

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile Kapalı Alan Çalışmalarında Tehlikelerin Değerlendirilmesi: Örnek Bir Uygulama

Onur DOĞAN^{1*} 

Öz

Kapalı alanlar, tek girişi ve çıkışı olan, uzun süreli çalışma yapılmak için tasarlanmamış (reaksiyon tankları, menholler, lağımlar, tüneller, silolar, mahzenler, boru hatları, depolar vb.) yerlerdir. Kapalı alanlar, gaz, toz, gürültü, titreşim, yutma, ezilme, göçük altında kalma, kimyasal ve biyolojik gibi birçok riski içinde barındırabilmektedir. Bu riskler bazı durumlarda bütünlük olarak ortaya çıkabilmekte ve ciddi maddi veya manevi kayıplara neden olabilmektedir. Bu bakımdan kapalı alan çalışmaları öncesinde kapsamlı şekilde risklerin analiz edilmesi iş güvenliği ve çalışan sağlığı açısından hayati derecede önem taşımaktadır. Bu çalışmada, kapalı alanlardaki riskler, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi ile değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan ana kriterler ve alt kriterler, alanında uzman kişilerin görüş ve önerileri (kapalı alan çalışma tecrübesi olan) ve literatür araştırması dikkate alınarak (Aykaç, 2018; Güzel, 2013; Uysal, 2020) hazırlanmıştır. Analiz, çalışan kaynaklı tehlikeler, kimyasal ve biyolojik tehlikeler, ergonomik tehlikeler ve fiziksel tehlikeler ile bu kriterleri etkileyen toplam on iki alt kriterden oluşturulmuştur. Çalışmanın analizinde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemi tercih edilmiştir. AHP yöntemi, en iyi seçimin yapılmasında, kolay ve hızlı karar alınmasında, objektif ve subjektif kararları bir arada bulundurulabilmesi açısından diğer ÇKKV yöntemlerine göre avantajlı bir yöntemdir. Analizin çözümünde Microsoft Excel'den faydalanılmış ve ana kriterler arasında yapılan analiz sonucunda tutarlılık indeksi $0,1 > 0,0780$ bulunmuştur. Bu sonuca göre en yüksek ağırlığa sahip kriter 0,3372 ile kimyasal (oksitleyici, aşındırıcı, alerjik, mutajen vb.) ve biyolojik (bakteri, virüs, bulaşıcı hastalıklar vb.) riskler olmuştur. Bunu sırasıyla 0,2683 ergonomik riskler, 0,2208 çalışan kaynaklı riskler, 0,1737 fiziksel tehlikeler takip etmiştir. Yapılan çalışmada, standart risk değerlendirme yöntemleri ve kontrol listelerinden ziyade farklı bir yöntem uygulanmıştır. AHP yöntemi ile riskler en yüksek önem düzeyine sahip olandan en düşük önem düzeyine sahip olana doğru sıralanmıştır. Böylelikle hem risklerin belirlenmesi hem de önceliklendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kapalı alan, Risk, Risk analizi, Analitik hiyerarşi proses yöntemi (AHP), İş güvenliği

Assessment of Hazards in Confined Areas Studies Using a Multi-Criteria Decision-Making Method: An Example Application

Abstract

Confined spaces are places with only one entrance and exit, not designed for long-term work (reaction tanks, manholes, sewers, tunnels, silos, cellars, pipelines, warehouses, etc.). Confined spaces can contain many risks such as gas, dust, noise, vibration, swallowing, crushing, dent, chemical and biological. In some cases, these risks can occur in an integrated manner and cause serious material or moral losses. In this respect, it is vitally important for occupational safety and employee health to comprehensively analyze risks before indoor work. In this study, the risks in confined spaces were evaluated with the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) method. The main criteria and sub-criteria used in the study were prepared by considering the opinions and suggestions of experts in the field (with indoor working experience) and literature research (Aykaç, 2018; Güzel, 2013; Uysal, 2020). In the analysis, employee-related hazards, chemical and biological hazards, ergonomic hazards and physical hazards and a total of twelve sub-criteria affecting these criteria were formed. In the analysis of the study, Analytical Hierarchy Process (AHP) method, one of the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods, was preferred. The AHP method is an advantageous method compared to other MCDM methods in terms of making the best choice, making easy and fast decisions, and combining objective and subjective decisions. Microsoft Excel was used to solve the analysis and as a result of the analysis made among the main criteria, the consistency index was found to be $0.1 > 0.0780$. According to this result, the criterion with the highest weight was 0.3372 (chemical (oxidizing, corrosive, allergic, mutagen, etc.) and biological (bacteria, virus, infectious diseases, etc.) risks.) This was followed by 0.2683 ergonomic risks, 0.2208 employee-related risks, and 0.1737 physical hazards, respectively. In the study, a different method was applied rather than standard risk assessment methods and checklists. With the AHP method, the risks are ranked from the highest to the lowest. Thus, both the identification and prioritization of risks were made.

Keywords: Confined space, Risk, Risk analysis, Analytical hierarchy process method (AHP), Occupational safety

¹Gümüşhane Üniversitesi, MYO, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, Gümüşhane, Türkiye onurdogan@gumushane.edu.tr

¹<https://orcid.org/0000-0001-8231-9872>

1. Giriş

Kapalı alanlar, tek bir noktadan giriş ve çıkışı olan, uzun süreli çalışma yapmak için tasarlanmamış, özel izin gerektiren ve içinde birçok riski barındıran yerlerdir. Menholler, kanalizasyonlar, tanklar, silolar, su kuleleri, üstü açık su depoları, boru hatları vb. yerler kapalı alanlara örnek gösterilebilir. Kapalı alan çalışmalarının yapıldığı yerler, işin türü (sıcak, soğuk, solventler vb.), çalışma alanının yapısı (kaygan zemin, akışkan sıvı, aşağı doğru daralan vb.), çalışan (eğitimsiz kişiler, kusurlu hareket vb.) ve çevresel (deprem, sel, taşkın vb.) nedenlerden kaynaklanan birçok riski barındırabilmektedir. Bu nedenle bu çalışmaların yapılacağı yerlerde çalışma öncesinde birtakım prosedürler bulunmaktadır. Kapalı alana giriş izni bu prosedürlerin başında gelmektedir. Eğer bu alanlarda çalışma yapılması gerekiyorsa her koşulda çalışma izin formunun doldurulup yetkili kişiler tarafından imzalanması gerekmektedir. Kapalı alan çalışmalarına karar vermeden önce yapılması gereken bir diğer husus da yapılacak işin tanımıdır. Sıcak-soğuk, temizlik, kaynak, genel bakım ve onarım gibi işler bu çalışmalardan bazılarıdır. Daha sonra kapalı alan içinde ne kadar süre çalışma yapılacağına dair planlama yapılmalıdır. Kapalı alanlarda genellikle uzun süreli çalışma tavsiye edilmez. Çünkü kapalı alanlarda çoğu zaman birden fazla risk bir arada bulunmaktadır. Örneğin kapalı alan içinde tortu halinde bulunan ve patlama özelliğine sahip kimyasallar statik elektrik sonucu patlama-yangın olarak ortaya çıkabilmektedir. Temizlik çalışmaları için çözücülerin kullanılması sonucu zehirli gazların oranının artarken, oksijen (O₂) oranı azalabilmektedir. Tahıl ambarlarında ise, yutma, bakteri-virüs ve toz patlaması gibi riskler bulunmaktadır. Kapalı alan çalışmalarına karar verildikten sonra yetkin kişiler tarafından kapsamlı şekilde risk değerlendirmesi yapılır. Daha sonra acil durum prosedürleri ve gözlemcinin görev ve sorumlulukları belirlenir. Çalışma öncesinde kapalı alan çalışanına ve destek elemanına eğitim verilir. Eğitim kapsamında; yapılacak işin türü, genel riskler, iletişim, kullanılan ekipmanlar, acil durum prosedürleri, ilk yardım, çevresel faktörler, kişisel koruyucu donanımların kullanımı vb. hususlar yer almaktadır. Kapalı alanlarda her ne kadar iş güvenliği ve çalışan sağlığına yönelik tedbirler alınsa da risklerin yüzde yüz engellenmesi çoğu zaman imkansızdır. Klasik yöntemler ile risklerin öngörülmesi ve elimine edilmesi bazı durumlarda yetersiz kalabilmektedir. İş yerlerinde risklerin tespit edilmesi ve önceliklendirilmesine yönelik farklı yöntemlerin uygulanmasının iş güvenliği ve çalışan sağlığı açısından faydalı olacağı düşünülmektedir. Yapılan bu çalışmada, kapalı alan çalışmalarının yapıldığı yerlerdeki riskler (dört ana kriter on iki alt kriter) literatür araştırması ve uzman kişilerin görüş ve önerileri dikkate alınarak belirlenmiştir. Çalışmanın analizinde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden, Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) yöntemi kullanılmıştır. Karar verme problemleri çoğu zaman karmaşık ve zorlu süreç gerektirir. Bu bakımdan AHP yöntemi, büyük çaplı problemlerin küçük ve alt problemlere bölünerek etki düzeyinin araştırılması açısından avantajlı bir yöntemdir

