



Journal of ETA Maritime Science

journal homepage: www.gemimo.org



Açıkdeniz Petrol Platformları İçin Bulanık Tabanlı Risk Analizi

Nagihan TÜRKOĞLU¹, Ayhan MENTEŞ¹

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği

ÖNEMLİ NOKTALAR

- Although there are many techniques of risk analysis, deciding one of them is the most important thing for solving the problem.
- In this study, turret system problem has fuzzy data in this case, fuzzy set theory is applied efficiently.
- After getting result, it can be clearly seen that which component of the turret system is too risky.

MAKALE BİLGİSİ

Makalenin Tarihiçesi

Alındı: 23 Eylül 2013

Düzeltilerek alındı: 10 Ekim 2013

Kabul edildi: 15 Ekim 2013

Anahtar Kelimeler

Açık deniz petrol platformu, risk analizi, bulanık küme teorisi, bulanık tabanlı risk analizi.

ÖZET

Günümüzde okyanus dibinde petrol arama çalışmaları artarak devam etmektedir. Deniz dibinde sondaj yapmak, petrol çıkarmak ve/veya üretilen petrolü depolamak amacıyla sabit veya yüzer yapılar (platformlar) inşa edilmektedir. Petrol rezervinin bulunduğu yerin çevre koşullarına bağlı olarak kullanılan farklı tipte açık deniz platformları (SPAR, TLP, FPSO vb.) vardır.

Bu çalışmada, açık deniz petrol platformları risk analizi için bulanık tabanlı bir yaklaşım önerilmiştir. Başlangıçta gezici sondaj üniteleri, gezici üretim üniteleri ve tek gövdeli yapıların maruz kaldığı kazalar kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Deniz endüstrisinde risk ve emniyet analizi konusunda sıklıkla kullanılan yöntemler incelenerek, vaka çalışması olarak bir FPSO sistemi ele alınmış ve bu sistemin önemli bir bileşeni olan döner kule için risk analizi yapılmıştır. Açık deniz yapıları için hata oranları/ oluşma olasılıkları gibi belirleyici parametrelerin kesin değerlerini elde etmenin güç olduğu risk ve emniyet analizinde bulanık tabanlı bir yaklaşım uygun olacaktır.

© 2013 GEMİMO. Her hakkı saklıdır.

ARTICLE INFO

Article History

Received: 23 September 2013

Received in revised form: 10 October 2013

Accepted: 15 October 2013

Keywords

Offshore platforms, risk analysis, fuzzy set theory, fuzzy-based risk assessment.

İrtibat:

Nagihan TÜRKOĞLU / turkoglu@itu.edu.tr

Ayhan MENTEŞ / mentesh@itu.edu.tr

ABSTRACT

Deep water drilling operations are expected to increase in the near future. Various types of offshore platforms including fixed and floating platforms are to be built for drilling, production and storage of oil and gas. Many of different platform types (SPAR, TLP, FPSO etc.) will be designed depending on local environmental conditions. The risk analysis of the selected platform will be of importance in terms of operational safety.

In this study, a fuzzy-based approach has been suggested for the offshore platform risk analysis. Initially, mobile drilling units, mobile production units and mono-hull structures exposed accidents were investigated extensively. Methods of risk and safety analysis which are used in the marine industry were examined. As a case study, risk analysis for a FPSO turret system was performed. The fuzzy-based approach would be appropriate tool to obtain accurate values of the parameters like failure rates and the frequency of occurrence.

© 2013 GEMİMO. All rights reserved.

1. Giriş

Petrol, çağın önemli enerji kaynakları arasında yer alır. Enerji kaynağı olmasının yanı sıra kimya sanayisinde hammadde olarak da kullanılmaktadır. Birçok sektörde kullanılması sebebiyle ülkeler için petrol önemli enerji kaynağıdır. Petrol tüketimindeki hızlı artış, karadaki rezervlerinin azalmasına sebep olmaktadır.

