

Hava yolu nedir?

Karel Lambert

1 Giriş

DHIA modeli, Avustralyalı Shan Raffel tarafından 2000'li yılların başında düşünüldü. Meslekdaşlarıyla yaptığı birçok tartışmadan sonra ABD'li Ed Hartinin etkisiyle bu model B-DHIA'ya dönüştü. Bu modele aynı zamanda "yangını okumak" denildi. Bu, yangın yerinde ne tip bir yangınla karşı karşıya olduğumuzu anlamak için geliştirilmiş bir yöntemdir. B-DHIA Bina, Duman, Hava yolu, Isı ve Alev başlıklarının kısaltılmışıdır. Bu makalenin amacı hava yolu parametresi konusunda detay vermektir.

2 Hava yolu

2.1 Duman neden akar?

2.1.1 Yüzerlik veya Arşimet prensibi

Akış teorisi çok karmaşıktır. Çok sayıda fiziksel parametresi vardır. Bu yazıda yangın sırasında ne olduğunu anlatmaya çalışacağız.

Yangın sırasında, yangının merkezinin hayati bir rolü vardır. Yangının merkezi sıcak duman üretir. Bu duman, etraftaki havadan daha sıcaktır. Cisimlerin ısındığında genleştiğini herkes bilir. Katılar ve sıvılar için genleşme sınırlıdır. Fakat gazlarda sıcaklığın artması çok büyük bir genleşmeye neden olur. Bu genleşme nedeniyle gazın yoğunluğu azalır. 315 C derecedeki dumanın yoğunluğu 20 C deki havanın yoğunluğunun yarısına eşittir.

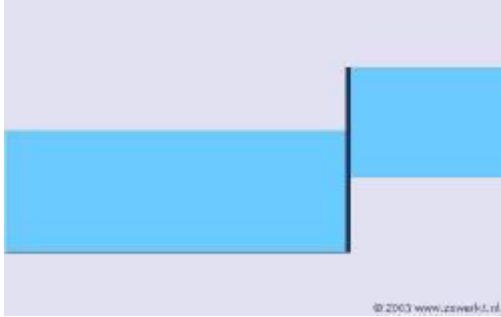
Peki, bu yoğunluk farkı neden önemlidir? Bunu anlayabilmek için bir düşünce deneyi yapmak gerekir. İçinde su dolu olan bir küvet düşünün. Bir pin pon topu alın ve bunu küvetin alt kısmında tutun. Şimdi bırakın. Pin pon topu su yüzeyine çıkacaktır. Topun yükselmesinin nedeni yoğunluk farkıdır. Su, pin pon topuna yukarı doğru bir basınç uygular. Buna Arşimet prensibi denir. Bu yukarı yönlü kuvvet topun hacmi ve su ile topun yoğunluk farkıyla doğrudan ilgilidir. Pin pon topunun, sudan çok daha hafif olması nedeniyle yüzeye çıkacaktır.

Dumanın etraftaki havadan daha düşük yoğunluğa sahip olmasından dolayı, duman yükselir. Duman yükselirken hava dumana karışır. Bu dumanın sıcaklığının azalmasına neden olur. Sıcaklıktaki bu düşüş nedeniyle yoğunluk farkı da azalır. Sonuç olarak yüzerlilik azalır. Duman etraftaki havayla aynı sıcaklığa geldiğinde yayılmaya başlar. Bu olayı bazen sigara içen insanlarla dolu bir odada gözlemleyebilirsiniz.

Pin pon topundan farklı olarak duman tek bir parçacıktan oluşmaz. Sürekli bir akışa sahiptir. Ve küvette olduğu gibi su yüzeyi yoktur. Burada havanın sınırı tavanla belirlenir. Dolayısıyla duman sınırsız bir şekilde yükselemez. Bunu bir akvaryumun dibinden onlarca

pin pon topu bırakmaya benzetebiliriz. Yüzeğe varan toplar halihazırda oraya varmış olanları kenara doğru itecektir. Aynı şey dumanın akışında da gerçekleşir. Duman, tavana kadar yükselir ve sonrasında ise tavana paralel olarak ilerler.

