



İtfaiyecilikte Havalandırmanın Rolü ve Önemi

The Role and Importance of Ventilation in Firefighting

ÖZET

Bu makale, yangınla mücadelede havalandırmanın itfaiyeciler için hayati bir öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır. Yangın sırasında ortamda biriken duman, sıcak gazlar ve zehirli maddelerin tahliyesi, yangının yayılmasını önlemek ve itfaiyecilerin güvenliğini sağlamak açısından kritik bir rol oynamaktadır. Havalandırmanın doğru ve zamanında uygulanması, yangının kontrol altına alınmasını kolaylaştırırken, yanlış zamanlama veya hatalı uygulamalar yangının daha hızlı yayılmasına neden olabilir. Özellikle kapalı alan yangınlarında havalandırma stratejileri daha karmaşık hale gelir ve dikkatli bir planlama gerektirir.

Makale, doğal, mekanik, hidrolik, dikey ve yatay havalandırma tekniklerini inceleyerek, her birinin yangının yapısına, binanın özelliklerine ve itfaiyecilerin müdahale stratejilerine göre nasıl avantajlar ve dezavantajlar sunduğunu ele almaktadır. Havalandırma tekniklerinin yangının çeşitli aşamalarında, yangının dinamiklerine uygun bir şekilde uygulanması, yangının yayılma hızını %30-50 oranında azaltılabileceği belirtilmektedir.

Ayrıca, kapalı alan yangınlarında yapılan yanlış havalandırma, alev dili, parlama ve geri tepme gibi tehlikeli durumlara yol açabilir. Yangın sırasında havalandırma ve yangınla mücadele ekiplerinin uyumlu çalışması, yangının kontrol altında tutulmasını kolaylaştırır ve itfaiyecilerin güvenliğini artırır. Makale, havalandırma sistemlerinin düzenli bakım ve testlerinin yapılmasının, özellikle büyük yapılar için kritik olduğunu, yangın algılama ve havalandırma sistemlerinin entegrasyonunun ise yangın güvenliği açısından büyük fark yarattığını vurgulamaktadır. Sonuç olarak, yangınla mücadelede etkili havalandırma stratejilerinin uygulanması, itfaiyecilerin güvenliğini ve yangının kontrolünü sağlamada kilit rol oynamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Havalandırma, İtfaiyeci Güvenliği, Kapalı Alan Yangınları, Yangın Dinamikleri, Yangınla Mücadele

ABSTRACT

This article emphasizes the critical importance of ventilation for firefighters in fire suppression. The evacuation of smoke, hot gases, and toxic substances that accumulate during a fire plays a vital role in preventing the fire from spreading and ensuring the safety of firefighters. Proper and timely ventilation facilitates fire control, while incorrect timing or improper methods can cause the fire to spread more rapidly. Ventilation strategies become more complex, especially in enclosed space fires, and require careful planning.

The article examines natural, mechanical, hydraulic, vertical, and horizontal ventilation techniques, exploring how each offers advantages and disadvantages based on the structure of the fire, the building's characteristics, and the firefighters' intervention strategies. It is noted that applying ventilation techniques appropriately to the fire's various stages and dynamics can reduce the rate of fire spread by 30-50%.

Additionally, improper ventilation in enclosed space fires can lead to dangerous situations such as flashover, flameover, and backdraft. Coordinated work between ventilation and firefighting teams during a fire makes it easier to keep the fire under control and enhances the safety of the firefighters. The article emphasizes the importance of regular maintenance and testing of ventilation systems, particularly in large structures, and highlights how the integration of fire detection and ventilation systems can make a significant difference in fire safety. In conclusion, the implementation of effective ventilation strategies in firefighting plays a key role in ensuring firefighter safety and controlling the fire.

Keywords: Ventilation, Firefighter Safety, Enclosed Space Fires, Fire Dynamics, Fire Suppression

GİRİŞ

Yangınla mücadelede itfaiyecilik mesleği, sadece yangını söndürme ve insanları kurtarmaktan ibaret değildir. Yangının yayılmasını önlemek, itfaiyecilerin güvenliğini sağlamak ve yangının kontrol altında tutulmasını sağlamak gibi pek çok görev de bu mesleğin temel sorumlulukları arasında yer alır (Gökkaya ve Kaya, 2021). Bu kapsamda, yangın sırasında havalandırmanın doğru ve stratejik bir şekilde yapılması, yangının kontrol edilmesi ve itfaiyecilerin güvenliği açısından büyük bir öneme sahiptir (Svensson, 2018).

Havalandırma, yangınla mücadelede kritik bir role sahiptir çünkü duman, ısı ve zehirli gazlar, yangın ortamında hem mağdurlar hem de müdahale ekipleri için büyük bir tehlike oluşturur (Svensson, 2020). Bu makale, itfaiyecilik mesleğinde havalandırmanın neden önemli olduğunu, havalandırma tekniklerinin nasıl uygulanması gerektiğini ve yangın dinamikleri üzerindeki etkilerini bilimsel verilerle ele alacaktır.

Doğan Kazak¹

How to Cite This Article

Kazak, D. (2024). "İtfaiyecilikte Havalandırmanın Rolü ve Önemi", Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences, 10(6): 796-811. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14249914>

Arrival: 19 October 2024

Published: 30 November 2024

International Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

This journal is an open access, peer-reviewed international journal.

¹ Aselsan, Ankara, Türkiye

Yangının Dinamikleri ve Havalandırmanın Rolü

Yangın sırasında duman ve sıcak gazlar, yukarı doğru yükselir ve bu süreçte yangının yayılmasını hızlandırabilir. Havalandırma yapılmadığında içerideki hava sıcaklığı artarak yangının daha da büyümesine neden olur. İtfaiyeciler, yangınla mücadelede havalandırma teknikleri ile bu süreçleri kontrol altında tutmaya çalışır. Yangının dinamikleri dikkate alındığında, havalandırma doğru uygulanmadığı takdirde yangının daha hızlı yayılmasına neden olabilir. Bu nedenle, itfaiyecilerin havalandırma konusunda kapsamlı bilgi ve deneyime sahip olması kritik bir gerekliliktir (Lambert, 2011).

HAVALANDIRMA VE YANGIN GÜVENLİĞİ

Havalandırmanın Yangın Güvenliğine Etkisi

Havalandırma, yangın güvenliği açısından birçok avantaj sunar. Yangın sırasında içeride biriken duman ve sıcak gazlar, yangına müdahale eden ekiplerin güvenliğini riske atarken, içerideki mağdurların kurtarılmasını da zorlaştırır. Havalandırma sayesinde, duman ve zehirli gazlar kontrollü bir şekilde dışarı atılarak içerideki hava daha yaşanabilir hale getirilir. Aynı zamanda, yangın sırasında oluşan yüksek sıcaklıklar da havalandırma yoluyla düşürülebilir (Almansouri, 2023).

Bilimsel çalışmalar, yangın sırasında doğru havalandırma tekniklerinin uygulanmasının yangının yayılma hızını %30-50 oranında azaltabileceğini göstermektedir (Svensson, 2020). Bu, hem yangına müdahale eden ekiplerin güvenliği hem de yangının daha hızlı kontrol altına alınması açısından son derece önemli bir veridir.

Havalandırma Olmadan Yangınla Mücadelenin Riskleri

Havalandırma olmadan yapılan yangın müdahaleleri, itfaiyecilerin ve içerideki kişilerin hayatını tehlikeye atabilir. Yangın sırasında duman ve sıcak hava birikimi, itfaiyecilerin hareket kabiliyetini sınırlar ve görünürlüğü ciddi şekilde azaltır. Bilimsel araştırmalar, yangın sırasında dumanın biriktiği ortamlarda itfaiyecilerin iş performansının %60 oranında düştüğünü göstermektedir. Ayrıca, yüksek sıcaklık ve düşük oksijen seviyesi, yangına müdahaleyi daha zor hale getirir (Kerber, 2010).

Yangın sırasında havalandırmanın olmaması, aynı zamanda yangının daha hızlı yayılmasına neden olabilir (Mid-tech, ty). Kapalı alanlarda biriken zehirli gazlar ve duman, yangının kontrol altına alınmasını zorlaştırarak alev dili, alev yalaması ve geri tepme gibi tehlikeli olaylara yol açabilir (Svensson, 2001).

HAVALANDIRMANIN TEMEL AMACI VE HEDEFLERİ

Isı, Duman ve Gazların Tahliyesi

Havalandırmanın temel amacı, yangın sırasında ortamdaki ısıyı, dumanı ve zehirli gazları dışarı tahliye etmektir. Yangın sırasında oluşan sıcaklık, duman ve gazlar, yangının yayılmasını hızlandırır ve hem içeride bulunanların tahliyesini hem de yangına müdahale eden ekiplerin çalışmalarını zorlaştırır. Havalandırma yapılarak, bu unsurların tahliye edilmesi ve ortamın yangınla mücadeleye daha elverişli hale getirilmesi sağlanır (Coşkun vd., 2022).

Bilimsel çalışmalar, yangın sırasında duman ve ısı tahliyesinin yapılmaması durumunda ortam sıcaklığının 1000°C'ye kadar çıkabileceğini ve bu durumda itfaiyecilerin güvenli bir şekilde müdahale edemeyeceğini göstermektedir (Lambert vd., 2018). Bu da havalandırmanın yangın sırasında ne kadar kritik bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

İtfaiyecilerin Güvenliği ve Çalışma Koşullarının İyileştirilmesi

Yangın sırasında havalandırma, itfaiyecilerin güvenliğini sağlamak ve onların daha iyi çalışma koşullarına sahip olmalarını sağlamak amacıyla da kullanılır. Yangın sırasında ortamdaki zehirli gazlar, duman ve aşırı sıcaklık, itfaiyecilerin hayatını tehlikeye atar. Bu nedenle, havalandırma yapılarak içerideki hava temizlenir ve sıcaklık düşürülür. Bu da itfaiyecilerin daha güvenli bir şekilde yangına müdahale etmelerini sağlar (İstanbul İtfaiyesi, 2020).

