

HAVALANDIRMA KOŞULLARININ ENDÜSTRİYEL PATLAYICI ORTAMLARA ETKİSİNİN ANALİTİK VE NÜMERİK YÖNTEMLER ÇERÇEVESİNDE DEĞERLENDİRMESİ

A. Serdar Gültek

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa
sgultek@iuc.edu.tr

ÖZET

İşyerlerinde patlayıcı ortam oluşabilecek “tehlike bölgeleri” hem Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik içeriğinde, hem de Binaların Yangından Korunması Yönetmelik içeriğinde tanımlanmıştır.

Hangi çalışma ortamının hangi tehlike bölgesi olarak sınıflandırılacağını belirtir yöntem; TS EN 60079-10-1, Patlayıcı ortamlar- Bölüm 10-1: Alanların Sınıflandırılması - Patlayıcı gaz ortamları ve TS EN 60079-10-2, Patlayıcı ortamlar- Bölüm 10-2: Tehlikeli bölgelerin sınıflandırılması-Yanıcı toz atmosferler standartlarında yer almaktadır.

Yapılan patlayıcı ortam sınıflandırmasına bağlı olarak bu ortamlarda güvenli çalışacak enerjilendirilmiş donanım ve cihaz kategorileri belirlenebilmektedir.

Ağırlıklı olarak boya, kimya, ilaç, baskı/ambalaj üretimleri gerçekleştiren işyerlerinde tatbik edilen TS EN 60079-10-1 standardının yeni sürümü 15/02/2021 tarihinde ülkemizde yürürlüğe girmiştir.

Yanıcı gaz ve buharla çalışan işyerlerinde patlayıcı ortam güvenliğini sağlamak üzere en önemli tedbir havalandırma etkinliğidir.

Standart içeriğinde sunulan eşitliklerin haricinde, kapsama giren tehlikeli kimyasalların iş ortamına nasıl ve ne oranda yayıldığını tespit etmek, Alt Yanma Sınırı (LFL) kritik yüzdesine yatayda ve dikeyde hangi menzilde erişildiğini Hesaplamalı Akışkan Dinamiği – HAD / CFD yazılımları ile belirlemek mümkündür.

Çalışmada, yeni standart sürümünde yer alan değişiklikler ve standart içeriğinde yer alan tablo kullanımına yönelik kısıtlamalar belirtilmiştir.

1.GİRİŞ

Yanıcı maddelerin gaz, buhar, sis ve tozlarının atmosferik şartlar altında hava ile oluşturduğu ve herhangi bir tutuşturucu kaynakla temasında tümüyle yanabilen karışım patlayıcı ortam olarak tanımlanır.

Basit bir cümleden oluşan bu tanımın içeriğindeki tamlamalar can güvenliğini sağlamak için önemli koşulları belirtmektedir. Bu çalışmaya dahil olan maddeler yanıcı özellikte olan maddelerdir. Bu maddelerin çalışmanın kapsamında yer aldığı fiziksel halleri elle tutulur katı bir cisim veya bir kap içindeki sıvı hali değil, çalışma ortamı havası içine karışmış halde gaz, sıvı buharı, sis formunda partikül veya toz formunda partikül halidir.

Bu çalışmada sözü geçen karışımların değerlendirildiği durumlar, basınçlı kaplar içinde değil, atmosfer basıncına denk kaplar içinde veya kap dışına yayılan kimyasalların bulunduğu çalışma ortamlarıdır. Yanıcı maddeler başka oksitleyici gaz ortamlar içinde karışımlar oluşturabilir. %78 azot, %21 oksijen gazları karışımından oluşan ve hava olarak adlandırılan gaz ortam içindeki karışımlar değerlendirme kapsamındadır.

Çalışma ortamındaki sıcak yüzey, açık alev, rezistanslı ısıtıcı, mekanik sürtünme, statik elektrik, kimyasal tepkime gibi farklı kaynaklar tutuşturucu etki oluşturabilir. Teorik olarak, yanıcı madde konsantrasyonu alt yanma limitine eriştiğinde patlama olarak adlandırılan yanma olayı gerçekleşmektedir. Gerçekte, alt yanma limitinin %25'i konsantrasyon emniyet değeri olarak kabul edilmektedir. Bu kadar az konsantrasyonda bile tutuşabilen hava/yakıt karışımının alevi kaynağa yaklaştıkça konsantrasyon artabilir ve tam yanma sonucunda patlama gerçekleşir. Bu süreç mikro saniye ölçeğinde gerçekleştiği için çalışma ortamındaki kişiler için hızlı yanma ile patlama arasındaki geçişi tespit etmek çok zordur. Dolayısıyla, bu tür çalışmaların gerçekleştiği ortamlar "tehlike bölgesi" olarak tanımlanır.

