

Elektrik Nedenli Yangınların İncelenmesi ve FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) Yönteminin Uygulanması (İstanbul Örneği)

¹Mehmet Cem Şengöz and ^{*2}Mustafa Merdan

¹Teknik Bilimler MYO, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye

^{*2}Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Özet:

Ülkemizde meydana gelen yangınlarda; her yıl çok sayıda mal kayıpları, yaralanmalar ve can kayıpları yaşanmaktadır. Çok az sayıda yapılan bilimsel çalışmaya göre meydana gelen bu yangınların %30'u elektrik nedenli yangındır (ENY). Bazı İtfaiye Daire Başkanlıkları, konuyla ilgili olarak internet siteleri aracılığıyla bölgelerinde yaşanan yangınlara ait yıllık istatistiksel bilgileri kamuoyuyla paylaşmaktadır. Ancak bu paylaşımlar, yangınların önlenmesi için yeterli değildir.

Bu çalışmanın 3 temel amacı vardır. İlki İstanbul'da meydana gelen yangınlara ait istatistiksel bilgiler sunarak yangın olaylarına karşı toplumun dikkatini çekmektir. İkincisi, özellikle iş yerlerinde meydana gelen yangınların çıkış noktaları hakkında bilgiler vererek iş güvenliği konusuna dikkat çekmektir. Son hedef ise istatistiksel bilgilerin İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu açısından değerlendirmesini yapmak ve bir iş yerinin elektrik tesisatıyla ilgili örnek aracılığıyla FMEA risk analizi örneği sunmaktır.

Anahtar kelimeler: Elektrik, Yangın, İstanbul, FMEA yöntemi

Abstract:

In the fires that are happening in our country; Every year there are numerous casualties, injuries and loss of goods. 30% of these fires are caused by electricity according to very few scientific studies. Regarding this issue, some fire brigade departments share the annual statistical information about fire incidents in their regions through internet sites. Unfortunately, these are not enough to prevent fires.

There are three basic goals of this study. The first target is to attract the attention of the society against the fire events by presenting statistical information about the fires that have occurred in the province of Istanbul. The second target is to draw attention to the issue of work safety, especially by giving information about the exit points of the fires in the workplace. The final objective is to make statistical information from the point of view of the Occupational Health and Safety law and to present an example of the FMEA risk analysis of a workplace electrical installation.

Key words: Electricity, fire, Istanbul, FMEA method

1. Giriş

Yangınlar, önemli bir iş kazası türüdür. İnsanlığın ihtiyaçlarının karşılandığı her türlü imalat ve hizmet sektöründe meydana geldiklerinde hem can kayıplarına hem de maddi kayıplara yol açmaktadır. Ülkemizde çok sayıda çalışanın bulunduğu fabrika, maden ve tersane gibi imalat sektörlerinin yanı sıra market, otel, hastane, okul gibi hizmet sektörlerinde çok sayıda yangın

*Corresponding author: Address: Teknik Bilimler MYO, Akdeniz Üniversitesi, 07060, Antalya, Türkiye. E-mail address: csengoz@akdeniz.edu.tr, Phone: 02423106723

meydana gelmiştir. Bu yangınlara yol açan birçok neden gösterilmekle birlikte, özellikle sanayi faaliyetlerinde en önemli yangın başlatıcısının elektrik arkları olduğu görülmüştür.

Benfer ve Gottuk, priz ve priz kasalarındaki elektrik tesisatlarının vidalarının gevşek bağlanması durumunda oluşan arkların, aşırı ısınmaya ve yangına nasıl yol açtığını laboratuvar koşullarında denemişlerdir. Çalışmalarında, “kablo bağlantılarındaki vidaların gevşek olması durumunda” meydana gelen aşırı ısınmalarla bakır iletkenlerin renk değiştirdiğini, ayrıca vidaların yakın bölgesindeki priz kasalarında “kasa yapımında kullanılan malzemeye göre” ya erime ya da kuruyarak çatlama-kırılma meydana geldiğini deneysel olarak göstermişlerdir[1].