(Ishizaka ve Nemery, 2013). Aynı zamanda birden çok değerlendirme kriterinin dikkate alınarak çözümlenmenin yapılabildiği esnek bir modelleme yöntemidir (Timor, 2011; Bhutta ve Huq, 2002). Grup kararlarının alınmasında diğer yöntemlere nazaran daha uygundur (Tüzemen ve Özdağoğlu, 2007). Kapalı alan gibi çok tehlikeli işlerin yapıldığı yerlerde çoğu zaman hızlı ve etkili karar almayı gerektiren durumlar söz konusu olabilmektedir. Çalışmada kullanılan yöntem ile risklerin önceliklendirilmesi hem daha güvenli bir çalışma ortamının sağlanması hem de hızlı karar alınabilmesi açısından iş güvenliği uzmanlarına zaman kazandırması öngörülmektedir. Bu bakımdan yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar detaylı şekilde analiz edilmiş ve kapalı alan gibi çok tehlikeli iş yerlerinde risklerin tespit edilmesi ve önceliklendirilmesi için AHP yöntemi tavsiye edilmiştir.

2. Kapalı Alanlar ve Barındırdığı Riskler

Endüstriyel sanayide kapalı alan olarak tanımlanabilecek birçok çalışma alanı bulunmaktadır. Kapalı alanlar, konfigürasyon ve içerik itibari ile birbirinden farklı birçok riski içinde barındırmaktadır. Örneğin patlayıcı veya zehirli gazların kapalı alanda kalması çalışanlar için ciddi risk oluşturabilmektedir (Code of Practice for Confined Space Entry, Canada, 2009). Kapalı alanlardaki muhtemel risklerin tanımlanmasındaki ve denetlemedeki başarısızlıklar, yanlış ve yetersiz acil durum planları (N.C.Dep.of Labor.Usa, 2008) yaralanma hatta ölümlerle sonuçlanabilecek durumlara neden olabilmektedir. Yıllık ortalama bir milyon işçi kapalı alan çalışması yapmak amacıyla kapalı alanlara giriş yapmaktadır (Aykaş, 2018). Bu nedenle kapalı alana girmeden veya çalışmaya başlamadan önce alana daha güvenli ve alternatif iş yapma metotları araştırılması önerilmektedir. Çünkü kapalı alanlar, normal iş yerlerinden çok daha tehlikeli yerlerdir. Girişte önemsiz olarak görülen bir hata veya dikkatten kaçan herhangi bir durum trajik bir kaza ile sonuçlanabilmektedir. Kapalı alan çalışmaları, Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) ölümlü iş kazalarının yaşandığı alanlardan bir tanesidir. ABD İş Güvenliği ve Çalışma İdaresi'ne (OSHA) göre, kazaların büyük bir kısmı, kapalı alandaki muhtemel tehlikelerle mücadele konusunda eğitim almayan kişilerden kaynaklanmıştır. OSHA'ya göre her yıl kapalı alan çalışmalarının yapıldığı iş yerlerinde yaklaşık doksan çalışan yaşamını yitirmektedir (Uysal, 2020:1-2).

Tablo 2.1. 2011-2018 yıllarına ait ABD'de kapalı alan çalışmaları sonucu ölümlü yaralanma oranları (U.S. Bureau of Labor Statistics, 2020)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Birincil	37	31	33	22	34	44	38	31
İkincil	56	42	50	45	54	38	48	42
Toplam	93	73	83	67	88	82	86	73

Tablo 2.1'e göre birincil yaralanma kaynağı, doğrudan yaralanmaya neden olan nesneyi veya maruz kalmayı tanımlarken, ikincil yaralanma kaynağı ise, mevcut durumda yaralanma kaynağını oluşturan olaya veya maruz kalmaya neden olan nesneyi, kişi veya maddeyi ifade etmektedir (Uysal, 2020). Tablo 2.2'de 2011-2022 yıllarına ait kapalı alan çalışmaları esnasında yaralanma sayılarını ve işçi başına düzen ortalama işten ayrılma sürelerini ifade etmektedir. Olay ya da maruziyet faktörleri ve yıllar dikkate alındığında kayma, takılma ve düşme sonucu yaralanma oranları, nesne, donanım ile temas, aşırı efor ve vücut reaksiyonuna göre daha fazla yaralanmaya bağlı işten kalma süresine neden olmuştur.

Tablo 2.2. 2011-2018 yıllar arasında ABD'de kapalı alanlardaki tehlikelerden kaynaklanan yaralanma sayıları ve işçi başına ortalama işten ayrılma süreleri (U.S. Bureau of Labor Statistics, 2020)

Maruziyet ya da Olay	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Kayma, düşme, takılma	740	500	590	530	570	960	530	610
Düşmeksizin takılma, kayma	20	40	-	-	-	-	-	-
Aynı seviyeye düşme	160	70	230	150	180	310	200	140
Alt seviyeye düşme	500	320	270	340	340	650	330	450
Nesne, donanım ile temas	590	690	1140	440	500	400	310	290
Nesnenin çarpması	110	150	80	110	170	70	90	60
Nesneye çarpma	240	200	310	150	130	160	140	70
Nesne, malzemeye sıkışma,	110	50	120	30	50	90	-	30
Aşırı efor ve vücut reaksiyonu	290	350	280	140	660	240	170	60
Kaldırma ve indirme aşırı efor	150	150	30	60	170	130	90	-
Toplam	1620	1540	2010	1110	1730	1600	1010	960
İşçi Başına Ortalama İşten Ayrılma süreleri	8	4	47	8	7	14	21	7

Kapalı alanlar dört şekilde sınıflandırılır. Bunlar, birincil sınıf kapalı alanlar; insan sağlığı ve güvenliği için doğrudan tehdit eden koşullardır. Alt patlama sınırının %10'u veya daha fazla miktarda patlayıcı gaz ihtiva eden ortamlar ile O₂ konsantrasyonunun %16'dan az veya %22'den fazla olan ortamlar buna örnek gösterilebilir. İkinci sınıf kapalı alanlar, insan sağlığı için herhangi bir risk oluşturmayan bölmelerdir. Patlayıcı ve parlayıcı maddeler, alt patlama sınırının %1'i ile %10'u arasındaki ortamlardır. Üçüncü sınıf kapalı alanlar, insan sağlığı ve güvenliği için tehdit oluşturmayan oranda tehlikeli olan veya olması muhtemel riskli alanlardır. Dördüncü sınıf kapalı alanlar, daha önce belirtilen riskli ortamlara nazaran daha az tehlikeli alanlardır. Bu alanlarda ortalama %20-21 oranında O₂ bulunmaktadır (DKK, 2014). Kapalı alanlarda, O₂ yetersizliği ne kadar önemliyse fazla olması da bir o kadar önemli ve tehlikelidir. Bu nedenle kapalı alan çalışmalarının yapıldığı yerlerde O₂ oranının %20,8-21 arasında kalması önemlidir. Uygun havalandırma yöntemleri sayesinde bu oranı istenilen düzeyde tutulabilir (Karabakır, 2020).

