

KİMYA SEKTÖRÜNDE TEHLİKE VE İŞLETİLEBİLİRLİK (HAZOP) ANALİZİ

HAZARD AND OPERABILITY ANALYSIS (HAZOP) IN THE CHEMICAL INDUSTRIES

Dr. Abdurrahman AKMAN*

ÖZ

İş sağlığı ve güvenliğine verilen önemin artması ile birlikte risk değerlendirmesi, dünyada ve ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarının temelini oluşturmaya başlamıştır. Risk değerlendirmesi tehlikelerin tanımlanması, bu tehlikelerden kaynaklanacak risklerin analiz edilmesi, alınması gereken tedbirlerin kararlaştırılması ve uygulanması aşamalarını içerisine alan bir süreçtir. Bu makalede kimya endüstrisinde potansiyel tehlikeleri tanımlamak için kullanılan en sistematik teknik olan HAZOP analizinin metodolojisi açıklanmış ve bir uygulama örneği verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi, HAZOP, Tehlike Tanımlaması, Risk Analizi, Proses Güvenliği

ABSTRACT

With the increased importance of occupational health and safety, risk assessment has started to underpin the studies of occupational health and safety in the world and in our country. Risk assessment is a process including the stages of the identification of hazards, analyzing the risks arising from these hazards, determining the measures to be taken and their implementation. In this article, methodology of HAZOP analysis which is the most systematic methodology used to identify the potential hazards in the chemical industry is explained and an application example is given.

Keywords: Hazard and Operability Analysis, HAZOP, Hazard Identification, Risk Analysis, Process Safety

JEL Classification: J28

* Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Müfettişi, aakman@csgb.gov.tr

Gönderildiği Tarih: 03.03.2014, Kabul Tarihi: 11.01.2016

Giriş

Günümüzde bilim ve teknolojinin hızla ilerlemesi, gelişen sanayinin de etkisiyle yeni kimyasal maddelerin ve proseslerin kullanılması, getirdiği olanakların yanı sıra üretim süreçlerinin daha karmaşık bir hal almasına ve çalışma hayatında yeni risklerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Ortaya çıkan bu yeni riskler iş kazalarını ve meslek hastalıklarını artırıcı rol oynamakta ve işverenler tarafından işyerlerinde sürekli olarak iş sağlığı ve güvenliği konusunda yeni tedbirler almayı zorunlu kılmaktadır.

İşyerinde olası tehlikeler ve bu tehlikeler gerçekleştiğinde ortaya çıkması muhtemel sonuçlar gerçekçi biçimde tespit edildiğinde, iş kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesi için alınması gerekli tedbirlerin ne olduğunun belirlenmesinin ve uygulanmasının o denli kolay olacağına şüphe yoktur.

İşyerleri insan, makineler, kimyasallar, prosesler, prosedürler v.b gibi birçok girdinin bir araya gelmesiyle oluşur ki bu yapı sistem olarak ele alınabilir. İşyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması, sistem güvenliğinin en üst seviyeye çıkarılmasıyla mümkündür.

Sistem, ortak bir amaca ulaşmak için kolektif bir birlik veya bir bütün oluşturmak üzere organize olan, birbiriyle ilişkili ya da birbirine bağımlı elemanlar olarak tanımlanır (Kossiakoff, 2003:3). Sistem güvenliği, sistemi oluşturan unsurların tehlikelerinin tanımlanması, bu tehlikelerden kaynaklanacak risklerin analizi ve bu risklerin ortadan kaldırılması veya azaltılmasına yönelik önlemlerin alınması temeline dayanır.

Sistemler ve sistemlerin beraberinde gelen risklerden oluşan bir dünyada yaşıyoruz. Evler, otomobiller, enerji şebekeleri, asansörler, bilgisayarlar sistemlere verilecek örneklerdir. Sistemler hayatımıza çok önemli katkılar sağlamakta olup, modern yaşamın vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir.

Kimya endüstrilerinde kullanılan üretim prosesleri de bir sistem olup, diğer sistemlerde olduğu gibi bu proseslerde de bir takım aksilikler, istenmeyen durumlar meydana gelmektedir. Zira bu prosesler zaman zaman hata yapmakta, doğru çalışmamaktadırlar ki bu nedenle zarar, kaza veya ölümlere sebebiyet verebilirler. Her bir prosesin kendine özgü bir tasarımı ve bileşeni vardır. Prosesin tasarımı ile beraber doğan tehlikeler yine kendine özgü riskleri doğurur. Bir proses tasarlandığında bu prosesin neden olacağı riskin önlenmesi veya azaltılması göz önünde bulundurulur. Proseslerin neden olacağı bazı riskler o kadar küçüktür ki bunlar kolaylıkla kabul edilebilirken, bazı riskler ise çok büyük olduğundan bunlar derhal ortadan kaldırılmalı ya da azaltılmalıdır. Prosesin neden olacağı risk, prosesin geliştirilmesi aşamasında alınan tedbirlerle genellikle küçük ve kabul edilebilirdir.