Olavi Keski-Rahkonen, Johan Mangs vd., nükleer santrallerde kullanılan elektrik kablolarından kaynaklanabilecek yangınlar için kapsamlı testler ve analizler yapmışlardır. Çalışmalarında Rusya, Litvanya, Almanya, Ukrayna ve Amerika’daki nükleer tesislerde meydana gelen elektrik nedenli yangınlara ait verileri aktardıktan sonra Finlandiya’da meydana gelen genel elektrik nedenli yangınlara ilgili verileri de sunmuşlardır. Ayrıca gevşek bağlantı, soğuk lehim, aşırı yüklerden kaynaklanan ısınma ve kablo kanallarında bir iletkenin başlayan yanmanın diğer kablolar üzerindeki etkisi konuları üzerinde de durmuşlardır. Tesisatlardaki bu sorunları incelemek içinde PEPSI test yöntemini kullanmışlardır. Ancak test sonuçlarını yeterli bulmayarak daha fazla çalışma yapılması gerektiğini de ifade etmişlerdir[2].

Shea, *Fire and Materials* dergisinde yayınlanan makalesinde yaşam alanlarında meydana gelen elektrik nedenli yangınların tanımlanarak bir kontrol listesi oluşturulması gerekliliğinden bahsetmiştir. Çalışmasında, elektrik tesisatlarında meydana gelebilecek tehlikelerin önceden belirlenebileceğini ve önlemlerin daha kolay alınabileceğini belirtmiştir. Laboratuvar ortamında yapılacak deneyler sayesinde yangın kavramıyla ilgili bilişsel düzeyin artırılabilceğini ortaya koymuştur. Aşırı ısınmaya neden olan paralel arkların, paralel ark meydana getiren aşırı ısınmaların, seri arkların ve tesisat kablolarında termal yaşlanmanın çok detaylı incelendiği bu çalışmada, kablolardan gaz çıkışına neden olan seri ve paralel ark enerjileri de karşılaştırılmıştır [3].

Can kayıplarına ve maddi hasarlara yol açan elektrik nedenli yangınların önlenmesi tamamen mümkün olmasa da -yapılacak disiplinli risk analizi çalışmalarıyla- azaltılmaları mümkündür. Temel olarak üç aşamadan oluşan bu çalışmalar için, öncelikle elektrik nedenli yangınların başlangıç yerlerini ve miktarlarını veren istatistiksel bilgilere ihtiyaç vardır. Ardından bu bilgiler kullanılarak saha kontrolleri yapılmalı ve iş yerinde elektrikten kaynaklanabilecek tehlikeler belirlenmelidir. Son olarak da ihtiyaçları karşılayabilecek bir risk analizi yöntemiyle bu veriler değerlendirilerek riskler ve gerekli önlemler tespit edilmelidir.

2. Materyal ve Yöntem

Özette de belirtildiği gibi 2011 ve 2015 yılları arasında İstanbul’da meydana gelen ENY’ler, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İtfaiye daire başkanlığı tarafından ön derlemeye tabi tutulmuştur. Bu bilgiler ikinci kez bu çalışma kapsamında yeniden derlenerek özellikle risk analizinde olasılık hesabında kullanılabilmesi için istatistiksel bilgiler haline getirilmiştir. Bu bilgiler, sunulan bu çalışmada; FMEA risk analizi yapılırken olasılık hesaplamasında kullanılmıştır.

2.1. FMEA yöntemi

Özkılıç yaptığı çalışmada, FMEA yönteminin, ürünlerin ve proseslerin geliştirilmesinde öncelikli olarak hata riskinin ortadan kaldırılmasına odaklanan, bu amaçla yapılan faaliyetleri belgelendiren bir teknik olduğunu ve ilk görevinin önleyici faaliyetlerle ilgilenmek olduğunu belirtmiştir. 60'lı yıllarda havacılık endüstrisinde kullanılmak üzere yeniden geliştirilen yöntem, günümüzde teknoloji ağırlıklı sektörlerin yanı sıra kimya ve otomotiv endüstrisinde de rahatlıkla kullanılmaktadır[4].

Yöntemin önemli birçok özelliği bulunmaktadır:

- Meydana gelen hatalar için istatistiksel çalışmalardan yararlanma,
- Hataların etkilerinin oluşturulan takım üyeleri tarafından detaylı olarak tartışılması,
- Hataların fark edilememesi durumundaki etkilerinin incelenmesi,
- Sistemin tamamına uygulanabilmesinin yanı sıra sistemi oluşturan parçaların her birine de bağımsız olarak uygulanabilmesi. Bu, risk analizinde başarıyı arttırmaktadır.