Kapalı alanlarda, atmosfer şartları ile ilgili tehlikeler (O₂ seviyesi, gazların neden olabileceği zehirlenmeler, H₂S gazı ve tehlikeleri, patlayıcı ortam oluşma ihtimali, CO ve solvent gazların etkileri), çökme, göçük, boğulma ve benzeri kaza olasılıkları, biyolojik tehlikeler (biyolojik tehlikeler, elektrik kaynağı ve mekanik tehlikeler, çevresel etmenlerin neden olabileceği tehlikeler)

bulunmaktadır. Risk değerlendirmesi, kapalı alan çalışmalarına giriş öncesinde ve çalışma esnasında var olan veya sonradan ortaya çıkması muhtemel risklere karşı bir nevi yol haritası niteliği taşır. Yapılacak değerlendirme, alanında uzman kişiler tarafından iş süreçlerinin tamamı dikkate alınarak yapılır (Güzel, 2013:17-18). Örneğin Avustralya'nın "Kapalı Alanların Kullanımı" ile ilgili AS/NZS 2865 numaralı ulusal standardına göre risk değerlendirmesi yapılırken; boğulma, yutulma, çalan sayısı, alan dışında ihtiyaç duyulacak çalışan sayısı, ısı, ses ve elektrik çarpması, kişisel koruyucu donanım yeterliliği, kapalı alanın sınıflandırılması gibi hususlar dikkate alınır (Safe Work Australia, 2011:15-16; Confined Spaces Management Plan, 2005:7). Tablo 2.3'te kapalı alanlarda karşılaşılabilecek diğer tehlikeler belirtilmiştir.

Tablo 2.3. Kapalı alanlardaki diğer tehlikeler (Uysal, 2020:39)

Tehlike	Olusma Sekli	Risk
Ergonomi	Kısıtlı alan ve uygun olmayan duruşlar	Kas ve iskelet sistemi
Yutulma	Akışkan maddeler üzerinde bulunma sonucu gömülme	Boğulma
Kapana Kısılma	Aşağı doğru keskinleşen düz veya kaygan duvar	Mahsur kalma ve boğulma
Radyasyon	Kaynak işinden kaynaklanan kızılötesi veya ultraviyole radyasyon	Genetik, katarakt, kanser vb.
Asbest	Gemi sökümü	Mesothelioma, asbestosis
Biyolojik Tehlikeler	Bakteri, virüs, böcek. Kemirgen vb.	Zehirlenme, hepatit A vb.

Literatür araştırmasında kapalı alanlar ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; Manwaring ve Conroy (1990) mesleki kapalı alan ile ilgili ölümlü iş kazalarını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda sınırlı alana giriş prosedürlerinin geliştirilmesinin, uygulanmasının, işçilerin ve denetçilerin, mesleki kapalı alanla ilgili ölümlerin sayısını azaltmak için güvenli çalışma prosedürlerini takip etmeleri konusunda eğitilmesinin önemini vurgulamışlardır. Riaz ve ark. (2014) kapalı alanlarda iş güvenliği için BIM ve kablosuz sensör tabanlı entegre bir çözüm sunmuşlardır. Burlet Vienney ve ark. (2014) kapalı alanlara müdahaleler sırasında iş güvenliği ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Turner (2016) mağara gibi kapalı alanları SLAM algoritması ile haritalandırmıştır. Yapılan ölçümlerde mağaranın pürüzlü yüzeyleri, operatör tarafından AscTec Pelican robotun üzerinden lazer sensör ile taramıştır. Chinnial ve ark. (2017) kapalı alanlarda risk analizi ve iş kategorizasyon aracının geliştirilmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Doughangı (2017) kapalı alanlarda konum belirleme üzerine bir çalışma yapmıştır. Ediz ve ark., (2017) yapmış oldukları çalışmada, AHP yöntemini kullanarak İSG yönetim sistemi performans ölçümü için belirlenmiş 80 adet performans göstergesi yerine kilit performans göstergeleri ile performans ölçümünün yapılabilirliğini incelemişlerdir. Viran ve Barlas (2018) gemilerde kapalı alanlarda çalışmalar ve iş kazalarının analizini yapmışlardır. Çalışma sonucunda, kapalı alan çalışmalarında yaralanma ve ölüm ile sonuçlanan iş kazalarının azaltılmasına yönelik, eğitim, denetim ve kontrol tedbirlerinin etkin şekilde uygulanması ve takip edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Aykaş (2018) endüstri tesislerinde kapalı alanlarda yapılan çalışmalarda iş sağlığı ve güvenliği riskleri ve güvenli çalışma sistemleri

üzerine çalışma yapmıştır. Çalışma sonucunda, farklı kapalı alanlarda ve farklı zamanlarda ölçüm yaparak, hidrojen sülfür (H₂S), oksijen (O₂) ve karbonmonoksit (CO) miktarlarını ölçerek kapalı alanlardaki tehlikeler ve risklerin minimum düzeye indirilebilmesini araştırmıştır. Çalışma kapsamında idealist Wi-Fi tabanlı konumlandırma sistemini bulmak için üç farklı senaryoyu test (iki erişim-üç erişim noktalı konumlandırma sistemi tabanlı Wi-Fi simülasyonu ve kümeleme algoritması) etmiştir. Kantoğlu ve ark., (2018) iş sağlığı ve güvenliği eğitiminde AHP yöntemini kullanmışlardır. İSG eğitiminde başarıyı artırmak için eğitim programının çok karmaşık yapısının ÇKKV yöntemlerinden AHP yaklaşımı ile bir araya getiren bir model önermişlerdir. Arslan (2019) yapmış olduğu çalışmada, yapay zekâ teknikleri ile Wi-Fi ve Bluetooth tabanlı kapalı alan konumlandırma sisteminin geliştirilmesi üzerine çalışmıştır. Mortavazi ve ark. (2019) yapmış oldukları çalışmada kaza araştırma raporları ve yarı yapılandırılmış görüşmeler kullanarak kapalı alan kazalarına neden olan faktörleri araştırmışlardır. Sevgi (2020) kapalı alanlarda yüksek gürültü ve titreşime maruz kalan çalışanların kardiyovasküler parametrelerini ölçerek insan sağlığı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Uysal (2020) yapmış olduğu çalışmada, onarım halinde bulunan askeri gemilerdeki kapalı alanları iş sağlığı ve güvenliği açısından araştırmıştır. Sümer (2020) yapmış olduğu çalışmada, kapalı alan konum tespitinde RSSI tabanlı düşük enerjili Bluetooth kullanımını araştırmıştır. Çalışma sonucunda BLE teknolojisiyle kapalı alan konumlandırma için daha iyi algoritma geliştirerek konum hassasiyetini artırmıştır. Yorulmaz ve Aksu (2021) liman işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği uygulama performansını AHP yöntemiyle değerlendirilmişlerdir. Çalışma sonucuna göre, İSG uygulama performans boyutlarının her birinin çok önemli olduğunu bunun da en önemli nedeninin boyutların birbirleriyle bağlantılı olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bozkuş ve Bozkuş (2021) işçi sağlığı ve iş güvenliğinde bulanık yöntemlere dayalı risk değerlendirme yaklaşımı konusu üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda, uygun bir nicel olasılık modeline sahip olmayan riskler için, neden sonuç ilişkilerine modellemeye, bulanık mantık sistemi, riske maruz kalma derecesini değerlendirmeye hem uzmanlara hem de mevcut verilere göre temel riskleri tutarlı şekilde sıralanabilmesine katkı sağladığı öngörüsünde bulunmuşlardır. Wang ve Zhao (2022) kapalı alan kazaları için katkıda bulunan faktörlerin otomatik frekans tahmini üzerine bir çalışma yapmışlardır.

3. Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi (AHP)

AHP yöntemi, Thomas L. Saaty tarafından 1977 yılında, karmaşık problemlerin çözümü için geliştirilen ve en yaygın kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerindedir. AHP, birden çok kriter arasından karar vericinin belirlediği kriterler çerçevesinde karar alternatiflerinin önem düzeyine göre sıralayan bir yöntemdir. AHP yönteminin çözümünde birden çok katılımcı sürece dahil edilebilir.