Kurtarma Operasyonlarını Kolaylaştırmak

Yangın sırasında içeride mahsur kalan kişilerin kurtarılması, havalandırma yapıldığında daha kolay hale gelir. Havalandırma, ortamın daha nefes alınabilir hale gelmesini sağlayarak, mahsur kalanları daha uzun süre hayatta kalmasına yardımcı olur. Ayrıca, yangına müdahale eden ekiplerin kurtarma operasyonlarını daha hızlı ve güvenli bir şekilde gerçekleştirmelerine olanak tanır (Blow Hard Fans, 2023).

HAVALANDIRMA TÜRLERİ VE KULLANIM ALANLARI

Havalandırma türleri, yangının boyutu, yapının özellikleri ve yangına müdahale ekiplerinin ekipmanlarına göre farklılık gösterebilir. Temel olarak havalandırma; doğal, mekanik, hidrolik, dikey ve yatay havalandırma olarak sınıflandırılabilir (Bulgurcu, 2015).

Doğal Havalandırma

Doğal havalandırma, yangın sırasında mevcut açıklıklar (kapı, pencere vb.) kullanılarak duman ve sıcak gazların dışarı atılması yöntemidir. Doğal havalandırma, yangın söndürme operasyonlarının ilk aşamalarında yaygın olarak tercih edilir (Balık vd., 2004).

Doğal havalandırmanın en önemli avantajlarından biri, ek bir ekipman gerektirmemesi ve hızlı bir şekilde uygulanabilmesidir. Bu yöntem, yangına müdahale sırasında itfaiye ekiplerine zaman kazandırarak duman ve ısıyı hızlıca tahliye edilmesini sağlar. Ayrıca, mevcut yapı açıklıklarını kullanarak yangın bölgesinde etkili bir şekilde hava akımı oluşturulabilir. Ancak, bilimsel çalışmalar bu yöntemin yalnızca sınırlı alanlarda etkili olduğunu göstermektedir. Özellikle geniş ve kapalı alanlarda doğal havalandırma yetersiz kalabilir ve dumanın tahliyesi istenilen düzeyde gerçekleşmeyebilir (Atkinson, 2009). Doğal havalandırmanın performansı, bina yapısı, hava koşulları ve yangının büyüklüğü gibi değişkenlere bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir.

Tablo 1'de doğal havalandırma yönteminin avantajları ve dezavantajları detaylı bir şekilde sunulmuştur. Bu tablo, itfaiye ekipleri için bu yöntemin etkinliğini değerlendirmede önemli bir referans niteliği taşımaktadır.

Tablo 1: Doğal Havalandırma Avantajları ve Dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajlar
Mevcut açıklıkları kullanabilir.	Doğal hava akımlarına bağlıdır.
Doğal hava akımlarını kullanır.	Hava akış yolu, binanın diğer bölümlerini etkileyebilir.
Dumanın fiziksel özelliklerini (yükselme ve genişleme, basınç farkları yaratır) kullanır.	Havalandırma için kullanılan hava akış yolları kaçış yolları olabilir.
Duman ve ısıyı uzaklaştırılmasını sağlar.	Yangının gelişimini hızlandırabilir.
Sıcak duman üzerinde çok etkilidir.	Rüzgâr koşullarından olumsuz etkilenebilir.
	Soğuk duman üzerinde sınırlı etkilidir.

Kaynak: Fire Dynamics Training, 2005

Şekil 1'de, yangına müdahale sürecinde doğal havalandırma yöntemini kullanan itfaiye personelleri görülmektedir.



Şekil 1: Doğal Havalandırma

Kaynak: Fire Dynamics Training, 2005

Mekanik Havalandırma

Mekanik havalandırma, fanlar kullanılarak yapılan bir havalandırma türüdür. Pozitif ve negatif basınçlı havalandırma olarak ikiye ayrılmaktadır.

- ✓ **Pozitif Basınçlı Havalandırma:** Fan, içeriye hava üfleyerek yapının içindeki basıncı artırır ve dumanı dışarıya iter. Bu yöntem, yangın sonrası hızlı havalandırma sağlar ve ekiplerin hareketini kolaylaştırır (Svensson, 2001).
- ✓ **Negatif Basınçlı Havalandırma:** Fan dışarıya hava üfleyerek içerideki dumanı dışarı çeker. Dumanın daha hızlı atılması için cihaz tavana yakın yerleştirilir (Ventry, 2016).

Mekanik havalandırma, özellikle büyük yapılar ve kapalı alanlarda etkili bir yöntemdir. Fanlar kullanılarak basınçlandırma yöntemi ile yangın gazları hızla dışarı atılır ve yangının yayılma hızı kontrol altına alınır (Feyst, 2022). Aşağıdaki tabloda, mekanik havalandırma yönteminin avantajları ve dezavantajları listelenmiştir. Bu yöntemler, yangın kontrolü ve bina güvenliği açısından önemli olup, özellikle sıcak ve soğuk dumanın hareketi üzerinde etkili olabilir. Ancak, bazı dezavantajlar yangının hızla yayılmasına ve potansiyel tehlikelerin artmasına neden olabilir. Bu yüzden yöntemin dikkatli bir şekilde kullanılması büyük önem taşımaktadır.

Tablo 2: Mekanik Havalandırma Avantajları ve Dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajlar
Duman ve ısıнын uzaklaştırılmasını hızlandırır.	Hızlı yangın gelişimini önemli ölçüde artırabilir.
Doğal rüzgâr etkilerinin (bir dereceye kadar) üstesinden gelebilir.	Yangını hızla boşluklara yayabilir.
Sıcak veya soğuk dumanı hareket ettirmek için kullanılabilir.	Havaya mekanik karışım ve dumanın içine hava enjeksiyonu, şiddetli tahrip edici bir aşırı basınca neden olabilecek bir tutuşurma yaratabilir.

Kaynak: Fire Dynamics Training, 2005

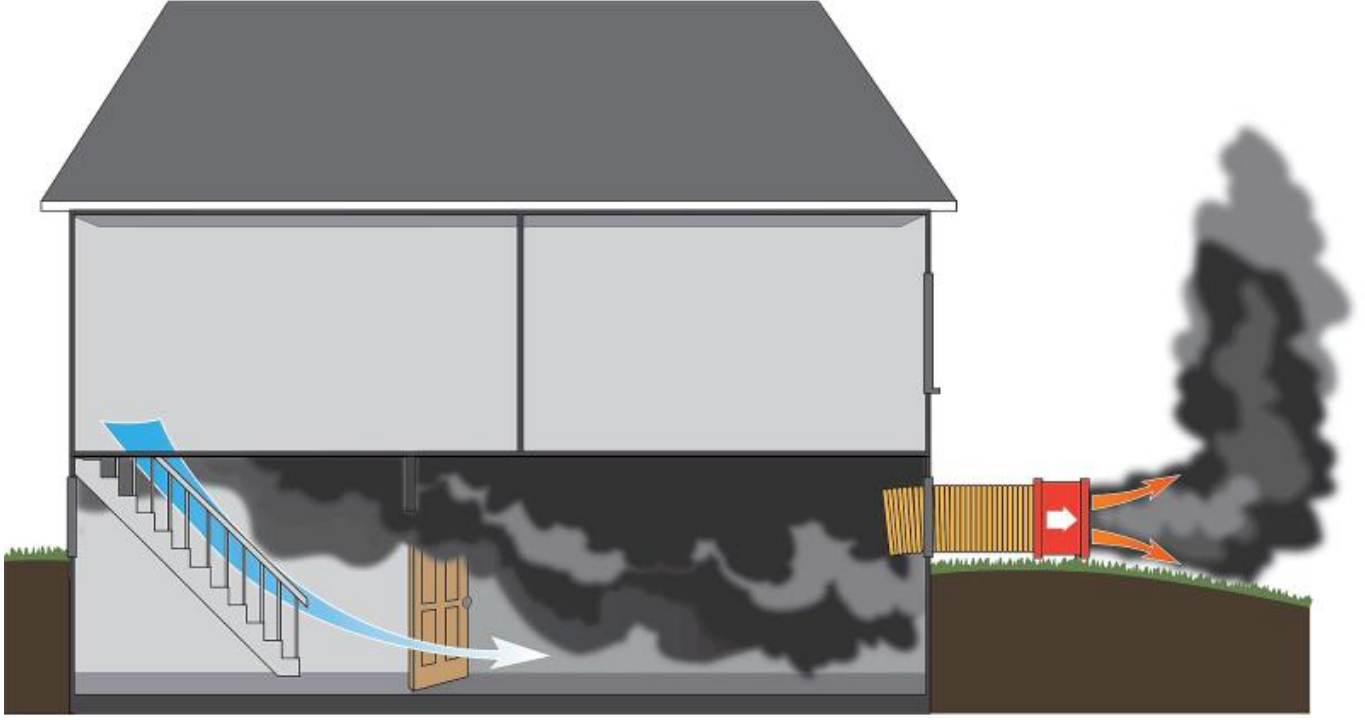
Şekil 2'de, yangına müdahale sürecinde pozitif basınçlı mekanik havalandırma yöntemini kullanan itfaiye personelleri görülmektedir.



Şekil 2: Pozitif Basınçlı Mekanik Havalandırma

Kaynak: Fire Dynamics Training, 2005

Şekil 3'te, negatif basınçlı mekanik havalandırma yönteminin nasıl olduğu görülmektedir.

