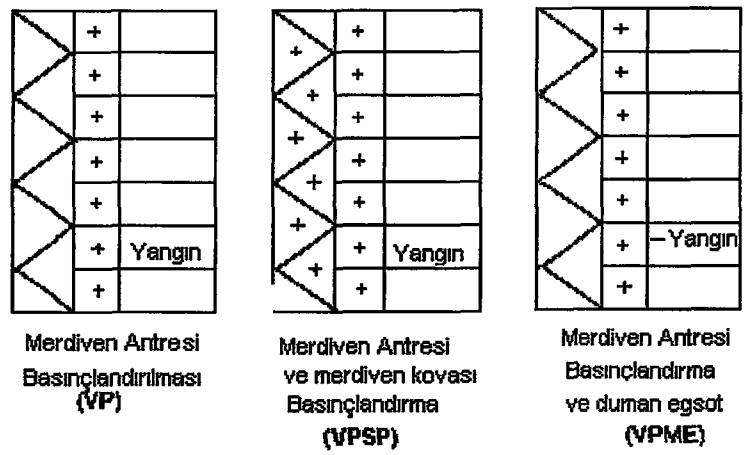


Şekil 2.3. Antre basınçlandırma sistemi.

c)Merdiven Boşluğunu Korumak İçin Antre (Giriş) Kısmını Basınçlandırılmasının Yangın Kulesinde Testleri : [G.T. TAMURA, P.E., 1994]

Yazar burada antre kısmını da basınçlandırarak dumandan arındırılmış bölge etkenliğini artırmak için şekil 2.4.'de de görüldüğü gibi 3 tip sistem denemiştir [39]. Bunlar; sadece merdiven girişinin basınçlandırılması (VP), merdiven boşluğu ile girişinin basınçlandırılma sistemlerinin kombinasyonu (VPSP) ve merdiven girişinin basınçlandırılması ile yangın katının mekanik egzost kombinasyonu (VPME) hallerini 10 katlı deney kulesinde düşük ve yangın sıcaklıklarında uyguladığı testleri anlatmıştır. Sonuçta alınan kriterlere göre VPSP sisteminin en etkili sistem olduğu görülmüştür. Çünkü bu durumda genelde bir kapı kapalı (antre giriş kapısı ve

merdiven kapısı olduğundan, çıkarken birisi daha sonra diğeri açılıyor) olur.



Şekil 2.4. Duman kontrol sistemleri test çalışması.

d)15 Katlı Hotel'de Duman Hareketlerinin İncelenmesi : [G.T. TAMURA, P.E. ve P.J. MANLEY, P.E., 1985]

Bu çalışmada bölümlere ayrılmış bina içerisinde duman hareketlerinin nasıl olduğunun tam anlaşılabilmesi için 1/1 ölçeğinde deneysel çalışmalar yapılmıştır [3]. Birçok şartlar için birinci ve ikinci katlarda yangın simülasyonu SF_6 gazı ile yapılan açık kapı, pencere ve kapalı hallerde yine egzost hali, basınçlandırma koşulları için olay incelenmiş ölçümler yapılmış, sonuçları tablolar halinde ek kısmında sunulmuştur.

e)Plaza Hotel Binasında Tam (1/1) Ölçekli Duman Kontrol Testleri:[JOHN KLOTE, Nisan 1989]

Yazar burada ilk kez (1/1) tam ölçekte bir duman kontrol testini gerçekleştirmiş ve bunun ne şekilde yapıldığını anlatmıştır[9]. İlk projenin amacını bölgesel duman kontrolünün merdiven kovasının basınçlandırılmış ve basınçsız halleri ile etkenliğini tespit için olay incelenmiş ve burada rapor edilmiştir.

f)Soğuk İklimlerde Merdiven Kovasının Basınçlandırılması : [J. A. CLARK, P.E. ve J.W. HARRİS, 1989]

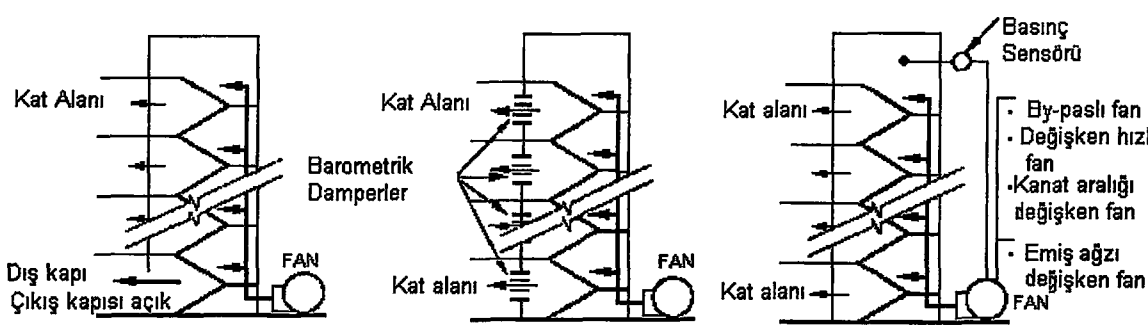
Burada 14 katlı bir binanın merdiven kovasının basınçlandırma sisteminin projelendirme esaslarında izlenen yöntemler verilip dizayn sonrası test edilip sistemin geçer not aldığı belirtilmiştir [41]. Soğuk iklimlerde bilhassa baca etkisinin öneminin daha çok ortaya çıktığı bunun için geçerli hesap yöntemi verilip, dizayndan sonra sistemin özellikleri ASCOS programına verilip sonuçlar karşılaştırılmıştır.

g)Merdivenlerin Basınçlandırma Sistemlerinin Yerinde Testi ile Aşırı Basınçlanmayı Önleyici (Relief) Sistemi : [G. T. TAMURA, P.E., 1990]

Yazar bu makalede şekil 2.5.'de de görüldüğü gibi 3 tip basınçlandırma sisteminin aşırı basınçlanmayı önleme özelliklerinin tespiti için 3 değişik bina üzerinde incelemeler yapmıştır [36]. Yapılan test sonuçları sonuç kısmında yorumlandığında her 3 yöntemde tatminkar olduğu gözlenmiş,ölçülen değerlerin verilen standart limitler içinde kaldığı belirtilmiştir.

h)Bir Ticari Binaya Kurulmuş Olan Merdiven Boşluğunu Basınçlandırma Sisteminin (1/1) Ölçeğinde Testleri : [W.K. CHOW, Ph.D.,F.K. WONG, T.T. LO ve K.M. LAU, 1990]

Merdiven boşluğunun basınçlandırma sisteminin performansını ölçmek için yapılan test ve sonuçları ile verilmiştir [37]. Bu çalışmanın önemi Hong-Kong'da ilk kez böyle bir çalışmanın yapılması ve Hong-Kong Sanayii de yakından ilgilenmesi vurgulanıp yapılan ölçüm sonuçları ile son olarak bilgisayar similasyon sonuçları aynı datalar için karşılaştırılıp, uyumları grafiklerle gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Aşırı basınçlandırmayı önleme sistemleri.

i)The Plaza Hotelinde Yangın Deneyleri :[JOHN H. KLOTE, Ekim 1990]

1989 yılında yapılan tam ölçekli deneysel çalışmaların sonuçlarının verildiği bu makalede bölgesel duman kontrol sistemleri başarılı sonuçlar verirken, duman bombası ile yapılan deneylerin yanıltıcı sonuçlar verdiği belirtilmiş, duman bombalarının test için kullanışsız olduğu vurgulanmıştır [5].

2.3. DUMAN KONTROL SİSTEMLERİ HAKKINDA İNCELEMELER

a)Duman Kontrol Sistemlerinin Genel Bir İncelenmesi : [W.T. RITTER, P.E.,1985]

Burada yazar 4 adet aynı model atrium'a sahip 10'ar katlı binaların can güvenliği sistemlerinin üzerinde durarak, ilk binaların yapısını, nasıl ısıtılıp-soğutulduğunu, nasıl basınçlandırıldığını tanıtıp, sistemin test edildiğini ve tamamen mükemmel çalıştığını rapor etmiştir [16] .

b)Duman Kontrol Sistemlerinin Genel Bir İncelenmesi : [M. NADY A. SAID, Ph.D., P.Eng., Nisan 1988]

Bu makalede günümüzde birçok ülkede yapılan çalışmalar sonucu oluşturulan duman kontrol modelleri incelenmiş, bu modellemelerde yapılan kabuller, sınırlamalar ve kabiliyetleri sıralanmış (Modeller: Japonya, İngiltere, Kanada, Hollanda ve A.B.D.) ve kullanılışlık açısından karşılaştırılmıştır [22]. En pratik A.B.D. modelini bulmuş, buna karşın en geniş kapsamlı modellerin ise İngiltere ve Hollanda'nın modelleri olduğu belirtilmiştir.

c)Duman Kontrol Teknolojisinin Genel İncelenmesi : [J.H. KLOTE, D.Sc., P.E., 1988]

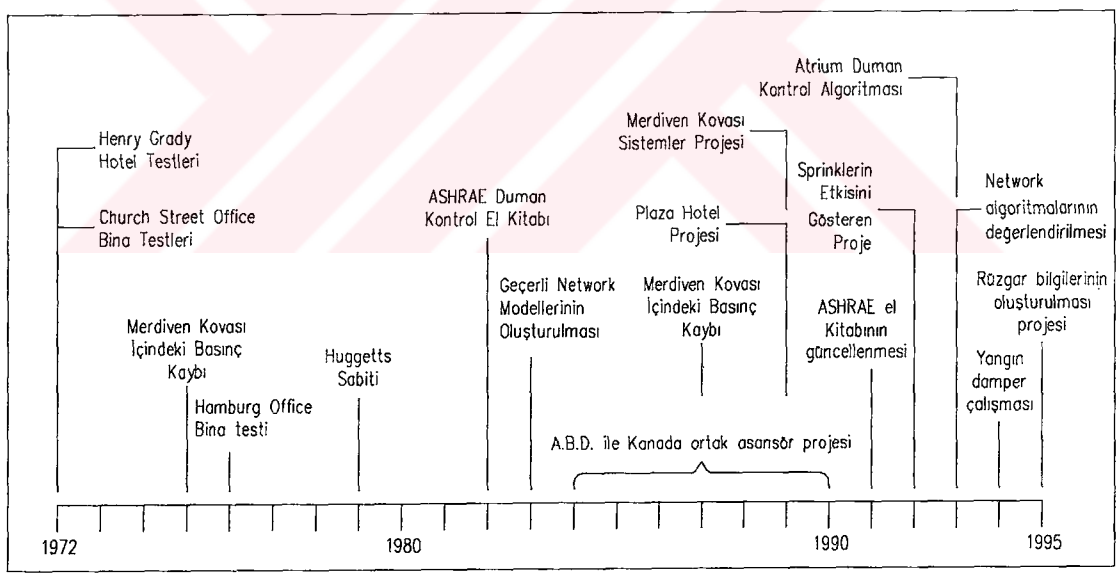
Burada yazar duman kontrol teknolojisinin tanıtımını yapıp, temel prensipleri, merdiven kovasının basınçlandırılması, bölgesel ve asansör duman kontrol sistemlerinin aktivasyon ve kabul edilebilirlik testlerini içeren bir tanıtım yapmıştır [18].

d)ASHRAE'nin Tekrar Gözden Geçirilip Düzenlenen Duman Kontrol El Kitabının Tanıtımı : [JOHN H. KLOTE, P.E., D.Sc., Kasım 1992]

İlk olarak dumanın tehlikesinden bahsedilmiş ve kontrol sistemlerine ihtiyaç olduğunu, bu sistemlerin tanıtan el kitabı ilk defa 1983' de basıldığı, fakat gelişen yeni teknikler sonucu daha geniş kapsamlı bir el kitabının 1992'de basılmış olduğu belirtilerek, yeni kitabın içeriğinin tanıtımını kısaca yapılmıştır [24].

e)Duman Kontrol Araştırmalarının Genel İncelenmesi : [JOHN H. KLOTE, D.Sc., P.E., 1995]

Yazar bu makalede şekil 2.6'dan da anlaşılacağı gibi 1972'den günümüze dek yapılan önemli araştırmalar ve bu konunun temel taşları sayılan çalışmaları tek tek kısaca özetlemiştir [26]. Tanıtım kısmında duman kontrol teknolojisinin değerlendirilmesi yapılacağını, bunun değişik şekillerde ele alındığını, burada araştırma kelimesinin anlamı mühendislik çalışması ve testi olarak ele alındığını, teorik analizi kapsam dışı tuttuğunu belirterek yapılan çalışmaları sıralamıştır.



Şekil 2.6. Duman kontrolü için yapılan çalışmaların yaklaşık tarihi gelişimini gösteren çizelge.

f)Yangın ve Duman Kontrol Sistemlerinin 100 Yıllık Tarihi : [GIDEON SHAVIT, Ph.D. ve SANDY E. EGESDAL, P.E., 1995]

Burada yazar başlıktan da anlaşılacağı gibi yangın ve duman kontrol fikrinin ilk ortaya atıldığı 1909 yılından ihitbaren günümüze dek bir literatür taraması yapmış ve özellikle standartlardan, yangın

ve duman uyarıcı sistemlerin gelişimi ile ilgili geniş bir açıklama yapıp, sonuçta uyarı sistemlerinin gelecekte daha güvenilir ve basit olması beklentilerini vermiştir [20].

2.4. DUMAN KONTROL SİSTEMLERİ İÇİN YAPILAN BİLGİSAYAR MODELLEME ÇALIŞMALARI

a)Duman Kontrol Analizi İçin Geçerli Olan Network Modelleri : [J.H. KLOTE, P.E. ve X. BODART, 1985]

Bu çalışmada duman kontrol sistemlerinin analizine yönelik bilgisayar programlarının geçerliliği incelenmiştir [48]. İlk network modellerini tanıtımını yapıp bunların içinde amaca uygun sadece 2 program bulunduğunu, bu programlarda yapılan kabulleri ve matematiksel modellerini vermiştir. Sonuç kısmında bu modellerde deneysel ölçüm yapılmış binaların datalarını kullanarak alınan sonuçlar ile deneysel veriler karşılaştırılması neticesinde sistemlerin gayet sağlıklı sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

b)Duman Kontrol Dizaynı İçin Bilgisayar Modeli : [J.H. KLOTE, 1985]

Bölgesel duman kontrol sistemini tanıtıp dizayn el kitabından (1983'de ASHREA yayınladığı) bahsedilmiş, oradaki bilgisayar analiz kısmını niye oluşturulduğunu, bilgisayar analiz sistemlerinin gelişimini vermiştir [49].

c)Duman Kontrolünde Kullanılan Hesaplamalar : [Dr. HAMED M. SOTRATA,1986]

Merdivenlerin basınçlandırılması esnasında bulunması gerekli 9 temel değerin (baca etkisi, kaldırma, rüzgar basıncı, kritik hava hızı, basınçlandırma, kapı açma kuvveti, basınç farkı, basınçlandırma havası ve yükseklik limiti) bulunması için el bilgisayarlarına yönelik 9 alt basamaktan oluşan programın tanıtımı yapılmıştır [33].

d)Duman Kontrol Network Modelinin Değerlendirilmesi : [M.N.A. SAID, Ph.D.,P.E. ve R.A. MACDONALD, 1991]

Bu makalede yapılan ölçüm ile model sonuçları karşılaştırılmıştır [50]. Neticede grafiksel olarak da ifade edildiği gibi

deneysel ve teorik sonuçlar gayet uyum içinde birbirlerine çok yakın çıktığı belirtilmiştir.

e)Sığınak Alanları İçin Duman Kontrol Sistemlerinin Dizaynı : [J.H. KLOTE, D.S.C., P.E., 1993]

Burada sığınaktan kasıt; bekleme alanı veya yardımcı bekleme alanı, bunlar merdiven önünde veya asansör önünde buraların boşalmasını beklerken kullanılan alanlar olup, bu alanlarında dumandan arındırılmış bölgeler olması istenir [35]. Bu yüzden bu makalede sığınaklara duman girişini önleyen duman kontrol sistemleri tanıtılmıştır. Daha sonra dizayn basınç farkları bunların hesaplanmasında kullanılan formüller verilip, yine buralar üzerinde rüzgar etkileri incelenmiş ve dizayn için rüzgar dataları tablo halinde verilmiştir. Son kısımda değişik şartlar için olay incelenip ASCOS programı ile sonuçları elde edilip irdelenmiş ve sistemin yapılmasının fizibil olduğuna karar verilmiştir.

f)Merdiven Boşluğunun (Şaft) Basınçlandırma Sisteminin Performansı Üzerinde Merdiven Kovasının Kapılarının Açık Olmasının Etkisi : [G.K. YUILL ve K.H. HADDAD, 1994]

Bu çalışmada SMOKESIM programını kullanarak 2 farklı varsayıma göre binaları farklı tanımlamış ve değişik sızıntı miktarları için merdiven kovasının tepesinden (üsten) enjeksiyon sistemi ile basınçlandırma yoluna giderek performans ölçümlerini yapmıştır [47]. Kapıların değişik kombinasyon şekillerinde açık olması halinde gerekli değerler tespit edilip, tablolar halinde sunulmuştur.

g)Merdiven Kovasının Basınçlandırma Sisteminin Bina Elemanlarının Hava Geçirgenliğine Duyarlılığı : [G.K. YUILL, Ph.D. ve KAMEL HADDAD, 1994]

Yazarlar burada binayı oluşturan bileşenlerin hava sızıntı miktarları hakkında yeterli veri bulunmadığını, bunun basınçlandırma sistemi üzerinde dizayn aşamasında ve imalat sonrası sistem üzerinde etkisini tespit için 2 aynı plana sahip biri 5 diğeri 10 katlı binaların similasyon çalışmasını da SMOKESIM programını kullanarak yapmışlardır [46]. Sonuç kısmında merdiven kovasının basınçlandırma sisteminin dizaynının büyük oranda sızıntı karakteristiklerine bağlı olduğu belirtilmiştir.

h)Bilgisayar Yardımı İle Duman Kontrol Sistemlerinin Dizaynı:[JAMES A. MILKE, P.E., ve FREDERICK W. MOWRER, P.E., Ağustos 1995]

Atriumlara adapte edilen bilgisayar modellerinin tanıtımı maksadıyla yazılan bu makalede yazar ilk olarak NFPA 92 B matematiksel modellerini kullanarak incelemiş, daha sonra bilgisayar tabanlı araştırmalar yaparak bunlara uygun kabuller yapılmış ve bölgesel model göre geliştirmeler yapmıştır [52]. Bu modellin tanıtımını yapıp, içerilerinden CCFM en iyisi seçilmiş bunun matematiksel algoritması verilip atrium şekline göre yapılan kabuller belirtilmiştir.

2.5 DUMAN HAREKERLERİNİN İNCELENDİĞİ ÇALIŞMALAR

a)Merdiven Boşluğunda Sıcak Gazların Akış Davranışları : [N.R. MARSHALL, 1985]

Yapılan birçok bilgisayarla hesaplamalarda duman hareket modelleri yetersiz olduğunu belirtilmiş, olayın daha sağlıklı olarak yapılabilmesi için 1/5 ölçeğinde merdivende duman hareketleri 5-katlı binada incelenip duman hareket davranışları tespit edilmiştir [6]. Deneyde CO_2 gazı kullanılmıştır. Sonuçta basit ampirik formüller ile olayın doğru bir şekilde bilgisayar programları ile modellenmesine olanak sağlanmıştır.

b)Açık Şaft İçerisindeki Sıcak Gazların ve Dumanın Hava İle Karışması : [N.R. MARSHALL, 1986]

Burada yazar sıcak duman gazlarının açık şaft içerisinde hareketlerini detaylı bir şekilde anlatıp, deneysel olarak bulunan ampirik formüllerin bulunuşunu ve bunların bilgisayar modellerinde kullanılarak binalarda duman kontrol sistemlerinin dizaynında daha etkili yararlanılmasını sağlamaya çalışmıştır [7]. Yapılan bilgisayar modelinin sonuçları ile deneysel veriler karşılaştırılmış ve gayet uyumlu olduğu gözlenmiştir.

c)Yangın ve Duman Modelleri - Büyük Binaların Dizaynında Kullanılanlar :[M. LAW, 1990]

Bu çalışmada duman hareketleri ve yangının sıcak gaz üretimi incelenip, yangın modelleri çıkarılmıştır [34]. Yine duman kütlesi modellerinde serbest yangın durumunda, çatlaklardan akış hali için yapılmıştır. Duman modellerinin bölgesel modeli yapılıp, olan modeli için duman kontrol yöntemleri anlatılmış ve bazı uygulamalı örnekler verilerek buralarda yapılan ölçüm sonuçları (Yürüme hızı ve tahliye süresi gibi) zamana bağlı sıcaklık yükselme miktarlarının sonuçları verilmiştir.

2.6 ASHRAE TARAFINDAN DUMAN KONTROL SİSTEMLERİ HAKKINDA YAPTIRILMIŞ ARAŞTIRMA PROJELERİ İle İLGİLİ ÇALIŞMALAR

a)Duman Kontrollü İçin Merdivenlerin Basınçlandırma Sistemleri Dizaynında Göz Önüne Alınanlar : [RP-559, G.T. TAMURA, P.E., 1989]

Basınçlandırma sistemlerinde kapıların açık ve kapalı olması durumları incelenmiş, aşırı basınçlandırmaya çözüm şekillerinden bahsedilmiştir [40]. Sonuç kısmında ise kritik hava hızının 1.8-2.0 m/s değerlerinden az olmaması önerilmiştir.

b)Yangın Kulesinde Aşırı Basınçlandırmayı Önleyen Boşaltmalı (Relief) Basınçlandırılmış Merdiven Sistemlerinin Testi : [RP-559, G.T. TAMURA, P.E., 1990]

RP-559 projesinin bir devamı olarak basınçlandırma sistemlerinin 4 çeşidini yaz/kış , yangın/yangınsız koşullar için 10 katlı binada testte tabi tutmuştur [36]. Bu makalenin amacı aşırı basınçlandırmayı önleyen sistemleri; çıkış kapısından boşaltmalı, barometrik damperli boşaltma, by-pass fanlı geri besleme kontrolü, değişebilen hızlara sahip geri beslemeli fan sistemleri için akış miktarını, duman geri beslemesini (sızıntısı) önlemek için kapıların açıldığında hava hızının ne olması gerektiğini araştırmıştır. Deney sonuçları grafiksel olarak ifade edilmiş ve sonuç kısmında bu 4 sistemin başarılı ve başarısız olduğu durumlar ve her sistem için duman girişini engellemek için gerekli kritik hızlar önerilmiştir.

c)Yangın Katında Mekanik Havalandırmalı ve Merdivenleri Basınçlandırma Sistemine Sahip Yangın Kulesinde Testler : [RP-559, G.T. TAMURA, P.E., 1990]

Yazar yine RP-559 araştırma projesinin devamı olarak yukarda bahsettiğimiz 4 çeşit basınçlandırma sistemine ilaveten, yangın katında mekanik egzost halinde 4 merdiven kapısı açık olması durumu için testler yapmış, merdiven şaftı için duman konsantrasyonunun miktarı değişik şekillerde ölçülüp, tablolar halinde verilmiştir [29]. Sonuçta sistemin mukayesesi yapılarak; sistemlerin tek başlarına, sadece yangın katından egzost için ve basınçlandırma sistemleri ile egzost halinin birlikte uygulandığı kombinasyon durumları içinden kombinasyon şeklindeki uygulamaları ile daha etkili sonuçlar alındığı belirtilmiştir.

d)Yangın Katında Merdiven Kapısının Açık Olması Halinde, Merdiven Boşluğuna Duman Girmesini Önlemek İçin Gerekli Olan Kritik Hava Hızının Hesaplanması : [RP-660, G.T. TAMURA, P.E., 1991]

Burada yazar kritik hava hızını değişik sıcaklık, açık kapı sayısı ve açısı için irdelemiştir [30]. Yapılan çalışmalar anlatılmış, sonuçlar şekil 2.7-2.8'de gösterildiği gibi grafiksel olarak ele alınmıştır. Yine yangın katında egzost olayının önemi vurgulanmış, kapıların ne kadar düşük açı ile açılırsa gerekli değerlerin o nebze azaldığına dikkat çekilmiş ve açık kapı sayıları değiştirilerek en büyük değerin yangın katındaki merdiven kapısının açılması halinde gözlendiği ve diğer değerlerin belirlenmesinde bu şartın kriter alınması önerilmiştir.

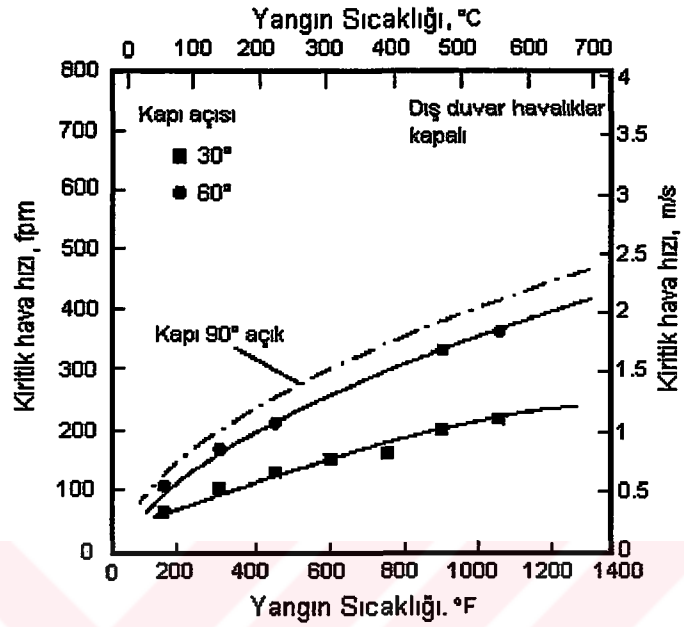
e)Duman Kontrolü İçin Merdiven Basınçlandırma Sistemlerinin Değerlendirilmesi : [RP-559, G.T. TAMURA, P.E., 1992]

Bu makalede yazar şimdiye kadar incelediğimiz RP-559 ile RP-660 projelerinin sonuçlarını bir araya getirip, kısaca oradaki bilgileri özetine kendi birikimlerinde katarak bir arada sunmuştur [14].

f)Duman Kontrol Sistemlerinin Analizi İçin Kullanılan Algoritmaların Değerlendirilmesi :[RP-618, C.P. WRAY, P.E. ve G.K. YUILL, Ph.D., P.E., 1993]

Burada günümüzde kullanılan duman kontrol programının en iyisini seçmek için programlar değişik koşullarda birbirleri ile mukayese edilerek en iyiyi seçme yoluna gidilmiştir [51]. Kullanılan

algoritmalar; SCAFA, SIMLOOP, LINEAR ve ASCOS programlarıdır. Sonuçta hız, elastikiyet ve doğruluk açısından sınanan programlar

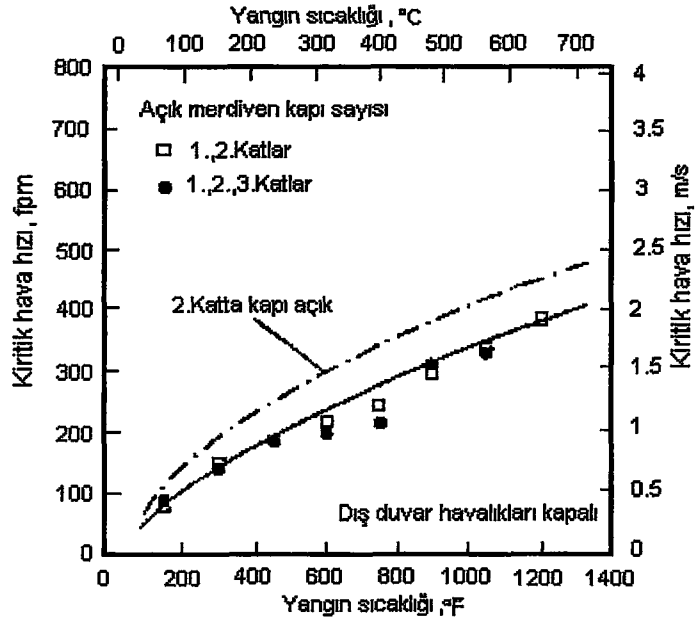


Şekil 2.7. Kritik hava hızı üzerinde kapının açılma derecesinin etkileri.

içinde en iyi olarak SCAFA algoritması duman kontrol sistemleri için seçilirken, ASCOS buna çok yakın sonuçlar verdiği ve tercih sonucu kaybettiği vurgulanmıştır. Son olarak ASCOS ile SCAFA birleştirilerek SMOKESIM programı oluşturulduğu belirtilmiştir.

g)Yüksek Binalarda Baca (Kaldırma) Etkisi : [JONH E. LOVATT, P. Eng. ve A. GRANT WILSON, P.Eng., 1994]

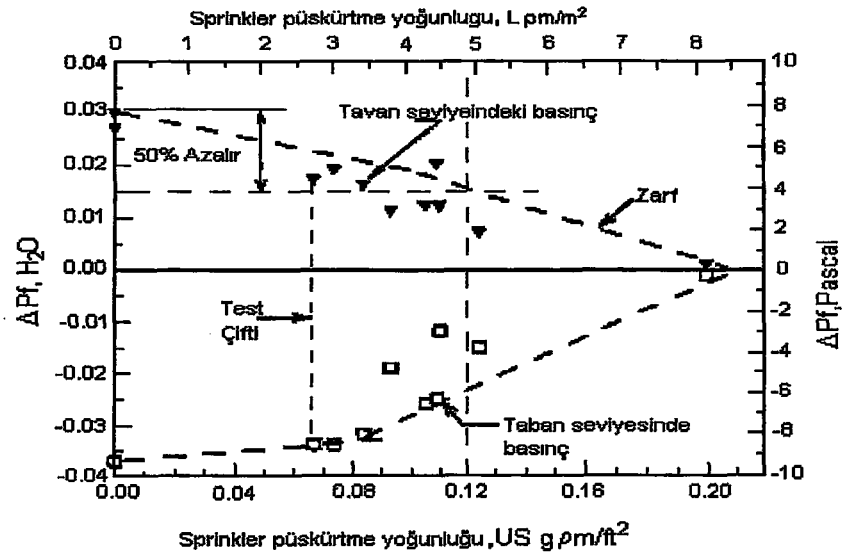
Yazar burada yoğunluk farkından dolayı (soğuk dış hava-sıcak iç hava) oluşan kaldırma (baca) kuvveti yüksek binalarda ve soğuk iklimlerde problem yarattığını belirtmiştir [8]. Bu olay basınçlandırma sistemlerinde göz önünde bulundurulmaması halinde büyük problem olması, projelendirme esnasında bu şartın da dikkate alınması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır, bunun için ASHRAE 661 NO'lu proje araştırmasını yaptırarak bu duruma çözümler bulmuştur. Yapılan deneysel ve teorik çalışmaların sonucu tablolar halinde sunulmuş, sonuç kısmında olayın bina cephesindeki sızıntı yerlerine bağlı olduğu, bunların azaltılması yoluna gidilmesi gerektiği önerilmiştir.



Şekil 2.8. Kritik hava hızı üzerinde açık merdiven kapı sayısının etkisi.

h)Duman Kontrol Sistemlerinin Üzerinde Otomatik Sprinkler Korumasının Etkisi : [RP-677, J.R. MAWHINNEY, P.Eng. ve G.T. TAMURA, P.Eng., 1994]

Burada duman kontrol sistemleri ile birlikte sprinkler sisteminin kullanılması durumunun avantaj ve dezavantajlarını saptamak için deneysel çalışmalar rapor edilmiştir [44]. Odun yığınlarının yakılması ile oluşan ısı akımları, yangın koşullarını ısıl yükselme oranı, sıcaklık dağılımı, oksijen, CO_2, CO oranları (konsantrasyonlarını) kaldırma basınçları ölçülmüş, değişik durumlar için sprinkler sistemleri NFPA 13 standardına göre dizayn edilmiştir. Sonuçlar şekil 2.9'da gösterildiği gibi grafiksel olarak ifade edilmiş ve sonuçta yangın katında mekanik egzost yapılması halinden daha da etkili olarak duman kontrol sistemlerinin çalışmasına yangını kontrol altında tutarak hızlı bir şekilde gelişip, büyümesini engelleyerek, hatta söndürerek yardımcı olduğu, yapılan ölçüm sonuçlarına bağlı olarak ifade edilmiştir.



Şekil 2.9. Değişik sprinkler püskürtme yoğunluğuna göre tavanla taban arasında kaldırma gücüne bağlı olarak oluşan basınç farkının değişimi.

2.7 DUMAN KONTROLÜ İÇİN YAPILAN BASINÇLANDIRMA SİSTEMLERİNİN DİZAYN ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN DATALAR, EKİPMANLAR ve TEMEL PRENSİPLERİN TANITIMI HAKKINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

a)Basınçlandırmada Kullanılan Data Analizinin Doğruluğu :[A.K. PERSILY, Ph.D. ve R.A. GROT, Ph.D., 1985]

Binaların çoğunun basınçlandırma sistemlerinin testlerinde bulunan sonuçların ne kadar doğru olduğu, duvar, kapı, pencerelerden olan sızıntıları oluşturulan basınçlandırma sistemlerinin durumları ile sistemi ne yönde etkiyorsa , netice olarak ölçüm hataları, fan kalibrasyonu ve test şartları çevre koşulları gibi bazı sonuçlar doğrultusunda yapılan hatalar üzerinde durulmuştur [28]. Yine hesaplama yöntemi ile hava geçiş miktarının bulunmasında yapılanlar ve oranlar örnekler üzerinde gösterilerek açıklanmıştır.

b)Yüksek Binalardaki Tipik Merdiven Şaftlarındaki Basınç Düşüş Karakteristikleri :[G.Y. ACHAKJI, P.E. ve G.T. TAMURA, P.E., !988]

Bu konuda çok az bilgi olması yüzünden yapılan tam (1/1) ölçekli test ile gerekli bilgilerin, dataların çeşitli şartlar için elde edilmesi yoluna gidilmiştir [42]. Tahliye esnasında, şartlarında

simülasyonun nasıl yapıldığı, düşük ve yüksek yoğunluk için sonuçlar tablolar ve grafiklerle verilmiştir. Yapılan simülasyon metodunun geçerliliğini kanıtlayıp, kat yüksekliklerinin etkisi incelenmiş ve sonuç kısmında testler sonucunda bulunan değerler kısaca yorumlanmıştır.

c)Duman Kontrol Sistemleri Hakkında Temel Bilgiler :[G. SHAVIT, Ph.D., 1988]

Bu çalışmada mikro elektronik teknolojisindeki son gelişmelerle ve bunlardan duman kontrol sistemlerinde nasıl yararlanılabileceği, bu elektronik teknolojisinin ne gibi avantajlar sağlayacağı ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır [45].

d)Duman Kontrolünde Damper Kullanımı : [F.J. MCCABE, 1991]

Burada yazar şimdiye kadar bu alanda oluşturulan standartları yetersiz bularak, özellikle basınçlandırma sistemlerinde damperlerin kullanımı ile ilgili olarak ek çalışmalar yapmış, binalarda bir yangın esnasında oluşabilecek dumanlar için HVAC sistemi ile birlikte damperlerin kullanımı ile basınçlandırma, temizleme, egzost, karıştırma alanlarında kullanımıyla ilgili kılavuz (aydınlatıcı bilgi veren) bir çalışma yapmıştır [13].

e)Duman Kontrolü İçin Sandviç Basınçlandırma Sistemleri : [REGER MARCHANT, 1992]

Bu makalede eski Avustralya standartları günümüzdeki binalarda yangından koruma ve havalandırma standartlarıyla karşılaştırılmıştır[32]. Daha sonra yeni standarda göre sandviç basınçlandırma ile duman kontrolü anlatılıp, bu sistemin etkili olabilmesi için tüm katlara uygulanmasını, sadece yangın katının alt ve üst katının basınçlandırılmasının başarısız olacağını belirtmiştir.

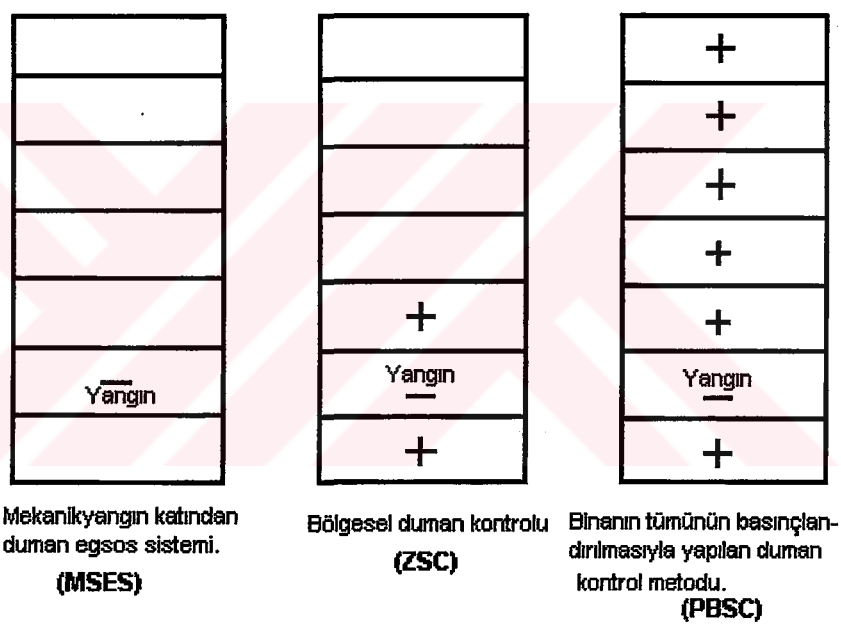
f)Mekanik Duman Egzost Sistemi, Bölgesel Duman Kontrolü ve Duman Kontrolü İçin Binanın Basınçlandırma Metotlarının Performanslarının Karşılaştırılması : [G.T. TAMURA, P.E. ve R.A. MACDONALD, 1993]

10 katlı deney binasında her üç durum şekil 2.10.'da görüldüğü gibi (yangın katından mekanik egzost şartı her 3'ü içinde geçerlidir) yangın (650°C) ve yangın olmayan (450°C) sıcaklıkları için incelemeler yapılmış ve performansları birbirleri ile kıyaslanmıştır [27]. Her 3 sistemin tanıtıldığı ve deney şartları anlatıldığı kısımlardan

sonra test sonuçları grafiksel olarak verilmiştir. Sonuç kısmında her 3 sistemin performansları tek tek incelenmiştir.

g)Duman Yönetimi (İdaresi) ve Kontrolünün Anlaşılması : [KENNETH M. ELOVITZ, P.E. ve DAVID M. ELOVITZ, P.E., 1993]

Duman yönetim (kontrol) sistemlerinin amacı "boşaltma (tahliye) için gerekli zaman süresince kaçış yollarını tehlike içermeyecek şekilde tutmaktır" [25]. Bu konuda bina standart araştırmaları yapılmış, BOCA 1987 buna örnek verilip, istenilen şartlar sıralanmış, geliştirilmiş olan BOCA 1990 tanıtılıp, sistem performansını iyi olabilmesi için gerekli kriterler sıralanmıştır.