Karar almada nitel ve nicel ölçütleri değerlendirebilen bireylerin veya grubun bilgi, deneyim, sezgi ve yargılarını ve düşüncelerini de karar sürecine dahil edebilen doğrusal ağırlık bir yöntemdir (Saaty, 1980; Özbek ve Eren, 2012:48). AHP yönteminin çözümünde öncelikle amaç belirlenir, daha sonra bu amaç doğrultusunda bu amacı etkileyen kriterler ve alt kriterler oluşturulur. Kriterlerin tespitinde kurum veya kuruluş, anket, uzman görüşü, literatür araştırmaları dikkate alınır. AHP, problemi her biri en az bir elemandan oluşan hiyerarşik bir yapıda tanımlar. Ana kriterlere bağlı, her bir alt kriterin üst kriteri etkilediği varsayımına dayanır (Özbek, 2017). Problemin çözümünde Super Decision programı ve Microsoft Excel ile çözüm sağlanabilmektedir. Tablo 3.1’de kriter, alt kriter veya ölçütlerin ikili karşılaştırmada kullanıldığı ölçek görülmektedir.

Tablo 3.1. Karşılaştırma Ölçeği (Saaty, 2008:86).

Önem	Tanım	Açıklama
1	Eşit Öneme Sahip	Her iki seçenekte eşit değerde önem sahip
2	Zayıf ya da hafif	
3	Biraz önemli	Bir ölçüt diğerine göre biraz daha önemli sayılmıştır
4	Makul artı	
5	Fazla önemli	Bir ölçüt diğerine göre çok daha önemli sayılmıştır
6	Güçlü artı	
7	Çok fazla önemli	Ölçüt diğer ölçüte göre kesinlikle çok fazla önemli sayılmıştır
8	Çok çok güçlü	
9	Son derece önemli	Bir ölçütün diğerine göre son derece önemli olduğu çeşitli bilgilere dayandırılmıştır
Karşılıklı Değerler	i, j karşılaştırılırken bir değer (x) atanmış ise; j/i ile karşılaştırılırken atanacak değer ($1/x$) olacaktır.	

Tablo 3.2’de kriterler karşılaştırma matrisi görülmektedir. Yapılan karşılaştırma $n(n-1)/2$ oranı kadar yapılmaktadır. Yapılan çalışmaya birden fazla katılımcı dahil edilmesi durumunda her bir katılımcının her bir karşılaştırmaya vermiş olduğu değerlerin geometrik ortalaması alınarak matris oluşturulur (Özbek, 2017).

Tablo 3.2. Kriterler Karşılaştırma Matrisi (Saaty, 1980).

	Kriter-1	Kriter-2	Kriter-...	Kriter-n
Kriter-1	K_1/K_1	K_1/K_2	K_1/K_n
Kriter-2	K_2/K_1	K_2/K_2	K_2/K_n
Kriter...	
Kriter-n	K_n/K_1	K_n/K_2	K_n/K_n

Karşılaştırma yapıldıktan sonra her bir sütun toplanır. Daha sonra her bir kriter (1) nolu denklem kullanılarak normalize edilir (Özbek, 2017).

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

İkili karşılaştırma matrisi hesabından sonra, öncelik vektörü hesaplanır. Hesaplama (2) nolu denklem kullanılır (Özbek, 2017).

$$w_i = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{j=1}^n a'_{ij} \quad (2)$$

$i, j = 1, 2, 3, \dots, n$

λ_{\max} değerinin hesaplanmasında (3) nolu denklem kullanılır (Özbek, 2017).

$$\lambda_{\max} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{w_i} \right) \quad (3)$$

Tutarlılık indeksinin hesaplanabilmesi için Rassal İndeks bilinmelidir. Rassal indeksin belirlenmesinde kriter sayısı dikkate alınarak (Tablo 3.3) seçim yapılır.

Tablo 3.3. Rassal İndeks (Saaty, 1980)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
R1	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

Tutarlılık indeksinin hesaplamasında (4) nolu denklem kullanılır (Özbek, 2017).

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} \quad (4)$$

4. Araştırma Bulguları

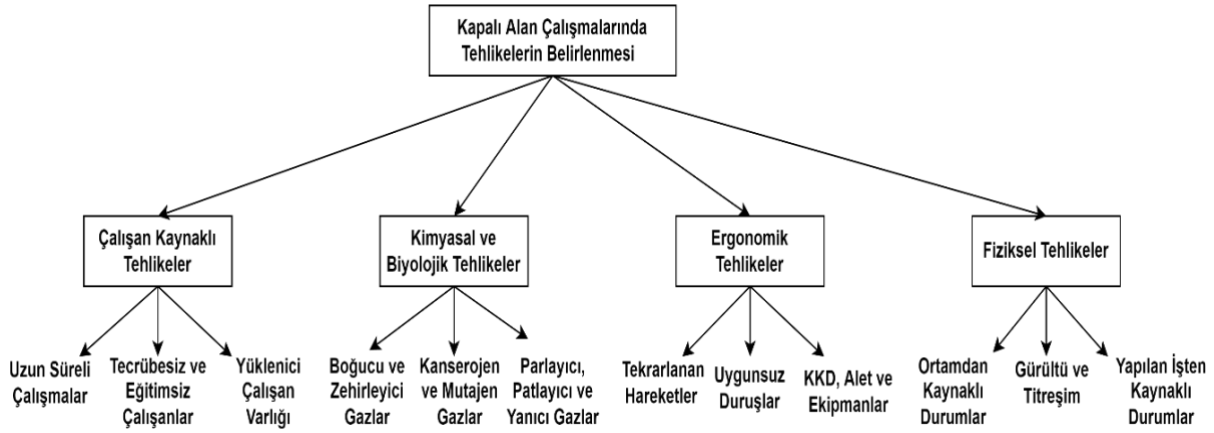
AHP, birden çok alternatif arasından en iyi olanı seçmeyi kolaylaştıran (Saaty, 2008), başka bir ifade ile karmaşık karar problemlerinin çözümü için tercih edilen bir karar destek yöntemidir (Triantaphyllou ve Mann, 1995). Bu yöntem, Thomas L. Saaty (1977) tarafından geliştirilerek analitik hiyerarşi proses yöntemi ismi ile model haline getirilmiş olup ÇKKV yöntemi olarak kullanılmaktadır (Erbaşı ve ark., 2013; Gümüş, 2017). AHP yöntemi, fen bilimleri ve sosyal bilimler gibi birçok alanda tercih edilmektedir (Vaidya ve Kumar, 2004). Bu çalışmada ise, kapalı alan çalışmalarında

tehlikelerin değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Çalışmada oluşturulan kriterler ve alt kriterler alanında uzman kişilerin görüş ve önerileri (makine mühendisi (1), A sınıfı iş güvenliği uzmanı (2), destek elemanı (3)) ve literatür araştırması sonucu elde edilmiştir (Aykaç, 2018; Güzel, 2013; Uysal, 2020). Buna göre çalışma, dört ana kriter ve bu kriterlere bağlı on iki alt kriterden oluşan hiyerarşiden oluşmaktadır. Bu kriterlerden çalışan kaynaklı tehlikeler; uzun süreli çalışmalar, tecrübesiz ve eğitimsiz çalışanlar ve yüklenici çalışan varlığı alt kriterleri olarak belirlenmiştir.