FMEA yönteminde olasılık hesabı yapılırken bazı iş sağlığı güvenliği uzmanları; kestirim yöntemini kullanılmaktadır fakat bu durum, alınacak önlemlerin maliyetini ya gereksiz yere yükseltebilmekte ya da risklerle ilgili yetersiz önlemler alınmasına yol açabilmektedir.

Dirik, statik elektrik yük deşarjlarına bağlı oluşan arklardan kaynaklanan patlama ve yangınların önlenmesi amaçlı risk analizinde, FMEA yöntemini kullanmıştır. Çalışmasında bir alüminyum toz karıştırıcısı ve bir balık fabrikasında meydana gelen iki ayrı patlamayı ve nedenlerini ortaya koymuş, bunu yaparken FMEA analiz yöntemini kullanmıştır. Bu yöntemin tek eksiği, olasılık hesabının, kestirim yöntemiyle yapılmasıdır[5].

Milli, FMEA yöntemini kullanırken çalışmasını yaptığı hazır giyim fabrikasını 5 bölüme ayırmış ve her bir bölüm için ayrı bir risk analizi çalışması gerçekleştirmiştir. Risk analizlerini yaparken de olasılık hesabı yerine kestirim yöntemini kullanmıştır. Böylece, bir fabrikanın bölümlere ayrılabilmesini, her bir bölümde ayrı risk analizi çalışması yürütülebileceğini ve sistemi oluşturan makine parkı, elektrik besleme sistemleri gibi alanlarda da FMEA uygulamasının gerçekleştirilebileceğini söylemiştir. Ayrıca meydana gelecek olayların şiddetlerinin belirlenmesinde ve fark edilmesinde puanlama için 2014 yılı SGK kaza istatistiklerinden yararlandığını ifade etmiştir [6].

3. Sonuçlar

3.1.İstanbul'da meydana gelen ENY'lerin başlama yerleri ve frekansları

İstanbul Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığından temin edilen verilerin incelenmesi sonucunda önemli bilgilere ulaşılmıştır. Ülkemizde pek çok sektörün faaliyet gösterdiği bu mega kentin elektrik nedenli yangınlarla ilgili istatistikleri çok önemlidir. Neredeyse her gün önemli yangınlara sahne olan bu kentimizin istatistikleriyle sunulacak bir risk analizi örneğinin, yol gösterici olacağı düşünülmektedir. ENY istatistikleri aynı zamanda risk analizi yönteminin doğru uygulanabilmesi için de gerekmektedir.

Tablo 1’de, 2011 ve 2015 yılları arasında meydana gelen yangınlarla ilgili genel bilgiler verilmiştir.

Tablo 1: İstanbul’da meydana gelen yangınlarla ilgili genel bilgiler

Yıl	Toplam yangın miktarı	Ev-iş yeri yangınlarının sayısı	Toplam yangınlar içinde ev-iş yeri yangınlarının oranı
2011	26.444	12.537	%47.40
2012	25.469	12.334	%48.42
2013	27.717	12.914	%46.59
2014	22.848	14.341	%62.76
2015	26.978	14.983	%55.53
Toplam	129.456	67.109	%51.83

Tablo 2’de yaşam alanlarıyla iş yerlerinde meydana gelen yangınlar karşılaştırılmıştır.

Tablo 2: Ev-iş yeri yangınları

Yıl	Ev-iş yeri yangınlarının sayısı	Elektrik nedenli yangınların sayısı	Ev-iş yeri yangınları içindeki ENY oranı
2011	12.537	3.662	%29.20
2012	12.334	3.776	%30.61
2013	12.914	3.649	%28.25
2014	14.341	4.073	%28.40
2015	14.983	4.325	%28.86
Toplam	67.109	19.485	%29.03

Tablo 3’te ev ve iş yerlerinde meydana gelen ENY’lerin karşılaştırması yapılmıştır. Meydana gelen ENY’ler; yaşam alanları, çalışma alanları ve okul alanları (ilkokul-ortaokul-lise-üniversite) olmak üzere 3 başlık altında incelenmiştir.