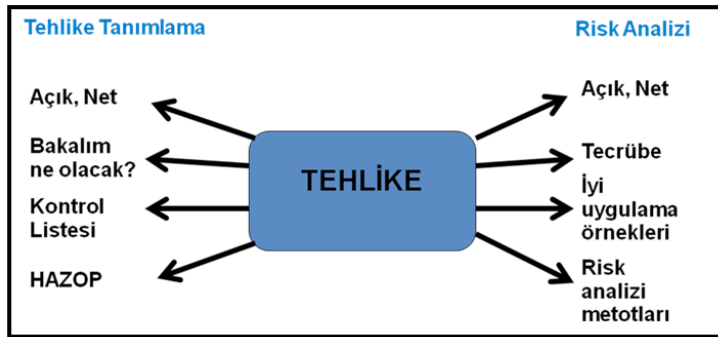
Proses güvenliği riskleri kontrol etme ve tanımlama sürecidir. Sistem ne kadar karmaşık olursa tehlikeleri tanımlamak, riskleri analiz etmek ve yönetmek o kadar zor olacaktır. Tehlikeleri başarılı bir şekilde kontrol etmek için tehlikeleri anlamak ve onları nasıl tanımlamak gerektiğini bilmek gerekir. Sistemde arıza yapacak şeyler tahmin edilebilirdir. Bir şey tahmin edilebiliyorsa bu onun engellenebileceği anlamına gelmektedir (Clifton, 2005:1).

1. Tehlike Tanımlama ve Risk Analizi

Çalışma ortamı ve koşulları gözle görünen veya görünmeyen tehlikelerle doludur. Bu tehlikeler ile tehlikelerden kaynaklanan riskleri tahmin etmek ve kabul edilemez olanları ortadan kaldırmak için izlenecek en iyi ve bilimsel esaslı çalışma risk değerlendirmesidir. Risk değerlendirmesi ise tehlikelerin tanımlanması, risklerin analizi, risklerin değerlendirilmesi ve alınacak önlemlerin belirlenmesi aşamalarını içerisine alan bir süreçtir (TS EN 31010). Burada tehlike tanımlama, bir işyerinde veya proseste ne yanlış gidebilir, neden yanlış gidebilir sorularının cevabı, risk analizi ise tehlikelerden kaynaklanan istenmeyen olayın kimi, neyi, nasıl, hangi olasılıkta ve şiddette etkiler sorularının cevabı olarak ele alınmalıdır.

Tehlike tanımlama ve risk analizi metotları genellikle birbirine karıştırılan kavramlar olup Şekil 1’de bu metotlara yönelik bazı bilgiler verilmiştir (Kletz, 1999:1).

Şekil 1: Tehlike Tanımlama ve Risk Analizi Metotları



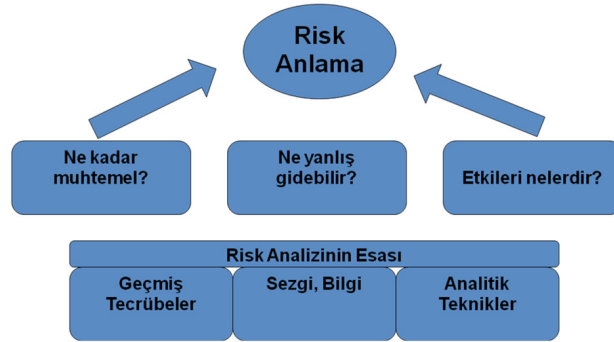
Kaynak: Kletz, 1999

Şekil 1’in sol tarafında tehlike tanımlama yöntemleri görülmektedir. Bir sistemde veya proseste bazı tehlikeler yeterince açık ve net olarak tespit edilebilir. Örneğin etilen ve oksijenin reaksiyona sokulması şeklinde gerçekleşen bir etilen oksit üretim prosesinde, etilen ve oksijen oranlarının yanlış seviyede (alt patlama sınırı, APL, lower explosible limit LEL) yakınlığında reaktöre beslenmesinin şiddetli bir patlamayla sonuçlanacağını belirlemek için özel bir tekniğe ihtiyaç duyulmaz. Teknolojinin başlangıcından bugüne değin kullanılan diğer bir tehlike tanımlama yöntemi ise, bir prosesi inşa edip bakalım ne olacak deyip olabilecekleri seyretmektir. “Tüm köpeklerin yalnızca bir kere ısırma şansı vardır” yaklaşımından uyarlanan bu metot olası tehlikelerin sınırlı sonuçlarının olduğu bilinip uygulandığında kötü bir metot değildir. Ancak tehlikeden kaynaklanacak istenmeyen durum kabul edilemez bir risk doğurduğunda bu metot tatmin edici değildir. Kontrol listeleri ise tehlikeleri tanımlamak için sıklıkla başvurulan bir metottur. Ancak listede olmayan unsurlar göz önünde bulundurulmadığından tehlike analizcisi bu unsurlara tamamen kapalıdır. Kontrol listeleri proseste hiç ya da önemli bir değişiklik yapılmadıysa tatmin edici sonuçlar

vermekte olup, proses işletmeye yeni alındıysa kullanılamaz bir metottur. Bu nedenlerle kimya endüstrisi Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (HAZOP) tekniğini kullanmakta, böylece prosesteki tüm tehlikeleri sistemli bir şekilde tanımlayabilmektedir. Tehlikeler tanımlandıktan sonra bu tehlikelerden insanların ve işyeri kaynaklarının korunması için neler yapılması gerektiğinin belirlenmesi gerekir. Bazen tehlikeyi ortadan kaldırmanın ucuz ve kesin bir yolu vardır ve bu yol oldukça nettir. Bazen de tehlikeyi ortadan kaldırmak veya azaltmak için saha tecrübelerine veya sektörteki iyi uygulama örneklerine başvurulur. Bazı durumlarda ise karar vermek oldukça güçtür. Zira tehlikeden kaynaklanacak riskin ortaya çıkma olasılığı ile olası sonuçlarını kestirmek gereklidir (Kletz, 1999:2). Ortaya çıkan bu durum risk olarak ifade edilir. Bu risklerin, işyerinin önleme politikasına ve yasal gerekliliklere uygun olarak belirlenen bir kriterle karşılaştırılması suretiyle kabul edilebilir bir risk olup olmadığına karar verilir. İşte bu metot risk analizi olarak adlandırılır.