İş kazalarının ortaya çıkmasında insan davranışlarının etkisi yaklaşık %80'dir. Tehlikeli davranışlar, çalışanın fizyolojik ve psikolojik yapısı gibi özellikler iş kazalarının büyük oranda sebebi durumundaki hususlardandır (Camkurt, 2013). Literatürde iş kaza nedenlerine yönelik yapılan çalışmalarda iş kazası ile iş deneyimi arasında büyük oranda ilişkili olduğu görülmektedir. Örneğin, yapılan araştırmaların büyük çoğunluğu tecrübesiz çalışanların iş kazası sıklığının yüksek olduğunu ortaya koymuştur (Güney, 1990). İş yerleri çoğu zaman birçok riski barındırabilmektedir. Örneğin, kimyasal (oksitleyici, açındırıcı, alerjik, mutajen vb.) ve biyolojik (bakteri, virüs, bulaşıcı hastalıklar vb.) riskler çalışanlarda geçici, bazı durumlarda ise bazı kalıcı hastalıkların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Biyolojik riskler, iş sağlığını etkileyen önemli risk faktörlerinden bir tanesidir. Biyolojik risk faktörü denilince akla ilk olarak bitki, parazit, mantar, virüs, bakteri vb. gelmektedir. Bu riskler çalışanların sağlığını kaybetmesinin yanı sıra meslek hastalıklarının ortaya çıkmasına da neden olabilmektedir (Alıcı ve ark., 2020; Açar, 2021). Kimyasallar, endüstriyel sanayide en çok görülen risk etmenlerin başında gelmektedir. Kimyasalların her geçen gün neden olduğu yeni zararlı etkileri ortaya çıkmaktadır (Yavuz ve Erdoğan, 2001). Bunu yanı sıra, boğucu, zehirleyici, kanserojen, mutajen, patlayıcı ve yanıcı gibi risklerde barındırabilmektedir. Ergonomi, kısaca iş bilimi olarak da bilinmektedir. İş yerlerinde, iş kazalarının büyük çoğunluğu makine-insan uyumsuzluğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Ergonomi, iş yerlerinde çalışanların tekrarlanan, hareketlerinden, KKD, alet ve ekipman gibi birçok unsurun insan antropometrik ölçülerine uygun şekilde tasarlanması ile ilgilenen bir bilimdir (Alper, 1991). Fiziksel riskler, ortamdaki kaynaklı durumlar, gürültü-titreşim ve yapılan işin doğasından kaynaklı birçok unsuru bu kapsamaktadır. Endüstriyel sanayide makineleşme arttıkça çalışanlar işlerini ofis ortamlarından yönetmeye başlamışlardır. Bu da çalışanların termal konfor, havalandırma, aydınlatma gibi fiziksel birçok riskle karşı karşıya kalmalarına neden olmuştur (Can ve Çelik, 2019).

Çalışmaya dahil edilen katılımcılar; iş güvenliği uzmanları ve kapalı alan çalışmalarında görevli (destek elemanları ve kapalı alan çalışanları) kişilerden oluşmaktadır. Aşağıda, ana kriterler arasında ikili karşılaştırma, normalize edilmiş matris, tüm öncelikler vektör hesabı ve tutarlılık indeks hesaplarına yer verilmiştir. Şekil 1'de çalışmada kullanılan probleme yönelik karar hiyerarşi görülmektedir. Başlıca ana kriterler (A.K.) arasında yapılan ikili karşılaştırmada: A.K.-1: Çalışan

Kaynaklı Tehlikeler, A.K.-2: Kimyasal ve Biyolojik Tehlikeler, A.K.-3: Ergonomik Tehlikeler, A.K.-4: Fiziksel Tehlikeler olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Probleme ilişkin karar hiyerarşisi

Tablo 4.1. Kriterler Arasında İkili Karşılaştırma

Ana Kriterler	A.K.-1	A.K.-2	A.K.-3	A.K.-4
A.K.-1	1	0,7746	0,7071	1,4142
A.K.-2	1,2909	1	1,0955	2,8284
A.K.-3	1,4142	1,0471	1	1
A.K.-4	0,7071	0,3536	1	1
Toplam	4,4122	3,1753	3,8026	6,2426

Tablo 4.2. Normalize Edilmiş Matris

	A.K.-1	A.K.-2	A.K.-3	A.K.-4	W
A.K.-1	0,2266	0,2439	0,186	0,2265	0,2208
A.K.-2	0,2926	0,3149	0,288	0,4531	0,3372
A.K.-3	0,3205	0,3298	0,263	0,1602	0,2683
A.K.-4	0,1603	0,1114	0,263	0,1602	0,1737
Toplam	1	1	1	1	1

Tablo 4.3. Ana Kriterlere Bağlı Tutarlılık İndeksi

Toplam	W	T/W	Ortalama	Lamda Max
0,9174	0,22075	4,155	4,2065	4,2065
1,4075	0,33715	4,417		Consistanciy Index
1,1073	0,26838	4,125		0,0688
0,7174	0,17373	4,129		Rassal Index
		4,2065		0,9
				0,1 > 0,0780

4.1. Çalışan Kaynaklı Tehlikelere Bağlı Alt Kriterler

Aşağıda ana kriterlerin hesaplanmasında olduğu gibi alt kriterler arasında yapılan, normalize edilmiş matris, tüm öncelikler vektör hesabı ve tutarlılık indeks hesaplarına yer verilmiştir. Başlıca çalışan kaynaklı tehlikelere bağlı alt kriterler (Ç.K.A.K.) arasında yapılan karşılaştırmada; Ç.K.A.K-1: Uzun süreli çalışmalar, Ç.K.A.K.-2: Tecrübesiz ve Eğitimsiz Çalışanlar, Ç.K.A.K.-3: Yüklenici çalışan varlığı olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.4. Kriterler Arasında İkili Karşılaştırma

Çalışan Kaynaklı Alt Kriter (Ç.K.A.K.)	Ç.K.A.K.-1	Ç.K.A.K.-2	Ç.K.A.K.-3
Ç.K.A.K.-1	1	0,3535	4,582
Ç.K.A.K.-2	2,8288	1	4,4721
Ç.K.A.K.-3	0,2182	0,2236	1
Toplam	4,047	1,5771	10,0541

Tablo 4.5. Tutarlılık İndeksi

Toplam	W	T/W	Ortalama	Lamda Max
0,968	0,309	3,132	3,122	3,122
1,906	0,5926	3,216		Consistancy Index
0,297	0,0984	3,018		0,061
		9,366		Rassal Index
				0,58
				0,1 > 0,1

4.2. Kimyasal ve Biyolojik Tehlikelere Bağlı Alt Kriterler

Tablo 4.6’da kimyasal ve biyolojik tehlikelere bağlı alt kriter arasında yapılan normalize edilmiş matris, tüm öncelikler vektör hesabı ve tutarlılık indeks hesaplarına yer verilmiştir. Başlıca kimyasal ve biyolojik tehlikelere bağlı alt kriterler (K.B.A.K.) arasında yapılan karşılaştırmada; K.B.A.K.-1: Boğucu ve Zehirleyici Gazlar, K.B.A.K.-2: Kanserojen ve Mutajen Gazlar, K.B.A.K.-3: Parlayıcı, Patlayıcı ve Yanıcı Gazlar olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.6. Kriterler Arasında İkili Karşılaştırma

Kimyasal ve Biyolojik Tehlikeler A.K.	K.B.A.K.-1	K.B.A.K.-2	K.B.A.K.-3
K.B.A.K.-1	1	1	1
K.B.A.K.-2	1	1	0,7071
K.B.A.K.-3	1	1,4142	1
Toplam	3	3,4142	2,7071

Tablo 4.7. Tutarlılık İndeksi

Toplam	W	T/W	Ortalama	Lamda Max
0,9969	0,3318	3,005	3,008	3,008
0,8909	0,2957	3,013		Consistanciy Index
1,1194	0,3725	3,005		0,0038
				Rassal Index
				0,58
				0,1>0,007

4.3. Ergonomik Tehlikelere Bağlı Alt Kriterler

Tablo 4.8’de ergonomik tehlikelere bağlı alt kriterler arasında yapılan normalize edilmiş matris, tüm öncelikler vektör hesabı ve tutarlılık indeks hesaplarına yer verilmiştir. Başlıca ergonomik tehlikeler ve alt kriterler (E.T.A.K.) arasında yapılan karşılaştırmada; E.T.A.K.-1: Tekrarlanan Hareketler, E.T.A.K.-2: Uygunsuz Duruşlar, E.T.A.K.-3: Uygunsuz KKD, Alet ve Ekipmanlar olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.8. Kriterler Arasında İkili Karşılaştırma

Ergonomik Tehlikeler Alt Kriterler (E.T.A.K.)	E.T.A.K.-1	E.T.A.K.-2	E.T.A.K.-3
E.T.A.K.-1	1	1,4142	2
E.T.A.K.-2	0,7071	1	1
E.T.A.K.-3	0,5	1	1
Toplam	2,2071	3,4142	4