Şekil 2.10. Duman kontrol sistemleriyle yapılan test tiplerinin tanıtımı.

h)Duman Yönetimi (Kontrol) Sistemlerinin Gelişimi : [WILLIM A. WEBB, P.E., 1995]

Bu makalede günümüzündeki en şekliyle son duman kontrol sistemlerinin dizaynından bahsedilmiş, binaların basınçlandırma, doğal havalandırma,merdivenlerin basınçlandırılmasının tanıtımı yapılmıştır [21]. Yine duman miktarı hesaplanması için formüller verilmiştir. Riskler ve sistem değerlendirmesinden sonra sonuç

kısmında bir büyük yangında duman kontrolü için gerekli şartlar verilmiştir.

BÖLÜM 3

DUMANIN YAPISI ve HAREKETLERİ

3.1 DUMANIN YAPISI

Duman, havada taşınan katı ve sıvı parçacıkları ile malzemenin bir miktar havayla yanmasıyla oluşan gazlardan meydana gelen bir karışımdır. Yanma ürünleri genellikle partiküller, yanmamış yakacaklar, su buharı, CO_2 ,CO ile diğer zehirleyici ve korozif gazları içerir. Bazı malzemeler kuvvetli hava akımı veya havalandırma nedeniyle çok duman çıkarmadan alev alev yanarlar, fakat aynı malzemeler şayet oksijen miktarı yeterli olmayan havalandırmayla karşı karşıya kalırlarsa bol miktarda duman çıkarırlar. Bu durumda, bol dumanlı alevsiz bir yavaş yanma söz konusudur. Bu tür değerler, yani duman meydana getirme değerleri her malzemenin bulunduğu mekan ve teşhir koşullarına, ele alınan malzemenin boyutlarına bağlı olarak değişebilmektedir [7].

Duman bina içinde hareket ederken hava duman kütlesine karışır. Böylece dumandaki, yanma ürünlerinin konsantrasyonu azalır. Aydınlık ve diğer geniş alanlarda duman içine karışan havanın göz önüne alınması, dumanın kontrolü konusundaki çalışmaları kolaylaştırır.

Zehirli gazlara ve yüksek sıcaklığa maruz kalmak hayatı doğrudan tehdit ederken azalan görünürlük ise tehlike yaratır. Çünkü insanlar sıklıkla yoğun duman yüzünden yollarını şaşırırlar. Çok yüksek binalarda bu durum devam ederse insanlar yükselen sıcaklık ve zehirli gazların kurbanı olurlar [7].

3.1.1. Malzemelerin Duman Çıkarma Özellikleri

Yapılarda kullanılan malzemelerin yanıcılık sınıflarının bilinmesi dışında; başka bir önemli faktör de, malzemenin yanma

sırasında çıkardığı duman miktarı ve zehirli gaz türüdür. Günümüzde yapılan araştırmalar; yanma sonucunda hangi malzemeden ne tip gazın çıktığını ve bunların ne kadarının öldürücü olduğunu ortaya çıkarmıştır [8].

Özellikle topluma açık yapılarda çekiciliği arttırmak için yapılan dekorasyonlarda kullanılan malzeme çeşitliliği karşılaşılan tehlikeleri büyütmektedir. Yönetmeliklerde, bu tip alanlarda kullanılacak malzemelerin sınırlandırılmış olmasına rağmen, bu kurallara uyulmamasının bir nedeni de denetim zayıflığının yanı sıra tasarımcının konuyu tam bilmemesinden kaynaklanmaktadır. Bu amaçla tehlikeli gazların başlıcaları tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Malzemelerin yanma olayı sonucu çıkardıkları gazlar [3]

Yanan Malzemenin Cinsi	Çıkan Gaz Türü
Karbon içeren malzemeler	Karbonmonoksit, Karbondioksit
Sellüloid, poliüretan	Nitrojenoksit,Azotmonoksit
Tahta, Kadife, Deri, Selülozik Malzemeler, Nitrojenli plastikler	Hidrojensiyanid
Tahta, Kağıt	Akrolein
Polivinyl klorid, Yangın dayanımlı plastikler, Florinli plastikler	Amonyak
Melamin, Naylon, Formaldehitrat reçineleri	Aldehit
Formaldehit fenoller, Tahta, Naylon, Polyester	Aldehit
Polisytiren	Benzen
Köpük plastikler	Azot bis succino nitrit
Bazı dayanıklı plastikler	Antimonlu alaşımlar
Köpük poliüretan	İzosiyonat
Kauçuk,Thiokol	Sülfürdioksit (Kükürt)

3.1.2. Dumanın Zehirli Etkisi

Yangınlardaki ölüm sebepleri incelendiğine toplam ölümlerin kabaca % 50' si CO (Karbonmonoksit) zehirlenmesinden olduğu

tespit edilmiştir. Diğer yarısı doğrudan yanma, artan basınç ve çeşitli zehirli gazlardan dolayıdır [9].

Oksijen azlığı gaz zehirlenmesinde özel bir durumdur. En sık görülen oksijen seviyesindeki azalmayla beraber CO_2 , CO ve diğer zehirli gazların artmasıdır. Yangın atmosferinin zehirliliği yalnızca gazlara bağlı değildir. Kurum parçacıkları üzerinde bulunan materyaller ve katı aerosollerde zehirlenmeye yol açar [9].

3.1.3. Tahriş Edici Gazlar

Tahriş edici maddeler yakıcıdır. İnsan vücudunun yüzeyindeki mukozaya zarar verirler. Suda erime yeteneğine sahiptirler ve nefes borusunun üst kısmına hücum ederler. Asit kloridrik, asit fluorik, sülfür dioksit bunlara örnektir [10].

Bazıları suyun içinde kolay erimez, ama nefes borusunun içine girebilir. Bunlardan bazıları : Halojenler (Flüor, klor, brom), ozon, triklorik fosfor, mentaklorik fosfor, fosgen , nitrik oksit, nitrojen tetroksittir.

Yangınlarda, karbonmonoksitin neden olduğu ölümlerin yanında asit kloridrik gazının (Asit kloridrik, havada binde bir konsantrasyonda bulunursa, ölümle sonuçlanan ödemler yaratır) neden oldukları ölümler nispeten azdır; çünkü asit kloridrik hissedilir bir gazdır, insanlar orayı terk etmek isterler. Halbuki, karbonmonoksit kokusuz olduğundan insanlar içinde kalmaya devam ederler. Asit kloridrik gazının yangın sırasında tehdit ettiği insanlar genellikle yaralılar ve hareket yeteneği çok zayıflamış kişilerdir. Bu nedenle, yangınlarda asit kloridrik gazından zarar görmüş insan sayısı fazla değildir [10].

Basit boğucular, solumak için gerekli oksijenin yerini alan veya onu bünyesinde kaybettiren devinimsiz gazlardır. Bunlar arasında, karbondioksit, helyum, hidrojen, azot, metan, etan gazları sayılabilir. Kimyevi boğuculardan bazıları da, karbonmonoksit hidrojen, anilin, nitrobenzen, sodyum nitrat ve hidrojen sülfattır [11]

3.1.4. Sıcaklığın Etkisi

Yüksek sıcaklığa maruz kalmak yanıklara ve hipertermiye yol açar. Fizyolojik olarak ortam sıcaklığındaki artış, kan veya vücut ısısının artmasına sebep olurken, kısa süreli maruz kalmalarda önemli bir değişiklik olmaz. Bununla beraber sıcaklık artışı kan sıcaklığındaki hissedilir artışlara, deri dokusunda, veya solunum sisteminde yanıklara sebep olabilir [10]. Diğer etkiler ise;

a) Nem ve sıcaklık yüzde deri yanmalarına sebep olacak kadar yüksek değilse ;solunum sisteminde yanmalar görülmeyecektir.

b) 300 °C'de kuru hava,gırtlakta birkaç dakika sonra yanmaya sebep olur. 120 °C'nin altındaki sıcaklıklarda maruz kalma süresine bağlı olarak gırtlakta yanmaların olmasını mümkün kılar.

c) Yüksek ısıl kapasite veya gizli ısılı dumanın, nemli hava yada buharın solunum sisteminde yanmalara sebep olabilmesi için 100 °C civarında olması yeterlidir.

d) Pratikte solukla içeri çekilen tahriş edici duman ve zehirli gazların 30 dakikalık periyotlarla etkimesi öldürücü olması için yeterlidir.

3.2. DUMAN HAREKETLERİ

Bina yangınlarında genellikle duman, yangın alanından, çok uzak alanlara kadar yayılır. Merdiven kovası ve asansör şaftları duman dolabilmektedir. Bu yüzden tahliyeyi önleyip, itfaiye erlerinin çalışmalarına engel olmaktadır. Bu bölümde bazı duman hareketlerine sebep olan itici güçleri incelenip, nötral düzlemin hesaplanma metotları ve bazı duman hareketleri ile ilgili genel yorumlar verilmiştir. Efektif akış alanları kabulü duman hareketlerinin analizi ve duman kontrol sistemleri için gayet kullanışlı olduğundan, bu bölüm içeriğine dahil edilmiştir [2].

3.2.1. Efektif Akış Alanları

Sistem içerisindeki yollar birbirine paralel, seri veya ikisinin birarada olması şeklinde (hem seri hem paralel) olabilir. Sistem içersindeki akış alanlarının (yollarının) üzerlerinde (iki tarafı arasında) basınç farklarının aynı olması şartı ile toplamları efektif akış alanı olarak adlandırılmaktadır. Bu analoji elektrik akımlarının elektrik dirençleri sistemlerinden geçişindekinin aynıdır. Aşağıdaki analizler her akış yolu için aynı akış katsayıları ve sabit hava sıcaklığı içindir [12].

3.2.1.1. Paralel Yollar

Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi basınçlandırılmış alandan 3 paralel sızıntı alanı vardır. Basınç farkı, ΔP, her sızıntı alanı üzerinde aynıdır. Toplam debi, Q_T, alandan dışarıya sızıntı yolları ile olan akışların (debilerin) toplamına eşittir.

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 \tag{3.1}$$

Efektif alan, A_e , toplam akış, Q_T, durumu içindir. Bu yüzden, toplam akış şöyle ifade edilebilir

$$Q_T = K_o C A_e \sqrt{2\Delta P / \rho} \tag{3.2}$$

A_1 alanı içinden geçen akış şöyle ifade edilebilir

$$Q_1 = K_o C A_1 \sqrt{2\Delta P / \rho} \tag{3.3}$$

Q_2 ve Q_3 akışları benzer şekilde ifade edilebilir. (3.1) eşitliğinde Q_1, Q_2 ve Q_3 ifadeleri yerine konursa ve düzenlenirse,

$$Q_T = K_o C(A_1 + A_2 + A_3)\sqrt{2\Delta P / \rho} \tag{3.4}$$

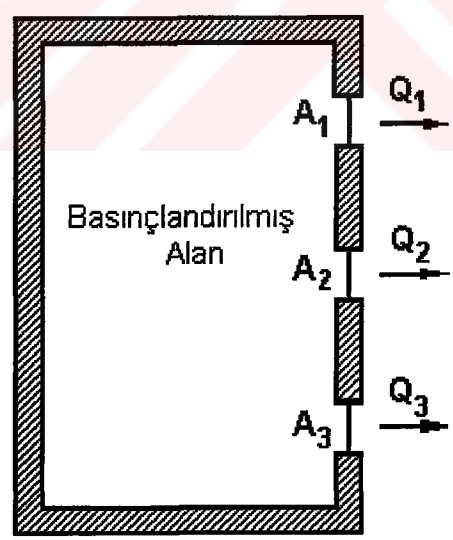
elde edilir. Bu eşitlik (3.2) eşitliği ile karşılaştırılırsa aşağıdaki ifade elde edilir.

$$A_e = A_1 + A_2 + A_3 \tag{3.5}$$

Yukarıdaki mantık herhangi bir sayıdaki akış yolları için genelleştirilebilir, ve n tane paralel ayrı ayrı sızıntı alanlarının efektif akış alanlarının toplamı,

$$A_e = \sum_{i=1}^{n} A_i \tag{3.6}$$

şeklinde ifade edilebilir [12].



Şekil 3.1. Birbirine paralel sızıntı yolları.

3.2.1.2. Seri Yollar

Şekil 3.2.'deki basınçlandırılmış alandan 3 seri sızıntı yolu vardır. Akış miktarı, Q, her bir sızıntı alanı için aynıdır. Toplam

basınç farkı,ΔP_T, basınçlandırılmış alandan dış ortama doğru akış alanlarının her birisinde (A_1, A_2, ve A_3) oluşan basınç kayıpları ΔP_1, ΔP_2 ve ΔP_3 toplamına eşittir [12].

$$\Delta P_T = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 \tag{3.7}$$

Seri akış yollarındaki akış alanları için efektif alandan olan akış, Q, toplam basınç farkı, ΔP_T, içindir. Bu yüzden, akış, Q, şöyle ifade edilebilir

$$Q = K_o C A_e \sqrt{2\Delta P_T / \rho} \tag{3.8}$$

ΔP_T için çözülürse sonuçta;

$$\Delta P_T = \frac{\rho}{2}\left(\frac{Q}{K_o C A_e}\right)^2 \tag{3.9}$$

elde edilir. A_1'de oluşan basınç farkı ise,

$$\Delta P_1 = \frac{\rho}{2}\left(\frac{Q}{K_o C A_1}\right)^2 \tag{3.10}$$

eşitliği ile verilebilir. ΔP_2 ve ΔP_3 basınç farkları da yine aynı şekilde ifade edilebilir. ΔP_1, ΔP_2 ve ΔP_3 ifadeleri (3.7) eşitliğinde kullanılır ve bunlar (3.9) eşitliğinde yerine konursa efektif akış alanı ifadesini verir.

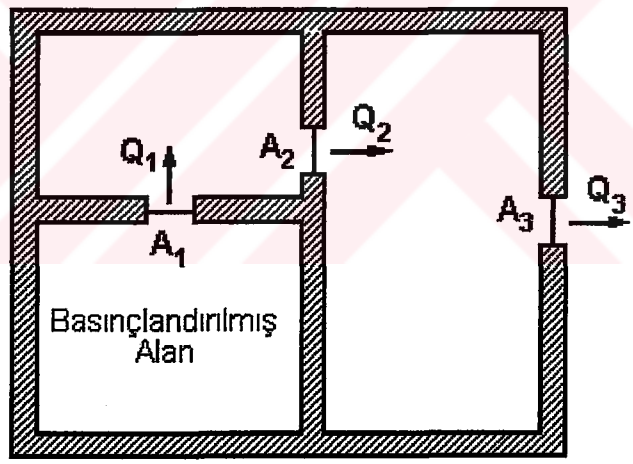
$$A_e = \left(\frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_2^2} + \frac{1}{A_3^2}\right)^{-1/2} \tag{3.11}$$

Bu benzer mantık ilkeleri uyarınca herhangi bir sayıdaki seri sızıntı alanları için ifade genişletilebilir.

$$Ae = \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{A_i^2} \right)^{-1/2} \tag{3.12}$$

Burada n, seri durumdaki sızıntı alanlarının, A_i, sayısıdır. Duman kontrol analizinde, sık sık sadece 2 yol seri olmakta ve efektif akış alanı bu durumda aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir.

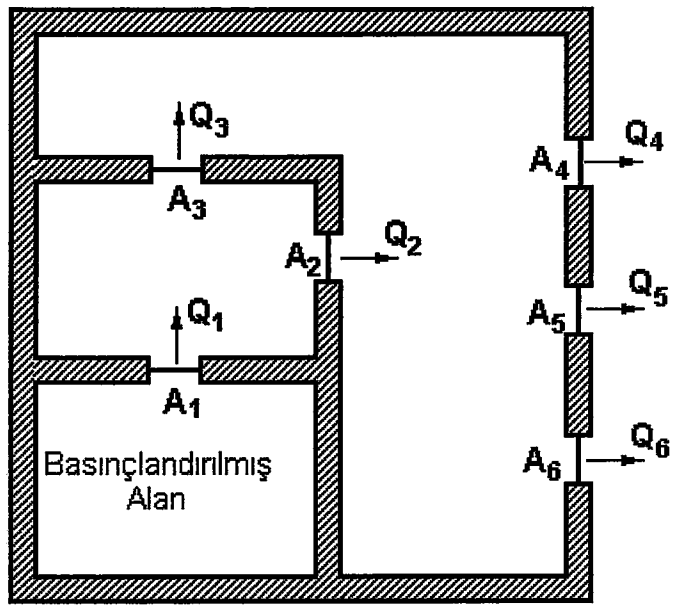
$$Ae = A_1 A_2 / \sqrt{A_1^2 + A_2^2} \tag{3.13}$$



Şekil 3.2. Birbirine seri sızıntı yolları.

3.2.1.3. Paralel ve Seri Yolların Kombinasyonu

Paralel ve seri yolların birlikte olduğu sistemler içinde efektif alan metodu paralel yollar ve seri yolları sistematik gruplara ayırma şeklinde geliştirilmiştir. Şekil 3.3.'de bir örnek analiz sistemi gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Birbirine seri ve paralel sızıntı yollarının kombinasyon şekli.

Şekilden de görüldüğü gibi A_2 ve A_3 paralel konumdadır; bu yüzden, efektif alan,

$$A_{23e} = A_2 + A_3$$

olur. A_4, A_5 ve A_6 alanları yine paraleldir, yine bunların efektif alanı,

$$A_{456e} = A_4 + A_5 + A_6$$

şeklinde yazılabilir. Bu 2 efektif akış alanı A_1 ile seridirler. Bu yüzden, sistemin efektif alanı aşağıdaki eşitlik ile ifade edebiliriz [12].

$$A_e = \left(\frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_{23e}^2} + \frac{1}{A_{456e}^2}\right)^{-1/2}$$

3.2.1.4. Sıcaklıkların ve Akış Katsayılarının Etkileri

Yangında kullanılan duman kontrol hesaplamalarının içeriğinde, sabit sıcaklık ve üniform akış katsayısı kabulü

yapılmaktadır. Buna rağmen, bu parametrelerin yapılan hesaplamalarda istenirse değişken olarak tanımlamamız mümkündür [13]. Yapılan kabullere göre efektif akış alan eşitliği aşağıdaki gibi olmaktadır;

$$A_e = \frac{T_e^{1/2}}{C_e} \sum_{i=1}^{n} C_i A_i T_i^{-1/2} \tag{3.14}$$

$$A_e = \frac{T_e^{1/2}}{C_e} \left[\sum_{i=1}^{n} T_i \left(C_i A_i \right)^{-2} \right]^{-1/2} \tag{3.15}$$

A_e : sistemin efektif akış alanı, (m^2);
T_e : efektif akış yolundaki mutlak sıcaklık, (K);
C_e : efektif akış yolu için akış katsayısı, boyutsuz;
T_i : yol içindeki mutlak sıcaklık, (K);
A_i : i yolunun akış alanı, (m^2);
C_i : i yolunun akış katsayısı, boyutsuz.

2 seri ve aynı akış katsayısına sahip alanlar durumu için, efektif alan ise;

$$A_e = T_e^{1/2} \left(\frac{T_1}{A_1^2} + \frac{T_2}{A_2^2} \right)^{-1/2} \tag{3.16}$$

3.2.2. Duman Hareketlerini Oluşturan Kuvvetler

Duman hareketlerini oluşturan kuvvetler, doğal oluşan baca etkisini, yanma gazlarının kaldırma gücünü, yanma gazlarının genleşmesini, rüzgar etkisini, fan güçleri ile havalandırma sistemlerini ve asansör piston etkisini içerir. Bu kısımda bu etkiler incelenip, duman taşınımına sebep olan faktörlerin anlaşılmasına çalışılacaktır.

3.2.2.1. Baca Etkisi

Dış ortam soğuk olduğunda, genellikle bina şaftları içindeki hava yukarı doğru hareket eder, örneğin, merdiven kovalarında, asansör şaftlarında, (yiyecek) servis asansör şaftlarında, mekanik şaftlarda olduğu gibi. Bina içindeki havanın kaldırma gücü vardır. Çünkü ısıtılmıştır (daha yüksek sıcaklıktadır), bu yüzden dış ortam havasına göre yoğunluğu daha azdır. Kaldırma gücü, bina içindeki şaftlarda havanın yükselmesine sebep olur. Bu olay baca etkisi, baca hareketi gibi değişik isimler almaktadır. Bu isimlerin kaynağı ise gazların yukarı doğru baca içerisindeki hareketleridir. Buna rağmen, dış ortam havasının sıcak olduğu durumda ise, iklimlendirmeli binalarda hava akışı aşağıya doğru olur. Burada yukarıya doğru olan akışlar normal baca etkisi, aşağıya doğru olan akışlar ise ters baca etkisi olarak isimlendirilmiştir [14].

Birçok binanın şaftları oldukça geniş kesit alanına sahiptir, baca etkisi genellikle hava akışına sebep olmaktadır ve buradaki sürtünme kayıpları kaldırma gücüne sebep olan basınç farklarıyla karşılaşıldığında ihmal edilir. Bu yüzden yapılan analizde şaft içerisindeki sürtünmeler ihmal edilmiştir. Şaft içindeki basınç, akışkanın statik kuvvetlerine bağlıdır ve şöyle ifade edililebilir,

$$dP_s = -\rho_s g dz \tag{3.17}$$

burada,

P_s : şaft içindeki hava basıncı;

g : yer çekim ivmesi;

z : yükseklik (kod farkı);

ρ_s : şaft içindeki gaz yoğunluğu.

Yükseklik (kod farkı) binalarla ilişkili olup, yer çekim ivmesi ise sabit alınabilir. Sabit yoğunluk için, (3.17) eşitliği entegre edilirse sonuçta;

$$P_s = P_a - \rho_s g z \tag{3.18}$$

burada P_a z=0'daki basınçtır. Rüzgar etkisi haricinde, dış ortam basıncı, P_o, ise

$$P_o = P_a - \rho_o g z \tag{3.19}$$

burada ρ_o şafttın dış kısmındaki yoğunluktur. Şaft içindeki ve bina dışındaki basınçlar normal baca etkisi için şekil 3.4.'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Şekil 3.4 de yine bina içerisindeki basınç dağılımının ne şekilde olduğu görülmektedir ve bunların hesaplama metotları daha sonra verilecektir, İç kısımdan dış kısıma doğru olan basınç farkı ,ΔP_{so} , ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\Delta P_{so} = P_s - P_o = (\rho_o - \rho_s) g z \tag{3.20}$$

Burada bina içindeki basınç değişimleri atmosferik basınçla kıyaslandığında çok küçük olmaktadır ve hesaplamalar için gerekli olan gaz yoğunluğu atmosferik basınç, P_{atm}, bilindiğinden ideal gaz kanunu kullanılarak şöyle hesaplanır;

$$\rho = P_{atm} / RT \tag{3.21}$$

burada,

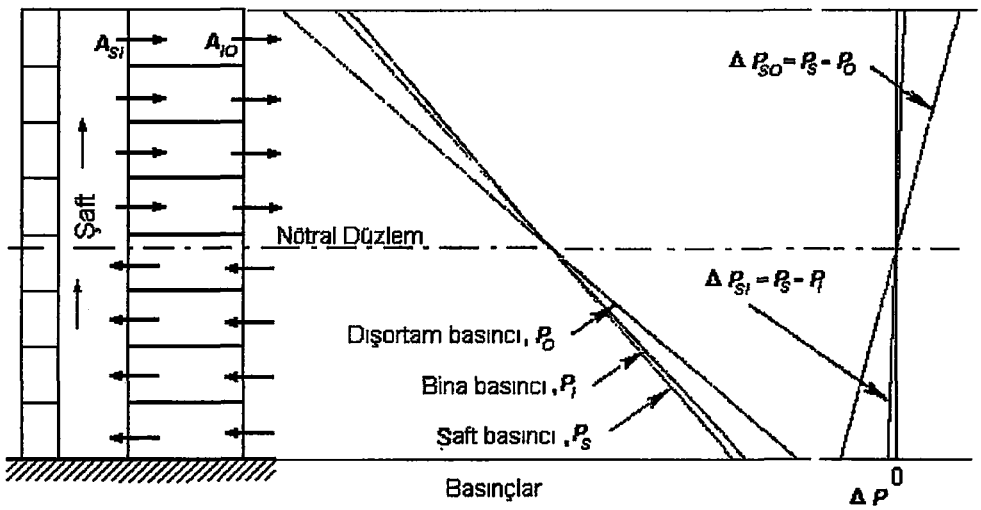
ρ : hava yoğunluğu,

P_{atm} : mutlak atmosferik basınç,

R : havanın gaz sabiti,

T : havanın mutlak sıcaklığı.

(3.21) eşitliği, (3.20) eşitliğinde yerine konur ve yeniden düzenlenirse sonuçta aşağıdaki eşitlik bulunur [14].



Şekil 3.4. Normal baca etkisi durumunda oluşan basınçlar ve basınç farkları.

$$\Delta P_{so} = \frac{gP_{atm}}{R}\left(\frac{1}{T_o}-\frac{1}{T_s}\right)z \qquad (3.22)$$

burada,

T_o : Dış ortam havasının sıcaklığı,

T_s : Şaft içindeki havanın mutlak sıcaklığıdır.

(3.22) eşitliği şaft ile dış ortam bağlantısı için geliştirilmiştir. Nötral düzlem ise yatay düzlemde olup, iç ortam basıncının dış basınca eşit olduğu noktada z=0 kabul edilir. Yukarıdaki hal gibi, eğer nötral düzlemin yeri biliniyorsa, bu eşitlik kullanılarak iç taraftan dış tarafa olan basınç farkı binadaki sızıntı alanlarının veya diğer şaftların özellikleri bilinmeden hesaplanabilinmektedir. Standart atmosferik hava basıncı için, (3.22) eşitliği şöyle olur

$$\Delta P_{so} = K_s\left[\frac{1}{T_o}-\frac{1}{T_s}\right]z \qquad (3.22\ a)$$

burada,

ΔP_{so} : şafttan dış tarafa doğru olan basınç farkı, (Pa);

T_o : dış taraf havasının mutlak sıcaklığı, (K);

T_s : şaft içindeki havanın mutlak sıcaklığı, (K);
h : nötral düzlem üzerindeki mesafe, (m);
K_s : katsayı,(3460)

Şekil 3.4.'de görülen bina için, tüm dikey hava akışı şaft içinde olmaktadır. Şüphesiz, gerçek bina katlarında bazı sızıntılar vardır ve sızıntılardan hava akışları bu katlar içerisine olmaktadır. Şimdiye kadar incelenen baca etkisi geneldi, ve binalar sızıntılı veya sızıntısız katlardan oluşan her iki tipteki binalarda da kullanılabilmektedir. Bina katlarındaki basınç farkları analizinde, ideal bina modeli kullanılır. Bu modelde katlar arasında sızıntı yoktur. Normal binalarda, katlar içindeki hava akışı şaft içindekinin yanında çok küçüktür. Bundan sonraki analiz için bazı kullanışlı temel eşitlikler verilmektedir. Bunlarda kat sızıntısının olmadığı, sıfır olduğu kabul edilmiştir [15].

Şekil 3.4.'deki akış yolları sistem için her bir kat için efektif akış alanı ise;

$$A_e = \left(\frac{1}{A_{si}^2} + \frac{1}{A_{io}^2} \right)^{-1/2} \tag{3.23}$$

burada,
A_e : efektif sızıntı alanı, şaftla dış taraf arasında olan, (m^2);
A_{si} : kat başına sızıntı alanı, şaft ile bina arasında, (m^2);
A_{io} : kat başına sızıntı alanı, bina ile dış taraf arasında, (m^2).

Bir kattan olan Kütle akış miktarı, m, aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$m = C\, A_e\, (2\, \rho\, \Delta P_{so})^{1/2}$$

burada, C Boyutsuz akış katsayısı olup genellikle 0.6–0.7 değerleri arasındadır [16].

Seri yollar için, bir yolda oluşan basınç farkı, tüm sistemde oluşan basınç farkı çarpı sistemin efektif akış alanının seri yolun akış alanına oranının karesine eşittir. Buna göre her kat için şafttan binaya doğru olan basınç farkı $\Delta P_{si} = \Delta P_{so} (A_e / A_{si})^2$ şeklindedir. Bu ilişki (3.23) eşitliğinde yerine konur ve yeniden düzenlenirse, efektif alan elemine edilir ve eşitlik şu şekilde oluşur;

$$\Delta P_{si} = \frac{\Delta P_{so}}{1+(A_{si} / A_{io})^2} \tag{3.24}$$

Genelde, A_{si} / A_{io} oranının değerleri 1.7-7 arasında değişir [17]. Şaft tarafından bina alanına doğru olan basınç farkı şafttan dış tarafa doğru olandan çok küçüktür. Yangın esnasında, yangın katında birçok pencere yangın sebebiyle kırılmaktadır. Bu yüzden A_{io} değeri yangın katında çok büyümektedir. Bu durumda, A_{si} / A_{io} oranı çok küçülmekte ve ΔP_{si} ΔP_{so}'ya yaklaşmaktadır. Böylece, çok sayıda pencere yangın katında kırıldığında, şafttan binaya doğru olan basınç şafttan dış tarafa olanla genelde aynı olur [17].

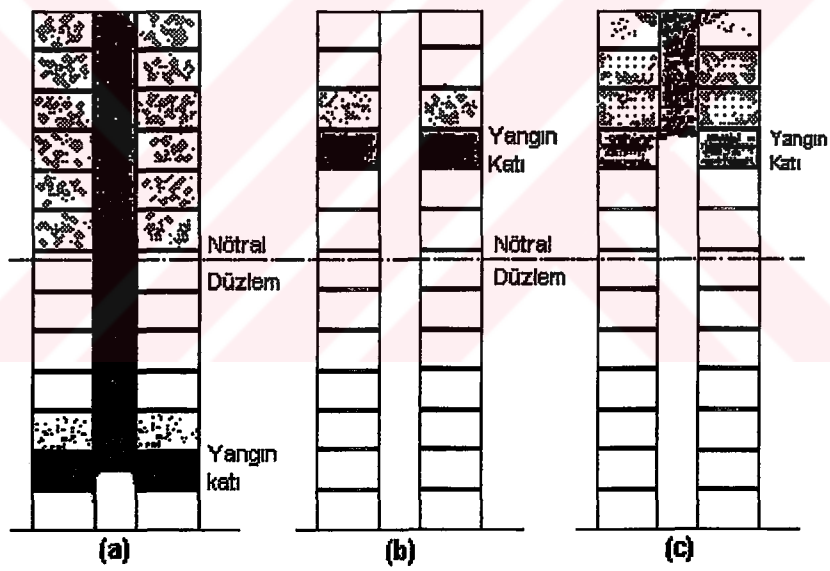
(3.24) Eşitliği her kat yüksekliğinde üniform basınç farkı göz önüne alarak geliştirilirse, hata ile karşılaşılır ki, maksimum değeri (3.22) eşitliğinden hesaplanabilinir. Burada h değeri katlar arasındaki mesafeye eşittir. Genelde, bu hata miktarı önemli değildir. (3.24) eşitliği basınç, P_i, için tekrar yazılabilir [15].

$$P_i = P_s - \frac{\Delta P_{so}}{1+(A_{si} / A_{io})^2} \tag{3.25}$$

Seri akış yaklaşımında bina basıncının hesaplanması yukarda tariflenmiş ve birden fazla şaftlı binalar için kullanılabilmektedir. Bu ifade, eğer tüm şaftlar aynı basınçta ve aynı noktada başlayıp aynı yükseklikte bitiyorsa kullanılabilir.

Bina yangınlarında meydana gelen duman hareketlerinde en önemli etken baca etkisidir. Normal baca etkisi esnasında, duman

şekil 3.5.'de görüldüğü gibi nötral düzlem altındaki yangın durumunda binada hava akışı ile şaftların içine ve şaftların üstüne yayılır. Yukarı doğru duman akışı dumanın sıcaklığına bağlı olarak, kaldırma kuvvetlerinin duman üzerindeki etkisi ile artar. Nötral düzlemin hemen üzerinde, bu kez duman akışı şaftlardan binanın üst katlarının içine doğru olmaktadır. Katlar arasındaki sızıntılar sonucu yangın katının üstündeki kattada duman akışı olur. Eğer katlar arasındaki sızıntılar ihmal edilirse, nötral düzlemin altındaki katlar, yangın katı hariç, esasen dumandan arındırılmış olur. Katlar arasındaki sızıntıların fazla olması durumunda, yangın katı üzerindeki kata direk duman akışı nötral düzlemin altındaki diğer katlara göre çok daha fazla olmaktadır [18]. Bu durum şekil 3.5.a.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Yüksek binalarda normal baca etkisine bağlı olarak duman hareketleri.

3.2.2.2. Yanma Gazlarının Kaldırma Gücü

Yangında (ateşten) oluşan yüksek sıcaklıktaki dumanın yoğunluğunun azalmasına bağlı olarak kaldırma gücü vardır. Şekil 3.6.'da gösterildiği gibi bölme tamamen ateşle dolduğunda basınç oluşur, bu basıncın analiz tarzı baca etkisi ile oluşan basınçla aynıdır. Baca etkisi için geliştirilmiş (3.22) eşitliği aynı yöntemle,

yangın bölmesinden çevresine doğru oluşan basınç farkı, ΔP_{fo}, için geliştirilmiştir [19]:

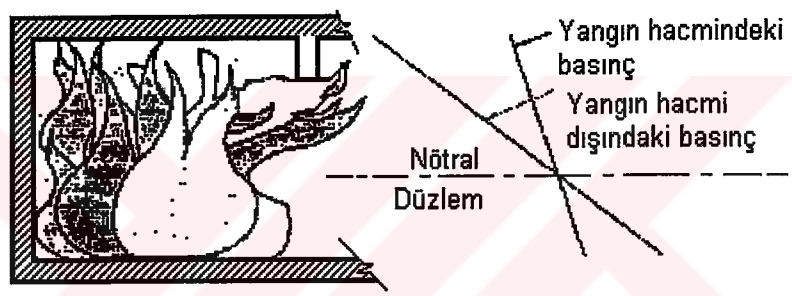
$$\Delta P_{fo} = \frac{gP_{atm}}{R}\left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_f}\right)h \qquad (3.26)$$

burada,

T_o : Yangın bölmesinin çevresindeki gazların mutlak sıcaklığı,

T_f : Yangın bölmesinin içindeki gazların mutlak sıcaklığı,

h : nötral düzlemin üstündeki mesafe.



Şekil 3.6. Tamamen yangınla kaplanmış bölme içerisinde oluşan basınç değişimi.

Nötral düzlem, yangın bölmesindeki basıncın dış kısımdaki basınca eşit olduğu yatay düzlemdir. (3.26) eşitliği sabit yangın sıcaklığı içindir ve standart atmosferik basınç için, yukarıdaki ifade şöyle olur,

$$\Delta P_{fo} = K_s\left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_f}\right)h \qquad (3.26.a)$$

burada,

ΔP_{fo} : Yangın bölmesinde çevresine doğru olan basınç farkı, (Pa),

T_o : dış havanın mutlak sıcaklığı, (K),

T_f : yangın bölmesindeki gazların mutlak sıcaklığı, (K),

h : nötral düzlemin üstündeki mesafe, (m);

K_s : katsayı, (3460).

Bu iki itici kuvvetten hangisi daha etkili olduğu mukayese edilirse, kırılmış pencere olmadığında, nötral düzlemin herhangi bir yerindeki A_{sl}/A_{lo} oranının büyük değerleri için kaldırma gücü daha önemli olmaktadır [19]. Nötral düzlemden uzak bir konumda A_{sl}/A_{lo} oranının düşük değerleri için, baca etkisi daha baskın (etkili) rol almaktadır. Pencereler kırık olduğu zaman, her zaman baca etkisi daha önemli olmaktadır. Bu durumda baca etkisinin etkin itici güç olması sadece iç-dış ortam arasındaki yüksek sıcaklık farklarının oluşmasıyla gerçekleşmektedir [19].

Çok büyük basınç farkları, yüksek yangın bölmelerindeki yükseklik, h, nötral düzlemden büyük olabilmesi hali için mümkündür.