Şekil 2’de ise risk anlama ve risk analizinin esasları verilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde riskin anlaşılması, riske neden olan tehlikenin ne kadar muhtemel, riskin hangi istenmeyen olayın sonucunda ortaya çıkabileceği ve riskin etkilerinin ne olacağı sorularına verilecek cevabın anlaşılmasına bağlıdır. Risk analizinin esasları ise geçmiş tecrübeler, sezgi, bilgi ve analitik teknikler ile ortaya konur.

Şekil 2: Risk Anlama ve Risk Analizinin Esası

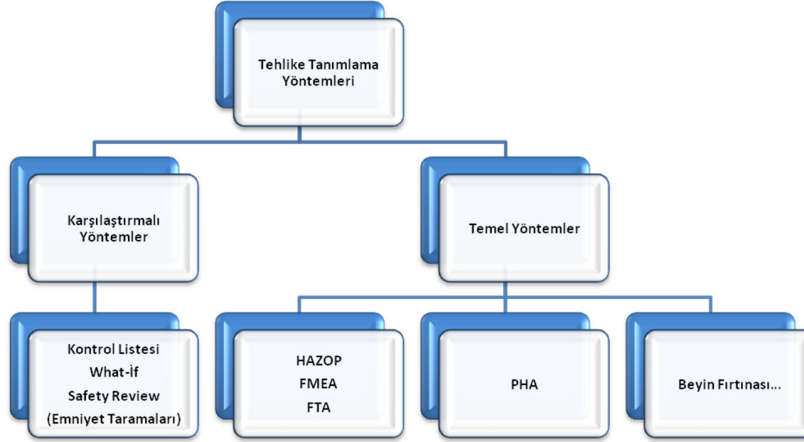


Kaynak: Lorenzo, 2005

2. Tehlike Tanımlama Teknikleri

Kimyasal proses endüstrisinde risk belirleme teknikleri geniş bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknikler sistem tasarımının değerlendirilmesi, tehlikeli kimyasalların emisyonuna neden olabilecek proses bölümlerinin belirlenmesi ve emniyetinin artırılmasında yardımcı olmaktadır (Gressel ve Gdeon, 2001:158). Tehlike tanımlama için kullanılan pek çok yöntem vardır. Bunlar Şekil 3’te gösterilmiştir.

Şekil 3: Tehlike Tanımlama Yöntemleri



Kaynak: Gressel ve Gideon, 2001

3. Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (HAZOP)

HAZOP İngilizce “HAZard ve OPerability Analysis” teriminden kısaltılarak oluşturulmuştur. Tehlike ve işletilebilirlik (HAZOP) analizi bir sistemin operasyonel yönlerini ve tehlikelerini tanımlamak için kullanılan bir teknik olup, oldukça organize ve metodik bir süreçtir. Her ne kadar HAZOP teoride çok basit bir süreç olsa da, izlenen adımlar çok dikkatli bir şekilde gözden geçirilmelidir.

HAZOP analizinde proses tehlikelerini belirlemek için kılavuz kelimeleri ve proses parametreleri kullanılır. HAZOP analizi HAZOP takım liderinin öncülüğünde bir beyin fırtınası dâhilinde farklı disiplinlerden oluşan uzmanlarından oluşan bir takım tarafından gerçekleştirilir.

HAZOP analizinin bazı ana bileşenleri şunlardır (Clifton, 2005:365):

- Yapısal, sistematik ve HAZOP tekniğine uygun bir proses
- Birçok alanda faaliyet gösteren uzmanlardan oluşan çok disiplinli takım
- Deneyimli bir takım lideri
- Tehlikelerin belirlenmesine yönelik dikkatlice seçilmiş alt bölümler (node) ve kılavuz kelimeler.

3.1. HAZOP Analizinin Oluşturulması

Tehlike tanımlama yöntemlerinden biri olan HAZOP metodu proje aşamasında olan veya mevcut bir prosese uygulanabilmektedir. HAZOP metodunu uygulamaya başlamadan önce yapılacak ön çalışmalar şunlardır:

- HAZOP çalışmasının uygulanacağı fabrika ünitesinin seçimi (düğüm seçimi),
- Boru ve enstrümantasyon (P&ID) diyagramlarının incelenmesi,
- İş akış diyagramlarının incelenmesi,
- Kullanılan proses ve ekipmanlar hakkında ayrıntılı bilgi edinilmesidir.