Tablo 3: Beş yıllık süreçte meydana gelen ENY’ler ve oranlar

2011-2015	Miktar	Toplam yangınlar içindeki payı
Evlerde meydana gelen ENY’ler	12.523	% 64.26
İş yerlerinde meydana gelen ENY’ler	4.528	% 23.23
Okul alanlarında meydana gelen ENY’ler	2.434	% 12.49

Tablo2’e göre ev-işyeri yangınlarında ENY oranları yaklaşık olarak % 29’un altına düşmemektedir. Bu bilgiye bize, meydana gelen her 3 yangından bir tanesinin elektrik nedenli olduğunu göstermektedir. Tablo 3 ise bize özellikle okul analarında da azımsanmayacak oranda elektrik nedenli yangın meydana geldiğini belirtmektedir. Özellikle 5 yıl içinde okul alanlarında 2434 adet ENY meydana gelmesi bu alanlarda da risk analizi uygulamalarının gerekliliği açısından çok önemlidir.

Tablo 4’te iş yerlerinde meydana gelen ENY’lerin başlama yerleri ve miktarları verilmiştir.

Tablo 4: İstanbul’da meydana gelen ENY’lerin başlama yerleri ve miktarları

ENY Başlama Yeri	Miktar
Elektrik nedenli olduğu düşünülen yangınlar	2188
Elektrik tesisatının dış etkenlerden hasar görmesi sebebiyle açığa çıkan iletkenlerdeki arklardan meydana gelen yangınlar	1303
Pano yangınları	462
Küçük mutfak aletleri yangınları (tost mak., fırın, su ısıtıcısı, kahve mak. vb.)	320
Aspiratör yangınları	141
Elektrikli ısıtıcı yangınları	88
Buzdolabı, mini iş yeri tipli, ev + endüstriyel derin dondurucu yangınları	75
Banyo şofbeni yangınları	40
Bilgisayar kaynaklı yangınlar	28
Çamaşır makinesi yangınları	24
TV, müzik seti, DVD player vb. yangınları	24
Saç kurutma makinesi, ütü, şarj cihazı vb. elektrikli kişisel aletler ve laptop yangınları	20
Bulaşık makinesi yangınları	18
Yapı bağlantı hattı kablo yangınları	13
Tavan/duvar tipi havalandırma fanları, hava perdesi, vantilatör yangınları	8
Çoklu priz yangınları	5
Toplam	4757

Tablo 4’e göre iş yerlerindeki ENY’ler, 16 farklı yerden başlamıştır. Bu durum, elektrikli kısımların neredeyse tamamının tehlike kaynağı olduğunu belirtmektedir. Özellikle risk analizi yapacak iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarının bu istatistik sonuçlarının üzerinde hassasiyetle durması gerekmektedir.

3.2. Risk analizi uygulaması

Elektrik tesisatları ve tüketim cihazlarında risk analizi örnek uygulaması, Antalya’da bir ilköğretim okulundan alınan bilgilerle gerçekleştirilmiştir. İki katlı olan ve 1994 yılında hizmete giren okulda, periyodik elektrik tesisat kontrolünün hiç yapılmadığı görülmüştür. Çalışma kapsamında -ENY istatistiklerinden yararlanılarak- tehlikeler tespit edilmiştir. Bu okulda pano, sıva üstü tesisat veya çoklu priz yangının meydana gelebileceği düşünülerek tehlike kaynakları belirlenmiştir. Bu belirlemeler yapılırken fotoğraflama da yapılmış ve ilgili yerin neden tehlike kaynağı olarak görüldüğü konusuna açıklık getirilmeye çalışılmıştır.