Tablo 4.9. Tutarlılık İndeksi

Toplam	W	T/W	Ortalama	Lamda Max
1,3756	0,4558	3,018	3,013	3,013
0,8665	0,2878	3,011		Consistanciy Index
0,7721	0,2564	3,011		0,0066
		3,013		Rassal Index
				0,58
				0,1 >0,0115

4.4. Fiziksel Tehlikeler ve Altı Kriterler

Tablo 4.10’da fiziksel tehlikeler ve ona bağlı alt kriterler arasında yapılan normalize edilmiş matris, tüm öncelikler vektör hesabı ve tutarlılık indeks hesaplarına yer verilmiştir. Başlıca fiziksel tehlikeler ve alt kriterler (F.T.A.K.) arasında yapılan karşılaştırmada; F.T.A.K.-1: Ortamdan Kaynaklı Tehlikeler, F.T.A.K.-2: Gürültü ve Titreşim, F.T.A.K.-3: Yapılan İşten Kaynaklı Durumlar olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.10. Kriterler Arasında İkili Karşılaştırma

Fiziksel Tehlikeler Alt Kriterler (F.T.A.K.)	F.T.A.K.-1	F.T.A.K.-2	F.T.A.K.-3
F.T.A.K.-1	1	0,7071	1
F.T.A.K.-2	1,4142	1	1,7321
F.T.A.K.-3	1	0,5773	1
Toplam	3,4142	2,2844	3,7321

Tablo 4.11. Tutarlılık İndeksi

Toplam	W	T/W	Ortalama	Lamda Max
0,8715	0,2901	3,004	3,005	3,005
1,3186	0,4387	3,006		Cons. Index
0,8146	0,2712	3,004		0,0023
		3,005		Rassal Index
				0,58
				0,1>0,004

5. Analiz Sonuçları ve Tartışma

Tablo 5.1’de kriterler ve alt kriterler arasında yapılan karşılaştırma sonucuna yer verilmiştir. Kriterler arasında yapılan analiz sonucuna göre en yüksek ağırlığa sahip kriter 0,3372 kimyasal ve biyolojik tehlikeler (K-2) olmuştur. Kapalı alan çalışmalarında öncelikle kapalı alanın geçmişi ve yapılacak işin tanımı belirlenmelidir. Kapalı alanlarda depolanmış maddelerin yanıcı, zehirleyici, boğucu veya enfeksiyon (viral enfeksiyon, bakteriyel enfeksiyon vb.) içerip içermediği bilinmelidir. Kapalı alan çalışanları, bu alanlarda karşılaşılabilecekleri risklerin tamamı hakkında bilgilendirilmelidir. Daha önce meslek hastalığına yakalanmış kişilerin bu alanlarda çalıştırılmasına izin verilmemelidir. Kimyasal ve biyolojik risk faktörlerinin ağırlıklı olduğu kapalı alanlarda, çalışanlar periyodik sağlık taramasından geçirilmelidir. Bu nedenle yapılacak en doğru adım kapalı alandaki risklerin belirlenerek bu risklere karşı kişisel koruyucu donanım (KKD) seçimini temin etmektir. Gözenekli ve geçirgen özelliğe sahip KKD’lerin bu alanlarda kullanılmamasına dikkat edilmelidir. Örneğin, hava beslemeli solunum cihazları, kendinden temiz hava beslemeli solunum cihazları, toz ve gaz geçirmeyen giysiler vb. tercih edilmelidir. Bu KKD’ler çalışma ortamına ve barındırdığı risklere göre değişkenlik gösterebilir. Teknolojiyi yapılan işe entegre ederek çalışanlar için daha güvenli bir çalışma ortamı da sağlanabilir. Örneğin akıllı baret, akıllı cihazlar, akıllı yelekler, gerçek zamanlı konumlandırma sistemleri (çalışan ve lokasyon takibi), bu çalışma ortamlarında kullanılabilir. Böylelikle riski az ve daha güvenli bir çalışma ortamı sağlanmış olacaktır. Ergonomik tehlikeler 0,2683 (K-3) ile en yüksek ağırlığa sahip ikinci kriter olmuştur. Kapalı alanlar

uzun süreli çalışmalar için tasarlanmamış alanlardır. Bu nedenle KKD ve ekipman seçimi yapılırken hem çalışma ortamı hem de çalışanların antropometrik ölçüleri dikkate alınmalıdır. Çalışan seçimi kapalı alanın genişliği veya darlığına göre belirlenmelidir. Aksi takdirde bu durum çalışanın girişte, çıkışta ve acil durum hallerinde güvenli alanlara çıkış sürelerinin uzamasına neden olabilir. Aynı şekilde kullanılan makine-ekipman seçimi çalışanlar için ergonomik ve kişilerin antropometrik ölçülerine uygun şekilde seçilmelidir. Eğer bu unsurlar göz ardı edilirse, çalışanlar daha fazla efor harcarlar, bu da onların hızlı yorulmalarına ve dikkatlerinin daha hızlı dağılmasına neden olur. Bir başka analiz sonucuna göre 0,2208 ile çalışan kaynaklı tehlikeler (K-1) en yüksek ağırlığa sahip üçüncü kriter olmuştur. Kapalı alanlarda çalışmalarına karar verildikten sonra yapılması gereken en önemli hususların başında çalışanların eğitimi gelmektedir. Kapalı alan çalışanı ve destek elemanına ilk yardım, acil durum planı, iletişim, kapalı alan ve yapılan işin türünden kaynaklı tehlikeler ile ilgili kapsamlı eğitimler verilmeli ve periyodik tatbikatlar yaptırılmalıdır. Analizin bir diğer sonucuna göre 0,1737 fiziksel riskler (K-4) en yüksek ağırlığa sahip dördüncü kriter olmuştur. Fiziksel riskler, göçük, çökme, daralan veya keskinleşen çalışma ortamlarını ifade etmektedir. Hububat, gübre, kum gibi akışkan özelliğe sahip maddelerin depolandığı yerlerde boğulma riski yüksek yerlerdir. Bu nedenle bu tür yerlerde risk analizleri yapılarak, eğimli zemine sahip yerlerde paraşüt tipi emniyet kemerinin kullanılması boğulma riskini büyük oranda azaltabilir.

Alt kriterler arasında yapılan karşılaştırmalarda ise şu sonuçlara ulaşılmıştır. Çalışan kaynaklı tehlikelere bağlı olarak yapılan karşılaştırma sonucunda en yüksek ağırlığa sahip alt kriter; 0,5926 ile tecrübesiz ve eğitimsiz çalışanlar olmuştur. Bunu sırası ile 0,3090 uzun süreli çalışmalar ve 0,0984 yüklenici çalışan varlığı takip etmiştir. Kimyasal ve biyolojik tehlikeler ana kriterine bağlı alt kriterler arasında yapılan karşılaştırmalar sonucunda şu sonuçlara ulaşılmıştır. Kimyasal ve biyolojik tehlikelere bağlı alt kriterler arasında en yüksek ağırlığa sahip alt kriter, 0,3725 parlayıcı, patlayıcı ve yanıcı gazlar olmuştur. Bunu sırası ile 0,3318 boğucu ve zehirli gazlar ve 0,2957 kanserojen ve mutajen gazlar takip etmiştir. Ergonomik tehlikelere bağlı olarak alt kriterler arasında yapılan karşılaştırmalar sonucunda en yüksek ağırlığa sahip kriter 0,4558 tekrarlanan hareketler olmuştur. Bunu sırası ile 0,2878 uygunsuz duruş, 0,2564 KKD, ekipman ve alet takip etmiştir. Fiziksel risklere bağlı alt kriterler arasında yapılan karşılaştırma sonucunda ise en yüksek ağırlığa sahip kriter 0,4387 gürültü ve titreşim olmuştur. Bunu sırası ile ortamdaki kaynaklı riskler 0,2901, yapılan işten kaynaklı durumlar 0,2712 takip etmiştir.