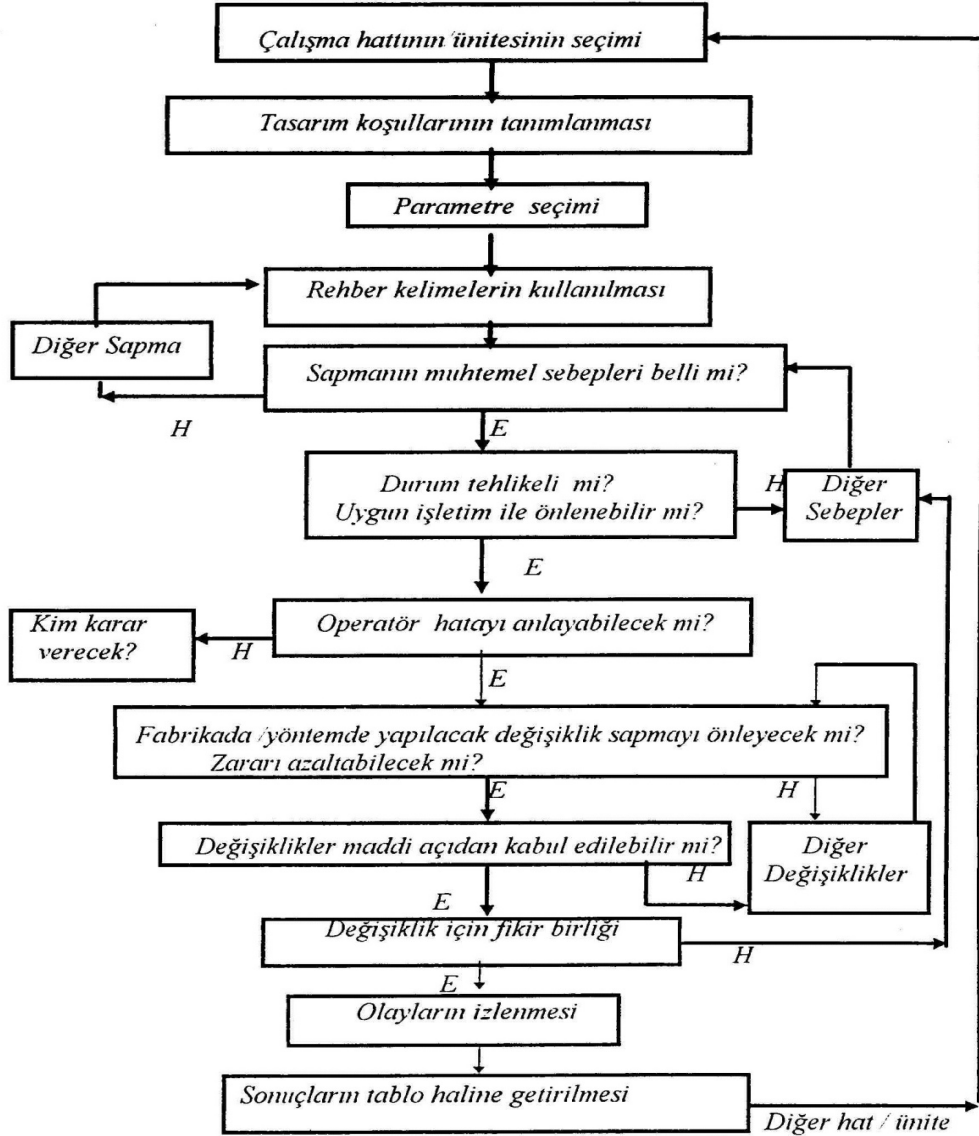
Bundan sonraki HAZOP analizi aşamaları ise aşağıdaki gibidir:

- Tehlikeli maddelerin tanımlanması ve değerlendirilmesi (proste kullanılan kim yasalım toksitesi, alt ve üst patlama sınırları (LEL, UEL), kaynama ve donma noktası, kimyasal kararlılığı v.b)
- Malzeme güvenlik ve bilgi formlarının (MSDS) elde edilmesi
- Proses kontrol parametrelerinin incelenmesi (sıcaklık, basınç, akış hızı)
- Kimyasal maddelere maruz kalma süresi, yangın patlama ve parça fırlama gibi tehlikelerin belirlenmesi,
- HAZOP'un amacının açıklanması
- Tehlikelerin tespit edilmesi için çalışma alanının belirlenmesi ve hat-hat, kısım-kısım kılavuz kelimelerin kullanılarak incelenmesi

HAZOP analizi prosesin hat-hat, kısım-kısım bölümleri ayrılması düğüm (node) seçimi olarak isimlendirilir ki analizden istenilen verimin elde edilmesi açısından önemlidir. Düğüm seçimine yönelik ilk yöntem prosesin her bir hattının bir düğüm olarak ele alınmasıdır. Örneğin bir çok giriş ve çıkış hattı bulunan bir tankta tüm giriş ve çıkışlar ayrı bir düğüm olarak ele alınarak her bir hat için kılavuz kelimeler ve proses parametreleri birleştirilerek proses sapmaları tespit edilir. Bu metot oldukça kapsamlı olmasına rağmen yorucu ve zaman alıcıdır. İkinci metotta ise tanka giren ve çıkan hatlar tankla birlikte ele alınarak tek bir düğüm olarak kabul edilir. Aynı amacın gerçekleşmesine hizmet eden hatlar aynı düğüm içerisinde kabul edilir. Düğüm fonksiyonda bir değişim olmadığı sürece tek ve geniş olarak ele alınır. Bu metotta dikkat edilmesi gereken önemli husus ise düğüm genişletilirken prosesin her hangi bir hattını atlamamaktır. Birçok HAZOP analizcisinin yukarıda sayılan iki metodu ayrı ayrı uygulaması suretiyle yaptıkları analizler karşılaştırıldığında arada ciddi bir farkın bulunmadığı tespit edilmiştir (Hyatt, 2003:6-7).

HAZOP analizinde proste belli bir düğüm seçilerek(tank, pompa, karıştırıcı, ısı değiştirici, filtre v.b veya aynı fonksiyonu gerçekleştirdiği düşünülüyorsa bunların hepsi birden) hangi amaçla çalışması gerektiği ve işletmenin amacı belirlenir. Kılavuz kelimenin uygulanması ile tasarım amacından sapmaların nasıl ve niçin meydana geldiği ortaya çıkarılır. Bu sapmaların sonucunda ne gibi önlemler alınabileceği belirlenir. Şekil 4'de de HAZOP akım şeması görülmektedir (Kennet ve Carlton, 1991:61-65).

