

# Havalandırma açıklıkları ve yangın

Yangınla mücadele sırasında havalandırma için açıklıkların oluşturulması/kullanılması söz konusu olduğunda itfaiye teşkilatında pek çok karışıklık yaşanmaktadır. Belçika'da pozitif basınçlı havalandırma (PPV-positive pressure ventilation) genellikle yangın söndürülene kadar başlatılmaz. Bu şekilde havalandırma yangın davranışını etkilemez. Diğer ülkelerde havalandırmanın yangınla mücadele sırasında, hatta dahili müdahaleden önce başlatılması gelenekseldir. Bu çalışma yöntemi, özellikle de söndürme öncesinde yangın davranışını etkileyebilir. Doğal havalandırma kullanıldığında bile bu durum söz konusu olacaktır. İtfaiye teşkilatının bir ön kapının açılmasının doğal havalandırmaya eşit olduğunu anlaması önemlidir. Bu da Belçika yaklaşımının (PPV olmadan) bile yangının ilerleyişini etkileyebileceği anlamına gelir.

## 1 Yangın davranışı üzerindeki etki

Havalandırma delikleri açmanın yangın davranışı üzerindeki etkisini anlamak için öncelikle yangın davranışının kendisini anlamak gerekir. Burada iki farklı yangın davranışını ayırt edebiliriz. Bir tarafta "havalandırılmış" yangın davranışı, diğer tarafta ise "yetersiz havalandırılmış" yangın davranışı. Bu iki terimi tanımlamak için öncelikle iki farklı yanma biçimini açıklamamız gerekir: yakıt kontrollü ve havalandırma kontrollü.

### 1.1 Yanma biçimleri

Bir yangının başlangıcında yanmaya yalnızca az miktarda malzeme katılır. Küçük ateşi beslemek için fazlasıyla hava mevcuttur. Malzemenin (yakıtın) özellikleri ve odadaki dağılımı ne olacağını belirleyecektir. Önemli özellikler alev yayılımı, alevlerin yüzey üzerinde yayılma hızı ve ısı salınım hızı, yakıtın enerji üretme hızıdır. Bir yangının başlangıç aşamasında yakıt, yangının ilerlemesini kontrol eder. Bu yüzden buna "yakıt kontrollü" yangın denir.

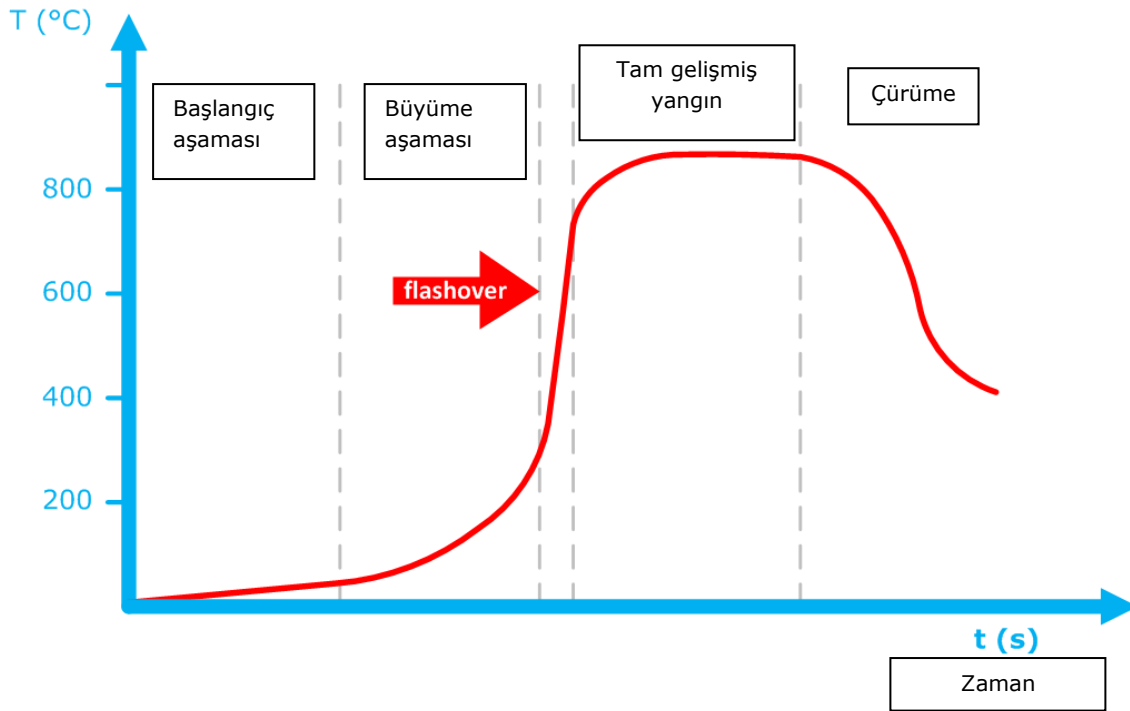
Bir süre sonra yangın büyür. Oksijen konsantrasyonu azalırken sıcaklık yükselir. Bir duman tabakası oluşur. Bir süre sonra duman tabakası tutuşacaktır (rollover). Bu nedenle duman tabakasının altındaki yakıtta doğru radyatif ısı önemli ölçüde artar. Flashover meydana gelir. Bu senaryonun gerçekleşmesi için yeterli miktarda havanın mevcut olması gerekir. Bu da bir kapı veya pencerenin açılması gerektiği anlamına gelir. Bir başka olasılık da yangının gelişimi sırasında bir pencerenin (örneğin tek camlı) kırılmasıdır.