İşyerlerinde patlayıcı ortam oluşabilecek "tehlike bölgeleri" hem Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik içeriğinde, hem de Binaların Yangından Korunması Yönetmelik içeriğinde tanımlanmıştır. Bu düzenlemelerde tehlike bölgeleri aşağıdaki şekilde yer alır:

Bölge 0

Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışımından oluşan patlayıcı ortamın sürekli olarak veya uzun süreli ya da sık sık olduğu boru ve kap içleri gibi yerlerdir.

Bölge 1

Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışımından oluşan patlayıcı ortamın normal çalışma koşullarında ara sıra meydana gelme ihtimali olan dolum borusu civarı ve armatürler gibi yerlerdir.

Bölge 2

Gaz, buhar ve sis halindeki yanıcı maddelerin hava ile karışarak normal çalışma koşullarında patlayıcı ortam oluşturma ihtimali olmayan yerler ya da böyle bir ihtimal olsa bile patlayıcı ortamın çok kısa bir süre için kalıcı olduğu tankların yakın çevresi, boru bağlantısı gibi yerlerdir.

Hangi çalışma ortamının hangi tehlike bölgesi olarak sınıflandırılacağını belirtir yöntem; TS EN 60079-10-1, Patlayıcı ortamlar- Bölüm 10-1: Alanların Sınıflandırılması - Patlayıcı gaz ortamları ve TS EN 60079-10-2, Patlayıcı ortamlar- Bölüm 10-2: Tehlikeli bölgelerin sınıflandırılması-Yanıcı toz atmosferler standartlarında yer almaktadır.

Tehlike bölgesi sınıflandırmasına bağlı olarak patlayıcı ortamda güvenli çalışacak enerjilendirilmiş donanım ve cihaz kategorileri belirlenebilmektedir.

1.1. PATLAYICI ORTAM – HAVALANDIRMA İLİŞKİSİ

Yanıcı gaz ve buharla çalışan işyerlerinde havalandırmanın etkili uygulanması patlayıcı ortam güvenliğini sağlayacak çok önemli bir tedbirdir.

TS EN 60079-10-1, Patlayıcı ortamlar- Bölüm 10-1: Alanların Sınıflandırılması - Patlayıcı gaz ortamları standardına göre, patlayıcı ortam olarak belirlenen karışımın çalışma ortamında ne kadar yayılacağı havalandırma sisteminin seyreltme etkinliği ile değerlendirilmektedir. Ortama yayılan gaz veya yanıcı sıvının buharının debisi, yoğunluğu, alt yanma sınırı arasındaki fonksiyon havalandırmanın karakteristiğini belirler. Havalandırma karakteristiği ile ortamda

bulunan hava hızı arasındaki ilişki ise havalandırma sisteminin seyreltme derecesini belirler. Havalandırma derecesi ilgili standartta yüksek, orta, düşük olarak belirlenmiştir.

Yüksek Seyreltme:

Hava değişim sayısının yüksek olduğu ve/veya çalışma hacminin küçük olduğu alanlarda söz konusu olmaktadır. Patlayıcı ortam oluşması beklenen çalışma alanının küçük tutulması önemli bir önlem olarak değerlendirilebilir.

Orta Seyreltme:

Havalandırmanın yanıcı sıvı buharını bir mertebeye kadar seyreltebildiği ancak çalışma alanındaki fiziki engeller, ortam havası sıcaklığı, ortam havası basıncı gibi etkenler yüzünden tam olarak ortamdaki uzaklaştırılmadığı durumları belirtir. Bu ortamlarda statik elektrik dahil bütün tutuşma kaynaklarına karşı önlemler yerine getirilmelidir.

Düşük Seyreltme:

Havalandırma sisteminin patlayıcı ortamı seyreltemediği durumları ifade eder. Proses üzerinde mühendislik çözümleri dahil değişiklikler değerlendirilmelidir.

Patlayıcı gaz ortamını seyreltme etkinliği cinsinden havalandırmanın verimi f değeri ile ifade edilir. Bu f-değeri f=1 (ideal durum) ile tipik olarak f=5 (engellenmiş hava akışı) arasında değişir. Dolayısıyla bir havalandırma sisteminde kanalların ucunda yer alan menfezlerin yeri, şekli, menfez önünde yer alan engellerin varlığı son derece önemlidir. Şöyle ki, f-değerindeki bir değişim ortama verilmesi gereken hava debisinin misli ile değişmesi anlamına gelmektedir. Havalandırma etkinlik katsayısı ile birlikte birim zamandaki hava değişim sayısı C, seyreltme etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Hava değişim sayısı arttıkça, ortama yayılan kimyasalın seyreltilmesi o kadar hızlı gerçekleşecektir.