Şekil 4: HAZOP Akım Şeması



Kaynak: (Kennet ve Carlton, 1991)

3.2. HAZOP Analizinin Tarihçesi

HAZOP ilk olarak kimyasal proses tesislerinin güvenliğini değerlendirmek için 1970'li yılların başında İngiltere'de Kimyasal Endüstri Enstitüsü (Institute of Chemical Industry, ICI) tarafından geliştirilerek bir risk analizi tekniği haline gelmiştir. İngiltere'de ise 1977 yılında Kimyasal Endüstrileri Birliği (Chemical Industries Association, CIA) tarafından HAZOP rehberi yayımlanarak HAZOP analizi yıllar içerisinde geliştirilmiş ve iyileştirilmiştir (CIA, 1977).

Lawley, olefin dimerizasyonu ünitesi için Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi HAZOP yapmıştır. Aynı çalışmada kristalizasyon ünitesi için niceliksel risk analizi de gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma HAZOP konusunda ilk yayımlanan bilimsel makaledir (Lawley, 1974).

Knowlton, HAZOP çalışmalarını bir kitapta yayımlayan ilk yazar olup, proseslerdeki sapmaların tespit edilmesine yönelik faydalı değerlendirmelerde bulunmuştur (Knowlton, 1981).

Nolan, pratiğe yönelik kimyasal proses deneyimlerini, hem HAZOP hem de What-If analizlerine aktarmış ve bu iki metodolojiyi karşılaştırmıştır. Bu çalışma günümüzde petrol, petrokimya ve kimya fabrikaları için tipik bir rehber haline gelmiştir (Nolan, 1994).

Lees, ise HAZOP konseptinin gelişiminde, tehlikelerin belirlenmesi ile bunlara yönelik önlem alınmasında geniş ölçüde katkı sağlamışlardır (Lees, 1996).

Kletz, çıkardığı kapsamlı kitaplarda proses güvenliği ve HAZOP analizinin teknik terimleri hakkında tanımlayıcı bilgiler vermiştir. Yazar aynı zamanda kendi tecrübelerini de okuyucularla paylaşarak HAZOP analizinin gelişmesine katkı sunmuştur (Kletz, 1983).

2000 yılında ise Avrupa Proses Güvenliği Merkezi (European Process Safety Centre, EPSC) oldukça etkili bir teknik kullanarak merkezin yeni teknolojilerini ve tecrübelerini aktarmak suretiyle yeni bir HAZOP analizi esaslarını ortaya koymuştur (EPSC, 2000).

Nihayet BS IEC 61882:2001 standardı ile Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (International Electrotechnical Commission, IEC) HAZOP çalışmalarında kullanılmak üzere yeni gereklilikleri tanımlamış ve resmiyete geçirmiştir (IEC 61882).

3.3. HAZOP Analizinin Teorisi

HAZOP analizi mühendislik, kimya, iş güvenliği ve bakım gibi farklı alanlarda deneyimi olan kişilerden oluşan bir takım tarafından proses veya sistem için tasarımdan sapmaların incelemesini içermektedir. Kılavuz kelimeler proses tasarımının mantıklı bir çerçevede yapıldığını garanti etmektedir. HAZOP analizi farklı deneyimleri olan birçok uzmanın birlikte çalışırken beyin fırtınası yapıp problemleri çözebileceklerine ve ayrı ayrı çalışırken elde ettikleri sonuçları birleştirebilecekleri ilkesine dayanmaktadır.

HAZOP analiz prosedürü prosesin/sistemin tam tanımını içermektedir ve sistematik olarak dizayndan sapmaların nasıl oluşacağını sorgular. Bir kez tanımlandıktan sonra, bu gibi

sapmaların ve bunların neden olduğu sonuçlarının sistemin ve/veya tesisin etkili ve güvenli işletimi üzerinde ne gibi olumsuz sonuçlar yaratabileceği hakkında değerlendirmelere imkân tanır.

HAZOP analizi takım lideri tarafından yürütülen bir dizi takım toplantıları ile yürütülmektedir. Başarılı bir HAZOP, doğru takım liderinin ve takım üyelerinin seçilmesine bağlıdır. HAZOP analizi takım tarafından yapısal ve planlı bir şekilde uygulanmalı, dizayn parametrelerinin kullanılan kılavuz kelimelere bağlı olarak ortaya çıkabilecek sapmalara yönelik hayal gücü kullanılmalıdır. Pratikte prosese yönelik tasarım parametrelerinin sapmalarının sonucu çoğu zaman açık ve nettir. Örneğin bir soğutma suyu tesisindeki pompa arızasının sirkülasyon kaybına neden olacağı açıktır. Ancak bu tekniğin avantajı başkaca diğer sapmaların da olabileceği konusunda analiz ekibine yol gösterici olmasıdır. Bu yolla elde edilen analizler mekanik bir kontrol listesinden daha fazlasıdır. Sonuç olarak, potansiyel hatalar ve bunların neden olacağı sonuçlar tanımlanır.

3.4. HAZOP Metodolojisi

HAZOP analizi oldukça zaman isteyen bir süreçtir. Özellikle beyin fırtınası sürecine çok sayıda kişi katıldığında bu durum daha da artmaktadır. HAZOP çalışmasının temel amacı potansiyel risk senaryolarını belirlemek olduğundan, takım ele alınmayan bir sorunun çözümü için arayışa girmemelidir. Eğer bir sorunun çözümü gayet açıksa, takım önerilen çözümü hem HAZOP hem de aksiyon planları kayıtları içerisinde önermelidir.

Kılavuz kelimelerinin proses değişkenleri ile birleştirilmesi suretiyle dizayn sapmaların belirlenmesi HAZOP çalışmalarının esasını oluşturmaktadır (Kletz, 1999:1). Amaçlanan tasarımdan sapmaların tespiti tesis veya proses özelliklerine ait (reaktif kimyasallar, reaksiyon dizisi, sıcaklık, basınç, akış, faz, ve benzerleri gibi) proses değişkenlerinin, kılavuz kelimeleri ile birleştirilmesi suretiyle oluşturulur. Başka bir deyişle;

Kılavuz Kelime + Proses Parametresi = Sapma

şeklindedir.