3.2.2.3. Yanma Gazlarının Genişlemesi

Kaldırma gücüne ilave olarak, yangının meydana getirdiği enerji duman hareketlerine sebep olabilmektedir. Yangın bölmesinden binaya sadece bir açıklık varsa, hava akışı yangın bölmesi içine doğru olur ve sıcak duman akışı bölmede dışarıya doğru olur. Hava akışı yanında oldukça küçük olan yakıt kütlesi ihmal edilebilir [20]. Dumanın ısıl özelliklerinin havanın özellikleri ile aynı olduğu göz önüne alınırsa, hacımsal akış oranı basitleştirilerek mutlak sıcaklık oranı olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\frac{Q_{dis}}{Q_{iç}} = \frac{T_{dis}}{T_{iç}} \qquad (3.27)$$

burada,

$Q_{dış}$:Yangın bölmesinden dışarı doğru dumanın hacımsal debisi, (m^3 /s),

$Q_{iç}$:yangın bölmesine doğru akan havanın hacımsal debisi, (m^3/s),

$T_{dış}$: yangın bölmesini terk eden dumanın mutlak sıcaklığı,(K),

$T_{iç}$: yangın bölmesine giren havanın mutlak sıcaklığı, (K).

600 °C duman sıcaklığı için, gaz orijinal hacminden 3 misli daha fazla genişler [17]. Açık kapıları veya pencereleri olan yangın bölmesi için, genişlemeden dolayı basınç farkları oluşmamaktadır. Çünkü açıklıklar geniş akış alanlarına sahiptir. Buna rağmen, yangın alanında açık kapılar veya pencereler yoksa, bu basınç farklarına bağlı genişlemeler önemli olabilmektedir, eğer ki tam yanma için gerekli olan oksijen uzun bir süre sağlanırsa.

3.2.2.4. Rüzgar Etkisi

Rüzgarın duman hareketleri üzerinde etkisi olduğu söylenebilir. Yüzeyde rüzgarın oluşturduğu basınç P_r ,

$$P_r = \frac{1}{2} C_r \rho_o V^2 \tag{3.28}$$

şeklinde yazılabilir. Burada,

C_r : Boyutsuz basınç katsayısı;

ρ_o : dış ortam hava yoğunluğu;

V : rüzgar hızı.

1.20 kg/m^3 hava yoğunluğu için, şu ilişki ortaya çıkar

$$P_r = K_r C_r V^2 \tag{3.28a}$$

P_r : Yüzey üzerindeki rüzgar basıncı, (Pa),

C_r : boyutsuz basınç katsayısı,

K_r : katsayı, (0.600)

V : rüzgar hızı, (m/s).

Genelde, basınç katsayısı, C_r, -0.8 ile 0.8 değerlerini alır [21]. Pozitif değer duvara doğru olan rüzgar akışını, negatif değer duvarı terk eden rüzgar akışını gösterir. Basınç katsayısı bina geometrisine ve yerel rüzgar akımlarına bağlıdır ve basınç katsayısı duvar yüzeyinin yerleşimine göre değişmektedir.

Binanın bir tarafından diğer tarafına rüzgar etkisine bağlı olarak oluşan basınç farkı aşağıdaki gibi ifade edilebilir [21].

$$\Delta P_r = \frac{1}{2}(C_{r1} - C_{r2})\rho_o V^2 \qquad (3.29)$$

burada,

C_{r1} : Duvarın rüzgar aldığı durum için basınç katsayısı;

C_{r2} : duvarın rüzgar altı olduğu durum için basınç katsayısı;

1.20 kg/m^3 hava yoğunluğu için, bu eşitlik aşağıdaki şekilde olur.

$$\Delta P_r = K_r(C_{r1} - C_{r2})V^2 \qquad (3.29a)$$

burada,

P_r : Bina üzerindeki rüzgar basıncı, (Pa);

C_{r1} : duvarın rüzgar üstü durumu için boyutsuz basınç katsayısı;

C_{r2} :duvarın rüzgar altı durumu için boyutsuz basınç katsayısı;

V : rüzgar hızı, (m/s);

K_r : katsayı, (0.600).

En şiddetli rüzgar etkisi yüksek rüzgar hızlarında ve pencerelerin kırık olduğu zaman olur. Genelde, rüzgar hızı yer seviyesinden yükseldikçe artar, bu da güç kanun eşitliği gibi ifade edilir [2].

$$V = V_o(\frac{z}{z_o})^n \qquad (3.30)$$

burada,

V : Rüzgar hızı, (m/s),

V_o : referans yüksekliğindeki hız, (m/s),

z : rüzgarın yüksekliği (m),

z_o : referans konumu, (m),

n : rüzgar üsteli, (boyutsuz).

Rüzgar dataları hava alanlarında ve meteoroloji servislerinde yer seviyesinden 10 m yukarıdaki, z_o, yüksekliğinde kaydedilir. Bu ilişki geniş bir şekilde yeryüzüne yakın rüzgar hız profillerinin oluşturulmasında kullanılır.

Rüzgar üstelinin 0.16 değeri düz bölgeler içindir. Rüzgar üsteli pürüzlü (düzgün olmayan) bölgelerde artmakta, ve daha çok pürüzlü bölgeler için, şehir alanları gibi, bu değer 0.40 olarak alınmaktadır [2].

3.2.2.5. Zorlanmış Havalandırma Sistemleri

Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemleri bina yangınlarında sıkça duman taşırlar. Kullanıcıları olmadığı bir bina bölümünde yangın başladığı zaman, HVAC sistemi dumanı insanların bulunduğu alanlara taşır ve yangın veya duman alarmı alınır. Yangının veya dumanın tespit edilmesi üzerine, HVAC sistemleri öyle dizayn edilmelidir ki, fanlar kapatılsın veya sistem özel duman kontrol operasyon moduna geçsin. Bu kompleks durumun avantajları ve dezavantajları vardır, değişik bina tipleri için tercih edilen günümüzde belirgin bir yöntem üzerinde basit bir uzlaşma dahi sağlanamaması önemlidir [15]. Buna rağmen, eğer HVAC normal çalışmasına devam ederse, HVAC sistemi tüm servis sistem alanlarına dumanı taşır. Duman yayıldığı alanlarda hayatı tehtid eder, malzemeleri tahrip eder ve itfaiyenin çalışmasına engel olur. Her ne kadar HVAC sisteminin kapatılması yangına oksijen

sağlanmasını engellesede, geliş ve dönüş kanalları, hava şaftları, diğer bina açıklıkları içerisindeki baca etkisinin kaldırma gücüne veya rüzgar sebebiyle dumanın hareket etmesini engelleyemez. Duman damperlerinin kullanımı duman hareketlerinin engellenmesine yardımcı olur [22]. HVAC sistemleri için üçüncü alternatif ise yangın modudur. Bu modda, dönüş havasını tamamı dışarı boşaltılarak bina içindeki HVAC sistemi ile oluşturulan duman taşınımını en alt seviyeye indirilir. Buradaki üç yaklaşımda şimdiye dek hiç bir deneysel veya teorik çalışmayla doğrulanmamıştır, bu yaklaşım sadece HVAC sistemi ile duman taşınımı minimum etmek için bir potansiyel fikir aşamasındadır [22].

3.2.3. Nötral Düzlemin Konumu

Bu kısımda sadece dış tarafla bağlantılı tek şaft için nötral düzlemin konumunun hesaplama metodu anlatılmaktadır. Efektif alan metodu binalarda bu analizde de kullanılabilir. Nötral düzlem konumu kullanılarak, binanın her yerindeki akış miktarı ve basınçları bulunabilir [12]. Bu bölüm 3.2.1.2.'deki seri akış modeli için de kullanılabilir.

3.2.3.1. Sürekli Açık Şaft

Şekil 3.7.'de dış tarafla bağlantısı şaftın en üstünden en altına kadar sürekli sabit açıklık ile olan, tek şaft için normal baca etkisindeki şaftta basınç dağılımı ve akış durumları görülmektedir. (1975) McGuire ve Tamura'nın geliştirdiği bu akış analizi, nötral düzlem konumunun sonucu ile verilmiştir [2]. Şafttan dış tarafa doğru olan basınç farkı (3.22) eşitliği ile verilmiştir. Ele alınan şafttın nötral düzlemin alt kısmındaki kütle akış miktarı, $dm_{iç}$, diferansiyel formunda, dh,yolu için yazılırsa,

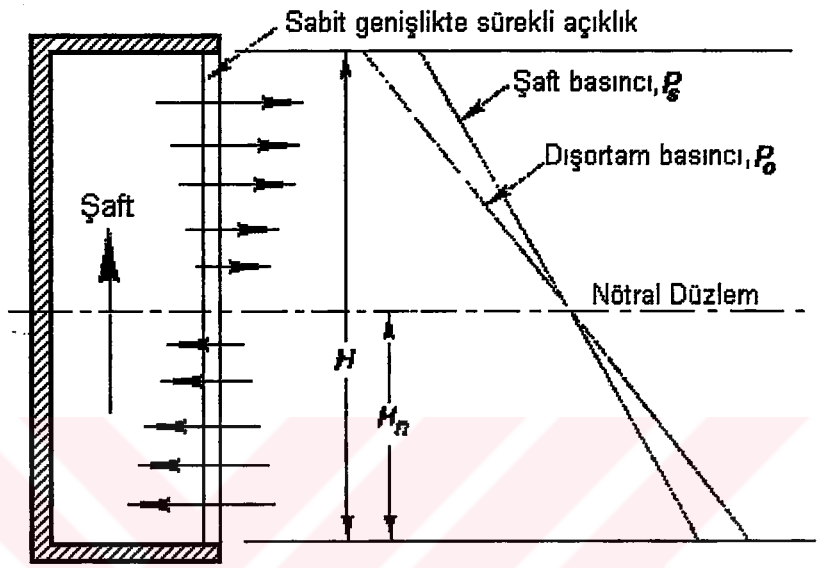
$$dm_{iç} = CA' \sqrt{2 \rho_o \Delta P_{so}}\, dh$$

$$= CA' \sqrt{2 \rho_o bh}\, dh \qquad (3.31)$$

burada,

$$b = \left(\frac{gP_{atm}}{R}\right)\left[\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_s}\right],$$

A′ : birim yükseklik başına açık alan.



Şekil 3.7. Dış ortama sürekli açıklıkla bağlı olan tekil şaftaki normal baca etkisi.

Şaft içindeki kütle akış miktarı elde edilince, bu eşitlik nötral düzlemden (h=0) şaftın tabanına ($h=-H_n$) kadar entegre edilebilir [12].

$$m_{iç} = \frac{2}{3} CA' H_n^{3/2} \sqrt{2\rho_o b} \tag{3.32}$$

Benzer yöntemle, H şaftın toplam yüksekliği olmak üzere şafttan olan kütle akış miktarı aşağıdaki gibi ifade edilebilir [12].

$$m_{dış} = \frac{2}{3} CA' \left(H - H_n\right)^{\frac{3}{2}} \sqrt{2\rho_s b} \tag{3.33}$$

Sürekli akış için, şafta giren ve çıkan kütle akış miktarı eşittir. (3.32) eşitliği ile (3.33) eşitliği tekrar düzenlenir ve (3.21) eşitliğinde yerine konulursa,

$$\frac{H_n}{H}=\frac{1}{1+\left(\frac{T_s}{T_o}\right)^{1/3}} \tag{3.34}$$

elde edilir. Burada,

H_n : şaftın tabanından nötral düzleme kadar olan mesafe, (m),

H : şaft yüksekliği, (m),

T_s : şaft içindeki havanın mutlak sıcaklığı, (K),

T_o : dış taraf havasının mutlak sıcaklığı, (K).

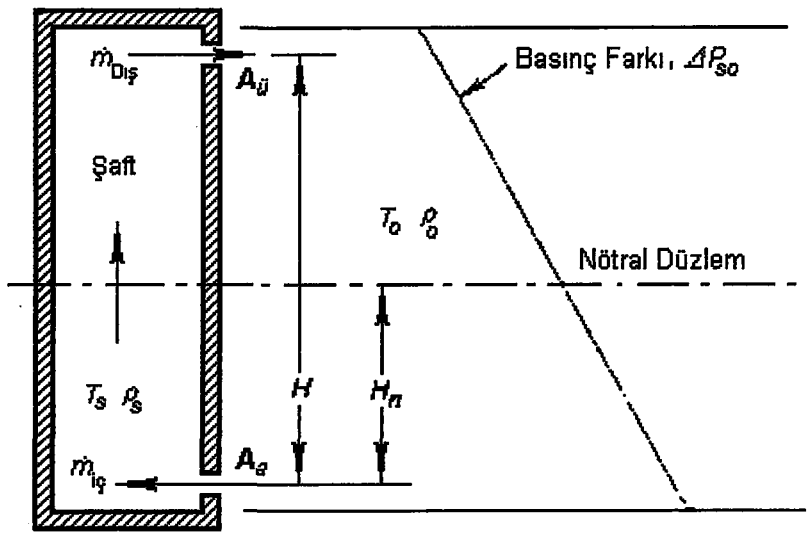
3.2.3.2. İki Havalıklı Şaft

Şekil 3.8.'da normal baca etkisinde iki açıklığı olan şaft gösterilmiştir. Şafttan dış tarafa doğru basınç farkı (3.22) eşitliği ile ifade edilmiştir. Analiz basitleştirilirse, H mesafesi açıklıklar arasındaki olup açıklık yüksekliklerinden çok büyüktür. Bu yüzden açıklık yüksekliğince basınç değişimi ihmal edilebilir ve şaft içerisine doğru olan kütle akış miktarı şöyle ifade edilebilir [12].

$$m_{iç}=CA_a\sqrt{2\rho_o bH_n} \tag{3.35}$$

$$m_{dis}=CA_a\sqrt{2\rho_o b\left(H-H_n\right)} \tag{3. 36}$$

burada, $A_ü$ ve A_a nötral düzlemin üst ve altındaki alanlardır. Yukarıda yapıldığı gibi bu iki akış eşitlenirse aşağıdaki sonuca ulaşılır.



Şekil 3.8. İki noktadan açıklığı olan şaftta baca etkisi ile oluşan basınç farkları.

Şafttan dışarı doğru olan kütle akış miktarı ise;

$$\frac{H_n}{H}=\frac{1}{1+\left(\frac{T_s}{T_o}\right)\left(\frac{A_a}{A_ü}\right)^2} \qquad (3.37)$$

burada,

H_n : şaft tarafından düzleme kadar olan mesafe, (m),

H : şaft yüksekliği, (m),

T_s : şaft içindeki havanın mutlak sıcaklığı, (K),

T_o : dış taraf havasının mutlak sıcaklığı, (K),

$A_ü$: nötral düzlemin üst tarafındaki alan, (m^2),

A_a :nötral düzlemin alt tarafındaki alan, (m^2).

Nötral düzlemin konumu büyük oranda $A_a/A_ü$ oranına bağlıdır. $A_a/A_ü$ sıfıra yakın ise, H_n değeri H'a yaklaşır. Bunun manası eğer alt kısımdaki alan üsteki ile karşılaştırıldığında çok küçük olursa, o zaman nötral düzlem üst alanda veya yakınında olur [12]. (3.32) eşitliği akış alanlarının etkili bir fonksiyonu ve sıcaklığın zayıf bir fonksiyonudur.

3.2.3.3 Havalandırmalı Şaft

Şaftla dış taraf arasındaki bağlantı, havalık ve sürekli açıklıklar ile olur. Normal baca etkisindeki basınçlar ve akış şekil 3.9.'da görülmektedir. Şimdiki analiz ise havalığın nötral düzlem üzerinde olması içindir, fakat benzer olay havalığın nötral düzlemin altında olması içinde yapılabilir. Bu analizi tepeden havalıklı şaft için (1975) Mc Guire ve Tamura yapmıştır [2]. Şaft içerisine doğru kütle akışı (3.32) eşitliği ile ifade edilmiştir. Analizin basitleştirilmesi için, havalık yüksekliğinin şaft yüksekliği, H'la mukayesesinde, oldukça küçük olduğu görülmüştür. Böylece, havalığın içindeki akış tanımlanırken sabit basınç farkı kullanılabilir. Şafttan dış ortama doğru kütle akışının toplamı sürekli açıklıktan dış olan akış, (3.33) eşitliğinde ifade edildiği gibi, artı şaft tabanından itibaren H_h yüksekliğindeki A_h alanındaki havalıktan dışa olan akışların toplamı şeklindedir.

$$m_{dis} = \frac{2}{3} CA' \left(H - H_n\right)^{3/2} \sqrt{2\rho_s b} + CA_h \sqrt{2\rho_s b \left(H_h - H_n\right)} \tag{3.38}$$

Kütle süreklilik eşitliği şaft için yazılır ise

$$\frac{2}{3} CA' \left(H - H_n\right)^{\frac{3}{2}} \sqrt{2\rho_s b} + CA_h \sqrt{2\rho_s b \left(H_h - H_n\right)} = \frac{2}{3} CA' H_n^{\frac{3}{2}} \sqrt{2\rho_o b} \tag{3.39}$$

Eşitliğin her iki tarafındaki aynı terimler iptal edilirse ve (3.21) eşitliği birleştirilirse sonuçta

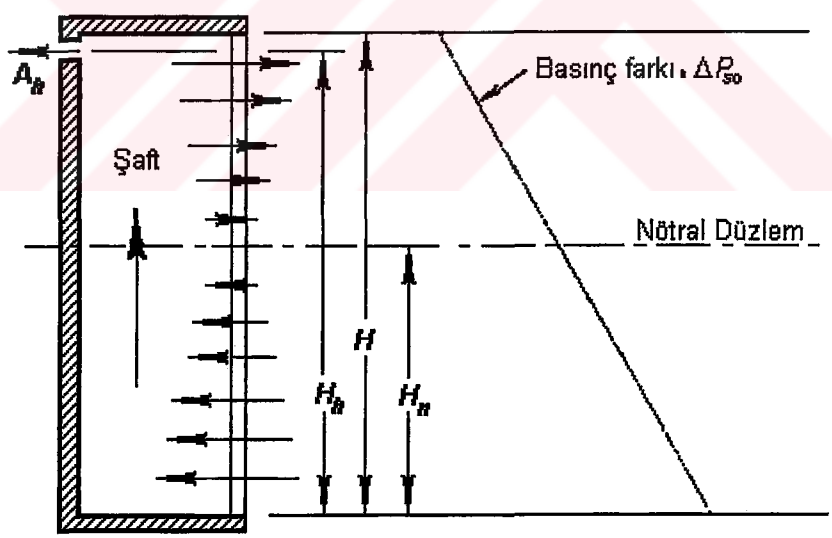
$$\frac{2}{3} A' \left(H - H_n\right)^{\frac{3}{2}} + A_h \left(H_h - H_n\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{2}{3} A' H_n^{\frac{3}{2}} \left(\frac{T_s}{T_o}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{3.40}$$

Tahmin edildiği gibi, bu eşitlik $A_h = 0$ için (3.34) eşitliğinden indirgenmiştir. (4.40) eşitliği tekrar düzenlenirse,

$$\frac{2A'H\left(H-H_n\right)^{\frac{3}{2}}}{3A_hH}+\frac{\left(H_h-H_n\right)^{1/2}}{H}-\frac{2A'HH_n^{3/2}T_s^{1/2}}{3A_hHT_o^{1/2}}=0 \qquad (3.41)$$

Nispeten geniş havalıklar için, $A'H/A_h$ oranı sıfıra yakınsar. $A'H/A_h$ sıfıra yakınsa, yukarıdaki eşitlikteki birinci ve üçüncü terimler de sıfıra yaklaşır ve eşitlik $H_n = H_h$ şekline indirgenir [13]. Böylece nötral düzlem havalık alanı, sürekli açıklık (A'H) alanından çok büyükse havalık seviyesinde veya yakınında olur. (3.37) eşitliği gibi, yukarıdaki eşitlik akış alanlarının güçlü bir fonksiyonu ve sıcaklığın zayıf bir fonksiyonudur.

Havalığın nötral düzlemin altında veya üstünde olmasını önemsemeden, nötral düzlem (3.34) eşitliği ile tanımlanan konumda şaft yüksekliği ile havalık yüksekliği, H_h'nin arasına yerleştirilir. Dahası, $A'H/A_h$ küçük değerlerinde, nötral düzlem H_h'ye daha yakındır.



Şekil 3.9. Dışarıya havalık ve diğer yöne ise sürekli açıklık ile bağlantısı olan tekil bir şaftta normal baca etkisi.

3.2.4. Üst Katlara Duman Akışının Analizi

Bu kısımda bazı olayların iç yüzünün daha iyi anlaşılması için binanın üst katlarına doğru duman akışı analizinin basit bir metodu

verilmiştir. Bu analiz binanın üst katında havayı kirleten yoğun cisimlerin analitik ifadeleri için kullanılır.

Sürekli kütle akış miktarı göz önüne alınırsa, düzenli olsada havayı kirleten yoğun cisimlerin miktarı değişmektedir. Nötral düzlemin konumu daha önceki metot tanıtımında verilmiştir. Bu analiz nötral düzlemin üstündeki kotlar ve dış ortam sıcaklıklarının şaft sıcaklıklarından ($T_a<T_{sh}$, burda alt indisler a ve sh dış taraf ve şafttı belirtir) küçük olması durumu içindir.

Çünkü burada katlara sızıntı ile geçiş yoktur ve merdiven kovasından herhangi bir kata olan kütle akış miktarı kattan dış tarafa olana eşittir. Bu kütle akış miktarı aşağıdaki gibi ifade edilebilir [24].

$$m = CKA_e\sqrt{2\rho_{sh}\Delta P} \tag{3.42}$$

burada,

m : kütle akış miktarı, (kg/s),

C : akış katsayısı, (yaklaşık 0.65),

A_e : efektif akış alanı merdiven kovası ile dış ortam arasında, (m^2),

ρ_{sh} : şaft içindeki gazın yoğunluğu, (kg/m^3),

ΔP : merdiven kovasından dış tarafa doğru basınç farkı, (Pa),

K : katsayı, (1.0).

(3.23) eşitliği iki seri yolda akışkan sıcaklığının eşit olduğu durumdaki efektif akış alanı içindir. Bu analiz farklı sıcaklıklar için genişletilebilir.

$$A_e = \left(\frac{1}{A_{sh}^2} + \frac{T_{kat}}{T_{sh}} + \frac{1}{A_a^2}\right)^{\frac{-1}{2}} \tag{3.43}$$

burada,

A_e : merdiven kovası ve dış taraf arasındaki efektif akış alanı, (m^2),

A_{sh} : şaft ve bina arasındaki alan, (m^2),

A_a : bina ve dış taraf arasındaki alan, (m^2),

T_{kat} : kattaki gaz sıcaklığı, (K),

T_{sh} : şaft içindeki gaz sıcaklığı, (K).

Baca etkisi eşitliğiyle basınç farkı ifade edilebilir.

$$\Delta P = K_s\left(\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_{sh}}\right) z \tag{3.44}$$

burada,

T_a : dış hava sıcaklığı, (K),

T_{sh} : şaft içindeki gaz sıcaklığı, (K),

z : nötral düzlemin üstündeki mesafe, (m),

K_s : katsayı, (3460).

Nötral düzlemin üzerindeki katlarda havayı kirleten cisimler için kütlenin korunumu eşitliği [28],

$$\frac{dC_{kat}}{dt} = \frac{m\left(C_{sh} - C_{kat}\right)}{V_{kat}\,\rho_{kat}} \tag{3.45}$$

şeklinde yazılabilir. Burada C_{kat} ve C_{sh} sırasıyla kattaki ve merdiven kovasındaki havanın içindeki kirletici cisimlerin konsantrasyonudur. Bu diferansiyel eşitliğin çözümü ise,

$$C_{kat} = C_{sh}\left(1 - e^{-\lambda t}\right) \tag{3.46}$$

burada,

C_{kat} : nötral düzlemin üstündeki katta kirlilik konsantrasyonu,

C_{sh} : şaft içindeki kirlilik konsantrasyonu,

t : zaman, saniye (s),

$$\lambda = \frac{m}{V_{kat}\,\rho_{kat}\,s}\,, \tag{3.47}$$

m : kütle akış oranı, (kg/s),

V_{kat} : katın hacmi, (m^3),

ρ_{kat} : kattaki gazın yoğunluğu, (kg/m^3).

Yukarıdaki eşitlikler nötral düzlem üzerindeki herhangi bir kattaki toksit gazların konsantrasyonların bulunmasında kullanılabilir [25].

Daha önceki bölümlerde sıcaklık için makul sınırlar, duman yoğunluğu, oksijen tüketimi, ve bir çok toksit gazlar incelenmiştir. Yangından uzak katlarda, sıcaklığa bağlı olarak tehlikeler olduğu kabul edilir. Kompleks analiz duman yoğunluğunu ve çeşitli gazlarıda içerir. Buna rağmen yukarda ilk önerilen model sağlıklı geniş bir analiz izlenimi vermiyor. Bunun yerine yüksek binalarda bir dereceye kadar duman yayılımı ile ilgili, sadece CO göz önüne alınarak oluşan tehlikeler incelenebilir [25].Fakat, bunun anlamı diğer zehirleyici gazların, O_2 azalması, veya duman yoğunluğu hiçbir etkisi olmadığı anlamında değerdir. Bu tanımlamaya göre sadece CO için şu eşitlik yazılabilir.

$$FED = \sum \frac{\Delta t\left(C_{CO} - 1700\right)}{80000} \tag{3.48}$$

burada,

C_{CO} : Δt zaman aralığında olan ortalama CO konsantrasyonu, (ppm),

Δt : olayın gerçekleştiği zaman aralığı, (dakika).

FED : efektif doz yüzdesi.

FED değerinin 1'e ulaştığı zaman olayın gerçekleştiği mahallerde ölümler başlamaktadır [2].

BÖLÜM 4

BİNALARDA DUMAN KONTROL PRENSİBLERİ ve ANALİTİK YAKLAŞIM ŞEKİLLERİ

4.1 DUMAN KONTROLÜ

Duman kontrol teriminin buradaki anlamı, duman hareketlerinin bina kullanıcılarını kurtarılması, itfaiye erlerinin rahatça yangına müdahale edebilmesi ve mal güvenliği için engellenmesi veya hafifletilmesinde aşağıda açıklanan metotların teki veya birlikte kullanılması durumlarının tümünü kapsamaktadır. Bariyerler, duman havalıkları ve duman şaftları duman kontrol metotlarının yaygın olanlarıdır. Bariyerlerin etkinliği bir dereceye kadardır ki buda sızıntı yolları ile ilgilidir. Duman havalığı ve şaftları, kaldırma gücü ve diğer itici kuvvetlere bağlı olarak sınırlanmıştır. Son zamanlarda, yaygın olarak fanlar kullanılmaktadır. Bölmelendirme mekanizması, hafifletme, basınçlandırma, hava akışı ve kaldırma gücü yangın durumunda duman şartlarından tek başlarına veya birlikte kontrol için kullanılırlar [27].

4.1.1 Bölmelendirme

Yeterli miktarda bariyer kullanılarak yangının baştan başa yayılmasının engellenmesi eskiden beri kullanılmaktadır. Yangın bölmelendirme şekilleri, duvarlar, döşeme, kapılar, tahta perdeler ve diğer bariyerler yangın alanından uzak alanlara dumanın yayılmasını bir seviyeye kadar engellemektedir. Bu kısımda pasif bölmelendirmeler incelenecektir. Birçok kod, NFPA 101 gibi, belirli kriterleri sağlamaktadır. Kapı ve bariyerlerdeki duman damperlerinin yapımı için, sızıntı yollarının şekline ve boyutuna bağlı olarak yine

yolların her iki tarafındaki basınç farkına bağlı olarak bariyerlerden sızıntı olur [29].

4.1.2 Yangından Uzakta Hafifletme (Arındırma)

Dumanın hafifletilmesinden kasıt dumanın temizlenmesi, dumanın uzaklaştırılması, dumanın egzostu, veya duman çıkmasını engellemedir. Hafifletme sınırlanmış alanlardan bölmelendirilmiş kısımlara duman sızıntısından dolayı oluşan gaz ve partiküllerin konsantrasyon oranını kabul edilebilir sınırlara çekmekte kullanılır. Bu durumun etkili olabilmesi için duman sızıntı miktarının güvenlik alanının toplam hacmi veya sağlanan temiz hava miktarı ile karşılaştırıldığında küçük olmasına bağlıdır. Yine, hafifletme itfaiyenin yangını söndürdükten sonra duman temizlemek için yaptığı bir olaydır. Bazen, kapılar açık olduğunda, duman korunan alanlara akar. İdeal halde, tahliye esnasında kullanıcı kapıyı kısa bir periyot için açık tutar ve bu periyoda duman yangından uzak alanlara gider ve bu bölümlerde sağlanan dış hava ile duman temizlenir [15].

İçinde yangın olmayan bir alanda dumandan arındırmanın basit bir analizi aşağıda tariflenmiştir. t=0 (Zaman sıfır) anında, bölme içinde bir miktar duman konsantrasyonu var. Bölme içerisine daha sonra bir duman akışı olmadığı veya içerde duman üretilmediği kabul ediliyor. Yine, alan içerisinde duman üniform yayılmış olsun. Buna göre alan içerisindeki duman konsantrasyonu şöyle ifade edilebilinir [18];

$$\frac{C}{C_o} = e^{-at} \tag{4.1}$$

Bu eşitlik arındırma oranı ve zaman için çözülürse,

$$a = \frac{1}{t} \ln\left(\frac{C_o}{C}\right) \tag{4.2}$$

ve

$$t = \frac{1}{a} \ln\left(\frac{C_o}{C}\right) \qquad (4.3)$$

burada,

C_o : karışım konsantrasyonunun ilk değeri,

C : t zamanındaki karışımın konsantrasyonu,

a : dakikada hava değişme sayısına bağlı arındırma oranı,

t : alana duman girişinin durduğu vakit veya duman üretiminin durduğu zaman, dakika.

4.1.3 Hava Akışı

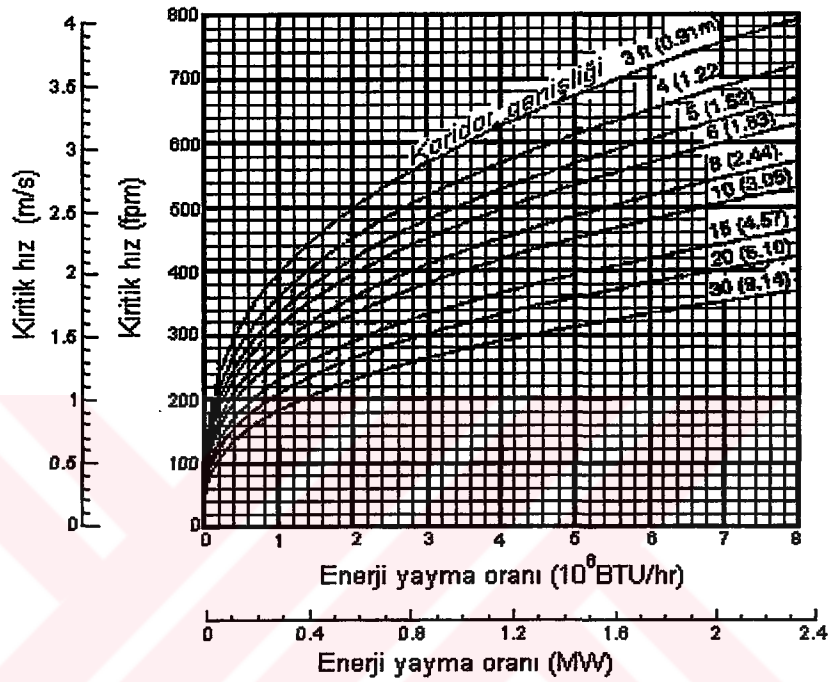
Hava akışının metrolarda, tren yollarında ve ana yol tünellerinde meydana gelen yangınlardaki duman kontrolünde geniş bir kullanımı vardır. Havanın büyük akış miktarları duman akışının kontrolü için gereklidir ve bu akış miktarı yangına ek oksijen sağlar. Bu karmaşık bir kontroldür ve binalarda hava akışı yaygın olarak kullanılmaz. Kontroldeki problem kapı kapalı olduğu zaman küçük miktarlarda akışın olması ve kapı açıldığı zaman ise akış miktarı hızla artmasının istenmesidir. Dahası, yaygın bir kabule göre hava akışı yangına oksijen sağlar. Bu kısımda hava akışı ile duman kontrolünün ana hatları verilmiştir,yukarıda bahsedilen nedenden dolayı bu yöntem önerilmemektedir. Bu yöntem sadece yangın bastırıldığı zaman veya yakıtın yayılmasının engellendiği durumları için uygundur [5].

Yapılan çalışmalar sonucu duman ters akışını yangının değişik boyutları için engelleyen kritik hava hızları şekil 4.1.'de gösterilmiştir.

4.1.4 Kaldırma Gücü

Sıcak yanma gazlarının kaldırma gücünü zorlanmış ve zorlanmamış havalık sistemlerine baş vurarak engellenebilir. Zorlanmış havalık sistemi geniş alanlar için yaygın olarak kullanılır. (Örneğin atrium ve kapalı çarşılar). Diğer durumda sprinkler akışı dumanı soğutur, kaldırma gücünü azaltır ve sistem etkisini kaybeder.

Sprinkler akışı dumanı kuşkusuz soğutmaktadır, fakat ne dereceye kadar soğutma yapıp zorlanmış havalığı etkisizleştirir bu nokta sıcaklığı 800°C dolaylarında oluşmakta, yangın katının koridor sıcaklığı 140°C ve diğer kısımlarda ise sıcaklık 20°C seviyelerinde seyretmektedir [44].



Şekil 4.1. Duman ters akışını engellemek için gerekli kritik hava hızları.

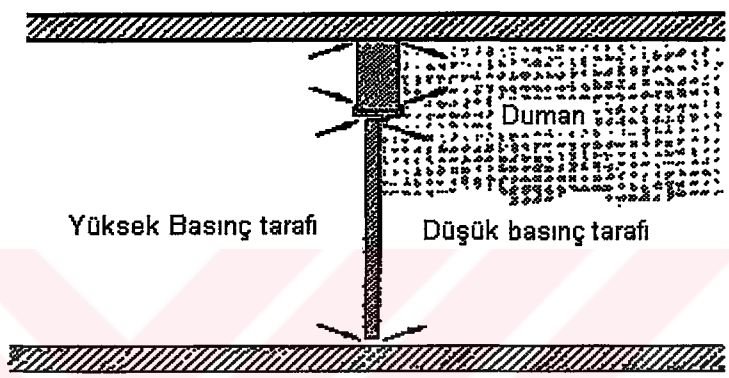
4.1.5 Basınçlandırma

Basınçlandırmayı sağlamak için kullanılan sistemler mekanik fanlardan oluşur. Şekil 4.2 de görüldüğü gibi bariyerin iki tarafındaki basınç farkı duman hareketinin kontrol eder [21]. Burada bariyeri kapı oluşturuyor. Kapının yüksek basınç tarafı sığınak alanı veya kaçış yolunu temsil etmekte, alçak basınç tarafı ise yangından gelen dumanlı kısım olmaktadır. Kapının çevresindeki boşluklardan ve yapının çatlakları içinden geçen hava akışı yüksek basınç tarafına duman sızıntısını önlemektedir. Bariyeri oluşturan kapı açıldığı zaman, hava akışı olur. Hava hızı düşük olduğu zaman, duman akışı hava akışının ters yönünde sığınak alanlarına veya kaçış yollarına

doğru olur. Şekil 4.3.'de görülen, ters yönlü duman akışı yeterince büyük hava hızı ile önlenebilir (şekil 4.4.) [21]. Ters akışı önlemek için gerekli hızın büyüklüğü yangının enerji yayma oranına bağlıdır.

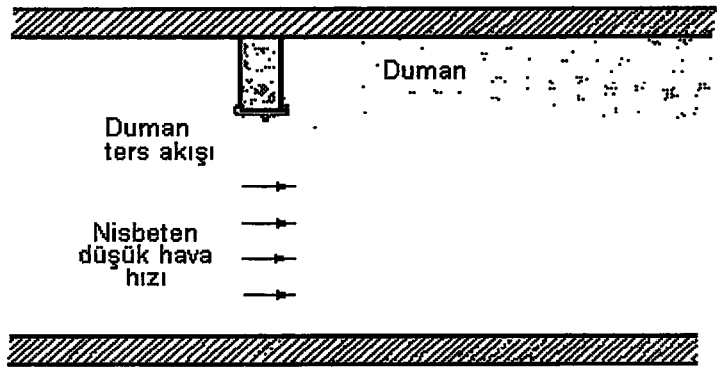
Duman kontrolünde 2 prensip vardır. Bunlar,

- Bariyerin iki tarafındaki basınç farkı duman hareketlerinin kontrolünde önemli rol oynar.
- Yeterince büyük ortalama hızdaki hava akışı tek başına duman hareketlerini kontrol eder.



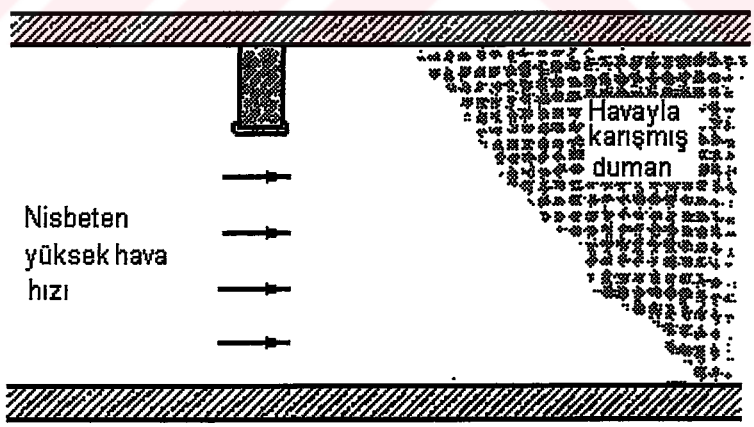
Şekil 4.2. Bariyerin yüksek basınç tarafına duman sızıntısını engellemek için kullanılan bariyerli duman kontrol sistemindeki bariyer üzerindeki basınç farkı.