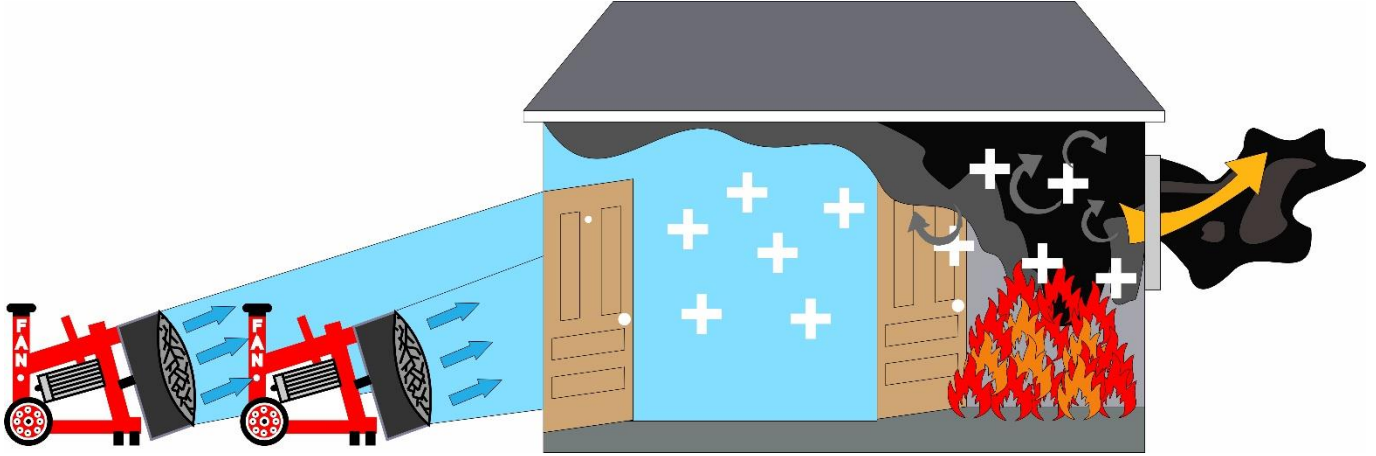


Şekil 3: Negatif Basınçlı Mekanik Havalandırma

Kaynak: Mbdut, ty

Fan sayısının iki ve üzerinde olduğu durumlarda fanlar, seri veya paralel ve seri-paralel olarak kullanılabilir ve her üç yöntem farklı avantajlar ve dezavantajlar sunar.

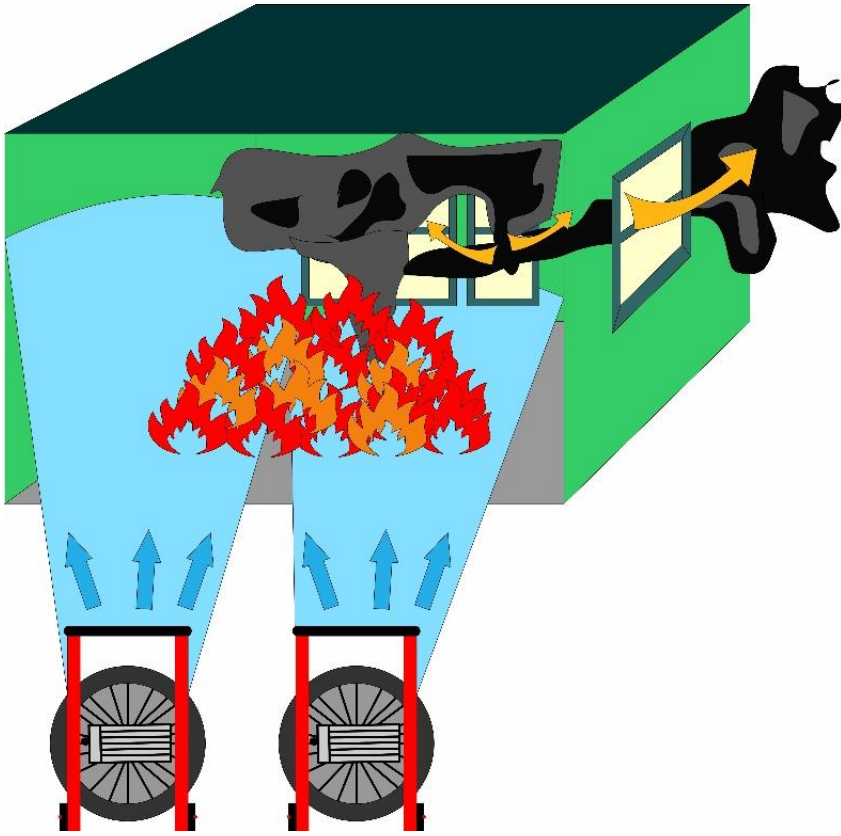
- ✓ **Seri Halde Fan Kullanımı:** Seri bağlantı, fanların arka arkaya yerleştirilmesiyle hava akışının basıncını artırır. Bu yöntem, özellikle dumanın uzun mesafelere taşındığı ya da dar alanlarda yoğunlaşmanın olduğu durumlarda tercih edilir. Seri bağlantı, yüksek basınç sayesinde uzak noktalara ulaşılmasına olanak tanır, ancak hava hacmi sınırlı kalabilir (Kaczmarzyk vd., 2022). Şekil 4'te seri halde kullanılmış fan örneği verilmiştir.



Şekil 4: Seri Halde Fan Kullanımı

Kaynak: Yazar tarafından çizilmiştir.

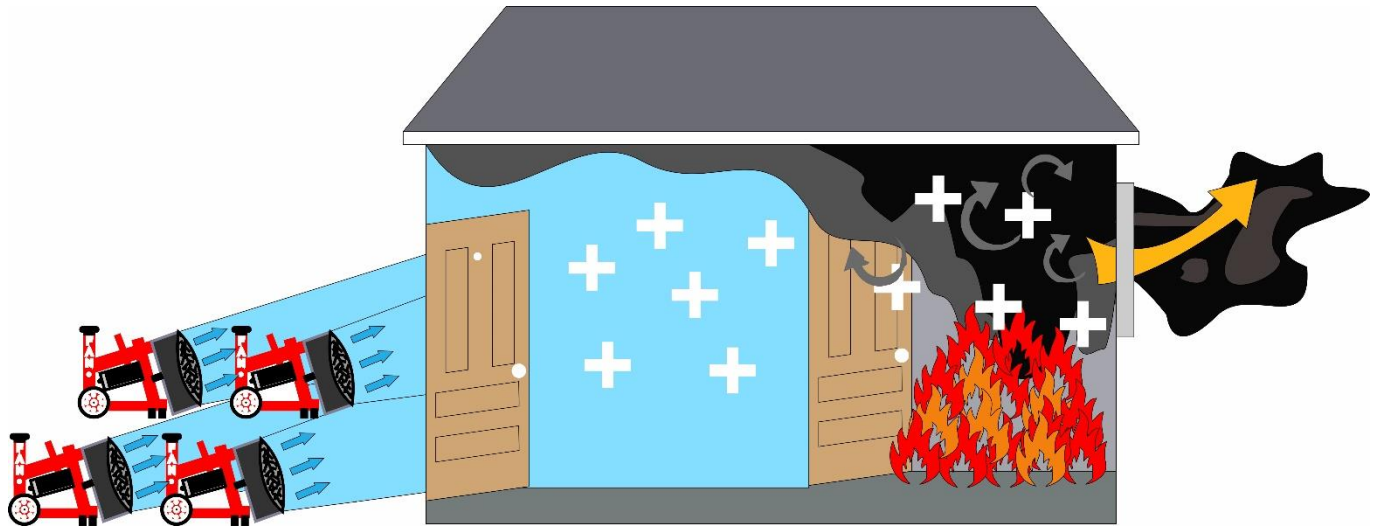
- ✓ **Paralel Halde Fan Kullanımı:** Paralel bağlantı fanların yan yana yerleştirilerek aynı anda daha büyük bir hava akışının sağlanmasını hedefler. Bu yöntem, geniş alanların daha hızlı havalandırılması gerektiğinde kullanılır. Paralel bağlantı daha fazla hava hacmi sağlarken, hava basıncı daha düşük kalabilir, bu da uzak mesafelerde etkisini azaltabilir (Kaczmarzyk vd., 2022). Şekil 5'te paralel halde kullanılmış fan örneği verilmiştir.



Şekil 5: Paralel Halde Fan Kullanımı

Kaynak: Yazar tarafından çizilmiştir.

- ✓ **Seri-Paralel Halde Fan Kullanımı:** Seri-paralel fan kullanımı, fanların hem seri hem de paralel şekilde bağlanmasıyla oluşan bir havalandırma stratejisidir. Bu yöntemde fanların bir kısmı arka arkaya (seri), diğer kısmı ise yan yana (paralel) yerleştirilir. Seri bağlantı, hava basıncını artırırken, paralel bağlantı ise hava akışının hacmini genişletir. Bu düzenleme, özellikle büyük ve karmaşık yapıların havalandırılmasında ya da yangın mahallinde geniş bir alana hızlı ve etkili bir şekilde hava akışı sağlanması gerektiğinde tercih edilir (Kaczmarzyk vd., 2022). Şekil 6’da seri-paralel halde kullanılmış fan örneği verilmiştir.



Şekil 6: Seri-Paralel Halde Fan Kullanımı

Kaynak: Yazar tarafından çizilmiştir

Hidrolik Havalandırma

Hidrolik havalandırma, yangınla mücadelede kullanılan önemli bir yöntemdir ve yangın sırasında ortaya çıkan duman ve diğer yanma ürünlerinin tahliye edilmesine yönelik bir tekniktir. Bu yöntemde, yapı içerisindeki basınç farkı kullanılarak duman ve ısı dışarıya atılır. Basınç farkı ise, yangın söndürme hortumundan püskürtülen sis şeklinde su veya düz su akışı ile sağlanır. Sis püskürtme deseni veya düz su akışı genellikle “O” şeklinde bir model oluşturur ve dumanın çıkması istenilen yakın bir açıklığa yönlendirilir. Bu sayede yapının içerisindeki duman, ısı ve yanma

ürünleri dışarıya taşınarak yapının havalandırılması sağlanır (Zaitz, 2015). Tablo 3'te hidrolik havalandırma avantajları ve dezavantajları hakkında bilgi verilmiştir.