Örneğin, reaksiyona girecek kimyasalların kademeli olarak beslendiği ve ekzotermik reaksiyonun olduğu bir reaktör göz önüne alındığında kılavuz kelime “fazla” ve proses parametresi reaktantlardan biri olarak seçildiğinde sapma aşırı sıcaklık artışı (thermal runaway) olarak tespit edilebilir. Bu şekilde sistematik inceleme yapılarak tüm proses parametreleri ile kılavuz kelimeleri birleştirilerek olası sapmalar belirlenmelidir. Bununla birlikte bazı durumlar için kılavuz kelime ile proses parametresinin bir araya getirilmesinin anlamsız kombinasyonlar oluşturabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, proses parametresi olarak “sıcaklık” ile kılavuz kelimesi olarak “hiç” kombinasyonu anlamsız bir sonuç oluşturmaktadır.

Birçok HAZOP çalışması 5-10 toplantıda tamamlanabilirken, küçük değişiklikler için 1-2 toplantı bile yeterli olabilmektedir. Ancak, büyük projeler için bu süre 2-3 ayı bulabilir. Eğer HAZOP analizleri bir organizasyona ilk kez sunulacaksa, tekniğin 1-2 soruna uy-

gulanması ve yararlı olup olmadığına bakılması gerekmektedir. Eğer teknik başarılı bir şekilde uygulanabiliyorsa, doğal olarak büyüebilir ve daha büyük projelere uygulanabilir.

3.4.1. Proses Parametreleri

Üretim sistemleri birçok proses parametresinin bileşenlerinden oluşmaktadır. Bu parametreler, bir bileşenden diğerine geçen bir akım veya transferden oluşabilir. Akım somut (sıvı gibi) veya soyut (veri gibi) olabilir. Her iki durumda da, akım çeşitli özelliklerle tasarlanmıştır.

Proses parametreleri HAZOP analizindeki amaçlanan tasarımdan sapmaları belirleyen temel öğelerdir. Sistemin düzgün çalışması proses parametreleri ve amaçlanan tasarım değerlerini sürdüren bileşenler tarafından belirlenmektedir. Riskler proses parametrelerinin amaçlanan tasarımdan saptığı sırada neler olabileceğinin üzerinde durulması ile belirlenebilir. İşte bu çalışma metodolojisi HAZOP analizinin arkasındaki ilkedir. Tablo 1’de bazı proses parametrelerinin örnekleri verilmiştir.

Tablo 1: Bazı Proses Parametreleri

• Akış (gaz, sıvı, elektrik akımı)	• Sıcaklık
• Basınç	• Seviye
• Ayrıştırma	• Yoğunluk
• Reaksiyon	• Karışım
• Ventilasyon	• Absorpsiyon
• Viskozite	• Kapatma
• Korozyon	• Başlatma
• Titreşim	• Erozyon
• Yazılım data akışı	• Drenaj
	• Deşarj

Kaynak: (Clifton, 2005)

3.4.2. Kılavuz Kelimeleri

Kılavuz kelimeleri potansiyel tasarım sapmalarını belirleme sürecini yönetmek ve kurgulamak için kullanılır. Kılavuz kelimeleri farklı endüstrilerde farklı şekillerde yorumlanabilir. Kılavuz kelimenin yorumlanması bu faktörler dâhilinde olmalıdır. Yorumun amacı amaçlanan tasarımdan olası sapmaların araştırılmasına izin vermektir.

HAZOP analizindeki kılavuz kelimeleri kısadır. Örneğin, bir bilgisayar sistemindeki “veri akışı” parametresi için , “daha fazla” kılavuz kelimesi, beklenenden daha fazla veri geçti şeklinde yorumlanabilir. Tablo 2’de HAZOP kılavuz kelimelerinden örnekler verilmiştir.

Tablo 2: Bazı Kılavuz Kelimeleri

Kılavuz Kelime	Anlamı
Hiç (None/Not)	Dizayn amacının başarıya ulaşmaması(ileri ya da geri yönde akışın olmaması, ısı aktarımının gerçekleşmemesi, reaksiyonun olmaması v.b.
Az (Less)	işletme parametresindeki azalma(sıcaklık, basınç, akış hızı, seviye, viskozite)
Fazla (More)	işletme parametresindeki artma(sıcaklık, basınç, akış hızı, seviye, viskozite)
Ters (Reverse)	Dizayn amacının tersi gerçekleşmesi(ters yönde akış, ısı aktarımının ters yönde gerçekleşmesi)
(Yanı sıra) (As well as)	Amaca ilave bir takım olayların ve aynı zamanda diğer ilgili faaliyetlerin mevcut olması(istenmeyen maddeler, kirleticiler, hava, buhar, korozyon ürünler, ekstra faz v.b.)
Diğer(...den başka) (Other than)	İstenilen durumun aksine bir işlemin gerçekleşmesi (Akışın istenmeyen bir hatta yönlendiği, ya da istenilmeyen bir ürünün elde edilmesi)
Kısmen (Part of)	İstenilen durumun tam gerçekleşmemesi.(Bileşimin istenen durumdan farklı olması, istenen bileşimin bulunmaması)
Erken (Early)	İstenilen zamanlamanın dizayndan farklı farklı bir şekilde meydana gelmesi(Sıralı proseslerde bir işlemin diğerinden önce veya sonra başlaması)
Geç (Late)	Erken kelimesinin aynısı.