Her ne kadar düşük seyreltme içinde ifade edilen hava değişim sayısının yüksekliğinin etkili bir yöntem olduğu düşünülse de, dikkat edilmesi gereken hususlar vardır.

Normal çalışma koşullarında yanıcı madde depolanan bir bina içerisinde, örneğin numune almak gibi veya büyük varilden küçük kaba kimyasal aktarma gibi elleçleme işlemleri yürütülüyorsa kimyasal madde yayılması beklenmez. Dolayısı ile patlayıcı ortam oluşumu beklenmez. Ancak “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” 118. maddesi yanıcı ve patlayıcı kimyasalların depolandığı hacimleri 1. tehlike bölgesi (Zone 1) olarak tanımlamaktadır. Böyle bir depoda normal koşullarda yukarıda belirtildiği gibi işlemler yapılırken zeminde oluşan dökülmeler veya taşıma sırasında devirme sonucu zeminde oluşacak dökülmeler sonucu kimyasal madde yayılması tali olarak beklenebilir. Zeminde oluşan atmosfer basıncındaki serbest yayılmanın yani buharlaşmanın hangi miktarda gerçekleşmenin hesaplanması için 1 numaralı eşitlik kullanılabilir:

$$W_e = \frac{6,55 u_w^{0,78} A_p p_v M^{0,667}}{R x T} \left(\frac{kg}{s} \right) \quad (1)$$

Bu eşitlikte; u_w değeri yayılan kimyasal yüzeyine etkiyen hava hızı değeridir. Hava hızının yüksek olması buharlaşma oranını doğrusal olarak artırmakta dolayısıyla yayılan kimyasalın konsantrasyonunu patlama aralığının altında tutabilmek için daha fazla debide havanın ortama verilmesi gerekmektedir. Eğer kanal kesiti ve menfez kesiti doğru boyutlandırılmazsa hava hızı artacaktır. Akabinde patlayıcı ortamın sınırları genişleyecektir.

Bir patlayıcı ortamın oluşmasının engellenmesi veya kısa sürede emniyetli konsantrasyon değerine seyreltilmesi yeterli debide ve doğru boyutlandırılmış havalandırma sistemi ile sağlanabilir. Hava değişim sayısının (C) fazla olması sistem debisini dolayısıyla sisteme enerji veren motorun kapasitesini doğrudan etkilemektedir. Hava hızının (u_w) fazla olması yayılan kimyasalın oluşturacağı tehlikeyi artırmaktadır. Kanal ve menfezin dar seçilmemesi gerekir

ancak maliyet açısından optimum değer gözetilmelidir. Menfezin yanlış yerleştirilmesi veya sistem motorunun düzensiz çalışması havalandırma etkinliği değerini (f) değiştirmektedir. Havalandırma etkinliği değerindeki her değişim hava debisinin misli ile artmasına neden olacaktır. Menfez doğru ve engelsiz yerleştirilmelidir.

Ortama yayılan kimyasalın yayılma durduktan sonra ne kadar sürede emniyetli konsantrasyon değerine seyreltiğinin bilinmesi gerekir. Pratikte, kimyasal yayılması 15 dakikadan daha uzun süre seyrelmiyorsa o yayılmanın kalıcı olarak kabul edilmesi gerekir. Bir kimyasal yayılmasının kalıcılığı şu denklem ile hesaplanabilir:

$$t = \frac{1}{C} \ln \frac{X_b}{X_c} \quad (2)$$

Denklemden yer alan X_b ve X_c değerleri havalandırma etkinlik katsayısı belirlenirken kullanılan konsantrasyon değerleri olup havalandırma debisinin etkin olarak ortam iletiltiğinin belirlenmesi kullanılır ve bu değerler ortam hacminde gerçekleştirilecek ölçümlerle doğrulanmalıdır. Konsantrasyon değerleri ile hava değişim sayısı (C), kalıcılık süresini doğrudan etkileyen unsurlardır. Menfez yerleşimi ve sistem debisinin doğru ve yeterli değerde belirlenmesi gerekir.

1.2. PATLAYICI ORTAM SINIRLARININ DEĞERLENDİRMESİ

Ağırlıklı olarak boya, kimya, ilaç, baskı/ambalaj üretimleri gerçekleştiren işyerlerinde tatbik edilen TS EN 60079-10-1 standardının yeni sürümü 15/02/2021 tarihinde ülkemizde yürürlüğe girmiştir.

Standardın 2009 versiyonunda yer alan eşitliklerdeki bazı katsayılar 2015 yılındaki versiyonda değiştirilirken, seyreltme hacmi (V_z) yaklaşımı yerine grafikte yer alan değerlerin çakıştırılması yöntemi getirilerek metodoloji önemli şekilde değiştirilmiştir. Standardın 2021 yılında çıkan yeni versiyonunda yer alan eşitliklerde ve tablolarda bazı katsayı değişiklikleri ve eklenen metinsel açıklamalar haricinde tehlike bölgesi belirleme metodolojisine yönelik fazla fark bulunmamaktadır. Ancak, analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ve patlayıcı ortam sınırlarının belirlenmesi sürecinde önemli bir kısıtlama önerilmektedir.