Kara rezervlerine alternatif olarak, okyanus dibinde yapılan çalışmalarda kullanılan platformlarda çeşitli nedenlerle kazalar yaşanmaktadır. İnsan hatası, teknik arıza vb. nedenlerle yaşanan kazaları azaltmak veya önlemek gerek can ve gerekse mal güvenliğini sağlamak için önemlidir. Kazaların yaşanma sıklıklarını belirlemek, kazaların risk seviyelerini belirlemek, kaza sonrası durum değerlendirmesi yapabilmek ve riski önleyebilmek/azaltabilmek için çeşitli analiz yöntemleri ve uygulamaları bulunmaktadır. Sektöre veya ele alınan probleme göre uygulanan çeşitli risk analiz yöntemleri vardır.

Tablo 2.1 Sabit Ünitelerde meydana gelen kazalar (1)

	1990-1999	2000-2007	1990-2007
Demirleme hatası	0	0	0
Gaz sızıntısı	3	1	4
Çarpışma	14	19	33
Bağlantı hatası	88	29	117
Kreyn kazaları	777	575	1352
Patlama	33	10	43
Nesne düşmesi	1008	881	1889
Yangın	484	305	789
Helikopter kazası	5	1	6
Petrol yayılması	886	1533	2419
Yapısal hatalar	10	3	13
Sondaj kazaları	206	235	441
Diğer	48	69	117
Toplam	3562	3661	7223

İkinci bölümde, açık deniz yapılarında meydana gelen kazalar belirlenmiş ve sınıflandırılmıştır. Kazaların frekansları doğrultusunda en sık görülen kaza çeşitleri belirlenmiştir. Üçüncü bölümde, risk analizinde kullanılan yöntemler sınıflandırılmış bulanık sayılar ve bulanık küme teorisi anlatılmıştır. Dördüncü bölümde, bir FPSO sistemi ele alınmış, döner kule sistemi için bulanık küme teorisi yardımı ile risk analizi yapılmış ve son bölümde de sonuçlar değerlendirilmiştir.

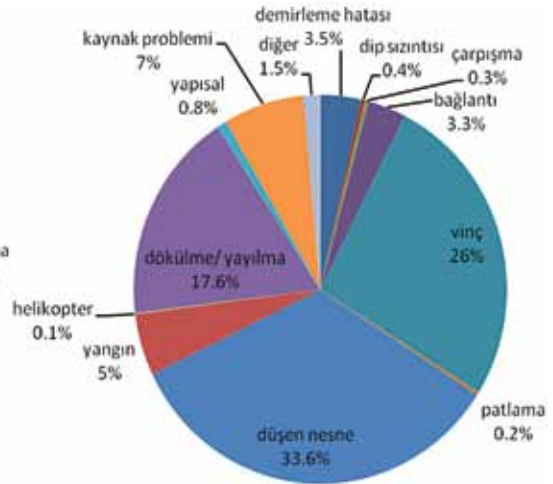
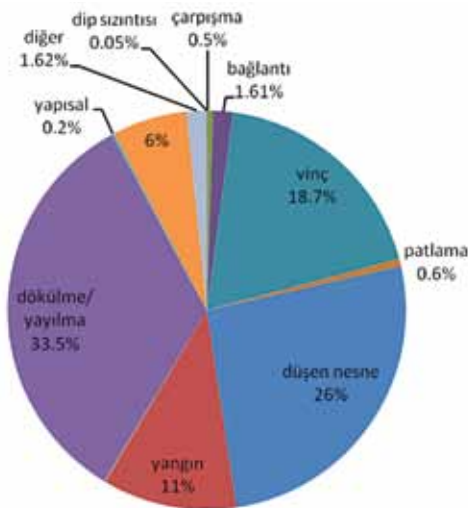
2. Açık Deniz Yapılarında Meydana Gelen Kazalar

Kaza; beklenmedik bir zamanda meydana gelen can ve mal kaybına sebep olan hasarlara yol açan istenmeyen olaylar şeklinde tanımlanabilir. Platformlarda meydana gelen kazalar ise, istem dışı meydana gelen ve öncesi bilinmeyen; platformun kullanılamaz hale gelmesi veya tamamen batması gibi durumlardır.