Flashover sonrasında tüm oda alevler içinde kalır. Yangın, oksijeni mevcut olan herhangi bir açıklıktan içeri çeker. Tipik olarak yangın binadan da çıkmaktadır. Bunun nedeni, açıklıktan gelen hava kaynağının yangın için yetersiz olmasıdır. İçeride yeterli oksijen bulunmadığından, duman gazlarının bir kısmı dışarıda yanar. Odanın dışında bol miktarda oksijen vardır. Yangının yoğunluğu artık mevcut yakıt tarafından belirlenmez. Ne olacağını belirleyen şey havalandırmadır (oksijen). Bölmeye giren her bir kilogram oksijen için yaklaşık 13,1 Megajoule (MJ) enerji üretilebilir. Pratik olarak konuşmak gerekirse, metre küp hava başına 3 MJ enerji açığa çıkabilir. 2 m<sup>2</sup>'lik bir kapı açıklığından 1 m/s'lik bir hava akımı geçtiğinde, 6 MW'lık bir yangını besleyebilir. Havalandırma artık ne olup bittiğini belirlediğinden, yangın "havalandırma kontrollüdür".

## 1.2 İki çeşit yangın davranışı

### 1.2.1 Havalandırılmış yangın davranışı

Havalandırılmış yangın davranışı 5 aşamadan oluşur. Yangın başlangıç aşamasında başlar ve büyüme aşamasına doğru evrilir. Her iki aşamada da yangın yakıt kontrollüdür. Daha sonra flashover gerçekleşir. Bu aşamada yakıt kontrollü bir biçimden havalandırma kontrollü bir biçime geçiş yapılır. Dördüncü aşama tamamen gelişmiş yangındır. Bu aşamada yangın havalandırma kontrollüdür. Odadaki yakıt bittiğinde yangının gücü azalacaktır. Oksijen ihtiyacı da düşer. Bir noktada yangın yakıt kontrollü duruma geri dönecektir.