Tablo 5.1. Kriterlerin ve Alt Kriterlerinin Ağırlık ve Tutarlılık İndeksleri

Ana Kriterler	Kriter Ağırlıkları (W)	Alt Kriterler	Alt Kriter Ağırlıkları (W)	Alt Kriter Tutarlılık İndeksleri
Çalışan Kaynaklı Tehlikeler (K1)	0,2208	Uzun süreli çalışmalar	0,3090	0,0115
		Tecrübesiz ve eğitimsiz çalışanlar	0,5926	
		Yüklenici çalışan varlığı	0,0984	
Kimyasal ve Biyolojik Tehlikeler (K2)	0,3372	Boğucu ve zehirleyici gazlar	0,3318	0,0070
		Kanserojen ve mutajen gazlar	0,2957	
		Parlayıcı, patlayıcı ve yanıcı gazlar	0,3725	
Ergonomik Tehlikeler (K3)	0,2683	Tekrarlanan hareketler	0,4558	0,0115
		Uygunsuz duruş	0,2878	
		KKD, alet ve ekipman	0,2564	
Fiziksel Riskler (K4)	0,1737	Ortamdan kaynaklı durumlar	0,2901	0,0040
		Gürültü ve titreşim	0,4387	
		Yapılan işten kaynaklı durumlar	0,2712	

6. Sonuçlar ve Öneriler

Kapalı alanlar, uzun süreli çalışma yapmak için tasarlanmamış, giriş ve çıkışı sınırlı olan, yapılan işten, çevresel unsurlardan ve çalışandan kaynaklanabilecek birçok riski içinde barındıran yerlerdir. Reaksiyon tankları, menholler, lağımlar, tüneller, silolar, mahzenler, boru hatları, depolar vb. kapalı alan kapsamında örnek verilebilecek yerlerdir. Kapalı alan çalışmalarının güvenli hale getirilmesi alanında uzman kişilerin hazırlayacakları acil durum planları ve risk değerlendirmesi ile sağlanabilir. Yapılacak kapsamlı çalışma, gaz, toz, gürültü, titreşim, yutma, ezilme, göçük altında kalma, kimyasallar, bakteri-virüs gibi hususlar dikkate alınarak yapılmalıdır. Ayrıca, kapalı alan çalışmasında görevli kişiye ve gözlemciye muhtemel riskler, acil durum prosedürleri, ilk yardım, KKD'lerin kullanımı gibi hususlar hakkında eğitimler verilmelidir. Çalışmanın yapılacağı alana yakın noktalarda, herhangi bir çalışmanın yapılmaması, doğal veya mekanik havalandırmanın yapıldığı yerde uçucu madde ve yanıcı herhangi bir maddenin bulundurulmaması, gözlemci ve kapalı alan çalışan arasındaki iletişimi engelleyebilecek herhangi bir aktiviteye izin verilmemesine özen gösterilmelidir.

Bu çalışmada, kapalı alan çalışmalarında muhtemel riskli durumlar, alanında uzman kişilerin görüş ve önerileri ve literatür taraması sonucunda oluşturulmuştur. Çalışmada AHP yöntemi kullanılmıştır. AHP, birden çok alternatif içinden en iyi olanı seçmek için kullanılan bir yöntemdir. En iyi çalışan, en iyi uygulama, personel seçimi, lokasyon seçimi gibi uygulama alanı bunlara örnek gösterilebilir. Ancak literatür araştırmasında AHP yöntemi kullanılarak kapalı alan çalışmalarında

muhtemel risklerin tespit edilmesine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan çalışmada risklerin tespit edilmesi ve önceliklendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda yapılan analiz sonucuna göre 0,3372 (K-2) kimyasal ve biyolojik riskler en yüksek ağırlıklı kriter olmuştur. Bunu sırayla, 0,2683 (K-3) ergonomik riskler, 0,2208 (K-1) çalışan kaynaklı riskler, 0,1737 (K-4) fiziksel riskler takip etmiştir. K-2 ana kriterine bağlı alt kriterler arasında yapılan analiz sonucunda ise 0,3725 parlayıcı, patlayıcı ve yanıcı gazlar en yüksek ağırlığa sahip alt kriter olmuştur. K-3 ana kriterine bağlı olan alt kriterler arasında yapılan analiz sonucunda en yüksek ağırlığa sahip alt kriter 0,4558 tekrarlanan hareketler olmuştur. K-1 ana kriterine bağlı alt kriterler arasında yapılan analiz sonucunda ise 0,5926 tecrübesiz ve eğitimsiz çalışanlar olmuştur. K-4 ana kriterine bağlı alt kriterler arasında yapılan analiz sonucunda ise en yüksek ağırlığa sahip alt kriter 0,4387 gürültü ve titreşim alt kriteri olmuştur. Literatürde kapalı alan ve risklerine yönelik yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Wang ve Zhao (2022) kapalı alan kazalarına neden olan faktörlerin frekans tahmini ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda kapalı alan çalışmasının risk değerlendirme kalitesini artırmak ve tehlikeler ve nedensel faktörler arasındaki gizli etkileşimleri tespit etmedeki önemine vurgu yapmışlardır. Viran ve Barlas (2018) gemilerde kapalı alan çalışmalarında iş kazalarının azaltılmasına yönelik eğitim, denetim ve kontrol tedbirlerinin etkin şekilde uygulanması ve takip edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Aykaş (2018) büyük depolama tank içinde bulunan gazların hidrojen sülfür (H₂S) ve karbonmonoksit (CO) gazlarının gün içinde sıcaklığın azalıp artmasına bağlı olarak gaz miktarında değişim gözlemlemiştir. Aynı zamanda tank hacminin küçülmesiyle de karbonmonoksit (CO) ve hidrojen sülfür (H₂S) gaz konsantrasyonlarının arttığı gözlemlenmiştir.