2.1. Platformlarda Meydana Gelen Kaza Çeşitleri

Tablo 2.2 Yüzer ünitelerde meydana gelen kazalar (1)

	1990-1999	2000-2007	1990-2007
Demirleme hatası	146	20	166
Gaz sızıntısı	14	3	17
Çarpışma	14	1	15
Bağlantı hatası	119	38	157
Kreyn kazaları	776	473	1249
Patlama	14	0	14
Nesne düşmesi	943	653	1596
Yangın	128	117	245
Helikopter kazası	5	0	5
Petrol yayılması	323	513	836
Yapısal hatalar	34	5	39
Sondaj kazaları	138	194	332
Diğer	50	19	69
Toplam	2704	2036	4740



Şekil 2.1 Sabit ünitelerde meydana gelen kazaların dağılımı Şekil 2.2 Yüzer ünitelerde meydana gelen kazaların dağılımı

Petrol platformlarında meydana gelen kazalar incelendiğinde, çok çeşitli kazaların yaşandığı görülmektedir. Son zamanlarda

gelişen teknoloji ile birlikte kullanılan CAD ve CAM programları ve değişen mühendislik yaklaşımı yapısal olarak meydana gelebilecek

kazaları en alt düzeye çekmiştir. IMO'nun 1954 tarihli Petrol Kirliliğini Önleme Sözleşmesi petrol kirliliğinin etkilerini azaltmak amacıyla düzenlenmiş olan ilk sözleşmedir ve ardından bu konuda birçok kurallar konulmuş, devletlerin bu sözleşmeleri imzalamaları sağlanmıştır. IMO'nun yaptırımları da hassasiyeti arttırmış, daha kaliteli ve güvenilir platformlar inşa edilmiştir. Her ne kadar yapısal hatalar en aza indirgenmeye çalışılsa da çevre koşulları ve insan faktörü nedeni ile kazalar sıklıkla yaşanmaktadır.

Platformlarda meydana gelen kazalardan bazıları şu şekilde sıralanabilir.

Demirleme hataları	Gaz sızıntısı
Çarpışma	Kreyin kazaları
Bağlantı hatası	Patlama
Nesne düşmesi	Yangın
Helikopter kazası	Yapısal kazalar
Sondaj kuyusu kazaları	
Denize petrol yayılması	

Health and Safety Executive (HSE), Det Norske Veritas (DNV), ORION, MAIB, BLOWOUT, Worldwide Offshore Accident Databank (WOAD), Germanischer Lloyd (GL) tarafından tutulan raporlar doğrultusunda 1990-2007 yılları arası platformlarda meydana gelen kazalar ve sayılar Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Belirtilen tablolardan yararlanılarak 1990-2007 yıllarına ait dağılımlarda;

3. Risk Analiz Teknikleri

Risk analiz tekniklerinin sınıflandırılması ve değerlendirilmesi aşamasında dört unsur çok önemlidir. Bunlar;

- (i) Amaç
- (ii) Olaylar ve sonuçları (etkileri) arasında ne şekilde ilişki kurulduğu
- (iii) Yaşam çevriminde bulunduğu yer
- (iv) Sonuçların sunulduğu biçimidir.

Yukarıda bahsedilen unsurlara bağlı olarak çeşitli karar verme teknikleri bulunmaktadır.

- *Birincil Tehlike Analizi (PHA)
- *Fonksiyonel Tehlike Analizi (FHA)
- *Tehlike ve İşletilebilme (HAZOP)
- *Yapısal Olursa Ne Olur Çaklistleri

(SWIFT)

- *Hata Türü ve Etkileri Analizi(FMEA)
- *Bayes Karar Verme Yöntemi
- *Hata Ağacı Analizi (FTA)
- *Olay Ağacı Analizi (ETA)
- *Papyon Analizi
- *Neden Sonuç Analizi

3.1. Bulanık Küme Teorisi Kullanarak Risk Tayini

3.2. Bulanık küme Teorisi

Bulanık küme teorisi ve bulanık mantık kavramı ilk kez Zadeh tarafından ortaya atılmış ve hızla gelişerek birçok bilim adamının ilgisini çeken araştırmaya açık yeni bir bilim dalı olmuştur.