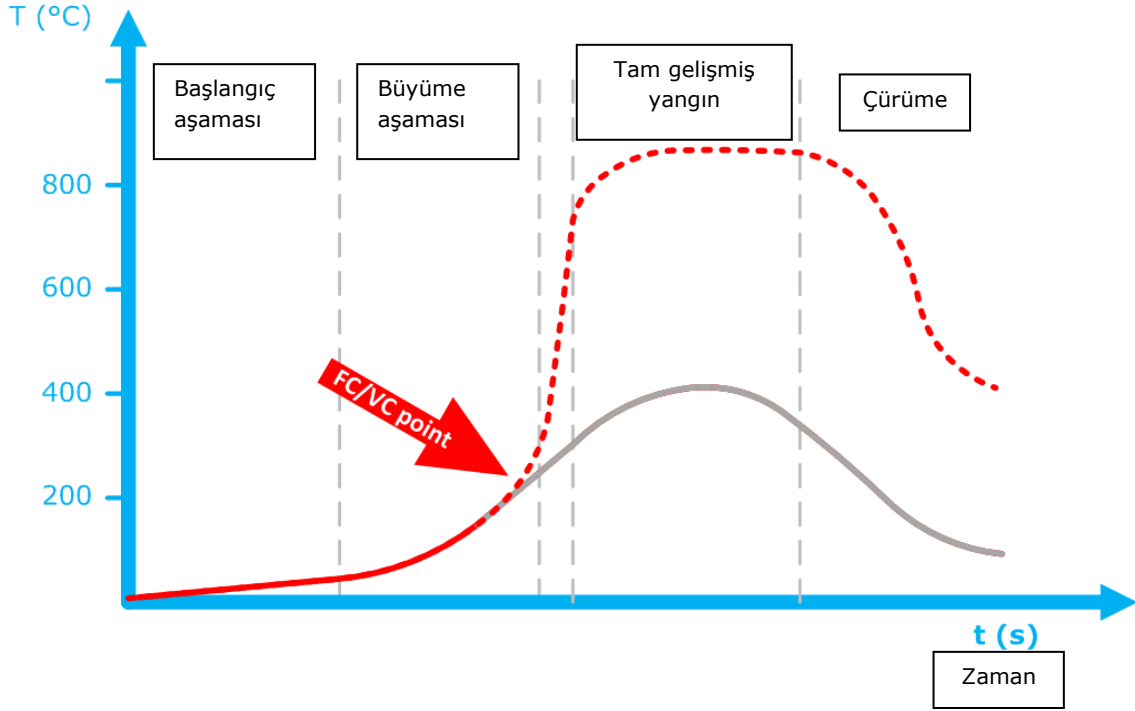
**Şekil 1** Havalandırılmış yangın davranışı (Grafik: Karel Lambert)

Havalandırılmış yangın davranışı yakıt kontrollü olarak başlar, daha sonra havalandırma kontrollü bir rejime geçer ve daha sonra tekrar yakıt kontrollü bir rejimde sona erer.

### 1.2.2 Havalandırma altında yangın davranışı

Havalandırılmamış yangın davranışı, havalandırılmış yangın davranışı ile aynı şekilde başlar. Başlangıç aşamasında yangın yakıt kontrollüdür. Bu durum büyüme aşamasında da geçerlidir. Aradaki fark havalandırma açıklıklarının mevcudiyetidir. Havalandırma açıklıkları çok az olduğunda veya hiç olmadığında, oksijen konsantrasyonu hızla düşecektir. Flashover gerçekleşmeden önce yangın havalandırma kontrollü hale gelecektir. Yangın sönene ya da itfaiye tarafından söndürülene kadar havalandırma kontrollü kalacaktır.

"Az havalandırılan yangın, flashover öncesinde havalandırma kontrollü hale gelen yangındır."



**Şekil 2** Havalandırma altında yangın davranışı: kırmızı çizgi her iki yangın davranışı türü için de aynı olan kısmı göstermektedir. Noktalı kırmızı çizgi doğal veya havalandırılmamış yangın davranışını gösterirken, gri çizgi havalandırılmamış yangın davranışını göstermektedir. (Graph: Karel Lambert)

Az havalandırılan yangın da yakıt kontrollü olarak başlar ancak çok daha kısa sürede havalandırma kontrollü bir biçime geçer. Bu, flashoverdan önce gerçekleşir. Yangın sönene veya söndürülene kadar havalandırma kontrollü olarak kalır.

### 1.3 Havalandırmanın etkisi

ABD'de yangınla mücadele operasyonları sırasında havalandırma yapmak gelenekseldir. Bu genellikle ekstra havalandırma delikleri açılması anlamına gelir. Bu, pencereler kırılarak (yatay havalandırma) ve çatıda açıklıklar oluşturularak (dikey havalandırma) gerçekleştirilebilir. Çoğu zaman doğal havalandırma sağlanır. Bu, pozitif basınçlı fanların kullanılmadığı anlamına gelir. Youtube, havalandırmanın durumun kontrolden çıkmasına neden olduğu sayısız yangın videosuna ev sahipliği yapmaktadır.