2.1.2 Basınç farkı



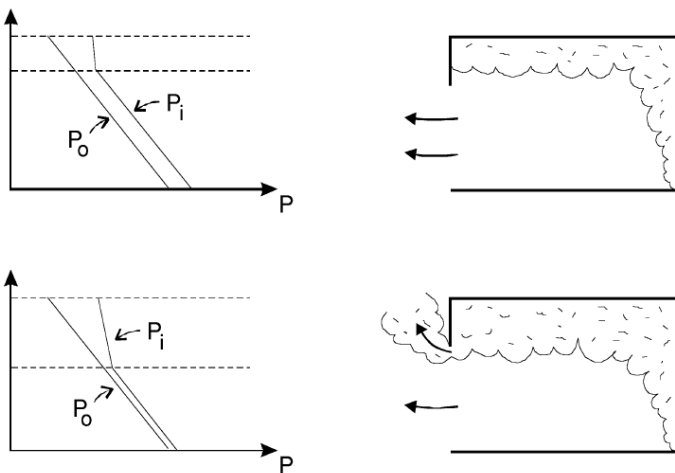
Şekil 1 Bir barajın şematik çizimi

Hava akışını değerlendirmenin bir diğer yolu da iki alandaki basınç farkına bakmaktır. Bunun en bilinen örneği bir barajdır. Baraj bir tarafında yüksek diğer tarafında düşük su seviyesi oluşması için yapılır. Bu şekilde bir tarafındaki su basıncı daha fazla olur. Barajın alt tarafındaki bir borudan su geçişi sağlanır. Su her zaman yüksek basınçlı taraftan düşük basınçlı tarafa doğru akar. Akış basınç farkını dengelemek için gerçekleşir. Akış basınçta farklılık kalmayana kadar devam eder. Basınç farkı arttıkça akışın şiddeti de artar.

Aynı olgu gazlar için de geçerlidir. Solunum cihazı (THSC) itfaiyeciler arasında en bilinen örnektir. THSC tüpünün içindeki hava etraftaki havadan çok daha büyük bir basınç altında tutulmaktadır. THSC açıldığında fazla basıncın kaçabileceği bir çıkış açılır. Hava dışarı çıkar. Bu fazlaca gürültü çıkarır. Hava fazlaca hızlı akar. Bu THSC tüpü içindeki hava ile dışarıdaki atmosferik hava basıncı arasındaki büyük farklılıktan kaynaklanır. THSC içindeki havanın kademeli olarak kaçıışı, içerideki basıncın azalmasına neden olur. Dışarı çıkan havanın hızı düşer ve gürültü kesilir. Bununla beraber hava akışı THSC tüpündeki hava ile dışarıdaki hava basıncı eşitlenene kadar akış devam eder. Yangın sırasında belirli bir bölgede fazla basınç oluşur. Bir açıklık yaratıldığında ise hava akışı (hava yolu) açılmış olur. Doğa basınç farkını ortadan kaldırmaya çalışacaktır.

2.2 Sonra ne olur?

Sonra ne olacağı yangının büyüklüğüne bağlıdır. Eğer yangın büyür ve genişlerse, ortaya çıkan enerji miktarı artar. Bu durumda üretilen duman miktarı da artar.



Şekil 2 A ve B basınç profilleri. (Grafik: Karlsson & Quintiere)

Karlsson & Quintiere yangın gelişimini "Kapalı Alan Yangın Dinamikleri" adlı kitabında açıklar. Bu açıklama şematiktir. Fakat gerçekte olan şeye yönelik iyi bir yaklaşımdır. Yangın başlangıç evresinden tam gelişmiş yanma evresine kadar görülen dört farklı basınç profili tarif edilir. Başlangıç safhasında oda içerisinde biriken duman nedeniyle fazla basınç ortaya çıkar. Üretilen duman genişler. Bu süreç, etrafta

bulunan hava tarafından engellenir. Bu, biraz basınç artışına neden olur. Eğer bir delik açılsa basınç tahliye edilebilir.

Şekil 2 , A başlangıç safhasındaki durumu göstermektedir. Yangının merkezi duman üretir. Duman yükselir ve tavanda bir katman oluşturur.