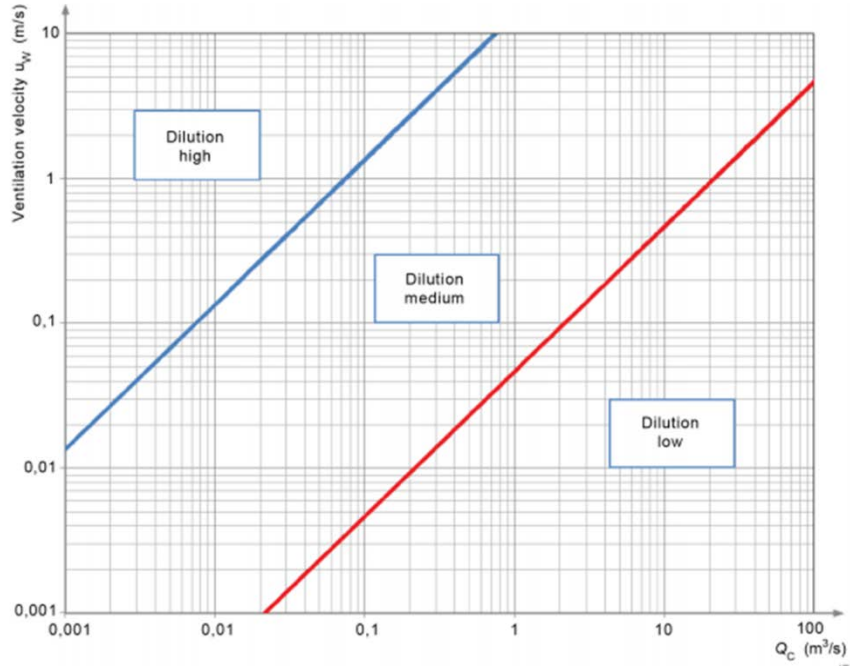
Standardın 2015 ve 2021 versiyonlarında tehlike bölgesinin metre cinsinden sınırlarını belirlemek için standardın içeriğinde yer alan D.1 numaralı şekil kullanılmaktadır. Ancak, standardın 2021 versiyonunda aşağıdaki kısıtlayıcı açıklama yer almaktadır:

*“Şekilde yer alan eğriler, ortamda havalandırmanın etkilemediği yer olmadığı farz edilen yani sıfır arka plan konsantrasyon koşullarına dayanmaktadır. **Bu eğriler iç mekanda orta seyreltme ve düşük seyreltme derecelerinde mesafe belirlemek için uygun değildir.***

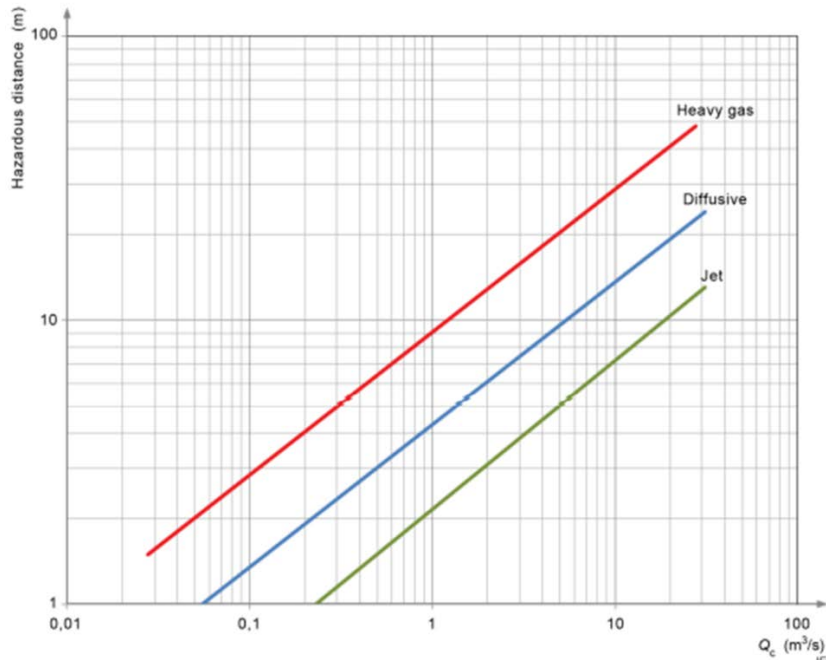
Bu grafik, RMS kabininin içi gibi küçük ölçekli değerlendirmelerde kararlı sonuçlar vermeyebilir. Üretim holü gibi görece geniş ölçekli durumlarda yaklaşık değerler sunmaktadır. Zone (NE) olarak değerlendirilen koşullarda bu grafiğin kullanılması uygun değildir.