Yine de zamanın bir noktasında birileri bu taktiği bulmuştur. ABD'de bu taktik Benjamin Franklin'e (1706-1790) atfedilir. Bu mucit ve itfaiyeci, yangın söndürme operasyonları sırasında dumandan kurtulmak için bu taktiği geliştirmiştir. Bu taktik yıllar boyunca çok iyi sonuçlar vermiştir. Bunun nedeni yangının geçmişte farklı davranmasıydı. Yakıt, ağırlıklı olarak doğal ürünlerden oluşurken, günümüzde bir evdeki yakıt ağırlıklı olarak petrol türevlerinden oluşuyor. Steve Kerber, flashover süresinin son derece azaldığını göstermiştir. Bu süre 50'li yıllarda yaklaşık 30 dakika iken günümüzde 3 ila 4 dakikaya kadar düşmüştür. Bu da artık yangınların geçmişe kıyasla çok daha kısa bir süre boyunca yakıtla kontrol edilebildiği anlamına gelmektedir.

Yakıt kontrollü bir yangında havalandırma uygulamanın çok sınırlı bir etkisi vardır. Sonuçta yangına ne olacağı yakıtın özellikleri tarafından belirlenir. Bu da havalandırmanın ABD'de neden bu kadar uzun süredir standart bir taktik olduğunu açıklamaktadır. Yirminci yüzyılın sonlarına kadar çok iyi bir taktikti.

Modern binalarda yangın çok hızlı bir şekilde havalandırma kontrollü hale gelir. Flashover'dan önce yangın havalandırma kontrollü hale geldiğinde, yetersiz havalandırılan bir yangınla karşı karşıyayız demektir. Bu tür yangınlar son zamanlarda giderek daha fazla görülüyor. Az havalandırılan bir yangının olduğu bir odanın duvarında bir açıklık yaratıldığında, yangının ısı yayma hızı artacaktır. Bu tür yangınlarda ne olacağını havalandırma belirler. Bir açıklık oluşturularak yangın için ekstra havalandırma sağlanır. Yüzey alanına ve açıklığın yüksekliğine bağlı olarak bir yangının üretebileceği maksimum gücü hesaplamak için farklı formüller vardır. Yüksekliği 2 m ve genişliği 0,9 m olan bir kapının açılması, yangının odadaki gücünün 3 veya 4 MW'a çıkmasına neden olabilir. Genişliği 2 m ve yüksekliği 1,5 m olan bir pencerenin kırılması ise 4,7 ila 5,5 MW'lık bir yangını besleyecektir.

Bu nedenle, havalandırması yetersiz yangınlarla uğraşırken havalandırma çok dikkatli bir şekilde ele alınmalıdır. Açılış yapıldıktan sonra yangının ısı yayma hızı her zaman artacaktır. ABD'deki itfaiyeciler bunun giderek daha fazla farkına varmaktadır. Diğer şeylerin yanı sıra, bu durum "kapı adamı" uygulamasının başlatılmasına yol açmıştır. Bu itfaiyeci giriş kapısının mümkün olduğunca kapalı kalmasını sağlar. Bu prensip uygulandığında yangının ısı yayma hızı sınırlandırılmış olur.

## 2 Havalandırma açıklıklarının etkinliği

Ortaya çıkan bir diğer önemli soru da havalandırma açıklıklarının boyutudur. Yangınla mücadele literatüründe bu konu hakkında çok şey yazılmıştır. ABD'de 4 x 4 ft'lik (1,2 m x 1,2 m) bir çıkış uzun süredir standart olarak kabul edilmektedir. Bu 1,44 m<sup>2</sup>'lik bir delik demektir. Son zamanlarda bunun artık yeterince büyük olmadığı öne sürülmektedir. Günümüzde 4 x 8 ft'lik bir açıklık daha sık kullanılmaktadır. Bu da 2,88 m<sup>2</sup>'ye eşittir.