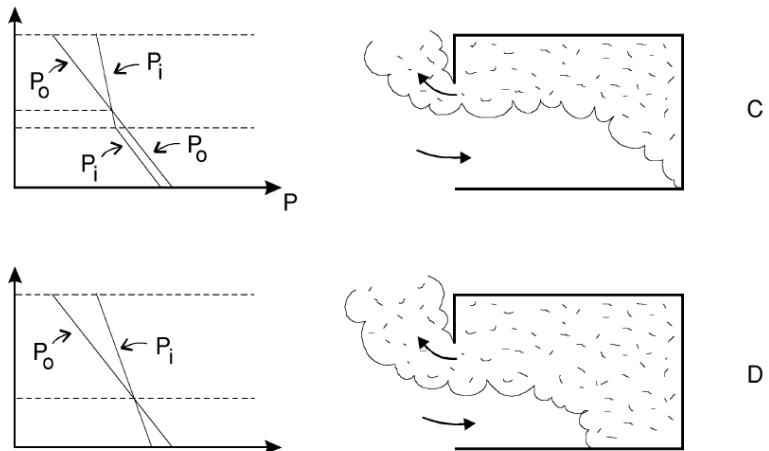
Yangın, biraz basınç fazlası oluşmasına neden olur. İçeride bulunan bir miktar soğuk hava dışarı çıkmaya zorlanır. Bu çizimin solundaki diagram basınç profilini gösterir. Yatay eksen basıncı gösterir. Buna göre basınç sağa doğru yükselmektedir. Dikey eksen ise yüksekliği gösterir. Bu hat P_o olarak adlandırılmıştır ve dışarıdaki hava basıncını temsil eder. Yukarı doğru çıktıkça hava inceler. Hava basıncı azalır. Hattın eğiminin abartıldığı açıktır. Fakat bu abartı, söz konusu olgunun açıklanması amacıyla hizmet etmektedir. Oda içerisindeki basınç P_i çizgisi tarafından temsil edilmektedir. Bu grafik içerideki basıncın dışarıya göre bir miktar daha fazla olduğunu gösteriyor. P_i çizgisi sağ tarafa doğrudur. Burada açıkça görülen başka bir şey de bu çizginin P_o çizgisine paralel olduğudur. Odanın içerisindeki hava aşağı yukarı dışarıdaki havayla aynı sıcaklıktadır. Bu durumda basınç yüksekliğe bağlı olarak eşit şekilde azalır. P_i çizgisi duman katmanına dokunduğu anda çizgi bükülür. Duman katmanının sıcaklığıtraftaki sıcaklığa göre çok daha fazladır. Dolayısıyla dumanın yoğunluğu daha azdır. Yani duman etraftaki havadan daha hafiftir. Eğer bu ortamda yükselecek olursa basınç hızlıca düşecektir.

Yangın büyüdükçe, birkaç şey birden olur. Duman katmanı alçalır. Buna göre P_i nin büküldüğü nokta daha aşağıya iner. Fazla basınç azalır çünkü hava kapı boşluğundan dışarıya doğru akar. P_i çizgisi sola doğru kayar ve P_o çizgisine yakın bir konuma gelir. P_o çizgisi hala daha dışarıdaki hava basıncını temsil etmektedir. Bu hat tüm yangın gelişimi boyunca değişmeden kalır. Basit bir ifadeyle bu hattın varlığı yangın dolayısıyla değil atmosferik şartlara göre değişir.

Sonuç olarak, duman katmanı kapı açıklığının altına düştüğü anda ikinci bir basınç profili yaratılmış olur. Bu basınç profiline profil B denir ve sadece birkaç saniye sürer. Bu safhada hem soğuk hava hem de sıcak duman kapı açıklığından akar. Bu hızlı bir şekilde odanın içindeki fazla basıncın dengelenmesini sağlar. Bu geçişken safha sadece sonraki gelişmeleri anlamak için gereklidir.

2.3 Büyüme safhası ve tam gelişmiş yangın.

Yangın büyüme safhasına gelmiştir. Duman katmanı ciddi şekilde alçalmıştır. Dumanın sıcaklığı oldukça yükselmiştir. Yangının merkezi aşırı miktarda hava tüketmektedir. Odanın içerisindeki hava artık yangını beslemek için yeterli değildir. Basınç profili C oluşacaktır.



Şekil 3 Basınç Profilleri C ve D (Grafik: Karlsson & Quintiere)

P_i (içerideki hava basıncı) doğrusu daha da sola gelecektir. Doğru o kadar sola gitmiştir ki zeminde seviyesindeki dış basınç içeridekinden daha fazladır.