Kaynak: (Clifton, 2005)

3.4.3. Tasarım Amacından Sapmalar

HAZOP analizi tasarım amacındaki sapmaların araştırılmasına dayandığından, bu konsepti anlamak çok önemlidir. Tüm sistemler genel bir amaçla tasarlanmıştır. Endüstriyel bir te-siste, belli bir kimyasal için yıllık belli bir tonaj üretilmesi, belli sayıda otomobil üretilmesi veya yıllık belli düzeyde atık madde atılması gerekmektedir. Silah sistemi içinse amaç belirlenen hedeflere ulaşmaktır. Bunlar sistemler için birincil tasarım amaçlarıdır, ancak ikinci bir amaçta mevcuttur. Bu ikincil amaç ise sistemin en güvenli şekilde yürütülmesi olacaktır. Bu amaçlara ulaşmak için sistemin ve her bir alt sisteminin belli bir görevi olmalıdır. Belli öge için tasarım amacı olarak sınıflandırılabilir olan performans bu bağlamdadır. Örneğin belirli bir amaçla var olan bir üretim sisteminde bu üretim sistemini soğutmak için var olan bir soğutma suyu sistemi olsun. Bu soğutma işlemi gereksinimini sağlamak üzere bir pompa, suyu borularda sirküle etsin. Böyle bir alt sistemde temel tasarım amacının soğutma suyu başlangıç sıcaklığının x°C derece, suyun saatlik debisi için ise n litre olduğu kabul edilsin. Böyle bir durumda HAZOP çalışması yapılırsa, tasarım sapması, başlangıç sıcaklığındaki artış veya azalma ile sirkülasyondaki arıza durumları olacaktır. Burada karıştırılmaması gereken ise tasarım sapması ile bu sapmanın neden olacağı etki yani arıza

çıkış sıcaklığını ölçen sıcaklık elementinden TE'den, sinyal alan sıcaklık kontrolörü, TC tarafından kontrol edilmektedir.

Doğal gaz hattında aşırı yüksek basınç sivici PSHH, hat üzerinde basınç aşırı yüksek olduğunda I-4 interlock yoluyla ana brülör kontrol vanası TCV'yi kapatmaktadır. Aynı zamanda kızgın yakıt buharı için belirlenmiş maksimum bir sıcaklık değerine ulaşıldığında yüksek sıcaklık sivici TSH, ana brülör kontrol vanasını kapatmaktadır. Son olarak fırın içerisinde alev söndüğünde alev dedektörü, hem pilot vanasını hem de ana brülör kontrol vanasını kapatmaktadır. Tablo 3' de yakıt buharlaştırıcısı prosesi için örnek bir HAZOP çalışması tablo halinde verilmiştir .

Tablo 3: Yakıt Buharlaştırıcısı Prosesi İçin Örnek HAZOP Çalışması

No	Kılavuz Kelime	Proses Parametresi	Sapma	Sebepler	Sonuç	Önlemler	Öneriler	Önerilen Tedbirler
1	Yok	Yağ Akışı	Yağ akışı yok	- Yağ beslemesinde hata - Akış kontrol vanası FCV kapalı	Serpantin aşırı ısınarak zarar görür	- Düşük akış alarmı FAL - Yüksek sıcaklık yolu TSH	Önlem hızlı operatör tepkisine bağlıdır	FE'nin TCV'yi kapatması düşünülebilir.
				- Serpantin tıkanması - Buharlaştırıcıya doğru olan hattın tıkanması	Serpantindeki yağın buharlaşıp aşırı ısınarak kömürleşmesi	Düşük akış alarmı FAL Yüksek basınç yolu TSH	Mevcut önlemlerin yeterliliğini ve serpantin tıkanmaması için temizlenebilmesi durumunu gözden geçirin	
2	Yok	Isı	Fırında ısı yok	Fırında alevin sönməsi	Prosesse buharlaşmayan yağ beslenmesi	Yok		- Prosesse buharlaşmayan yağ beslenmesinin olası etkilerini araştır. - Fırındaki alev dedektörü ile FCV'nin interlock'lanması düşünülebilir. - Buharlaştırıcı çıkışına TAL konulabilir.
3	Fazla	Yağ Akışı	Fazla yağ akışı	- Yağın prosese iletiildiği yerde yüksek basınç - FC hatası - Yanlış set değeri girilmesi	Buharlaştırıcının kapasitesinden fazla yüklenmesinden dolayı yağın yetersiz ısınması			- FCV'nin olası yüksek basınçlara dayanımı kontrol edilmelidir. - Yağ buharı çıkışına düşük sıcaklık alarmı eklenmesi düşünülebilir.