Örnek durum:

Çoklu prizlerden kaynaklanan yangının bu okulda meydana gelebilme ve hasara yol açma olasılığı, şöyle yapılabilir: tablo 4’e göre çoklu prizlerden kaynaklanan ENY sayısı 5’dir. Bu rakam, toplam ENY sayısına bölündüğünde olasılık puanı(O) ortaya çıkmaktadır.

$$O = \frac{5}{4757} = 0,00105$$

Bu değer 1/80 değerine çok yakın olduğu için olasılık skoru “6” alınmıştır. Okul personelinin iş

güvenliği, yangın eğitimi ve elektrik akımının yangınlara neden olmasıyla ilgili bilgi sahibi olmadıkları öğrenilmiştir. Bu nedenle okulda birçoklu priz yangının fark edilme ihtimali neredeyse yoktur. Bu nedenle böyle bir olayın fark edilme skoru(F) olarak “8” alınmıştır. Olay gerçekleştiğinde meydana gelecek hasar ciddi olacaktır. Can kaybı olmayacağı düşünülerek olayın şiddet skoru(S) “3” alınmıştır. Böyle bir olay meydana geldiğinde can kaybı olasılığı da bulunmaktadır. Ancak alınan istatistik bilgilerinde can kayıplarıyla ilgili bilgi olmadığı için skor düşük tutulmuştur. Bunlardan yola çıkıldığında risk öncelik skoru(RÖS):

$$RÖS = O \times S \times F$$

$$RÖS = 6 \times 3 \times 8 = 144$$

Şeklinde hesaplanacaktır. Bu, acil durum öncesi değerdir. Burası için alınacak önlemlerin muhakkak uygulanması gerekir, aksi takdirde çalışanların ya da iş yerinin zarar görmesi kaçınılmazdır.

Çoklu priz yerden kaldırılması ve ihtiyacı karşılayacak şekilde yeni bir tesisatın projelendirilmesi; çoklu priz ve kabloların aşırı ısınmasıyla meydana gelebilecek yangınların yanı sıra yerdeki kabloların ezilmesine bağlı tehlikelerin de önüne geçmiş olacaktır. Bu yeni durum için olasılık skoru(O) “3” alınabilir. Ayrıca çalışanlara verilecek eğitimle farkındalık sağlanacak ve olası bir yangının fark edilmesi daha kolay olacaktır, bu durum için de fark etme skoru(F) “3” alınabilir. Yangın olasılığı düştüğü için şiddet skoru(S) da “2” alınabilir. Bu durumda yeni risk öncelik skoru:

$$RÖS = 3 \times 2 \times 3 = 18$$

Olarak hesaplanacaktır. Bu skor, alınan önlemlerin periyodik saha kontrolleriyle devam ettirilerek korunması gerektiğini göstermektedir.

Tablo 5’te okuldaki elektrik sistemleriyle ilgili örnek tehlikeler, riskler ve RÖS değerleri sunulmuştur.

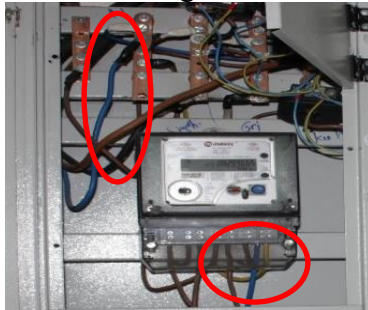
Tablo 5 risk analizi uygulaması

Tehlike	Risk	Önlemler Öncesi Risk puanı				Planlama	Önlemler Sonrası Risk Puanı			
		O	S	F	RÖS		O	S	F	RÖS
Atölyede periyodik tesisat kontrolü yapılmamış.	Her an yangın çıkabilir.	8	8	8	512	Elektrik tesisatında acilen periyodik kontrol yapılmalıdır.	2	2	2	6
Topraklama kablo rengi yanlış seçilmiş. (Fotoğraf 1)	Bakım onarımında bağlantı hatalarına yol açabilir.	4	7	8	224	Panonun değiştirilmesi gerekmektedir. 1 ay içinde mutlaka yaptırılmalıdır.	3	2	2	12

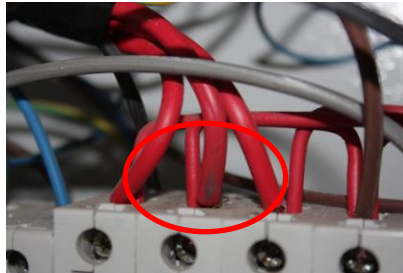
Tablo 5 (devamı)