Basınçlandırma sonucunda kapı etrafındaki küçük boşluklarda ve yapı çatlakları içinde yüksek hızlı hava akışı olur. Böylece, bu açıklıklardan dumanın ters akışı önlenmiş olur. Bundan dolayı, bu iki prensibin bir biriyle sıkı bir fiziksel bağı vardır. Bununla beraber, duman kontrol dizaynlarında her prensibin avantajları ayrı ayrı incelenmiştir. Bariyer üzerinde bir veya daha fazla geniş açıklık varsa, hava hızının fiziksel çatlaklarda olduğu gibi, kapının etrafındaki gibi, dizayn ve ölçüm için kullanımı pratik değildir. Bu durumda, basınç farkının fiziksel değeri alınır. Buna mutakip eğer açıklıklar küçük aralıklar ise, kapının etrafındaki gibi, hava hızının dizayn ve ölçüm için kullanımı pratiktir. Bu iki prensibin önemi sahip oldukları farklı özellikler ile sağladıkları avantajların üzerinde durulursa bu farklı özelliklerin açık ve kapalı kapıların için verilmiş olmasına bağlıdır



Şekil 4.3. Açık kapı içerisinde düşük hızlı hava akışını yenen dumanın ters yöndende akışı

Basıncın yayılması bir problem yaratmaz, basınçlandırma sistemi dumanın dış tarafa doğru atılması için dizayn edilir. Bu yollar olabildiğince basit olmalıdır, asansör şaftının üstündeki havalık gibi, veya egzost fanları ile yapılan tahliye gibi. Dış kısıma bağlantı sağlayan açıklıklar olması önemlidir. Basınçlandırma sistemleri genelde yangınlarda merdiven kovalarının basınçlandırılmasında ve bölgesel duman kontrolü de kullanılır. Asansör duman kontrolü daha az yaygındır.



Şekil 4.4. Yüksek hızlı hava akışlarında açık kapıdan ters yönde akış yok

4.2 HAVA AKIŞI ve BASINÇ FARKI

Çatlak, aralık, veya diğer açıklıkların iki tarafındaki basınç farkı sonucu yüksek basınçtan düşük basınca bir akış olur. Birçok farklı

eşitlik akışkan akış oranı ve basınç farkı arasında ilişkiyi ifadede kullanılır. Burada hava ve dumanın bina içinde akışları incelenecek. Bu kısmıda bazı genel eşitlikler ele alınacak, dahası kapıların etrafındaki aralıklardan olan akışlar incelenecektir. Çatlak veya başka bir açıklığın içinden olan akış şu genel fonksiyonla ifade edilebilir [28].

$$Q = f(\Delta P) \tag{4.4}$$

burada,

Q : hacımsal akış miktarı (debi) yol içinden,

ΔP : yolun iki yanındaki basınç farkı.

f fonksiyonu özellikle açıklığın geometrisine ve Reynolds sayısına bağlıdır. Reynolds sayısı ise,

$$\mathrm{Re} = \frac{D_h V}{\upsilon} \tag{4.6}$$

burada,

D_h : akış yolunun hidrolik çapı,

V : akış yolu içindeki ortalama hız,

υ : kinematik viskozite.

$$D_h = \frac{4A}{Ç_{islak}}$$

burada,

A : Akış yolu kesit alanı,

$Ç_{islak}$: akış yolunda ısılatılan çevre.

örneğin, dairenin hidrolik çapı dairenin çapına eşittir, ve karenin hidrolik çapı ise karenin bir kenarına eşittir

Kapıların etrafındaki uzun dikdörtgensel aralık için, hidrolik çap aralık kalınlığıdır (D_h=a, aralık kalınlığı). Reynolds sayısı genelde kinetik kuvvetlerin viskoz kuvvetlere oranı ile ilgilidir. Daha sonraki kısımlarda değişik yaklaşımlar akışta esas etkiyi yapan baskın

kuvvetlerin viskoz kuvvetler, kinetik kuvvetler, veya her ikisi olduğu durumlar için incelenecektir.

Basınç farkı ise aşağıdaki şekilde ifade edilebilir,[28]

$$\Delta P = P_i - P_o + \rho g(z_i - z_o) \tag{4.7}$$

burada,

P_i : yolun giriş basıncı,

P_o : yoldan çıkış basıncı,

ρ : yol içindeki gazın yoğunluğu,

z_i : yolun giriş yüksekliği,

z_o : yoldan çıkış yüksekliği,

g : yer çekim ivmesi.

(4.4) ve (4.7) eşitlikleri akış yollarında sabit yoğunluk, sabit giriş ve çıkış basınçları, sabit giriş ve çıkış yüksekliklerindeki durum içindir. Bu çalışmada sıcak yangın gazlarının akışlarının giriş ve çıkış basınçlarında yükseklikle önemli oranda değişmeler olmasına rağmen dikkate alınmamıştır [28]. Fakat, duman kontrol dizaynı için, akışların analizi normal binalar ve dış taraf sıcaklıkları ile sınırlanmıştır. Buna göre, bu incelemede duman kontrol analizi için genel binalardaki hava akışı özelliklerinin aynısı alınmıştır.

4.2.1 Dinamik Kuvvetler Akışta Hakim Olması

Büyük Reynolds sayıları için akış, yolun iki noktası arasındaki basınç farkının karekökü ile doğru orantılıdır [25]:

$$Q = K_o C A \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \tag{4.8}$$

burada,

Q : yol içinde geçen hacımsal akış miktarı, (m^3/s),

C : boyutsuz akış katsayısı,

A : akış alanı, (m^2),

ΔP : yolun iki noktası arasındaki basınç farkı, (Pa),

ρ : yol içindeki gazın yoğunluğu, (kg/m^3);

K_o : katsayı, (1.00).

Akış alanı yolun kesit alanından farklı olabilir, bu daha sonraki bölümlerde incelenecektir. Dinamik kuvvet akışa hakimse Reynolds sayıları yolun şekline bağlı olarak 2000 veya 4000 değerlerinden büyük olur [25]. Bu büyük Reynolds sayılarında, akış türbülanslı olmaya başlar. Türbülanslı akış için, verilen noktalardaki hızda kararsız artmalar gözle görülebilir ve akış rasgele olur.

(4.8) eşitliği yaygın olarak menfez "orifis" akış metrelerinde kullanılır buna bazen "orifis" eşitliği de denir. Bununla beraber, bu eşitlik yaygın olarak yine binalardaki hava akışının analizinde ve duman kontrol sistemlerinin analizi için kullanılır. Dahası, bu eşitlik bilgisayar programında duman kontrol sistemlerinin analizi için akış eşitliği olarak kullanılmıştır [29]. Çünkü (4.8) eşitliği Bernoulli eşitliğinin temelidir ve sık olarak kararlı durumlar için, sürtünmesiz, sıkıştırılamaz akışlarda kullanılır. Fakat, akış katsayısı viskoziteye bağlı sürtünme kayıplarını ve dinamik kayıpları içerir. Akış katsayısı Reynolds sayısına ve akış yolunun geometrisine bağlıdır. Kapıların etrafındaki aralıklarından akışlarda ve yapının çatlaklarından olan akışların şartlarına bağlı olarak katsayı genelde 0.6-0.7 değerleri arasındadır [29]. Standart hava yoğunluğu ρ = 1.20 kg/m^3 ve C = 0.64 için, yukarıdaki akış eşitliği şöyle ifade edilebilir

$$Q = K_f A\sqrt{\Delta P} \qquad (4.8.a)$$

burada,

Q : yoldan geçen hacımsal akış miktarı, (cm^3/s),

A : akış alanı (yine sızıntı alanı da denir), (m^2),

ΔP : yolun iki tarafı arasındaki basınç farkı, (Pa),

K_f : katsayı, (0.839).

(4.8.a) eşitliği standart sıcaklıkta 21 °C ve standart atmosferik basınçta 101 kPa akış miktarını verir. Genelde, hacımsal akışlar

standart hacımsal akış miktarı olarak düzeltilir. Kütle akış miktarının standart yoğunluğa bölünmesiyle standart hacımsal akış miktarı bulunur. Bu daha kullanışlı olmaktadır, çünkü bu mühendislere kullandıkları terimlerden volumetrik akış oranı eşitliğine tekabül etmektedir. Dahası, bu standart akışlardan kütle akış oranları elde edilebilinmektedir, çünkü sadece bir sabit kadar kütle akış oranıdan sapma vardır.

(4.8) ve (4.8.a) eşitlikleri duman kontrol sistemlerinin analizinde bu çalışmada yaygın olarak kullanılmıştır. Normal yapılan binalar için, bu eşitlikler tüm duman kontrol hesapları için önerilmektedir. "Normal yapılı bina"'dan kasıt en az sıkı bir duvar ve sızıntılı kat ve contalanmış veya iç kapıların aralıkları tıkanmamıştır olan bina demektir. Duvarların ve döşemelerin sıkı sızıntıları (Sızıntı miktarı çok az) akış alanları kısmında incelenecektir. Bu kısımda sunulan akış eşitlikleri yaygın olmayan çok sıkı yapılar içinde kullanılır.

4.2.2 Viskoz Kuvvetlerin Akışta Hakim Olması

Düşük Reynolds sayıları için akış, basınç kaybı ile doğru orantılıdır. Viskoz kuvvetlerin hakim olduğu akışlarda Reynolds sayısı 100 ile 1000 arasındadır ve özellikle akış yolun geometrisine bağlıdır. Düzlemsel Poiseuille akışının tam çözümü Navier-Stokes eşitlikleri viskoz akışkanın iki paralel sonsuz uzun levha arasındaki akış içindir. Şekil 4.5'de görüldüğü gibi levhalar arasındaki hız dağılımı paraboliktir. Akışkan hızının değişimi sadece akışın düşey doğrultusundadır ve bu tip akışlara laminer akış denir. Ortalama hız, V, düzlem Poiseuille akışı basınç kaybı (dP/dx) ile orantılıdır [30].

$$V = -\frac{a^2}{12\mu}\frac{dP}{dx} \qquad (4.9)$$

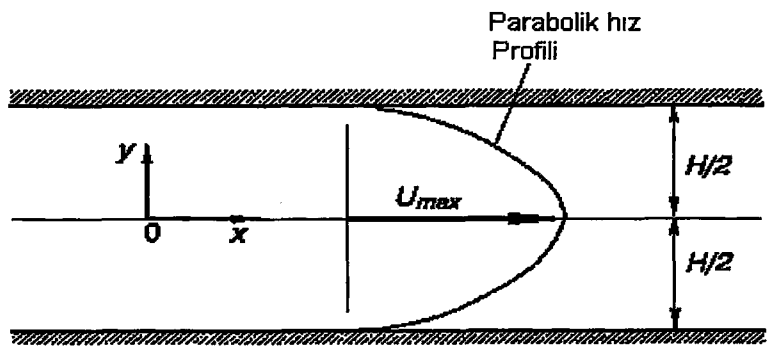
burada,

a : levhalar arasındaki mesafe (boşluğun kalınlığı),

μ : mutlak vizkositye,

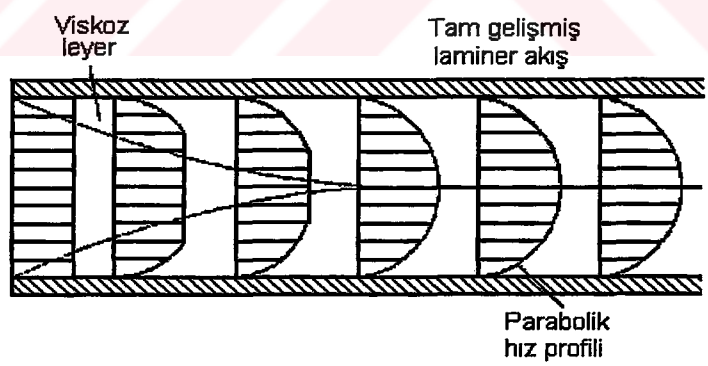
P : basınç.

Şekil 4.6.'de görüldüğü gibi binalardaki gerçek boşluklar (aralıklar) sonsuz uzunlukta değildir, ve parabolik akış profilinin kurulabilmesi için bazı mesafelere ihtiyaç vardır. Burada meydana gelen birim basınç kayıpları (dP/dx) tamamen gelişmiş parabolik akışta olandan daha büyüktür [31-34].



Şekil 4.5. İki paralel düzlem arasında Poiseuille akışı için parabolik hız profili.

Dahası, giriş ve çıkış kayıpları dış kısımdaki açıklıktan olan akışlara bağlıdır. Düzlem Poiseuille akışındaki bu yanılma anlamlı olabilmekte ve hesaplanabilmektedir.



Şekil 4.6. Dar aralıklar içerisinde laminer akışın oluşumu.

4.2.3 Eksponansiyel Akış Eşitliği

Viskoz ve kinetik kuvvetlerin hakim olduğu akışlar arasına yerleştirmek için, yaygın olarak binalar içindeki hava akışlarının analizlerinde eksponansiyel ilişkiler kullanılır.

$$Q = C_e(\Delta P)^n \qquad (4.10)$$

burada,

Q : Volumetrik akış, (m^3/s),

C_e : eksponansiyel akış eşitliği için akış katsayısı, ($m^3\ s^{-1}\ Pa^{-n}$),

ΔP : akış yolunun iki noktası arasındaki basınç farkı, (Pa),

n : akış üsteli, boyutsuz.

Yukarıdaki incelemeden de anlaşılacağı gibi, akış üsteli, n, değişimi 0.4 ile 1 arasındadır [32]. (4.10) eşitliği sadece akış ve basınç farkı arasında yaklaşık bir ilişkidir ve C_e ve n değerleri ΔP değerine bağlıdır. Bu eşitliğin binaların birçok küçük çatlakları içinde düşük seviyedeki basınç farkları için akışların değerlendirilmesinde kullanışlı olduğu ispatlanmıştır. Fakat, bu eşitlik akış yolunun geometrisi ile direk ilişkili değildir, (4.8) ve (4.9) eşitliklerinde olduğu gibi C_e değeri özellikle akış yolları için ampirik olarak hesaplanmıştır.

Binalardaki hava akış analizi için, iç yollarda ki üstel genelde 1/2 olur, dış duvarlar üsteli ise 0.6 ile 0.64 arasında değişir. Birçok duman kontrol dizaynı ile ilgili basınç farklarının da özellikle iç taraf yollarında göz önüne alınan, 1/2 tüm akış üsteli olarak kullanılır. Sonuç olarak 1/2 değeri duman kontrol dizayn çalışmaları için kullanımı tüm üsteller için normal yapılı binalarda kabul edilir sonuçlar vermektedir [35].

4.2.4 Boşluklar (Aralıklar) İçinden Geçen Akış

Yapılan deneysel çalışmalar sonucu değişik geometrideki boşluklardaki sızıntı geçişleri için genel bir yaklaşım bulunmuştur. Geliştirilen analizde iki boyutsuz grup arasında fonksiyonel ilişki kurulmuştur [23].

$$NQ = \mathrm{Re}\left(\frac{a}{x}\right) \qquad (4.11)$$

ve

$$NP = \frac{\Delta P D_h^2}{\rho \upsilon^2}\left(\frac{D_h}{x}\right)^2 \qquad (4.12)$$

burada,

NQ : boyutsuz akış miktarı (debi),

NP : boyutsuz basınç farkı,

Re : Reynolds sayısı, boyutsuz , akışa dik yönde ,

a : boşluk (aralık) kalınlığı içindeki prependicular (dik) yönünde akış,

x : akış yönünde boşluk derinliği,

ΔP : boşluğun her iki tarafındaki basınç farkı,

D_h : hidrolik çap, $D_h = 2\ a$,

ρ : boşluğun içindeki gazın yoğunluğu,

ν : kinematik viskozite, (m^2/s).

Gross ve Haberman (1971)'de Miller ve Han analitik metodunu kullanarak düzgün küçük (dar) yarıklar içerisinde tam gelişmiş akış oluşmadan önce giriş kısmında oluşan basınç kayıplarını hesaplamışlardır. Delik içinden akış 3 bölgeye ayrılır [2]. Bu bölgeler için eşitlikler ise,

Bölge 1 (Viskoz hakim olduğu , NP ≤ 240 için):

$$NQ = 0.01042\ NP \qquad (4.13)$$

Bölge 2 (Geçiş , 240< NP < 10^6 için) :

$$NQ = 0.016984\ NP^{\alpha} \qquad (4.14)$$

burada,

$\alpha = 1.01746 - 0.044181\ \log(NP)$,

Bölge 3 (Kinetik hakim olduğu , NP ≥ 10^6 için):

$$NQ = 0.555\, NP^{\frac{1}{2}} \qquad (4.14)$$

Bölge 1 ve 3 için eşitlikleri Gross ve Haberman geliştirmiş, ve viskoz kuvvetlerin hakim olduğu bölge 1 ve kinetik kuvvetlerin hakim olduğu bölge 3'de üsteller tahmin edilebilir. Bölge 2 geçiş olup değer iki bölgenin arsındadır. Gross ve Haberman'ın bölge 2 için analizi karmaşıktır. (4.14) eşitliği Forney (1989) tarafından Gross ve Haberman analizine yaklaşık olarak geliştirilmiştir. Forney yaklaşımı yüzde 6 oranında daha hassas ve karmaşık bir analizdir. Forney yaklaşımının avantajları, noktaların bittiği yerlerde diğer iki bölge için ifadeler devam etmektedir. Bu özellikle bilgisayar çözümü için çok cazip olmaktadır. (4.6) ve (4.11) eşitlikleri birleştirilerek küçük yarık içerisinden düz geçiş halinde hacımsal akış miktarı için bir ilişki elde edilebilir [2].

$$Q = K_q \upsilon x \frac{LNQ}{D_h} \qquad (4.16)$$

burada,

Q : hacımsal akış miktarı (debi), (m^3/s),

ν : kinematik viskozite, (m^2/s),

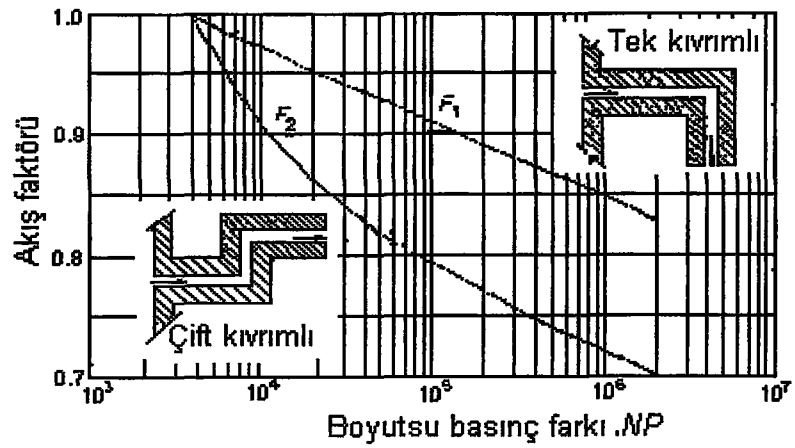
x : akış yönünde boşluk derinliği, (m),

L : boşluğun boyutu, (m),

D_h : hidrolik çap, $D_h = 2a$,

K_q : katsayı, (1.00).

Genellikle kapı etrafında bir veya daha fazla sayıda kıvrımlar ve küçük yarıklar vardır. Tek ve çift kıvrımlı boşluklar (küçük kıvrımlar) için, boyutsuz akış, NP, düz boşluk içinden akış faktörleri F_1 ve F_2 (F1 tek kıvrımlı boşluklar için ve F2 çift boşluklar için) ile çarpılarak elde edilir. Bu akış faktörleri şekil 4.7.'da verilmiştir [2].



Şekil 4.7. Tek ve çift kıvrımlı boşlukları olan kapılar için akış faktörü.

4.2.5 Akış Alanları

Duman kontrol sistemlerinin dizaynında, hava akış yolları belirlenmeli ve değerlendirilmelidir. Kapalı kapıların etrafındaki boşluklar, açık kapılar, asansör kapıları, pencereler, ve hava transfer ızgaraları gibi bazı sızıntı yolları aşikardır. Yapı çatlakları bina duvarlarında ve katlarda daha az bellidir, fakat önemi daha az değildir.

Genel geniş açıklıklardaki akış alanı, açık pencereler gibi, kolayca hesaplanır. Bununla beraber, çatlakların akış alanlarının değerlendirilmesi daha zordur. Bu tip sızıntı yollarının alanları işçiliğine bağlıdır. Kapının veya hava pervazlarının iyi monte edilip edilmediği oldukça önemlidir. Bu alanların hesabında (4.8) eşitliği C'nin 0.65 değeri için kullanılır [33-36].

Ticari binalardaki duvar ve döşemelerdeki tipik sızıntı alanları tablo 4.1.'de listelenmiştir [2]. Bu verilen değerler ortalama değerler olup, gerçek sızıntı alan tam olarak yansıtmamaktadır, bunun nedeni ise sızıntı alan değerleri üzerindeki en büyük faktörün işçilik kalitesine bağlı olması, yapıda kullanılan malzeme tipinin ise sızıntı alanları değerinin değişimi üzerindeki etkisi çok daha az olmaktadır.

Cressi (1973) açık merdiven kovası kapı girişlerinin içinde sabit vortekslerin olduğunu bulmuştur. Bunun sonucunda açık kapı girişlerinin içindeki akış da kapı girişinin geometrik alanı akış alanı

olarak (4.8) eşitliğinde kullanıldığında hesaplanan akışa göre oldukça düşüktür. Bu araştırmanın temelinde, açık merdiven kovası kapı girişlerini akış alanı olarak kapı girişinin geometrik alanının (kapı yüksekliği çarpı genişliği) yarısının alınması tavsiye edilir [35]. Açık merdiven kovası kapıları için alternatif yaklaşım ise geometrik alanı akış alanı olarak alıp akış katsayısını küçültmektir.

Tablo 4.1. Yüksek binalar için duvar ve döşemelerdeki tipik sızıntı alanları:

Yapı Elemanı :	Sıkılığı:	Alan Oranı[1] (A/A_{du})
• Bina dış duvarı[a] (Yapının,pencere ve kapıları etrafındaki çatlaklar da dahil.)	Sıkı	$0.7x10^{-4}$
	Orta	$0.21x10^{-3}$
	Gevşek	$0.42x10^{-3}$
	Çok gevşek	$0.13x10^{-2}$
• Merdiven kovası duvarları[a] (Yapının çatlakları dahil fakat kapı ve pencere etrafındakiler değil.)	Sıkı	$0.14x10^{-4}$
	Orta	$0.11x10^{-3}$
	Gevşek	$0.35x10^{-3}$
• Asansör şaft duvarları[a] (Yapının çatlakları dahil fakat kapı ve pencere etrafındakiler değil.)	Sıkı	$0.18x10^{-3}$
	Orta	$0.84x10^{-3}$
	Gevşek	$0.18x10^{-2}$
• Döşemeler[b] (Yapıdaki çatlaklar ve etrafındaki sızıntı boşlukları dahil.)		$A/A_{döş}$
	Sıkı	$0.66x10^{-5}$
	Orta	$0.52x10^{-4}$
	Gevşek	$0.17x10^{-3}$

[1]: Duvar için, alan oranı: duvardaki sızıntı alanının toplam alana bölünmesiyle bulundu. Döşemelerde ise, alan oranı: döşemedeki sızıntı alanının toplam döşeme alanına bölünmesi ile bulunmuştur.

[a]: Akış alanları 75 Pa değeri için çıkarılmıştır.

[b]: Akış alanları 25 Pa değeri için çıkarılmıştır.

A: Sızıntı alanı.

A_d:Duvar alanı.

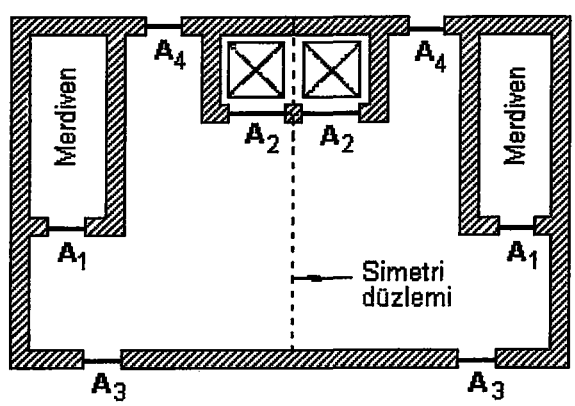
$A_{döş}$:Döşeme alanı.

Burada alternatif yaklaşım burada kullanılmamıştır, çünkü bu (4.8.a) eşitliğini direk kullanılmasına izin vermez.

Havalık akış alanının hesaplanması her zaman kolay değildir. Çünkü havalık yüzeyi genelde bir filtreyle kaplanmıştır. Böylece akış alanı havalık alanından (havalık yüksekliği çarpı genişliği) daha azdır. Çünkü filtrenin gözenekleri genellikle meyilli olmakta, akış alanının hesaplanması daha karmaşık olmaktadır. Üreticilerden verilerin alınmasına çalışılması özel bilgiler için gereklidir.

4.2.6 Simetri

Simetri kabulü problemlerin basitleştirilmesinde kullanılarak çözümü kolaylaştırır. Şekil 4.8.'da gösterilen çok katlı binanın kat planı simetri düzleminden yarıya bölünebilir [8]. Düzlemin bir tarafındaki akış alanı diğer taraftakine eşittir. Eğer basınçlar ve akışlar bir taraf için çözülmüşse, diğer taraf da biliniyor demektir. Binada simetriye başvurulursa, her kat aynı şekilde simetri düzleminden bölünebilmelidir. Eğer rüzgar etkisi analize dahil edilmişse, rüzgar doğrultusu simetri düzlemine paralel olmak zorundadır. Binanın geometrik olarak simetrik olması gerekmez, sadece akış yönü için simetrik olmalıdır [8].



Şekil 4.8. Simetri özelliği olan kat planı.

4.2.7 Kapı Açma Kuvvetleri

Kapı açma kuvvetleri duman kontrol sistemlerindeki basınç farklarının oluşumuna bağlıdır ve her dizaynda dikkate alınmalıdır. Sebepsiz yere yüksek kapı açma kuvvetlerinin gerekliliği kullanıcıyı zor durumda bırakır veya kapıyı açamamasına neden olup sığınak alanında veya kaçış yolunda kalmasına sebep olur.

Şekil 4.9. duman kontrol sistemindeki kuvvetlerin diyagramıdır [36]. Temel statikten, momentlerin toplamı serbest cisim için sıfırdır. Şekil 4.9.'da gösterilen kapıda, menteşede momentlerin toplamı ise

$$M_r + A\Delta P\left(\frac{W}{2}\right) - F(W-d) = 0 \qquad (4.17)$$

burada,

F : toplam kapı-açma kuvveti, (N),

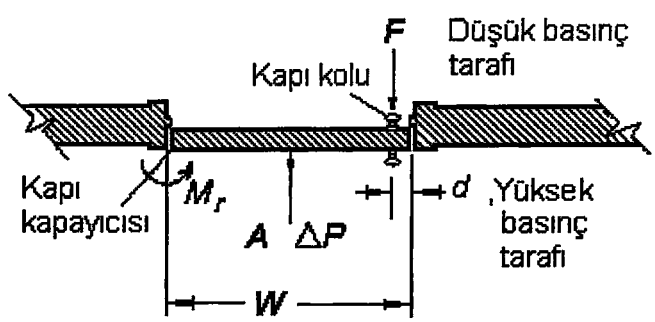
M_r : kapı kapayıcısının ve diğer sürtünmelere ait moment, (N.m),

W : kapı genişliği, (m),

A : kapı alanı, (m^2),

ΔP : kapının ortasındaki basınç farkı, (Pa),

d : kapı kolundan kapının kolunun olduğu noktadan çerçeveye kadar olan mesafe,(m).



Şekil 4.9. Duman kontrol sisteminde kullanılan kapı üzerinde oluşan kuvvetler diyagramı.

Buradaki moment kapı kapayıcısı veya sürtünme kuvvetlerine bağlı menteşedeki tüm momentleri içeren sürtünmeyi yenmelidir [17]. Menteşe sürtünmesinin yenmesi için kapı koluna uygulanan kuvvet

yaklaşık 2.3-9 N değerleri arasındadır. Bazı hatalı montajlı kapılarda çerçeveler sürter ve sonuçta oldukça yüksek kapı açma kuvvetleri gerekir. Bileşke kuvvet, F_r , kapı kolu kapı kapayıcısını ve diğer sürtünmeleri yenmelidir.

$$F_r = \frac{M_r}{(W-d)}$$

Bu ifade (4.17) eşitliğinde yerine konulursa aşağıdaki ifade elde edilir.

$$F = F_r + \frac{WA\Delta P}{2(W-d)} \qquad (4.18)$$

burada,

F : toplam kapı açma kuvveti, (N),

F_r : kapı kapayıcısı ve diğer sürtünmeleri yenen kuvvet, (N),

A : kapı alanı, (m^2),

ΔP : kapının ortasındaki basınç farkı, (Pa),

d : kapı kolundan kapı kolunun olduğu noktadan çerçeveye olan uzaklık, (m).

Bu ilişkide kapı açma kuvvetinin kapı koluna uygulandığı kabul edilmiştir. Bu kuvvet kapı kapayıcısını yenmek için 13 N dolaylarında olur ve bazı durumlarda ise, 90 N'a kadar çıkmaktadır [9]. Uygulamada kapı kapama kuvvetinin değerlendirilmesine dikkat edilmelidir, çünkü kuvveti kapayıcı oluşturur kapı kapatıldığı ve açıldığı zamanlarda genelde gerekli yenme kuvveti farklı olur. Birçok kapı kapayıcıları ilk pozisyonlarda açma kısmında daha az kuvvete, tam açılmış durumlarda ise daha fazla kuvvete gerek duyar. Bu incelemede, kapı kapayıcısı ve sürtünmeyi yenen kuvvet açma işleminin ilk pozisyonlarındaki kuvvettir. Şekil 4.9. deki kapı 2.13 m yüksekliğinde olup topuzu kenardan 0.076 m içerde yerleştirilmiştir. Bu durum için basınç farkının bileşeni olan kapı açma kuvveti hesaplanabilir.

4.2.8 Dizayn Basınç Farkları

Duman kontrol sistemlerinde bariyerlerinin iki tarafı arasında basınç farklarını (uygun olan) izin verilen maksimum ve minimum değerlerinin her ikisininde dikkate alınır. NFPA 92 A da önerilen değerler bu kısımda incelenecektir. Maksimum izin verilen basınç farkının değeri aşırı açma kuvvetine sebep olmamalıdır. Kuvvet özellikle insanlar tarafından uygulanıyorsa kapıyı açmada insan gücüne, topuzun konumuna, yerle ayakkabı arasındaki sürtünme katsayısına, kapının itme veya çekme olmasına bağlıdır.

Read ve Shipp (1979) kapı kuvvetleri üzerinde çalışmışlar, ve sundukları güç verileri çok genç (4-6 yaşlarında) ve yaşlılar (60-74 yaşlarında) içindir. Burada %40 itme gücü çok küçük kız çocukları için sadece 29 N ve %40 itme kuvveti yaşlı bayanlar için sadece 91 N'dur [2]. % 40 itme kuvveti sağlıklı erkek yetişkinlerde ise 200 N . Bu kuvvetler derecelendirilmiş, ve ani kuvvet uygulama metodunda "Jerk" bulunan sonuçları içinde ulaşılan en yüksek kuvvet 780 N'dur. Bu itme kuvvetleri bir elle ve cisimler ileriye doğru dayanmadan uygulanabilen kuvvettir. İtme kuvveti dayanarak ileriye doğru, iki elle itmede halinde artmakta ve 642 N'a kadar ulaşmaktadır.

Can güvenliği kodunda "Life Safety Code" (NFPA 1991c) kısım 4.2.1.4.4. kaçış yolu üzerinde olan herhangi bir kapıyı açmak için gerekli gücü 133 N aşmaması gerektiği belirtilmiştir. Read ve Shipp'in verileri temel alındığında, görüldüğü gibi 133 N birçok kullanıcı için limit kuvveti oluşturur, fakat olayların uygulama anında bina kullanıcıları itme ve çekme güçleri düşük seviyede de olmaktadır. 133 N ile sınırlanmış olan kapı açma kuvveti, izin verilen maksimum basınç farkı içindir.

Duman kontrol sistemlerinin dizaynında kabul edilen minimum değer ise, baca ve rüzgarın etkisinde olan yangın bulunmayan bina (Genel bakım veya sistemi devreye alma testleri gibi) içindir. NFPA92A'nın önerdiği minimum dizayn basınç fark değerleri tablo4.2.'de verilmiştir. Sprinkler bulunmayan alanlarda sıcak gazların kaldırma gücü minimum değerce basıtırılamayabilmektedir. Sprinklersiz binalar için değerler (3.22) eşitliğinde gaz sıcaklığı 927°C

nötral düzlem döşemeden tavana olan yüksekliğin 2/3'ü seviyesinde ve rüzgar emniyet katsayısı 7.5 Pa değerleri için hesaplanmıştır.

Tablo 4.2. Dizayn İçin Önerilen Minimum Basınç Değerleri [1]

Bina Tipi	Tavan yüksekliği (m)	Dizayn Basınç Farkı (Pa)
AS	Herhangi bir değer	12.4
NS	2.7	24.9
NS	4.6	34.8
NS	6.4	44.8
AS : Sprinklerli bina tipi. NS : Sprinkler olmayan bina tipi.		

4.3 MERDİVEN KOVASININ BASINÇLANSIRMA SİSTEMLERİ

4.3.1 Merdiven kovasının Basınçlandırmanın Genel Prensipleri

Basınçlandırma, korunmuş kaçış yollarını meydana getirecek şekilde yapılır. Korunmuş kaçış yolları merdiven kovaları, lobiler ve bazı durumlarda koridorları kapsar. İhtiyaca göre bu yerlerden bir veya daha fazlası basınçlandırılarak tatmin edici bir duman kontrolü sağlanmaya çalışılır [37].

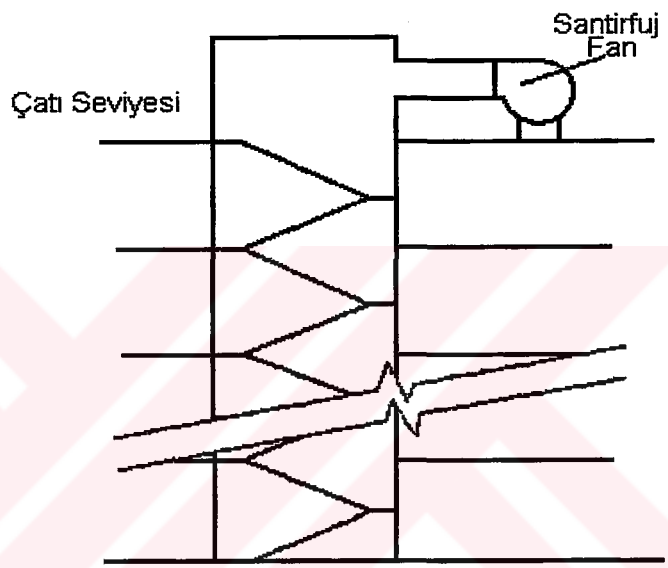
4.3.2 Tek Kademeli ve Çift Kademeli Basınçlandırma

Tek kademeli sistemde basınçlandırma sistemi yalnızca acil durumlarda devreye girer. Alternatif olarak uygun alanların düşük seviyede devamlı basınçlandırılması normal havalandırmanın bir parçası olarak düşünülebilir. Bu durumda, acil işletim sırasında artan basınç seviyesini karşılayacak önlemlerin alınmasını gerekir. Bu tip sistemlerde de çift kademeli sistem denir [38].

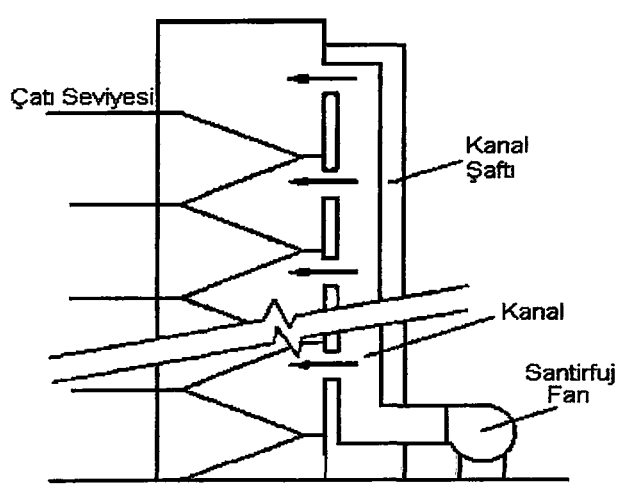
Genellikle çift kademeli sistem tercih edilir. Çünkü sistemin ilk adımı devamlı çalıştığından yangının ilk aşamalarında duman yayılışı önlenir.

4.3.3 Tekli ve Çoklu Enjeksiyon

Tekli enjeksiyon sistemi besleme havasının merdiven kovasına tek bir noktadan verilmesi esasına dayanır. Şekil 4.13.'de görüldüğü gibi en yaygın tekli enjeksiyon şekli tepeden yapılandır [39]. Bu sistemde, basınçlandırılmış merdiven kovası içinde basınçlandırma fanı girişi üzerinden duman geri beslemesi olur. Bu yüzden herhangi bir olayda otomatik kapama yeteneği göz önüne alınmalıdır.



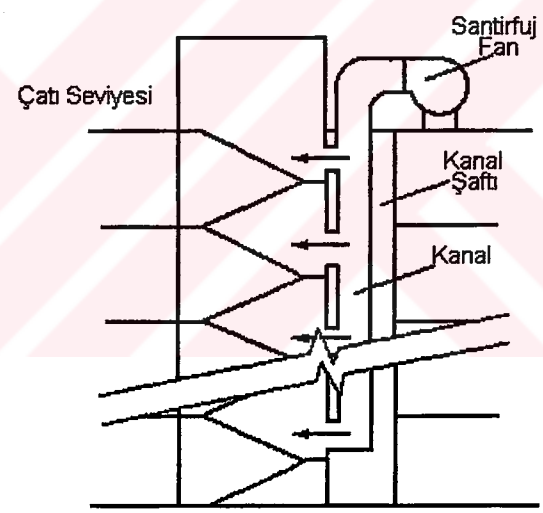
Şekil 4.10. Çatı seviyesine konmuş bir fanla tekli enjeksiyon şeklinde yapılan merdiven kovası basıçlandırması.