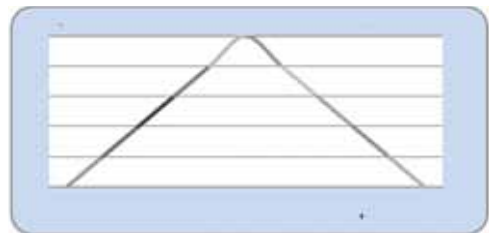
Bulanık küme teorisi temelde, insan düşünce ve algılarındaki belirsizliklerle ilgilenir ve bu belirsizlikleri sayılaştırmaya çalışır. Bu teori klasik matematiğin çok yetersiz kaldığı, özünde belirsizlik veya kesinlik içermeyen karar verme problemlerine, kesinlik kazandırıp çözümdeki sorunları ortadan kaldıran, kavramlar ve yöntemler sunmaktadır. Günlük hayatta sıklıkla kullandığımız yüksek, biraz yüksek, çok yüksek, az, çok az, çok fazla, ileri, çok ileri gibi belirsizlik ifade eden terimler üzerine kurulmuştur.

3.3 Bulanık Sayılar

Üyelik fonksiyonları klasik kümelerde bir dikkörtgen ile ifade edilirken bulanık kümelere bunlara ilaveten doğrusal veya eğrisel bir fonksiyon şeklinde de ifade edilebilmektedir. Bulanık sayılar en çok üçgen veya yamuk üyelik fonksiyonlarla ifade edilmekte olup bu fonksiyonlar aşağıda verilmiştir.

Üçgen Bulanık Sayılar:

Üçgen bulanık sayılar (a, b, c) şeklinde üç elemandan oluşan sayılardır. Şekil 3.1'de gös-

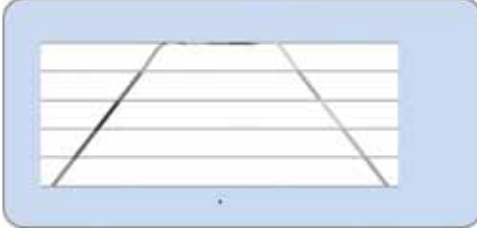


Şekil 3.1 Üçgen Bulanık Sayı

terilen üçgen bulanık sayı için üyelik fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

Yamuk Bulanık Sayılar:

Yamuk bulanık sayılar (a, b, c, d) şeklinde dört sayı ile temsil edilen sayılardır. Şekil 3.2’de gösterilen yamuk bir bulanık sayı için üyelik fonksiyonu aşağıdaki ifade ile belirlenir.



Şekil 3.2 Yamuk Bulanık Sayı

4.Genel Bir FPSO Sistemi İçin Risk Analizi

Bu çalışmada bir FPSO gemisi döner kule sistemi incelenerek sistemde oluşabilecek risk faktörleri ortaya konulacak ve bulanık küme teorisi kullanılarak risk değerlendirmesi yapılacaktır. Bulanık küme teorisinde üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır.

a. FPSO Sistemi

Yüzer Üretim Depolama ve Boşaltma (FPSO; Floating Production Storage and Off-loading) gemisi adından anlaşılacağı gibi yüzer üretim, depolama ve boşaltma işlemlerini gerçekleştiren açık deniz platform çeşididir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 FPSO Demirleme Sistemi

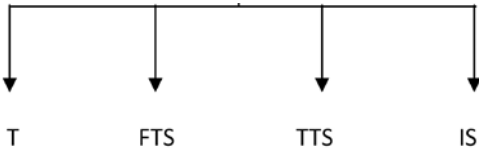
Sahada işleme ve ardında depolama özellikleri, FPSO'yu diğer platformlardan ayıran özelliklerdir. Bu sayede sualtı boru hattından faydalanmaya gerek kalmadan derin (1000 ft. – 4999 ft. arası) ve ultra derin (5000 ft. ve daha derin) sularda çalışabilir.

b. FPSO Sistemi Risk Analizi

Genel bir FPSO gemisi için risk değerlendirmesi yapılmıştır. Bu sistemlerde döner kule (taret) sistemi ele alınmıştır. Taret, tek noktadan bağlı FPSO'lar için en önemli sistemdir. Taret olmaksızın tek noktadan bağlı FPSO'lar inşa edilemez. Zira çalışmak için esnek ve hareketli rayzerlere (çoğu zaman kompozit) ihtiyaç duyan FPSO'lar taret olmadan rayzerler bir araya getirilemez. Taretlerin; dahili, harici ve çıkarılabilir, kalıcı olarak farklı çeşitleri bulunur. Bir Döner kule sisteminin alt bileşenlerinin karakteristik özellikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.2):