Yapılan analiz sonuçları ve literatür araştırması dikkate alındığında kapalı alan gibi çok tehlikeli yerler nispeten daha güvenli hale getirilebilir. Günümüzde iletişim, bilişim ve internet gibi teknolojilerin günümüzde birbirlerine entegre edilmesiyle birçok yeni uygulama endüstriyel sanayide yerini almaya başlamıştır. Örneğin, gerçek zamanlı ortam ve çalışan takip sistemleri kapalı alan çalışmalarına entegre edilebilir. Böylelikle patlayıcı veya zehirleyici gaz ölçümü için işgücüne gereksinim kalmayacaktır. Personel takip sisteminde ise bayılma, yaralanma ve sıkışma gibi durumlarda hareket sensörleri operatöre sinyal göndererek acil duruma erken müdahale imkânı sağlayacaktır. Bu uygulamaya ek olarak nabız ve vücut sıcaklığını ölçen akıllı KKD'lerin, kablosuz konum takibi yapan personel takip sistemlerinin, sesli ve ışıklı uyarı sistemlerinin kapalı alan çalışmalarına entegre edilerek daha güvenli bir çalışma ortamı sağlanabilir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Ağar, A. (2021). Çalışma hayatında biyolojik risk faktörleri ve Covid-19; Halk Sağlığı Hemşireliği Dergisi, 3(2): 133-140.
- Alper, Y. (1991) "İnsan-Makine ilişkileri açısından iş kazaları", Verimlilik Dergisi, C.20, S.1, M.P.M. Yayınları, Ankara.
- Alıcı, N.Ş., Beyan, A.C. & Şimşek, C. (2020, 1 Haziran). Meslek Hastalığı Olarak Covid-19. <http://www.solunum.org.tr/TusadData/userfiles/file/EJP-EK-SAYI-COVID19-27042020.Pdf#Page=149>
- Arslan, K. (2019). *Yapay Zekâ Teknikleri ile Wi-Fi ve Bluetooth Tabanlı Kapalı Alan Konumlandırma Sistemi Geliştirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Burdur.
- Aykaş, S. (2018). *Endüstri Tesislerinde Kapalı Alanlarda Yapılan Çalışmalarda İş Sağlığı ve Güvenliği Riskleri ve Güvenli Çalışma Sistemleri*. Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s.3-4.
- Bozkuş, E. ve Bozkuş, Ö. (2021). İşçi Sağlığı ve İş Güvenliğinde Bulanık Yöntemlere Dayalı Risk Değerlendirme Yaklaşımları. *OHS Academy*, 4 (2), 49-64. DOI: 10.38213/Ohsacademy.956021
- Bhutta, K.S. ve and Huq, F. (2002). *Supplier selection problem: A comparasion of the Total Cost of Ownership and Analythich Hierarchy Process Approaches*, *Supply Cahin Management: An International journal*, 7(3), pp.126-135.
- D. Burlet-Vienney, Çinniya, Y. Bahloul A. and Roberge B. (2014). *Occupational safety during interventions in confined spaces*. *Safety Science* 79, pp. 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.05.003>
- Can, E. ve Çelik, N., (2019), Endüstri 4.0 Sisteminde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Muhtemel Problemleri ve Çözüm Önerileri, International Conference on Life and Engineering Sciences, 27-29 Haziran 2019, İstanbul, s.113-114.
- Confined Spaces Management Plan (2005) The University Of Queensland, Australia. Erişim Adresi: confined-spaces-management-plan.pdf (uq.edu.au) p.7.
- Camkurt, M.Z. (2013). Çalışanların Kişisel Özelliklerinin İş Kazalarının Meydana Gelmesi Üzerine Etkisi, TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi 24(6), ss.72-73.
- Deniz Kuvvetleri Komutanlığı (DKK). (2014). Gemilerin Akaryakıt Sarnıçlarını Temizleme ve Gazdan Arındırma Yönergesi, Ankara, s.102.
- Doughangı, H. (2017). *Kapalı Alanda Konum Belirleme Sistemi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ediz, A., Yıldızbaşı, A. ve Baytemur, E. (2017). İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Performans Göstergelerinin AHP ile Değerlendirilmesi. *The Journal of Academic Social Science Studies* (62) <http://dx.doi.org/10.9761/JASSS7227>.
- Erbaşı, A., Can, A., Çınar, K. (2012). "The Use of the AHP Method in Selection of the Most Appropriate Production Materials by Businesses: A Simple Study on Tractor Body Materials". *Journal of Advanced Management Science*, 1(1), p.152-155.
- Government Of Alberta Employment and Immigration (2009). Guideline for Developing a Code of Practice for Confined Space Entry, Publication No. CS001, Canada.
- GÜNEY, S. (1990). İş Kazalarının Yapısal Analizi ve Kaza Yapan İşgörenlerin Kişilik Profilleri ile İlgili Bir Araştırma, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, s.81.
- Gümüş, S. (2017). "An Evaluation Of Stakeholder Perception Differences İn Forest Road Assessment Factors Using The Analytic Hierarchy Process (Ahp)". *Forest*, 8(165), s.1-9.
- Güzel, F.Ç. (2013). *Kuyu, Dehiz ve Mahzen Gibi Kapalı Alanlarda Yapılan Çalışmalarda Alınması Gereken İş Sağlığı ve Güvenliği Önlemleri*. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, İş Müfettişliği Yardımcılığı Etüdü, İstanbul.
- Kantoğlu, B. ve Argun, D.İ. (2018). İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Modeli.2. Uluslararası Farkındalık Kongresi
- Karabakır, A. (2020). Motorin (F-76) Yakıtı Kullanan Gemilerin Yakıt Tanklarında Yapacakları Gazdan Arındırma İşlemlerinde Risk Yönetimi ve Kapalı Alan Prosedürünün Oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi FBE, İş Güvenliği Anabilim Dalı, İzmir, s.15.
- Karaca, A. (2008). *Kapalı Alanda Radyo Dalgaları Yardımıyla Konum Belirleme ve Paket Takibi*. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Yönetmeliği

Uyarınca Elektrik & Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Telekomünikasyon & Sinyal İşleme Bilim Dalında, Eskişehir.

- Manwarin, O.C. and Conroy, C. (1990). *Occupational confined space-related fatalities: Surveillance and prevention*. Journal of Safety Research, 21(4), pp.157-164. [https://doi.org/10.1016/00224375\(90\)90023-5](https://doi.org/10.1016/00224375(90)90023-5)
- Mortazavi, S.B., Zahra, K.N., Hassan, A.M. and Hajizade E. (2019). Exploring the Contributory Factors of Confined Space Accidents Using Accident Investigation Reports and Semistructured Interviews. *Safety and Helath at Work*, (10), 305-313.
- N.C. Department of Labor (2008). A Guide to Safety in Confined Spaces, Industry Guide-1, U.S.A., (8). p.3.
- Özbek, A. ve Eren, T. (2012). Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Firmasının Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Belirlenmesi. *Journal of Engineering Research and Development*, 4(2), s.46-54.
- Özbek, A. (2017). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Problem Çözümü. Seçkin Yayıncılık: Ankara, s.71-72.
- Ishizaka, A. ve Nemery, P., 2013. Multi-Criteria Decision Making: Methods and Software. John Wiley and Sons, Ltd, United Kingdom
- Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Prpcess, New York: McGraw-Hill.
- Safe Work Australia (2011). Confined Spaces Code of Preactice, Australia. Erişim Adresi: [Confined-spaces-COP.pdf \(nsw.gov.au\)](#) p.15-16.
- Sevgi, A. (2020). *Kapalı Alanlarda Yüksek Gürültü ve Titreşime Maruz Kalan Çalışanların Kardiyovasküler Parametrelerinin Ölçülerek İnsan Sağlığı Üzerine Etkilerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Tarsus Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı, Tarsus.
- Sümer, N.N. (2020). *Kapalı Alan Konum Tespitinde RSSI Tabanlı Düşük Enerjili Bluetooth Kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Gebze.
- Z. Riaz, M. Arslan, A.K. Kiani, S. Azhar (2014). *CoSMoS: A BIM and wireless sensor based integrated solution for worker safety in confined spaces* Autom. Constr., 45 (2014), pp. 96-106. [10.1016/j.autcon.2014.05.010](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.010)
- Tüzemen A. ve Özdağoğlu A. (2007). *Doktora Öğrencilerinin EĞ Seçiminde Önem Verdikleri Kriterlerin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi ile Belirlenmesi*. Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi, 21(1), s.215-232.
- Triantaphyllou, E. and Mann, S. (1995). "Using the Analytic Hierarchy Process for Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges". *Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, 2 (1), p.35- 44.
- Turner, G. (2016). *Towards Mapping of Rock Walls Using a UAV-Mounted 2D Laser Scanner in GPS Denied Environments*. M.Sc. Thesis, Queen's University, Department of Electrical and Computer Engineering, Canada, p.132.
- Timor, M. (2011). *Analitik Hiyerarşi Prosesi*. Türkmen Kitabevi: İstanbul, s.16. U.S. Bureau of Labor Statistics. "Occupational Injuries and Illnesses and Fatal Injuries Profiles." <https://data.bls.gov/gqt/InitialPage>.
- Uysal, G. (2020). *Onarımda Bulunan Askeri Gemilerdeki Kapalı Alanlarda Yapılan Çalışmalarda İş Sağlığı ve Güvenliği*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, İzmir, 19.
- Vaidya, O. S. and Kumar, S. (2006). "Analytic Hierarchy Process: An Overview Of Applications". *European Journal Of Operational Research*, (169), 1-29.
- W. Bingyu and Zhao J. (2022). *Automatic frequency estimation of contributory factors for confined space Accidents*. Process Safety and Environment Protection, 157, 193-207.
- Viran, A. & Barlas, B. (2019). Gemilerde Kapalı Alanlarda Yapılan Çalışmalar ve İş Kazalarının Analizi. *Gemi ve Deniz Teknolojisi*, (214), 19-36. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gdt/issue/42891/518679>.
- Yorulmaz, M. & Aksu, A. 2021. Liman İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulama Performans Boyutlarının AHP ile Değerlendirilmesi: Kocaeli Liman Bölgesi. *İşletme Bilimi Dergisi*, 9 (1), 1-24. Doi: 10.22139/Jobs.875400
- Yavuz, C., I., Erdoğan, S., (2001), İşyerinde Kimyasallar, Türk Tabipleri Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, s. 33-39.