Şekil 4.11. Yer seviyesine konmuş bir fanla çoklu enjeksiyon şeklinde yapılan merdiven kovası basınçlandırılması.

Yüksek merdiven kovalarında, besleme noktası yakınlardaki birkaç kapı açıldığında tekli enjeksiyon yöntemi başarısız olabilir [40-43]. Tüm basınçlandırma havası bu açık kapılardan dışarıya kaçabileceğinden enjeksiyon noktasından uzak noktalarda pozitif (yeterli) basınç sağlanamaz. Bunu dikkate alan bazı duman kontrol tasarımcıları tekli enjeksiyon sisteminde yüksekliği 8 katla sınırlarken, diğerleri 12 kata izin vermektedir. 12 kattan fazlası için ise dikkatli bir tasarım önerilmektedir.

Alttan enjeksiyonlu sistemlerde dış kapının açılması sistemin başarısız olmasına neden olabilir. Bazen besleme havası açık giriş kapısından dışarıya kısa devre şeklinde bir sirkülasyon yapabilir. Tüm binalar için dış kapıların bir altından veya üstündeki kattan en az bir tanesinden besleme giriş menfezi bulunması tavsiye edilmektedir.



Şekil 4.12. Çatı seviyesine konmuş bir fanla çoklu enjeksiyon şeklinde yapılan merdiven kovası basınçlandırılması.

Şekil 4.11. ve Şekil 4.12.'deki iki örnek çoklu enjeksiyonlu sistemin tekli sisteme üstün geldiği durumlarla ilgilidir [40-43]. Şekil 4.11. ve Şekil 4.12.'de besleme kanalı ayrı bir şaft içinde gösterilmiştir. Ayrı bir kanal şaftı masrafından kurtulmak için, besleme kanalı merdiven boşluğu içine de yerleştirilebilir. Bu durumda kanalın binanın düzgünce boşaltılmasına engel olmamasına dikkate edilmelidir.

Açık kapılardan havanın kaçmasını engellemek için, çoklu enjeksiyon sistemi her katta besleme havası enjeksiyonu olacak şekilde inşa edilebilir. Bununla beraber sık enjeksiyon noktası gerekli olmayabilir. Enjeksiyon noktaları arasındaki en emniyetli mesafe hakkında birçok değişik fikir vardır. Bazı tasarımcılar iki enjeksiyon noktası arasındaki mesafenin 3 kattan fazla olmasını istemezken diğerleri 8 katı kabul edebilir. Aranın 3 kattan fazla olası halinde tasarımcılar açık kapılardan kaçan basınçlı havaya ilişkin bilgisayar analizlerinden yararlanırlar.

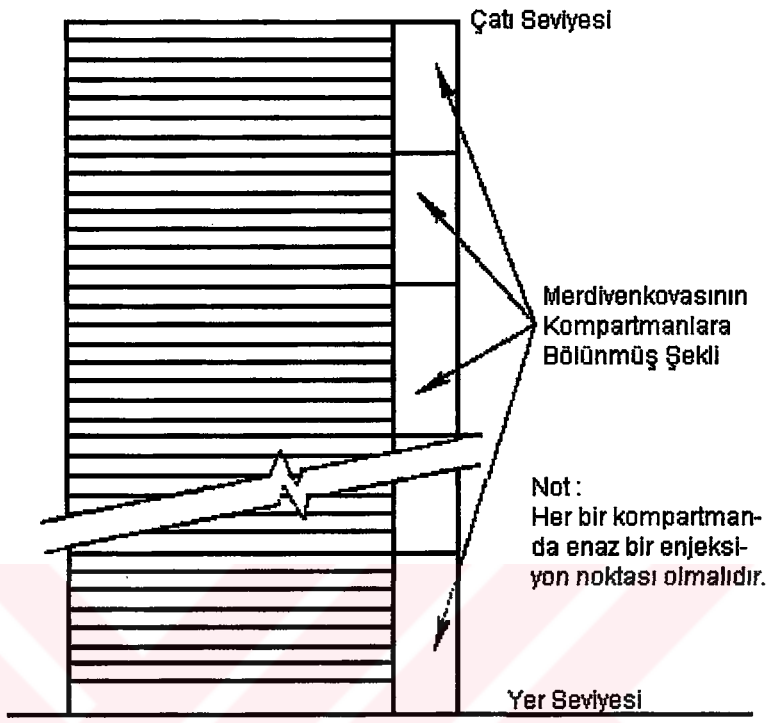
4.3.4 Bölmelendirme

Çoklu enjeksiyon sistemine bir alternatif merdiven kovasının Şekil 4.13.'da gösterildiği gibi bölünmesidir. Bölmeler normal kapanan kapılı duvarlarla ayrılır. Her bölmede en az bir enjeksiyon noktası vardır. Bölmelendirme deki ana avantaj tatmin edici basınçlandırma için çok uzun olan merdiven kovalarının bu yolla istenildiği gibi basınçlandırılabilmesidir. Dezavantajı ise merdiven kovasını bölümlere ayıran duvar ve kapılar yüzünden daha geniş bir alana ihtiyaç duyulmasıdır.
Bölmeler arasındaki kapı açıldığında bölme etkisi yok olur. Bu nedenle, bölme, yangın sırasında boşaltmanın merdivenle yapıldığı insan yoğunluğu fazla olan binalar için uygun değildir. Sistem bölmeler arasında maksimum açık kapı sayısı düşünülürerek çok yüksek binaların merdiven kovalarının basınçlandırılmasında bölmenin etkili bir anlamı olur. Bölmeler arasındaki maksimum açık kapı sayısına boşaltma analizleri yapılarak karar verilir [23].

4.3.5 Girişler

Basınçlandırılan merdiven kovasına giriş, basınçlandırılan veya basınçlandırılmayan alanlar üzerinden yapılır. Merdiven kovası çevresindeki ek engeller oluşturan girişler bina ile merdiven kovası arasında var olan açık kapı ilişkisini azaltabilir [8]. Boşaltma analizi

aynı anda açılması mümkün olan her iki giriş kapısını saptamak için yapılır.



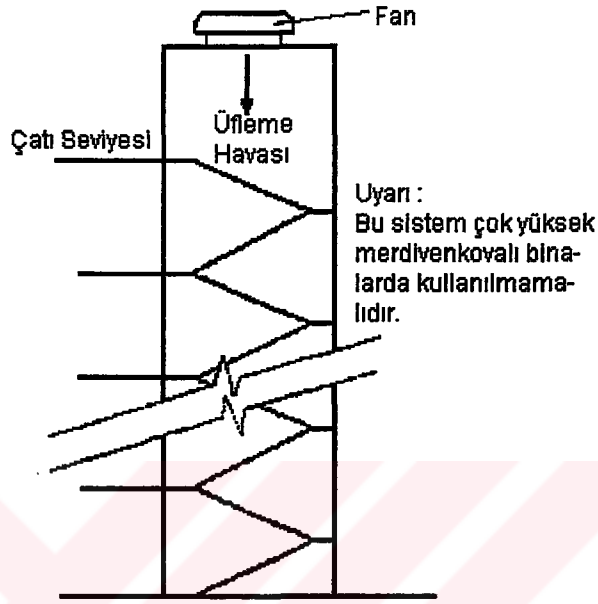
Şekil 4.13. Merdiven kovasının basınçlandırma esnasında kompartımanlara bölünmesi.

Merdiven kovasından kullanılan binaya etkili bir sızıntının olması haricinde basınçlandırılmamış girişi olan basınçlandırılmış bir merdiven kovasının analizi, girişi olmayan bir sistem analizinde kullanılan metotla aynıdır.

4.3.6 Besleme Havasının Sağlanma Şekli

Basınçlandırma sistemlerinde, merkezkaç fanlar basınçlı havayı merdiven boşluğuna basarlar. Ters yönde rüzgar etkisinden dolayı emme etrafındaki koruyucunun fan performansını etkileyeceğine dikkat edilmelidir. Bu şart özellikle uçak pervaneli fanlarda Şekil 4.14.'de gösterildiği gibi diğer fanlardan daha fazla belirginleşmektedir, bu yüzden bu tip fanların rüzgar korunaklı olması gerekmektedir [43]. Rüzgarın yatay bileşenlerinin düşey bileşeninden 10 kat

daha etkili olmasından dolayı duvara monte edilmiş uçak pervaneli fanlar rüzgar etkisine karşı daha hassastır. Bu yüzden duvara montajlı fanlar pratikte tercih edilmez. Duvara montajlı fanlar kullanıldığında rüzgar korunakları kullanılmalıdır.



Şekil 4.14. Çatıya yerleştirilmiş uçak pervaneli fanla yapılan merdiven kovası basınçlandırılması .

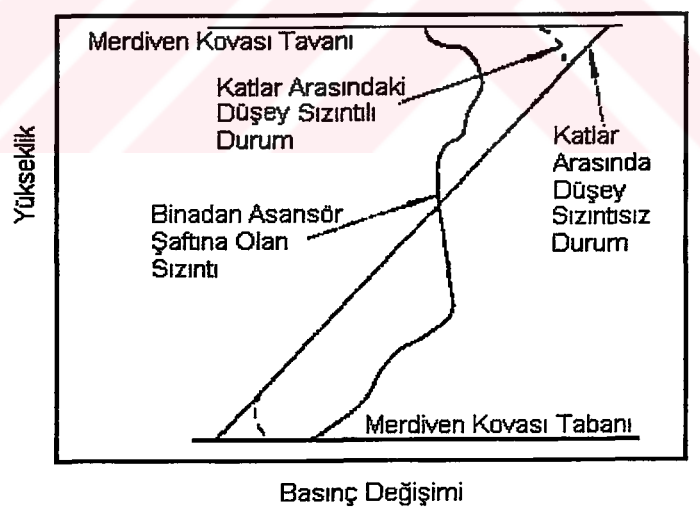
Dışarıda oluşan ve sonunda geri besleme sistemiyle besleme havası menfezlerine girebilecek olan duman akımı, yangın bölgesine, binaya sızıntı olabilecek olan noktaya, rüzgarın hızına ve yönüne, duman ile dışarıdaki hava arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. Bunalar dikkate alınarak kullanışlı bazı genel tavsiyeler yapılabilir [43]. Besleme havası menfezleri, egsoztlardan; duman şaftı, çatı dumanı ve ısı menfezlerinin dışarıya açılan yerlerinden; asansör şaftının açık menfezlerinden veya yangın sırasında dumanı kovabilecek diğer bina açıklıklarından ayrı olmalıdır. Duman çıkış yerleri bölgesel duman kontrol sistemlerinden dışarıya çıkışları da kapsamalıdır. İdealde bu ayrım mümkün olduğunca fazla olmalıdır. Sıcak duman yukarı yükseldiğinden kritik açıklıkların altına yerleştirilen besleme havası menfezlerine önem verilmelidir. Kullanılan yöntem besleme havası menfezlerini binanın altına yakın yerlere yerleştirmek ve dumanın çıkacağı yerleri çatı seviyesine yaklaştırmaktır. Diğer bir yaklaşım ise

besleme havası menfezlerini binanın bir tarafına, duman çıkış yerlerini binanın diğer tarafına ve çatı üzerine yerleştirmektir .

4.3.7 Merdiven Kovasında Basınç Profilleri

Bu kısımda dikey sızıntı alanı olmayan, iç ve dış sıcaklıkları farkı ile her kattaki sızıntı alanları aynı olan ve yapılan analiz kapsamı yalnızca bir basınçlandırılmış merdiven kovası olan binalar içindir [45-48]. Merdiven kovasındaki basınç değişimleri normalde merdiven kovası yüksekliğinin fonksiyonudur. Basınçlandırılmış yangın merdivenlerindeki basınç farklılıklarının analizi basınçlandırılmamış şaftların analizinden daha karışıktır.

Analizi koylaştırmak için binanın her katında aynı sızıntı alanının olduğu kabul edilmiştir [46]. Şekil 4.15.'de iç ve dış sıcaklıkları aynı, sızıntı karakteristikleri farklı 3 binaya yerleştirilmiş merdiven kovaları için basınç profilleri gösterilmiştir. Bu profiller dış sıcaklığın iç sıcaklıktan küçük olduğu kış mevsimi içindir.



Şekil 4.15. Değişik sızıntı karakteristiklerine sahip üç farklı binada yapılan merdiven kovası basınçlandırılmasında oluşan basınç profilleri.

Bina katları arasında düşey veya merdiven kovasına doğru bir sızıntı olmadığı kabulü ile yapılan merdiven kovası basınçlandırma sistemlerinde, oluşan basınç profili düz bir çizgi şeklindedir. Bu düz

çizginin eğimi dış taraf ile merdiven kovası arasındaki sıcaklık farkı ile binanın sızıntı alanlarına bağlıdır.

Şekil 4.15.'de en alt ve en üst katlar hariç olmak üzere katlar arasında sızıntı olan ve olmayan binaların basınçlandırılmış merdiven kovalarının tipik basınç profilleri verilmiştir. Sapma oranı, katlar arasındaki sızıntının büyüklüğü ile ilişkilidir. Basınç profili ise merdiven kovasındaki sızıntı alanlarına, asansör şaftına, dış duvarlara, binanın sıcaklığına, merdiven kovasına ve dış hava sıcaklığına bağlıdır.

Merdiven kovasında belli bir mesafedeki basınç değişimi diğer bir mesafedekinden fazla olabilir. Bu yüzden ortalama, maksimum ve minimum basınç farklılıklarına dikkat edilmelidir.

4.4 MERDİVEN KOVASINDA OLUŞAN BASINÇLARIN İNCELENMESİ

Genelde merdiven şaftındaki akışlarda sürtünmeler ihmal edilecek kadar küçüktür. Bu özellikle kapıları kapalı basit merdiven kovası sistemleri için doğrudur. Bu yüzden merdiven kovasındaki basınç hidrostatik kabul edilerek [2],

$$P_s = P_{tab} - K_\rho \rho_s y \qquad (4.19)$$

eşitliği yazılabilir. Burada,

P_s : merdiven kovasında tabandan itibaren y yüksekliğindeki mutlak hava basıncı, (Pa),

P_{tab} : merdiven kovasının tabanındaki mutlak hava basıncı, (Pa),

y : merdiven kovasının tabanı ile tavanı arasındaki mesafe, (m),

K_ρ : katsayı, (9.8),

ρ_s : merdiven kovası içindeki havanın yoğunluğu, (kg/m^3).

Rüzgar hızının yaklaşık sıfır olduğu durumlarda dış hava basıncı, P_o, da hidrostatik basınca eşit olduğu kabul edilmiştir. Aynı yöntemle yazılırsa [37],

$$P_o = P_{otab} - K_\rho \rho_o y \qquad (4.20)$$

buradan merdiven kovası ile dış taraf arasındaki basınç farkı ise

$$\Delta P_{so} = P_s - P_o \tag{4.21}$$

olarak ifade edilirse ve bu eşitlik (4.19) ve (4.20) eşitliklerinde yerlerine koyulup, düzenlenirse aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\Delta P_{so} = \Delta P_{sotab} + K_\rho y(\rho_o - \rho_s) \tag{4.22}$$

burada,

ΔP_{so} : merdiven kovasında tabandan itibaren y mesafesindeki basınç farkı, (Pa),

ΔP_{sotab}: merdiven kovasının tabanındaki basınç farkı, (Pa).

Analiz yapılırken yoğunluklarda değişme olmadığı, yükseklikle basıncın az değiştiği kabulü yapılmıştır [17]. Burada yapılan kabulün hatası bina yüksekliği arttıkça artar ve 100 katlı binalar için hata miktarı %4'den küçük olup ihmal edilebilir seviyede olduğu görülmektedir [2]. İdeal gaz denklemi (4.22) bağıntısında yerine konularak ΔP_{so} sıcaklığın fonksiyonu cinsinden yazılabilir.

$$\Delta P_{so} = \Delta P_{sotab} + b\,y \tag{4.23}$$

Sıcaklığın etkisini gösteren, b, aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$b = K_s\left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_s}\right) \tag{4.24}$$

burada,

T_o : dış havanın mutlak sıcaklığı, (K),

T_s : merdiven kovası havasının mutlak sıcaklığı, (K),

K_s : katsayı, (3460).

Kat başına merdiven kovasından bina yolu ile dışarıya efektif akış alanı,

$$A_{SBOe} = \frac{A_{SB} A_{BO}}{\left(A_{SB}^2 + A_{BO}^2\right)^{1/2}} \tag{4.25}$$

burada,

A_{SBOe} : merdiven kovası ile dış taraf arasındaki efektif akış alanı, (m^2),

A_{SB} : merdiven kovası ile bina arasındaki etkin akış alanı, (m^2),

A_{BO} :bina ile dış taraf arasındaki etkin akış alanı, (m^2).

Bu eşitliklerdeki alanlar tüm katlar için geçerlidir. Herhangi bir durum için bina ile merdiven kovası arasındaki , ΔP_{SB} , basınç farkı,

$$\Delta P_{SB} = \Delta P_{SBtab} + \frac{by}{1 + \left(\frac{A_{SB}}{A_{BO}}\right)^2} \tag{4.26}$$

ΔP_{SO} ve ΔP_{SB} arasındaki basınç farkına ait eşitlik ise şöyle olur.

$$\Delta P_{SB} = \frac{\Delta P_{SO}}{\left[1 + \left(\frac{A_{SB}}{A_{BO}}\right)^2\right]} \tag{4.27}$$

4.4.1 Basınçlandırma Havası

Pozitif basınçlandırılmış merdiven kovasında hava akışının yönü tüm merdiven kovası boyunca merdiven kovasından dışarı doğrudur. merdiven kovasından dış tarafa akış diferansiyel formda aşağıdaki şekilde yazılır [39].

$$dQ = C A_{he} \left(\frac{2\Delta P_o}{\rho}\right)^{1/2} dy \tag{4.28}$$

burada, A_{he} birim yükseklik başına tekabül eden efektif dikey akış alanıdır, (m^2).

Bu akış alanı, şöyle ifade edilebilir;

$$A_{he} = N \frac{A_{SBOe}}{H} \tag{4.29}$$

burada, H merdiven kovası yüksekliği, (m) ve N kat sayısıdır.
(4.29) ve (4.23) eşitlikleri, (4.28)'da yerine konursa,

$$dQ = \left(NCA_{SBOe} / H\right)\left[\frac{2\left(\Delta P_{SOtab} + by\right)}{\rho}\right]^{1/2} dy \tag{4.28.a}$$

merdiven kovasından binaya ve dışarıya olan toplam akışı (Q_{SBO}) hesaplamak için yukarıdaki eşitlik y=0 dan y=H'a kadar entegre edilirse,

$$Q_{SBO} = NCA_{SBOe} \frac{2}{3}\sqrt{\frac{2}{\rho}}\left(\frac{\Delta P_{SOt}^{3/2} - \Delta P_{SOtab}^{3/2}}{\Delta P_{SOt} - \Delta P_{SOtab}}\right) \tag{4.30}$$

elde edilir. Burada,

ΔP_{SOt} : merdiven kovasının tepesinde (y=H için), merdiven kovası ile dışarısı arasındaki basınç farkıdır.

ΔP_{SB} merdiven kovasından binaya basıncın cinsinden yazılabilen (4.27) ve (4.30) eşitlikleriyle ifade edilebilir ve ΔP_{SO}'nun lineer fonksiyonudur. C = 0.65 değeri için aşağıdaki ifade yazılabilir.

$$Q_{SB} = K_q \frac{NA_{SB}}{\rho^{1/2}} \left(\frac{\Delta P_{SBt}^{3/2} - \Delta P_{BStab}^{3/2}}{\Delta P_{SBt} - \Delta P_{SBtab}}\right) \tag{4.30.a}$$

Burada,

Q_{SB} : merdiven kovasından binaya olan akışın hacimsel debisi, (m^3/s),

ρ : merdiven kovasındaki havanın yoğunluğu, (kg/m^3),

ΔP_{SBt} : tüm merdiven kovası kapıları kapalıyken merdiven kovası tepesinde, merdiven kovası ile bina arasındaki basınç farkı, (Pa),

ΔP_{SBtab}: tüm merdiven kovası kapıları kapalıyken merdiven kovası tabanında, merdiven kovası ile bina ararsındaki basınç farkı, (Pa),

A_{SB} : merdiven kovası kapıları kapalıyken merdiven kovasıyla bina arasındaki akış alanı, (m^2),

N : katsayı,

K_q : katsayı, (0.613).

Bina içerisindeki düşey akış olmamasından dolayı $Q_{SB}=Q_{SBO}$ olur. Bu merdiven kovası tabanındaki ΔP_{SBtab} ve tepedeki ΔP_{SBt} basınç farklarını korumak için gerekli besleme havası akış miktarıdır.

Düşey sızıntı olan binalarda tam bir değerlendirme yapmak için farklı sıcaklıklarda üç veya daha fazla hava kolon etkisinin dahil edilmesine ihtiyaç vardır. Bu tip analizler çok karmaşık olup, pratik amaçlarla kullanılmaları için bilgisayar desteği gerekir. Bu yüzden bu bölümde sunulan analiz düşey sızıntı alanı olmayan binaları esas alır [26]. Eğer bu analiz düşey sızıntılı binalar için kullanılmak istenirse; merdiven kovası sıcaklığı ile bina sıcaklığı yer değiştirmesi gerekmektedir. Bu durumda (4.24) eşitliği aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$b = K_s\left(\frac{1}{T_o}-\frac{1}{T_B}\right) \tag{4.31}$$

Burada,T_B bina içindeki havanın mutlak sıcaklığıdır, (K).

Kış mevsiminde ve 21°C'deki bina için sıcaklık faktörü, b, Şekil 4.16.'den okunabilir.

4.4.2 Ortalama Basınç Farkları

Ortalama basınç farkı merdiven kovası yüksekliğince uzanan üniform basınç farkı olarak tanımlanabilir. Bu üniform basınç farkı, merdiven kovasındaki üniform olmayan basınç profilinin meydana getirdiği toplam akışla aynı sonucu verir.

Merdiven kovası üzerindeki akış aşağıdaki şekilde ifade edilebilir [29].

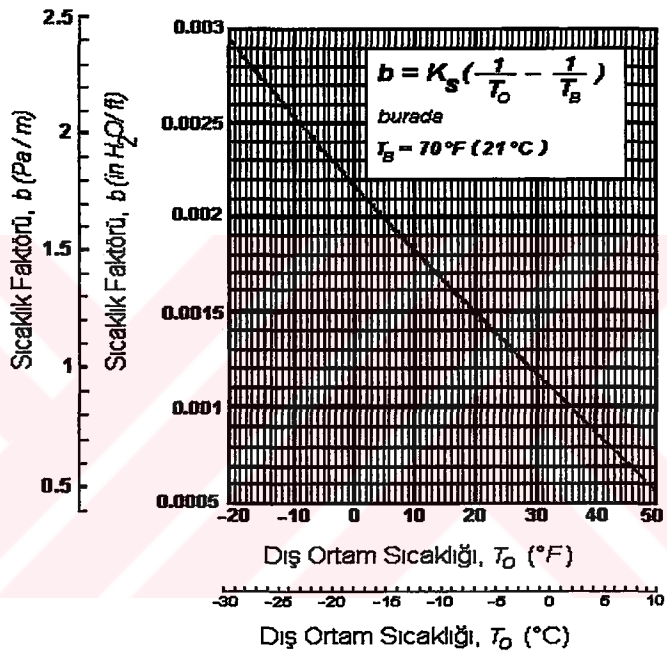
$$Q = NA_eC\left(\frac{2\Delta P}{\rho}\right)^{1/2} \tag{4.32}$$

burada, ΔP akış yolundaki ortalama basınç farkıdır, (Pa).

(4.30), (4.30.a) ve (4.31) eşitlikleri birleştirilip ΔP için yeniden düzenlenirse,

$$\Delta P = \frac{4}{9}\left[\frac{\Delta P_t^{3/2} - \Delta P_{tab}^{3/2}}{\Delta P_t - \Delta P_{tab}}\right] \tag{4.33}$$

elde edilir.



Şekil 4.16. Sıcaklık faktörü.

SB ve SO indisleri eşitlikten çıkarılır. Çünkü eşitlik merdiven kovasından hem binaya hem de dış tarafa olan akışlarda uygulanabilir. Merdiven kovasından dışarıya olan akışlar için (4.33) uygulanırsa $A_e = A_{SBOe}$, $\Delta P_{tab} = \Delta P_{SOtab}$ ve $\Delta P_t = \Delta P_{SOt}$ olur. (4.33) eşitliği yaklaşık olarak şöyle yazılabilir.

$$\Delta P = \frac{1}{2}\left(\Delta P_t + \Delta P_{tab}\right) \tag{4.34}$$

Bu denklemde maksimum hata $\Delta P_{tab}=0$ olduğunda %6 mertebesindedir [2].

4.4.3 Yükseklik Sınırlaması

Daha önce de ifade edildiği gibi basınçlandırmış merdiven kovaları ile ilgili iki problem minimum basıncın sızıntıyı önlemek için çok az, maksimum basıncın ise kapıların açılması için çok fazla olmasıdır. Bu problem, yüksek binalarda dış ortam sıcaklığının çok artması durumunda oluşabilir [14].

Bazı durumlarda tüm kapılar kapalı olsa dahi tatmin edici basınçlandırma mümkün olmayabilir. Tatmin edici basınçlandırma, tüm merdiven kovası boyunca hiçbir yerde basınç farkının kabul edilebilir maksimum basınç farkından fazla veya minimum basınç farkından daha az olmaması demektir.

Düşey sızıntı olmayan binalarda (4.24) eşitliği (4.26)'de yerine konulur ve yükseklik sınırlaması, H_m , için çözülürse (mümkün kabul edilebilir basınçlandırma),

$$H_m = K_m \frac{(\Delta P_{maks} - \Delta P_{\min})}{\left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_B}\right)} \left(1 + (\frac{A_{SB}}{A_{BO}})^2\right) \qquad (4.35)$$

burada,

H_m : sınır yüksekliği, (m),

ΔP_{maks}: merdiven kovası ile bina arasında izin verilen maksimum basınç farkı,(Pa),

ΔP_{min} : merdiven kovası ile bina arasında izin verilen minimum basınç farkı,(Pa),

T_o : dış taraf tasarım sıcaklığı, (K),

T_B : bina sıcaklığı, (K),

A_{SB} : merdiven kovası ile bina arsındaki akış alanı, (m^2),

A_{BO} : bina ile dış taraf arasındaki akış alanı, (m^2),

K_m : katsayı, (0.000289).

Düşey sızıntısı olmayan binalar için eşitlik H_m'in değerini sınırlandırdığından T_S terimi, (4.35) eşitliğindeki T_B ile yer değiştirir. Düşey sızıntılı binalarda gerçek basınç profili, farklı sıcaklıklardaki üç veya daha fazla hava kolonuna bağlıdır. Eğer merdiven kovası

sıcaklığı dış taraf sıcaklığı ile bina sıcaklığının arasındaysa (4.35) eşitliğinin sonuçları düşey sızıntılı binalar içinde kabul edilir.

(4.35) eşitliğinde sıcaklık teriminin mutlak değeri kullanılarak eşitlik hem kış şartlarında ($T_B > T_O$) hem de yaz şartlarında ($T_O < T_B$) kullanılabilir duruma getirilir. Birçok durumda A_{SB}, A_{BO}'dan çok daha küçüktür ve bu gibi durumlarda (4.35) eşitliği aşağıdaki gibi basitleştirilebilir.

$$H_m = K_m \frac{\left(\Delta P_{mak} - \Delta P_{\min}\right)}{\left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_B}\right)} \qquad (4.36)$$

Bu eşitlikteki birimler (4.35)'dekilerle aynıdır. 21°C bina sıcaklığı ve kış şartları için sınır yükseklik, H_m, Şekil 4.17.'den okunabilir.

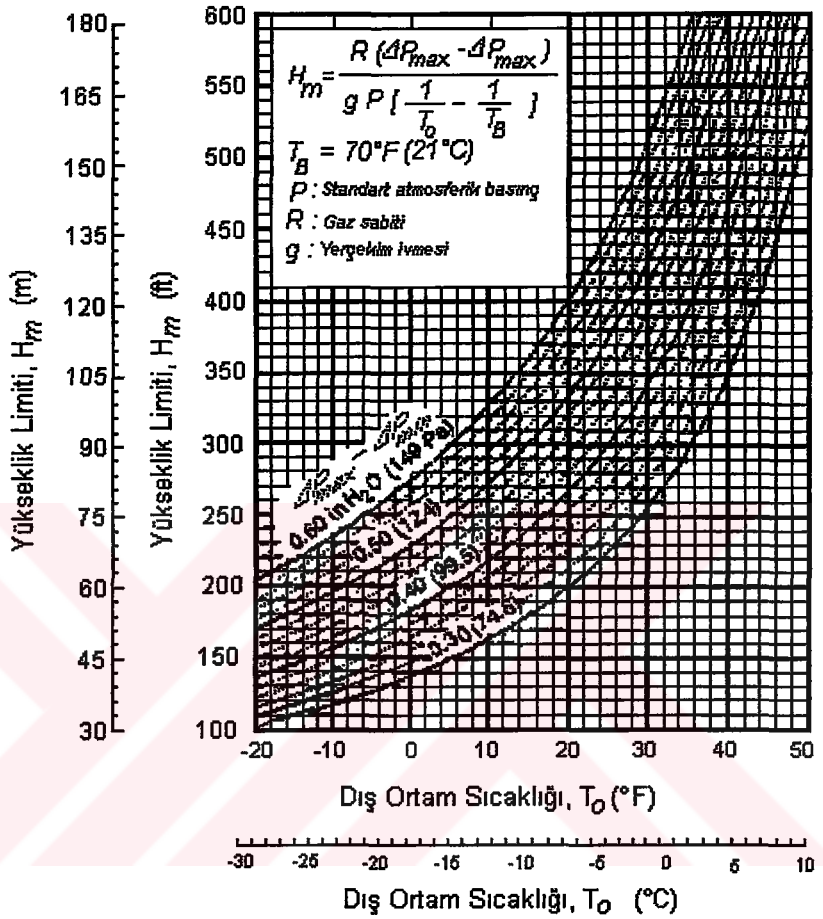
4.5 BASİT MERDİVEN KOVASI SİSTEMLERİ

Basit bir merdiven kovası sistemi, bir veya daha fazla merdiven kovası kapısı açıldığında oluşacak basınç düşmesini karşılayacak şekilde tasarlanamaz. Basit bir merdiven kovası analizi açık kapılı sistemlerin analizi için temel olacak şekilde biçimlendirilir [19].

Tahliye sırasında eğer merdiven kovası kullanılıyorsa bazı merdiven kapıları açık olmak zorundadır. Basit merdiven sisteminin uygulaması konusunda fikir birliği yoktur. Herhangi bir uygulama için, tahliye esnasında merdiven boşluğunun bazı noktalarında oluşan düşük basınca bağlı olarak oluşan duman sızıntısının, mümkün mertebe tahliye işlemine ters etki yapmaması istenmektedir.

Nüfusun dağınık olarak bulunduğu binalarda merdiven kovası kapıları tahliye sırasında çok kısa süreler için açık kalabilir, bundan dolayı genel bir metot analizi aralıklı duman sızıntısının tahliyeye etkisi için geliştirilememiştir ve basit merdiven kovası uygulamaları mühendislik hükümleri temel almaktan çok uzaktır. Bu gibi durumların analizleri uygun şartların, tahliye analizlerini, akış analizlerini göz önünde bulundurarak yapılabilir.

Basit merdiven kovası sisteminde tekli veya çoklu enjeksiyon yöntemi kullanılabilir. Bir veya daha fazla merkezkaç, eksenel, pervaneli fandan yararlanılabilir. Tüm merdiven kovası kapıları



Şekil 4.17. Düşey sızıntı alanları olmayan binalarda yapılan merdiven kovası basınçlandırılması için yükseklik sınırlaması.

kapalıyken sistem tatmin edici basınçlandırmayı sağlar. Merdiven kovası kapıları açıkken genellikle basınç farkı düşük seviyeye iner (3Pa). Bu düşük seviye merdiven kovasına duman sızıntısını engellemek için yeterli değildir ve basit merdiven boşluğu sistemleri yalnızca tüm kapılar kapalıyken yeterlidir [33].

Basınçlandırılmış havanın akış hızı, akış alanına yüksek oranda bağlıdır. Bu alanlar birçok durumda kabaca tahmin edilebilir ve emniyet faktörü ise besleme havası fanı büyüklüğünü saptarken kullanılır. Besleme sistemi ayarlanabilir olmalıdır. Böylece işletim sırasında istenen basınç seviyeleri sağlanabilir. Hesaplamalarda

kullanılan tasarım sıcaklığı kış değerleridir, çünkü kışın içten dışa tasarım sıcaklıkları farkı, yazın dıştan içe tasarım sıcaklıkları farkından büyük olmaktadır. Bunun tersi durumlarda yaz tasarım verileri kullanılmalıdır. ASHRAE 1989'da hava verilerinin incelenmesinde dünya çevresinde birçok yerden alınan veriler için basit sistem tasarımında kış şartlarının uygun olduğunu göstermiştir. Yaz verilerinin kullanıldığı bazı aykırı yerler de vardır; örneğin Yuma, Arizona; El Centro, California ; Yeni Delhi, Hindistan gibi.

4.6 AÇIK KAPILI SİSTEMLER

Bir önceki bölümde incelendiği gibi basit merdiven kovası sistemlerinde kapılar açıldığında, kapılar üzerinden basınç farkı düşmeleri önem kazanır. Ancak basınç düşmesinin en büyük sebebi açık olan merdiven kovası dış kapısıdır [33]. Bunun nedeni ise bina içerisine açılan iç kapılarda oluşan hava akışı dış atmosfere ulaşıncaya kadar, o kat içerisindeki tüm bariyerleri aşması gerekirken, dış kapının açık olması durumunda ise hava akışı direkt dış atmosfere hiçbir engele rastlamadan kolayca ulaşabilmesidir.

Binada artan akış direncinin anlamı diğer kapılar üzerinden hava akışının, açık dış kapılar üzerinden olan hava akımından daha az olmasıdır. Dış duvar açıklıkları üzerinden meydana gelen akış, iç açıklıklardan olan akıştan 3 ile 10 kat daha fazladır. Bu yüzden merdiven kovası dış kapılarının açılıp kapanmaları basıncı düzensiz değişiminin en büyük sebebi olmaktadır.

Yoğun nüfuslu binalarda yangın süresince tahliye sırasında bazı merdiven kovası kapılarının açık bırakılacağı beklenildiğinden tasarım sırasında bu durum göz önünde bulundurulur. Tasarlanan açık kapı sayısı tahliye planına yakından bağlıdır. Ancak bu sayı hakkındaki ayrıntılı bilgi kapsam dışıdır.

Merdiven kovasında hem tüm kapılar kapalıyken hemde bazı kapılar açıkken kabul edilebilir basınç seviyelerinin daimiliği için tasarlanan 4 farklı sistem aşağıda anlatıldığı gibidir [1-5];

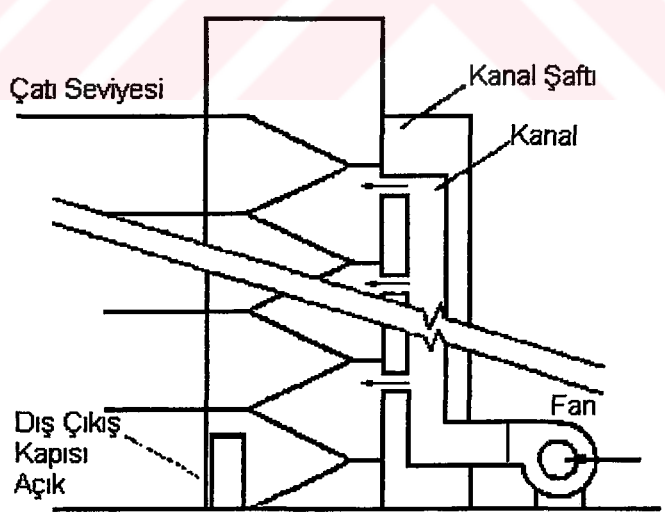
1) Kanada Sistemi : Besleme havası miktarı sabit olan ve merdiven kovası dış kapısının etkinleşmesiyle otomatik olarak açılan sistem "

Kanada Ulusal Bina Kodu'na Eklemede "'de olduğu gibidir. Aslında besleme havası miktarı sabit değildir. Fakat fan karşısındaki basınç ile bir miktar değişebilir. Bununla beraber "sabit besleme" terimi besleme havası miktarının değişken olduğu sistemlerden bu sistemi ayırt etmek için kullanılır. Şekil 4.18.'de gösterildiği gibi besleme havası bir bölgeden verilebilir veya sistemde çoklu enjeksiyon olabilir.

Kanada sistemi, sistemin işletilmesi esnasında merdiven boşluğunun dış kapısının açılıp kapanmasını ihmal ederek basınçtaki düzensiz değişimlerin esas kaynağını ihmal etmiş olur. Sistemin tasarımının basit ve bir dereceye kadar ucuz olmasından dolayı ihtiyaçları karşıladığı sürece önerilir.

2) Barometrik Damperli Sistemler:Tasarlanan sayıda kapı açık değilse barometrik damperli sistemler yeterli besleme havasının bir kısmını aşırı basınç fazlalığını engellemek için menfezlerden bina içine veya dışarıya atar.