1. Döner Kule (T): Tek noktadan demirlemeyi sağlar ve FPSO'nun rüzgârgülü görevini üstlenir. Döner kule; shaft, gövde, ana yatak, alt yatak ve demirleme ağından oluşur.
2. Akışkan Transfer Sistemi (FTS): Tipik çoklu firdöndü birleşimidir. Akışkan işlemini ve diğer sinyalleri döner kuleden FPSO üzerindeki işlem alanlarına transfer eder. Döner kulenin üzerinde bulunur.
3. Kule Transfer Sistemi (TTS): Kulenin tepesinde bulunur. Kule ile birlikte döner.
4. Ara Birim Sistemi (IS): Firdöndü erişim yapısını demirleme hatları ile kulenin ve di-





Şekil 4.2 FPSO Taret sistemi

ğ er ekipmanların altındaki esnekliği kapsar.

Taret sisteminin döner kule bileşeni için risk oluşturabilecek sistem alt bileşenleri şu şekilde sıralanmıştır.

Döner Kule Risk Oluşturabilecek Bileşenler:

Esnek kaldırıcılar ve bağlantı (A1)

Civatalama (A2)

Ana kule yataklaması (A3)

Alt yatak montajı (A4)

Zincir gerilmesi (A5)

Gemi güvertesi üst mil yatağı (A6)

Kule şaftı (A7)

Moonpool ve döner kule boşluğu (A8)

Demirleme hattı (A9)

Bağlantı şamandırası (A10)

Bu bileşenler için hata oranı, şiddeti, hata olasılığı için üçgen bulanık sayılar Tablo 4.1’ de verilmiştir. Uygulama da üçgen bulanık

sayıların seçilmesindeki etkenler şu şekilde sıralanabilir.

1) Karmaşık fonksiyonların, büyük hesaplamalarda faydası olmamaktadır, aksine daha çok karışıklığa sebep olmaktadır.

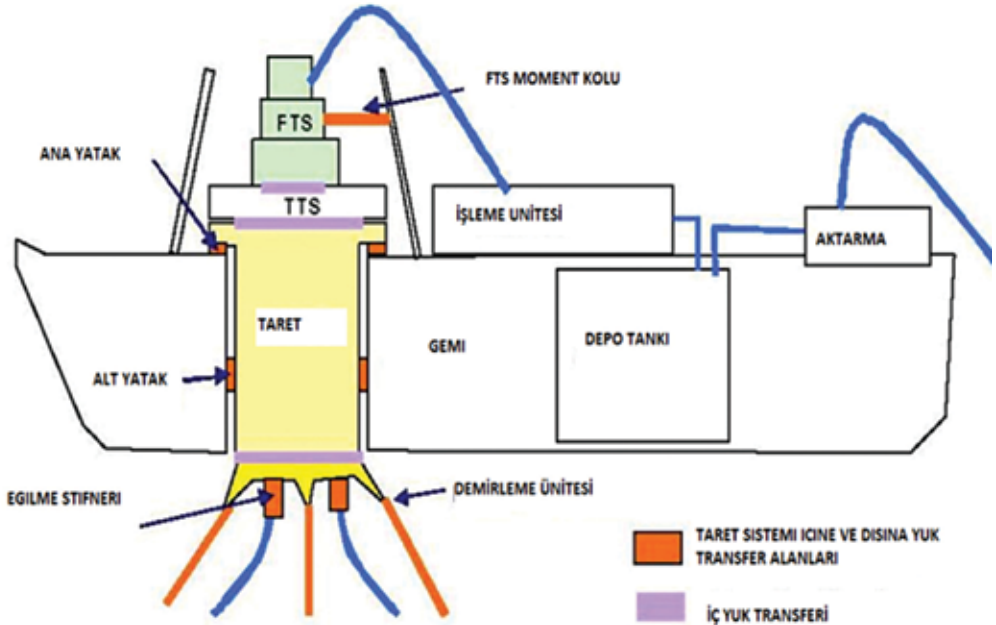
2) Bulanık matematik işlemlerinde üçgen bulanık sayılarla çalışmak daha kolaydır.

3) Üyelik fonksiyonlarını tanımlamada karmaşık bulanık sayılardan yararlanmak daha zordur.