Tehlikeli mesafeler 1 m'den az ve Şekil D. 1'de gösterilenlerden daha yüksek olsa bile, belirtilen sınırların ötesinde değerlendirmeyi etkileyecek diğer faktörler nedeniyle eğrilerin grafik alanının ötesinde ekstrapolasyonu yapılmamalıdır.

Uygun olduğunda, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) veya teste dayalı diğer hesaplama veya değerlendirme biçimleri de uygulanabilir.”



Şekil.1: Seyreltme derecesinin belirlenmesi



Şekil.2: Tehlike bölgesi sınırlarının belirlenmesi

Pratikte; boya üretim tesislerinde ilk karıştırma işleminin yürütüldüğü alanlar veya kimyasal madde üretiminde karıştırma ve dozajlama başta olmak üzere, pigment/pasta hazırlama ve formül tamamlama alanlarında meydana gelecek patlayıcı ortamlarda kullanılacak karıştırıcı motoru, sirkülasyon pompası motoru, kontrol panosu, priz, şalter, aydınlatma armatürü gibi elektrikli ekipmanın örneğin Zone 2 tehlike bölgesine uygun olması için gerekli maliyet 1 birim ise Zone 1 tehlike bölgesine uygun olması için gerekli maliyet 5 birime kadar fark oluşabilmektedir. Yanlış boyutlandırılmış ve yerleştirilmiş kanal ve menfezler ile yetersiz debi kapasitesine sahip havalandırma sistemi, tehlikeli bölgede çalıştırılacak elektrikli ekipman maliyetini önemli ölçüde artıracaktır.

Tablo.1'de tehlike bölgesi tayininde kullanılan proses ve havalandırma ilişkisi gösterilmektedir.

Tablo 1. Havalandırma derecesinin tehlike bölgesi belirlenmesinde kullanılması [1]

Boşalma Derecesi	HAVALANDIRMA						
	YÜKSEK			ORTA			DÜŞÜK
	KULLANILABİLİRLİK						
	İyi	Orta	Kötü	İyi	Orta	Kötü	İyi, Orta veya Kötü
Sürekli	(ZONE 0 NE) Tehlikesiz	(ZONE 0 NE) ZONE2	(ZONE 0 NE) ZONE 1	ZONE 0	ZONE 0 + ZONE 1	ZONE 0 + ZONE 1	ZONE 0
Ana	(ZONE 1 NE) Tehlikesiz	(ZONE 1 NE) Kuşak 2	(ZONE 1 NE) ZONE 2	ZONE 1	ZONE 1 + ZONE 2	ZONE 1 + ZONE 2	ZONE 1 veya ZONE 0
Tali	(ZONE 2 NE) Tehlikesiz	(ZONE 2 NE) Tehlikesiz	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 2	ZONE 1 hatta ZONE 0

Patlayıcı ortamlara uygun elektrikli ekipmanların söz konusu maliyet artışından dolayı proses tasarlanırken tehlike bölgesinin en fazla Zone 2 olacağı proses kapasitesinin oluşturulması rasyonel yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

Karıştırma proseslerinde kapak kullanımı yaygınlaşmaktadır, ancak yanıcı özellikte kimyasal karıştırılan kapların yüzeyleri çoğu işletmede açık tutulmaktadır. İşletmelere patlamadan korunma dokümanı hazırlanırken “tali boşalma kaynağı” olarak zemine yayılan yanıcı özellikte kimyasal madde senaryosu da açık yüzeyden boşalma olarak kabul edilmektedir ve kaza senaryosu olarak değerlendirmede yer almaktadır.

Ancak tablo.1 incelendiğinde Tehlike Bölgesi (Zone)-2 ağırlıklı olarak “orta” derece seyreltme koşullarına denk gelmektedir. Açık yüzeyden kimyasal buharı yayılması senaryosuna göre yapılan hesaplamalar, metodoloji içindeki eşitliklerde yer alan kabuller ve basitleştirmelerden dolayı çoğunlukla “orta” derece seyreltme ile sonuçlanmaktadır.

Orta derece seyreltme durumunda standarttaki yeni açıklamalar Şekil.2’de yer alan eğrilerin kullanılmasını kısıtlamakta ve “hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) – computational fluid dynamics (CFD)” olarak bilinen nümerik analiz çalışmasını önermektedir.