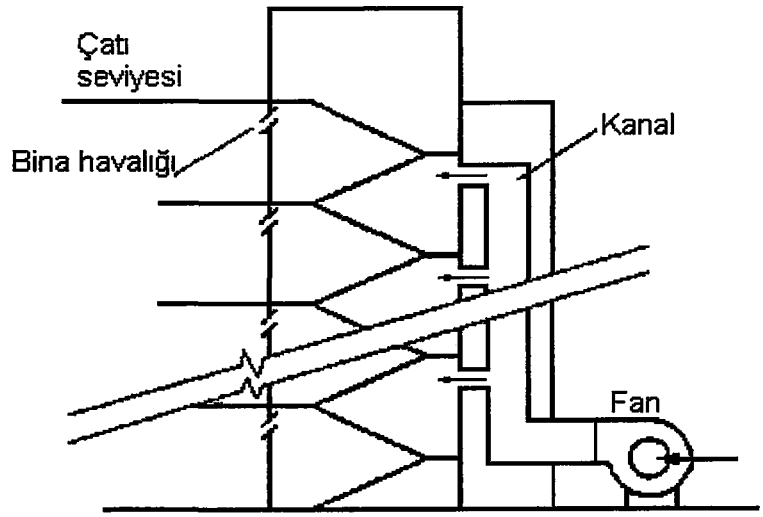
Not :Kanada sistemi tekli veya multi enjeksiyon tipinde olabilir.



Şekil 4.18. Kanada sisteminde basınçlandırma sistemi çalıştığı an dış çıkış kapısıda otomatik olarak açılır.

Dış duvardaki menfezler rüzgarın zararlı etkilerine maruz kalabilir. Bu yüzden rüzgar siperleri tavsiye edilir. Barometrik damperler

basınç belirli bir değerin altına düştüğünde menfezlerin yarattığı basınç kayıplarını en aza indirmek için kullanılır.



Not:
1. Havalıklar üzerinde barometrik damper ve bir veya iki yangın damperi seri olarak bağlanmıştır.
2. Tekli veya multi enjeksiyonlu sistem.

Şekil 4.19. Merdiven kovası basınçlandırılırken her kattan da havalandırma yapılıyor.

Şekil 4.19.'de her katı havalandırılan bir bina gösterilmektedir. Bina ile merdiven kovası arasında menfez bulunan sistemlerde, menfezler bir barometrik damperle beraber bir veya daha fazla yangın damperi de içerir. Enerjinin korunumu yasası uyarınca bu yangın damperleri normalde kapalıdır, ancak basınçlandırma sistemi etkin duruma geldiğinde açılırlar.

3)Besleme Havası Miktarının Değişken Olduğu Sistemler: Bu tip sistemler aşırı basınç artışlarını fanlar yardımıyla engeller. Alternatif olarak akış miktarını değiştirmek için kanal ve damper düzeneğine by-pass edilmiş bir fan kullanılabilir. Değişken akış fanları bina ile merdiven kovası arsındaki basınç farkını hisseden bir veya daha fazla statik basınç sensörü ile kontrol edilir. Kapılar açıldığında merdiven kovası basıncı düşer ve akan besleme havası miktarı, en az minimum tasarım basıncına kadar artırılır. Tüm kapılar kapandığında merdiven kovası basıncı artar ve akış miktarı aşırı basınç farkını önlemek için azaltılır.

By-pass sisteminde merdiven kovası içindeki hava miktarı by-pass damperlerinden yararlanarak değiştirilebilir. By-pass damperleri de ayrıca bina ile merdiven kovası arasındaki basınç farkına duyarlı bir veya birkaç statik basınç sensörüce kontrol edilebilir. Sistem aşırı basınç fazlalığını önlemek ve en az minimum tasarım basıncını sağlamak için kullanılan değişken akışlı fanlarla aynı şekilde işletilebilir.

4)Yangın Katında Havalandırma ve Egzost Yapılan Sistemler : Yangın katındaki havalandırma ve dumanın tahliyesi basınçlandırılmış merdiven kovasının performansını arttırır. Dumanın uzaklaştırılması, bölgesel duman kontrol sistemlerinin bir parçası olabilir veya olmayabilir. Dumanın uzaklaştırılması dış duvar menfezleriyle, duman şaftlarıyla veya egzost fanları kullanılarak sağlanır.

Dış duvardaki menfezler dumanın uzaklaştırılması için yol sağlamaktan başka, yangın katındaki kapalı merdiven kovası kapıları üzerinden basınç farklarının artmasına da müsaade eder. Ayrıca yangın olan kattaki dış duvar menfezleri yangının söndürülmesinden sonra dumanın temizlenmesine de yardımcı olur. Duman şaftları, yangın katındaki dumanın şaft içinden tahliyesi durumu hariç dış duvardaki menfezlerle benzerdir. Burada sıcak dumanın batmazlığı ortamın dumandan arındırılmasında yardımcı olmaktadır. Duman şaftları yöresel kodlarla uyum içinde inşa edilmelidir.

4.6.1 Açık Kapılı Sistemlerin Analizi

Basit merdiven kovası sistemleri için geliştirilen analitik yaklaşım sürtünme kayıplarının ihmal edilebildiği açık kapılı basınçlandırılmış merdiven kovası için genişletilmiştir [49]. Çoklu enjeksiyon sistemi kullanılarak sürtünme kayıpları en aza indirilebilir. Zaten sürtünmeler yüzünden olan basınç kayıpları ihmal edilebilir mertebelerdedir. Tüm kapılar kapalıyken Şekil 4.20.a ve Şekil 4.20.b'de gösterildiği gibi basınç farkları doğrusaldır. Tahmin edildiği üzere basınç farkı kışın yükseklikle artar, yazın yükseklikle azalır. Dış

ortama açılan bir kapı açıkken basınç farkı Şekil 4.20.c ve Şekil 4.20.d'de görüldüğü gibi artar. Bunun anlamı açık dış kapı yolları üzerinden olan akışın çok büyük olabileceği şeklindedir. Bu özellikle yazın, en fazla dış kapının yerleştirildiği şaft dibinde basınç farkı en büyükken doğrudur. (Şekil 4.20.d) Şekil 4.20.c ve Şekil 4.20e'de gösterildiği gibi binaya açılan kapılar açıkken açık kapı yolları üzerindeki basınç farkı önemli ölçüde düşer. Bununla beraber daha sonra açıklanan örneklerde de görüleceği gibi açık giriş kapısı alanlarından olan akış çok büyük olabilir.

Kışın açık kapılar üzerinden olan basınç farkı yükseklikle artar Şekil 4.20.e'de de gösterildiği gibi tasarlanan sayıda açık kapı merdiven kovasının en tepesine yerleştirildiğinde, en fazla miktarda basınçlandırılmış havaya ihtiyaç duyulur. Bu form, korunumlu kış tasarım şartlarındadır. Şekil 4.20.f'de de gösterildiği gibi korunumlu yaz tasarımı şartı, açık kapılar merdiven kovasının dibine yerleştirildiği konum için geçerlidir.

Her katta bina ile merdiven kovası arasındaki etkin akış alanı aynı ise (4.30) eşitliği uygulanır. Bazı kapılar açık diğerleri kapalıyken bu akış alanı kattan kata değişir. (4.30) ve (4.30.a) eşitlikleri A_{SB} ve A_{BO} değerlerinin her katta aynı olması durumunda düşey merdiven kovası kısımlarına uygulanabilir. Bu her iki alan da, basınç farklarını ve efektif basınç alanlarının hesaplanmasında kullanılır. C=0.65 ve ρ=1.2 kg/m^3 değerleri için (4.30) ve (4.30.a) eşitlikleri genelleştirilerek yazılabilir.

$$Q = GNA_e \tag{4.37}$$

Burada,

Q : bölmeden geçen hacimsel akış miktarı, (m^3/s),

N : bölmedeki kat sayısı,

A_e : kat başına merdiven kovasından olan akış alanı, (m^2),

G : akış faktörü, (m/s).

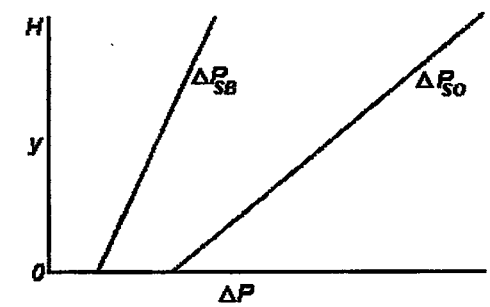
$$G = K_g\left(\frac{\Delta P_t^{3/2} - \Delta P_{tab}^{3/2}}{\Delta P_t - \Delta P_{tab}}\right) \tag{4.38}$$

Burada,

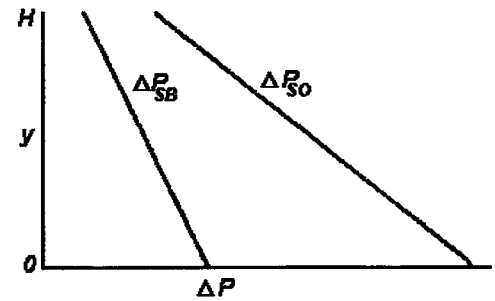
K_g : katsayı, (0.559),

ΔP_t : bölmenin tavanındaki basınç farkı, (Pa),

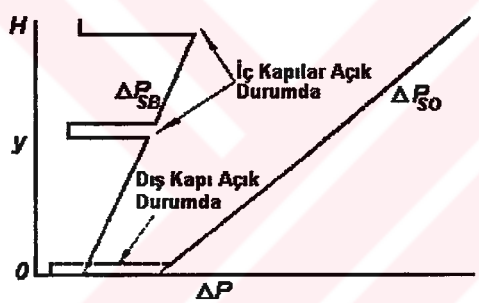
ΔP_{tab} : bölmenin tabanındaki basınç farkı, (Pa).



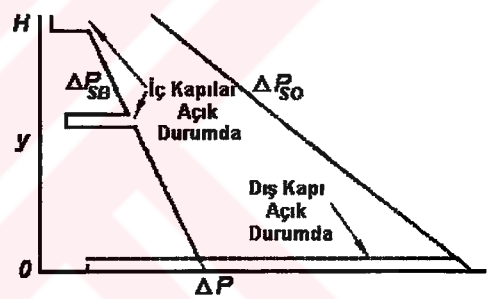
(a) Kış ve Tüm Kapılar Kapalı Durumda



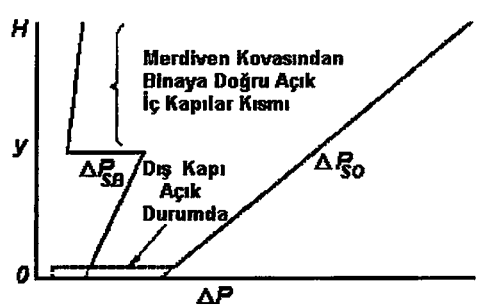
(b) Yaz ve Tüm Kapılar Kapalı Durumda



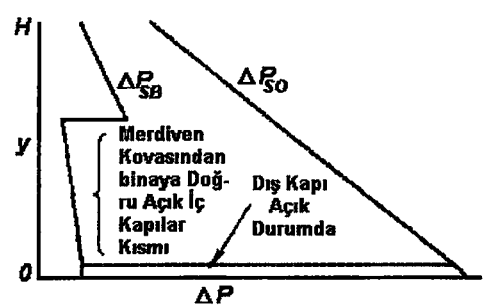
(c) Kış ve Bazı Kapılar Açık Durumda



(d) Yaz ve Bazı Kapılar Açık Durumda



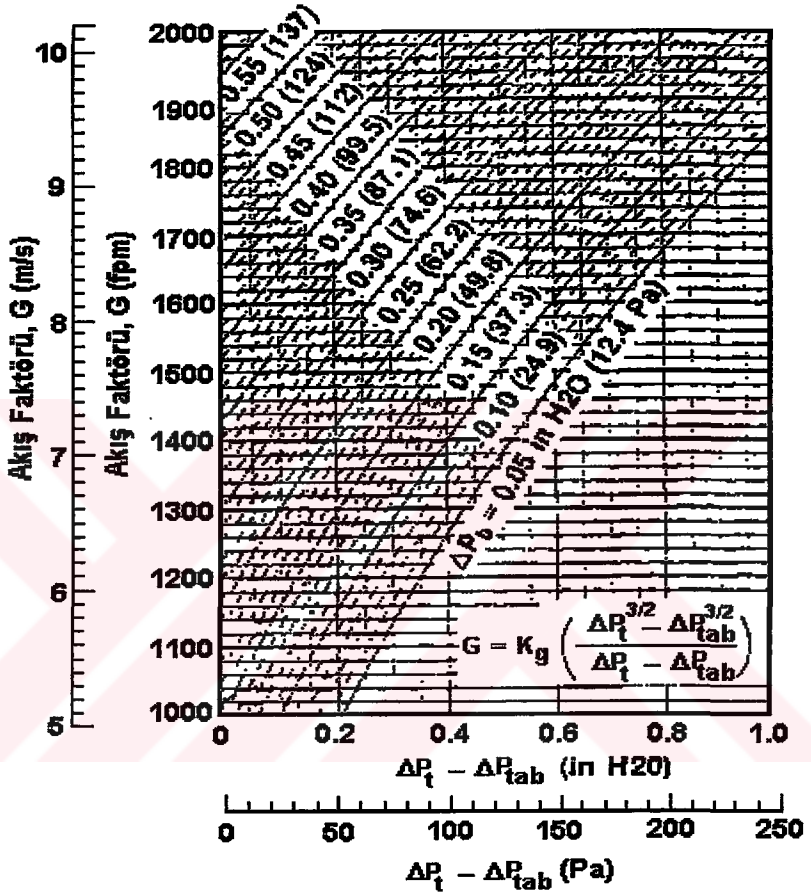
(e) Kışın ve Dizayn Şartlarındaki Açık Kapıların Durumu



(f) Yazın ve Dizayn Şartlarındaki Açık Kapıların Durumu

Şekil 4.20. Merdiven kovasının kapılarının açık ve kapalı olması durumunda oluşan basınç farklarının şaft içinde dağılımı.

Yukarıdaki bahsedilen iki eşitlik hem Q_{SB} hem de Q_{SO}'yu hesaplamak için kullanılabilir. Q_{SB} hesaplanırken A_e ve iki basınç farkı merdiven kovasından binaya doğrudur. Q_{SO} hesaplanırken A_e iki basınç farkı merdiven kovasından dış tarafa doğrudur. G, akış faktörü, ise Şekil 4.21.'den okunur.



Şekil 4.21. Akış faktörü.

Dış tarafa olan doğrudan akışlar, buralardan binaya olan akışlardan farklı şekilde kullanılır. Kapılar, menfezler gibi doğrudan dışarıya açılan açıklıklar için akış aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$Q_{SO} = K_o C A_{SO} \left(\frac{2\Delta P_{SO}}{\rho} \right)^{1/2} \qquad (4.39)$$

Burada,

Q_{SO} : merdiven kovasından dış tarafa akan hacimsel debi, (m^3/s),

C : boyutsuz akış sayısı,

A_{SO} : merdiven kovası ile dış taraf arasındaki akış alanı, (m_2),

ΔP_{SO} : merdiven kovası ile dış taraf arasındaki basınç farkı, (Pa),

ρ : gazın yoğunluğu, (kg/m^3),

K_O : katsayı, (1.00).

Açıklıklar üzerindeki basınç farkı her zaman sabit değildir. Bu yüzden basınç farkı, ΔP_{SO} , orta yüksekliklerdeki açıklıklar için değerlendirilmelidir.

Basit merdiven kovası sistemlerinde olduğu gibi emniyet faktörü, besleme fanı veya fanları için gereklidir. Bu emniyet faktörleri tasarım hesaplamalarında kullanılan değerlerin akış alanındaki değişimlerine göre seçilir.

Merdiven kovasından binaya olan sızıntı iki akış alanında bağlıdır: A_{SB} ve A_{BO} . Açık dış giriş kapısı üzerinden akış yalnızca A_{SO} akış alanına bağlıdır. Bu yüzden merdiven kovasından binaya olan akış için emniyet faktörü, merdiven kovasından doğrudan dış tarafa olandan daha büyük olmalıdır.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1 GİRİŞ

Bölüm 4'de teorisi verilen merdiven kovasının basınçlandırılması ile duman kontrolünün sayısal olarak çözümlenmesi için, FORTRAN dilinde DEBİ, DATAHAZ ve DUMAN KONTROLU olmak üzere üç ayrı bilgisayar programı hazırlanmıştır.

Sayısal hesaplamada, ilk olarak binanın yüksekliği, katsayısı, ve merdiven kovası yüksekliği gibi genel özelliklerine dayanarak basınçlandırma için yaklaşık gerekli debi miktarı hesaplanıyor daha sonra DATAHAZ programı ile bina içindeki şaft sayısı, bina içi, şaft ve dış ortam sıcaklık profilleri hesabı, bina içindeki bağlantı kompartıman sayıları ve şafta bağlantıları, iç ve dış akış alanları, akış katsayıları, merdiven kovası kesit alanı, binanın kullanım amacına göre merdiven kovasının kullanan insanların yoğunluğu ve merdiven kovasını basınçlandırmak için üflemelerin tek noktadan mı veya kat kat mı yapıldığı, merdiven kovasının dış ortamla bağlantısı, bina kompartımanının birbirleriyle, merdiven kovası ve dış ortamla bağlantıları gibi verilerin bir kısmı direkt olarak bir kısmında program tarafından hesaplanarak DUMAN KONTROLU programında yukarıda belirtilen veriler ışığında merdiven kovası ve bina arasındaki basınç dağılımını hesaplanmaktadır. Bu programlara ait akış şemaları ve tanıtıcı bilgiler Ek-A'da verilmiştir.

5.2 ÜLKEMİZ İKLİM ŞARTLARINA GÖRE KRİTİK MEVSİMİN BELİRLENMESİ

Bu kısımda ülkemiz iklim şartlarına göre, merdiven kovasının basınçlandırılmasında dikkate alınacak kritik mevsimin belirlenmesi yoluna gidilmiştir. Bunun yapılama nedeni ise 4. Bölümde de ilgili

kısımlarda belirtildiği gibi yazın ve kışın yapılan merdiven kovası basınçlandırmasında, merdiven kovası içerisinde oluşan basınç profilleri birbirinin tersi şeklinde gerçeklenmektedir. Bu yüzden tüm mevsimlerde tatmin edici bir basınçlandırma elde edebilmek için kritik mevsime göre bir basınçlandırma yapılması gerekmektedir, yani kritik mevsime göre debi hesaplanmalıdır.

Bu amaçla özellikleri aynı olan (10 katlı ve bir merdiven kovalı) bir binanın İstanbul, Ankara, İzmir, Trabzon, Erzurum, Diyarbakır ve Antalya da olması durumları için yaz, kış şartı incelemesi yapılmıştır.

Bina özellikleri:

Kat sayısı	: 10
Merdiven kovası sayısı	: 1
Açık iç kapı sayısı	: 4
Kapılardan sızıntı alanı	: 0.03 m^2
Açık kapı alanı	: 0.975 m^2
Bina dışına sızıntı alanı	: 0.118 m^2
İzin verilen en yüksek basınç	: 120 Pa
İzin verilen en düşük basınç	: 14 Pa

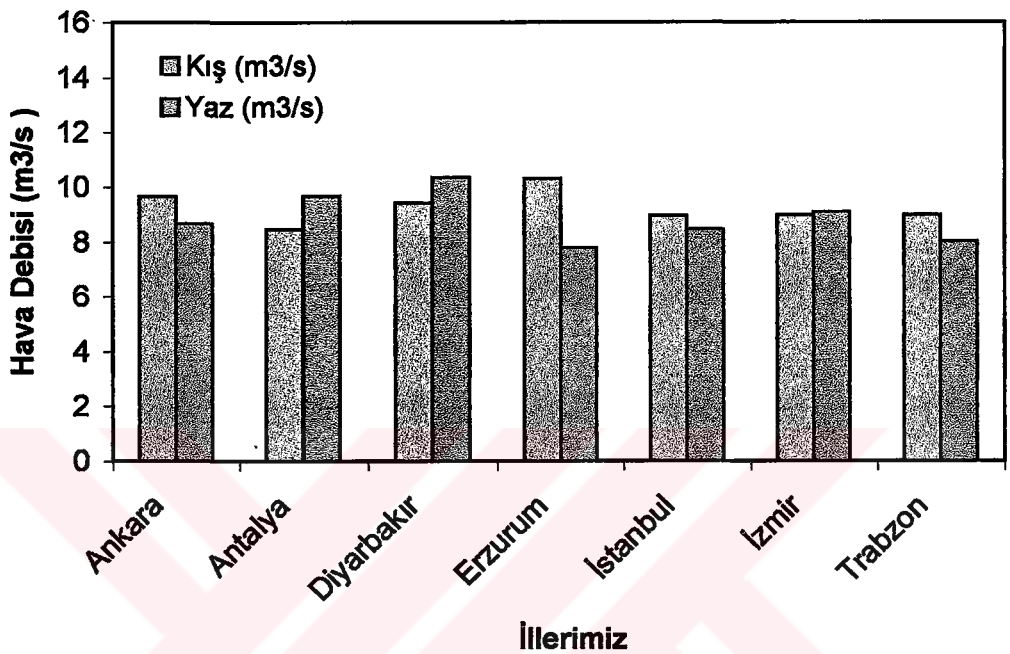
Şekil 5.1 den görüldüğü gibi yapılan incelemeler sonucunda İstanbul, Ankara, Trabzon, Erzurum şehirlerinde kış şartlarında basınçlandırma için gerek duyulan debi yaz şartlarına göre daha yüksek olmaktadır. Buna karşın Diyarbakır ve Antalya' da yaz şartları için gerekli debi miktarı daha fazla olmaktadır. İzmir de ise kış şartı ve yaz şartı için basınçlandırma debileri birbirine çok yakın olup merdiven kovalarının basınçlandırılmasında her iki durumda rahatlıkla kullanılabilir. Bu bilgiler ışığında ülkemizdeki illerin iklim koşulları dikkate alınarak yapılan taramada, çok büyük bir bölümü için kış koşulları daha kritik çıkmakla birlikte istisnaiyi şartlara haiz illerimizde bulunduğu görülmüştür. Bunlar; Antalya, İskenderun, Mersin vb. gibi dış şartları kışın 0°C veya daha yukarıda ve yaz şartları da 35°C veya üzerinde olan illerimizdir.

Genellikle basınçlandırma için gerekli debinin kış şartlarında, yaz şartlarına göre daha fazla çıkmasının nedeni, kış şartında bina ile

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

dış ortam arasındaki sıcaklık farkının yaz şartında bina ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkından daha fazla olmasındandır.

Bu yüzden, bu çalışmada yapılan incelemelerde merdiven kovalarının basınçlandırılmasında kış şartları göz önüne alınmıştır.



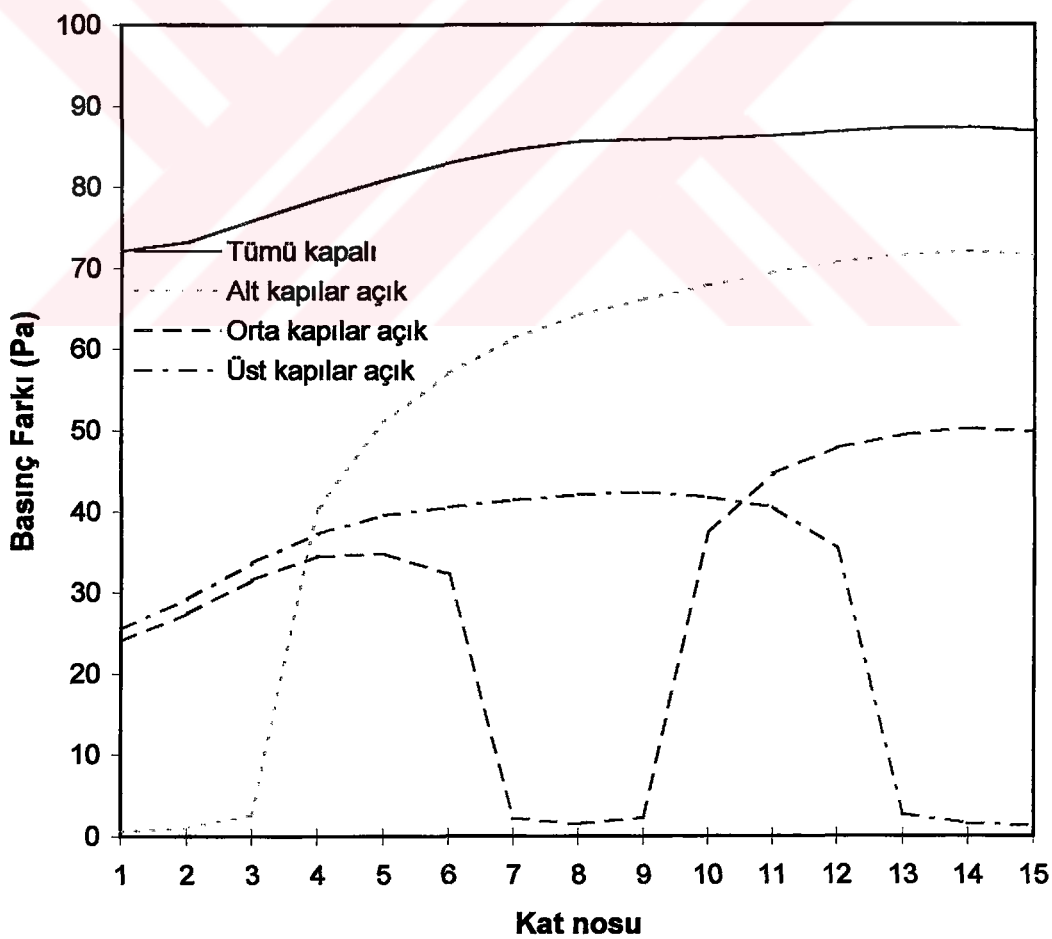
Şekil 5.1. Farklı İklim Bölgelerinde Kış Şartı ve Yaz Şartı Karşılaştırması.

5.3 AÇIK İÇ KAPILARIN KONUMUNUN BASINÇLANDIRMAYA ETKİSİ

Merdiven kovasının açık iç kapılarının konumunun basınçlandırma üzerine etkisini incelemek amacıyla 15 katlı bir binanın merdiven kovasının tüm kapılarının kapalı olması, alt kattaki kapılarının açık olması, orta katlardaki kapılarının açık olması ve üst katlardaki kapılarının açık olması halleri değerlendirilmiştir.

Şekil 5.2' den görüldüğü gibi bütün hallerde merdiven kovasının basınçlandırılması için gerekli debi miktarının sabit tutulması sonucunda, merdiven kovası içindeki en kötü basınç dağılımı üst kattaki kapıların açık olması hali için gerçekleşmiştir. Burada en kötü basınç dağılımının tespitini yaparken göz önüne alınan kriter; basınç dağılımı eğrilerinin altında kalan toplam alandan, o eğriye ait taralı alan çıkarıldığında en küçük sonucu veren eğri en kötü durumu ifade

etmektedir. Bu kriteri oluştururken yola çıkılan nokta ise şudur; grafikten de anlaşılacağı gibi taralı olan alanlarda eğriler çok küçük değerler almakta, kısaca sistem bu noktalarda çökmektedir. Taralı alanların üst noktası olan 12.4 Pa basınç değerinde ise basınçlandırma da kabul edilebilir alt limiti teşkil ettiğinden sistem içerisinde çöken noktaların değerleri bu sınıra kadar ötelenmesi gerekmektedir. Bu öteleme bina otomasyonundan yararlanarak diğer noktalarda da kabul edilebilir basınç farkı değeri altına düşmemek şartı ile oralardaki debiyi azaltıp, bu noktalarda üfleme miktarlarını artırılarak, basınç farkı değerinin artırılması şeklinde sağlanmaktadır. Bu olayın kolayca gerçekleşebilmesi ise iç kapının açıldığı noktaların haricindeki diğer kapalı kapılı noktalardaki basınç farkı değerinin, kabul edilebilir sınırlar içinde kalmak şartı ile, mümkün mertebe yüksek olmasına bağlıdır. Yani basınç farkı eğrisi altındaki alanın



Şekil 5.2 Açık kapıların basınç dağılımı üzerindeki etkisi.

mümkün olduğunca büyük olması, sistemin daha sıhhatli bir şekilde çalışmasını temin etmektedir.

5.4 TEK NOKTADAN ENJEKSİYONLU SİSTEMLERDE BASINÇLANDIRMA

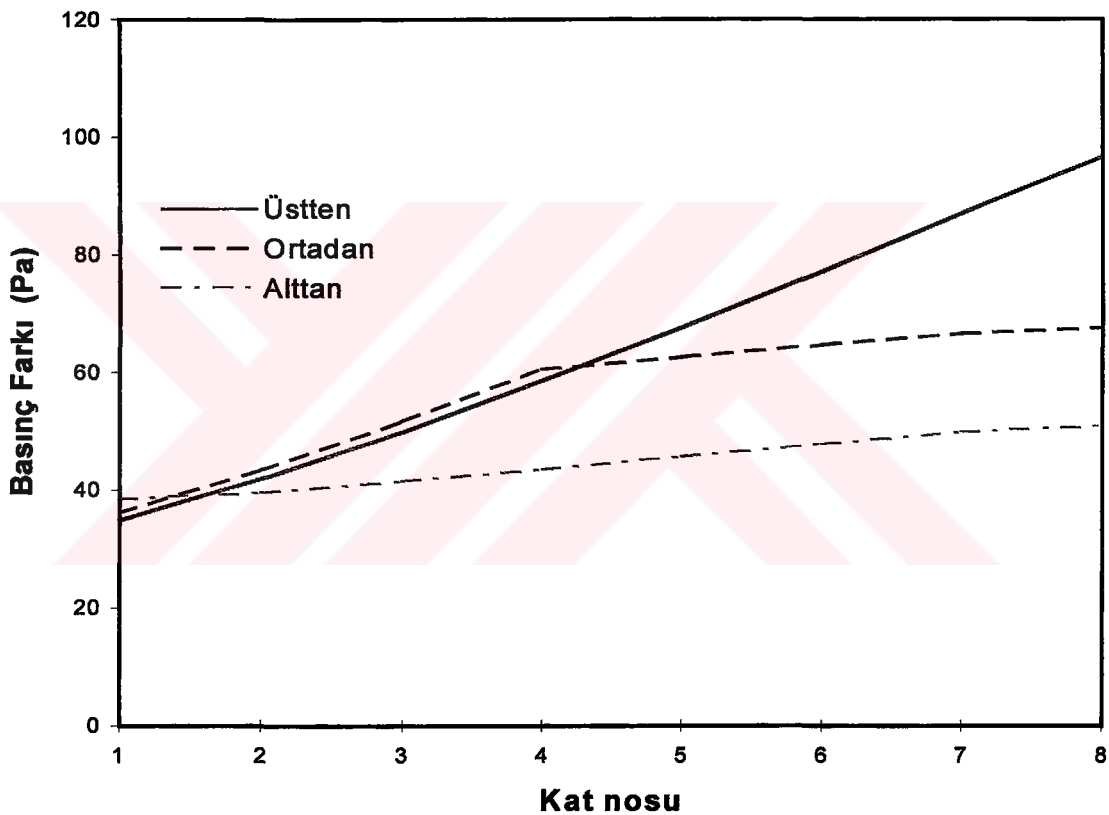
Bu tip sistemlerde merdiven kovasının basınçlandırılması için gerekli hava bütün bina boyunca tek bir noktadan sağlanmaktadır. Bu kısımda özellikle İstanbul iklim şartlarında merdiven kovalarının tek bir noktadan basınçlandırması durumunda ortaya çıkan sınırlamalar ve tek noktadan enjeksiyonun hangi koşullarda daha iyi sonuçlar verebileceğinin incelemeleri yapılmıştır.

5.4.1 Enjeksiyon Yapılan Noktanın Konumunun Etkisi

Literatürde tekli enjeksiyonla yapılan basınçlandırmalar üzerine yapılan incelemeler sonucunda merdiven kovasının bütün iç ve dış kapılarının kapalı olması durumunda 12 katlı bir binada dahi tatmin edici basınçlandırmanın sağlandığı görülmüştür. Daha öncede belirtildiği gibi muhtemel bir yangın durumunda binadan tahliyenin kolaylıkla yapılabilmesi için algılama sistemine bağlı olarak dışarıya tahliye kapısının açıldığı kabul edilir ve incelemeler yapılırken dış kapının sürekli açık olduğu kabulü oldukça önemlidir. Bu çalışmada kullanılacak kapalı kapılar ifadesi sadece merdiven kovası iç kapıların kapalı olduğu anlamına kullanılmıştır.

Kapalı kapılı sistemlerde tekli enjeksiyon noktasının, sistem verimi üzerine etkisinin belirlenebilmesi amacıyla, 8 katlı bir bina için enjeksiyonun üstten, ortadan ve alttan yapılması durumunda merdiven kovası içindeki basınç dağılımları incelenmiştir. Şekil 5.3'de görüldüğü gibi her üç durum için sistem tatmin edici sonuçlar vermektedir. Fakat, şekil 5.3, üstten enjeksiyon ile basınçlandırmanın en iyi sonucu verdiğini göstermektedir. Alttan enjeksiyonlu sistemde merdiven kovası içerisindeki basınç dağılımının diğerlerine göre daha düşük seviyelerde seyretmesinin nedeni, bir önceki bölümde de belirtildiği gibi, üflenen havanın büyük bir kısmının dış kapının açık olması sebebiyle dışarıya akmasından kaynaklanmaktadır.

Dışarıya by-pass eden hava oranı yapılan bir çok inceleme sonucunun ortalaması alınarak bulunmuş olup bu değer alttan enjeksiyonda %79.4 iken orta noktadan enjeksiyonlu sistemde %76.8,ve üstten enjeksiyonlu sistemde ise %75.5 şeklinde gerçekleşmektedir. Bu sonuçlar ışığında sistemin etkinliği (verimliliği) açısından üstten enjeksiyon ile alttan enjeksiyon karşılaştırıldığında merdiven kovası iç hacminde basınçlandırma için elimizde toplam debinin %5'lik bir fazlalığını kullanma avantajı söz konusu olmaktadır. Bu da böyle bir sistem için hiç küçümsenmeyecek bir orandır.

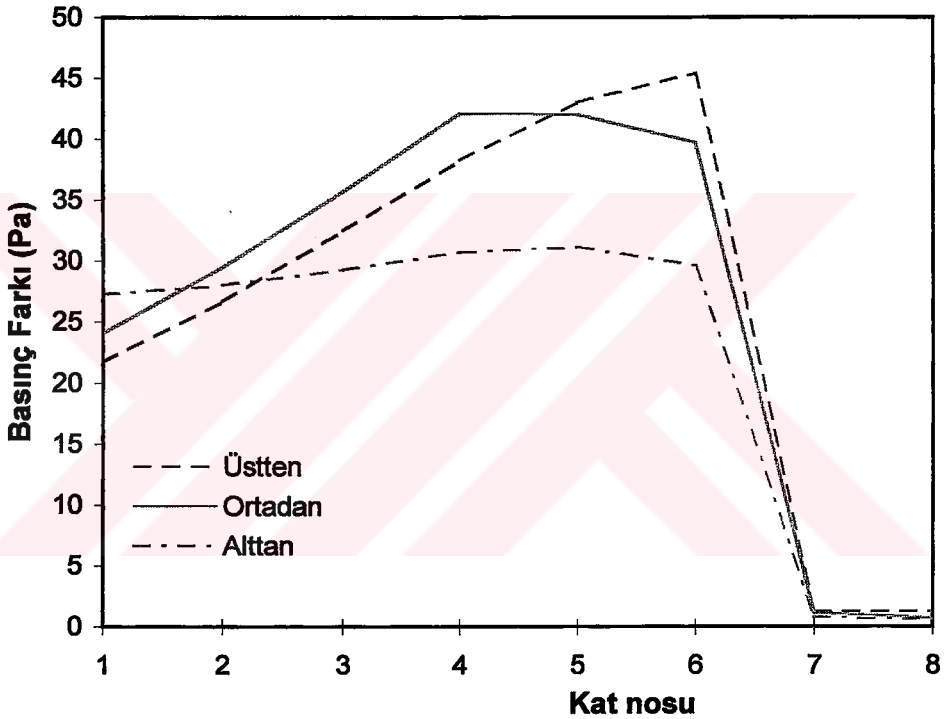


Şekil 5.3 Tüm kapılar kapalı durum için tekli enjeksiyon noktasını üstten, ortadan ve alttan olması hali için basınç dağılımı.

5.4.2 Tekli Enjeksiyonda Kat Sınırlaması

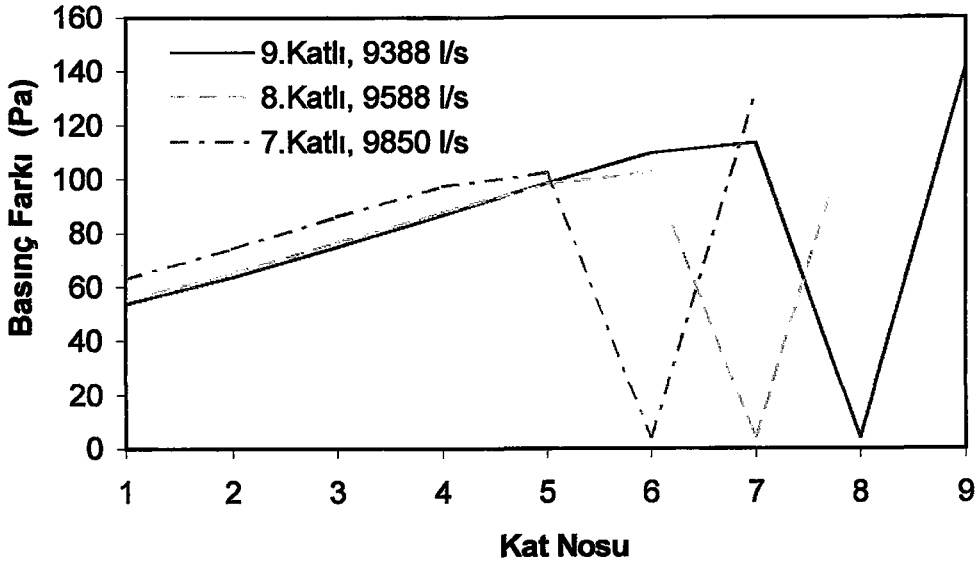
Açık iç kapılı merdiven kovalarının basınçlandırılması durumunda kış şartları için en kritik hal açık kapıların üst katlarda olması halidir. Bu amaçla bu kısımda, 8 katlı bir binada 7. ve 8. katların iç kapılarının açık olması durumu incelenmiştir. Şekil 5.4 de

görüldüğü gibi her üç enjeksiyon konumunda da iç kapıların açık olduğu noktalardan sistemde çökme gözlenmiştir. Bu bakımdan, basit merdiven kovası basınçlandırmasında tüm kapılar kapalı olması durumu için tekli enjeksiyon yeterli olmakla birlikte, muhtemel bir yangın durumunda insanların tahliyesi için iç kapıların açılması sonucunda sistem her üç enjeksiyon tipi için de tatmin edici sonuçlar vermediğinden, bu tip sistemler ancak düşük kat sayısındaki binalar için, sahip olduğu düşük yatırım bedeli, basit oluşu ve kolayca uygulanma yeteneğinden dolayı tercih edilebilir.