4) Birden fazla uzmanın karar dağılımını üçgen bulanık sayılar daha etkin bir şekilde ifade eder.

Hata oranı, şiddeti, hata olasılığı dereceleri, önem sıralamaları ve anlamları Tablo 4.2, 4.3 ve 4.4’ de verilmiştir.

Bulanık küme teorisi temelde, insan düşünce ve algılarındaki belirsizliklerle ilgilenir ve bu belirsizlikleri sayısallaştırmaya çalışır. Bu teori klasik matematiğin çok yetersiz kaldığı, özünde belirsizlik veya kesinlik içermeyen karar verme problemlerine, kesinlik kazandırıp çözümdeki sorunları ortadan kaldıran kavramlar ve yöntemler sunmaktadır (7)



Şekil 4.3 FPSO Sistemi Bileşenleri

Tablo 4.1 Döner Kule Hataları (6)

Bileşenler	Hata oranı	Sonuç derecesi	Sonuç hata olasılığı
Esnek kaldıraçlar ve bağlantı (A1)	{0.65,0.7,0.75}	{0.8, 0.85, 0.9}	{0.55,0. 7,0. 8}
Civatalama (A2)	{0.775, 0.775, 0.775 }	{0.825, 0.825, 0.825}	{0.76, 0.76, 0.76}
Ana kule yataklaması (A3)	{0.55,0.75,0. 9}	{0.7,0. 85, 1}	{0.5, 0.75,0. 95}
Alt yatak montajı (A4)	{0.7,0. 8,0. 9}	{0.75,0. 85,0. 95}	{0.7,0. 75,0. 8}
Zincir gerilmesi (A5)	{0.7,0.75,0. 8}	{0.75,0.85,0. 9}	{0.6,0. 7,0.75}
Gemi güvertesi üst mil yatağı (A6)	{0.55,0.65,0.75}	{0.6,0.7,0.8}	{0.6,0.7,0.8}
Kule şaftı (A7)	{0.75, 0.75, 0.75}	{0.72, 0.72, 0.72}	{0.71, 0.71, 0.71}
Moonpool ve döner kule boşluğu (A8)	{0.6,0. 7, 0.75}	{0.65, 0.7, 0.8}	{0.45,0.55,0.6}
Demirleme hattı (A9)	{0.6,0. 65, 0.8}	{0.7, 0.8, 0.9}	{0.6, 0.75, 0.8}
Bağlantı şamandırası (A10)	{0.6, 0.75, 0.9}	{0.5, 0.75, 0.85}	{0.6, 0.75,0. 9}

Tablo 4.2 Önem Sıralaması

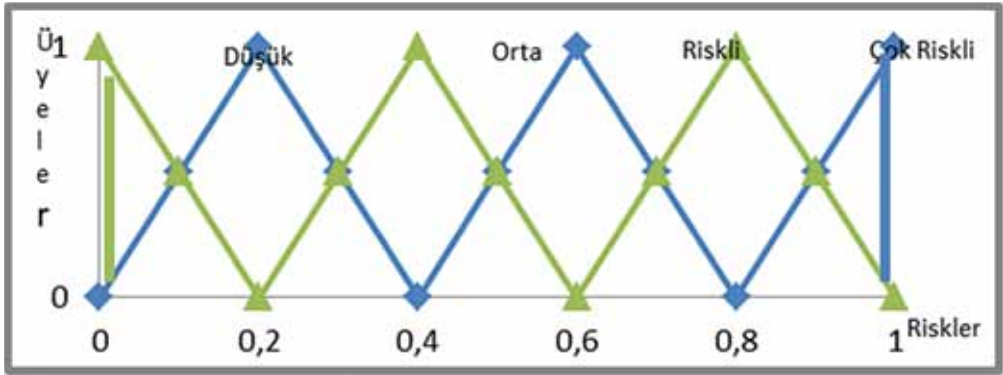
Derece	Önem sıralaması	Anlamı (denizcilik ve offshore yapısı/sistem yorumlama)
1	İhmal edilebilir	En fazla bir küçük yaralanma ya da planlanmamış bakım gerektirir (hizmet ve çalışma devam edebilir).
2, 3	Düşük	Olabilecek bir veya daha fazla küçük yaralanma ya da/ve sistemin küçük çaplı zarar görmesi. Çalışmalar çok az bölünür ve kısa süre içinde tekrar normal çalışma moduna devam eder.(2 saatten daha az zaman içinde)
4, 5, 6	Orta	Olabilecek birkaç küçük yaralanmaya da bir ağır yaralanma, sistemin orta çaplı hasar görmesi. Çalışmalar az bölünür ve 4 saatten uzun olmayacak süre sonra normal çalışma modunda tekrar devam eder.
7, 8	Kritik	Olası bir ölüm, olabilecek birçok ağır yaralanma ya da sistemin büyük çaplı hasar görmesi. Çalışmalar durur, platform kapatılır, mekik tankı çalışma arızası verir. Çalışma yapılamayan kapatılmış platform dolayısıyla yüksek oranda çalışma engellenmesi (örn. sondaj motor çalışmaya başlarken bozulması, enerji sistemindeki hatalar, demir atma hataları) ya da çalışmaz haldeki alt sistemler (e.g. DP, PRS).
9, 10	Çok kritik	Olası birçok ölüm, bir ölüm ve ya tüm sistemin çalışmama durumu. Olası bir hata durumunda çok yüksek önem derecesi (e.g. FPSO ile mekik tankeri arasında yıkılma, patlama, yangın) güvenli sistem çalışmasını etkiler ve/ya da hükümet sınır ve kısıtlamalarına karşı itaatsizlik içerir