Tablo 3: Hidrolik Havalandırma Avantajları ve Dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajlar
Duman ve ısıнын tahliyesini hızlandırır.	Su kullanılır.
Doğal rüzgâr etkilerini (bir dereceye kadar) aşabilir.	İlk yangın müdahalesinde genellikle kullanılmaz çünkü hortum hattı kullanımdadır.
Sıcak veya soğuk dumanı hareket ettirebilir.	Dikkatli kullanılmazsa su hasarına neden olabilir.
Sadece bir hortum hattına ihtiyaç duyar.	İtfaiye personeli ısınmış/kirlenmiş tehlikeli alanda kalmak zorundadır
En faydalısı yangın sonrası havalandırma aşamasında kullanılır.	

Kaynak: Fire Dynamics Training, 2005

Şekil 7'de yangına müdahale sürecinde hidrolik havalandırma yöntemini kullanan itfaiye personelleri görülmektedir.



Şekil 7: Hidrolik Havalandırma

Kaynak: Fire Dynamics Training, 2005

Dikey Havalandırma

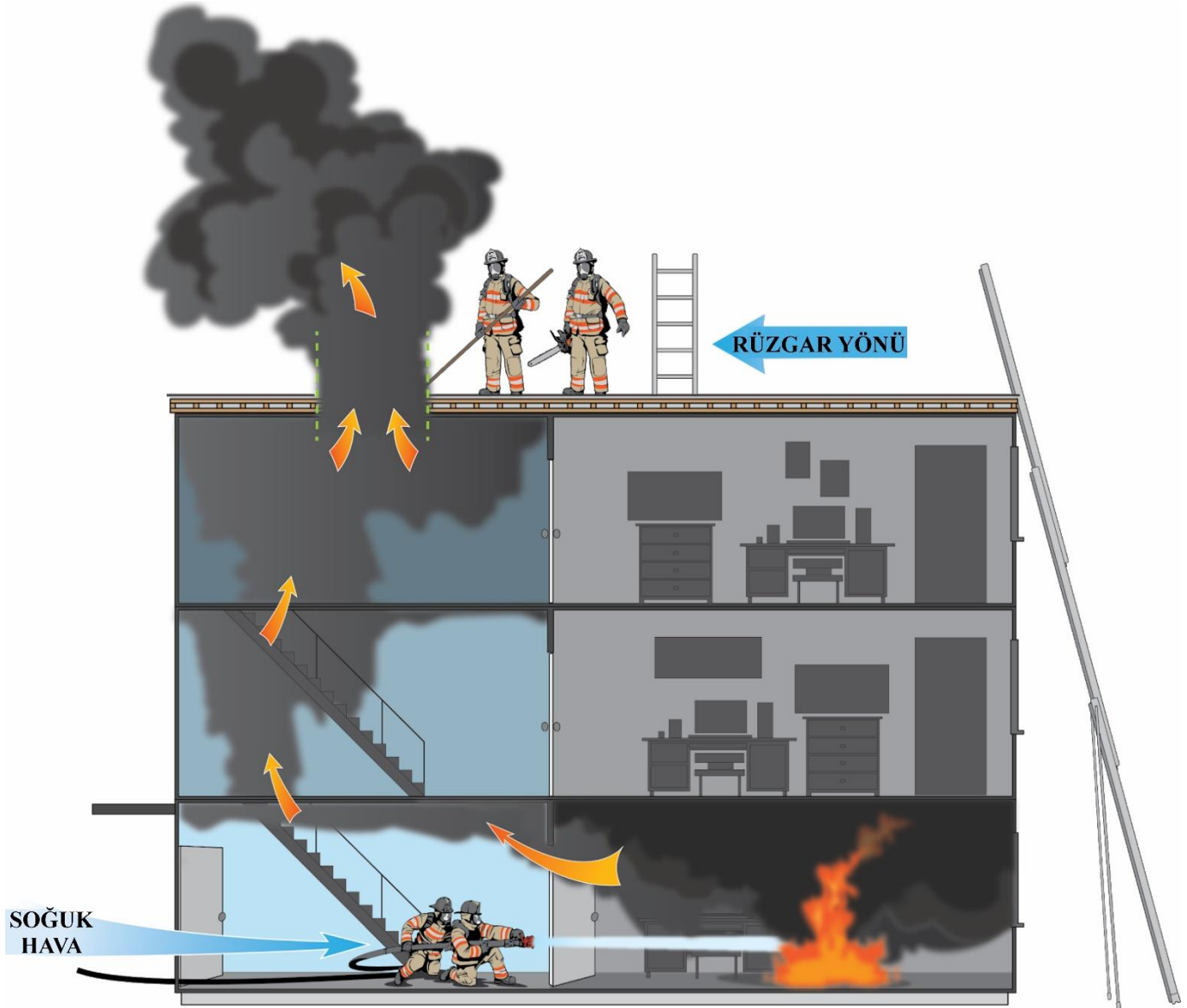
Dikey havalandırma, yangın sırasında çatıya yapılan deliklerle yangın gazlarının ve dumanın dışarı atılmasını sağlar. Bu yöntem, genellikle çok katlı binalarda ve geniş yapısal yangınlarda tercih edilir. Dikey havalandırma, sıcak gazların ve dumanın doğal olarak yukarı doğru yükselmesini sağlayarak, yangının kontrol altına alınmasını kolaylaştırır. Dikey havalandırmanın bilimsel verilerle desteklenmiş en önemli avantajı, yangının yayılmasını önlemesi ve itfaiyecilere daha güvenli bir çalışma ortamı sunmasıdır. Bununla birlikte, dikey havalandırmanın uygulanabilmesi için çatının sağlamlığının test edilmesi gerekir. Yangın sırasında çatının zayıf olması durumunda, bu tür bir havalandırma büyük riskler taşıyabilir (Bello, 2024a). Tablo 4, dikey havalandırma yönteminin avantaj ve dezavantajlarını detaylı şekilde göstermektedir.

Tablo 4: Dikey Havalandırma Avantajları ve Dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajlar
Yangının yayılmasını önler.	Çatı sağlamlığı test edilmelidir, aksi takdirde büyük risk taşır.
Sıcak gazların ve dumanın doğal olarak yukarı doğru yükselmesini sağlar.	Çatıda açılan delikler yapısal hasara neden olabilir.
İtfaiyecilere daha güvenli bir çalışma ortamı sunar.	Yöntemin uygulanması zor ve zaman alıcı olabilir.
Yangının kontrol altına alınmasını kolaylaştırır.	Yanlış uygulandığında yangını daha da hızlandırabilir.
Dumanın ve ısıнын hızlı tahliyesi sağlar.	

Kaynak: Aspiring Fire Officers, 2016

Şekil 8’de, yangına müdahale sürecinde dikey havalandırma yöntemini kullanan itfaiye personelleri görülmektedir.



Şekil 8: Dikey Havalandırma

Kaynak: Fire Dynamics Training, 2005

Yatay Havalandırma

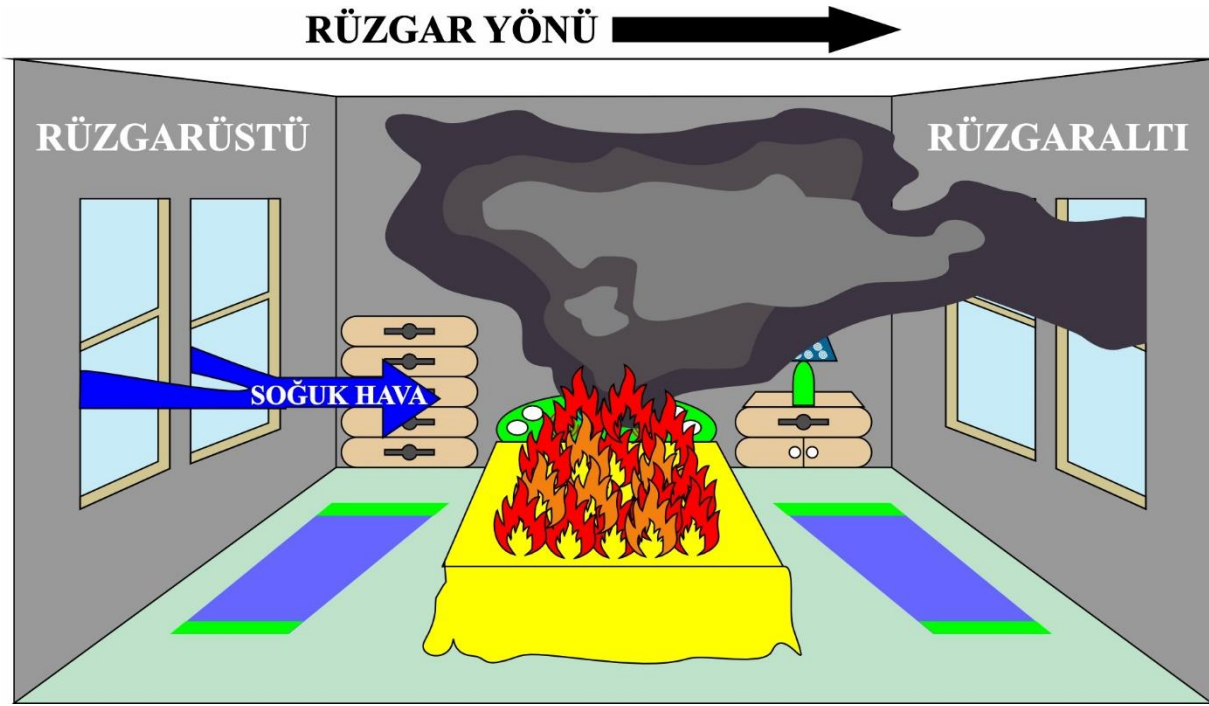
Yatay havalandırma, yangının aynı seviyedeki açıklıklar (kapılar, pencereler) kullanılarak yangın gazlarının yatay yönde tahliye edilmesidir. Bu yöntem, özellikle tek katlı binalarda veya tavan açıklıklarının olmadığı yerlerde tercih edilir. Yatay havalandırma, yangının büyüme hızını yavaşlatabilir ve dumanın tahliyesine olanak tanır. Bilimsel çalışmalar, yatay havalandırmanın küçük yangınlarda etkili olduğunu ancak büyük yangınlarda yetersiz kalabileceğini göstermektedir. Özellikle çok katlı binalarda yatay havalandırmanın yalnızca belirli bir seviyeye kadar etkili olduğu bilinmektedir (Bello, 2024b). Tablo 5, yatay havalandırma yönteminin avantaj ve dezavantajlarını detaylı şekilde göstermektedir.

