

YAT TASARIMINDA DFMEA UYGULAMASI

Emre ÖZEN, Şebnem HELVACIOĞLU & Ayhan MENTEŞ

(İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnş. ve Deniz Bilimleri Fak., İstanbul, Türkiye)

ÖZET: Birçok sanayi sektöründe, sistemlerin potansiyel hata türlerini analiz ederek, hataları olasılıklarına ve benzerliklerine göre sınıflandırmak için Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) yöntemi kullanılır. Bir sistemde (veya üründe) hatalara ve kayıplara sebep olan tasarım risklerini yönetmek ve azaltmak içinde Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizi (DFMEA) yöntemi tercih edilir.

Bu çalışmada DFMEA, yat inşasında potansiyel risk taşıyan yangın, yakıt ve sintine sistemleri tasarımlarına uygulanmıştır. Tüm yat sistemleri arasında bu sistemlerin risk tayininin yapılması, sektörde deneyimli bir uzman grubu ile yapılan görüşmeler sonunda ortak görüş olarak belirlenmiştir. Bir yatın tasarım aşamasında DFMEA'yi uygulamak, sistemde minimum kaynak ve güç kullanımı ile olası hataları gidererek zaman ve maliyeti düşürmeye yardımcı olacaktır.

Anahtar kelimeler: FMEA, DFMEA, yat tasarımı, yakıt sistemi, yangın yakıt sistemi, sintine sistemi

DFMEA APPLICATION FOR YATCH DESIGN

SUMMARY: In most industrial sectors, to analyse potential failure modes of systems and classify the failures according to possibilities and similarities, Failure Mode and Effects Analyses (FMEA) is utilized. In general, Design Failure Mode and Effects Analysis (DFMEA) is employed to manage and mitigate design risks, which cause failures and hazards in a system (or product).

In this study, DFMEA is applied to fire, fuel and bilge systems design which have potential risks in yacht construction. The risk assessment for these systems among all yacht systems is the common decision of a group of experts consisted of surveyors, and people experienced for years in sector. To apply DFMEA during design level of a yacht helps to eliminate potential failures from a system with minimum source and effort and reduces time and the cost.

Keywords: FMEA, DFMEA, yacht design, fuel system, fire system, balast system

1 GİRİŞ

Sistem tasarımı mühendislik disiplinlerinde çok önemli bir yere sahiptir. Mühendislik sistemleri, kavram tasarımından başlayarak üretim sürecine kadar pek çok karmaşık durum ve faktörlere sahip olabilmektedir. Önceden yapılan çalışmalardan ve tecrübelerden faydalanılarak oluşturulan modellerin kullanımı, tasarlanacak sistemler hakkında ön bilgi verir. Problemlerin çözümünde olası faktörlerin dikkate alınarak amaç/risk tabanlı mühendislik tasarımlarının geliştirilmesi; daha az kaynak, zaman ve maliyet faydası yanında daha güvenilir tasarımlara öncülük edecektir.

Risk, hata yapma olasılığının bir sonucu olarak tanımlanabilir veya bahsedilen hatanın sonucunun büyüklüğü ile ölçülebilir. Mühendisliğin konusu beklentileri karşılamak için tasarım, inşa ve üretim yapmak olarak tanımlansa da, bütçe, planlama, teknolojik yenilikler ve risk kavramını da göz önünde bulundurmamak çok önemli bir hale gelmiştir. (Mierzwicki, 2003).

Risk nitelik ve nicelik olarak ölçülebilir ve tanımlanabilir. Nitelik olarak Wang ve Roush (2000) riski proje çıktılarının tahmin edilen değerden sapması olarak tanımlarlar. Modarres (1992) riski “tehlikeye karşı korunaksız bir durumun sonucu olan potansiyel kayıp ya da sakatlık” olarak tanımlar. Açık bir tehlike kaynağı

olduğunda ve bu tehlikeye karşı hiçbir önlem olmadığında, kayıp ya da sakatlık olasılığı vardır ve bu da “risk” olarak adlandırılır. Modarres, “Karmaşık mühendislik sistemlerde, sıkça görülen tehlikelere karşı önlem alınır ve ne kadar yüksek seviye güvenlik tedbiri alınırsa o kadar düşük risk anlamına gelir” diyerek risk ve sistem güvenliği arasındaki bağlantının altını çizmiştir. Riskin bu ve benzeri birçok açıklaması vardır. Ancak risk nasıl tanımlanır tanımlansın, değişmeyen bir gerçek vardır; “Projeler karmaşık hale geldikçe, risk artar” (Mirerzwicki, 2003).

Risk mühendisliği, sistemin karmaşıklığını ve mühendislik dinamiklerini anlamayı içerir. Wang ve Roush (2000)’a göre, risk hatayı anlamak, mühendislik konusunda başarılı olmak için çok kritik bir noktadır. Her hata, sebebinin mantıklı bir sonucudur. Her şeye rağmen sebebi bulmak zor olabilir. Mühendisler hatanın kök sebebini bulmalıdırlar ve bu anlayış mühendislik başarısına giden yolu garanti edecektir.

Risk kavramını tanımlamak, mühendislik tasarımının limitlerini iyi anlamayı gerektirir. Her mühendislik tasarımının limitleri ve kırılma noktaları vardır. Mümkün olabilecek tüm hata mekanizmalarını öngörebilmek, sağlıklı bir mühendislik tasarımının daha da gelişerek tüm potansiyel risklerin en aza indirilmesine olanak sağlar (Mentes, 2010).