Avrupa'da çatıda açıklıklar oluşturmak yaygın bir uygulama değildir. Genellikle pencereleri açmak veya kırmakla yetiniriz. Bu gibi durumlarda, hava çıkışının boyutu çoğu zaman mevcut pencerelerin boyutuna göre belirlenir. Pencereleri açmak kırmaya tercih edilir. İstenmeyen bir havalandırma akışına yol açan açık bir pencere genellikle tekrar kapatılabilir. Bu durum kırık pencereler için geçerli değildir.

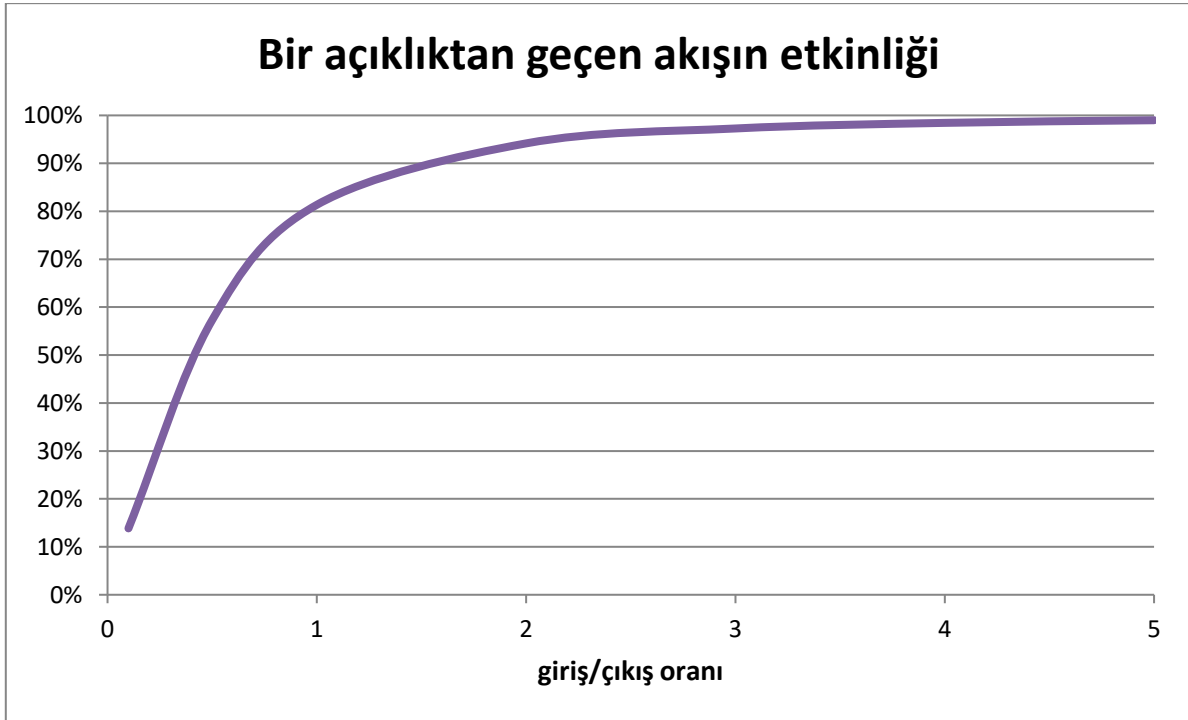
Giriş ve çıkışı birbiriyle belirli bir oranda tutarak havalandırma mümkün olan en verimli şekilde gerçekleştirilebilir. Bu, belirli bir açıklıktan mümkün olan en yüksek akışın elde edilebileceği anlamına gelir.

Bu ideal oranı belirlemek için doğal ve pozitif basınçlı havalandırma arasında bir ayırım yapılmalıdır. Aşağıdaki paragraflar, bir açıklığın tamamen giriş olarak kullanıldığı ve diğer bir açıklığın tamamen hava çıkışı olarak kullanıldığı durumlarla ilgilidir. Bu durum genellikle dikey havalandırmada söz konusudur. Uygulamada, yatay havalandırma hızla daha karmaşık hale gelir. Çoğu zaman açıklıklar iki yönde kullanılır. Her açıklıktan çift

akış geçer. Bu özel olguyu basitleştirmek imkansızdır. Bu nedenle aşağıdaki bölümlerde işleri basit tutacağız.