Tablo 5: Yatay Havalandırma Avantajları ve Dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajlar
Uygulaması hızlı ve basittir.	Büyük yangınlarda yetersiz kalabilir.
Fazla ekipman gerektirmez.	Sadece belirli bir seviyeye kadar etkilidir, özellikle çok katlı binalarda.
Yangın büyüme hızını yavaşlatabilir	Tavan açıklığı olmayan yerlerde sınırlı etkiye sahiptir.
Dumanın hızlı bir şekilde tahliye edilmesine olanak tanır.	Yangının yanlış hava akımlarıyla yayılmasına neden olabilir.
Tek katlı binalarda etkili bir çözümdür.	Rüzgâr koşullarından olumsuz etkilenebilir.

Kaynak: Aspiring Fire Officers, 2016

Şekil 9’da yatay havalandırma yönteminin nasıl gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 9: Yatay Havalandırma

Kaynak: Yazar tarafından çizilmiştir.

YANGININ AŞAMALARI VE HAVALANDIRMANIN ROLÜ

Yangın, belirli aşamalar halinde gelişir ve her aşamada havalandırmanın farklı bir rolü vardır. Yangın sırasında yapılacak doğru havalandırma, yangının kontrol altına alınmasında büyük önem taşır. Ancak yanlış zamanlama veya yanlış uygulamalar, yangının daha hızlı yayılmasına neden olabilir.

Başlangıç Aşaması

Yangının başlangıç aşamasında, havalandırma yangının kontrol altına alınmasına yardımcı olabilir. Bu aşamada yapılan erken müdahale ve havalandırma, yangının büyümesini engelleyebilir ve içerideki kişilerin tahliyesini kolaylaştırabilir. Ancak bu aşamada yapılan yanlış havalandırma, yangının daha hızlı yayılmasına neden olabilir. Bilimsel çalışmalar, başlangıç aşamasında yapılan havalandırmanın yangının yayılma hızını %20 oranında azalttığını göstermektedir. Bu nedenle, itfaiyecilerin bu aşamada dikkatli ve planlı bir şekilde havalandırma yapması son derece önemlidir (Svesson, 2020).

Büyüme (Denge) Aşaması

Bu aşamada yangın, ortamdaki oksijen ve yanıcı maddelerle beslenerek genişlemeye başlar. Yangının sıcaklığı ve hızla yayıldığı alan artar. Eğer bu aşamada havalandırma yapılırsa, yangının büyümesi kontrol altına alınabilir. Ancak, havalandırmanın hatalı yapılması yangının daha da büyümesine neden olabilir. Bu aşamada stratejik havalandırma önemlidir, çünkü yangının hava akımıyla nasıl besleneceğini kontrol etmek zorunludur (Scheviak, 2021).

Tam Gelişmiş Yangın Aşaması

Tam gelişmiş yangın aşamasında, yangın artık kontrol edilemez bir boyuta ulaşmış ve tüm alanı etkisi altına almıştır. Bu aşamada yangın, genellikle ortamın oksijen seviyesiyle beslenir. Havalandırma yapılmadığı sürece yangın, oksijen eksikliği nedeniyle bir süre sonra doğal olarak sönmeye eğilimi gösterebilir. Ancak bu aşama son derece tehlikelidir çünkü yangına oksijen sağlanması, yangının ani bir şekilde büyümesine ve daha geniş alanlara yayılmasına neden olabilir. Bilimsel veriler, tam gelişmiş yangın aşamasında yapılan yanlış havalandırmanın yangının hızını %50 oranında artırabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, bu aşamada havalandırma yapılmadan önce yangının kontrol altında tutulduğundan emin olunmalıdır. (Svesson, 2020; Scheviak, 2021).

Soğuma Aşaması

Soğuma aşaması, yangının yakıt kaynağı azaldıkça kendiliğinden sönmeye başladığı dönemdir. Bu aşamada yapılan havalandırma, yangın sonrasında kalan dumanın ve sıcaklığın tahliyesini sağlar. Ayrıca, havalandırma soğuma aşamasında itfaiyecilerin yangın sonrası hasar tespiti ve kurtarma çalışmalarını daha güvenli bir şekilde yapmalarına olanak tanır. Bilimsel araştırmalar, soğuma aşamasında havalandırma yapılmasının yangın sonrası oluşan zehirli

gazların tahliyesi açısından kritik olduğunu ortaya koymaktadır (Kerber, 2010). Bu aşamada yapılan etkili havalandırma, ortamdaki karbon monoksit gibi tehlikeli gazların hızla dışarı atılmasını sağlar.

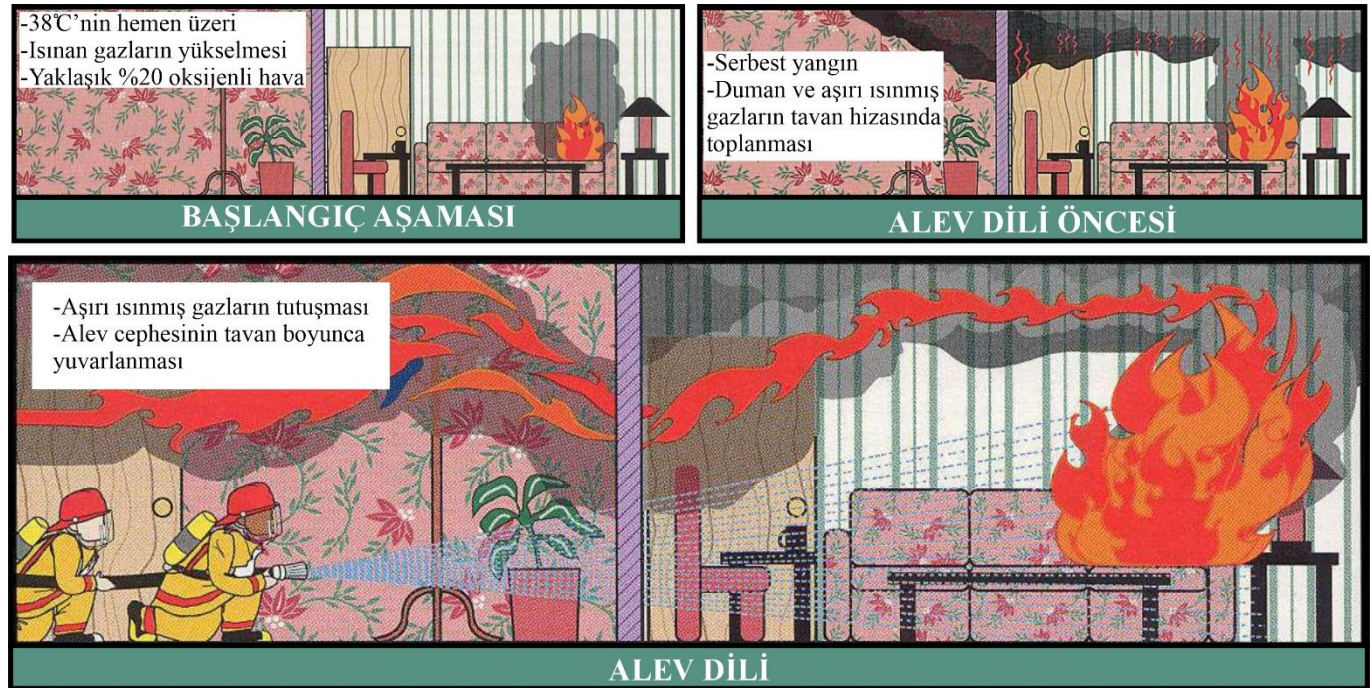
Sıcak Tütme (İçten Yanma) Aşaması

Sıcak tütme aşaması, yangının görünür alevlerinin sönmeye rağmen, yangın yerinde hala sıcak kalıntıların ve yanmamış materyallerin bulunduğu bir evredir. Bu aşamada, yangının yeniden alevlenme riski hala mevcuttur. Tütme esnasında, yangının tamamen söndüğünden emin olmak ve herhangi bir kalıntının tekrar tutuşmasını önlemek için dikkatli bir soğutma ve izleme gereklidir. Bu aşamada havalandırma, yangının kontrol altına alınmasında kritik bir rol oynar. Doğru bir havalandırma stratejisi, içeride biriken sıcak gazlar, duman ve zehirli maddelerin güvenli bir şekilde tahliye edilmesine yardımcı olur. Bu gazlar yangın boyunca birikmiş olabilir ve ortam sıcaklığı yüksek kalabilir. Kapalı alanda biriken tehlikeli gazlar, yanlış havalandırma yüzünden patlamaya neden olabilir (Svesson, 2020; Özkaya, 2021; Kıyak ty).

YANGIN AŞAMALARINDA OLUŞABİLECEK TEHLİKELER

Başlangıç Aşamasında Alev Dili (Flame-over)

Alev dili, yangın sırasında ortamdaki duman ve yanıcı gazların yeterli ısı ve oksijenle birleşmesi sonucu, dumanın içinde hızlıca yayılan alevlerin olduğu tehlikeli bir durumdur. Bu olay genellikle kapalı alan yangınlarında meydana gelir ve yanıcı gazların birikmesiyle tetiklenir. Alev dili, yangının henüz tüm odayı sarmadan önce duman tabakasında oluşabilir ve alevler bir anda dumanın yayıldığı her alana sıçrayabilir. Bu durum, yangına müdahale eden itfaiyeciler için ciddi bir tehlike oluşturur çünkü yangın kontrol altına alınmadan önce alevlerin hızla yayılmasına neden olabilir. Yangın dinamiklerinin doğru anlaşılması ve havalandırma stratejisinin dikkatle uygulanması, alev dili riskini azaltabilir. Yanlış uygulanan havalandırma ise bu riski artırabilir (Zhao, 2016). Şekil 10'da alev dilinin nasıl gerçekleştiği ile ilgili görsel yer almaktadır.