Duman katmanının daha da alçalması nedeniyle doğru profil B'ye göre zemin seviyesine daha yakın bir noktada bükülmektedir. İki farklı zon açıkça ayırd edilebilir. Duman katmanının alt tarafındaki sıcaklığın dışarıdaki sıcaklığa neredeyse eşit olduğu bölgede doğrular paralel ilerler. Hava basıncı yüksekliğe bağlı olarak eşit şekilde azalır çünkü yoğunluk aynıdır. İçerideki basınç dışarıdaki basınca göre daha az olduğundan dışarıdan içeriye doğru bir hava akımı oluşur. Bu hava akımı (hava akışı) yangını besler.

İkinci zon duman katmanı tarafından oluşturulur. Duman katmanının içinde P_i bükülür. Bu, içerideki basınç ile dışarıdaki basıncın arasındaki farkın azaldığı anlamına gelir. Belirli bir noktada içerideki basıncı temsil eden doğru (P_i) dış basıncı temsil eden doğru (P_o) ile kesişir. Buna nötr seviye denir. Tipik olarak nötr seviye duman katmanının yaklaşık 10 cm üstünde oluşur. Bu ayırımın itfaiyeciler açısından çok az bir önemi vardır. Pratikte duman katmanının alt tarafı nötr seviyenin iyi bir göstergesi olarak kabul edilir. The second zone is being formed by the smoke layer.

Nötr seviyenin üzerinde iki doğru da kendi yollarında devam eder. Bu içerideki ve dışarıdaki basınç arasında yeni bir farklılık oluşmasına neden olur. Odanın içerisindeki basınç dışarıdaki basınçtan daha yüksektir. Basıncıdaki bu farklılık yüksekliğe bağlı olarak artar. Nötr seviye ne kadar yüksek ise basıncıdaki farklılık o kadar fazladır. Bu nötr seviyenin altında geçerli değildir. Nötr seviyenin altında basınç her yükseklik seviyesinde aynıdır. Nötr seviyenin üzerinde bir duman akışı oluşur. Bu akışın gerçekleştiği hız dumanın sıcaklığı arttıkça ve nötr seviyenin üzerine çıktıkça artar. Basınç profili C boyunca içeriye doğru temiz hava ve dışarıya doğru duman akışı devam eder. Bu profil flashovera kadar devam eder. Bunun oluşması için gereken süre, yakıt yüküne ve kompartmanın özelliklerine bağlıdır. Önceki makalelerde belirtildiği üzere bu süre zarfı



Şekil 4 Bir oda yangınındaki çift yönlü akış. Duman kapının üst kısmından dışarıya doğru akarken hava alt taraftan içeriye doğru giriyor. (Fotoğraf: Nico Speleers)

geçtiğimiz yıllarda oldukça kısalmıştır. Bir flashoverın gerçekleşmesi için gereken zaman aralığı yaklaşık 3-4 dakika sürmektedir. Tercrübeler bize oda içerisindeki yakıtın dağılımı ve çok ufak bir açıklık nedeniyle oluşan hava kısıtı flashoverın gecikmesine neden olduğunu göstermiştir.

Flashoverdan sonra artık iki farklı sıcaklıktan oluşan iki zon kalmaz. Kompartman yaklaşık olarak aynı sıcaklıktaki tek bir zon olarak kabul edilir. Artık burada tanımlanabilir bir duman katmanı yoktur. Açıklıkların alt tarafı hala daha taze hava çekmek için kullanılabilir fakat büyüme safhasında açıkça ayırt edilebilen duman katmanı artık kompartmanı tamamen doldurmuştur. Bunun yanında duman katmanı tutuşmuş vaziyettedir. Şekil 3 D bu safhadaki basınç profilini

göstermektedir. P_0 dışarıdaki hava basıncı eğrisi hala aynıdır. İçerideki basınç profili ise yeni bir form almıştır. İçerideki sıcaklık odanın her yerinde yaklaşık olarak aynı olduğundan dolayı bu basıncı temsil eden doğru artık bükülmez. Buna göre içerideki yoğunluk dışarıdan çok düşüktür. Sonuç olarak bu yüksekliğe göre basıncın daha düşük bir hızda değişmesine neden olur. 2 basınç hattının kesiştiği nokta nötr seviyeyi göstermektedir. Bu noktada içerideki basınç dışarıdaki basınca eşittir. Bu seviyenin altında hava içeriye doğru akarken üzerinde ise duman (ve alevler), dışarıya doğru akacaktır.