## 2.1 Doğal havalandırma

Havalandırma temel olarak bir duman kütesinin içeriden dışarıya taşınması anlamına gelir. Vakum oluşturmak mümkün olmadığından, bu duman kütesinin eşit miktarda hava ile değiştirilmesi gerekir. Doğal havalandırma durumunda duman, kaldırma kuvveti nedeniyle binayı terk edecektir. Bu yukarı doğru kuvvet, hava ile duman arasındaki yoğunluk (~sıcaklık) farkının bir sonucudur. Havalandırmanın düzgün çalışması için binaya yeterli miktarda temiz hava girmesi gerekir. Araştırmalar, herhangi bir çıkış için giriş, çıkışın iki katı büyüklüğünde olduğunda yaklaşık %90'lık bir etkinlik elde edildiğini göstermiştir. Bu oran, giriş çıkışla aynı boyutta olduğunda %80'e düşmektedir. (bkz. Şekil 3)



**Şekil 3** 300°C sıcaklığa sahip duman için giriş ve çıkış arasındaki orana göre akış etkinliği. Giriş, çıkışın iki katı büyüklüğünde olduğunda, etkinlik %94 olur. Giriş çıkışla aynı boyutta olduğunda, etkinlik %81'e düşer.

Sayısal bir örnek işleri daha da açıklığa kavuşturabilir. Bir kapısı (genişlik x yükseklik : 1 x 2 m) ve her biri 1 m<sup>2</sup> olan dört penceresi olan bir odanın havalandırılması gerektiğini varsayalım. Duman gazının 300 °C sıcaklığa sahip olduğunu varsayalım. Bir pencere çıkış görevi görmek üzere açılırsa ve kapı giriş olarak işlev görürse, 2 kat büyüklükte bir giriş/çıkış oranı oluşur. (yukarıdaki tabloya bkz.) Bu da çıkışta %94'lük bir etkinliğe (maksimum teorik akış kapasitesine göre) yol açar. Saniyede 2,67 kg duman binadan dışarı atılacaktır. İkinci bir pencere açılırsa, giriş/çıkış oranı 1'e (bkz. Şekil 3) düşecektir. Her bir ayrı pencere için etkinlik %81'e düşecektir. Ancak, birleşik çıkışın toplam yüzey alanı iki katına çıkar. Bu, tek bir pencerenin maksimum teorik kapasitesinin 1,61 katına ulaşıldığı anlamına gelir. Bu da tek bir pencere ile bu kapasitenin 0,94 katından daha iyidir. Gerçekte, saniyede 4,81 kg duman dışarı atılır. Dört pencere de açıldığında,

giriş/çıkış oranı 0,5 katına (şekil 3) düşer. Her bir pencere için etkinlik artık %57'dir. Ancak artık dört açık pencere vardır. Bu, tek bir pencerenin teorik kapasitesinin 2,28 katına ulaşıldığı anlamına gelir. Bu örnek için, bu 7,26 kg/s ile sonuçlanır. Daha fazla pencere açıldığında, pencere başına etkinlik daha da düşecektir. Çıkış, girişin üç katı büyüklüğündeyse, fazladan pencere açmak anlamsız hale gelir.

Özetle, tek bir açıklık için 2 kat büyüklükte bir giriş/çıkış oranının en yüksek etkinliği sağladığı söylenebilir. Daha fazla pencere açmak, pencere başına daha düşük bir etkinliğe, ancak aynı zamanda daha yüksek bir toplam havalandırma akışına yol açar. 1/3 oranına ulaşıldığında, daha fazla pencere açmak artık yararlı değildir. Bunun dikey havalandırma için geçerli olduğunu akılda tutmak önemlidir. Kapı tamamen duman tabakasının altındadır ve pencereler nötr düzlemin üzerindedir. Pencereler tamamen hava çıkışı olarak kullanılır.