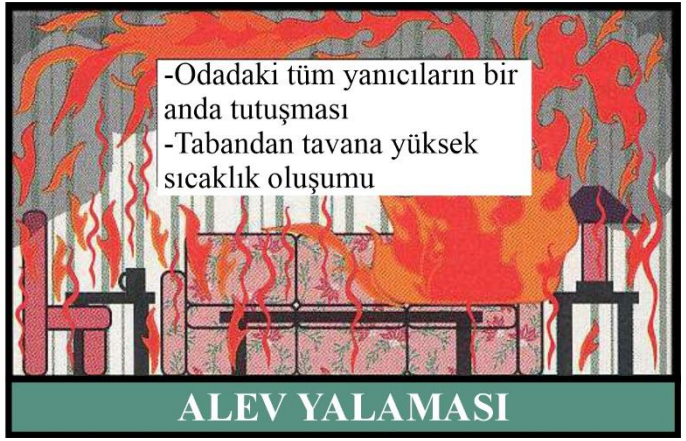


Şekil 10: Alev Dili

Kaynak: Ankara İtfaiyesi, 2020

Büyüme Aşamasında Parlama-Ani Tam Tutuşma-Alev Yalaması (Flashover)

Parlama, yangının tüm odadaki yanıcı materyallerin aynı anda tutuşmasına yol açtığı tehlikeli bir aşamadır. Parlama riski, yangın dinamiklerinin yanlış yönetildiği veya havalandırmanın hatalı bir şekilde yapıldığı durumlarda artar. Parlama meydana geldiğinde, ortam sıcaklığı bir anda 500-1000°C'ye çıkabilir ve bu durum itfaiyeciler için ölümcül olabilir. Yangın sırasında doğru havalandırma teknikleri uygulanarak parlama riski azaltılabilir. Ancak yangının parlama aşamasına yaklaşması durumunda, havalandırma yapılmadan önce yangının dinamikleri dikkatlice değerlendirilmelidir. Bilimsel araştırmalar, parlama riskinin doğru havalandırma stratejileri ile %40 oranında azaltılabileceğini göstermektedir (Svesson, 2020). Şekil 11'de parlamanın nasıl gerçekleştiği ile ilgili görsel yer almaktadır.

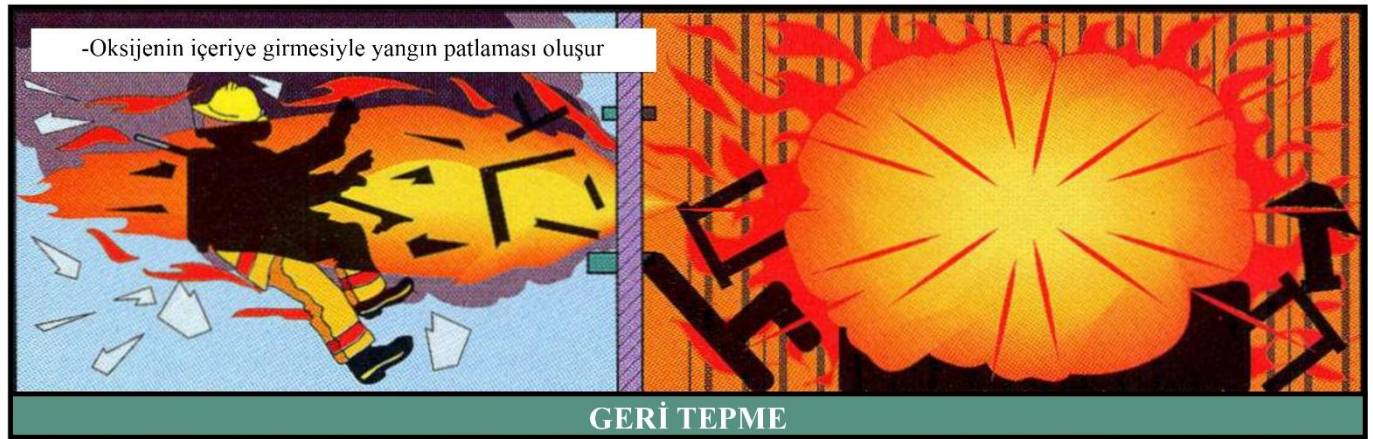


Şekil 11: Alev Yalaması

Kaynak: Form Teknik, ty

Sıcak Tütme Aşamasında Geri Tepme-Patlama (Backdraft)

Geri tepme, yangın sırasında kapalı bir alanda oksijen eksikliği nedeniyle yanmamış gazların birikmesi ve ardından aniden havalandırma yapılmasıyla ortaya çıkan patlayıcı bir olaydır. Yangınla mücadele sırasında geri tepme riski, itfaiyeciler için en büyük tehlikelerden biridir çünkü geri tepme, kontrol edilemeyen bir patlama yaratabilir ve yangının şiddetini artırabilir. Bilimsel veriler, geri tepmenin genellikle kapalı alan yangınlarında ve yetersiz havalandırma yapılan ortamlarda meydana geldiğini göstermektedir. Bu nedenle, geri tepme riskini azaltmak için itfaiyecilerin yangının durumu hakkında tam bir bilgiye sahip olmadan havalandırma yapmaması gerekir (Lambert, 2013). Şekil 12’de patlamanın nasıl gerçekleştiği ile ilgili görsel yer almaktadır.



Şekil 12: Geri Tepme

Kaynak: İstanbul İtfaiyesi, 2020

HAVALANDIRMA VE YANGINLA MÜCADELEDE KOORDİNASYON

Havalandırmanın Zamanlaması

Yangınla mücadelede havalandırmanın doğru zamanlaması, yangının kontrol altına alınmasında kritik bir rol oynar. Havalandırma stratejileri, yangının hangi aşamasında uygulandığına bağlı olarak yangının büyümesini ya da kontrol altına alınmasını etkileyebilir. Yanlış zamanda yapılan havalandırma, yangının oksijenle beslenmesine neden olarak yangının yayılmasını hızlandırabilir. Yangın müdahalesi sırasında havalandırma yapılmadan önce yangının durumu, hava akışının yönü ve yangının kontrol altında olup olmadığı gibi faktörler dikkatlice değerlendirilmelidir (Almansouri, 2023). Havalandırmanın zamanlaması, yangının tam gelişmiş olduğu aşamalarda yangının daha da

büyümesine neden olabilir. Bilimsel veriler, yanlış zamanlamada yapılan havalandırmanın yangının yayılma hızını %30 artırabileceğini göstermektedir (Gupta vd., 2020).

Yangınla Mücadele Ekiplerinin Havalandırma Stratejileri ile Koordinasyonu

Yangınla mücadelede havalandırma stratejileri, yangına müdahale eden ekiplerin operasyonları ile koordine edilmelidir. İtfaiyeciler, yangın sırasında havalandırma yapılırken yangının yayılma hızını ve yönünü dikkatle takip etmelidir. Özellikle büyük yangınlarda, yangın müdahalesi sırasında havalandırma ekiplerinin ve yangın söndürme ekiplerinin uyumlu çalışması büyük önem taşır (Svensson, 2018).

Havalandırmanın yangın söndürme operasyonları ile koordineli bir şekilde yapılması, yangının büyüme riskini azaltır ve itfaiyecilere güvenli bir müdahale alanı sağlar. Bilimsel çalışmalar, yangınla mücadelede havalandırma ekiplerinin yangın söndürme stratejileri ile uyumlu çalışmasının yangın kontrolü üzerinde %25-30 oranında olumlu bir etki yarattığını göstermektedir (Montgomery County, 2020).

KAPALI ALAN YANGINLARINDA HAVALANDIRMA ZORLUKLARI

Kapalı Alanlarda Yangın Gazlarının Birikimi

Kapalı alan yangınlarında, yangın gazlarının ve dumanın hızlı bir şekilde birikmesi en büyük tehlikelerden biridir. Bu tür ortamlarda duman ve gazlar, genellikle yüksek yoğunluklu bir şekilde birikir ve ortamdaki oksijen seviyesini hızla düşürerek zehirli bir ortam yaratır. Kapalı alanlarda yapılan yangın müdahaleleri, dumanın ve gazların doğru bir şekilde tahliye edilmemesi durumunda itfaiyecilerin hayati riskler taşımasına neden olabilir (Kuti vd., 2023).

Bilimsel araştırmalar, kapalı alan yangınlarında yangın gazlarının ve dumanın birikmesinin 5-10 dakika içinde ölümcül seviyelere ulaşabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, kapalı alan yangınlarında havalandırma yapılmadan önce ortamın durumu dikkatlice değerlendirilmelidir (Wang vd., 2023).

Kapalı Alanlarda Pozitif Basıncılı Havalandırma Uygulamaları

Pozitif basınçlı havalandırma kapalı alan yangınlarında sıkça tercih edilen bir yöntemdir. Pozitif basınçlı havalandırma fanları yardımıyla ortama dışarıdan taze hava basılır ve içeride biriken duman ve gazlar hızla dışarı atılır. Ancak kapalı alan yangınlarında pozitif basınçlı uygulaması yapılırken yangının konumu ve büyüklüğü dikkatlice değerlendirilmelidir. Yanlış yönlendirilmiş hava akışı, yangının başka bölgelere yayılmasına ve daha da büyümesine neden olabilir (Zevotek ve Kerber, 2016). Bilimsel veriler, kapalı alanlarda doğru uygulanan PPV'nin yangının yayılma hızını %20-30 oranında azaltabileceğini göstermektedir. Ancak, bu yöntemin yanlış uygulanması durumunda yangının daha fazla oksijenle beslenerek büyümesi riski her zaman vardır (Kerber, 2010).