Tablo 4.3 Hata oranları

Derece	Hata oranları	Anlamı
1,2,3	Çok düşük	Hata oranı çok düşük fakat yaşanma olasılığı mevcut
4	Düşük	Olay bir kez yaşanabilir.
5	Kabul edilebilir düşüklükte	Düşük ve ortalama değer arasında
6	Ortalama	Rastgele hata
7	Kabul edilebilir sıklıkta	Zaman zaman olması beklenen
8, 9	Sık	Tekrarlanan hata
9,10	Çok sık	Hatanın yaşanması kaçınılmaz.

Tablo 4.4 Hata sonuç olasılıkları

Sıralama	Hata oranı	Anlamı
1	Çok düşük	Verilmiş bir durumun olma olasılığının çok az olması (çok düşük oranda sistem çalışırken ve ya çalışma sırasında olma olasılığı).
2,3	Düşük	Verilen durumun yaşanma olasılığının düşük ama yine de yaşanabilecek olması
4	Kabul edilebilir düşüklükte	Verilen durumun yaşanma olasılığının kabul edilebilir düşüklükte olması
5	Ortalama	Verilen hata durumunun yaşanma olasılığının ortalama düzeyde olması
6,7	Kabul edilebilir sıklıkta	Verilen hata durumunun yaşanma olasılığının kabul edilebilir sıklık düzeyinde olması
8	Çok Sık	Verilen hata durumunun yaşanma olasılığının çok yüksek düzeyde olması
9,10	Kesin	Verilen hata durumunun yaşanmama olasılığının olmaması



Şekil 4.4 Risk Dağılım Grafiği

Tablo 4.5 Döner kule risk analizi

DÖNER KULE	karşılaşma sıklığı			olasılık			Ağırlıklı Ortalama
	toplam skor	sol skor	sağ skor	toplam skor	sol skor	sağ skor	
A1	0,833	0,19	0,857	0,668	0,391	0,727	0,783
A2	0,833	0,19	0,857	0,76	0,24	0,76	0,794
A3	0,804	0,261	0,87	0,696	0,4	0,792	0,804
A4	0,818	0,227	0,864	0,738	0,286	0,762	0,75
A5	0,815	0,227	0,857	0,675	0,364	0,714	0,782
A6	0,682	0,364	0,727	0,682	0,364	0,727	0,7
A7	0,72	0,28	0,72	0,71	0,29	0,71	0,715
A8	0,697	0,333	0,727	0,536	0,5	0,571	0,635
A9	0,773	0,273	0,818	0,707	0,348	0,762	0,75
A10	0,686	0,4	0,773	0,717	0,348	0,783	0,75

FPISO'nun döner kule sisteminin risk analizi bulanık küme teorisi ile yapılacaktır. Pillay ve Wang (8), risk değerlendirmesi için Şekil 4.4'deki skalayı önermişlerdir.