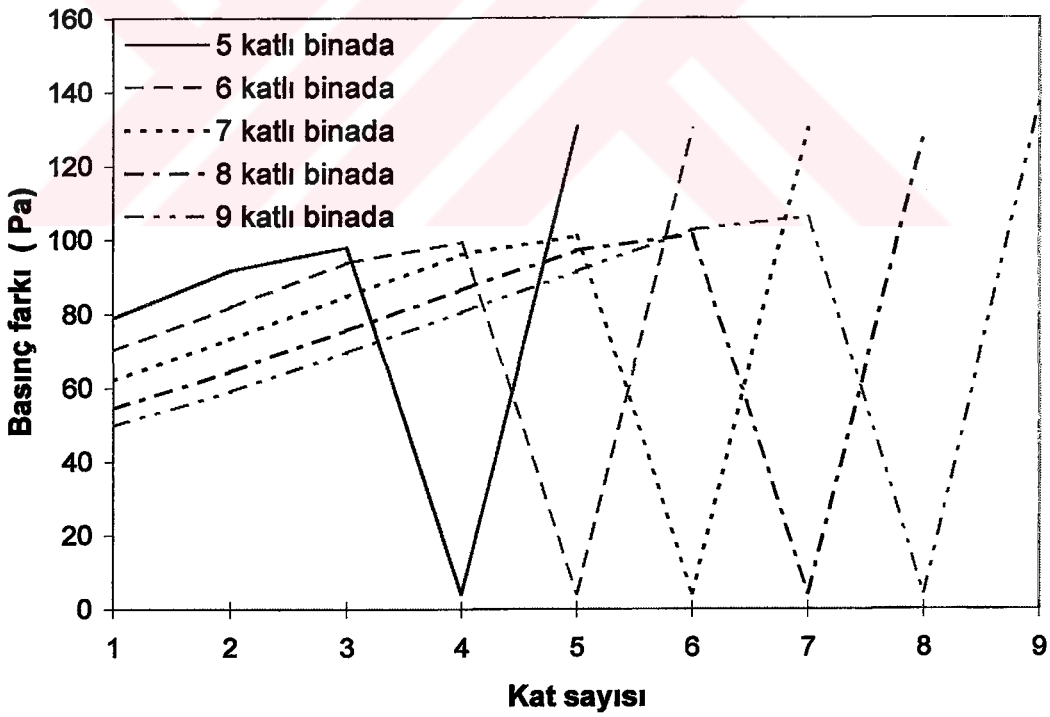


Şekil 5.4 Tekli enjeksiyonda üst iç kapılar açık pozisyonda alttan, ortadan ve üsten enjeksiyonlu sistemlerin karşılaştırılması.

Eğer ülkemiz dizayn şartları için tekli enjeksiyon ile tatmin edici bir basınçlandırma sağlanabilecek bina kat sayısını inceleyecek olursak, şekil 5.5 ve şekil5.6'da görüldüğü gibi kat sayısı en fazla 8 olabilmektedir. Bu inceleme binanın tahliyesi sırasında açık kapı sayısının 1 adet olabileceği kabulü doğrultusunda yapılmıştır. Daha yüksek katlı binalarda bu tip sistemler, açık iç kapı nedeniyle



Şekil5.5.Şekli enjeksiyonlu sistemde dış ve 1 iç kapı açık olması durumunda kabul edilebilir sınırlar içinde kalınarak yapılan basınçlandırmalar da kullanılan debi ile elde edilen basınç dağılımları.



Şekil 5.6 Üstten tekli enjeksiyonla yapılan basınçlandırmada üstten ikinci iç kapı açık olması durumunda şaft içerisinde oluşan basınç dağılımı.

merdiven kovası içerisine duman akışını engelleyecek yeterli basınç fark değerini sağlayamamaktadır Merdiven kovası içine alt katlardan duman girişini engellemek amacıyla basınçlandırma için gerekli debi miktarını arttırmaya kalktığımızda ise üst katlarda kapıları açabilme limiti olan 133 Pa basınç değerinin üzerine çıkıldığı görülmektedir.

5.4.3 İç Kapıların Açık veya Kapalı Olmasının Basınçlandırma Üzerindeki Etkisi

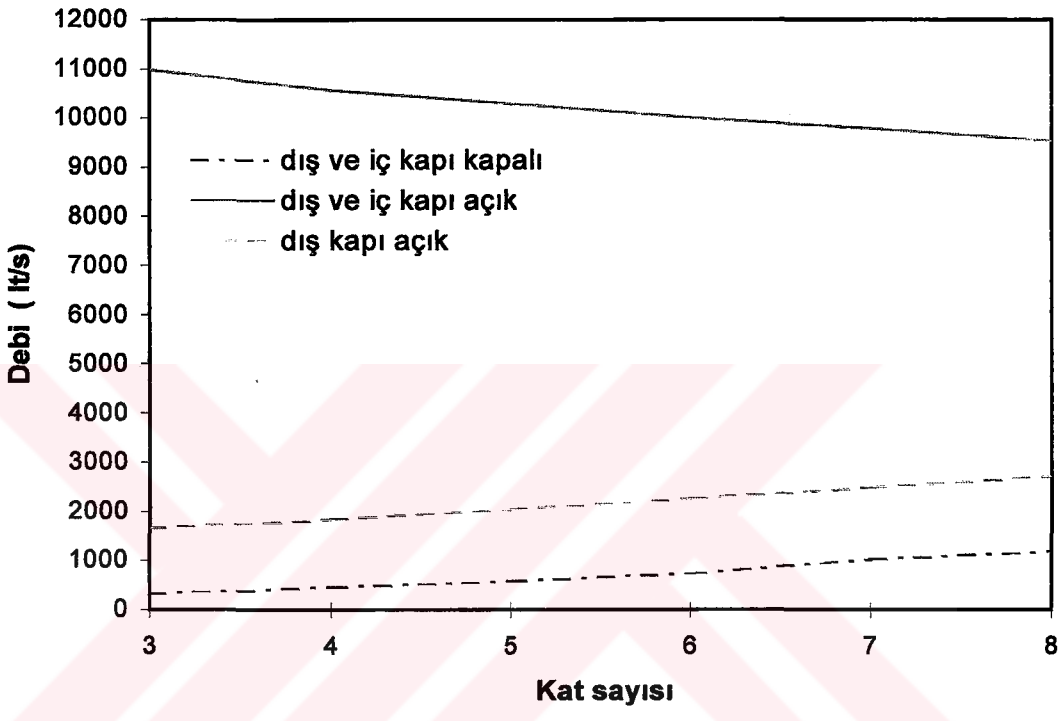
Çalışmamızın bu kısmında basınçlandırma sisteminin tatmin edici sonuçlar verebilmesi için binada kat sayısının değişimi ile debideki değişimin ilişkisi, kapıların açık ve kapalı olması durumu için irdelenmiştir. Buradaki sonuçlar tekli enjeksiyonlu sistemler için geçerlidir.

Yapılan incelemelerde gerekli debi miktarlarının binalardaki kat sayılarının artması ile artışı şekil 5.7.'de görüldüğü gibi doğru orantılı bir artıştır. Tüm kapılar kapalıyken kat başına ortalama artış oranı yaklaşık 155 l/s'dir. Yapılan modelleme çalışmalarında genellikle 1 adet iç kapı ile birlikte dış kapının açık olduğu düşünülmektedir. Dış kapının ve iç kapının açık olduğu sistemlerde kat başına debideki azalma miktarı yaklaşık 300 l/s olmaktadır. Bunun nedeni ise binanın kat sayısı arttıkça, üfleme noktası ile dış kapı arasındaki mesafe arttığından, dış kapı üzerinden dış ortama olan direk kaçak miktarının azalmasıdır. Yine şekil 5.7'de görüldüğü gibi binada sadece dış kapı açık olduğunda gerekli debi miktarı yine binanın kat sayısındaki artış ile orantılı olarak artmakta ve bu miktar ortalama 215 l/s dolaylarında gerçekleşmektedir. Buna karşın kapalı kapılı bir sistemden 1 iç kapı ve dış kapının açık olduğu bir sisteme geçmek için debiyi yaklaşık olarak; 9550 l/s arttırmak gerekmektedir.

5.5 ÇOKLU ENJEKSİYONLU SİSTEMLERDE BASINÇLANDIRMA

Bu tip bir sistemde merdiven kovasına üflenen hava belli kurallar çerçevesinde birçok noktadan sağlanmaktadır. Çalışmamızın bu kısmında İstanbul iklim şartları için çoklu enjeksiyonlu sistem değişik yönlerden ele alınarak üstünlükleri ve dezavantajları incelenmiştir. Bu

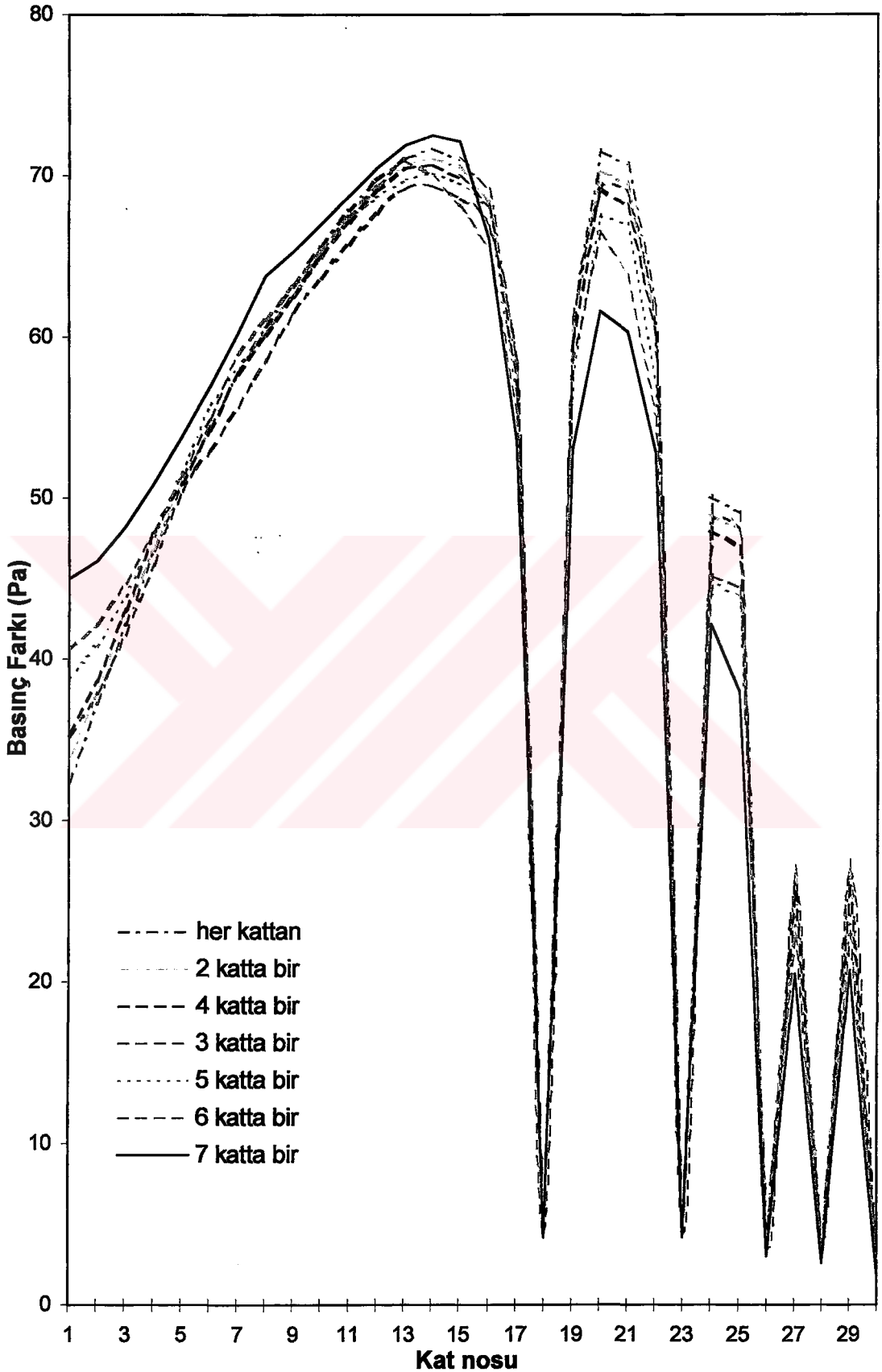
bölümde yapılan incelemelerde 20 ila 30 kat sayısına sahip binalar ele alınarak modellemeler yapılmıştır. Bu modellemeler de üfleme yapılan tüm noktalardan eşit miktarlarda debinin verildiği kabul edilmiş ve bu incelemelerde dış kapının ve iç kapıların açık olduğu düşünülerek, açık kapıların basınç dağılımı üzerindeki etkileri de göz önüne alınmıştır.



Şekil 5.7 Kat sayının değişimi ile açık ve kapalı kapılı sistemlerde debi artışının karşılaştırılması.

5.5.1 Enjeksiyon Nokta Sayısının Etkisi

Şekil 5.18'de çoklu enjeksiyonlu sistemlerde enjeksiyon yapılan nokta sayısının basınçlandırma üzerine etkisi gösterilmiştir. Şekil 5.8 de görüldüğü gibi optimum üfleme aralığı, hem sistem verimi hemde maliyeti ile bina otomasyon kolaylığı dikkate alınırsa 3 kat çıkmaktadır. Bu sonuca yine tablo 5.1.'e bakılarak rahatlıkla varılabilmektedir. Tablo 5.1.'de gri renkle belirtilen kısımlar yapılan analizin en can alıncı kısmını teşkil etmektedir. Çünkü yapılan karşılaştırmalarda bilhassa bu noktalardaki değerler önem kazanmaktadır.



Şekil 5.10. Üfleme nokta sayısının basınçlandırma üzerindeki etkisi.

Tablo 5.1. Üfleme nokta sayısının basınçlandırma üzerindeki etkisi.

Kat nosu	Her kattan (Pa)	2 kattan bir (Pa)	3 kattan bir (Pa)	4 kattan bir (Pa)	5 kattan bir (Pa)	6 kattan bir (Pa)	7 kattan bir (Pa)
1	32.3	33.8	35.4	35.2	38.8	40.5	45
2	37.2	37.8	38.6	37.8	40.8	42.1	46.1
3	42.1	42.9	43	41.5	43.9	44.7	48.2
4	46.7	46.8	47.9	45.8	47.6	47.8	50.9
5	50.8	51.1	50.9	50.4	51.5	51.3	53.8
6	54.4	54.2	54.2	52.9	55.8	54.9	56.9
7	57.7	57.6	57.7	55.6	58	58.9	60.2
8	60.6	60.2	60.1	58.5	60.3	61	63.8
9	63.2	62.9	62.5	61.5	62.6	63.1	65.3
10	65.6	65.1	65	63.6	64.9	65.3	67
11	67.8	67.3	67.1	65.7	67.3	67.4	68.8
12	69.7	69.2	69	67.6	68.7	69.3	70.5
13	71.1	70.7	70.5	69.2	69.8	71	71.9
14	71.7	71.1	70.7	69.4	70.2	70	72.5
15	71	70.5	69.9	68.6	69.6	68.1	72.1
16	69.1	68.3	68.1	66.8	68	65.5	66.1
17	58.3	57.8	56.9	56.9	56	55	53.5
18	4.7	4.7	4.6	4.6	4.5	4.5	4.2
19	61.1	60.3	59.6	58.9	57.5	58.4	53
20	71.5	70.3	69.2	69.1	67.5	66.4	61.6
21	70.7	69.5	68.1	68.7	67	63.8	60.3
22	61.9	60.5	60	59.5	56.9	55	52.8
23	4.8	4.7	4.6	4.6	4.3	4.2	4.2
24	50.1	49	48	48.4	45	45.2	42.2
25	49.1	48.1	47	47.8	43.8	44.5	38
26	4	3.9	3.8	3.8	3.6	3.4	3
27	27.1	26.5	25.5	26	24	22.9	20.5
28	3.5	3.4	3.3	3.4	3.1	2.9	2.6
29	27.5	26.9	25.9	26.8	24.1	23	20.7
30	2.3	2.2	2.2	2.2	2	1.9	1.7

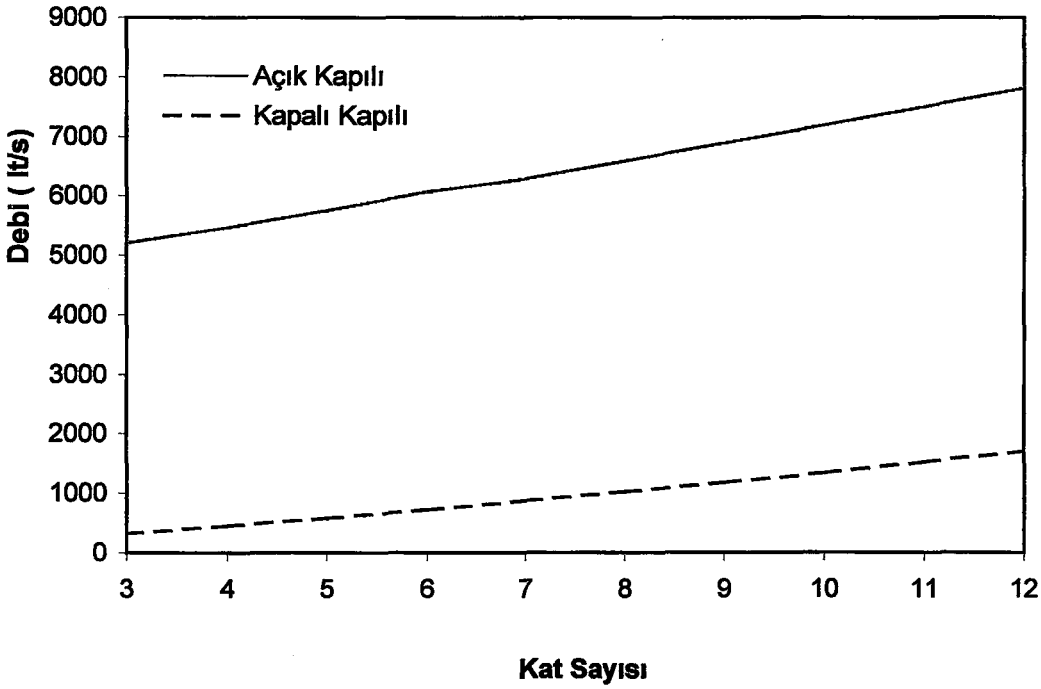
Bu bilgiler ışığında optimum sonuca yukarıdaki kriterlerin tek tek ele alınarak bu üç şartı sağlayan üfleme aralığı tercih edilmiştir. İlk olarak her kattan üfleme sonuçları ile 2,3 ve 4 katta bir üfleme sonuçları birbirine çok yakın olup, her 4 şekilde yapılan basınçlandırma sistem

verimi açısından uygundur. İkinci olarak maliyet şartına göre sistemi irdelersek mümkün mertebe az noktadan üfleme yapılması isteneceğinden, 3 katta ve 4 katta bir üfleme ile yapılan basınçlandırma sistemleri maliyet şartına uygundur. Son olarak bina otomasyonu açısından sistemleri mukayese edersek, her kattan,1, 2 ve 3 katta bir üfleme ile yapılan basınçlandırma şekilleri uygundur. Çünkü basınçlandırma sistemlerinde önceki bölümlerde belirtildiği gibi, bir iç kapı açıldığında onun bir üst veya alt katından yapılan üfleme miktarı arttırılarak sistemin çökmesi kolaylıkla önlenebilmektedir. Bu bilgiler ışığında yine grafikten de elde edilen sonuçlar uygunluğu teyit edilen optimum üfleme aralığı üç katta bir olmaktadır. Yine şekil 5.8'de görüldüğü gibi, dört (4) katın üzerinde ki periyotlarla yapılan enjeksiyonlarda açık kapılardan oluşan yüksek kaçak miktarları nedeniyle merdiven kovası içinde tatmin edici bir basınçlandırma sağlanamamaktadır. Buna göre ülkemiz dizayn şartları için en fazla üfleme aralığı 3 katta bir olmalıdır.

5.5.2 Açık Kapı Sayısının Debi Üzerindeki Etkisi

Çalışmamızın bu kısmında basınçlandırma sisteminin tatmin edici sonuçlar verebilmesi için binada kat sayısının değişimi ile debideki değişimin ilişkisi, kapıların açık ve kapalı olması durumu için irdelenmiştir. Buradaki sonuçlar çoklu enjeksiyonlu sistemler için geçerlidir.

Yapılan incelemelerde gerekli debi miktarlarının binalardaki kat sayılarının artması ile artışı şekil 5.9.'da görüldüğü gibi doğru orantılı bir artıştır. Tüm kapılar kapalıyken kat başına ortalama artış oranı yaklaşık 155 l/s'dir. Yapılan modelleme çalışmalarında 2 adet iç kapının açık olduğu kabulü yapılmıştır, açık kapılı sistemlerde bu artış miktarı tekli enjeksiyonun aksine pozitif yönde 300 l/s civarında oluşmaktadır. Buna karşın kapalı kapılı sistemden 2 iç kapının açık olduğu sisteme geçişte gerekli olan debi miktarındaki artış ortalama 5515 l/s dolaylarında gerçekleşmektedir.

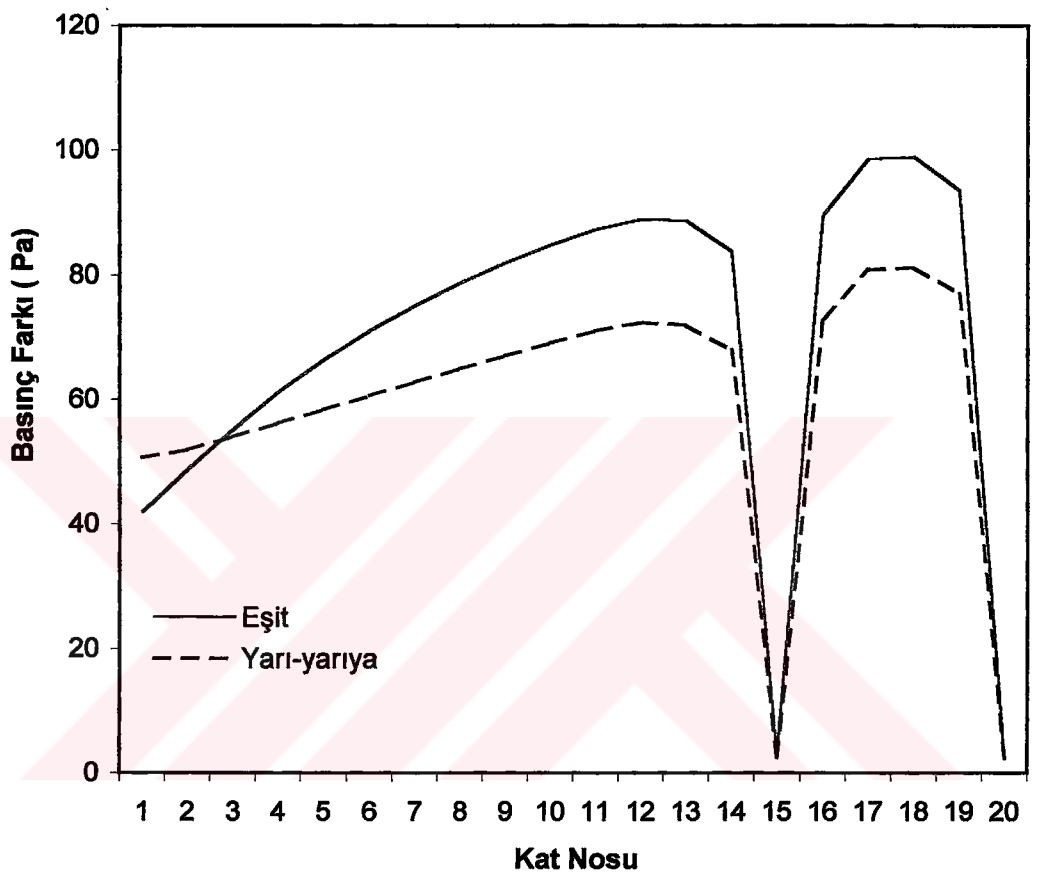


Şekil 5.9 Kat sayının değişimi ile açık ve kapalı kapılı sistemlerde debi artışının karşılaştırılması.

5.5.3 Katlara Üflenen Hava Debisinin Eşit veya Farklı Olması Durumunda Basınçlandırma Üzerindeki Etkileri

Bu bölümde, özellikle açık kapılardan dışarıya akan debilerin, bu kapılara yakın olan katlarda basınçlandırmada yarattığı çökmeleri bertaraf edebilmek amacıyla farklı noktalardan farklı miktarlarda debilerin verilmesi durumu 20 katlı bir bina için incelenmiştir. Bu kısımda yapılan çalışmamızda tüm noktalardan aynı debinin verilmesi ile birinci kattan yarı debinin üflenip, geriye kalan debinin diğer katlara eşit olarak bölüştürülerek üflenmesiyle yapılan basınçlandırma sistemleri karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmalarda açık dış kapının ve üst iç kapıların basınç dağılımı üzerinde ki etkileri de göz önüne alınmıştır. Şekil 5.10'da de görüleceği üzere dış kapının basınç dağılımı üzerindeki bozucu etkisi yarı debinin birinci kattan verildiği sistemde, tüm noktalarından eşit debi üflenen sisteme göre daha az olmaktadır, üst iç kapılar kısmında ise sonuçlar birbirine çok yakın olmakla birlikte yarı-debili sistem basınçlandırmada verimi açısından az da olsa üstün gelmektedir. Bu sonuçlar ışığında açık kapılara

yakın noktalardan üflenen debinin artması ile sistem veriminin de artacağı açıkça gözlenebilmektedir. Açık kapıların bozucu etkilerini engellemek için üfleme noktalarının debi ayarları önceki bölümde açıklandığı gibi, bina otomasyon sistemince otomatik olarak yapılmalıdır.

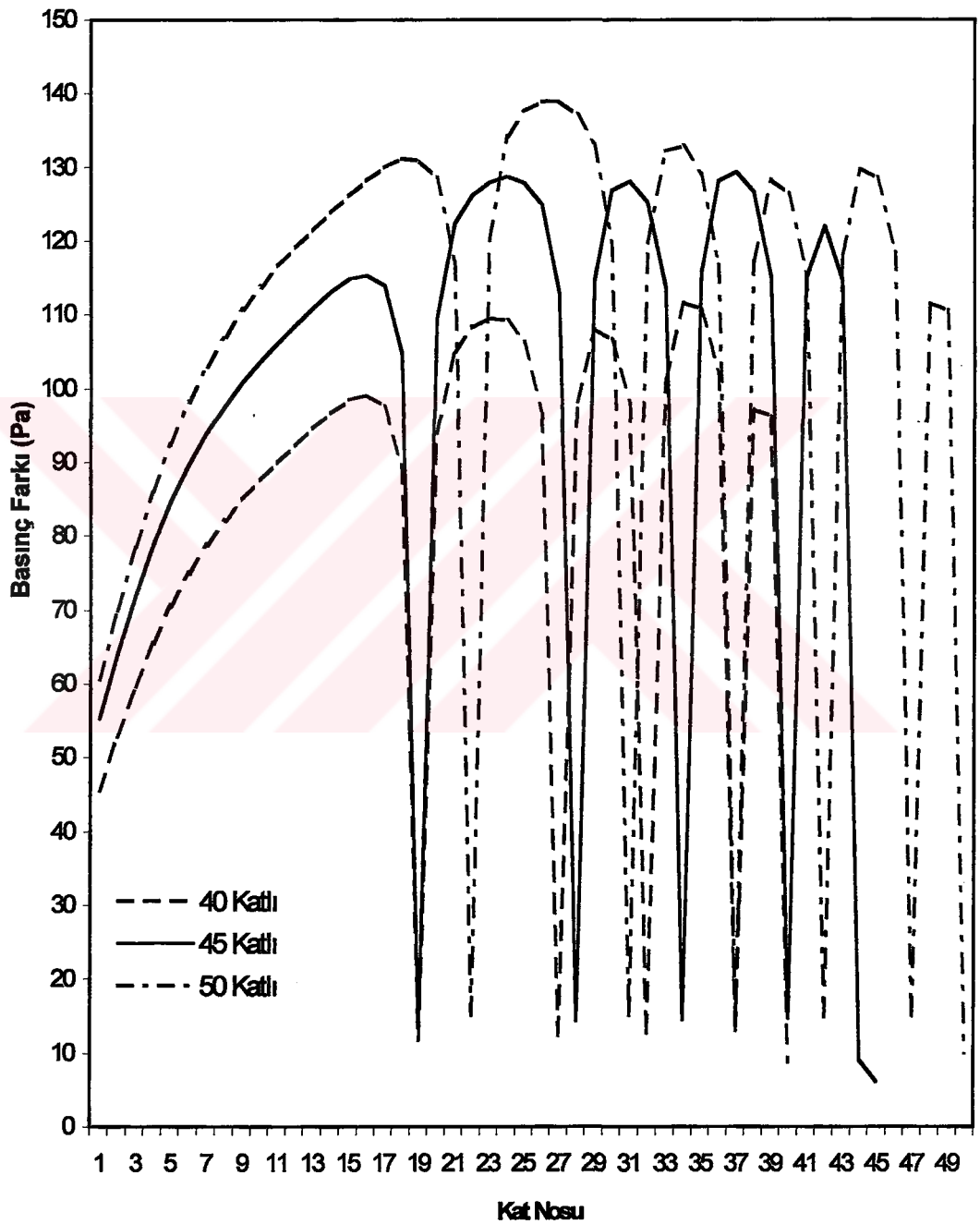


Şekil 5.10 Üfleme miktarının her noktadan eşit ve dış kapı seviyesinde yarı debinin verildiği basınçlandırma sistemlerinin karşılaştırması.

5.5.4 Çoklu Enjeksiyonda Kat Sınırlaması

Bu kısımda yüksek binalardaki merdiven kovasının kat sınırlaması incelenmiştir. Bu incelemede yine kış dizayn şartları esas alınmış ve bina kat yüksekliğinin 3 m olduğu kabul edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu, kabul edilebilir basınç değerleri sınırları içerisinde kalmak şartı ile sonuçlar incelendiğinde, şekil 5.11 ve tablo 5.2'de görüleceği gibi dikkatli bir dizayn yapmak şartıyla bu sınırımız 45 kata kadar çıkabilmektedir. Kat sayısı daha fazla olan binalarda arzu

edilmeyen basınç fark değerleri ile karşılaşılmaktadır. Buna sebep olan en büyük faktör ise önceki bölümde de belirtildiği gibi bina merdiven kovası içerisinde oluşan baca kuvvetleridir.



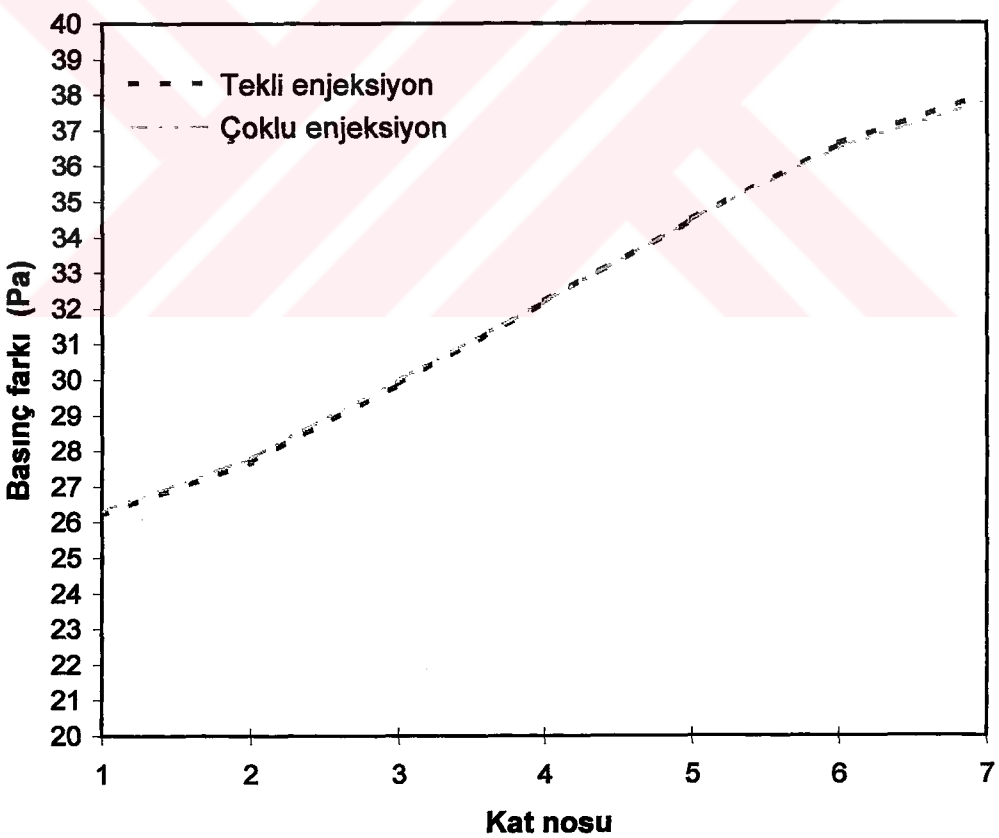
Şekil 5.11 Çoklu enjeksiyonlu sistemle yapılan basınçlandırmada kat sınırlamasın bulunması.

Tablo 5.2. Çoklu enjeksiyonlu sistemlerde kat sınırlaması.

Kat Nosu	40 katlı sistem (Pa)	45 katlı sistem (Pa)	50 katlı sistem (Pa)
1	45.5	55.3	60.6
2	52.8	63.9	69.9
3	59.6	71.8	78.5
4	65.5	78.7	86
5	70.6	84.6	92.5
6	75	89.6	98.2
7	78.8	93.9	103
8	82.1	97.6	107.1
9	85	100.9	110.7
10	87.6	103.7	113.8
11	90	106.2	116.6
12	92.3	108.6	119.1
13	94.6	110.9	121.5
14	96.7	113.1	123.8
15	98.5	114.9	126.1
16	99.1	115.4	128.2
17	97.6	114	130
18	89.6	104.8	131.2
19	11.7	13.6	130.9
20	93.9	109.4	128.6
21	105.1	122.4	117.1
22	108.3	126.1	15.1
23	109.5	127.9	120.3
24	109.1	128.7	134.2
25	106.3	127.8	137.6
26	96.5	124.8	138.8
27	12.3	112.9	138.9
28	98.2	14.4	137.1
29	108	114.6	133.1
30	106.7	126.9	119.7
31	98	128.1	15.1
32	12.7	125.2	119.8
33	101.2	113.7	132.2
34	111.6	14.5	132.8
35	110.7	115.7	129.2
36	102.2	128.2	116.7
37	13	129.4	14.8
38	97.1	126.6	117.2
39	96.2	115.1	128.3
40	8.8	14.7	126.4
41		115	115.7
42		122	14.9
43		114.6	118.1
44		9.1	129.8
45		6.1	128.6
46			118.4
47			15
48			111.5
49			110.5
50			10

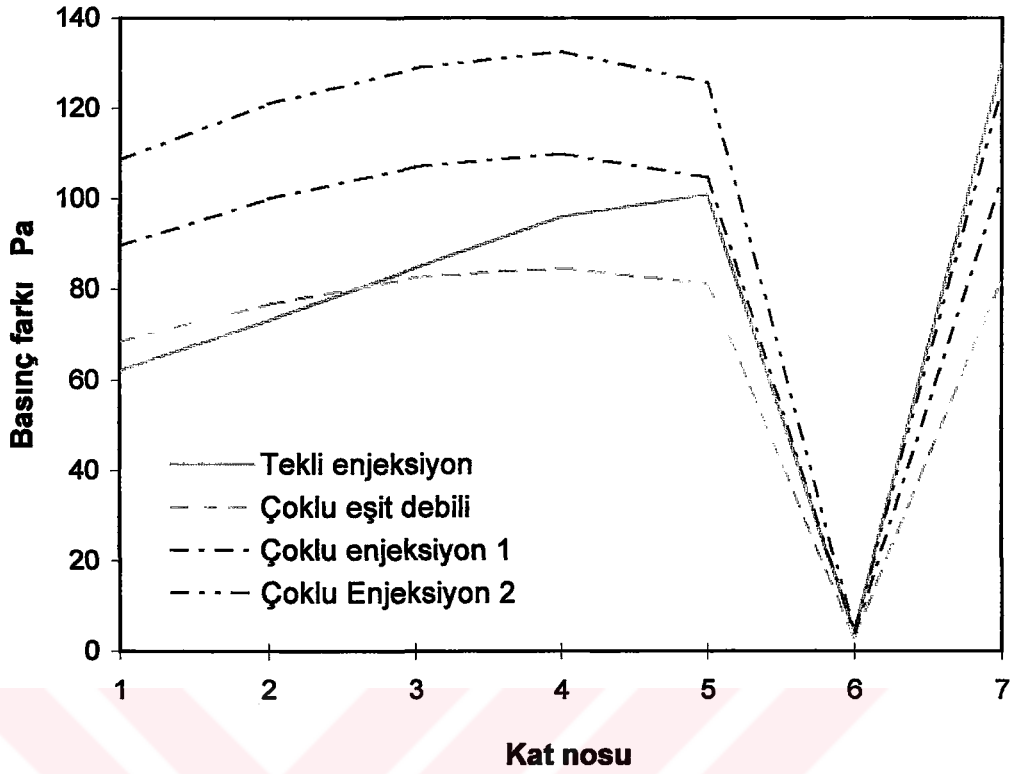
5.6 YEDİ KATLI BİNADA TEKLİ ve ÇOKLU ENJEKSİYONUN KARŞILAŞTIRILMASI

Şimdiye kadar ayrı ayrı olarak irdelediğimiz tekli ve çoklu enjeksiyonlu sistemlerin, birbirleriyle daha rahat bir şekilde mukayesesini yapabilmek amacıyla aynı özelliklere sahip bir binada her iki sistemin modellemesi yapıldı. Bu kısımda tekli enjeksiyon sistemi olarak üstten enjeksiyonlu sistem ele alınmıştır. Binanın tüm kapılarının kapalı olması (dış kapı dahil) durumu ile üst iç kapı ve dış kapının açık olması şartlarına göre ayrı ayrı incelemeler yapılmıştır. Tüm kapıların kapalı olması durumunda merdiven kovası şaftı içindeki basınç farkı dağılımı aynı debide hava üfleyen hem tekli hemde çoklu enjeksiyonda şekil 5.12.'de görüldüğü üzere bir birlerine çok yakın sonuç vermektedir.