YANGIN GÜVENLİĞİNDE HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNİN RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Havalandırma Sistemlerinde Olası Riskler

Endüstriyel tesisler, ticari binalar ve çok katlı konutlar gibi geniş yapılar, yangın sırasında havalandırma sistemleri açısından büyük riskler taşır. Özellikle HVAC (Isıtma, Havalandırma ve Klima) sistemleri, yangın sırasında doğru çalışmadığında yangının hızla yayılmasına neden olabilir. Yangın sırasında havalandırma sistemlerinin otomatik kapanma mekanizmalarının devreye girmemesi, dumanın binanın farklı bölümlerine yayılmasına ve yangının kontrol altına alınmasını zorlaştırabilir. Bu nedenle, bu tür yapıların yangın güvenliği açısından düzenli olarak test edilmesi ve yangın sırasında doğru bir şekilde çalıştığından emin olunması son derece önemlidir (Sha ve Qi, 2020).

Yangın Algılama ve Havalandırma Sistemleri Arasındaki Etkileşim

Yangın algılama sistemleri ile havalandırma sistemleri arasındaki etkileşim, yangın sırasında büyük bir fark yaratabilir. Otomatik yangın algılama sistemleri, yangın anında havalandırma sistemlerini kapatarak dumanın ve yangın gazlarının yayılmasını önler. Ancak bu sistemlerin zamanında devreye girmemesi, yangının yayılmasını hızlandırabilir. Bu nedenle, modern binalarda bu sistemlerin uyumlu bir şekilde çalışması yangın güvenliği açısından kritik bir gerekliliktir (Vds, 2009).

ULUSLARARASI YANGINLA MÜCADELE STANDARTLARI

Yangınla mücadele ve havalandırma stratejileri, dünya genelinde farklı standartlar ve uygulamalarla yönetilmektedir. Yangınla mücadelede kullanılan teknikler, her ülkenin yapı standartlarına, yangın güvenliği yönetmeliklerine ve yangınla mücadele ekiplerinin eğitimiyle uyumlu şekilde uygulanır.

ABD’de Yangın Söndürme Standartları

ABD’de yangınla mücadelede havalandırma stratejileri genellikle agresif bir şekilde uygulanır. Amerikan Ulusal Yangından Korunma Kurumu (NFPA) standartlarına göre, yangınla mücadelede pozitif basınçlı havalandırma sıkça

kullanılır ve yangın söndürme operasyonları sırasında yangına hızlı ve yoğun bir şekilde müdahale edilir. ABD'de yangınla mücadelede su akış oranları daha yüksektir ve hem yatay hem de dikey havalandırma stratejileri yaygın olarak kullanılır. ABD'de havalandırma stratejilerinin agresif bir şekilde uygulanmasının nedeni, yangınların hızlı bir şekilde kontrol altına alınmasını sağlamaktır. Ancak bu strateji, yangının büyüme riskini de artırabilir (Zevotek ve Kerber, 2016).

Avrupa'da Yangın Söndürme Standartları

Avrupa'da yangınla mücadele sırasında daha temkinli bir havalandırma stratejisi benimsenir. Avrupa'da yangınla mücadele ekipleri, yangınla daha uzun süre mücadele etmeyi gerektiren daha kontrollü havalandırma yöntemlerini tercih eder. Yangın söndürme operasyonları sırasında havalandırma genellikle sınırlı hava sağlama prensibiyle yapılır ve yangının yayılmasını yavaşlatmaya odaklanılır. Avrupa'da su akış oranları daha düşük tutulur ve yangının kontrol altına alınması için daha sabırlı bir yaklaşım benimsenir (Hevac, 2020).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu makale, yangınla mücadelede havalandırmanın itfaiyeciler için ne kadar kritik bir unsur olduğunu detaylı bir şekilde ele almıştır. Yangın dinamikleri ve havalandırma arasındaki ilişki, yangının yayılmasını kontrol altına almak ve itfaiyecilerin güvenliğini sağlamak açısından büyük bir önem taşımaktadır. Ayrıca, farklı havalandırma tekniklerinin yangınla mücadeledeki avantajları ve sınırlamaları da incelenmiştir. Doğal, mekanik, hidrolik, dikey ve yatay havalandırma tekniklerinin her biri, yangının yapısına, binanın özelliklerine ve yangına müdahale eden ekiplerin stratejilerine göre değişiklik göstermektedir. Bu bağlamda, yangın sırasında uygulanacak doğru havalandırma stratejilerinin belirlenmesi hem yangının kontrol altında tutulması hem de itfaiyecilerin güvenliğini sağlama noktasında kritik bir rol oynar.

Sonuç

- ✓ **Havalandırma, Yangın Güvenliğinde Kritik Bir Unsurdur:** Havalandırma, yangın sırasında ortamda biriken duman, sıcak gazlar ve zehirli maddelerin tahliye edilmesi için hayati bir öneme sahiptir. Yangına müdahale eden itfaiyecilerin güvenliği, havalandırmanın doğru ve zamanında yapılmasıyla sağlanır. Ayrıca, içeride mahsur kalan mağdurların kurtarılmasını da kolaylaştırır. Doğru yapılan havalandırma, yangının yayılma hızını önemli ölçüde düşürür.
- ✓ **Yanlış Zamanlanmış veya Yanlış Uygulanan Havalandırma Yangının Yayılma Hızını Artırabilir:** Yanlış uygulanan havalandırma teknikleri, yangının daha hızlı yayılmasına yol açabilir. Havalandırmanın yanlış bir zamanda yapılması, yangına oksijen sağlayarak yangının büyümesini hızlandırabilir. Özellikle yangının ileri aşamalarında yapılan yanlış havalandırma, yangının kontrolünü zorlaştırabilir ve itfaiyeciler için tehlikeli sonuçlar doğurabilir.
- ✓ **Doğru Havalandırma Teknikleri Yangını Kontrol Altına Almada Etkilidir:** Doğru uygulanan havalandırma, yangının yayılma hızını %30-50 oranında azaltabilir. Bu, yangının kontrol altına alınmasında önemli bir katkı sağlar ve yangına müdahale eden itfaiyecilerin güvenliğini artırır. Bu nedenle, itfaiye ekiplerinin havalandırma stratejileri konusunda iyi eğitilmiş olmaları kritik bir gerekliliktir.
- ✓ **Kapalı Alan Yangınlarında Havalandırma Zorlukları:** Kapalı alan yangınlarında duman ve zehirli gazların hızla birikmesi, havalandırmayı daha da zorlaştırır. Bu tür ortamlarda yapılan yanlış bir havalandırma; alev dili, alev yalması ve geri tepme gibi tehlikeli durumlara yol açabilir. Kapalı alanlarda uygulanacak havalandırma stratejileri, yangının dinamikleri dikkatle değerlendirilerek yapılmalıdır.
- ✓ **Farklı Havalandırma Tekniklerinin Etkileri:** Doğal havalandırma, özellikle yangının erken aşamalarında etkili olurken, mekanik havalandırma büyük yapılarda daha geniş kapsamlı çözümler sunar. Hidrolik havalandırma ise yangın sonrasında duman ve gazların hızla tahliye edilmesini sağlar. Bununla birlikte, her bir havalandırma tekniği, yangının büyüklüğü ve yapının özelliklerine göre avantaj ve dezavantajlar sunar.

Öneriler

- ✓ **Havalandırma Stratejilerinin Eğitimi ve Farkındalığı Artırılmalı:** Yangınla mücadelede havalandırma tekniklerinin doğru kullanımı, itfaiyecilerin güvenliği ve yangının kontrol altına alınması açısından kritik önemdedir. Bu nedenle, itfaiye eğitimlerinde havalandırma stratejilerine daha fazla ağırlık verilmelidir. İtfaiyeciler, yangın sırasında hangi havalandırma tekniğinin ne zaman kullanılacağını ve nasıl uygulanacağını tam olarak öğrenmelidir.
- ✓ **Yangınla Mücadelede Daha Güçlü Koordinasyon Sağlanmalı:** Yangınla mücadele ekipleri arasında havalandırma stratejilerinin koordinasyonu artırılmalıdır. Yangın sırasında havalandırma ekipleri ve yangın

söndürme ekiplerinin senkronize çalışması, yangının büyümesini engellemede ve kontrol altına alınmasında büyük rol oynar. İtfaiye ekipleri arasındaki bu koordinasyon, havalandırma uygulamalarının daha verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar.

- ✓ **Kapalı Alan Yangınlarına Yönelik Gelişmiş Havalandırma Cihazları Kullanılmalı:** Kapalı alan yangınlarında duman ve zehirli gazların hızla birikmesini önlemek amacıyla daha gelişmiş havalandırma cihazları kullanılmalıdır. Özellikle büyük yapılar ve endüstriyel tesislerde, pozitif basınçlı mekanik havalandırma gibi etkili yöntemler, yangının yayılma riskini azaltmak için stratejik bir şekilde kullanılmalıdır.
- ✓ **Havalandırma Sistemlerinin Düzenli Bakım ve Testleri Yapılmalı:** Endüstriyel tesisler, ticari binalar ve çok katlı konutlar gibi geniş yapıların havalandırma sistemleri, yangın güvenliği açısından düzenli olarak test edilmelidir. Yangın sırasında bu sistemlerin otomatik kapanma ve duman tahliyesi işlevlerinin doğru çalıştığından emin olunmalıdır. Bu sayede, yangın sırasında duman ve gazların bina içinde yayılmasının önüne geçilebilir.
- ✓ **Otomatik Yangın Algılama ve Havalandırma Sistemlerinin Entegrasyonu Artırılmalı:** Modern binalarda, yangın algılama sistemleri ile havalandırma sistemleri arasındaki etkileşim geliştirilmelidir. Yangın sırasında otomatik olarak devreye giren bu sistemler, yangının büyümesini önlemek için havalandırmayı kontrol altına alabilir. Bu sistemlerin zamanında devreye girmesi, yangın güvenliği açısından büyük bir fark yaratacaktır.
- ✓ **Uluslararası Yangın Güvenliği Standartlarına Uyum Sağlanmalı:** Hem ABD hem de Avrupa yangın güvenliği standartları, yangınla mücadelede havalandırma tekniklerinin farklı yaklaşımlarını ortaya koymaktadır. İtfaiye ekipleri, bu uluslararası standartlara uygun bir şekilde havalandırma tekniklerini kullanmalı ve kendi bölgelerine uygun stratejiler geliştirmelidir. Özellikle büyük yangınlarda, yangınla mücadele ekiplerinin uluslararası yangın güvenliği standartlarına uygun eğitim alması son derece önemlidir.