## 2.2 Pozitif basınçlı havalandırma

Pozitif basınçlı havalandırmada, optimum akış elde etmek için giriş ve çıkış arasındaki oranın farklı olması gerekir. Bu oran doğal havalandırmanın tam tersidir. Başka bir deyişle, optimum akış için çıkışın girişin iki katı büyüklüğünde olması gerekir. Yukarıdaki örnekte bu, dört pencerenin tamamı açıldığında optimum etkinliğe ulaşıldığı anlamına gelmektedir. O zaman giriş/çıkış oranı 1/2'dir. Akış, duman ile hava arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanmaz, fan tarafından zorlanır. Yine daha fazla



**Şekil 4** İki pozitif basınçlı fanın V formunda konumlandırılması. (Fotoğraf: Frank Meurisse)

pencere açarak havalandırmanın etkisini artırmak mümkündür. Doğal havalandırmada olduğu gibi, 1/3'ten daha küçük bir oranı hedeflemek anlamsızdır.

## 3 Rüzgar

Yukarıdaki bölümde, herhangi bir yerel koşulu dikkate almadan tek bir açıklığın akış etkinliğini inceledik. Gerçekte bu, işleri yapmanın doğru yolu değildir. Herhangi bir havalandırma deliği açılmadan önce, rüzgar olup olmadığını ve hangi yönden estiğini kontrol etmeliyiz.

Doğal havalandırma durumunda, rüzgarın büyük bir etkisi olacaktır. Bu nedenle her zaman "rüzgarla birlikte" havalandırma yapmaya çalışmak zorunludur. Bu, girişin rüzgarın estiği tarafta (rüzgar yönünde) oluşturulması gerektiği anlamına gelir. Tercihen hava çıkışı karşı tarafta (leeward tarafı\*) yapılmalıdır. Hava çıkışı eğimli bir çatıda

yapıldığında bile, bu kurala uymak en iyisidir. Bunu yapmak mümkün olmadığında, havalandırma deliği için mümkün olan en yüksek etkinlik denenmelidir (yukarıya bakın).

Pozitif basınçlı havalandırma, durumun rüzgara daha az bağımlı olduğu anlamına gelir. Rüzgara karşı havalandırma sınırlı bir şekilde denenebilir. Bu gibi durumlarda hava çıkışı küçük tutulabilir. Bu, içeride daha büyük bir aşırı basınca yol açacaktır. Küçük rüzgar hızları için bu, rüzgar basıncının üstesinden gelmek için yeterli olabilir. Bu, sol tarafta açıklık oluşturmanın mümkün olmadığı durumlar için faydalı olabilir. Ancak bu seçeneğin çok sınırlı olduğunun farkında olmak önemlidir. Araştırmalar, tipik olarak itfaiye araçlarında bulunan PPV fanlarının 26 Pascal'lık bir aşırı basınç oluşturabildiğini göstermiştir. Bu da yaklaşık 20 km/saat hızla esen bir rüzgarın oluşturduğu basınca eşittir. Rüzgar yönünün tersine havalandırma sadece çok düşük rüzgar hızlarında işe yarayacaktır. Bazı kaynaklar 10 km/saatlik bir eşikten bahsetmektedir. Bundan daha düşük rüzgar hızlarında rüzgara karşı havalandırma etkilidir. Bu hızın üzerinde etkinlik çok hızlı bir şekilde düşer.

#### 4 Kaynakça

- [1] Lambert Karel, *New insights into ventilation, De brandweerman, May 2011*
- [2] Hartin Ed, [www.cfbt-us.com](http://www.cfbt-us.com)
- [3] Kerber Steve, *Impact of ventilation on fire behavior in legacy and contemporary residential Construction, 2011*
- [4] Kerber Steve, *Analysis of changing residential fire dynamics and its implications on firefighter operational timeframes, Fire Technology, vol. 48, p 865-891, 2012*
- [5] Merci Bart, *Active fire protection II: smoke and heat control, postgraduate studies in fire safety engineering, Universiteit Gent, 2010*
- [6] Svensson Stefan, *Fire Ventilation, Swedish Rescue Services Agency, 2000*
- [7] Christian Gryspeert, *personal communication, 2014*
- [8] Kerber Steve, Madrzykowski Dan & Stroup David, *Evaluating positive pressure ventilation in large structures: high-rise pressure experiments, NISTIR 7412, Gaithersburg, MD, USA: National Institute of Standards and Technology, 2007*

Karel Lambert