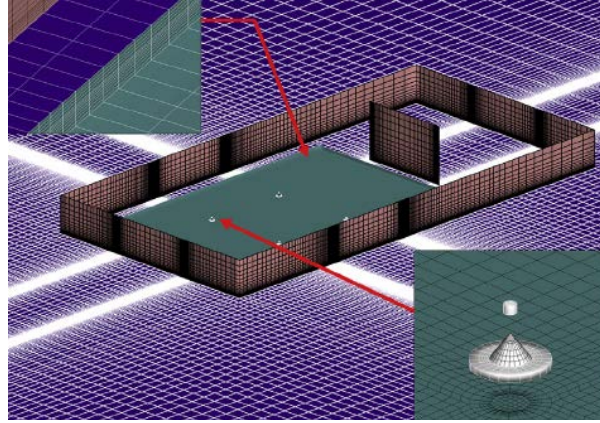
1.3. Patlayıcı Ortam Değerlendirmesi ve HAD Analizi

İlgili mevzuat, muhtemel patlayıcı ortam içeren işletmeler için patlamadan korunma dokümanı hazırlanmasını gerektirir. Bu dokümanın hazırlanması iki yönlüdür. İşletme muhtemel patlayıcı ortamlarda yer alan riskleri nasıl yöneteceğini beyan ederken, yasal denetleme yetkisine sahip iş müfettişleri söz konusu beyanın doğruluğunu ve uygulanabilirliğini kontrol ederler. 12 yıldan uzun süredir yürürlükte olmasına rağmen hali hazırda standartta yer alan el ile hesaplama (hand-calculations) yöntemi hem kullanıcılar tarafından hem de denetçiler tarafından ancak layıkıyla uygulanabilmektedir.

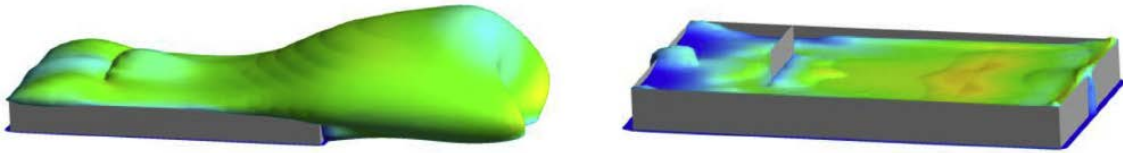
HAD analizinde hesaplama alanı binlerce küçük bölgeye ayrılmış durumdadır. Bu küçük hacimlere ayırma yaklaşımı kimyasal buharı / gaz yayılması sürecinin daha mekanik olarak gösterilmesini sağlar. İşlem sonrası elde edilen sayısal değerler kullanarak modeli oluşturulan

geometri içinde sıcaklık ve basınç dağılımlarını, konsantrasyon ve ısıl değerlerini görmek mümkündür.

Analizi yapılan akışlar genellikle üç boyutlu, türbülanslı ve genişleyen gazlarla ortaya çıkan kaldırma kuvvetlerinin etkisi altındadır. Böyle karışık bir durumda kullanılacak en basit modelde ele alınan denklemlerle kartezyen koordinatlarda hız bileşenlerinin, gaz entalpisinin, basıncın ve türbülanslı viskozitenin çözülmesi gerekir. Bu bileşenleri önceden tanımlanmış (genellikle gerçek deneylerden alınan veriler kullanılarak) domenin içinde bulundurmak gerekir. Düşük mach hızında gerçekleşen termal akışların hesaplanmasında Navier-Stokes denklemlerinin Large Eddy Simulation (LES) formunu kullanarak çözümü yapan ve mevcuttaki ticari yazılımlar ile örneğin açık sahada LNG transfer tesisatındaki arızanın yayılma sınırları Şekil.4’de yer aldığı biçimde görsel olarak değerlendirilebilir.