KAYNAKÇA

- Almansouri, S. M. (2023, Aralık 17). *Firefighting Ventilation Techniques: A Crucial Element in Fire Suppression*. LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/firefighting-ventilation-techniques-crucial-element-fire-almansouri-91rgf>
- Ankara İtfaiyesi. (2020). *Yangın Yerinde Tehlikeler*. Ankara: Ankara Büyükşehir Belediyesi. https://www.ankara.bel.tr/files/9416/4328/9990/4-_Yangın_Yerindeki_Tehlikeler_Tamam_-56-.pdf
- Aspiring Fire Officers. (2016, Mayıs). *Ventilation Tactics: Horizontal vs Vertical*. https://aspiringfireofficers.com/wp-content/uploads/2016/05/ventilation_tactics-horizontal_vs_vertical.pdf
- Atkinson, J., Chartier, Y., Pessoa-Silva, C. L., Jensen, P., Li, Y., & Seto, W.-H. (2009). *Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings*. World Health Organization. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44167/9789241547857_eng.pdf
- Balık, G., Beceren, K., & Kılıç, A. (2004). Doğal Duman Tahliyesinde Optimum. *Tesisat Dergisi*(80), 32-42. <https://www.formfabrika.com/Areas/Site/assets/Upload/dogal-duman-tahliyesinde-optimum-havalandırma-acikliginin-sayisal-yontemle-belirlenmesi.pdf>
- Bello, C. D. (2024a, Mayıs 14). *Vertical Ventilation: A Firefighter's Ladder-to-roof Guide*. Fire Rescue 1: <https://www.firerescue1.com/fire-products/ventilation/articles/vertical-ventilation-a-firefighters-ladder-to-roof-guide-shezGumWxQoJFSKU/>
- Bello, C. D. (2024b, Şubat 24). *Horizontal Ventilation and PPV: Back-to-basics Tactics*. <https://www.firerescue1.com/ventilation/articles/horizontal-ventilation-and-ppv-back-to-basics-tactics-PJU1XhbX5FRnbz6B/>
- Blow Hard Fans. (2023, Mart 2). *Small PPV Fans vs. Large PPV Fans: Comparing Performance*. <https://www.blowhardfans.com/author/blowharddev/>
- Bulgurcu, H. (2015). Bölüm 2 Havalandırma Yöntemleri. *Ders Notları*, 22-53. http://deneysan.com/content/images/documents/havalandırma-2_27944938.pdf
- Coşkun, G., Demir, U., & Soyhan, H. S. (2022). Investigation of the Smoke Ventilation and Evacuation Strategies to Decrease Smoke Poisoning Risk by Coupling Fire and Evacuation Simulations. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 15(3), 659-671. <https://doi.org/10.47176/jafm.15.03.33252>
- Feyst, M. V. (2022, Kasım 1). *The Positive-Pressure Ventilation Fan*. Fire Engineering: <https://www.fireengineering.com/firefighter-training/the-positive-pressure-ventilation-fan/#gref>

- Fire Dynamics Training. (2005). *Tactical Ventilation*. <https://guides.firedynamicstraining.ca/g/fd205-decision-making-student-document/118117>
- Form Teknik. (ty). *Yangın ve Kazalarla Mücadele*. <https://www.formteknik.com.tr/bilgi-arsivi/yangin-ve-kazalarla-mucadele/>
- Gökkaya, E., & Kaya, A. (2021). Türkiye’de İtfaiyecilik Eğitimi ile Hava Kurtarma ve Yangınla Mücadele Biriminin Yapısal Değerlendirmesi. *Hastane Öncesi Dergisi*, 6(1), 143-158.
- Gupta, V., Hidalgo, J. P., Cowlard, A., Abecassis-Empis, C., Majdalani, A., Maluk, C., & Torero, J. (2020). Ventilation Effects On The Thermal Characteristics Of Fire Spread Modes In Open-plan Compartment Fires. *Fire Safety Journal*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103072>
- Hevac. (2020). *Guidance on Smoke Control to Common Escape Routes in Apartment Buildings (Flats and Maisonettes)*. Smoke Control Association. https://members.labc.co.uk/sites/default/files/SCA_Guide_Common_Escape_Routes_in_Apartments_Revision_3_1_July_2020.pdf
- İstanbul İtfaiyesi. (2020). *Yangın ve Kazalarla Mücadele Eğitim Kitabı*. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi. https://itfaiye.ibb.gov.tr/img/111657432020__7851983905.pdf
- Kaczmarzyk, P., Janik, P., Klapsa, W., & Bugaj, G. (2022). Possibilities of Using Mobile Fans and the Parameters Conditioning the Effectiveness of Tactical Mechanical Ventilation. *Safety & Fire Technology*, 59(1), 58-82. <https://dx.doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.3>
- Kerber, S. (2010). Impact of Ventilation on Fire Behavior in Legacy and Contemporary Residential Construction. *Montgomery County Maryland*. https://www.montgomerycountymd.gov/frs-ql/Resources/Files/nsws/adminservices/exam_docs/9a2_articles_part1b.pdf
- Kıyak, İ. (ty). *Yangın*. <https://ilkmak.com/dokuman/35.pdf>
- Kuti, R., Zólyomi, G., László, G., Hajdu, C., Környei, L., & Hajdu, F. (2023). Examination of Effects of Indoor Fires on Building Structures and People. *Heliyon*, 9(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12720>
- Lambert, K. (2013). *Backdraft: Fire Science and Firefighting, a Literature Review*. International Master of Science in Fire Safety Engineering. http://cftb-be.com/images/artikelen/LAMBERT_backdraft.pdf
- Lambert, K. (2011, Şubat 5). The Most Familiar Form of Rapid Fire Progress: Flashover. *CFBT-BE*, 1-8. http://www.cftb-be.com/images/artikelen/art_06_ENG.pdf
- Lambert, K., Welch, S., & Merci, B. (2018). The Use of Positive Pressure Ventilation Fans During Firefighting Operations in Underground Stations: An Experimental Study. *Fire Technology*, 54, 625-647. <https://doi.org/10.1007/s10694-018-0700-8>
- Mbduct. (ty). *Positive and Negative Pressure in Building Ventilation*. <https://mbduct.com/en/positive-and-negative-pressure-in-building-ventilation/>
- Mid-tech. (ty). *The Role of Ventilation in Fire Safety and Ensuring Proper Smoke Control*. <https://www.midtechservices.co.uk/the-role-of-ventilation-in-fire-safety-and-ensuring-proper-smoke-control/>
- Montgomery County. (2020). *Fire Service Summary Report: Study of Effectiveness Of Fire Service Vertical Ventilation and Suppression Tactics in Single Family Homes*. Maryland. https://www.montgomerycountymd.gov/frs-ql/Resources/Files/nsws/adminservices/exam_docs/9a1_articles_part1a.pdf
- Özkaya, A. (2021, Şubat 25). *Yanma ve Yangın Bilgisi*. Yeni Uzman Akademi: <https://yeniuzmanakademi.com/wp-content/uploads/2021/02/25-1.pdf>
- Scheviak, T. (2021, Ocak 6). *What are the Different Stages of a Fire?* Fire Trace: <https://www.firetrace.com/fire-protection-blog/different-stages-of-a-fire>
- Sha, H., & Qi, D. (2020). A Review of High-Rise Ventilation for Energy Efficiency and Safety. *Sustainable Cities and Society*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101971>
- Svensson, S. (2001). Experimental Study of Fire Ventilation During Fire Fighting Operations. *Fire Technology*, 37(1), 69-85. <https://doi.org/10.1023/A:1011653603104>

- Svensson, S. (2018). *Fire Ventilation*. İsveç: Swedish Rescue Services Agency. <https://www.ctif.org/sites/default/files/2018-01/Fire%20Ventilation.pdf>
- Svensson, S. (2020). *Fire Ventilation*. Swedish Civil Contingencies Agency (MSB). <https://www.msb.se/siteassets/dokument/publikationer/english-publications/fire-ventilation.pdf>
- Vds. (2009, Kasım). *Interaction of Fire Detection and Fire Alarm Systems (FDAS) and Fire Extinguishing Systems (FES)*. Vds-asia: https://www.vds-asia.com/wp-content/uploads/2016/04/vds_3509en_web.pdf
- Ventry. (2016). *Negative Pressure Ventilation*. <https://ventry.com/blogs/faqs/negative-pressure-ventilation>
- Wang, Z., Deng, W., Zhou, M., Fang, Z., Guan, Y., & Tang, Z. (2023). Tunnelling and Underground Space Technology. *Evaluation of Fire Smoke and Heat Exhaust Performance of Shafts by Natural Venting in Tunnels*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2022.104817>
- Zaitz, B. (2015, Kasım 18). *Throw Back to Basics: Hydraulic Ventilation*. Fire Engineering: <https://www.fireengineering.com/firefighter-training/throw-back-to-basics-hydraulic-ventilation/#gref>
- Zevotek, R., & Kerber, S. (2016). *Study of the Effectiveness of Fire Service Positive Pressure Ventilation During Fire Attack in Single Family Homes Incorporating Modern Construction Practices*. Fire Safety Research Institute.
- Zhao, G., Beji, T., & Merci, B. (2016). Application of FDS to Under-Ventilated Enclosure Fires with External Flaming. *Fire Technology*, 52, 2117-2142. <https://doi.org/10.1007/s10694-015-0552-4>