Buna göre ilk olarak tüm alt sistemlerin ve bileşenlerinin ağırlıklı ortalaması hesaplanır. Skaladan değerler belirlendikten sonra sistem bileşenleri arasında bir sıralama yapılabilir.

Tablo 4.1'deki kaza şiddeti ve olasılıklarının üçgen bulanık skorlarını sayısal skorlara çevirmek için Chen Yöntemi (9), uygulanır; sağ skor, sol skor ve toplam skor elde edilir.

Tablo 4.5'de hesaplanan değerler Şekil 4.4'deki risk dağılımına göre sınıflandırılırsa;

- A1: çok riskli A2: çok kritik
A3: çok kritik A4: kritik
A5: çok kritik A6: kritik
A7: kritik A8: orta
A9: kritik A10: kritik
Döner kule sistemi alt bileşenleri risk un-

surunun yüksek olduğu bölge olarak nitelendirilebilir. Bu durumda risk teşkil edecek şekilde sıralama yapılırsa

A3>A2>A 5>A1 >A4 >A9>A10>A7>A6>A8 olarak bulunur.

5. Sonuçlar

Endüstride her sektörde olduğu gibi denizcilik sektöründe de risk ve emniyet analiz yöntemleri yaygın ve etkin bir şekilde uygulanmaktadır. Risk ve emniyet analizinde ele alınan problemin yapısına göre çeşitli analiz teknikleri bulunmaktadır. Bir sistemde hataya/kazaya sebep olan alt bileşenlerin hata oranları/olasılıkları/frekanslarının değerlerinin sayısal (kesin) veri olmadığı durumlarda klasik risk analiz teknikleri yetersiz kalmaktadır.

Bu çalışmada risk analiz metodlarından ve kullandıkları alanlardan kısaca bahsedil-



miştir. Kaza teorileri, açık deniz yapılarında meydana gelen kazalara yer verilmiş, uygulama olarak da bir FPSO' nun döner kule sisteminin risk analizi bulanık küme teorisi kullanılarak yapılmıştır. Deterministik olmayan veriye sahip bu risk probleminde bulanık küme teorisi etkin ve kolay bir şekilde kullanılmıştır.

6. Kaynakça

- (1) DNV (Det Norske Veritas), "Accident statistics for floating offshore units on the UK Continental Shelf 19802005", 2007
- (2) DNV (Det Norske Veritas), "Marine Risk Assessment, Prepared by Det Norske Veritas for the Health and Safety Executive", Offshore Technology Report 2001/063, ISBN 0 7176 2231 2, 2001
- (3) Modarres, M., "What Every Engineer Should Know about Reliability and Risk Analysis, Marcel Dekker", New York., ss 3-6, 1993
- (4) "A Guide to Quantitative Risk Assessment for Offshore Installations, Centre for Maritime and Petroleum Technology", Symposium on Multiple-Valued Logic, Spain, pp. 72-76. CMPT London. ISBN 1 870553 365, 1999
- (5) Özkılıç Ö., "İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetim Sistemleri

- Ve Risk Değerlendirme Metodolojileri”, TİSK , 2005
- (6) Wang H.S. Sii, J. ,Eleye-Datubo A.G. vd. , “Safety Assessment of FPSO Turret-Mooring System Using Approximate Reasoning and Evidential Reasoning” , https://phps.portals.mbs.ac.uk/Portals/49/docs/jyang/SiiWangYang_Mar_Tech.pdf
- (7) Mentş A, “Açık Deniz Yapıları Bağlama Sistemlerinin Dizaynında Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Uygulanması” Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Yayınları, Yayın No: 246, ISBN 975-2545-25-12, 2010
- (8) Pillay, A., Wang, J,” Technology and Safety of Marine Systems”. Elsevier Ocean Engineering Book Series, vol. 7, 2003
- (9) CHEN, S. M., “A new approach to handling fuzzy decision-making problems”, Proceedings of the 18 th International IMO; (2002), “Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA), MSC/Circ. 1023 (MEPC/Circ.392)”, 5 Nisan 2002, http://www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data_id%3D5111/1023- MEPC392.pdf, (son erişim tarihi: 5 Mart 2012).