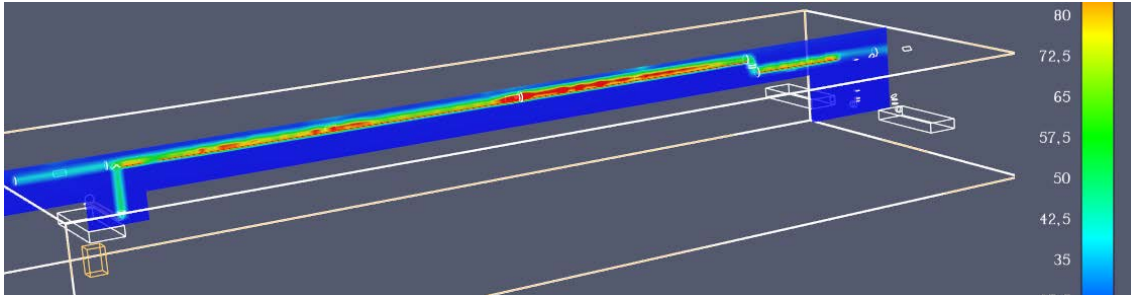


Şekil.3: Açık sahada havuz içinde LNG yayılmasının model hazırlığı

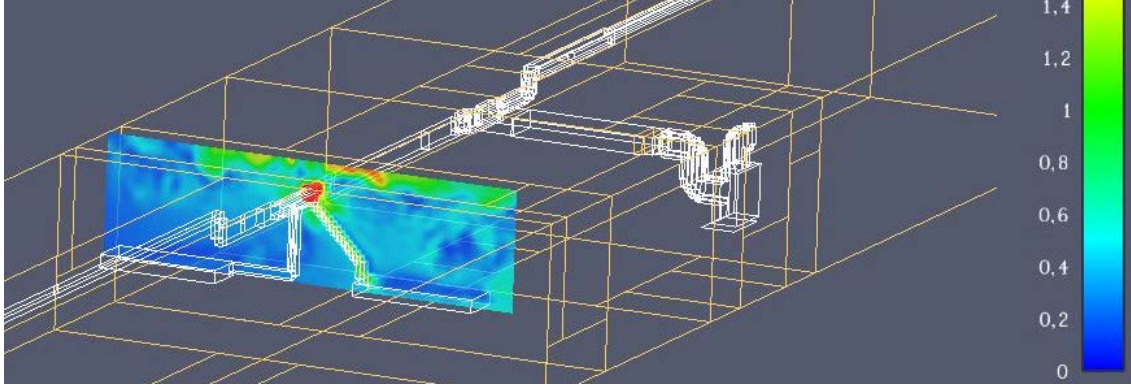


Şekil.4: Açık sahada havuz içinde LNG yayılmasının alt yanma sınırı (LFL) zaman ilişkisinin gösterimi

Ticari yazılımlar yanında, dünya çapında yaygın uygulanmakta olan açık kaynak kodlu Fire Dynamics Simulator (FDS) yazılımı kullanılabilir. Örneğin, Şekil.5 ve Şekil.6’da gösterildiği biçimde bir havalandırma tesisatı içindeki akışkan koşulları farklı kesitlerde ve farklı parametreler kullanılarak incelenebilir.

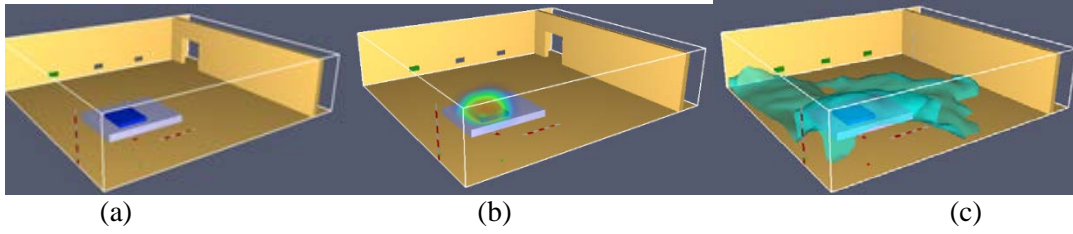


Şekil.5: Havalandırma kanalı boyunca gaz akışkanının durumunun incelenmesi



Şekil.6: Havalandırma tesisatına ait bir kesitteki gaz akışkan koşullarının incelenmesi

Örneğin zeminden yukarıda bir platform üzerinde aseton kimyasalı tesisattan kaba aktarılırken kap dışına yayılabilir. Şekil.7’de gösterildiği biçimde çalışma ortamına yayılan aseton kimyasalı acil müdahale kiti ile temizlenene kadar geçen sürede patlayıcı ortam oluşup oluşmayacağı senaryosu incelenebilir.



Şekil.7: Çalışma ortamına yayılan aseton buharının konsantrasyon-zamana bağlı gösterimi (a): başlangıç, (b) t=10s, (c) t=520s

HAD analizi yazılımları, genellikle aşağıda belirtilen korunum denklemleri ile hesaplamaları gerçekleştirmektedir. Kısmi diferansiyel eşitliklerden oluşan bu denklem seti bilinmeyenler olarak tanımlanan yoğunluk (ρ), hız (u), sıcaklık (T) ve basınç (p) değerlerinin hesaplanmasını sağlamaktadır.