3 Pratik?

Yukarıdaki bölümde basınç farklılıklarını ve hava akışının nasıl oluştuğunu açıkladı. Bunun ardından bir kapalı alan yangınına ait farklı basınç profilleri tartışıldı. Bu bilgiyi pratik olarak yangını okurken uygulamak mümkündür. Yangından kaynaklanan dumanın dışarıya ulaşına kadar izlediği yola hava akış yolu denir. Hava akımının iyice gözlenmesi, yangın gelişimi bilgisiyle beraber değerlendirildiğinde mevcut yangınla ilgili oldukça yüksek miktarda bilgi sunar. Bununla beraber bunun daha küçük kompartmanlarda geçerli olduğunu unutmamak gerekir. Burada bahsedilen 70 m²'den daha küçük odalardır. Ayrıca tavan yüksekliği de 4 metreyi geçmemiştir.

3.1 Duman katmanının yüksekliği

Duman katmanının yüksekliği bize yangının aşaması hakkında birşeyler söyler. Eğer sadece tavanda duman katmanı varsa yangın muhtemelen hala başlangıç aşamasındadır. Fakat bundan da %100 emin olamayız. Yukarılarda bir yerde bir havalandırma deliği olabilir. Bu da elbette dumanın görünümünü etkiler.

Eğer duman katmanı, 1 metre kalınlığına erişmişse yangın büyüme safhasına girmiştir. Yeni yapılan araştırmalar, hava almış bir yangının flashover safhasına ulaşması yaklaşık 2 ila 4 dakika arasındadır. Yangın, flashover noktasına doğru ilerledikçe duman katmanı daha da alçalacaktır.

Duman katmanı, zemin seviyesine 1 metre kadar yaklaştığında yangın flashovera çok yaklaşmış demektir. Duman katmanının evrimi ve biraz yüksekte kalan nötr seviye hem yangının büyüme hızını hem de flashover riskini değerlendirmek için iyi bir göstergedir.

3.2 Akış hızı

Bu makalenin başlangıcında akışın sıcaklık farkından dolayı kaynaklandığı açıklanmıştı. Fark ne kadar büyükse akış o kadar hızlı olur. Dumanın hızı arttıkça, türbülans gözle görülebilir bir hal alır. Akışın hızını izleyerek yangının şiddetini tahmin etmek mümkündür. Şiddetli bir yangın çok ısı üretir. Isı daha fazla sıcaklık farkına neden olur. Bu çoğunlukla daha yüksek bir akış hızını doğurur. Dolayısıyla, bir yangının tam gelişmiş halde olup olmadığını dumanın hızına bakarak anlamak mümkündür. Bu aynı zamanda yangının hangi safhaya ulaştığını gösteren bir işarettir.

3.3 Yangın nerede?

Hava akışı aynı zamanda bize yangının yerini de gösterir. Duman yangından uzağa doğru akar. Dumana bakarak (belki termal kamerayı da kullanarak) dumanın ne tarafa doğru hareket ettiği gözlemlenebilir. Eğer dumanın geldiği yere doğru hareket edilirse yangının merkezine ulaşılabilir.

Bunun tam aksi bir sonuç da çıkarılabilir. Eğer bir kapı açıldığında girilen odada duman hareket halinde değilse muhtemelen oda yangının bulunduğu odayla bağlantılı değildir.

Elbette kapıyı açanın bir akış yolu üzerinde bulunmama ihtimalini de göz önünde bulundurmak gerekir. Kapı açıldıktan sonra bir akış başlayacaktır. Bu yangının yeri hakkında bilgi verir. Fakat yeni yaratılan hava akışının yangına ilave oksijen taşıyacağını da unutmamak gerekir.

4 Kaynakça

- [1] *Enclosure fire dynamics*, Bjorn Karlsson & James Quintiere, 2000
- [2] *Binnenbrandbestrijding*, Koen Desmet & Karel Lambert, 2008 & 2009
- [3] Shan Raffel, www.cfbt-au.com
- [4] Ed Hartin, www.cfbt-us.com