Risk analiz yöntemleri; nicel ve nitel yöntemler olmak üzere ikiye ayrılır. Nicel risk analiz yöntemi, matematiksel bir model kurmak için her kayıp bileşenin bilinen ve varsayılan karakteristiklerini kullanır. Nicel risk analizi, risk hesaplarında sayısal yöntemlere başvurur. Nicel risk analizinde tehdidin olma ihtimali, tehdidin etkisi gibi değerlere sayısal değerler verilir ve bu değerler matematik ve mantık metotları ile işlenip risk değeri bulunur. Nicel risk değeri, tehdidin olma ihtimali ve tehdidin etkisi çarpılarak hesaplanır. Nitel risk analizi, olası risk faktörlerini belirlemek ve olası risk faktörlerinin sonuçlarını veya sıklıklarını azaltmak, uygun tedbirleri saptamak için kullanılır. Nitel risk analizinde, risk değerini hesaplarken ve/veya ifade ederken sayısal değerler yerine yüksek, çok yüksek gibi tanımlayıcı sözel değerler kullanılır. Risk analizi yöntemleri risk analizi sürecinin matematik işlemler ve yorumlarının yapıldığı çekirdek kısmını oluşturur.

Sistem tasarımı aşamasında da nicel, nitel ve yarı nicel/nitel pek çok risk tayin yöntemi kullanılmaktadır. Bunlardan FMEA tekniği, otomotiv sektörü başta olmak üzere birçok sanayi kolunda üretim ve tasarım süreçlerinde çok sık

kullanılan ve karşılaşılan bir risk analiz yöntemidir. FMEA tekniği; kavram, üretim ve tasarım FMEA şeklinde farklı süreçlerde başarıyla kullanılmaktadır. Ürünlerin (veya sistemlerin) tasarım aşamasında kullanılan Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizi (DFMEA) riskleri önceden tahmin ederek hataları önlemeye yönelik bir analiz tekniğidir. Hatanın ortaya çıkması ile doğacak problemin, müşteri bakış açısıyla algılanması prensibine dayanır. Hatanın yaratabileceği olası etkiler sayısal olarak değerlendirilir ve belirlenen değerlere ve müşteri beklentilerine göre yüksek olarak öngörülen risk unsurlarına karşı önleyici uygulamalar devreye sokulur. Hataları üretim ya da müşteri seviyesine gitmeden önce önlemeyi ve dolayısıyla müşteri memnuniyetini arttırmayı hedefler.

FMEA birçok mühendislik alanında etkin bir şekilde uygulanmıştır. Açık deniz yapıları da bu uygulamaların en çok görüldüğü alanlardandır. Wall ve diğ. (2002) FMEA yönteminin yüzen yapılarda, yükleme ve boşaltma teknelerinde ve diğer yüzen depolama ünitelerinde nasıl kullanıldığını açıklamıştır. Pillay and Wang (2003) bir deniz vinci çekme sistemi için FMEA uygulaması örneği vermişlerdir. Wang ve Trbojevic (2007) deniz ve açık deniz sistemlerinin güvenlik tasarımını netleştirme sırasında ilgili sistemler için FMEA uygulamaları yapmıştır. Vinnem (2007), FMEA yöntemini kalitatif bir risk analiz yöntemi olarak kabul ettikten sonra geçmiş deneyimlerden çıkarımlar yapabilmek adına bir çok uzak deniz kazası için yöntemi uygulamıştır. Birçok sektörde başarı ile uygulanan FMEA yönteminin yat tasarımında kullanımı çok seyrek görülmektedir. Bu çalışma bu anlamda ilklerden biridir. Bu çalışma kapsamında gemi ve yat sörveyörlerinden oluşan bir uzman grubu oluşturulmuştur. Uzman grubunun ortak görüşü olarak yatlarda en yüksek risk potansiyeli; yakıt, yangın ve sintine sistemleri olarak belirlenmiştir. Bu sistemler, DFMEA yöntemi kullanılarak risk analizine tabi tutulmuştur. Sektörde tecrübe sahibi uzmanların görüşlerinden faydalanarak yat sistemlerinin tasarım aşamalarında olası hatalarını öngörüp, uygulama sırasında oluşabilecek etkilerinin tespiti, yat sistemlerinin üretim öncesi risklerinin azaltılması ve sağlayacağı daha az kaynak/maliyet/zaman katkıları nedeniyle önemlidir.

2 TASARIM HATA MODU VE ETKİLERİ ANALİZİ

Hata türleri ve etkileri analizi (FMEA), günümüzde endüstride tasarımların başlangıç aşamalarında güvenlik değerlendirmesi yapmak için çok sık kullanılan bir yöntemdir. FMEA tarihi 1950'lerin başında yöntemin uçuş kontrol sistemlerinin tasarım ve geliştirilmesinde kullanılmasıyla başlamıştır. Tasarımdaki değişikliklerin tanımlanması ihtiyacını karşılayan bir parametre olmuştur. Tüm bunların ötesinde yöntem, alt sistemlerin ve bu alt sistemlere ait tüm parçaların potansiyel hata modlarını içeren bir liste ihtiyacı doğurmuştur. FMEA tekniğinin uygulanması için aşağıdaki adımlar uygulanır:

- Sistemin tanımlanması.
- Temel kuralların belirlenmesi.
- Söz konusu sistemlerin tanımlanması.
- Alt sistemlerin tanımlanması.
- Hata türleri ve etkilerinin tanımlanması.
- Kritik adımların listelenmesi.
- Sonuçların derlenmesi.

2.1 DFMEA Kullanım Amacı

DFMEA aşağıdaki maddeleri hedefleyen, sistemli bir grup aktivite olarak tanımlanabilir.

- Bir ürünün ya da tasarımın potansiyel hatasını ve bunun etkilerini teşhis etmek ve değerlendirmek (Ford FMEA, 2011).
- Söz konusu potansiyel hatanın oluşmasını önleyecek ya da oluşma şansını azaltacak aksiyonlar belirlemek, bu işlemi dökümanete etmek ki bu da müşterinin isteklerini karşılayabilecek bir tasarım yapma konusunda tamamlayıcı bir faktör olacaktır (Ford FMEA, 2011).

DFMEA metodunun bu çalışmadaki amacı ise, yat tasarım sürecinde tasarlanan sistemlerin çalışması sırasında çıkabilecek problemlerin ve etkilerinin öngörülmesi ve bu etkilerin azaltılması ya da tamamen önlenbilmesinin sağlanmasıdır.

2.2 DFMEA Metodolojisi

DFMEA genel olarak, bir ürün ya da tasarımdan sorumlu tasarım mühendisi ve ekibi tarafından, mümkün sınırlar içinde, potansiyel hata türlerini ve ilgili hata türlerinin nedenlerini ve işleyişlerini belirleyebilmek ve tanımlayabilmek için kullanılan analitik bir tekniktir. İlk aşamasından itibaren tüm ilgili sistemler boyunca alt sistemler ve bileşenler de dahil olmak üzere çok iyi incelenmelidir. En kısa tanımlamayla FMEA bir mühendisin ya da ekibin, sistem ya da ürünü tasarlanmış gibi

düşünerek ve bunu simule ederek oluşturduğu bir senaryonun özetidir. Bu sistematik yaklaşım mühendisin herhangi bir tasarımın hayata geçmesi durumundaki bilimsel ve teknik aşamaları simule eder, tasarımı yapacak bir sonraki mühendis ya da ekip için bunları dökümanete eder.

DFMEA yönteminde aşağıdaki maddeler uygulanır bu sayede hata riski azaltılır ve tasarım sürecini desteklenir (Ford FMEA, 2011).

- Tasarım gereksinimlerinin ve alternatiflerinin objektif olarak değerlendirilmesini sağlar.
- Başlangıç tasarımına üretim gereksinimlerinin belirlenmesi için yardımcı olur.
- Sistemlerin ve bileşen operasyonlarının tasarım ve geliştirilmesinde potansiyel hata türleri ve bunların etkilerinin göz önünde bulundurulmasını sağlar.
- Yapılan tasarım sonrasında, bu tasarımı izleyen tasarımların, testlerin ve geliştirme programlarının planlanmasına yardımcı olabilecek bilgiler sağlar.
- Tasarlanan sistemin son kullanıcıya “müşteriye” etkilerine göre sıralanan bir potansiyel hata modları listesi oluşturur. Bu da sistem tasarımının iyileştirilmesi ve geliştirilmesi için, en az kurulumu tamamlanmış sisteme uygulanacak geliştirme ve onay testlerinin ya da analizlerinin sonuçları kadar güvenilir bir sistem oluşturur.
- Tavsiye edilebilir ve kayıt tutulabilir bir açık konular listesi formatı sağlar.
- Gelecekte yaşanabilecek sorunların analizine, tasarım değişikliklerinin değerlendirilmesine ve üst düzey tasarımların geliştirilmesine yardımcı bir referans görevi görür.

2.3 DFMEA Uygulaması

Üreticilerin ürünlerini, sürekli olarak geliştirmeye duydukları bağlılıktan dolayı, DFMEA tekniğini, potansiyel endişeleri saptamak ve elimine etmek üzere bir kontrol–denetim tekniği olarak kullanma ihtiyacı her zamanki kadar yüksektir. Konuyla ilgili örnek çalışmalar göstermiştir ki, DFMEA uygulamalar risk unsuru olarak tanımlanabilecek durumların tehlikeli sonuçlarını önlemede başarılı olmuştur.

DFMEA hazırlama sorumluluğunun tek bir kişiye verilmesi gerekse de, DFMEA girdileri bir takım çalışmasıyla belirlenmelidir. Bahsi geçen takım, konuyla ilgili bilgi sahibi olan bireylerden oluşmalıdır. Bu kişiler tasarım, üretim, montaj, servis ve kalite ve güvenilirlik konusunda uzman mühendisler olmalıdırlar.

Çizelge 1 Şiddet, Olasılık ve Saptanabilirlik değerleri.

Şiddet	Derece	Olasılık	Derece	Saptanabilirlik	Derece
İkazsız Tehlike	10	Çok Yüksek	10	Kesin Belirsizlik	10
İkazlı Tehlike	9		9	Ç. Uzak	9
Ç. yüksek	8		8	Uzak	8
Yüksek	7		7	Ç. Düşük	7
Orta	6	Orta	6	Düşük	6
Düşük	5		5	Orta	5
Ç. Düşük	4		4	Ortadan Yüksek	4
Önemsiz	3	Düşük	3	Yüksek	3
Ç. Önemsiz	2		2	Ç. Yüksek	2
Etkisi Yok	1	Çok Düşük	1	Neredeyse Kesin	1

DFMEA uygulamasındaki en önemli faktörlerden biri zaman planıdır. Uygulama bir “olaydan önce” çalışması olmalıdır, “gerçekleşenden sonra” değil. En iyi değerlere ulaşmak için, DFMEA tasarımdan ya da üretimdeki bir hata modu farkında olunmadan tasarlanmadan önce yapılmalıdır.

Üründe ya da işlemden değişikliklerin en kolay ve en ucuzca uygulanabileceği aşamalarda ve hatta bu aşamalara gelmeden kapsamlı bir DFMEA yapmak, geç kalınmış değişikliklerin yaratabileceği problemlerin azaltılmasının ve hatta önlenmesini sağlayacaktır.

DFMEA, tasarımın her aşamasında problemin bir önceki aşamada olduğundan daha büyük hale getirebilecek bir değişikliğin uygulanma şansını düşürür veya yok eder. Eksiksiz uygulandığında üretimin sonuna kadar devam edecek yaşayan, yani duruma göre üzerinde güncelleme yapılabilir bir dokümandır.

Mevcut bir tasarımın yeni bir çevrede, lokasyonda ya da uygulamada kullanılması durumunda DFMEA'nın amacı yeni çevrenin veya lokasyonun var olan tasarım üzerindeki etkisidir.

Etkili önleyici eylemlerde bulunma tüm etkilenen aktivitelerle ilişkili olmalıdır. İyi tasarlanmış ve iyi geliştirilmiş bir DFMEA etkili önleyici ve düzeltici eylemler içermelidir. Sorumlu mühendis, DFMEA'daki tüm önerilen eylemlerin doğru uygulandığından ve doğru dağıtıldığından emin olmakla yükümlüdür. FMEA yaşayan bir dokümandır ve üretim başladıktan sonra oluşan tüm durumlara anında reaksiyon gösterebilecek şekilde tasarlanmalıdır.

Sorumlu mühendis karar verilen eylemlerin uygulandığından birkaç maddeyle emin olur;

1. Tasarım, üretim süreçleri ve teknik çizimler, alınan önlemlerin uygulanıp uygulanmadığı konusunda gözden geçirilir.

2. Tasarım ve üretim arasındaki işbirliğinin sağlandığından emin olunur.

3. DFMEA ve bundan yola çıkarak hazırlanan süreç FMEA ve kontrol planlarının gözden geçirilmesi.

DFMEA tasarım aşamasında ve tasarımın tüm detay adımlarında, tamamlanmış olan ürünün birincil ve diğer fonksiyonlarını yerine getirememeye riskini ortadan kaldırmak, öngörmek, engellemek, en azından olasılık ve şiddetini düşürmek için kullanılır (Ford FMEA, 2011).

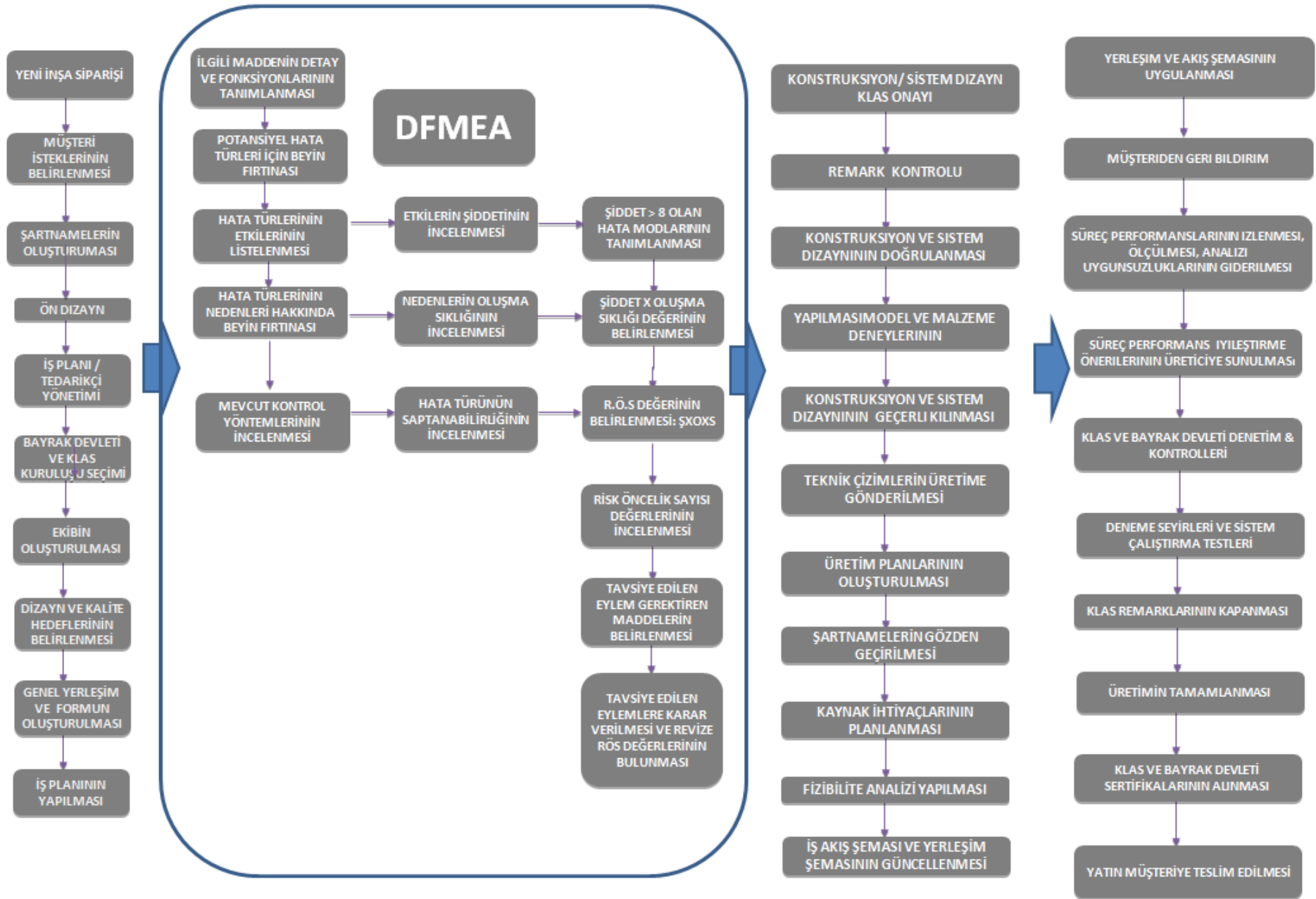
DFMEA tekniği, ele alınan sistemin risk kriterlerini değerlendirmek ve sıralamak için risk öncelik sayısı (RÖS) formülünü kullanır. RÖS değeri, şiddet(Ş), olasılık(O) ve saptanabilirlik(S) değerlerinin çarpılmasıyla ortaya çıkan bir değerdir. Ş, O ve S değerlerini belirlemek için değerleri 1-10 aralığında değişen çizelgeler kullanılır (Çizelge 1).

Risk öncelik sayısı tasarımdaki riskin bir ölçüsü niteliğindedir. RÖS değeri 1 ile 1000 arasındadır. DFMEA bir sürekli iyileştirme aracı olarak kullanıldığında, yüksek RÖS değerleri hesaplanması durumunda sorumlu tasarım ekipleri bu yüksek RÖS değerini düşürmek üzere bir takım düzeltici faaliyetler uygulamalıdır.

3 YAT SİSTEMLERİNDE DFMEA UYGULAMASI

Yat sistemleri, bir yatın yangına karşı güvenlik önlemleri ve ilgili tertibatı, su geçirmez bütünlüğünün korunması, yakıt tüketiminin düzenlenmesi ve yönetilebilmesi ve dolayısıyla yatın seyrini güvenli ve sorunsuz şekilde devam ettirebilmesi için sevk ve dümen sistemine yardımcı sistemler olarak tanımlanabilmektedir. Bunların yanı sıra, yat sistemleri teknedeki tüm sıvı ve gaz akışını düzenleyen boru donanımı ve ekipmanları da içerir. Bu sistemlerin tasarımı, her tasarım sürecinde olduğu gibi ilgili sistemden beklenen ihtiyaçlar ve olası problemler öngörülerek yapılır. İlgili devreler gereklilik halinde su geçirmez perdelerden geçer veya tekne kabuğunu delerek su emişi ya da atışı yapabilirler. Bu durum teknenin su geçirmez bütünlüğünün korunmasında ciddi bir risk oluşturur. Sistem tasarımı aşamasında, devrelerin kendi ana işlevlerini yerine getirirken, teknenin bütününe oluşturan diğer bileşenlere zarar vermemeleri öncelikli göz önünde bulundurulması gereken bir parametredir.

Yat sistem tasarımı genellikle yeni yöntem ve teknolojileri kapsar ki bu durum doğasında risk unsurları barındırır. Bu uygulamalar çoğu zaman kendi türünde ilklerdir. Hata, istenen performans ile elde edilen performans arasındaki farklarla, aşılabilir bütçelerle ve taahhüt edilen tarihe uyamama



Şekil 1 Yat tasarımı süreç akış (Ozen, 2014)

Çizelge 2 Yangın, Yakıt ve Sintine sistemi potansiyel hata modları (Ozen, 2014).

No	Yangın Sistemi		Yakıt Sistemi		Sintine Sistemi	
	Hata Kodu	Hata Modu	Hata Kodu	Hata Modu	Hata Kodu	Hata Modu
1	Fire.FM1	Basım debisinin düşük kalması	Fuel.FM1	Yakıt kapasitesinin gerekenden düşük hesaplanması	Bilge.FM1	Sistem emiş debisinin düşük kalması
2	Fire.FM2	Basım debisinin yüksek kalması	Fuel.FM2	Ana yakıt tanklarının LCB'den uzakta konumlandırılması	Bilge.FM2	Sistem emiş debisinin yüksek kalması
3	Fire.FM3	Pompa tipi yanlış seçimi nedeniyle düşük su akışı	Fuel.FM3	Malzeme yanlış seçimi nedeniyle boruda kırılma/çatlama	Bilge.FM3	Yanlış pompa tipi seçimi
4	Fire.FM4	Pompa tipinin yanlış seçimi nedeniyle pompa aşırı ısınması	Fuel.FM4	Boru malzemesi yanlış seçimi nedeniyle yakıt kirlenmesi	Bilge.FM4	Yanlış malzeme seçimi
5	Fire.FM5	Boru malzemesi yanlış seçilmesi	Fuel.FM5	Boru bağlantı detayının dişli yapılması	Bilge.FM5	Boru çapının gerekenden yüksek hesaplanması
6	Fire.FM6	Boru çapının yanlış belirlenmesi	Fuel.FM6	Hava firar borusu çapının küçük hesaplanması	Bilge.FM6	Boru çapının gerekenden düşük hesaplanması
7	Fire.FM7	Boru et kalınlığının yanlış belirlenmesi	Fuel.FM7	Yakıtın düşük basınçta makineye gitmesi	Bilge.FM7	Perdede yeterli izolasyon yapılmaması
8	Fire.FM8	Kompartman geçişlerinde ısı iletimi	Fuel.FM8	Yakıtın yüksek basınçta makineye gitmesi	Bilge.FM8	Sintinede biriken suyun emilememesi
9	Fire.FM9	Yeterli sayıda yangın istasyonu yerleştirilmemesi	Fuel.FM9	Yanlış sistem tasarımı nedeniyle tanklar arası transfer yapılamaması	Bilge.FM9	Borda su atış yerinin su hattı altında tasarlanması
10	Fire.FM10	Sistemin hava yapması	Fuel.FM10	Gerekenden yüksek tank kapasite hesabı	Bilge.FM10	Emme devresinin hatalı yerde tasarlanması
11	Fire.FM11	Dipten kum ve çamur emilmesi	Fuel.FM11	Gerekenden düşük tank kapasite hesabı	Bilge.FM11	Makine dairesi su aldığı anda elektrik pompaların servis dışı kalması
12	Fire.FM12	Hortumun yanlış seçilmesi	Fuel.FM12	Yakıt ayırıştırma kapasitesinin hatalı hesabı	Bilge.FM12	Elektrikli valflerin su teması sonucu çalışmaması
13	Fire.FM13	Nozulun yanlış seçilmesi	Fuel.FM13	Yakıt ayırıştırma tipinin yanlış seçimi	Bilge.FM13	Ana güç panosu kompartmanı su altında kaldığında pompaların çalışmaması
14	Fire.FM14	Yangın dedektörlerinin yanlış yerlere yerleştirilmesi	Fuel.FM14	Günlük tank kapasitesinin yanlış hesabı nedeniyle yakıt bitmesi		
15	Fire.FM15	Yanlış yangın dedektörü seçimi				
16	Fire.FM16	Yanlış yangın dedektörü seçimi nedeniyle hatalı yangın uyarısı				
17	Fire.FM17	Dedektör kablolama hatası				
18	Fire.FM18	Gaz konsantrasyonunun yanlış hesaplanması				

gibi sonuçlarla fark edilir. Bu tip riskler, sonuçlarıyla ve sonuçlarının boyutlarıyla ölçülebilirler.

Yat sistemlerinden herhangi birinin tasarımı sırasında karşılaşılabilecek potansiyel hataları ve bunun etkilerini teşhis etmek ve değerlendirmek, söz konusu potansiyel hataların oluşmasını önleyecek ya da oluşma şansını düşürecek aksiyonlar belirlemek ürün güvenliğini arttıracaktır. Bu arguman ve değerleri dökümanete etmek, müşterinin isteklerini karşılayabilecek bir tasarım yapma konusunda tamamlayıcı bir faktör olacaktır.

Yat sistemleri tasarımına hata türleri ve etkileri analizi (DFMEA) uygulamasının, bir yat tasarımı sürecinin hangi kısmında sürece dahil olduğunu gösteren diyagram Şekil 1' de görülmektedir.

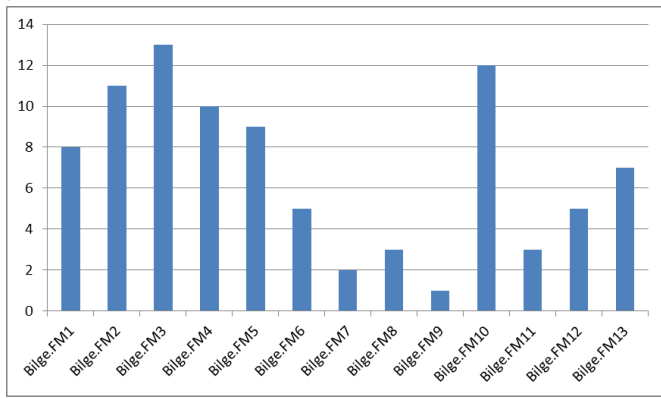
Bu sistemlerin potansiyel hata türleri belirlenirken ve DFMEA'in her aşamasında, sektörde deneyimleri 8-14 yıl arasında değişen 6

uzmanın edindikleri tecrübelerden faydalanılmıştır. Sintine, yangın ve yakıt devrelerinde potansiyel hata türlerini öngörme ve belirleme konusunda uzmanlarla beyin fırtınası tekniğinden faydalanılmıştır. Bu sistemlerde her bir fonksiyonel adımında yaşanması muhtemel potansiyel hata modları Çizelge 2' de görüldüğü gibi listelenmiştir.

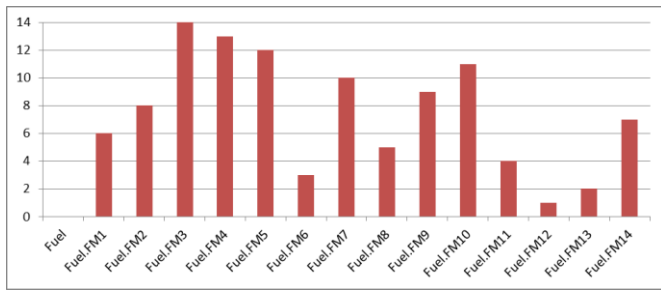
Hata türlerinin belirlenmesinin ardından, hatanın potansiyel etkisi, sebebi, hatayı saptamak ve önlemek için kullanılan yöntemler belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra, uzmanlar her bir hata türü için şiddet, olasılık ve saptanabilirlik değerlendirmelerini sayısal olarak yapmışlardır. Uzmanlar tarafından belirlenen şiddet, olasılık ve saptanabilirlik değerlerinin çarpılmasıyla başlangıç risk öncelik sayıları hesaplanmıştır.

Şekil 2, 3 ve 4'de sırasıyla yat sintine, yakıt ve yangın sistemleri hata modları riskleri, en az riskliden (en küçük sayı ile verilen) en riskliye (en büyük sayı ile verilen) doğru sıralanmıştır.

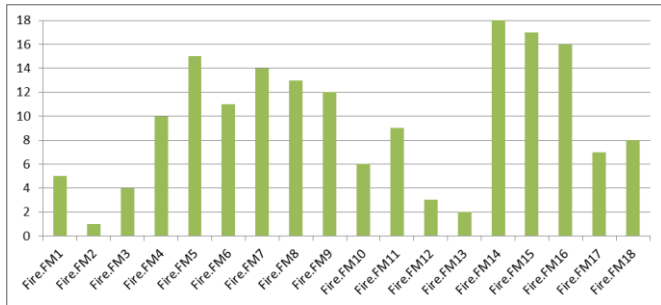
Örneğin Şekil 2’de, sıralamada 1. olan Bilge.FM9 en az riskli ve 13. olan Bilge.FM3 en çok riskli hata modunu ifade etmektedir.



Şekil 2 Sintine sistemi hata modları risk sıralaması



Şekil 3 Yakıt sistemi hata modları risk sıralaması.



Şekil 4 Yangın sistemi hata modları risk sıralaması.

Yat sistemlerine DFMEA uygulamasında, uzmanların hata modları için belirlediği şiddet (Ş), olasılık (O) ve saptanabilirlik (S) değerlerinin çarpılmasıyla bulunan RÖS değerlerinden, değeri 100’ ü bulan ya da 100’ e yaklaşanlar için düzeltici ve önleyici faaliyet önerilmiştir. Bu sayede şiddet (Ş), olasılık (O) ve saptanabilirlik (S) değerlerinden biri önerilen düzeltici ve önleyici faaliyetin niteliğine göre düşürülmüştür. Çizelge 3’de tüm uzmanların yangın sistemi için belirlediği önerilen faaliyetler örnek olarak verilmiştir.

Revise edilen yeni değerlerin çarpımıyla oluşan düzeltilmiş risk öncelik sayısı değerleri, hata modunu risk tanımından çıkarmış ve risk olarak önceliğini düşürük güvenli bir seviyeye çekmiştir. Şekil 5’de önleyici tedbirler uygulandıktan sonra yat yakıt sistemi hata modları RÖS değerlerindeki değişim oranları verilmiştir.

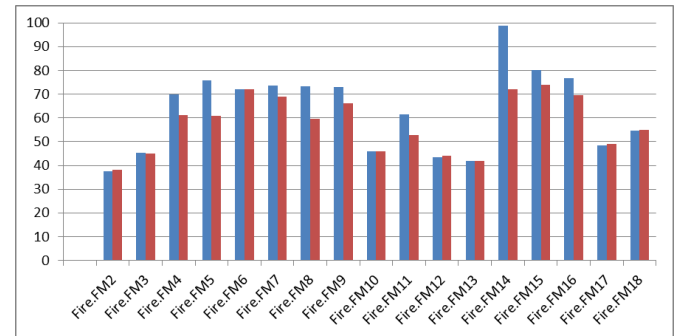
Genel uygulamada, özellikle müşterinin özel istekleri doğrultusunda DFMEA da belirlenen bir hata modunun şiddet değeri 9-10 olan maddelere bakılmaksızın düzeltici ve önleyici faaliyet alınabilir. Ancak bu çalışmada sadece RÖS değerleri 100 mertebesinde olan hata modları için düzeltici ve önleyici faaliyet alınmıştır.

Önerilen faaliyetlerin bir numaralı amacı tasarımı geliştirerek riskleri düşürmek ve müşteri memnuniyetini arttırmaktır. Uygulamada geçen bir kaç potansiyel faaliyet örneği aşağıdaki gibidir;

- Olayı bilgisayarda simüle ederek istenen şartlarda çalışıp çalışmadığından emin olmak.
- Malzeme testleri uygulamak.
- Önleyici uygulamaları arttırmak.
- Tasarımda değişikliğe gitmek.
- Kontrol birimlerini arttırmak.

Çizelge 3 Yangın sisteminde önerilen faaliyetler.

Hata Modu	Önerilen Faaliyetler
Fire.FM4	Deniz suyu santirfuj pompa kullanılması
Fire.FM5	Sertifikalı malzeme kullanılması
Fire.FM7	SCH Standart tablodan kalınlık tayini
Fire.FM8	Çelik boru geçişlerinin perde geçişleri dışında da izole edilmesi
Fire.FM9	Min. 2 istasyon yerleşimi yapmak / genel yerleşim üzerinden kontrol etmek
Fire.FM11	Alçak ve yüksek olarak çift yükseklikte kinistin tasarımı
Fire.FM14	Kaçış güzergahlarına dedektör yerleştirilmesi
Fire.FM15	Know-how desteği
Fire.FM16	Know-how desteği



Şekil 5 Önleyici tedbirler ile yakıt sistemi hata modları RÖS değerlerindeki değişim.

4 SONUÇLAR

Bu çalışmada, Tasarım Hata Türleri ve Etkileri Analizi (DFMEA) yöntemi yatarda yangın, sintine ve yakıt sistemlerine uygulanmıştır. FMEA mühendislikte pek çok alanda uygulama alanı bulurken, yat sistemlerinde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu çalışma, DFMEA

yönteminin yat sistemlerinde ilk uygulamalardan biridir.

Yatların yangın, sintine ve yakıt sistemleri baz alınarak hata modlarının ortaya çıkartılması için, sektörde tecrübeli, altı uzmandan destek alınmış ve hata tabloları hazırlanmıştır. Çalışma sonucunda çıkarılan sonuçlar aşağıdaki gibi maddelenmiştir;

- FMEA mühendislikte kullanılması çok pratik ve önemli bir yöntemdir. Tasarım-üretim aşamalarının sıralanması, bu adımlara karşılık gelen potansiyel hata türlerinin öngörülmesi, yapılan tasarımları ciddi ölçüde şekillendirmekte ve sistematik bir oto kontrol mekanizması oluşturmaktadır. Sistemin basitliğine karşın, sağladığı fayda ve gerçekçi çıkarımlar yöntemi son derece pratik bir hale getirmekte ve bugün birçok endüstri kolunda geniş bir kullanım oranına ulaşmasını sağlamaktadır.

- Yatlar genel olarak seri değil kişiye özel siparişle üretilir. Hatalarını görmek için bir yatın prototipini yapmak çok pahalı ve dolayısıyla verimsiz bir deneme yanılma yöntemi olacaktır. FMEA kurduğu hata türleri ve etkileri modeliyle söz konusu yat yapısal ve sistem tasarımlarındaki potansiyel hatalara dikkat çekmekte, bunların öngörülmesini sağlamaktadır. Bu durumun çok önemli bir sonucu da üretim sırasında maliyetleri çok arttıran yanlış işlemlerin düzeltilmesinin büyük ölçüde önüne geçilmesini sağlamasıdır.

- Şiddet, olasılık ve saptanabilirlik derecelerinin çarpılmasıyla elde edilen risk öncelik sayısı (RÖS) yöntemin sonuçlarını değerlendirme konusunda yetersiz kalmaktadır. Yöntem bu noktaya kadar çok tutarlı ve sonuçlarına güvenilir iken bu noktadan sonra, çıkan sonuçları değerlendirmek için yardımcı bir karar verme yöntemi gerekliliği özellikle göze çarpmıştır.

- RÖS sonuç değerlendirme için yeterli bir yöntem olmamakla beraber yöntem kullanıcısına fikir vermektedir. RÖS değeri düşük olan hata modları için risk potansiyelinin düşük olduğu yorumu yapılabilir. RÖS değeri yüksek olan hata modları ise yüksek risk potansiyeli olan kriterler olarak değerlendirilebilir.

- Bu yöntem sayesinde, konu ile ilgili uzman bilgisi kayıt altına alınmış ve herkesin kullanımına sunulmuş olmaktadır.

Çalışma sırasında, RÖS yöntemi ile hataların sıralanması, en kritik hata türlerinin belirlenmesindeki yetersizlikler görülmüştür. Farklı karar verme yöntemleri ile sıralamaların yeniden yapılması, yöntemi çok daha verimli kullanılabilir hale getirecektir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda tüm yat sistemleri için FMEA

tabloları geliştirilmeli ve yatlarda farklı alanlara uygulanmalıdır.

REFERANSLAR

Failure Mode and Effects Analysis Handbook (With Robustness Linkages), 2011.Ford FMEA Guidebook, Version 4.2, FORD Motor Company Dearborn, MI.

Menteş A., 2010. Açık Deniz Yapıları Bağlama Sistemlerinin Dizaynında Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Uygulanması, Doktora Tezi, İTÜ FBE.

Mierzwicki T. S., 2003. Risk Index for Multi-Objective Design Optimization of Naval Ships, Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.

Modarres, M. 1992. What Every Engineer Should Know about Reliability and Risk Analysis. Marcel Dekker, New York.

Ozen, E., 2014, Yatlarda Yangın, Yakıt ve Sintine Sistemleri Tasarımında DFMEA Uygulanması, Master Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, FBE, Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Programı.

Pillay A. and Wang J., 2003, Technology and Safety of Marine Systems, Elsevier Ocean Engineering Book Series, Volume 7.

Wang,J.X. and M.L. Roush. 2000. What Every Engineer Should Know About Risk Engineering and Management (What Every Engineer Should Know, V. 36). Marcel Dekker, New York.

Wang, J., Trbojevic, V., 2007. Design and safety of marine and offshore systems, London: IMarEST.

Wall M., Pugh H.R., Reay A. and Krol J., 2002. Failure modes, reliability and integrity of floating storage unit (FPSO, FSU) turret and swivel systems, Offshore Technology Report, 2001/073, HSE Books.

Vinnem J.E., 2007. Offshore Risk Assessment, Principles, Modelling and Applications of QRA Studies, 2. Edition, Springer-Verlag London.

YAZARLARIN ÖZGEÇMİŞİ

Şebnem HELVACIOĞLU

1966 yılında İzmir’de doğmuştur. 1987 yılında İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesinden mezun olmuştur. Yüksek Lisans ve Doktorasını yine aynı üniversitede 2001 yılında tamamlamıştır. 1993 yılından beri aynı üniversitede çalışmaktadır. 2005-2015 yılları arasında İTÜ Gemi İnşaatı Anabilim Dalında yardımcı doçent olarak çalışmış, 2015 Nisan ayından Doçent ünvanı almıştır. İlgi alanları yat dizaynı, gemi dizaynı ve yapay zekadır.

Ayhan MENTEŞ

Ayhan MENTEŞ, 1973 yılında Adana’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana’da tamamladı.

İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi’nde 1995 yılında lisans, 2000 yılında yüksek lisans ve 2010 yılında doktora çalışmalarını tamamladı. Vatani görevini 2002-2003 yılları arasında Marmaris’de Aksaz Deniz Üssü T.C.G. Havuz 13’de yaptı. Halen İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi’nde öğretim üyeliği görevini sürdürmekte olup, evli ve bir kız babasıdır.

Emre ÖZEN

Emre ÖZEN, 1985 yılında İzmir’ de doğmuştur. 2009 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Gemi İnşaatı ve Denizcilik fakültesinden mezun olmuştur. 2013 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Gemi inşaatı ve gemi makinaları mühendisliği bölümünde yüksek lisansını tamamlamıştır. 2008 – 2011 yılları arasında yat tasarımı / inşası alanında çalışmıştır. 2011 yılından bu yana otomotiv sektöründe çalışmaktadır.