Kütlenin korunumu

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho u = \dot{m}_b^m \quad (3)$$

Momentumun Korunumu

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u) + \nabla \cdot \rho u u + \nabla p = \rho g + f_b + \nabla x_{ij} \quad (4)$$

Enerjinin Korunumu - entalpi transport denklemi

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho h_z) + \nabla \cdot \rho h_z u = \frac{Dp}{Dt} + q'' - q_b'' - \nabla \cdot q'' + \Phi \quad (5)$$

İdeal Gaz Hal Denklemi

$$p = \frac{\rho R T}{W} \quad (6)$$

Gerek kapasite hesaplaması, gerekse bir kimyasal yayılması durumunda etkinliğinin sağlıklı değerlendirilebilmesi için modeli kullanacak kişiler hem akışkanın yayılması hakkında hem de model hakkında yeterli bilgi birikimine sahip olmalıdır. Aksi takdirde bir vakada son derece değerli olma potansiyeline sahip bir model, yanıltıcı sonuçlar verebilir. Teorik olarak elde edilmiş sonuçların yanlış şekilde anlaşılmasını önlemek için bu bilgi birikimi gereklidir. Teorik sonuçlar, patlayıcı ortam bilgisi ile beraber, akışkan bilgisi, ısı transferi bilgisi ve deneyimden kazanılan bilgiyle beraber kullanılmalıdır. Bu anlamda kullanıcı bilgisini diğer spesifik konularla pekiştirmelidir.

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

HAD (CFD) analizi uygulayan yazılımlar bilgi kütüphaneleri ile çalışır. Kimyasal maddenin yoğunluk, molekül ağırlığı, kimyasal formülü, özgül ısı, kondüktivite, emisivite, absorpsiyon katsayıları, yanma ısı, buharlaşma ısı, kaynama noktası, alt yanma limiti (LFL) gibi kimyasal ve fiziksel özelliklerinin tanımlanması gerekir. Etil alkol, aseton, ksilen gibi sık kullanılan hidrokarbonların teknik verisine erişmek nispeten kolaydır. Ancak, (hidroksietil)metakrilat gibi kimyasalların bütün verilerine erişmek mümkün olmayabilir.

HAD analizi yazılımları kolay veya mucize çözüm değildir. Kullanıcı problemde hangi bileşenleri tanımlarsa, HAD yazılımı onu hesaplar. Bir yazılımda aynı problem için aynı koşulları kullanan farklı uygulayıcıların hepsinin sonuçları farklı çıkabilmektedir. Dolayısı ile HAD hesaplamasının sadece sonuçlarının değil, girdileri ile beraber sonuçlarının değerlendirilmesi gerekir.

Problemin geometrisi, kimyasal bilgisi, havalandırma tesisat bilgisi, yazılımın çözünürlüğü, kullanacağı hesaplama yöntemi çok iyi tanımlanmalıdır. Özellikle çözünürlük hesaplama için oldukça önemlidir. Çözünürlük arttıkça, hesaplanan hücre sayısı artmakta, dakikalar içinde bitecek bir çözüm saatlerce (örn. 16 saat) sürebilmektedir. Hatta probleme yanma senaryosu dahil edilirse hesaplama günlerce sürebilmektedir.

Unutulmamalıdır ki, elde edilen çözüm, kesin sonuç değildir. Bu duruma rağmen, özellikle kapalı ortamda, çalışma alanı ve havalandırma koşulları iyi tanımlanırsa karmaşık durumlar için Zone sınırı hesaplamada faydalı bir araç olabilir. Arka plan konsantrasyonu (Background Concentration) – çalışma alanında nerelerde gerçekleşebilir? sorusunun cevabını ararken HAD (CFD) analizi bir öngörü sağlar. Dolayısıyla, standardın bir sonraki sürümünde tablo ile çözüm yerine CFD hesaplamasının daha fazla ön plana çıkması beklenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] TS EN 60079-10-1:2021 Patlayıcı Ortamlar- Bölüm 10-1: Tehlikeli Bölgelerin Sınıflandırılması-Patlayıcı Gaz Atmosferler, Türk Standartları Enstitüsü, Şubat 2021.
- [2] **Zalosh, R.**, “Industrial Fire Protection Engineering”, Wiley, 2003.
- [3] Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, American Institute of Chemical Engineers, 2001.
- [4] Areal Locations of Hazardous Atmospheres Software, Technical Documentation, Amerika Birleşik Devletleri Ticaret Bakanlığı, 2013
- [5] **Ingason, H.**, Fire Dynamics In Tunnels, Handbook of Tunnel Fire Safety, 231. Londra: Thomas Telford Publishing, 2004

-
- [6] **McGrattan, K.**, Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide, Sixth Edition, NIST.SP.1018-1. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2015.
- [7] **Gültek, A.S.**, Boya Üretim Tesislerinde Endüstriyel Patlamalara Karşı Havalandırma Önlemi, IPRINTS 2016, Bildiriler Kitabı, 2016
- [8] **Gültek, A. S. , Temelli U. E. , Küçükosmanoğlu M. A.**, Tünel Yangınları Ve Modellemesi, Yangın Ve Patlamanın Adli Bilimler Yönünden Değerlendirilmesi, Nobel Yayınevi, İstanbul, ss.167-180, 2020
- [9] Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 19.12.2007 tarih ve 26735 sayılı Resmi Gazete
- [10] Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik, 30.04.2013 tarih ve 28633 sayılı Resmi Gazete