Kompanzasyon panosu kablolarında siyahlaşma var. (Fotoğraf 2)	İzolasyon erimesi ve pano yangını	8	6	8	384	Panonun değiştirilmesi gerekmektedir ve 1 ay içinde mutlaka yaptırılmalıdır.	3	2	2	12
Projeksiyon cihazı beslemesi için kablolarına ek yapılmış. (Fotoğraf 3)	Bağlantı uçlarında aşırı ısınma ve yangına yol açma riski var.	9	6	8	432	Cihaz kablo ekleri mutlaka klemenslerle yapılmalı ve 1 haftalık süreçte uygulanmalıdır.	3	2	2	12
Sınıflardaki pek çok cihazın kablosu, yerde duruyor. (Fotoğraf 4)	Kabloların ezilerek kaçak yapması ve yangına neden olması mümkündür.	9	6	8	432	Cihaz kabloları için balıksırtı kablo kanalı kullanılmalı ve 1 haftalık süreçte uygulanmalıdır.	3	2	2	12
Mantar panoların arkasında klima besleme kabloları bulunuyor. (Fotoğraf 5)	Ezilme sonucunda kabloların yangın çıkartması kaçınılmazdır.	9	6	8	432	Kablolar için kablo kanalı kullanılmalı ya da başka bir buattan enerji çekilmeli ve 1 ay içinde mutlaka yaptırılmalıdır	3	2	2	12
Kablo sıcaklıkları termal kamerayla, 50°C olarak ölçülmüştür. (Fotoğraf 6)	Bu sıcaklığın, özellikle yaz aylarında yangına neden olması kaçınılmazdır.	9	6	8	432	Cihazların güç ihtiyacına göre, gerektiği kadar priz montajı projelendirilmeli ve 1 ay içinde mutlaka yaptırılmalıdır	3	2	2	12

Fotoğraf 1



Fotoğraf 2



Fotoğraf 3



Fotoğraf 4



Fotoğraf 5



Fotoğraf 6



4. Sonuç

İş güvenliği uzmanları, risk analizi uygulamalarında olasılık skorlarını ya çalışanların tecrübelerine göre kestirme yöntemiyle ya da tahminen almaktadır ama bu durum alınan önlemlerin yetersiz veya yüksek maliyetli olmasına yol açabilmektedir. Oysaki olasılık teoremine göre hareket edip istatistiksel bilgileri kullanmak daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Bu çalışma matris yöntemiyle yapılsaydı çoklu priz yangınından kaynaklanan yangınlar kabul edilebilir bir risk seviyesinde görülecekti fakat FMEA yönteminde, elektrik nedenli yangınların fark edilmesi de sorgulanmaktadır.

Tablo 3'e bakıldığında; okul alanlarında meydana gelen ENY'lerin sayısı oldukça dikkat çekicidir. Oysaki böyle yangınların okullarda meydana gelmemesi gerekirdi.

ENY'ler le ilgili olarak hazırlanan tablo 4 verileri, eğer ülkemizin sanayileşmiş kentlerinden elde edilerek geliştirilirse, risk analizi çalışmalarının daha da başarılı olacağı açıktır.

Çalışma neticesinde görülmüştür ki elektrik sistemlerinde risk analizi uygulaması, özel olarak yürütülmesi gereken bir uygulamadır.

Kaynaklar

- [1] Benfer M. & Gottuk D.. Electrical Receptacles-Overheating, Arcing, and Melting. Fire Safety Science-Proceedings of the Eleventh International Symposium. New Zealand. 2014.
- [2] Keski-Rahkonen O., Mangs J., Bertrand R. & Roewekamp M.. Fire induced damage to electrical cables and fire growth on cables. EUROSAFE Forum: convergence of nuclear safety practices in Europe Papers, (p.v). Germany. 2002
- [3] SHEA J.J., Identifying Causes for Certain Types of Electrically Initiated Fires in Residential Circuits, Fire and Materials. Volume 35. Issue 1. Pages: 19–42. January/February. 2011
- [4] Özkılıç Ö.. Risk Değerlendirmesi. Ankara. TİSK. 2014
- [5] Dirik C.. Statik Elektrik Kaynaklı Toz Patlamalarının FMEA Risk Analizi Yöntemi ile İncelenmesi ve Deneysel Analizi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Gediz Üniversitesi. 2015
- [6] Milli A.. Bir Hazır Giyim İşletmesinde İş Sağlığı ve Güvenliği Kapsamında Hata Türü ve Etkileri Analizi. Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Gazi Üniversitesi. 2015