Şekil 5.12.Tüm kapıları kapalı olan merdiven kovası için üstten tekli ve çoklu enjeksiyonlu sistemlerle yapılan basınçlandırmada elde edilen basınç dağılımları.

Açık kapılı bina için yapılan modellemede ise sonuçlar şekil 5.13.'de görüldüğü gibi oldukça farklı çıkmaktadır. Bunun nedeni ise üstten açık olan iç kapı üstten üflemeli tekli sistemin debisinin büyük bir kısmının bu açıklıktan dış ortama ulaşmasını sağlamasıdır. Oysa basınçlandırma sistemlerinde beli bir limit sınır içinde kalınmak istendiğinde, gerekli basınç farklarının eldesi için debi miktarında kapalı sisteme göre büyük bir artırışa gidilmiştir, bu yapılırken de en üst kapıda oluşan basınç değerinin üst basınç limitinin aşmamasına ayrıca dikkat edilmiştir. Oysa aynı şartlar için eşit debili çoklu enjeksiyonlu uygulamada ise elde edilen basınç dağılımı çok daha makul sınırlar içinde kalmaktadır. Buradan hemen şunu ifade edebiliriz; çoklu enjeksiyonda tekli enjeksiyona göre daha homojen bir basınçlandırma elde edilebilir ve bu basınç dağılımları hiç bir zaman bir noktanın basıncını artırmak gayesi ile diğer bir noktada kullanıcıları zor durumda kalmasına neden olmaz. Bunun daha rahat bir şekilde görülebilmesi için şekil 5.13.'de olan diğer çoklu enjeksiyon 1 ve 2 kısımları ele alınmıştır. Bu eğrilerden tek noktalı kesikli çizgi ile gösterilen çoklu enjeksiyon 1 eğrisi hazırlanırken tekli enjeksiyondan farklı olarak çoklu enjeksiyonda kesin bir debi sınırlamasının olmaması özelliğinden yararlanılmış ve çoklu enjeksiyon 1'de debi miktarında %15'lik bir artışa gidilerek basınç dağılımı üzerindeki olumsuzluklar giderilmiştir. Daha da ileri gidilerek çift noktalı kesikli çizgi ile temsil edilen çoklu enjeksiyon 2'de debi miktarı ilk duruma göre %25 artırılmış ve bununla orantılı olarak sistem veriminin de artığı şekilden de rahatlıkla görülmektedir. Bu iki farklı durumun oluşturulması için debide yapılan bu artış oranlarında dahi tekli sistemdeki en üst kapıda oluşan üst limit seviyesine ulaşılmamasında çoklu enjeksiyonun, tekliye göre nedenli geniş bir kullanım aralığına sahip olduğunun en büyük göstergesidir.



Şekil 5.13. Açık Kapılı bir merdiven kovasının tekli enjeksiyon ile çoklu enjeksiyonlu sistemlerle basınçlandırılması sonucu elde edilen basınç dağılımları.

5.7 SON SÖZ

Bu çalışmada ülkemiz iklim şartlarına göre kritik mevsimin belirlenmesi için ülkemiz coğrafyasındaki her bir bölgeyi temsilen bir ilimizin iklim şartları dikkate alınmıştır. Her bir ilimiz iklim şartları için aynı özellikleri taşıyan bir bina grubu dikkate alınarak incelemeler yapılmıştır. Bu incelemelerde ilk olarak açık iç kapıların konumunun basınçlandırma sistemi üzerinde etkileri çoklu enjeksiyonlu basınçlandırma sistemlerinde incelenmiştir, bu analizde binanın alt katlarındaki kapıların, orta katlarındaki kapıların ve üst katlarındaki kapıların açık olmaları durumunda elde edilen basınç profillerindeki değişim karşılaştırılmıştır. Bir sonraki incelememizde ise tek noktadan enjeksiyonlu sistemlerde basınçlandırmanın nasıl yapılması gerektiği İstanbul iklim şartlarına göre incelenmiştir. Bu kısımda, enjeksiyon yapılan noktanın konumunun sistem performansı üzerinde etkisi sekiz

katlı bir bina için incelenmiştir. Daha sonra ise tekli enjeksiyonlu sistemler için kat sınırlamasının bir iç ve dış kapının açık olması şartları için incelenmiştir. Bunları takiben bina ile merdiven kovası arasındaki iç kapıların açık veya kapalı olmasının basınçlandırma üzerindeki etkisi irdelenmiştir. Bu inceleme tekli enjeksiyonlu sistemler yanında, 20 ve 30 katlı bina gruplarında çoklu enjeksiyonlu sistemler de irdelenmiştir. Çoklu enjeksiyonlu sistemlerde üfleme aralığının etkileri sistem verimi, maliyeti ve bina otomasyon kolaylığı açısından ele alınmıştır. Yine, çoklu enjeksiyonlu sistemlerde bina merdiven kovası arasındaki açık iç kapı sayısının debi üzerindeki etkisi, çoklu enjeksiyon ile yapılan basınçlandırmada katlara üflenen hava debisinin eşit veya farklı olmasının elde edilen basınç dağılımı üzerindeki etkileri de karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu incelemeler yapılırken 20 katlı bir bina esas alınmıştır. Bu çalışmalardan sonra çoklu enjeksiyonlu sistemlerde yapılan basınçlandırmalar da, kat yüksekliğinin 3 m olması halinde ve kabul edilebilir sınırlar içinde kalmak kaydı ile, tek bir zon olarak basınçlandırma yapılabilecek bina yüksekliği, kat sınırlaması bölümünde incelenmiştir. Son olarak tekli ve çoklu enjeksiyonlu sistemlerin karşılaştırılması 7 katlı bir bina ele alınarak yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalarda tüm iç kapıların kapalı olması ve açık iç kapılı olması halleri ayrı ayrı incelenmiştir. Bu değerlendirmeler yapılırken her iki basınçlandırma sistemi için kullanılan toplam hava üfleme debileri eşit alınmıştır. Çoklu enjeksiyonlu sistemde toplam debi miktarında yapılan artımların basınç dağılımı üzerindeki etkileri de irdelenmiştir.

Yukarıda bahsettiğimiz bu çalışmalar sonucunda, merdiven kovası basınçlandırılmasında ülkemiz iklim şartları için kritik mevsimin kış mevsimi olduğu belirlenmiştir. Kış şartlarında basınçlandırma yapıldığı taktirde, bina ile merdiven kovası arasındaki üst iç kapıların açık olmasının kritik durumu teşkil ettiği gözlenmiştir. Bu bilgiler ışığında, ilk olarak tekli enjeksiyonlu sistemlerle yapılan basınçlandırma uygulamaları ele alınmıştır. Bu kısımda tekli enjeksiyonun en iyi verimi verebilmesi için enjeksiyon noktasının konumunun üstten olacağı, alttan ve ortadan enjeksiyonlu sistemlerle kıyaslanarak ortaya konmuştur. Daha sonra ise üsten tekli

enjeksiyonlu sistemlerde, kış şartlarında üst iç ve dış kapının açık olması durumu için yapılabilecek, kabul edilebilir sınırlar içinde kalan bir basınçlandırma sisteminin 8 katla sınırlı olduğu Debi-Basınç ve Kat Sayısı-Basınç grafikleri ile gösterilmiştir. Tekli enjeksiyonlu sistemlerde kapalı kapılı sistemlerde kat başına debideki artış miktarı ortalama 155 l/s olarak elde edilmiştir. Bir dış ve iç kapının açık olması durumunda ise kat başına debideki değişim, kat artışına karşın azalma şeklinde gerçekleşmiş olup, oranı ortalama 300 l/s olmaktadır. Çoklu enjeksiyonlu sistemlerde optimum üfleme aralığının üç katta bir olduğu tespit edilmiştir. Çoklu enjeksiyonlu sistemlerde açık kapı ve kat sayısının debi üzerindeki etkisi incelendiğinde, tekli enjeksiyonun tersine açık kapılı sistemlerde katsayısındaki artışa karşılık debide 300 l/s değerinde bir artışa gerek duyulduğu ortaya çıkmıştır. Çoklu enjeksiyonlu sistemlerde üfleme havasının her noktadan eşit miktarda verilmesi veya her bir noktadan farklı miktarlarda verilmesi değerlendirilmesinde, bilhassa dış kapının basınçlandırma sistemi üzerindeki bozucu etkisini önlemek açısından yarı debinin birinci kattan verildiği sistemin, her noktadan eşit miktarda debi veren sistemlere göre daha üstün olduğu ortaya çıkmıştır. Çoklu enjeksiyonlu sistemlerde kabul edilebilir basınç dağılımı için, kat yüksekliği 3 m olması durumunda, çok iyi bir dizayn ile tek bir zon olarak, en fazla 45 katlı bir binanın basınçlandırılabilineceğinin mümkün olduğu görülmüştür. Çoklu ve tekli enjeksiyonlu sistemlerin karşılaştırılmasında, kapalı kapılı sistemlerde her iki basınçlandırma tipide bir birine çok yakın sonuçlar vermiştir. Buna karşın açık kapılı sistemlerde çoklu enjeksiyonlu basınçlandırma sisteminin çok daha düzgün bir basınç dağılımı sağladığı görülmüştür. Yine bu inceleme sonucunda tekli enjeksiyonlu sistemlerde, çökme olan noktalarda iyileştirme yapabilmek için debide yapılabilecek artışlar, belirli noktalarda çok yüksek basınç değerleri elde edilmesi nedeniyle sınırlı kalmakta, fakat çoklu enjeksiyonlu sistemde debi miktarındaki artışların çok daha esnek olduğunu görülmüş ve debinin önemli miktarlarda arttırılması üst limit basınç değerinin aşılmadığı ve aksine bu artışların sistem performansını olumlu yönde etkilediği saptanmıştır.

Bu çalışmalar neticesinde, bir binanın yangın merdiven kovasının basınçlandırılmasının dizayn aşamasında, hangi dizayn koşullarının dikkate alınması gerektiği verilmeye çalışılmıştır. Bundan sonra bu konu üzerinde yapılacak ileri ki çalışmalarda ise, binalarda hava ile yapılan iklimlendirme sistemlerinin yangın merdiven kovalarında yapılan duman kontrolü üzerindeki etkileri ile bir yangın esnasında bina tahliyesinde bilhassa bedensel özürlülerin kullanmak zorunda olduğu asansör şaftlarının duman kontrolü incelenebilir. Yine ülkemizde binalarda yapılacak basınçlandırmalar da kritik mevsimin belirlenmesin de incelemelerin bölge bazı yerine, il bazında yapılması dizaynların daha sıhhatli olması açısından çok yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

[1] **NFPA 92A**, Recommended Practicte for Smoke Control Systems National Fire Protection Association and Committee on Building Construction, (1988).

[2] **John H. Klote ; James A. Milke,** Desing of Smoke Management Systems, ASHRAE and Society of Fire Protection Engineers, (1992).

[3] **G.T.Tamura, P.E.; P.J. Manley, P.E.**, Smoke Movement Studies In 15-Story Hotel, ASHREA Transactions, Part2, pp.1237-1253 (1985).

[4] **Michael E. Dillon,** ASHREA And NFPA Seek Answers To Controlling A Major Fire Villain, ASHREA Journal, pp.27-31 April (1987).

[5] **John H. Klote**, The Plaza Hotel Fire Experiments, ASHREA Journal, pp. 27-29 October (1990).

[6] **N.R. Marshall,** The Behaviour Of Hot Gases Flowing Within A Staircase, Fire Safety Journal, 9, pp.245-255 (1985).

[7] **N.R. Marshall**, Air Entrainment Into Smoke And Hot Gases In Open Shafts, Fire Safety Journal, 10, pp.37-46 (1986).

[8] **J.E. Lovatt, P.Eng.; A.G. Wilson, P.Eng.,** Stack Effect In Tall Buildings, ASHREA Transactions, Part 2, pp.420-431 (1994).

[9] **John Klote**, Full Scale Smoke Control Tests At The Plaza Hotel Building, ASHREA Journal, pp. 28-32 April (1989).

[10] **George T. Tamura**, Experimental Studies On Pressurized Esacpe Routes, ASHREA Transactions, Part 1, pp. 224-231 (1974).

[11] **John A. Clark; James S.Buckley**, The Evolution of Pressurized Stairwells, ASHREA Transactions, Part 1, pp. 1001-1005 (1995).

[12] **Cang Lun Chen**, A Look at Pressurization, ASHRAE Journal, pp.23-27, April (1986).

[13] **F.J. McCabe**, Smoke Managment Damper Apllications, ASHREA Transactions, Part 2, pp. 643-649 (1991).

[14] **G.T. Tamura, P.E.**, Assessment Of Stair Pressurization Systems For Smoke Control, ASHREA Transactions, Part 1, pp. 66-71 (1992).

[15] **JOHN H. KLOTE, P.E.**, Stairwell Pressurization, ASHREA Transactions, Part 1, pp. 604-623 (1980).

[16] **W.T. Ritter, P.E.**, Review Of a Smoke Control Systems, ASHREA Transactions, Part 2, pp. 799-801 (1985).

[17] **K.P. Cheung**, Staircase Pressurization-The Rationale and The Alternatives, ASHREA Transactions, Part 1, pp.866-880 (1980).

[18] **J.H. Klote, D.Sc., P.E.**, An Overview Of Smoke Control Technology, ASHREA Transactions, Part 1, pp.1211-1222 (1988).

[19] **W.K. Chow,Ph.D.; L.W. Lam**, Evaluation of a Staricase Pressurization System, ASHREA Transactions, Part 2, pp.194-199 (1993).

[20] **G.S. Shavit, Ph.D.; S.E. Egesdal, P.E.**, Fire And Smoke Control Systems During The Past 100 Years, ASHREA Transactions, Part 1, pp.991-994 (1995).

[21] **William A. Webb, P.E.**, Development Of Smoke Management Systems, ASHREA Journal, pp. 36-39, August (1995).

[22] **M.N.A.Said, Ph.D., P.Eng.**, A Review Of Smoke Control Models, ASHREA Journal, pp. 36-40 April (1988).

[23] **George T. Tamura, P.E.**, Stair Pressurization Systems For Smoke Control, ASHREA Journal, pp. 14-17 July (1991).

[24] **John H. Klote, P.E., D.Sc.**, A Preview Of ASHRAE'e Revised Smoke Control Manual, ASHREA Journal, pp. 34-37 (1992).

[25] **K.M. Elovitz, P.E.; D.M. Elovitz,P.E.**, Understanding Smoke Management And Control, ASHREA Journal, pp.34-37 April (1993).

[26] **John H. Klote, D.Sc.,P.E.**, An Overview Of Smoke Control Research, ASHREA Transactions, Part 1, pp.979-990 (1995).

[27] **G.T. Tamura ; R.A. MacDonald,**Comparative Performances of Mechanical Smoke Exhaust System, Zoned Smoke Control, And Pressurized Building Method of Smoke Control, ASHRAE Transactions, Part 1, pp. 488-495 (1993).

[28] **A.K. Persily, Ph.D.; R.A. Grot,Ph.D.**, Accuracy In Pressurization Data Analysis ASHREA Transactions, Part 1, pp. 105-119 (1985).

[29] **G.T. Tamura, P.E.**, Fire Tower Tests Of Stair Pressurization Systems With Mechanical Venting Of The Fire Floor, ASHREA Transactions, Part 2, pp.384-392 (1990).

[30] **G.T. Tamura,** Determination of Ciritical Air Velocities to Prvenet Smoke Backflow at a Stair Door Openingon the Fire Floor, ASHRAE Transactions, Part 2, pp. 627-633 (1991).

[31] **G. T. Tamura**, The Performance of a Vestibule Pressurization System For The Protection of Escape Routes of a 17-Story Hotel, ASHRAE Transactions, Part 2, pp. 593-603 (1980).

[32] **Roger Marchant**, Sandwich Pressurization Systems For Smoke Control, ASHREA Journal, pp. 20-26 November (1992).

[33] **Dr. H.M. Sofrata,** Calculating Smoke Control, ASHREA Journal, pp.17-22, April (1986).

[34] **Margaret Law**, Fire and Smoke Models-Their Use In The Desing Of Some Large Buildings, ASHRAE Transactions, Part 1, pp.963-971 (1990).

[35] **J.H.Klote, D.Sc., P.E.**, Desing Of Smoke Control Systems For Areas Of Refuge, ASHREA Transactions, Part 2, pp.793-807 (1983).

[36] **G.T. Tamura, P.E.,** Fire Tower Tests Of Stair Pressurization Systems With Overpressure Relief ASHREA Transactions, Part 2, pp. 373-383 (1990).

[37] **W.K. Chow, Ph.D. ; F.K. Wong ;T.T. Lo ; K.M. Lau**, Field Tests On a Staircase Pressurization System Installed In a Commercial Building, ASHRAE Transactions, Part 2, pp. 393-398 (1990).

[38] **G.T. Tamura, P.E.**, Field Tests Of Stair Pressurization Systems With OverPressure Relief , ASHREA Transactions, Part 1, pp.951-958 (1990).

[39] **G. T. Tamura, P.E.**, Fire Tower Tests On Vestibule Pressurization For Protection Of Stairshafts, ASHREA Transactions, Part 1, pp. 981-989 (1994).

[40] **G.T.Tamura, P.E.**, Stair Pressurization Systems For Smoke Control: Desing Considerations, ASHREA Transactions, Part 2, pp.184-192 (1989).

[41] **J.A.Clark, P.E.; J.W. Harris,** Stairwell Pressurization In a Cold Climate, ASHREA Transactions, Part 1, pp. 847-851 (1989).

[42] **G.Y. Achakji, P.E.; G.T.Tamura, P.E.**, Pressure Drop Characteristics Of Typical Stairshaft In High-Rise Buildings, ASHREA Transactions, Part 1, pp. 1223-1237 (1988).

[43] **William A. Webb, P.E.**, Development Of Smoke Management Systems, ASHREA Transactions, Part 1, pp.995-1000 (1995).

[44] **J.R. Mawhinney; G.T. Tamura,** Effect of Automatic Sprinkler Protection on Smoke Control Systems, ASHRAE Transactions, Part 1, pp. 494-513 (1994).

[45] **G.Shavit, Ph.D.**, Information - Based Smoke Control Systems, ASHREA Transactions, Part 1, pp. 1238-1252 (1988).

[46] **G.K. Yuill, Ph.D.; Kamel Haddad,** Sensitivity Of A Stariwell Pressurization, System To The Airtightness Of Building Components, ASHREA Transactions, Part 2, pp.869-877 (1994).

[47] **G.K. Yuill; K.H. Haddad**, Effect Of Opening Stairwell Doors On The Performace Of A Stairshaft Pressurization System, ASHREA Transactions, Part 1, pp.990-999 (1994).

[48] **J.H. Klote, P.E.; X. Bodart,** Validation Of Network Models For Smoke Control Analysis, ASHREA Transactions, Part 2, pp.1134-1145 (1985).

[49] **John H. Klote,** Computer Modeling For Smoke Control Desing, Fire Safety Journal, 9, pp.181-188 (1985).

[50] **M.N.A. Said, Ph.D.,P.E. ; R.A. MacDonald,** An Evaluation Of a Network Smoke Control Model, ASHREA Transactions, Part 1, pp. 279-282 (1991).

[51] **C.P. Wray, P.E.; G.K. Yuill, Ph. D., P.E.**, An Evaluation Of Algorithms For Analyzing Smoke Control Systems, ASHREA Transactions, Part 1, pp.160-174 (1993).

[52] **J.A. Milke, Ph.D., P.E.; F.W. Mowrer, Ph.D., P.E.,** Computer-Aided Design For Smoke Management In Atria And Covered Malls, ASHREA Transactions, Part 2, pp.448-454 (1994).

EK-A. SAYISAL ÇÖZÜM

Bölüm 4'de teorisi verilen merdiven kovasının basınçlandırılması ile duman kontrolünün sayısal olarak çözümlenmesi için, FORTRAN dilinde DEBİ, DATAHAZ ve DUMAN KONTROLU olmak üzere üç ayrı bilgisayar programı hazırlanmıştır.

Sayısal hesaplamada, ilk olarak binanın yüksekliği, katsayısı, ve merdiven kovası yüksekliği gibi genel özelliklerine dayanarak basınçlandırma için yaklaşık gerekli debi miktarı hesaplanıyor daha sonra DATAHAZ programı ile bina içindeki şaft sayısı, bina içi, şaft ve dış ortam sıcaklık profilleri hesabı, bina içindeki bağlantı kompartıman sayıları ve şafta bağlantıları, iç ve dış akış alanları, akış katsayıları, merdiven kovası kesit alanı, binanın kullanım amacına göre merdiven kovasının kullanan insanların yoğunluğu ve merdiven kovasını basınçlandırmak için üflemelerin tek noktadan mı veya kat kat mı yapıldığı, merdiven kovasının dış ortamla bağlantısı, bina kompartımanının birbirleriyle, merdiven kovası ve dış ortamla bağlantıları gibi verilerin bir kısmı direkt olarak bir kısmında program tarafından hesaplanarak DUMAN KONTROLU programında yukarıda belirtilen veriler ışığında merdiven kovası ve bina arasındaki basınç dağılımını hesaplanmaktadır.

A.1 DEBİ PROGRAMI

Bu programda basınçlandırma için gerekli debi miktarı yaklaşık olarak hesaplanmaktadır. Debi hesabında problemi basitleştirmek için aşağıdaki kabuller yapılmaktadır:

- Akış ve sızıntı yollarının her katın orta kotunda olduğu,
- Bina sıcaklığını ve dış ortam hava sıcaklığını sabit olduğu,
- Kat yüksekliklerinin her kat için aynı olduğunu,
- Havanın yoğunluğu sabit olduğu ($\rho = 1.2\ kg/m^3$),

- Verilen üst ve alt basınç değerlerinin sabit almak üzere debi hesabı yapılıyor.

Yaklaşık debi hesabında, bina ve merdiven kovası ile ilgili veri girişinden sonra şekilA.1.'de de rahatlıkla görüleceği gibi, yaz veya kış şartı seçimi yapılmakta ve merdiven kovası ile bina arasındaki açık kapıların ve kapalı kapıların konumu ve dışarıya tahliye kapısının konumu ve merdiven kovasında izin verilen en yüksek ve en düşük basınç değerleri veri olarak girilmekte ve debi programı açık kapılardan debi akışını, kapalı kapıların çevresinden (sızıntı aralıklarından) debi akışını ve dış kapıdan debi akışını hesaplamakta, sonra uygun emniyet katsayıları kullanılması ile toplam debi miktarını hesaplamaktadır.

Bütün bu tanıtımdan sonra programın kısımlarını kısaca tanıtırsak;

Ana program : Bu kısımda sıcaklık faktörünü hesapladıktan sonra, akış diyagramında da açıkça görülen mantık zincirine göre dallanma yaparak kapalı, açık, dış ve toplam debi miktarını hesaplayarak ekrana yazdırmaktadır.

A.2. DATA PROGRAMI

İkinci olarak kullanılan program ise Data hazırlama programıdır. DATAHAZ programının amacı, DUMAN KONTROLU programı için gerekli veri dosyalarını hazırlamaktır. Bu programa bina kat sayısı, kat yükseklikleri, katta bulunan birbirinden bağımsız bölümlerin sayısı, üst kat ile olan bağlantılar, merdiven kovası veya merdiven kovaları ile bağlantılı bölümler, gibi bina özellikleri ile bina içi sıcaklık ve merdiven kovası sıcaklık verileri girilerek sıcaklık profilleri hesaplanmaktadır. Yine binanın konumu ve rüzgar yönüne göre dış basınç profilleri belirlenmektedir. Girilen merdiven kovası kesit alanı, kullanım yoğunluğu ve açık veya kapalı merdiven olması verilerine göre akış katsayısı hesaplanmaktadır. Yine merdiven kovasının modellenmesinin yapılabilmesi için dışarı açılan kapının konumu, içeri açılan kapıların konumu, merdiven kovasına üflenen hava debisi ve

üfleme noktalarının konumu verileri DATAHAZ programı ile verilmektedir.

A.3. DUMAN KONTROLU PROGRAMI

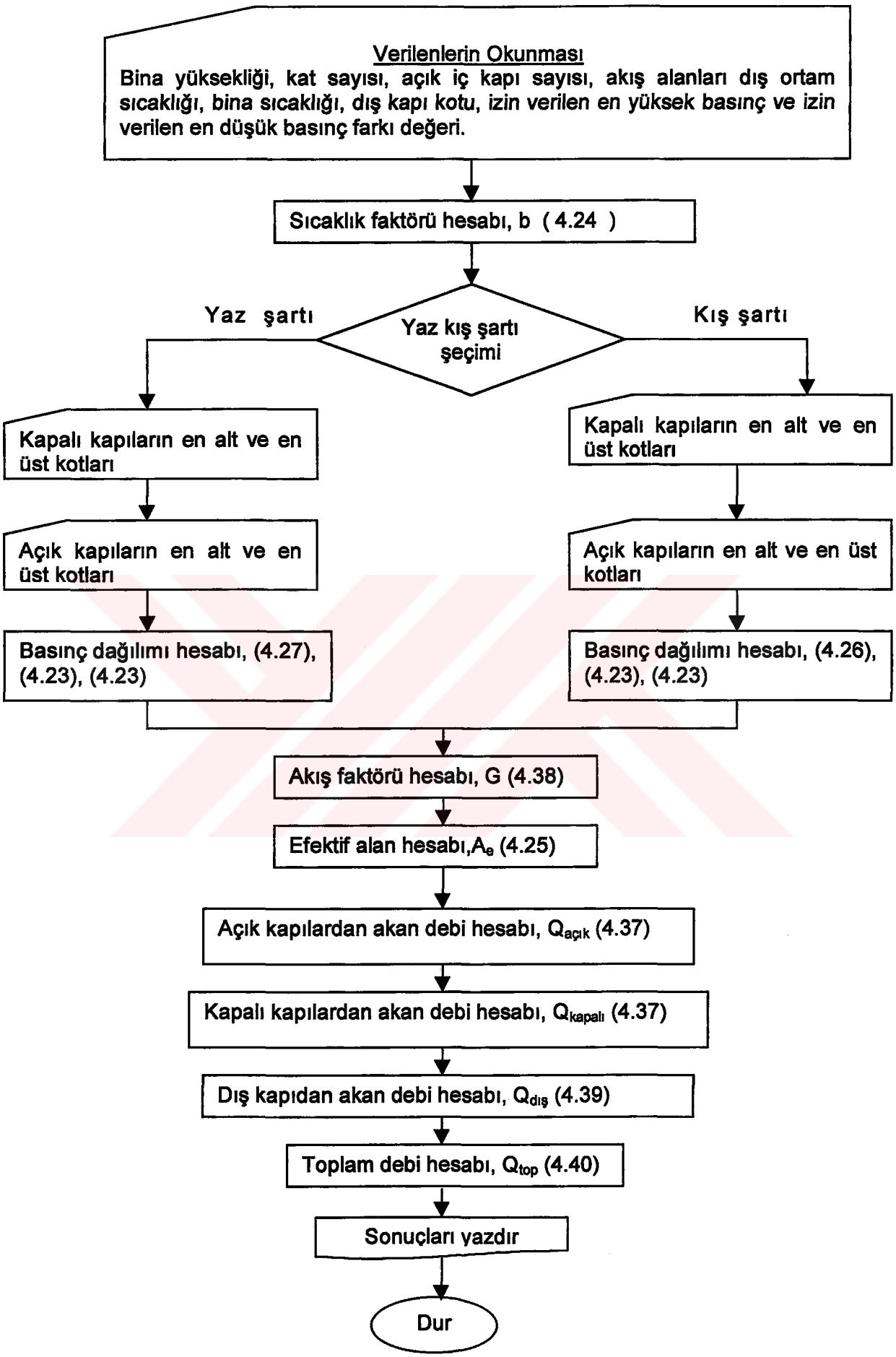
Üçüncü olarak kullanılan program ise Duman kontrol programıdır. Bu çalışmada sonuçları kullanılan bilgisayar programını içeriğini kısaca tanımlarsak, ilk önce yapılan kabuller ve limitleri sıralamamız gerekmektedir. Bu kabuller ve limitlerimiz şunlardır:

1- Her alanın en az bir belirli basıncı ve bir belirli sıcaklığı vardır.
2- Akış ve sızıntı yolları her katın orta kısmından gerçekleştiği kabul edilmiştir.
3- Havalandırma sisteminin veya duman kontrol sistemlerinin sağladığı net hava miktarı sabit olduğu ve bina basıncından bağımsız olduğu kabul ediliyor.
4- Dış taraf hava sıcaklığı sabit kabul edilmiştir.
5-Yer seviyesindeki barometrik basınç, standart atmosferik basınca eşit olduğu kabul edilmiştir (101325 Pa).

Yapılan bu kabuller ışığında hazırlanan Duman Kontrolü programı şekil A.2.'de verilen akış şemasındaki mantık zincirine göre, bir ana program ve 8 adet alt programdan oluşmaktadır. Bu kısımda ise yapılan ana ve alt programları kısaca tanıtımını yapabiliriz;

Ana Program: Ana program aşağıda görevleri açıklanan alt programlar ile bilgi alışverişi yaparak, gerekli verileri okumakta ve düzeltilmiş akış katsayısını hesaplamaktadır. İlk basınç değerini hesapladıktan sonra iteratif olarak her kattaki basınçları hesaplamakta ve basınç dağılımını oluşturmaktadır.

Veri Alt Programı: Bu program, duman kontrol sistemlerinde akış analizi için gerekli dış ortam sıcaklığı, bina içi sıcaklık dağılımı gibi verileri ve bina ile ilgili diğer verileri dosyadan okumakta ve hidrostatik basınç farkının ilk değerlerini hesaplamaktadır.



Şekil A.1. Debi Programı akış şeması.

Düzeltme Alt Programı : Bu kısımda düzeltilen akış katsayısını tüm akış yolları için (4.8) nolu eşitliğe göre hesaplamaktadır.

İlk Alt Programı: Bu alt programda Sander tekniği kullanılarak binaya ait ilk basınç değerleri hesaplanmaktadır. Bu teknikte kütle akışı basınç farkının lineer bir fonksiyonu kabul edilmekte ve akış eşitlikleri matris formunda ifade edilip çözülmektedir.

Bina Alt Programı: Basınç dağılımının iteratif olarak çözülmesi için kullanılan 3 alt programdan birisi olan Bina alt programı bina içindeki bölmeleri sırayla incelemekte ve i. bölümdeki kütle akışlarını hesaplamaktadır. Eğer bulunan değerler yakınsama kriterini sağlarsa ve program diğer bölüme geçer veya ana programa geri döner. Aksi taktirde hesaplamaya devam eder.

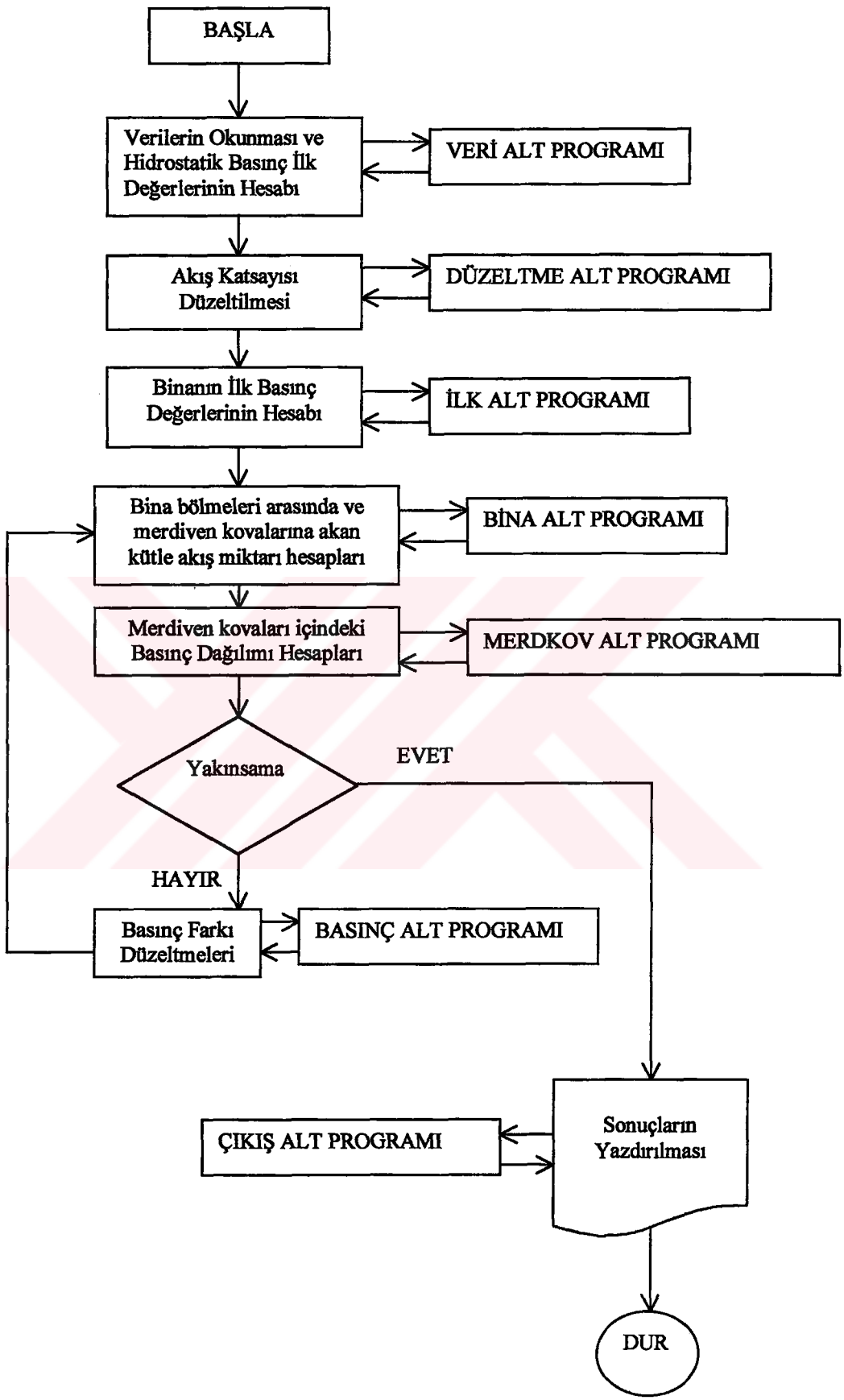
Merdkova Alt Programı: Bu alt program Bina alt programı ile aynı yapıda olup, bina içinde mevcut olan merdiven kovalarının tek tek incelenmesini gerçekleştirmektedir. Yakınsaklık kriteri hem Bina hemde Merdkova için sağlanınca Çıkış alt programına gidilerek sonuçlar yazdırılmaktadır. Aksi taktirde hidrostatik basınç farkı alt program Basınç'da düzeltiliyor.

Basınç Alt Programı: Bina ve Merdkova alt programları yakınsamadığı zaman hidrostatik basınç farkı düzeltmeleri bu alt program kullanılarak eşitlik (4.22) göre hesaplanmaktadır.

Çıkış Alt Programı: Bu alt program kütle akışlarını ve akış dağılımı için basınçları ve merdiven kovaları için basınç farkları sonuçlarını yazdırmaktadır.

ÖZGEÇMİŞ

Serkan Soyel 05.04.1971 yılında Lefkoşa'da doğdu. Orta öğrenimini 1989 yılında Lefkoşa Türk Lisesi'nde tamamladı. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Sakarya Mühendislik Fakültesi'nde makina mühendisliği lisans programına başladı, 1993 yılında eğitimini bölüm 3.'sü olarak tamamladı. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans öğrenimine başladı. Bu dönemde Çilingiroğlu Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti.'nde çalışmaya başlayan Serkan Soyel İngilizce bilmektedir.



Şekil A.2. Duman Kontrol Programı Akış Şeması.

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