Tablo 3: Yakıt Buharlaştırıcısı Prosesi İçin Örnek HAZOP Çalışması

No	Kılavuz Kelime	Proses Parametresi	Sapma	Sebepler	Sonuç	Önlemler	Öneriler	Önerilen Tedbirler
4	Fazla	Isı	Fırında aşırı ısı yok	Fırın sıcaklığının aşırı yükselmesi	Serpantin aşırı ısınarak kömürleşmeye ve tıkanıklıklara sebebiyet vermesi	TSH brülörün TCV sini kapatır		Sisteme gaz akış kontrol vanası konulabilir.
					Proses yüksek sıcaklıkta yağ buharı gönderilir.	TSH brülörün TCV'sini kapatır		Yüksek yağ buharının bir sonraki procese etkisi değerlendirilmelidir.
5	Az	Yağ akışı	Yetersiz yağ akışı	Yağın düşük basınçta gelmesi	Madde 4 ile aynı	Madde 1 ile aynı	Önlemler yeterli	
6	Az	Isı	Fırında yetersiz ısı	Fırının yeterince ısıtma yapmaması	Yağın buharlaşmaması yada kızgın yağ haline gelememesi			- Proses buharlaşmayan yağ beslenmesinin olası etkilerini araştır. - Yağ buharı çıkışına düşük sıcaklık alarmı konulması
7	Yanı sıra	Yağ	Yağın kirlenmesi (safsızlık)	Yağa su, bazı katılar ve kirleticiler karışması	Hızlı buharlaşan su yağlı procese doğru iter.			Yağa suyun girebilmesi potansiyelini kontrol et
					- Serpantin kısmı yada bütünüyle tıkanması - Serpantinde korozyon sebebiyle sızıntı			Diğer potansiyel safsızlıkları kontrol et
8	Ters	Yağ akışı	Yağ akışı ters	Yağın procese yetersiz beslenmesi sebebiyle prostesten yağ buharının geri gelmesi	Yağ beslemesinin aşırı ısınması ve zarar görmesi			Geri akışın engellenmesine yönelik tedbir alınması
9	den başka	Yağ	Yağdan farklı bir metaryelin bulunması	Buharlaştırıcıya bütünüyle farklı bir metaryelin beslenmesi	Metaryesinin özelliğine bağlı	Beslemenin doğru metaryelle yapıldığının kontrol edilmesi		Kontrolün yeterliliğinin araştırılması
10	den başka	Yağ akışı	Yağ buharının proses girişinden başka bir yere akışı	Yağ akışında sızıntı	Yağ kaynağından beslenen fırında büyük yangın ve prostesten yağ buharının geri tepmesi	- Fırından zararlı duman emisyonu - Fırın sisteminin zarar görmesi		-Yağ besleme kaynağına yangın kapatma vanası konulması -Fırına emergency snuffing steam konulması - Bacaya yüksek sıcaklık alarmı ya da gaz besleme vanasının kesen logic konulmalıdır.

Sonuç

Kaynakların sınırlı, insan ihtiyaçlarının sınırsız olduğu çağımızda gün geçtikçe yeni teknolojiler hayatımıza girmektedir. Bu teknolojiler yeni riskleri de beraberinde getirmektedir. Risklerin en iyi bir biçimde anlaşılması öncelikle bu risklerin ortaya çıkmasına neden olan tehlikelerin anlaşılmasına ve belirlenmesine bağlıdır. Kimya endüstrisinde proses güvenliğinin amacı neyin yanlış gidebileceğini tespit ederek bunu önlemek veya ortaya çıkma olasılığını azaltmak ve kontrol mekanizması kurmaktır. Bu da ancak tehlike tanımlama ve azaltma yoluyla mümkündür.

Tehlike belirleme için kullanılan pek çok yöntem vardır. Bunlar arasında HAZOP, sistemin tasarım amacından sapmasının muhtemel nedenlerini ve bunların neden olacağı sonuçları değerlendirmek için en sistematik yöntemdir. HAZOP analizi takım üyeleri tarafından icra edilen prosesin tehlike ve işletilebilirlik problemlerini tanımlama metodudur. Diğer tehlike tanımlama yöntemlerinde de olduğu gibi, tek başına HAZOP analiziyle, tüm tehlikelerin ve tüm işletilebilirlik problemlerinin tanımlanabileceği garanti değildir.

Tasarım ve/veya işletme aşamasında kullanılabilir, kolayca öğrenilip uygulanabilir ve tekniğin uygulanması açısından büyük uzmanlık gerektirmemesi HAZOP'un en önemli avantajlarından olup, HAZOP'un kimya sektöründe tehlike tanımlama metodu olarak kullanılması olası tehlikelerin gözden kaçırılmaması açısından tavsiye edilmektedir.

Kaynakça

- CIA (1977). A guide to Hazard and Operability Studies, Imperial Chemical Industries and Chemical Industries Associations, London.
- CLIFTON, Ericson (2005). Hazard Analysis Techniques for System Safety, John Wiley & Sons, London.
- EPSC (2000). HAZOP: Guide to Best Practice, European Process Safety Centre, Institution of Chemical Engineers, Rugby, UK.
- GRESSEL, Michael, GDEON, James (2001). “An overview of Proses Hazard Evaluation Techniques”, American Industrial Hygiene Association Journal, 52. Sayı, s. 158-163.
- HYATT, Nigel (2003). Guidelines for Process Hazards Analysis, Hazards Identification & Risk Analysis, Dyadem Pres, USA.
- IEC 61882 (2001). Hazard and Operability Studies (HAZOP Studies) Application Guide, International Electrotechnical Commission.
- KENNET, Arnold, CARLTON, Sikes (1991). Generic HAZOP Would Improve Gulf of Mexico Process Safety, World Oil, Houston,
- KLETZ, Trevor (1999). Hazop and Hazan, Institution of Chemical Engineers, Rugby, U.K.
- KNOWLTON, R.E. (1981). Hazards and Operability Studies, the Guideword Approach, Chemetics International Company, Vancouver,
- KOSSIAKOFF, Alexander, SWEET, William (2003). System Engineering Principles and Practice, John Wiley & Sons.
- LAWLEY, George (1974). “Operability Studies and Hazard Analysis” Chemical Engineering Progress, 70. Sayı, s.45-56.
- LEES, Frank (1996). Loss Prevention in Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control, Butterworths-Heinemann, Oxford, UK.
- LORENZO, Donald, ARENDT, Steven (2005). Evaluating Process Safety in the Chemical Industry, Center for Chemical Process Safety, New York.
- NOLAN, Dennis (1994). Application of HAZOP and What-if Safety Reviews to the Petroleum, Petrochemical and Chemical Industries, Noyes Publications, New Jersey.
- TS EN 31010 (2009). Risk yönetimi - Risk değerlendirme teknikleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara