

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI



BİR İŞ İSTASYONUNDAKİ ERGONOMİK RİSKLERİN
BULANIK MANTIK YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HÜSRE GİZEM AKALP

tarafından

YÜKSEK LİSANS

derecesi şartını sağlamak için hazırlanmıştır.

Mart 2016

Yüksek Lisans Programı: İş Sağlığı ve Güvenliği

BİR İŞ İSTASYONUNDAKİ ERGONOMİK RİSKLERİN
BULANIK MANTIK YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HÜSRE GİZEM AKALP

tarafından

OKAN ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsüne

Yüksek Lisans

derecesi şartını sağlamak için sunulmuştur.

Onaylayan:

Danışman
Prof. Dr. Ahmet Fahri Özok

Üye
Prof. Dr.
H. Savaş AYBERK

Üye
Yrd. Doç. Dr.
Rüştü Uçan

İSTANBUL

Mart 2016

Yüksek Lisans Programı: İş Sağlığı ve Güvenliği

ÖZET

İş yerlerinde yapılan çalışmalar esnasında karşılaşılabilecek nedenlerden kaynaklanan sağlık ve güvenliğe olumsuz etki edebilecek olan tüm koşullardan korunmak amacıyla yapılan bilimsel ve sistemli çalışmalar bütünü olan iş sağlığı ve güvenliği, gündeme geldiği günden itibaren sürekli gelişme göstermektedir. İş Sağlığı ve Güvenliği açısından çalışma ortamı koşullarının önemi oldukça büyüktür. Çalışılan ortamların, insanı rahatsız etmeyecek ve sıkıntıya yol açmayacak fiziksel şartlara (ısı, nem, havalandırma, aydınlatma, gürültü, titreşim vb) sahip olması, ayrıca çalışma ortamı koşullarının fiziksel olduğu kadar psikolojik açıdan da istenilen düzeyde tutulması esastır.

Yapılan bu çalışmanın amacı, sözel belirsizliklerin bulunduğu bulanık ortamlarda, özellikle İş Sağlığı ve Güvenliği çalışmalarında çalışanlar açısından daha fazla riskli olan istasyonun seçimi amacıyla Bulanık TOPSIS (Technique For Order Performance By Similarity To Ideal Solution) algoritmasının kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Kesin sayılar ile konuşulmayan ortamlarda, kesin sayılar ile ifade edemediğimiz veriler ile işlem yapmak karar verme açısından büyük önem taşımaktadır. Bulanık TOPSIS algoritması, çok ölçütlü karar verme aracıdır. Bu çalışmada İş Sağlığı ve Güvenliği kavramına ilişkin ortaya konulan beş risk faktöründen biri olan Ergonomik Riskler Bulanık Mantık yöntemi kullanılarak değerlendirilecek ve risk değerlendirme tekniklerinden bir tanesi olarak kullanılabilirliği tartışılacaktır. Yapılan çalışmada, Bulanık TOPSIS algoritmasında yamuk bulanık sayılar kullanılmıştır.

ABSTRACT

Workplace Health and Safety that is a systematic and scientific body of study aiming to protect employees and third parties from various causes of workplace injuries and hazards since the day it came into question. Both in terms of the Occupational Health and Safety as well as in companies required to ensure efficiency in terms of the importance of the work environment conditions are quite large. Therefore, the working environment conditions, physical and psychological employee life functions threatening, discomfort and inconvenience cause by heat, humidity, ventilation, lighting, noise, vibration and other issues related to the problem to be free from is required.

In fuzzy environments, operations with imprecise data are so important in terms of decision making. Fuzzy TOPSIS Algorithm is a multiple criteria decision making tool. This method supports group decision making and evaluation of quantitative and qualitative criteria simultaneously. Currently, Fuzzy TOPSIS presents a solution for decision makers when dealing with real world data that are usually multi attributes and involves a complex decision making process. Because of the heavy competition and uncertainty, attainment of complete and certain information flow becomes harder for businesses. In such environments, decision making with fuzzy data is rather important. The purpose of this study is to investigate the applicability of Fuzzy TOPSIS Algorithm for station selection in fuzzy environments where linguistic uncertainties exist.

TEŐEKKÜR

Bu yüksek lisans tez alıőmasının planlanması, araştırılması ve yürütülmesinde desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danıőmanım sayın Prof. Dr. Ahmet Fahri ÖZOK'a, yoğun çalıőmalarım sırasında sabır gösterdiği ve bana katlandığı için sevgili eőim Seymen AKALP'e sürekli ders çalıőarak onlarla ilgilenmediğimi söyledikleri halde anlayıőla karőıladıkları için sevgili kızlarım Pelin ve İpek'e ve tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi manevi hiçbir yardımı esirgemeyen sevgili annem Prof. Dr. Serpil AYTAÇ ve babam Prof. Dr. Mustafa AYTAÇ' a yanımda oldukları için tüm kalbimle teőekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-------------|
| TABLO LİSTESİ | viii |
| ŞEKİL LİSTESİ | ix |
| KISALTMALAR | x |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. İŞ SAĞLIĞI GÜVENLİĞİ KAVRAMI VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ | 3 |
| 2.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramı | 3 |
| 2.2. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Önemi | 6 |
| 2.3. Dünyada ve Türkiye’de İş Sağlığı Ve Güvenliği | 9 |
| 2.4. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve Getirdikleri | 12 |
| 2.5. İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk Tanımı ve Risk Değerlendirmesi | 16 |
| 2.5.1. Fiziksel riskler | 18 |
| 2.5.2. Kimyasal riskler | 19 |
| 2.5.3. Biyolojik riskler | 23 |
| 2.5.4. Psikososyal riskler | 25 |
| 2.5.5. Ergonomik riskler | 28 |
| 2.6. İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Yöntemleri | 33 |
| 2.6.1. Ön tehlike analizi | 38 |
| 2.6.2. İş güvenlik analizi | 39 |
| 2.6.3. Kontrol listeleri yardımı ile birincil risk analizi -(Preliminary risk analysis using checklists) | 40 |
| 2.6.4. Risk matrisleri | 41 |
| 2.6.5. Tehlike analizi ve kontrol noktaları (HACCP) | 43 |
| 2.6.6. Olursa ne olur? (What If?..) | 44 |
| 2.6.7. Tehlike ve işletilebilme çalışması (Hazard and Operability Studies-HAZOP) | 45 |
| 2.6.8. İş etki analizi (Business Impact Analysis- BSI) | 46 |
| 2.6.9. Kök neden analizi (Root Cause Analysis-RCA) | 46 |
| 2.6.10. Hata ağacı analizi (Fault Tree Analysis-FTA) | 47 |

| | |
|---|-----------|
| 2.6.11. Hata modu ve etkileri analizi (Failure Mode and Effects Analysis-FMEA) | 47 |
| 2.6.12. Olay ağacı analizi (Event Tree Analysis - ETA) | 52 |
| 2.6.13. Neden sonuç analizi | 53 |
| 2.6.14. Fine-kinney analizi (Mathematical Evaluations For Controlling Hazards Method) | 54 |
| 3. BULANIK MANTIK | 57 |
| 3.1. Bulanık Mantığın Tarihsel Gelişimi ve Kullanım Alanları | 57 |
| 3.2. Bulanık Küme Kavramı ve Üyelik Fonksiyonları | 59 |
| 3.2.1. Üçgensel üyelik fonksiyonu | 60 |
| 3.2.2. Yamuk üyelik fonksiyonu | 61 |
| 3.2.3. Gauss üyelik fonksiyonu | 62 |
| 3.3. Bulanık Topsis Algoritması | 63 |
| 3.4. Vertex Yöntemi | 71 |
| 3.5. Durulaştırma | 74 |
| 4. UYGULAMA | 76 |
| 4.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununa Ergonomik Açısından Eleştirisel Bakış | 76 |
| 4.1.1. Çevre açısından | 77 |
| 4.1.2. Araç-gereç açısından | 78 |
| 4.1.3. İnsan açısından | 78 |
| 4.1.4. İş organizasyonu açısından | 79 |
| 4.2. Firma Bilgisi | 79 |
| 4.3. Uygulama | 81 |
| 4.3.1. Amaç, Metod | 81 |
| 4.3.2. Çalışmanın Kapsamı | 82 |
| 4.3.3. Pilot İş İstasyonlarında Yapılan Çalışmalar | 82 |
| 4.3.3.1. Solvent Bazlı Üretim İstasyonu | 84 |
| 4.3.3.2. Öğütücü Grubu | 87 |
| 4.3.3.3. Boya Hazırlama İstasyonu | 89 |
| 4.3.3.4. Genel Gözlem | 91 |
| 4.3.4. Bulanık TOPSİS Algoritmasının Uygulanması | 93 |
| 4.3.4.1. Problemin Hiyerarşik Yapısının Oluşturulması | 93 |

| | | |
|--------------------------|---|------------|
| 4.3.4.2. | Karar Vericilerin ve Ölçütlerin Seçilmesi | 93 |
| 4.3.4.3. | Sözel Değişkenlerin Kullanılarak Değerlendirmelerin Yapılması | 94 |
| 4.3.4.4. | Durulaştırma | 102 |
| 4.3.4.5. | Sürecin Değerlendirilmesi | 105 |
| SONUÇ VE ÖNERİLER | | 106 |
| KAYNAKÇA | | 110 |



TABLO LİSTESİ

| | |
|---|-----|
| Tablo 2.1. Türkiye’de Yıllara göre İş Kazaları | 11 |
| Tablo 2.2. 5x5 Risk Skor Matrisi (L Tipi) | 42 |
| Tablo 2.3. Sonucun Kabul Edilebilirlik Değerleri | 43 |
| Tablo 2.4 Zararın Şiddeti | 51 |
| Tablo 2.5. Zararın Oluşma Olasılığı | 51 |
| Tablo 2.6. Fark Edilebilirlik | 52 |
| Tablo 2.7. Olasılık, Frekans ve Şiddet | 55 |
| Tablo 2.8. Risk Değerlendirme Sonucu | 55 |
| Tablo 4.1: Karar Ölçütlerinin Önem Düzeyinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değişkenler ile Yamuk Bulanık Sayılar Olarak İfadeleri | 94 |
| Tablo 4.2: Alternatiflerin Değerlendirilmesi İçin Kullanılan Sözel Değişkenler ve Yamuk Bulanık Sayı Olarak İfadeleri | 95 |
| Tablo 4.3: İstasyonlara Göre Ölçütlerin Önem Ağırlıkları Derecesi | 97 |
| Tablo 4.4: Karar Vericinin İstasyonları Değerlendirme Tablosu | 97 |
| Tablo 4.5: Bulanık Karar Matrisi | 98 |
| Tablo 4.6: Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi | 99 |
| Tablo 4.7: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi | 99 |
| Tablo 4.8: Bulanık Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Uzaklıkları | 101 |
| Tablo 4.9: Yakınlık Katsayıları ve Sıralama | 102 |

ŞEKİL LİSTESİ

| | |
|---|-----|
| Şekil 2.1. Ergonominin Kapsamı | 31 |
| Şekil 2.2. FMEA Prosesi | 50 |
| Şekil 3.1. Sayıların Komşuluğu | 61 |
| Şekil 3.2. Sayıların Komşuluğu | 62 |
| Şekil 3.3. Gauss Üyelik Fonksiyonu | 63 |
| Şekil 4.1. Yasa ve Yönetmelikler Kapsamında Ergonomik Olarak Ele Alınan Risk Faktör Grupları | 77 |
| Şekil 4.2. Solvent Bazlı Üretim İstasyonu Çalışma Duruşlarına Ait Görsel | 86 |
| Şekil 4.3. Öğütücü Grubu Çalışma Duruşlarına Ait Görsel | 88 |
| Şekil 4.4. Boya Hazırlama İstasyonu Çalışma Duruşlarına Ait Görsel | 91 |
| Şekil 4.5. Riski İstasyonun Belirlenmesi Probleminin Hiyerarşik Yapısı | 93 |
| Şekil 4.6. Ölçütlerin Önem Düzeyleri İçin Dilsel Değişkenler | 96 |
| Şekil 4.7. Alternatiflerin Değerlendirilmesi İçin Kullanılan Yamuk... | 96 |
| Şekil 4.8. 1 No'lu İstasyon Üyelik Fonksiyonu Grafikselleştirilmesi | 103 |
| Şekil 4.9. 2 No'lu İstasyon Üyelik Fonksiyonu Grafikselleştirilmesi | 103 |
| Şekil 4.10. 3 No'lu İstasyon Üyelik Fonksiyonu Grafikselleştirilmesi | 104 |
| Şekil 4.11. Ağırlık Merkezinin Grafik Üzerinde Gösterimi | 104 |
| Şekil 4.12. Ağırlık Merkezinin Grafik Üzerinde Gösterimi | 104 |

KISALTMALAR

| | |
|----------------|---|
| UÇÖ | Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labor Organization / ILO) |
| İSG | İş Sağlığı ve Güvenliği |
| TÜİK | Türkiye İstatistik Kurumu |
| SGK | Sosyal Güvenlik Kurumu |
| OSGB | Ortak Sağlık ve Güvenlik Birimi |
| MAK | Müsaade Edilebilir Azami Konsantrasyon |
| ESD | Eşik Sınır Değer |
| ÇSGB | Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı |
| AB | Avrupa Birliği |
| DSÖ | Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization / WHO) |
| EU-OSHA | Avrupa İş Sağlığı ve İş Güvenliği Ajansı (European Agency for Safety and Health at Work) |
| JSA | İş Güvenlik Analizi (Job Safety Analysis) |
| PRA | Birincil Risk Analizi Preliminary (Risk Analysis Using Checklists) |
| HACCP | Tehlike Analizi Ve Kontrol Noktaları (Hazard Analysis Ana Critical Control Points) |
| HAZOP | Tehlike ve İşletilebilirlik Çalışması (Hazard And Operability Studies) |
| BSI | İş Etki Analizi (Business Impact Analysis) |
| RCA | Kök Neden Analizi (Root Cause Analysis) |
| FTA | Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis) |
| FMEA | Hata Türü ve Etkileri Analizi (Failure Mode And Effects Analysis) |
| RÖS | Risk Öncelik Sayısı |
| ETA | Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis) |
| LIFE | Bulanık Mühendislik Laboratuvarı (Laboratory For Interchange Fuzzy Engineering) |
| TOPSİS | İdeal Çözüm Benzerliği Seçim Tekniği (Technique For Order Preference By Similarity To İdeal Solution) |
| AHP | Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Hierarchy Process) |

| | |
|-------------|-------------------------------|
| KV | Karar Verici |
| HMD | Hızlı Maruziyet Değerlendirme |
| ÇÖKV | Çok Ölçütlü Karar Verme |



1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojiye yaşanan gelişmeler ile birlikte üretimin ve rekabetin artması, iş hayatında, çalışanların sağlığına ve iş güvenliğine yönelik tehlikelerin artmasına yol açmaktadır. Özellikle sanayileşmenin arttığı ve buna bağlı olarak üretim yöntemlerinde değişikliklerin meydana geldiği 20. yüzyıl; yoğun makineleşmenin sonucunda ortaya çıkan iş kazaları, kazalara bağlı olarak ortaya çıkan ölümler ve meslek hastalıklarının da arttığı bir yüzyıl olmuştur. İşyerlerinde işlerin gerçekleştirilmesi esnasında doğan olumsuz şartlardan ve meslek hastalıklarından çalışanların korunması, üretimin devamlılığının sağlanması ve verimliliğinin artırılması amacıyla yapılan bilimsel ve sistemli tüm çalışmaları ifade eden “iş sağlığı ve güvenliği” (İSG) kavramının, son yıllarda sanayinin ve teknolojinin de daha fazla gelişmesi ile birlikte önemi artmıştır.

Yaşamın temel gereksinimlerinden biri olan çalışma hayatı, işçi ve işverenin ortak bir kültür alanında üretim adına bir araya gelmesi olarak tanımlanabilir. O halde hem işçi hem de işveren açısından sağlıklı ve güvenli çalışma koşullarının temininin sağlanması, çalışanın performansında olumlu değişiklikler yaratılmasını sağlayacak aynı zamanda üretime de verimlilik ve süreklilik sağlayacaktır.

Hem çalışanlar hem de işletmeler açısından çalışma hayatının daha verimli olabilmesinin yegâne kurallarından bir tanesi işletmelerde “ilk önce sağlık ve güvenlik” düşüncesinin benimsenmesi ve bu anlayışın sürekliliğinin sağlanmasıdır. Özellikle ülkemizde yapılan son yasal düzenlemelerle, iş sağlığı ve güvenliği

konusunda yürütülen çalışmalar, hem çalışanların hem de işletmelerin geleceğini korumaktadır. İş Sağlığı ve Güvenliği adına çıkartılan yönetmeliklerin temel amacı iş sağlığı ve güvenliği kavramının işçilerimiz, işverenlerimiz tarafından içselleştirilerek ülkemizde bu konuda ortak bir bilinç yaratılmasıdır.

Bu çalışmada İş Sağlığı ve Güvenliği kavramına ilişkin ortaya konulan beş risk faktöründen biri olan Ergonomik Riskler Bulanık Mantık yöntemi kullanılarak değerlendirilecek ve risk değerlendirme tekniklerinden bir tanesi olarak kullanılabilirliği tartışılacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramına İlişkin genel bilgiler verilecektir. İş Sağlığı ve Güvenliği'nin önemi, özellikleri ve Türkiye'de 2012 yılında yürürlüğe giren 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu açıklanacaktır. Yine bu kanun ile birlikte İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramında önemli bir yeri olan Proaktif yaklaşıma değinilecek ve Risk Değerlendirme kavramı açıklanacaktır.

Üçüncü bölümde bulanık mantık teorisi açıklanacak ve bulanık küme kavramı ile üyelik fonksiyonları tanımlanacaktır. Kuramın tarihsel gelişimi ile İş Sağlığı ve Güvenliğinde daha önceden yapılmış uygulama çalışmalarına değinilecek ve bulanık çıkarım sistemlerinin bileşenleri açıklanacaktır.

Dördüncü bölümde bulanık mantığın işletmedeki ergonomik risklerin değerlendirilmesinde uygulanması yer alacaktır. Uygulama Bursa Kimya Sanayinde faaliyet gösteren bir firmada gerçekleştirilmiştir.

2. İŞ SAĞLIĞI GÜVENLİĞİ KAVRAMI VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ

2.1. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ KAVRAMI

Çalışmak insan yaşamı içinde önemli bir yere sahiptir. Modern toplumlarda çalışma hayatı, çoğu insanın yaşamının merkezi haline gelmiş durumdadır. Çalışma hayatının birey üzerinde bıraktığı olumlu etkisi yanında özellikle çalışanların sağlığı üzerinde olumlu ve olumsuz etkilerinin söz konusu olduğunu söylemek mümkündür. İnsanlar daha iyi şartlarda yaşayabilmek, güven saygı duygusunu tatmin etmek gibi birçok gerekçe ile çalışır. Çalışmak bir yaşam biçimidir. Bireysel olduğu kadar toplumsal boyutları da mevcuttur. Ancak en önemli noktalardan biri de şudur ki insanın çalışırken gerçekleştirdiği fiziksel, zihinsel çabaların sonucunda ödediği bedel sağlık kayıpları olmamalıdır. İş hayatında, çalışanların sağlıklarının istemediğimiz yönde etkilenmesini, ortaya çıkabilecek iş kazası ve meslek hastalıklarını engellemek, herkesin üzerinde çalışmasını gerektirdiği önemli bir konudur. Var olabilecek bu etkiler çalışanların sağlık durumları ile ilgili olmanın dışında toplum sağlığı ve çevre şartları açısından da önem taşır. Çalışma hayatında yer alan bireylerin sağlıklarının ve güvenliklerinin sağlanması, işletmelerde iş kazalarının ve meslek hastalıklarının meydana gelmesinin önlenmesi, bireylerin sağlık ve güvenliklerinin geliştirilerek iş uyumları ve verimliliklerinin artırılmasını amaçlayan iş sağlığı ve güvenliği, konusu, çok disiplinli ve geniş bir alandır.

Özellikle son yıllarda dünyada ve ülkemizdeki teknolojik gelişmeler ve sanayileşme ile birlikte işyerlerinde en önemli konu olan çalışanların sağlığı ve güvenliğinin iyileştirilmesi sorunu önemli bir gösterge olarak dikkati çekmiştir. İlk başlarda çok da üzerinde durulmayan bu sorunlar detaylı olarak ele alındığında çalışanın sağlığının korunmasının ötesinde, iş verimini, dolayısı ile işletmeyi tehlikeye sokması ile de önem kazanmış ve bu konu üzerinde çalışılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda yapılan uzun çalışmaların ardından işletmelerde çalışma koşullarının iyileştirilmesini zorunlu tutan birtakım uygulamalar yürürlüğe konmuştur. Ancak yürürlükteki bu kuralların yetersizliği bir süre sonra ortaya çıkmış ve işletmelerdeki sağlık, güvenlik sorununa farklı yaklaşılması zorunluluğu doğmuştur. Bilimsel ve sistematik bir yaklaşım olan “İş Sağlığı ve Güvenliği” konusu, yapılan bu çalışmalar ve araştırmalar sonucunda ortaya çıkan ve önemi gittikçe artan bir bilim dalı olarak karşımıza çıkmaktadır (Akyüz,1980 s:2).

“İş Sağlığı ve Güvenliği” kavramı mühendislik, tıp, sosyal bilimler gibi birçok bilim dalının ortaklaşa çalıştığı disiplinler arası bir yaklaşımdır. Teknolojik gelişmelerin sürekli devam etmesi, ortaya çıkartılan yeni işkolları, işletmelerde kullanılan yeni kimyasallar, makine, ekipman ve teçhizatlar, el aletlerinin çeşitlilik göstermesi vb konular, İş Sağlığı ve Güvenliği konusunda sürekli çalışmanın gerekliliğini doğurmaktadır. Teknolojik gelişmelerin hayatımıza kattığı kolaylıkların yanı sıra yeni sorunların da ortaya çıktığı bir gerçektir. Bu nedenle ortaya çıkan ve çıkabilecek yeni sorunların sürekli olarak araştırılması ve çözümlenmeye çalışılması gerekmektedir.

Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO) 155 no'lu sözleşmesinin 3. Maddesinde sağlık tanımı, işle bağlantısı açısından, sadece hastalığın mevcut olmaması veya sakatlığın bulunmaması hali olarak gösterilmemiştir. Bunun dışında, çalışma esnasındaki güvenlik ve hijyen şartları ile ilişkili olarak bireysel sağlığı tümüyle etkileyen fiziksel aynı zamanda zihinsel unsurların hepsi sağlık tanımının içerisinde yer almaktadır(<http://www.ilo.org/>).

ILO tarafından yapılan bu tanım dikkate alındığında sağlıklı bireyin hem zihinsel, hem fiziksel hem de sosyal yönden tam bir iyilik durumu içerisinde olması beklenir. İşte İş Sağlığı ve Güvenliği kavramı da çalışan bireylerin tam bir iyilik durumu içerisinde görevlerini devam ettirmelerini sağlamak amacı ile işyerlerinden, çalışma koşullarından kaynaklanabilecek tüm zararların en aza indirilmesini hatta ortadan kaldırılmasını hedefleyen bir bilim dalıdır.

En çok kabul gören tanıma göre iş sağlığı ve iş güvenliği, “İşyerlerinde işin yürütülmesi esnasında ortaya çıkabilecek farklı nedenlerden kaynaklanan ve sağlığa zarar verebilecek tüm olumsuz koşullardan korunmak amacıyla yapılan sistemli ve bilimsel çalışmalardır” (<http://enm.blogcu.com/isci-sagligi-ve-is-guvenliginin-tanimi-onemi-nedir/2569679>, 18.11.2014).

İş Sağlığı ve Güvenliğinin öncelikli amacı bireylerin çalıştığı ortamın sağlıklı ve güvenli olmasını sağlamak böylelikle çalışanların sağlığının yaptıkları iş nedeni ile bozulmasının önüne geçmek, çalışan bireylerin sağlığını korumaktır.

Hukuki açıdan iş güvenliği, “İşin yapılması esnasında çalışanların yüz yüze kaldığı tüm tehlikelerin önce kaynağında yok edilmesi, eğer bu mümkün değilse

azaltılması konusunda, öncelikle işverene getirilen yükümlülüklerin tümü” şeklinde tanımlanmıştır (Centel,1992 s:58).

Çalışan kişilerin fiziksel, zihinsel ve sosyal durumlarının iyileştirilmesi, çalışanların hem fizyolojik hem de zihinsel olarak niteliklerine uygun işlere yerleştirilmeleri, çalışma şartlarının düzenlenmesi, işin insana uyumunun sağlanması, iş sağlığı ve iş güvenliği konularının temelini oluşturmaktadır.

2.2. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Önemi

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) tehlike ve risklere maruz kalmalarından dolayı çalışanları olduğu kadar, ortaya çıkardığı maddi ve manevi kayıplar nedeniyle işverenleri, çevre üzerinde olumsuz etkilerinden ve toplumun refahı sorumluluğundan dolayı da devleti yakından ilgilendirmektedir. Bu nedenledir ki günümüzde İSG bütünsel, sistematik ve bilimsel bir yaklaşımla tüm toplumların öncelikleri arasındadır.

İş sağlığı ve güvenliği konusuna sadece gelişmekte olan ülkelerin sorunu olarak bakmak yanlış olacaktır. Gelişmiş ülkeler de de, iş kazaları ve meslek hastalıklarını azaltmak konusunda uzun yıllar süren mücadeleler verilmiştir. Bu da göstermektedir ki mesleki kaza ve hastalıklarla mücadele, kolayca altından kalkılabilir bir iş değildir. Buna rağmen yine de son yıllarda Avrupa Birliği ülkelerinde iş kazaları ve meslek hastalıklarının sayısında görülen ciddi azalma, ne kadar zor bir mücadele olsa da alınan önlemlerin doğru uygulanması ile sonuç verdiğini göstermektedir. Bu bağlamda, ülkemiz açısından elde edilecek sonuç; bir çırpıda değiştirilen yasal

düzenlemeler ile işveren ve çalışanların birdenbire davranış değişikliği yapmalarını beklemek olmamalıdır. Esas önemli olan, yasal düzenlemeler ile gerçekleştirilecek önlemleri desteklemek, tüm çalışanların katılacağı, katılımcı yapıların etkinliğinin sağlanması ve en önemlisi ise tüm bunların sağlanmasında çok kritik bir öneme sahip olan toplumsal bilincin geliştirilerek güvenlik kültürünün yerleştirilmesidir.

İşe ait tüm süreçleri kapsayan ve etkileyen bir konu olması itibariyle İş Sağlığı ve Güvenliği birçok noktada işletmeyi ileriye taşıyacak ana başlıklardan bir tanesini oluşturmaktadır. Bu nedenle işverenlerin İş Sağlığı ve Güvenliği çalışmalarına sadece bir maliyet unsuru olarak yaklaşımının engellenmesi bu alanda günümüzdeki en önemli çalışmalardan birini oluşturmaktadır. İş Sağlığı ve Güvenliği bir maliyet olma düşüncesinden çıkartılıp verimlilik unsuruna dönüştürülmelidir (Gökbayrak,2003 s:4).

İşletmelerdeki İş Sağlığı ve Güvenliğini etkileyen sayısız unsur bulunmaktadır. Bunlar, işletmenin yer aldığı sektör, kullandığı makine teçhizatlar, üretim teknolojileri, işyerinin bulunduğu yerin coğrafi özellikleri, proses, ürettiği ürünün cinsi, hammaddesi, teknik bakım, kişisel koruyucu donanımlar, makine koruyucu donanımlar, işletmede gerçekleştirilen risk analizi, işletmenin organizasyon yapısı, çalışan personelin yaş durumu, işe uygunluğu, eğitimi hukuki düzenlemeleri, ücret politikası, çalışma saatleri, mola saatleri vb. olabilir.

İş Sağlığı ve Güvenliğine yönelik alınacak tedbirler belirli bir seviyeye kadar işletmeye artı bir maliyet getirecektir. Ancak işletmelerin İş Sağlığı ve Güvenliğini iyileştirmek için yapacakları ilk yatırım maliyetleri, çalışma koşullarını iyileştirerek iş kazalarını ve meslek hastalıklarını azaltarak genel olarak maliyetlerin azalmasını çalışanların performansları ile birlikte verimliliğin artmasını böylece üretimde de

etkenliğin artmasını sağlayacaktır. Böylelikle yapılmış olan harcamalar uzun vadede işletmeye birçok açıdan karlı bir yatırım olacaktır.

İş Sağlığı ve Güvenliğine yönelik alınacak tedbirlerin işletmeye sağladığı yararları genel olarak aşağıdaki şekilde belirtmek mümkündür;

- İş kazalarını azaltır,
- Meslek hastalıklarını azaltır.
- Çalışanlara, sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlar,
- İşyerinde verimliliği artırır ve üretkenliği artırır,
- Firmayı kazançlı hale getirir,
- Çalışanları ve toplumu mutlu kılar,
- Firmanın rekabet gücünü artırır,
- İş kazaları ve meslek hastalıkları sonucu oluşan kayıplar azalır,
- Çalışanların işyerine aidiyet duygusunu artırır.
- İşyerinde devamsızlık ve hastalığı azaltır.
- Çalışanların sağlığını ve güvenliğini artırır.
- Sigorta maliyetlerini ve yasal cezaların maliyetlerini azaltır,
- İşyerinde işçiler üzerindeki stres azalır,
- Firmanın saygınlığı artar,

- Çalışanların morali yükselir,

- İşçi giriş çıkışları azalır (<http://www.hse.gov.uk/business/businessbenefits.htm>, 02.02.2014).

İş Sağlığı ve Güvenliğine gereken önem verilmediği, bu konuda uygulamalar ve yaptırımların yeterli olmadığı takdirde iş kazalarının ve meslek hastalıklarının artacağı aşikârdır. Bundan en fazla etkilenenler öncelikle işçiler olacaktır ancak toplum da dolaylı olarak etkilenecek ve ulusal anlamda ülkemiz açısından bir sıkıntı yaratacaktır. İş kazası ve meslek hastalığının mali boyutu işveren açısından son derece önemlidir ancak bu durum ülke ekonomisi açısından da ciddi maliyetler doğurmaktadır.

2.3. Dünyada ve Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenliği

İş Sağlığının tarihsel gelişim aşamalarına bakıldığında zaman en önemli etkenin sanayi devrimi olduğu bir gerçektir. 16. ve 17. yy içerisinde yaşanan sosyo-ekonomik olaylar ve gelişmeler çalışma hayatı açısından önemli değişimler oluşturmuştur. El emeği ile yapılan ve el tezgâhlarında üretilen tüm araç ve gereçlerin makineler aracılığı ile sanayi kuruluşlarında üretilmeye başlaması, bir diğer ifade ile Sanayi Devrimi sonucu bilim ve teknoloji her gün gelişme imkânı bulmuş ve günümüzde nano teknoloji sayesinde daha da ilerilere gitmiştir. Ancak sanayi devriminin olumlu etkileri olduğu kadar olumsuz etkileri de kendini göstermiştir.

Buharın keşfedilmesi ile başlayan sanayi devrimi ile birlikte uzun çalışma süreleri, düşük ücretler, kadınların hatta çocukların ağır işlerde çalıştırılmaları, sağlıksız ve güvensiz çalışma koşulları zaman içerisinde tepkiler yaratmıştır. Bu tepkiler ile

birlikte o dönemde ortaya çıkan olumsuz çalışma koşullarının ortadan kaldırılması, çalışanların sağlıklarının korunması ve iş güvenliğinin sağlanması amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda da İş Sağlığı ve Güvenliği çalışmaları bir bilim dalı olarak gelişmiştir. Ancak, İş Sağlığı Güvenliğinin kapsamı ve amacı son üç yüz yıl içerisinde dikkate değer bir değişim geçirmiştir. İş dünyasındaki mevcut değişim, bilgi, esneklik ve küreselleşme konularına verilen önemin artmasıyla şekillenmektedir. Bilgi toplumu olarak gelişen bu süreç, İSG açısından da uzun vadeli sonuçlar doğurmaktadır.

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) verilerinde işyerlerinde her yıl 250 milyon iş kazası olduğunu ve bu kazaların 335 bininin ölüme sonuçlandığı belirtilmektedir. Her yıl bir milyon insanın ölümü ile sonuçlanan 160 milyon hastalığın sebebinin kirlilik, toksik materyal ve süreçler olduğu yine yapılan araştırmalarla belirtilmiştir. Yine birçok çalışma göstermektedir ki günümüzde dünya çapında her saniyede en az üç kişi iş kazaları sonucunda yaralanmakta ve her üç dakikada bir işçi iş kazası veya meslek hastalığı sonucu ölmektedir (Kuru,2000 s:5).

Meydana gelen bir iş kazasının ilk bakışta görülebilen ve doğrudan ortaya çıkan maliyetlerinden daha fazla ülke ekonomisine kayıplar yaratan dolaylı maliyetleri de söz konusudur. İşçi ve işveren açısından doğrudan olduğu kadar ülke açısından da ciddi ekonomik kayıplar yaratan iş kazalarının dolaylı maliyetleri de göz ardı edilmemelidir.

İş kazalarının önlenmesi için nedenlerinin araştırılması gerekmektedir. İş kazaları incelendiğinde çoğunlukla insana bağlı hatalardan kaynaklandığını görülmektedir. Yapılan araştırmalar, İş kazalarının %88'inin işçinin yaptığı güvensiz

hareketlerden, %10'unun işverenin almadığı önlemlerden kaynaklandığını belirlemiştir. Genel olarak söylemek gerekirse iş kazalarının %98'inin nedeni insan olmakta sadece %2'sinin nedeni bilinmemektedir. O halde bütün kazaların altında yatan temel sebebin insanın yanlış davranışları olduğunu söylemek mümkündür (Kâhya, 2014;45)

Ülkemizde iş kazaları ve meslek hastalıkları ile ilgili çalışmaların son yıllarda biraz daha ağırlık kazandığı görülebilir. Ülkemiz açısından bu konuda başvurulacak en önemli kaynaklar Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) ve Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) istatistikleridir. Ancak bu istatistiklerin de birçok eksiklikleri nedeni ile genel durumumuzu yansıtacak düzeyde olmadığı söylenilebilir. En başta gelen nedeni ise sigortasız işçi çalıştıran ve bu kayıtlara girmeyen iş yerlerinin çokluğudur.

Tablo 2.1. Türkiye’de Yıllara göre İş Kazaları

| Yıllar | İş Kazası Sayısı | İş Kazası veya Meslek Hastalığı Sonucu Ölüm |
|--------|------------------|---|
| 2010 | 62.903 | 1.454 |
| 2011 | 69.227 | 1.700 |
| 2012 | 74.871 | 745 |
| 2013 | 191.389 | 1.360 |

| | | |
|---------------|----------------|--------------|
| 2014 | 221.366 | 1.886 |
| TOPLAM | 619.756 | 7.145 |

Sosyal Güvenlik Kurumu'nun (SGK) istatistikleri incelendiğinde, Türkiye'de 2010 yılında 62.903 iş kazasının meydana geldiği ve 533 meslek hastalığı vakasının ortaya çıktığı görülmektedir. Yine aynı yıl toplam 1.454 çalışanın hayatını kaybetmiştir. 2011 yılı istatistikleri incelendiğinde 69.227 iş kazası vakasının meydana geldiği, toplam 1700 çalışanın ise hayatını kaybettiği görülmektedir. 2012 yılında 74.871 iş kazası sonucunda 745 kişinin hayatını kaybettiği, 2013 yılında 191.389, 2014 yılında ise 221.366 iş kazasının meydana geldiği görülmektedir(<http://www.sgk.gov.tr/>).

Son 5 yıl içerisinde 7.145 çalışanın, 619.756 iş kazasında hayatını kaybetmesi, üzerine çok çalışılması gereken bir konudur. Bu nedenle, ülkemizde iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesi ve son yıllarda geliştirilmeye çalışılan ve ulusal anlamda oldukça önemli olan İş Sağlığı ve Güvenliği Kültürünün yerleştirilmesinde önemli bir etkisi olduğuna inanılan iş kazaları ve meslek hastalıklarıyla ilgili verilerin sağlıklı toplanması son derece önem taşımaktadır. Her yıl açıklanan Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) verileri ve TÜİK istatistikleri bu konuda yapılacak çalışmalarda ve alınacak önlemlerde oldukça önemli olmaktadır. Bu nedenle de bu verilerin doğru oluşturulmasında devlet, işverenler, çalışanlar ve İSG profesyonellerine büyük sorumluluklar düşmektedir.

2.4. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve Getirdikleri

Bireylerin sağlıklı ve güvenli bir çevrede çalışması tüm sosyal tarafların ortak sorumluluğudur. İş kazaları sonucunda ortaya çıkan maddi kayıpları bir şekilde telafi etmek mümkün olabilir ancak kaybedilen hayatların hiçbir şekilde telafisi olmamaktadır. Bu nedenle İş Sağlığı ve Güvenliği için alınacak tüm önlemler, öncelikle çalışanların sağlıklı, işyerlerinin güvenli, işletmelerin verimli olmaları ve ülkelerin ise refah düzeylerinin yükseltilebilmesi için bir öncelik olarak görülmelidir.

SGK'dan alınan iş kazası rakamları incelendiğinde çalışma hayatında yapılacak bir iyileştirmenin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. İş Sağlığı ve Güvenliği sadece uyulması gereken bir yasal zorunluluk gibi görülmemelidir. İş sağlığı ve Güvenliğinin çalışanların daha sağlıklı ve güvenli ortamlarda çalışmalarını sağlayan, bireylerin sağlık ve güvenliklerini ön planda tutan, verimi ve kaliteyi artıran bir araç olarak görülmesi gerekmektedir. Ancak bu düşünce yapısının gelişmesi ve bu kültürün oluşması durumunda, iş sağlığı ve güvenliği konusunda hedeflenen seviyelere ulaşmak mümkün olabilecektir. Bu bağlamda ülkemizde de uzun yıllardır yapılan çalışmalar mevcuttur. Ancak son yıllarda bu konu ayrı bir önem kazanmış ve bazı yasal düzenlemeler ile birlikte 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu yürürlüğe girmiştir.

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu 20.06.2012 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu kanun 5 bölüm ve 39 madde 'den oluşmaktadır. Kanunun amacı işyerlerinde Sağlık ve Güvenliğin sağlanması, mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi amacıyla işveren ve çalışanların görev, yetki, sorumluluk, hak ve yükümlülüklerinin düzenlenmesidir (6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu Md.1).

Kanunun ilk bölümünde Amaç, Kapsam ve Tanımlar yer almaktadır. Kanunun ikinci bölümü; İşverenler İle Çalışanların Görev, Yetki ve Yükümlülükleri şeklinde düzenlenmiş, üçüncü bölümü; Konsey, Kurul ve Koordinasyon, dördüncü bölümü ise Teftiş, İnceleme, Araştırma, Müfettişin Yetki, Yükümlülük ve Sorumluluğu şeklinde oluşturulmuştur. Kanunun beşinci yani son bölümü ise Çeşitli ve Geçici Hükümler şeklinde düzenlenmiştir.

Kanun'un uygulamasına ilişkin gerekli yönetmeliklerin hazırlanmasına ait görev, Kanun'un 30.maddesi tarafından Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'na verilmiştir. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, ilgili Kanunun 30. Maddesine dayalı olarak birçok yönetmelik yayınlamıştır.

Kanunun getirdiklerini ve temel noktalarını maddeler halinde aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür;

- İlk kez ayrı bir kanunda İş sağlığı ve güvenliği konusu ele alınmıştır.
- Sektör ayrımı gözetilmeden Kamu sektörü de kanun kapsamına dâhil edilmiştir.
- Çıraklar ve stajyerler de dâhil olmak üzere tüm çalışanlar kanun kapsamına dâhil edilmiştir.
- Çalışanların alacağı eğitimler farklı tehlike sınıflarına yönelik farklı saatler için düzenlenmektedir.
- Önleyici yaklaşım temel alınmıştır.
- İşyerleri farklı tehlike sınıflarına ayrılmıştır.

- İş güvenliği uzmanı, işyeri hekimi, diğer sağlık personeli tanımları kullanılmaya başlanmış ve bu uzman personellerin tüm işyerlerinde görev almaları sağlanmıştır.
- İşverenler, İş Sağlığı ve Güvenliği Çalışmalarını gerçekleştirmek için, ortak sağlık ve güvenlik birimlerinden (OSGB) hizmet alabilirler hükmü getirilmiştir.
- 10'dan az çalışanı olan işletmelerdeki kazaların fazla olmasından ve bu işletmelerde kültür oluşumunun sağlanması hedeflerinden dolayı devlet, bu işletmelerin iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili hizmetlerine ait giderlerini destekleyerek teşvik edecektir.
- İş kazalarını ve meslek hastalıklarını önleyebilmek için risk değerlendirmesi yapılması uygun görülmüştür.
- Çalışanların işe giriş sağlık muayenelerinin düzenli olmasını sağlayarak, belli aralıklarla sağlık gözetiminden geçirilmesi zorunlu hale getirilmiştir.
- İş kazaları ve meslek hastalıklarının kayıtlarının sürekli tutulması sağlanmış böylece kaza istatistiklerinin doğru olarak elde edilmesinin sağlanması da hedeflenmiştir.
- Elli ve daha fazla çalışanın bulunduğu, 6 aydan uzun süreli işler yapılan ve sanayiden sayılan tüm işyerlerinde, İş Sağlığı ve Güvenliği kurulunun oluşturulması öngörülmüştür.
- İşyerlerinde acil durum planları hazırlanacak böylelikle iş yerlerinin sürekli olarak acil duruma hazırlıklı olması sağlanacaktır.
- İşveren, çalıştırdığı tüm çalışanlarını, çalışma hayatına dair hak ve sorumlulukları ile birlikte İş Sağlığı ve Güvenliği hakkında bilgilendirecektir.

- Çalışanların işyerlerindeki iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarına aktif katılımı sağlanacaktır.
- Ciddi ve yakın tehlikeyle karşı karşıya kaldığı takdirde çalışan, kurula başvurarak tehlike giderilinceye kadar çalışmaktan kaçınma hakkını kullanabilecektir.
- Birden fazla işverenin olduğu yerlerde, İş Sağlığı ve Güvenliği konusunda koordinasyon sağlanacaktır.
- Hayati tehlike durumunda işyerlerinin tamamında veya bir bölümünde iş durdurulabilecektir.
- Kanunun bazı hükümleri aşamalı olarak hayata geçirilecek, böylece işletmelerin yeni durumlara uyumu kolaylaşacaktır.
- Büyük endüstriyel kaza riski taşıyan işyerleri, güvenlik raporu ve kaza önleme politika belgesi olmadan işe başlayamayacaktır.
- Çalışanların sürekli ve etkin olarak İş Sağlığı ve Güvenliği konularında eğitim alması sağlanacak ve eğitimlerde geçen süre çalışma süresinden sayılacaktır.
- Kanununun uygulanmasını kolaylaştırmak amacı ile idari yaptırım uygulanacaktır.

Yukarıda belirtildiği gibi 6331 sayılı kanun, işverene, çalışana ve devlete birçok sorumluluk yükleyerek iş kazaları ve meslek hastalıklarının ülkemizde önlenmesine yönelik önemli bir adım atmıştır.

2.5. İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk Tanımı ve Risk Değerlendirmesi

İnsanların yaşadıkları her ortamda sağlık vb. yönlerden kendilerine olumsuz etki yapabilen birçok faktör mevcuttur. Günlük hayatta bu olumsuz faktörler için hem risk hem de tehlike tanımının yapıldığı görülmektedir. Oysa bu iki tanım birbirinden farklılık göstermektedir. Tehlike genel bir kavramdır. Tehlike kendiliğinden var olan bir durum veya koşuldur. Bir ortamda bulunan sakıncalı durumlar tehlike yaratır. Risk ise belirli koşullarda belirli kişiler için geçerlidir. Örneğin inşaatта çalışma tehlikeli bir iştir. Yüksekte çalışma tehlikesi genel bir kavramdır, oysa bir inşaat işçisi için yüksekten düşerek yaralanma veya ölüm risktir. Başka bir örnek vermek gerekirse araç kullanan birinin trafiğe çıkması kaza riskini de doğurur. Oysa evde oturan biri için aynı riskten söz etmek mümkün değildir. Riskler olasılık olarak ifade edilir.

Biraz önce verilen örnek üzerinden gitmek gerekirse, trafikte seyir halindeki bir aracın kendisi tehlikedir, bu aracı kullanan kişi yağmurlu havada, aşırı bir süratle aracı kullandığında kaza yapma olasılığını yani riskini yükseltecektir.

İşyerlerinde çalışanların sağlığını korumak için yapılacak çalışmalarda öncelikli olarak sağlığı bozan etmenlerin neler olduğunun bilinmesi gerekmektedir. İşyerlerinde var olan tehlikelerin doğru belirlenmesi ve analiz edilmesi bu tehlikelerin sonuçlarında ortaya çıkabilecek risklerin saptanması ve ortadan kaldırılabilmesi için hayati önem taşımaktadır. Tüm bu çalışmalar da 'risk değerlendirmesi' olarak adlandırılır.

Ülkemizde 2012 yılında yayınlanan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun getirdiği en önemli yenilik önleyici yaklaşımın esas alınmasıdır. Önleyici yaklaşım açısından ilk yapılması gereken de işletmelerde var olan tehlikelerin belirlenmesi ve tehlikelere maruziyet sonucu ortaya çıkabilecek risklerin değerlendirilmesi ve bu risklere ait kontrol önlemlerinin alınmasıdır. Burada temel amaç, çalışanların sağlığının korunması ve güvenliklerinin sağlanmasıdır.

İşyerlerinde var olan veya dışarıdan gelebilecek tehlikelerin ve oluşturabileceği zararların belirlenmesi amacıyla uygulanan süreç olan risk değerlendirmesi teknik bir işlemdir. Temel olarak işyerlerinde karşılaşılan riskler farklı sektörlerde, farklı tehlike sınıflarına göre çok çeşitlilik gösterse de 6331 sayılı İş Sağlığı Güvenliği Kanunu işyerinde karşılaşılan riskleri 5 temel başlık altına almıştır. Bunlar;

- Fiziksel Riskler
- Kimyasal Riskler
- Biyolojik Riskler
- Ergonomik Riskler
- Psikososyal Riskler'dir.

Sırasıyla bu risklerin neler olduğu aşağıdaki gibi açıklanabilir.

2.5.1. Fiziksel riskler

Kişilerin çalıştığı ortamların nem, sıcaklık, aydınlatma, gürültü, titreşim basınç gibi özelliklerin bireylerin performanslarını, iş yapabilme kapasitelerini ve sağlıklarını ciddi ölçüde etkiler. Özellikle tehlikeli ve çok tehlikeli işlerde çalışan işçiler fiziksel riskler açısından büyük risk altındadır. Fiziksel çevre koşulları açısından her işletmenin farklı fiziksel şartlara sahip olduğunu söylemek mümkündür. Burada önemli olan her işletmede olabilecek fiziksel olumsuzlukların kanunda da belirtildiği gibi önce kaynağında yok edilmeye çalışılması ve toplu koruma tedbirlerine bireysel korunma tedbirlerine göre öncelik verilmesidir.

İş kazaları ve meslek hastalıkları ayrı başlıklarmış gibi gözükmesine karşılık, birbiriyle etkileşim içindedirler. Fiziksel risk etmenleri açısından bu duruma örnek

vermek gerekirse; örneğin gürültü nedeni ile işitme kaybına bağlı olarak meslek hastalığı meydana gelmekte ve acil uyarı sinyallerinin duyulamaması nedeni ile iş kazaları oluşmaktadır. Bu nedenle tüm bu faktörleri İş Sağlığı ve Güvenliği çalışmalarında bütünün birer parçası olarak değerlendirmek gerekmektedir. Bu nedenle de iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarında, mühendislik, tıp, hukuk, yönetim, psikoloji gibi bilimlerden faydalanılması bir zarurettir. Bu nedenle de iş sağlığı ve güvenliği konusu disiplinler arası bir çalışma alanı olup, tüm bu disiplinlerden yararlanılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

İşyerlerinde iş kazaları ve meslek hastalıkları açısından ciddi risklerle neden olabilecek fiziksel risk etmenlerini şu şekilde sıralamak mümkündür;

- Gürültü
- Termal Konfor
- Titreşim
- Basınç
- Aydınlatma
- Radyasyon
- Renk

2.5.2. Kimyasal riskler

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiye bulunan pek çok kimyasal madde hem evlerde hem de işyerlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır.

Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik, kimyasal maddeyi, “*doğal halde yeryüzünde bulunan, üretilen veya herhangi bir işlem sırasında veya atık olarak ortaya çıkan veya kazara oluşan, her türlü element, bileşik veya karışımlar* “ olarak tanımlar.

Ülkelerin ekonomik gelişmelerinde kimyasalların üretilmesi ve kullanımı önemli bir yer tutar. Her gün çalışma ortamına yeni kimyasallar da girmekte, bu maddeler üretimde sağladıkları kolaylıkların yanı sıra sağlık ve güvenlik risklerini de beraberinde getirmektedir. Kimyasalların insan vücuduna girişi üç farklı yol ile olur. Bunlar, sindirim, solunum ve deri absorpsiyonudur. Ancak bunların en tehlikelisi, kimyasalların solunum yolu ile vücuda girişidir.

Solunum, temas ve benzeri yollarla maruz kalınan kimyasal maddelerin kişilerin sağlığı üzerindeki etkilerinin ne zaman ve nasıl ortaya çıkacağı bilinmemektedir (Kâhya, 2014, s:81). Hele bu maruziyet süresi uzun ise zararlı etkilerinin oldukça fazla olacağını söylemesi yanıltıcı olmayacaktır.

Genel olarak kimyasalların zararlarına bakıldığında, birden çok zararından söz edilir. Etkisi kroniktir. Çoğu zaman hemen başlangıçta fark edilmez. İnsan vücudunun sürekli kendini yenileme özelliği olduğu herkes tarafından bilinen bir gerçektir. Günde bir paket sigara içen bir kişinin sigarayı bıraktıktan 5 yıl sonra kalp krizi riskinin sigara içmeyen biri ile neredeyse aynı olması, vücudun kendisini yenileme özelliği sayesinde gerçekleşir. Bu nedenle sanayide bilinen bazı zehirli kimyasalların da işyeri ortamındaki miktarlarını kontrol altına almak için bazı sınır değerler getirilmiştir. Bu değerler Müsaade Edilebilen Azami Konsantrasyon (MAK) ve Eşik Sınır Değer (ESD) olarak bilinir.

Kimyasalların sağlığa verdikleri zararlar aşağıda da gösterildiği gibi başlıca dokuz ana başlıkta toplanmıştır.

- Çok toksik veya toksik,
- Zararlı,
- Aşındırıcı,
- Tahriş edici
- Duyarlılık yaratan veya alerjik tepkileri provake eden
- Kanserojen
- Üremeyi etkileyen
- Genetik olmayan doğum anormalliklerine sebep olan maddeler
- Mutajenik etkileri olanlar

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununa göre işveren, işyerlerinde gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılan kimyasallar ile ilgili olarak, çalışanların maruziyetini önlemek ile yükümlüdür. Eğer nlenmesi mümkün değil ise bu durumda da maruziyetleri en az olacak Şekilde sınırlandırmak ve çalışanların bu maddelerin ortaya çıkaracağı tehlikelerinden korunması için gerekli olan tüm önlemleri almakla yükümlüdür.

Meslek hastalıklarına neden olabilecek başlıca kimyasalları üç grupta toplamak mümkündür.

1. Tozlar
2. Gazlar
3. Çözücüler

Tehlikeli kimyasal maddelerle yapılacak çalışmalarda çalışanların sağlıkları ve güvenlikleri yönünden ortaya çıkabilecek tüm riskleri ortadan kaldırmak, eğer riskler ortadan kaldırılamıyorsa kabul edilebilir risk seviyesine indirebilmek için bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından 12.08.2013 tarihli ve 28733 Resmi Gazete sayılı Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelikte de alınacak önlemler aşağıdaki gibi belirtilmiştir.

- a) İşyerindeki iş organizasyonu uygun bir şekilde düzenlenir.
- b) Tehlikeli kimyasal maddelerle çalışmalar, mümkün olan en az sayıda çalışan ile yapılır.
- c) Çalışanların maruz kalacakları kimyasal madde miktarlarının ve bu kimyasallara maruziyet sürelerinin mümkün olan en az düzeyde olması sağlanır.
- ç) İşyerinde kullanılması gereken ve bulundurulmuş kimyasal madde miktarının daima en az düzeyde tutulması sağlanır.
- d) İşyeri bina ve eklentilerinin düzenli ve temiz tutulması sağlanır.
- e) Çalışanların kişisel temizlikleri sağlayabilmek için şartlar uygun ve yeterli hale getirilir.

f)İşyerlerinde kullanılan tehlikeli kimyasal maddelerin, atıkların ve artıkların uygun şekilde işlenmesi, taşınması ve depolanması için gerekli olan tüm düzenlemeler yapılır.

g)Eğer kullanılan kimyasal madde tehlikeli ise, bu maddenin yerine çalışanların sağlık ve güvenliği yönünden tehlikesiz olan veya daha az tehlikeli olan kimyasal madde ile değiştirilmesi başka bir ifade ile ikame edilmesi sağlanır.

2.5.3. Biyolojik riskler

İşyerlerinde gerek işin niteliğinden, gerek temizlik konularına gerekli hassasiyetin gösterilmemesinden veya çevresel faktörlerden dolayı mikroorganizmalar, bakteriler, parazitler, mantarlar veya virüsler bulunabilir. Çalışma hayatında biyolojik risklerden bahsedildiğinde ilk başta sağlık sektörü akla gelir. Ancak en az sağlık sektörü kadar biyolojik risklerle karşı karşıya kalma durumu olan maden, tarım, hayvancılık sektörleri de mevcuttur. Biyolojik etkenler ise mikro organizmalar olabileceği gibi hücre kültürleri ve insan parazitleri de olabilmektedir.

Çalışma hayatında biyolojik faktörlerle meydana gelebilecek hastalıklar bakımından bu konuya özel bir yönetmelik mevcuttur.

ÇSGB'nın yayınladığı, “Biyolojik Etkenlere Maruziyet Risklerinin Önlenmesi” başlıklı, 15.06.2013 tarihli ve 28678 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan yönetmelikle “*Biyolojik etkenler, herhangi bir enfeksiyona, alerjiye veya zehirlenmeye*

neden olabilen, genetik olarak değiştirilmiş olanlar da dâhil mikroorganizmalar, hücre kültürleri ve insan endoparazitleri” olarak tanımlanmıştır.

Biyolojik faktörlere maruziyet sonucu hepatit, şarbon, tüberküloz, brusellozis gibi enfeksiyonların ve parazit hastalıklarının meydana gelmesi mümkün olabilir. Mikroorganizmalar tarafından meydana getirilen enfeksiyon hastalıkları biyolojik etkenlere maruziyet sonucunda en fazla karşılaşılan hastalıklardır. Bu hastalıklardan korunmak açısından “enfeksiyon zinciri” adı verilen yaklaşım esastır. Enfeksiyon zinciri 3 temel halkadan oluşur ve bu halkalardan herhangi birisi ortadan kaldırıldığı zaman hastalık meydana gelemez. Üç halkanın ilki “kaynak”tır. Bu kaynak mikro organizmanın bulunduğu, yaşadığı ve çoğaldığı canlı ya da cansız bir ortamdır. Enfeksiyon hastalıkları söz konusu olduğunda kaynak sıklıkla enfekte veya hasta olan kişilerdir. Enfeksiyon zincirinin diğer ucunda hastalığa yakalanma olasılığı bulunan “duyarlı kişi” bulunur. Bir de mikro organizmanın kaynaktan çıkıp duyarlı kişilere ulaştığı yol, “bulaşma yolu” vardır. Bulaşma hava, su ve gıdalar aracılığı ile gerçekleşir. Biyolojik Etkenlere Maruziyet Risklerinin Önlenmesi açısından yapılacak çalışmalarda enfeksiyon zinciri adı verilen üç halkadan birinin ortadan kaldırılması, hastalığın meydana gelmesinin engellediğinden buna yönelik çalışmaların yapılmasına dikkat edilmelidir. Biyolojik Etkenlere Maruziyet Risklerinin Önlenmesi Yönetmeliği biyolojik etkenleri, insanda yol açacağı klinik tablonun ağırlığına ve bulaşma olasılığına göre dört ayrı gruba ayırmıştır. Bu grupları aşağıdaki gibi tanımlamam mümkündür.

- *Grup 1: Bu tip etkenlerin insanda herhangi bir hastalığa yol açma ihtimali yoktur.*

- *Grup 2: 2. Grup olarak bilinen bu etkenler, çalışmada hastalığa neden olabilen, çoğunlukla etkili korunma veya tedavi imkânı olan ve topluma yayılma olasılığı olmayan biyolojik etkenlerdir.*
- *Grup 3: İnsanda ciddi hastalıklara neden olan, tüm çalışanlar açısından ciddi tehlike oluşturan, topluma yayılma olasılığı olan ancak genellikle korunma veya tedavi imkânı olan biyolojik etkenlerdir.*
- *Grup 4: İnsanda ağır hastalıklara neden olup, ciddi tehlike oluşturan, topluma yayılma olasılığı oldukça yüksek ve maalesef etkili korunma, tedavi yöntemi bulunmayan biyolojik etkenlerdir.*

Herhangi bir çalışma esnasında biyolojik etkenlere maruz kalma riski söz konusu olduğunda, çalışanın sağlık ve güvenliğini tehdit eden riskleri değerlendirmek ve alınması gereken önlemleri doğru olarak belirleyebilmek için, çalışanın maruz kaldığı biyolojik etkenin türünün, düzeyinin ve süresinin belirlenmesi gerekir.

İşletmenin faaliyet gösterdiği sektörde, birden fazla grupta yer alan biyolojik etkenlere maruziyet durumunun mevcut olduğu işler var ise risk değerlendirmesi yapılırken zararlı biyolojik etkenlerin hepsinin oluşturduğu tehlikelerin dikkate alınması gereklidir.

Biyolojik etkenlerle yapılan çalışmalarda çalışanın maruziyet koşullarını etkileyebilecek en ufak bir değişiklik söz konusu ise, biyolojik etkenlere maruziyette risk değerlendirmesi de mutlaka yenilenmelidir.

2.5.4. Psikososyal riskler

Çalıştığımız “iş”, organizasyonun içindeki konumu açısından fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ergonomik sorunlar içerdiği gibi, psikolojik ve sosyal zararlar da içerebilir.

Günümüz çalışma yaşamına bakıldığında, iş yükünün oldukça fazla olması, çalışma temposunun artması, çalışma saatlerinin oldukça fazla olması hatta belirsiz olması, iş güvencesinin ise gittikçe azalması gibi nedenler fiziksel, kimyasal biyolojik vb. sorunlar kadar hatta belki de daha fazla çalışanların sağlıklarını etkilemektedir (Leka ve Cox, 2008,s:26’ dan alıntı).

Daha önce bahsedilen risk gruplarını tanımlamak, bu gruplara ait tehlike ve risk tanımlarını yapmak nispeten kolaydır. Oysa psikososyal risklerin açısından bakıldığında tehlike ve risk kavramlarının birbirinin içine geçmiş olduğu görülmektedir. Uzun süreler çalışma, sürekli fazla mesai yapma, iş güvencesinin olmayışı gibi faktörler psikososyal tehlikelere örnek olarak verilebilir. Buna karşılık psikososyal riskler ise stres, yaşam dengesizliği, yıldıрма ve tükenmişlik olmaktadır (Vatansever, 2014: 126-127).

Psikososyal tehlikeler Uluslararası Çalışma Örgütü tarafından iş doyumu, iş örgütlenmesi ve yönetimi, çevresel ve örgütsel koşullar ile işçilerin uzmanlığı ve gereksinimleri arasındaki etkileşim beraberinde tanımlanmıştır. Bu etkileşimler hem algılanma hem yaşanma biçimleri ile birleştiğinde çalışanın sağlığı açısından tehlike oluşturur. Psikososyal risklerin en başta geleni ve en fazla bilineni strestir (Korkut, 2014: 3). Mesleki stres hemen hemen iş hayatıyla eş anlamlı hale gelmektedir ve büyük oranda mesleki tecrübelerin çalışanların psikolojik sağlığında temel etkileri bulunmaktadır (Rıck and Briner, 2000:310). Mesleki stres sonucu ortaya çıkan fiziksel

hastalıkların en başta geleni kas iskelet sistemi sorunlarıdır. Ancak bir diğer durum da şudur ki, yetersiz havalandırma, gürültü gibi fiziksel tehlikeler de psikososyal tehlikelerin yanı sıra iş stresine neden olabilmektedir (Levi, 1984).

Avrupa Birliği (AB)'nin 1989 yılında yürürlüğe giren 89/131 numaralı direktifi psikososyal risklerin önlenmesine yönelik yasal düzenlemelerin gerçekleştirilmesini öngörmektedir. Bu direktif ile birlikte EU-OSHA (Avrupa İş Sağlığı ve İş Güvenliği Ajansı) ve WHO (Dünya Sağlık Örgütü) gibi uluslararası örgütler de çalışan bireylerin sağlığını olumsuz yönde etkileyen psikososyal risklerin belirlenmesi ve önlenmesi amacıyla çeşitli önlemler önermişlerdir (Vatansever, 2014, s:117).

Psikososyal risklerin azaltılması için işletmelerde alınabilecek birçok önlem mevcuttur. Bu önlemlerin en önemlisi ise çalışanların daha fazla katılımının sağlanması ve çalışma ortamının geliştirilmesidir. Psikososyal risklere karşı işletmelerin alabileceği önlemleri şu şekilde sıralamak mümkündür(Vatansever, 2014, s:134):

- a. Çalışanların yönetimle ilgili kararlara katılımı yönünden cesaretlendirilmesi,
- b. Örgütle ilgili politikaların uygulanmasında adaletli olunması,
- c. Mesailere ilişkin esnek çalışma saatlerinin düzenlenmesi,
- d. Gelir dağılımında adaletin sağlanması,
- e. Yöneticilere iletişim ve insani ilişkiler konularında eğitim verilmesi,

f. Çalışanların iş yükünü arttıran sorunların belirlenmesi ve önlenmesi.

Psikososyal riskler değerlendirilmesi açısından son derece zor olan bir alanı oluşturmaktadır. Diğer riskleri tespit etmek ve değerlendirmek çok daha kolay olmasına karşılık, psikososyal risklerin değerlendirilmesi ve ispat edilmesi zordur. O nedenle de risk değerlendirilmesi açısından bu noktada sıkıntılar yaşanmakta, doğru değerlendirmeler yapılamamaktadır.

Psikososyal risklerle mücadeleyi zorlaştıran en önemli faktörler, konunun hassasiyetinin yüksek olması, farkındalık düzeyinin yetersiz olması, kaynak yetersizliği (zaman, personel ve finansal) ve eğitim yetersizliği konularıdır (EU-OSHA, 2011: 46).

2.5.5. Ergonomik riskler

Haziran 2000 tarihinde Uluslararası Ergonomi Örgütü ergonomiyi “*insan ve sistemin diğer öğeleri arasındaki etkileşimlerin anlaşılması ile ilgili bilimsel disiplin ve insanın iyilik halini ve genel sistem performansını en uygun düzeyde sürdürecektir biçimde kuram, ilke ve yöntemleri uygulayan meslek*” olarak tanımlamaktadır (Rempel,1997, s:41).

Hendrick’in tanımına göre Ergonomi; “*etkili insan işlevleri ile konforlu ve güvenli sistemler, çevreler, makinalar, ürünler, işler, görevler ve aletlerin tasarım bilgisinin kullanılması*” dır (Hendrick,2000 s:23).

Chapanis’e göre ergonomi “*insan faktörlerinin güvenli, verimli, etkili ve rahat kullanımını sağlamak amacıyla araç, gereç, sistem, makine, iş, çalışma akışı ve düzeni ile çevrelerin tasarlanması amacıyla insan davranışı, yetenekleri, kısıtlılıkları ve*

diğer karakteristikleri ile ilgili bilgilerin araştırılması ve uygulanması”dır (Chapanis,1983).

Günümüzde teknolojik gelişmelere paralel olarak üretim sırasında kullanılan makinelerdeki artış, iş hızını ve buna bağlı olarak monotonluğu da arttırmaktadır. Diğer taraftan ise emeğin yoğun olarak kullanıldığı üretimde çalışanlar açısından birçok fiziksel sorunlar da ortaya çıkmaktadır. Özellikle günümüz temposunda ister istemez yoğun bir şekilde makine kullanımının söz konusu olması, hızlı ve tekrarlı çalışılması sonucu boyun, sırt, kollar, bilekler, bacaklar, kulaklar ve gözlerde çeşitli rahatsızlıklar, stres ve psikolojik hastalıklar ortaya çıkmaktadır.

Ergonomi biliminin konuları incelendiğinde oldukça geniş bir yelpazeyi içine aldığı görülebilir. Gürültü, aydınlatma, ısı, titreşim, çalışma alanının, makinelerin, sandalyelerin, ayakkabıların ve işin tasarımı gibi konuların dışında, mesai saatleri, vardiya, mola saatleri, yemek rejimi gibi konular da ergonominin konuları arasında yer almaktadır.

Özellikle son yıllarda işçinin sağlığı üzerindeki olumlu etkilerinin saptanması ve işyerlerinin daha sağlıklı ve güvenli olmasının sağlanması gibi etkileri nedeni ile işçiler, işverenler sendikalar ve araştırmacılar bu konuya daha fazla önem vermeye başlamışlardır (Orhun,2003, s:63).

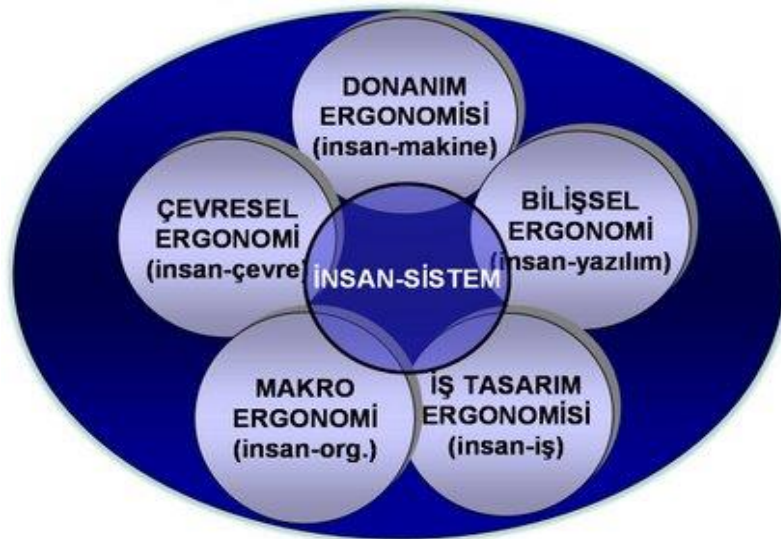
Bir işletmedeki ergonomik çalışmaların insan- makine sistemi üzerinde etkili olduğu kabul edildiğine göre öncelikle insan-makine sisteminin temel elemanlarının tanımlanması gerekmektedir. Bu temel elemanlar;

1. Amaç

2. Girdi (hammadde vs.)
3. Çıktı (ürün veya hizmet)
4. İnsan makine arasındaki gibi ilişki
5. Gürültü, titreşim, aydınlatma vs. gibi çevre koşulları
6. Makine ve
7. İnsandır.

Tüm elemanların en uygun şekilde bir araya getirilmesi, sistemin istenilen doğrultuda çalışmasını sağlayarak, insan verimliliği ve motivasyonunu en üst düzeye çıkaracaktır.

Ergonominin kapsamı incelendiğinde, daha önceleri sadece iş açısından insanı inceleyen ergonominin, günümüzde insanın yaşadığı alanda etkileşim içinde olduğu her konuyu ele aldığını görmek mümkündür.



Şekil 2.1: Ergonominin kapsamı (Özok, 2013)

Çevresel ergonomi olarak da tanımlanan fiziksel ergonomi, insanların fiziksel etkinlikleriyle ilişkilidir. İnsanın anatomik, antropometrik, fizyolojik ve biyomekanik karakteristikleri fiziksel ergonominin konuları arasındadır. Çalışma sırasında işçinin duruşu, üretim esnasında gerçekleştirilen işlemler, sürekli olarak tekrarlanan hareketler, yapılan işe bağlı olarak kas iskelet sistemleri ve hareketleri, güvenlik ve sağlık fiziksel ergonominin temel konularını oluşturmaktadır (Wickens,1992).

Fiziksel ergonomi, bireyin çalıştığı çevrede bireysel performansı etkileyebilecek ışık, ısı, gürültü, toz kimyasallar, termal konfor, radyasyon vb fizik etmenlerinin hepsini konu edinir. Örnek olarak kişilerin kendilerini rahat hissettikleri, rahat çalıştıkları bir termal konfor değeri vardır. Ancak yapılan iş yüksek fiziksel eforu gerektiren ağır iş olması durumunda birey daha soğuk bir ortamı tercih eder. Fiziksel ergonomi işte bu çevresel etmenlerin insan üzerinde zararlı olabilecek etkilerine dikkat çeker. Böylece insanların rahat hissedecekleri ve onların sağlık ve güvenliğini etkilemeyecek bir fiziksel ortamda bulunmaları için çalışır (Stobbe,1996).

Antropometri kavramı özellikle ergonomi çalışmalarında oldukça önemli bir yer tutar. Antropometri insanların vücut boyutlarının ölçülmesi ile ilgilidir. Elde edilen antropometrik veriler mobilya, makine, elbise, araç gereç ve çalışma istasyonlarının insana göre tasarlanmasında tasarımcılara önemli bilgiler veren, oldukça önemli bir çalışma alanıdır (Kroamer,1994).

İş fizyolojisinin konusu, solunum, dolaşım ve iskelet sisteminin işin gerçekleştirilmesi esnasında metabolizmadan sağlanacak enerji gereksinimlerine

verdiği cevaplardır. İş fizyolojisinin temel hedefi, iş talebi ve işçinin kapasitesinin uyumsuzluğuyla ilgili verilerden yola çıkarak yerel veya genel vücut yorgunluğunun önlemesidir (Rodahal,1989).

Çalışan kişinin fiziksel özellikleri, bireyin iş performansını direkt etkiler. Çalışma alanının fiziksel şartları, kullanılan cihazlar da üretim performansını doğrudan etkileyen faktörlerdir. İlk bakışta yapılan iş ile bağlantısı olmadığı düşünülen birçok etken dolaylı olarak verimliliğe katkı sağlamakta, yine aynı şekilde engeller de yaratabilmektedir. Bilinmelidir ki çalışılan yerin fiziki şartları, çalışanın iş performansını doğrudan etkilemektedir. Verimliliğin sağlanmasında en önemli kaynak olan çalışanların sağlığı işletmelerin geleceğini etkilemektedir.

Gerek İş Sağlığı ve Güvenliği açısından ve gerekse iş verimliliği açısından; çeşitli işlerde çalışan işçilerin fiziksel, zihinsel ve sosyal açıdan korunması, çalışma alanlarındaki sağlığa zararlı etkenler karşısında her türlü koruyucu önlemin alınması ve uygun çalışma ortamı koşullarının sağlanması gerekmektedir. Bu şekildeki bir çalışma ortamı söz konusu olduğunda, ergonomik bir ortamda çalışmanın getirdiği sağlık ve güvenlikle iş kazalarının ve meslek hastalıklarının azaltılması mümkün olacaktır. Aynı zamanda da üretimin kalitesi ve miktarı artırılarak istenilen verimlilik gerçekleştirilmiş olacaktır (Akalp,2010).

Bilindiği gibi İş Sağlığı ve Güvenliği konusu Türkiye’de giderek daha da önem kazanmaya başlamıştır. Bu konuda bütün dünyanın ve özellikle Uluslararası Çalışma Teşkilatı’nın (ILO) üzerinde durduğu konu, ergonominin bu alandaki katkısıdır. Ancak bilinmelidir ki ergonomik bilimsel verilerden yararlanmadan iş sağlığı ve

güvenliği konusunda yapılan çalışmaların tam olarak başarıya ulaşması mümkün olmayacaktır.

İnsan makine sistemlerinin tasarımı çalışması sırasında insanın anatomik, fizyolojik, psikolojik, biyomekanik ve benzeri alanlarda zorlanma sınırlarının bulunması ancak ergonomi ile mümkündür. Bu alanlarda çalışacak olanların hem üretim hem de hizmet sektöründe mutlaka ergonomik ilkelere uyulma zorunluluğu vardır. Türkiye’de halen geçerli olan tüzük, yönetmelik, yasa vb yazılı dokümanlarda ancak ergonominin bilimsel verilerinden ayrıntılı bir şekilde yararlanarak sorunlara çözüm bulmak olanağı vardır. Şu bir gerçektir ki Türkiye’de artık İş Sağlığı ve Güvenliği alanında da Ne sorusunun sorulması yetmemekte, ortaya çıkan bu aksaklıkların Nasıl giderileceği konusunda ayrıntılı bilimsel mühendislik çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

2.6. İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Yöntemleri

Endüstride yıllar içerisinde gerçekleşen gelişmeler sonucunda proses ve sistemlerde de yüksek karmaşıklıklar oluşmuş, bu durum ise insan-makine ve ekipman gibi sebeplerden meydana gelen kazaların sayısını artırmıştır. Kazalara neden olabilecek tehlikelerin incelenmesi, günümüzde yaygın şekilde kullanılan ve mevzuatta da kullanılması zorunlu olduğu açıkça belirtilmiş olan risk değerlendirme çalışmalarının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Risk değerlendirmesi kavramı, işyerlerinde hâlihazırda var olan veya dışarıdan gelebilecek ve sonuç olarak çalışanlarda kazaya, meslek hastalığına sebep olabilecek

maddi ya da manevi zarar verebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerden açığa çıkabilecek risklerin tanımlanması, risklerin analizlerinin yapılarak derecelendirilmesi, kontrol önlemlerinin değerlendirilmesi, kararlaştırılması, alınan önlemlerin izlenmesi ve yenilenmesi çalışmalarının tümünü kapsamaktadır. Risk değerlendirme sürecinin 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun getirdiği bir zorunluluğunun yanında, çalışanların çalışma koşullarının iyileştirmesi, verimliliği artırması gibi önemli faydaları da vardır. Bu nedenle risk değerlendirme süreci dinamik yapısı olan bir faaliyettir.

29.12.2012 tarihinde 28512 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren “İş Sağlığı Ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği” riski tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimali olarak tanımlamıştır. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun üzerinde durduğu en önemli nokta önleyici tedbirlerin alınmasıdır. Bu nedenle sadece tehlike, risk gibi kavramların dışında ramak kala olaylar da çalışmaların etkinliği ve verimliliği açısından dikkate alınmalıdır. Ramak kala olay “İşyerinde meydana gelen; çalışan, işyeri ya da iş ekipmanını zarara uğratma potansiyeli olduğu halde zarara uğratmayan olay olarak tanımlanır.”

Risk değerlendirmesi; tüm işletmeler açısından kuruluş aşamasından başlayarak, tehlikelerin tanımlanması, risklerin belirlenmesi ve analiz edilmesi, risk kontrol önlemlerinin kararlaştırılması, dokümantasyon, güncelleme, denetleme ve gerektiğinde yenileme aşamalarının tümü ile gerçekleştirilir. Buradaki en önemli noktalardan biri çalışanların risk değerlendirmesi çalışmalarını esnasında sürece katılarak görüşlerinin alınmasının sağlanmasıdır. Bu iş ekip işidir ve işe ait

tehlikelerin ve risklerin belirlenmesinde çalışanların katılımının sağlanması, tehlikelerin tanımlarının doğru yapılması açısından oldukça önemlidir.

Tehlikeler tanımlanırken, çalışma ortamına ait, çalışanlara ait ve işyerine ait birçok verinin toplanması gerekmektedir. Bu verilerin toplanması risk değerlendirmenin sağlıklı yapılabilmesine olanak sağlar. Azami olarak toplanması gereken bilgiler “İş Sağlığı Ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği” kapsamında aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

- İşyeri bina ve eklentileri,
- İşyerinde yürütülen tüm faaliyetler ile iş ve işlemler,
- Üretim süreçleri,
- Üretim teknikleri,
- İş ekipmanları,
- Kullanılan maddeler,
- Artık ve atıklarla ilgili işlemler,
- Organizasyon, hiyerarşik yapı, görev, yetki ve sorumluluklar,
- Çalışan bireylerin tecrübe ve düşünceleri,
- İşe başlamadan önce ilgili mevzuat gereği alınması gerekli olan çalışma izin belgeleri,
- Çalışanların eğitim, yaş, cinsiyet ve benzeri özellikleri
- Çalışanların sağlık gözetimi kayıtları,
- Genç, yaşlı, engelli, gebe veya emziren çalışanlar gibi özel politika gerektiren gruplar ile kadın çalışanların durumu,
- İşyerine ait teftiş sonuçları,

- Meslek hastalığına ait kayıtlar,
 - İşyerindeki iş kazalarına ait kayıtlar,
 - Ramak kala olaylara ait kayıtlar,
 - Malzeme güvenlik bilgi formları,
 - Ortam ölçüm sonuçları,
 - Kişisel maruziyet düzeyi ölçüm sonuçları,
 - Daha önce yapılmış ise bu risk değerlendirmesi çalışmaları,
 - Acil durumlara ait planlar,
 - Sağlık, güvenlik planı ve patlamadan korunma dokümanı
(<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121229-13.htm>).
- (14.07.2015)

Risk Değerlendirmesi dinamik bir süreçtir. İşletmede bir defa risk değerlendirmesi yapmış olmak yükümlülüğü ortadan kaldırmaz. Yönetmelikte tehlike sınıflarına göre belirtilen dönemlerde yenilenmesi gerekmektedir. Risk değerlendirmelerinin;

- Az tehlikeli sınıfta en geç 6 yılda bir,
- Tehlikeli sınıfta en geç 4 yılda bir,
- Çok tehlikeli sınıfta ise en geç 2 yılda bir yenilenmesi gerekmektedir.

Bunların haricinde işyerinin başka bir yere taşınması durumunda, binalarda değişiklik yapılması durumunda, kullanılan makine ve ekipmanlarda değişikliklerin olması, uygulanan teknoloji, üretim yöntemindeki değişiklikler, iş kazası, meslek

hastalığı veya ramak kala olay meydana gelmesi veya çalışma ortamı ölçümü ve sağlık raporlarına göre gerekli görülmesi durumlarında da yenilenmesi gerekmektedir.

İşletmelerdeki proses ve sistemlerin karmaşıklığı arttıkça, birbirinden farklı risk değerlendirme metodolojileri, farklı amaçlara yönelik olarak ortaya çıkmıştır. Risk değerlendirme yapılacağı zaman uygulanabilecek olan birden fazla yöntem mevcuttur. Tüm işyerleri için geçerli olabilecek tek bir risk analiz yöntemi yoktur. İş Sağlığı ve Güvenliği uzmanı risk değerlendirme yapılması gereken işyerinin özelliklerine göre hangi metodu uygulayacağına karar vermelidir. Risk değerlendirmesi yapılırken iş güvenliği uzmanının tecrübesi risk değerlendirmesinin sonuçlarını ve başarısını da etkileyecektir. Ancak bilinmelidir ki risk değerlendirmesi, tek başına iş sağlığı güvenliği uzmanının yapabileceği işlem değildir. Üst yönetim kadrosundan tüm çalışanlara kadar herkesin aktif olarak katılım sağlaması ile başarıya ulaşabilecek bir çalışmadır.

Risk analiz yöntemleri nitel ve nicel analiz yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Nitel risk analiz yönteminde riski hesaplarken ve ifade ederken sayısal değerler yerine yüksek, oldukça yüksek gibi tanımlayıcı değerler kullanır. Nicel risk analiz yöntemlerinde ise risk hesaplanırken sayısal yöntemlere başvurularak tehlikenin olma ihtimali ve tehlikenin etkisine sayısal değerler verilmektedir. Risk temelinde yer alan “tehlike”, meydana gelme olasılığı ve şiddeti olmak üzere iki boyuttan oluşmaktadır.

$$\text{Risk} = \text{Tehlikenin Olasılığı} \times \text{Tehlikenin Etkisi (Şiddeti)}$$

İşletmelerde karmaşık üretim yöntemlerinin artması ile birlikte bugün kullanılan birçok risk değerlendirme yöntemi mevcut olmakla birlikte bu çalışmada en fazla kullanım alanı bulunan ve en fazla bilinen risk değerlendirme yöntemlerine yer verilecektir.

2.6.1. Ön tehlike analizi

Ön tehlike analizi, işletmenin son tasarımı analizinde hızlıca hazırlanan nitel bir risk değerlendirme yöntemidir. Yöntemin bir diğer avantajı da detaylı çalışmalara model olarak kullanılabilmesidir. Bu yöntemde riskli olaylar önden belirlenir ve sonra tek tek ele alınarak çözümlenir. Ortaya çıkan tehlikeleri ortadan kaldıracak önleyici ölçümler ve düzeltmeler formüle edilir. Bu yöntem sayesinde hangi tür tehlikelerin sıklıkla ortaya çıktığı ve hangi analiz yöntemlerinin daha uygun olduğu belirlenir. Ön tehlike analizi tek başına kullanılabilecek yeterli bir analiz yöntemi değildir. Bu yöntem genellikle diğer yöntemlere başlangıç verisi olarak faydalı olmaktadır. Önce tehlikeler tanımlanır, daha sonra bu tehlikeler sıklık/sonuç diyagramından da faydalanılarak belirli bir sıralamaya konur. Alınan önlemler buradaki öncelik sırasına göre belirlenir (Özkılıç,2014:154).

Bu yöntem uygulanırken, geçmiş deneyimlerin dikkate alınması gerekir. Kazalar, tehlikeli durum ve ramak kala olay kayıtları dikkate alınarak geçmiş deneyim analizi adı verilen süreç tamamlanır. İşletmede genel olarak, hangi hataların daha fazla meydana geldiği konusunda veri sağlar. Bu verilere göre de iş güvenliği uzmanı doğru yöntem seçimini gerçekleştirebilir. Amaç analizi bir sonraki adımı oluşturmaktadır. Burada istenilen hedefler belirlenir. Eğer işletmenin tehlikeli durum, ramak kala

kazaları veya geçmiş kaza kayıtları tutulmamış ise aynı iş kolunda faaliyet gösteren bir işletmelerdeki kaza örnekleri değerlendirmeye alınarak veri olarak da kullanılabilir. Burada analizi yapacak kişinin tecrübesi oldukça önemlidir.

Tehlikelerin tespit edilmesinden sonra hangi risk değerlendirme yönteminin seçileceğine karar verilmelidir. Tespit edilen olası tehlikelerin “Ön Tehlike Analizi Risk Derecelendirme ve Seçim Diyagramı” yardımı ile risk skoru belirlenir. Burada tehlikelerin şiddetinin “felakete yol açan”, “tehlikeli”, “marjinal” ve “önemsiz” olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Gerçekleştirilen risk değerlendirmesi sonucunda, risk skorunun kabul edilemez çıkması, alınan kontrol önemlerinin var olan tehlike potansiyelini azaltmak için yeterli düzeyde olmadığını gösterir. Bu durumda yapılacak düzeltici önlem “Güvenlik Ölçüleme Sistemine” “Güvenlik Bütünlük Derecesi” atanmasıdır(Özkılıç,2014:155).

2.6.2. İş güvenlik analizi

İş Güvenlik Analizi (JSA), bireyler veya ekiplerin gerçekleştirdiği iş görevleri üzerine odaklanır. Bu yöntemin uygun olabilmesi için öncelikle işletmede iş ve görev tanımlarının iyi yapılmış olması gerekmektedir. İş Güvenlik Analizi, bir iş görevinden ortaya çıkan tehlikeleri doğrudan inceler. Dört aşamadan oluşur(Özkılıç, 2005: 105):

- Yapı,
- Tehlikelerin Tanımlanması,
- Risklere Değer Verilmesi,
- Güvenlik Ölçüsü Önerisi

- 1) Yapı: İş Güvenlik Analizi (JSA) 'nin ilk aşamasında görev adımları numaralandırılarak detaylı olarak analiz edilir. Daha sonra ise bu adımları tehlikeye atacak durumlar belirlenir.
- 2) Tehlikelerin Tanımlanması: Alt görevler birer birer gözden geçirilir. Alt görevleri bozabilecek tehlikeler tanımlanarak özellikleri belirlenir.
- 3) Risklere Değer Biçilmesi: Risklere değer biçilmesi, şiddetin sonucuna, maruz kalabilecek kişi sayına ve meydana gelme olasılığına göre yapılır.
- 4) Güvenlik Ölçüsü Önerisi: İş Güvenlik Analizi için uygun kontrol ölçümü kolaylıkla üretilebilir.

2.6.3. Kontrol listeleri yardımı ile birincil risk analizi -(preliminary risk analysis using checklists)

Birincil risk analizinin (PRA) amacı, sistemde yer alan tehlikeleri belirleyerek değer vermek ve belirlenen her bir tehlike için potansiyel kaza ihtimallerini belirlemektir. PRA'yı kullanırken kontrol listelerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu listeler ihtiyaç ve teknolojiye göre düzenlenir. Listelerde belirlenen tehlikeler risk değerlendirme formunda "ciddiyet" ve "sonuç" olarak değerlendirilmelidir. "Önleyici ölçümler" ve "önlemlerin yerine getirilme ölçümleri" başlıklarında ise tehlikenin ortadan kaldırılması ya da kontrol altına alınması için gerekli aşamalar tespit edilir. Bu yöntemin amacı kapsamlı detay sağlamak yerine daha çok olası oluşabilecek problemlerin acil belirlenmesi içindir. Bu yüzden PRA metodu çevresel değerlendirme

amacı güder ve sistem kurulumunda kullanıma geçmeden önce risklerin gözlemlenmesi için kullanılabilir (Özkılıç, 2007: 324).

2.6.4. Risk matrisleri

Risk değerlendirme karar matrisi, Amerikan askeri standardı olan MIL_STD_882_D olarak bilinmektedir. Sistem güvenlik programı ihtiyacını yerine getirmek amacıyla geliştirilmiştir. Matris diyagramları iki veya daha fazla değişkenin yer aldığı ilişkileri incelemek amacıyla kullanılan bir değerlendirme aracıdır (Özkılıç, 2006: 113).

Risk matrisleri, risklere yapılacak müdahaleleri değerlendirmek amacıyla kullanılır. Saptanan riskler arasından elemeler yapmak için sonuç/analiz matrisi kullanılabilir. Risklerin ağırlığına göre hangi analizin gerektiği ve hangi risklere öncelik verilerek müdahale edilmesi gerektiği veya hangi riskin bir üst yönetime aktarılması gerektiğinin belirlenmesi amacıyla kullanılır. Matris kullanılarak risk teşkil etmeyen ve üzerinde durulması gerekmeyen riskler de belirlenir. Bu tür bir risk matrisi kullanılarak matriste yer aldığı noktaya göre o riskin genel olarak risk teşkil edip etmediğini belirlemede de kullanılabilir (Özkılıç,2014, :182).

3x3 veya 5x5 Matris diyagramı şeklinde olabilir. Genellikle neden-sonuç ilişkilerinin değerlendirilmesinde kullanılır. Bu yöntem ile öncelikle bir olayın gerçekleşme ihtimali ile gerçekleşmesi durumunda meydana getireceği zararın derecesi ve ölçümü yapılır.

$$\text{Risk Skoru} = \text{İhtimal} \times \text{Zarar Derecesi}$$

Örneğin 3x3 düzende olasılık “az, orta, çok” olmak üzere derecelendirilir. Şiddet de “hafif, orta, ağır olmak üzere üç grup yapılabilir. 5x5 matriste ise ortaya çıkma olasılığı için derecelendirme “çok küçük, küçük, orta, yüksek, çok yüksek” şeklinde, şiddet ise “çok hafif, hafif, orta, ciddi, çok ciddi” şeklinde gruplanır.

Bu şekildeki 5x5 matriste meydana gelen bir grupta risk skoru ise aşağıdaki tabloda görüldüğü şekilde olur.

Tablo 2.2. 5x5 Risk Skor Matrisi (L Tipi)

| İHTİMAL | ŞİDDET | | | | |
|-----------------|---------------|------------|-----------------|--------------|-----------------------|
| | 1 (Çok Hafif) | 2 (Hafif) | 3 (Orta Derece) | 4 (Ciddi) | 5 (Çok Ciddi) |
| 1 (Çok Küçük) | Anlamsız 1 | Düşük 2 | Düşük 3 | Düşük 4 | Düşük 5 |
| 2 (Küçük) | Düşük 2 | Düşük 4 | Düşük 6 | Orta 8 | Orta 10 |
| 3 (Orta Derece) | Düşük 3 | Düşük 6 | Orta 9 | Orta 12 | Yüksek 15 |
| 4 (Yüksek) | Düşük 4 | Orta 8 | Orta 12 | Yüksek 16 | Yüksek 20 |
| 5 (Çok Yüksek) | Düşük 5 | Orta 10 | Yüksek 15 | Yüksek 20 | Tolere Edilemez 25 |

Kaynak: Özkılıç, 2006, s. 113

Bu tablolar ışığında, belirlenen risk skoruna göre riski en büyük olandan çalışmalar başlatılır. Bu işlemler için aşağıdaki tabloda verilen sonuç kabul edilebilirlik değerleri dikkate alınır.

Tablo 2.3. Sonucun Kabul Edilebilirlik Değerleri

| SONUÇ | EYLEM |
|---|--|
| Katlanılmaz Riskler (25) | Belirlenen risk kabul edilebilir bir seviyeye düşürülünceye kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Gerçekleştirilen faaliyetlere rağmen riski düşürmek mümkün olmuyorsa, faaliyet engellenmelidir. |
| Önemli Riskler (15,16,20) | Belirlenen risk azaltılncaya kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Risk için devam etmesi ile ilgiliyse acil önlem alınmalı ve bu önlemler sonucunda faaliyetin devamına karar verilmelidir. |
| Orta Düzeydeki Riskler (8,9,10,12) | Belirlenen riskleri düşürmek için faaliyetler başlatılmalıdır. Risk azaltma önlemleri zaman alabilir. |
| Katlanılabilir Riskler (2,3,4,5,6) | Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için ilave kontrol proseslerine ihtiyaç olmayabilir. Ancak mevcut kontroller sürdürülmeli ve bu kontrollerin sürdürüldüğü denetlenmelidir. |
| Önemsiz Riskler(1) | Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için kontrol prosesleri planlamaya ve gerçekleştirilecek faaliyetlerin kayıtlarını saklamaya gerek olmayabilir. |

Kaynak: Özkılıç, 2006, s. 113

Analiz aşamasında ortaya çıkan risklere ait önlemler yerine getirildikten sonra belirlenen risk için yeniden bir risk skoru belirlenmeli ve form tekrar doldurulmalıdır.

Matris diyagramları çok boyutlu düşünce yoluyla sorunların netleştirilmesine yardımcı olur. Bu diyagramlar bir problemlerin veya olaya etki eden faktörlerin tanımlanmasını ve bunların birbiriyle ilişkisinin saptanmasını sağlar. Bu tarzdaki risklerin değerlendirmesi karmaşık proseslerin ve işlerin yer aldığı alanlarda ve olaylarda kullanılabilir (Özkılıç, 2006: 116).

Her sektöre kolaylıkla uygulanabilen bir yöntem olan matris uygulamaları açısından en önemli özellik takım liderine, tecrübesine göre başarı oranının değişebilmesidir.

2.6.5. Tehlike analizi ve kontrol noktaları (HACCP)

Tehlike analizi ve kritik kontrol noktaları analizi (HACCP), ürünün tehlikelere maruz kalmasını önlemek, kalite güvenilirliğini devam ettirmek ve emniyetini sağlamak için

prosesin her adımında denetleme yapmaya ve olası tehlikeleri tespit etmeye yönelik bir yapı oluşturur. HACCP' nin amacı proses süresince riskleri en aza indirmek için kontrol sağlamaktır. Amaç nihai ürünün denetlenmesi değildir (Özkılıç,2014:212).

HACCP genel olarak aşağıdaki 7 temel ilkeden oluşmaktadır:

1. Tehlike analizi ve akım şemalarının ayrıntılı olarak oluşturulması,
2. Kritik Kontrol Noktalarının, Karar Ağacı kullanılarak belirlenmesi,
3. Her bir Kritik kontrol noktasındaki Hedef Düzey ve Toleransların belirlenmesi
4. Uygun izleme yöntemlerinin oluşturulması,
5. Düzeltici Faaliyetlerin belirlenmesi
6. HACCP çalışmalarının etkinliğini kanıtlayacak Doğrulama Prosedürlerinin belirlenmesi
7. Bu prensip ve uygulamalara yönelik Dokümantasyon Yapısının oluşturulması (<http://tr.wikipedia.org/wiki/HACCP>).

HACCP çalışmaları tarım ve gıda endüstrisi için geliştirilmiş bir risk analiz yöntemidir.

2.6.6. Olursa ne olur? (What if?..)

Bu yöntemin işletme denetlemelerinde prosedürlerin incelenmesi esnasında kullanılmasının birçok faydası vardır. Mevcutta yer alan ve gerçekleşme ihtimali yüksek riskleri belirleme oranını artırır. Bu yöntem işlemlerin herhangi bir anında

gerçekleştirilebilir ve risk analizini yapan kişinin çok deneyimli olmasına gerek yoktur. “ Olursa ne olur?” sorusu sorularak yola çıkılır. Bu soruya verilen cevaplar önemlidir. Çünkü problemlerin olası sonuçlarının tespiti ve önerilerin tanımlanması “olursa ne olur?” sorusuna verilecek cevaplarla direkt ilişkilidir (Özkılıç, 2006: 107).

“Olursa ne olur?” yönteminde risk analizi yapan kişi sadece bir konuya veya duruma odaklanıp başka riskleri göremeyebilir veya tecrübesi o noktadaki tehlikeyi yakalaması için yeterli olmayabilir. Bu metot informal bir metottur. Bunun da nedeni farklı disiplinlerdeki çalışanların tecrübelerine dayanması ve bu tecrübelerle göre sonuçların çok fazla etkilenmiş olmasından kaynaklanmaktadır (Özkılıç, 2014: 216).

2.6.7. Tehlike ve işletilebilirlik çalışması (Hazard and operability studies- HAZOP)

1970’li yılların başında “Imperial Chemical Industries Ltd. Şti” tarafından geliştirilen HAZOP tekniği, yeni ve var olan tesislerin süreç ve mühendislik niyetlerinin resmi, kritik inceleme uygulamasıdır.

Bu teknik kimya endüstrisinde yer alan tehlike potansiyelleri dikkate alınarak hazırlanmıştır. Disiplinli bir ekibin kaza odaklarını belirlemesi, analizlerini yapması ve ortadan kaldırması amacıyla yapılır. Detaylı ve sistemli bir beyin fırtınası çalışması da denebilir. Çalışma esnasında belirlenmiş anahtar ve kılavuz kelimeler kullanılır. Belirli kalıplarda sorular çalışmaya katılan kişilere sorularak olayların gerçekleşmesi durumunda veya tam tersi olarak gerçekleşmemesi durumlarında nasıl sonuçlarla karşılaşılacağına cevap aranır. Bu yöntem proses tasarım aşamasında ve proses aşamasında kullanılarak kimya endüstrisindeki tehlikelerin tanımlanması amacıyla

güder. Bu yöntem “Tehlike ve İşletilebilme Çalışmaları” adıyla da anılır (Özkılıç, 2006: 119).

2.6.8. İş etki analizi (Business impact analysis- BSI)

İş Etki Değerlendirmesi olarak da anılan İş Etki Analizi anahtar iş kesinti risklerinin, bir kurumun faaliyetlerini nasıl etkileyebileceğini inceler, tanımlar ve onu yönetmek için ihtiyaç duyulan yeteneklerinin ölçülerini tespit eder. BIA, özellikle aşağıdaki konuların kararlaştırıldığı şekilde anlaşılmasını sağlar;

- Anahtar süreçlerin, fonksiyonların ilgili kaynakların ve anahtar bağımlı iş adımlarının kritikliği ve tanımlanması,
- Aksatıcı olayların kritik iş hedeflerine ulaşma kapasitesini ve kabiliyetini nasıl etkileyebileceği,
- Aksaklığı kontrol altına alma ve kararlaştırılan işletim düzeyinde organizasyonu iyileştirme bakımından gerekli kapasite ve yeterlilik.

2.6.9. Kök neden analizi (Root cause analysis-RCA)

Farklı arızalardan kaynaklanan ekipman kayıplarına odaklanan kök neden analizi, bir hatanın gelecekte tekrarlanmasını önlemeyi amaçlar. Bu analizde amaç acil belirli durumlara yönelmek değildir. Önemli olan hataya neden olan kök nedeni bulup tanımlayabilmektir. RCA endüstride özellikle temel bir kaybın değerlendirilmesi amacı ile sıklıkla uygulanır. Çoğunlukla kullanım amacı hangi alanda iyileştirme yapılabileceğine dair karar verilebilmesine yönelik kayıpların doğru analiz edilmesidir (Özkılıç,2014:245).

2.6.10. Hata ağacı analizi (Fault tree analysis-FTA)

İlk olarak 1962 yılında Bell Telefon Laboratuvarlarında oluşturulmuş olan hata ağacı yöntemi, tündengelim risk analiz yöntemidir. Havacılık, nükleer enerji, kimya, ilaç petrokimya gibi sektörlerde çoğunlukla tercih edilirler. Bu analizde tehlikeli olay, daha önceden tanımlanmış olay ile hataların nedensel ilişkileri olarak belirlenir. Bir işletmede yapılan hataların nedenlerinin ve karşıt önlemlerinin diyagram olarak gösterimidir.

Kantitatif bir yöntemdir. Bu yöntemde hata alt bileşenlerine ayrılarak incelenir. FTA'nın amacı, hataların mekanizmalarını; mekanik, fiziksel, kimyasal veya insan kaynaklı hataları tanımlamaktır. FTA olması muhtemel olayları mantıksal bir diyagram kullanarak ifade eder. FTA, algılanan büyük kayıplı tehditler, felakete yol açan potansiyel katkılar, karmaşık/çok unsurlu sistemler ve süreçler, istenmeyen, tanımlanmış olaylar ve fark edilemez felaketlerin olduğu durumlarda kullanılır.

FTA her düzeyde tehlike oluşturan tüm hataların analizini yaparak, en büyük kaybı yaratan hatalara ait tüm sorunların tüm kombinasyonlarını gösterir. Hata Ağacı Analizi, sistem analizi, hata ağacının oluşturulması ve hata ağacının değerlendirilmesi olarak 3 temel adımda uygulanır (Özkılıç, 2005:126-132).

2.6.11. Hata modu ve etkileri analizi (Failure mode and effects analysis- FMEA)

Bir sistemde yer alan hataları olasılıklarına ve benzerliklerine göre sınıflandırarak ilk üretim gerçekleşmeden hataların olasılıklarına göre sınıflandırılarak elemine edilmesini sağlayan bir yöntemdir. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği kanununun da

getirdiği bir yenilik olan proaktif yaklaşım, ürünün tasarım aşamasından nihai kullanıcıya kadar olabilecek tüm hataların analiz edilerek oluşmadan engellenmesi açısından bu yöntemin temel yapıtaşını oluşturmaktadır. Bu yöntem çoğunlukla uzay, kimya ve otomobil sanayinde çok fazla kullanılmaktadır. Kolay olması ve geniş teorik bilgi gerektirmemesi nedeni ile de oldukça tercih edilen bir yöntemdir.

Hata Türü ve Etkileri Analizi;

- Her hatanın nedenlerini belirler.
- Olası hataları tanımlar,
- Olasılık, şiddet ve saptanabilirlik ile hataların önceliğini belirler,
- Hesaplanan Risk Öncelik Sayısı sayesinde sorunların takip edilmesini ve düzeltici faaliyetlerin yapılmasını sağlar.

Metodun temelini tanımlamak gerekirse; bir sistemin tamamının veya bölümlerinin ele alınıp; buralardaki kısımlar, aletler ve bileşenlerde ortaya çıkabilecek arızalardan hem bölümlerin hem de bütün sistemin nasıl etkilenebileceğini hesaplayarak çıkabilecek sonuçların analiz edilmesidir (http://www.emo.org.tr/ekler/8778f10a9ac28c2_ek.pdf?dergi=898) (23.11.2014).

FMEA Çeşitleri:

1- Sistem FMEA

2- Tasarım FMEA

3- Proses FMEA

4- Servis FMEA

1. **Tasarım FMEA:** Ürünün tasarım aşamasında riskli bölgeleri bulup ortaya çıkarmak için yapılan çalışmadır.
2. **Proses FMEA:** Üretim ve montaj işlemlerinin tümünü değerlendirmek ve analiz etmek için kullanılır.
3. **Sistem FMEA:** Tamamlanan ürün tasarımlarından sonra üretim, kalite güvence gibi sistemlerin akışını daha kullanışlı hale getirmek için uygulanan bir yöntemdir.
4. **Hizmet FMEA:** Müşteri hizmetlerini geliştirmek amacıyla kullanılır. Üretim, kalite güvence ve pazarlama koordinasyonu ile uygulanır(Yılmaz, 2000:133).

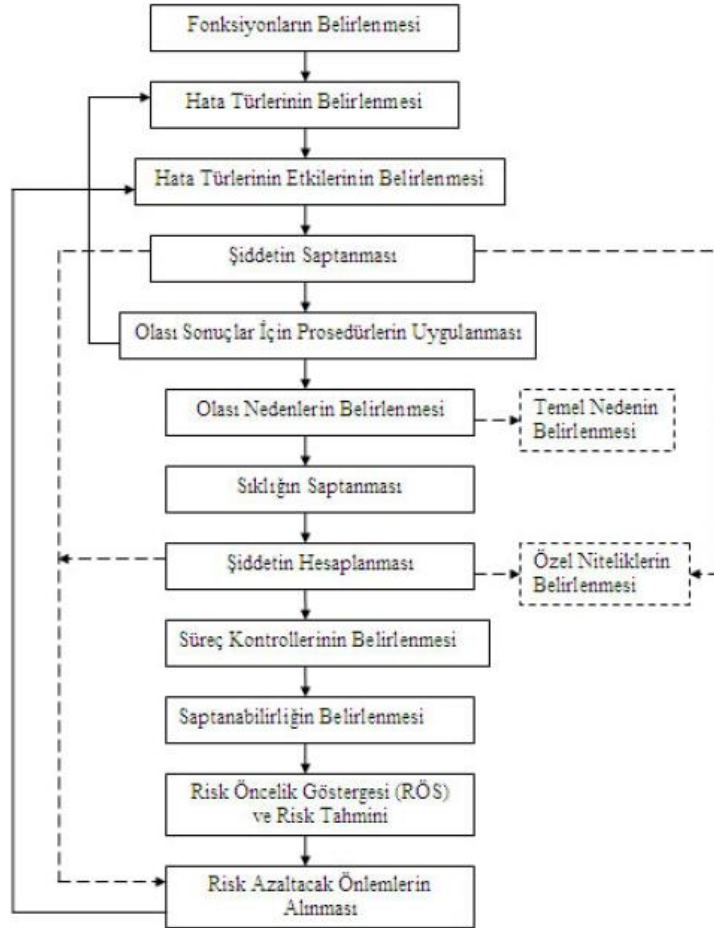
FMEA çalışmasında hata önceliklerini belirlemede üç faktör vardır:

- Ortaya çıkma, (Olasılık) (O): Hatanın sıklığı
- Ağırlık, (Şiddet) (A): Hatanın ciddiyeti
- Saptama (Fark edilebilirlik) (S): Hasar meydana getiren durumun saptanmasındaki zorluk derecesi

Risk Öncelik Sayısı (RÖS), her bir hata türü için meydana gelme olasılığı, ağırlık ve saptama gibi üç risk etmeni ele alınarak belirlenir. RÖS değeri sayısal bir değerdir. İlk olarak en büyük RÖS'e sahip olandan başlayarak düzeltici faaliyetler belirlenir. RÖS, Olasılık (O), Ağırlık (A) ve Saptama (S) değerlerinin çarpılması ile elde edilir (Yılmaz 1997'den aktaran Semerci,2012:161):

$$RÖS = O \times A \times S$$

FMEA süreci, aşağıdaki şekilde gösterilen aşamalardan oluşmaktadır.



Şekil 2.2. FMEA Prosesi

Kaynak: Özkılıç,2006;140

FMEA analizi sayesinde muhtemel zarar meydana getirecek durumlar önceden sezilmiş olur. Oldukça geniş uygulama alanı bulan bir risk analiz yöntemidir. Sistemin içerisindeki aksaklıkların neler olduğu ile ilgili oldukça kapsamlı bilgiler vermektedir bu nedenle de oldukça yararlıdır.

Tablo 2.4 Zararın Şiddeti

| Sistem FMEA Şiddet Etki Sınıflaması | | |
|-------------------------------------|---|--------|
| Etki | Şiddetin Etkisi | Derece |
| Uyansız Gelen Tehlike | Felakete yol açabilecek etkiye sahip ve uyansız gelen potansiyel hata | 10 |
| Uyansız Gelen Tehlike | Yüksek hasara ve toplu ölümlere yol açabilecek etkiye sahip ve uyansız gelen potansiyel hata | 9 |
| Çok Yüksek | Sistemin tamamen hasar görmesini sağlayan yıkıcı etkiye sahip ağır yaralanmalara, 3. derece yanık, akut ölüm vb. etkiye sahip hata türü | 8 |
| Yüksek | Ekipmanın tamamen hasar görmesine sebep olan ve ölüme, zehirlenme, 3. derece yanık, akut ölümcül hastalık vb. etkiye sahip hata | 7 |
| Orta | Sistemin performansını etkileyen, uzuv ve organ kaybı, ağır yaralanma, kanser vb. yol açan hata | 6 |
| Düşük | Kırık, kalıcı küçük iş göremezlik, 2. derece yanık, beyin sarsıntısı vb. etkiye sahip hata | 5 |
| Çok Düşük | İncinme, küçük kesik ve sıyrıklar, ezilmeler vb. hafif yaralanmalar ile kısa süreli rahatsızlıklara neden olan hata | 4 |
| Küçük | Sistemin çalışmasında yavaşlatan hata | 3 |
| Çok Küçük | Sistemin çalışmasında kargaşaya yol açan hata | 2 |
| Yok | Etki Yok | 1 |

Kaynak: Özkılıç, 2006;141

Tablo 2.5. Zararın Oluşma Olasılığı

| Hata Olasılığı | Hatanın İhtimali | Derece |
|------------------------------|-------------------------|--------|
| Çok Yüksek: Kaçınılmaz Hata | 1 / 2'den fazla | 10 |
| | 1 / 3 | 9 |
| Yüksek: Tekrar Tekrar Hata | 1 / 8 | 8 |
| | 1 / 20 | 7 |
| Orta: Ara Sıra Olan Hata | 1 / 80 | 6 |
| | 1 / 400 | 5 |
| | 1 / 2.000 | 4 |
| Düşük: Nispeten Az Olan Hata | 1 / 15.000 | 3 |
| | 1 / 150.000 | 2 |
| Pek Az: Olası Olmayan Hata | 1 / 1.500.000'den düşük | 1 |

Kaynak Özkılıç:2006,141

Tablo 2.6. Fark Edilebilirlik

| Farkedilebilirlik | Farkedilebilirlik Olasılığı | Derece |
|-------------------|---|--------|
| Fark Edilemez | Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği mümkün değil | 10 |
| Çok Az | Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği çok uzak | 9 |
| Az | Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği uzak | 8 |
| Çok Düşük | Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği düşük | 7 |
| Düşük | Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği çok düşük | 6 |
| Orta | Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği orta | 5 |
| Yüksek Ortalama | Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği yüksek ortalama | 4 |
| Yüksek | Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği yüksek | 3 |
| Çok Yüksek | Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği çok yüksek | 2 |
| Hemen hemen Kesin | Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilebilirliği hemen hemen kesin | 1 |

Kaynak:Özkılıç, 2006;142

2.6.12. Olay ağacı analizi (Event tree analysis - ETA)

Olay ağacı analizi genellikle nükleer santrallerde, kimya ve uzay endüstrisinde uygulama alanı bulmuş, daha sonra diğer sektörlerde de sıklıkla uygulanmaya başlanmıştır. Olay Ağacı analizi, başlangıçta seçilmiş olan zarar verme riski bulunan olayın meydana gelmesinden sonra ortaya çıkabilecek sonuçların akışını diyagram ile gösteren bir mantıksal modelleme yöntemidir. Bu teknik, sorunlar ortaya çıktıktan sonra düzeltmekten ziyade ortaya çıkmadan sorunları görebilmek ve bu sorunların sistemi nereye götürebileceğini görebilmek için olayın sonuçlarını ikili (başarı/başarısızlık) şekilde gösteren tümevarımlı mantığı kullanır.

Bu yöntemin avantajları; https://en.wikipedia.org/wiki/Event_tree_analysis

- Birden, birlikte var olan hataları ve başarısızlıkları değerlendirmesini sağlar.
- Son olayların ne olacağını net görebilmek mümkündür.

- Ayrıntılar çeşitli seviyelerde yapılabilir.
- Görsel neden sonuç ilişkisi kurulur.
- Öğrenmek ve yürütmek için nispeten kolaydır.
- Karmaşık sistemlerin içinde bile modeller anlaşılabilir bir şekilde kurulabilir.
- Donanım, yazılım, çevre ve insan etkileşimi birleştirir
- Ticari yazılım mevcuttur.

2.6.13. Neden sonuç analizi

Neden-sonuç analizi, kritik bir olay ile başlar. Oluşabilecek durumları veya kayıpları başlatan olaya EVET/HAYIR mantığına dayalı bir yaklaşımla bakarak sonuçları analiz eder. Durumların veya kayıpların nedenleri kayıp ağaçları aracılığı ile analiz edilir. Bu yöntem gecikmelerin sonuç analizi ile birleşmesine olanak tanır. Bu yöntem, bir sistemin kritik bir olayı takibi sırasında izleyebileceği yolları pek çok yolu ve alt sistemler ile olan bağlantılarını analiz eder (örneğin, acil durum tepki sistemi gibi). Eğer niceliksel bir yaklaşım sergilenirse çeşitli olası sonuçlar ile ilgili bir tahmin sağlayacaktır. Bir neden-sonuç diyagramındaki her bölüm alt hata ağaçlarının bir karması olması sebebi ile neden-sonuç analizi, hata ağacı kurmak için de bir araç olarak kullanılabilir. Diyagramları meydana getirmek zordur ve bu diyagramların kullanımı, meydana gelen sonucun etkisine göre de zorlaşır. Neden-sonuç analizinin avantajları olay ağacı ve hata ağacı ile aynıdır. Bunlara ilaveten, tekniklerden kaynaklanan bazı sınırlamaları da ortadan kaldırır. Neden-sonuç analizi, sistemle ilgili anlaşılır bir görüş açısı sunar. Sınırları ise olay ağacı ve hata ağacı analizinden daha karmaşık bir teknik olmasıdır (<http://www.yonetimsistemi.net/risk-degerlendirme-teknikleri-neden-sonuc-analizi/>) (21.11.2014)

2.6.14. Fine-kinney analizi (Mathematical evaluations for controlling hazards method)

G.F. Kinney and A.D Wiruth tarafından 1976 yılında geliştirilmiş olan bu yöntem, kazaları önleme ve kaza kontrolü için matematiksel değerlendirme anlamına gelir. Risk; tehlikeli olayların olasılığına, tehlikenin şiddetine ve olayın sıklığına bağlı olarak değişmektedir. Kinney ve Wiruth yaptıkları çalışmalar sonucunda güvenlik düsturlarını şöyle belirlemiştir;

- Karşılaşılan risklerden kaçınılamaz ve tehlikelerden kaynaklanan riskler tümünden ortadan kaldırılamaz.
- Dikkatli düşünce ve gayretle günlük hayatta riskleri kabul edilebilir düzeye düşürülebilir.
- Sınırlı olan zaman ve gayret kaynakları, risk azaltmada en fazla yarar sağlayacak şekilde kullanılmalıdır.

Risk skoru,

- tehlikeli olayın gerçekleşme olasılığına,
- tehlikeye maruz kalma sıklığına,
- tehlikeli olayın verdiği zarara bağlı olarak hesaplanmaktadır.

Tehlikeli olayın meydana gelme olasılığı, matematiksel olasılığa bağlantılı olarak bulunabilmektedir. Aşağıdaki tablo kullanılarak olasılık değeri belirlenebilmektedir (Kinney ve Wiruth, 1976'dan aktaran Semerci, 2012:167).

Tablo 2.7. Olasılık, Frekans ve Şiddet

| OLASILIK DEĞERİ | ŞANS zararın gerçekleşme olasılığı | FREKANS DEĞERİ | FREKANS tehlikeye zaman içinde maruz kalma tekrarı | ŞİDDET DEĞERİ | ŞİDDET insan üzerinde yaratacağı tahmini zarar |
|-----------------|------------------------------------|----------------|--|---------------|--|
| 10 | beklenir, kesin | 10 | hemen hemen sürekli (bir saatte birkaç defa) | 100 | birden fazla ölümlü kaza |
| 6 | yüksek, oldukça mümkün | 6 | sık (günde bir veya birkaç defa) | 40 | öldürücü kaza |
| 3 | olası | 3 | ara sıra (haftada bir veya birkaç defa) | 15 | kalıcı hasar/ yaralanma, iş kaybı |
| 1 | mümkün fakat düşük | 2 | sık değil (ayda bir veya birkaç defa) | 7 | önemli hasar/ yaralanma, dış ilk yardım ihtiyacı |
| 0,5 | beklenmez fakat mümkün | 1 | seyrek (yılıda birkaç defa) | 3 | küçük hasar/ yaralanma, dahili ilkyardım |
| 0,2 | neredeyse imkansız | 0,5 | çok seyrek (yılıda bir defa veya daha seyrek) | 1 | ucuz atlatma |
| 0,1 | filen imkansız | | | | |

Kaynak (Kinney ve Wiruth, 1976'dan aktaran Semerci,2012:167)

Tablo 2.8. Risk Değerlendirme Sonucu

| RİSK DEĞERİ | RİSK DEĞERLENDİRME SONUCU |
|--------------------|---|
| $400 \leq R$ | Tolerans Gösterilmez Risk- hemen önlem alınmalı/ veya tesis, bina, çevrenin kapatılması düşünülmeli |
| $200 \leq R < 400$ | Esaslı Risk- kısa dönemde iyileştirilmelidir. (birkaç ay içinde) |
| $70 \leq R < 200$ | Önemli Risk- uzun dönemde iyileştirilmelidir. (yıl içinde) |
| $20 \leq R < 70$ | Olası Risk- gözetim altında uygulanmalıdır. |
| $R < 20$ | Önemsiz Risk- önlem öncelikli değildir. |

Kaynak (Kinney ve Wiruth, 1976'dan aktaran Semerci,2012:167)

Tehlike duruma maruz kalma arttıkça risk de artmaktadır. Tehlikeye maruz kalma sıklığı frekans tablo yardımıyla belirlenmektedir. Tehlikeli olayın verdiği

zararın şiddeti aşağıdaki tablo yardımıyla hesaplanmaktadır. Risk skoru, tehlikeli olay için belirlenmiş olasılık, sıklık ve şiddet değerlerinin çarpılmasıyla hesaplanır.

Risk Skoru = Olayın meydana gelme ihtimali x Tehlike maruz kalma sıklığı x Şiddet

Yukarıda hesaplanan risk skoruna göre risk değerlendirme sonucu tablo 1.14 kullanılarak değerlendirme yapılır.



3. BULANIK MANTIK

3.1. Bulanık Mantığın Tarihsel Gelişimi ve Kullanım Alanları

Günlük hayatta konuşurken birçok ifadeyi sınıflandırmak mümkündür. (kadın-erkek, doğru-yanlış, iyi-kötü, evet-hayır) Ancak bazı kavramları kesin sonuçlarla ifade etmek zordur. Kesin sonuçlarla ifade edemediğimiz kavramları problemlerin çözümünde kullanabilmek amacı ile bulanık küme mantığı devreye girmektedir. Yaşanılan çevrede ortaya çıkan karmaşıklık, genel olarak belirsizlikten veya kesin kararlar verilememesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca çoğu konuda elde edilen bilginin eksik veya yetersiz oluşundan dolayı belirsizlikler de söz konusu olabilmektedir. Bulanık mantık bu belirsizliğin ve karmaşıklığın modellenenilmesi ve çözümlenebilmesi için kullanılan bir kavramdır.

Bulanık küme değişik üyelik derecelerine sahip bir sınıftır. Gerçek hayatta kullanılan sınıflandırmaların hemen hemen hepsi bulanıktır. ({{‘Uzun insan’}}, {{‘Güzel bir gün’}}, {{‘Yuvarlak nesne’}}), ({{‘Soğuk hava’}},

Bulanık mantık, Lütfi Ali Askerzade’nin 1965 yılında “Information and Control” dergisinde yayınladığı makalenin sonucunda ortaya çıkmış olan bir mantık yapısıdır. Bu makalede teknik bir problemin çözümüne yönelik devrim sayılabilecek görüşler ileri sürmüştür.

Bulanık mantığın en temel özelliği, klasik kümeler anlayışının dayandığı bazı temel ilkelerin kullanılmamasıdır. Örneğin, klasik düşüncede bir varlık bir kümenin

ya elemanıdır ya da değildir. Fakat bulanık mantıkta her bir varlığın üyelik derecesi vardır. Varlıkların üyelik derecesi (0,1) arasında herhangi bir değer olabilir. Örneğin “turuncu portakallar kümesi=A” olsun. Bir portakal, turuncu portakallar kümesine ait değilse \bar{A} kümesinin bir elemanı olacaktır. Ancak bulanık mantık açısından bir portakal tam olarak turuncu değil ve tam olarak sarı da değilse, belli bir yüzdeyle turuncu olarak kabul edilebilir. Tam turuncu portakalın değeri 1 ise tam turuncu olmayan portakalın değeri 0 olacaktır. Kalan portakalları ise sarı renk derecelerine göre, örneğin ‘%35, %50, %70, oranında turuncudur’ gibi değerlerle tanımlamak mümkün olacaktır.

Mamdani ve Assilian isimli araştırmacılar, 1975 yılında, bir buhar makinesinin kontrolünün bulanık sistem ile modellemesini gerçekleştirerek bulanık mantık uygulamalarının önünü açmış ve tüm dünyanın dikkatini bu konuya çekmişlerdir. Böylelikle bulanık sistemler ile çalışmanın kolay ve etkili olduğu kadar sonuçlarının da dikkat çekici olduğu anlaşılmıştır.

1977 yılında ise dinamik sistemleri kontrol etmek amacı ve ölçme hatalarının minimize edilmesi için King ve Mamdani, bulanık modellerin kullanılmasının avantaj sağlayacağını düşünmüş ve uygulamışlardır (King ve Mamdani, 1977:235).

1979 yılında Braae ve Rutherford tanımlanamamış sistemler için bulanık denetleyici uygulamaları üzerine denemeler yapmışlardır (Daley ve Gill, 1986:1).

1987 yılında Xu ve Lu, bulanık model tanımlama ve kendi kendine öğrenme algoritmalarının işlem kapasitesi ve zaman etkinliğinin artırılması üzerine çalışmışlardır (Xu ve Lu,1987:4).

Bu konuda dikkat çeken noktalardan bir diğeri Yamaichi Securities tarafından geliştirilen Bulanık Temelli uzman sistemdir. Bu sistem, 1988 yılının Ekim ayında Tokyo Borsası'nda yaşanan krize ait belirtileri on sekiz gün önceden haber vererek, bulanık mantığa olan ilginin artmasını sağlamıştır. Bulanık mantığa olan bu ilginin artması sonucu bu konuda uluslararası bir çalışma ortamı oluşturabilmek amacı ile 1989 yılında, 51 firma tarafından LIFE (Laboratory for Interchange Fuzzy Engineering) laboratuvarları kurulmuştur (Günel, 1997: 50).

Bulanık mantığa ait uygulamaların artması sonucunda bu uygulamaların kullanıldığı ürünler öncelikle Japonya'da tüketicilere sunulmaya başlanmıştır. Çamaşır cinsine, miktarına, kirliliğine göre en etkili çamaşır yıkama ve su kullanım programını seçebilen bulanık denetimli çamaşır makinesi örnek olarak gösterilebilir. Bugün elektronik pazarında kullanılan pek çok üründe (elektrik süpürgesi, televizyon ve müzik sistemi gibi) bulanık mantık denetimi kullanılmaktadır. Ayrıca bulanık mantığa dayanan pek çok otomotiv ürünleri de piyasaya sunulmuştur (Elmas, 2003: 27).

3.2. Bulanık Küme Kavramı ve Üyelik Fonksiyonları

Klasik küme teorisinde sınırlar kesindir. Başka bir ifade ile nesne bir kümenin elemanıdır veya değildir. Yani iki seçenekli bir mantık söz konusudur. Klasik küme anlayışı açısından bir diğer zorluk, bir kümenin elemanlarının kendi aralarındaki bazı ilişkilerin ifadesine olanak vermemesidir. Örneğin, “genç olmak” durumu veya “gençler kümesi” 14 yaş ile 30 yaş aralığında sınırlansın. Yaşı 15 olan bir kişi bu kümenin elemanıdır. Yine 28 yaşındaki bir kişi de bu elemanıdır. Fakat 15 yaşındaki

kişinin, 28 yaşındaki kişiye göre “daha genç” durumda olacağı herkes tarafından kabul edilir. Bulanık mantık sayesinde günlük hayatta kullandığımız “daha yaşlı”, “daha güzel”, “daha genç”, “daha iyi” gibi kavramlar, birer kesirli sayı ile ifade edilip aralarındaki ilişkiler nicel yolla ifade edilebilir.

Bulanık mantık üyelik fonksiyonları genellikle, Üçgensel Üyelik Fonksiyonları, Yamuk Üyelik Fonksiyonları ve Gauss Üyelik Fonksiyonları olmak üzere üç başlık altında incelenmektedir.

3.2.1. Üçgensel üyelik fonksiyonu

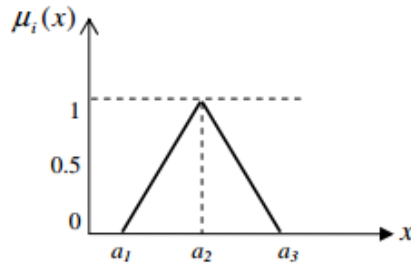
Üçgen bulanık sayılar, üç tane gerçek sayılarla tanımlanmış bulanık sayıların özel bir çeşididir. (a_1, a_2, a_3) şeklinde ifade edilir. $a_1, a_2,$ ve a_3 parametreleri sırasıyla en küçük muhtemel değeri, en muhtemel değeri ve en büyük muhtemel değeri göstermektedir. Üçgen bulanık A sayısının gösterilişi şekil 2.24’de verilmiştir (Kahraman vd, 2004: 174).

$\mu_A(x)$ üçgensel üyelik fonksiyonu, (3.1) formülünde tanımlanmıştır

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (3.1)$$

(3.1) formülüne göre küme, $A = (a_1, a_2, a_3)$ olmalıdır. Burada a_2 normal değerli üyelik olarak tanımlanabilir. Bulanık Mantık bu noktada bir α katsayısına

bağlı olarak a_2 ' ye yakın değerlerin, bu değere yüklenen anlam ile temsil edileceğini varsaymaktadır. Diğer bir deyişle a_2 ' deki belirsizlik, varsayılacak ya da dağılıma göre bulunabilecek bir α katsayısı ile tolere edilebilir. Söz konusu komşuluk Şekil 3.1' de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Sayıların Komşuluğu (Kaynak: Karakaşoğlu,2008;72)

Bulanık üçgen sayılar; birçok alandaki uygulamalarda oldukça geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Uygulama alanı olarak bulanık denetleyiciler, yönetsel açıdan karar verme, sosyal bilimler örnek olarak verilebilir (Kaufmann ve Gupta, 1988: 28).

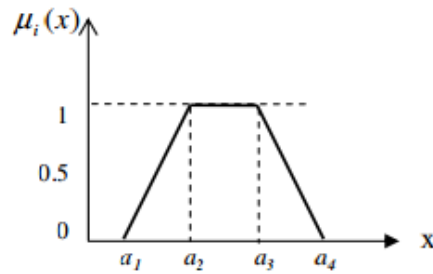
3.2.2. Yamuk üyelik fonksiyonu

Eğer bulanık mantık sayılarına ilişkin kümede iki değer normal kabul ediliyorsa, yani küme, $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ şeklinde 4 belirleyici değerden oluşuyorsa bu durumda üyelik fonksiyonu yamuk üyelik fonksiyonu olur (Kaufmann ve Gupta, 1988: 33).

Yamuk bulanık sayıların sözel değişkenlerle kolay kavranabilmesi nedeni ile en sık kullanılan bulanık sayı çeşitlerinden olduğu söylenilebilir(Baykal ve Beyan, 2004: 239). Yamuk üyelik fonksiyonu (3.2) formülünde gösterilmiştir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x > a_4 \end{cases} \quad (3.2)$$

Fonksiyonun grafiksel şekli aşağıda gösterildiği gibidir.



Şekil 3.2. Sayıların Komşuluğu (Kaynak: Karakaşoğlu, 2008; 72)

3.2.3. Gauss üyelik fonksiyonu

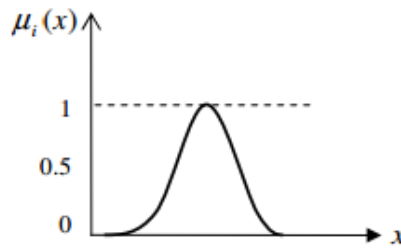
Bu tip bir üyelik fonksiyonunda yer alan m ve σ parametreleri şu şekilde tanımlanır:

$$\mu_A(X; M; \sigma) = \exp \left\{ \frac{(x - m)^2}{\sigma^2} \right\} \quad (3.3)$$

Bu fonksiyonda fonksiyon merkezini m ve genişliği de σ ifade eder. σ değerini değiştirerek, fonksiyonun biçimini değiştirmek mümkündür. Eğer σ küçük

olursa üyelik fonksiyonu daha ince olacaktır, buna karşılık ise bu değer büyüdükçe üyelik fonksiyonu da daha yayvan olacaktır (Baykal & Beyan, 2004: 79).

Fonksiyonun grafiksel şekli ise aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.3. Gauss Üyelik Fonksiyonu

3.3. Bulanık TOPSİS algoritması

Çok ölçütlü karar verme problemlerinde en fazla kullanılan yöntemlerden bir tanesi 1981 yılında önerilen TOPSİS yöntemidir (Hwang, Yoon,1981). Bu yöntemde, farklı alternatifler arasından en uygun olanı belirlenir (Wang ve Elhag, 2006: 310). Bulanık TOPSİS’de pozitif ideal çözüme en yakın olan alternatif ile negatif ideal çözüme en uzak olan alternatif en iyi alternatif olacaktır (Razmi, Songhori ve Khakbaz, 2009: 292-293). Bu mesafelerin hem pozitif hem de negatif olarak iki yönlü olması sayesinde hem maksimize edilecek durumlar hem de minimize edilmesi gereken durumlar dikkate alınarak seçim yapılır (Özdemir, Seçme, 2009: 83).

TOPSİS yönteminde her bir ölçütün bir değişim gösterdiği varsayımı mevcuttur. Bu değişim artan veya azalan bir değişim olabilir. Böyle durumlarda ideal çözümün belirlenmesi kolaylaşmaktadır. Pozitif ideal çözüm, ölçütleri en iyi değerlerle

sağlayan çözümdür. Negatif ideal çözüm ise ölçütleri en kötü değerlerle sağlayan çözümdür(Shanian ve Sayadogo, 2006: 1097).

Günlük hayatta yapılan değerlendirmelerde sayısal ifadeler ve değerlendirmeler yetersiz ve zayıf kalabilir. Çünkü insan düşünceleri sayısal ifadeler kadar kesin değildir, belirsizlikler içermektedir. TOPSİS yöntemi ise verileri bulanık olarak kullanılabilir şekilde geliştirilerek belirli ölçütlere göre belirsizlik altında farklı alternatiflerin değerlendirilip sıralanmasında ve doğru seçimin yapılmasında yardımcı olan bir yöntemdir (Jahanshahloo vd 2006: 1545).

Bulanık TOPSİS algoritmasında sözel değişkenler alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılabilir. Kullanılan sözel değişkenler, günlük konuşma dilinde kullanılan kelimelerden oluşmaktadır(Bashiri ve Hosseininezhad, 2009: 535).

Endüstride bazı durumlarda ortaya çıkan problemlerin modellenebilmesi için sayısal veriler veya sayısal verilerle ifade yetersiz kalmaktadır. Kişiler tercihlerini ifade ederken zorlanabilirler. Sözel ifadeler ile bu durumları tanımlamak günlük hayatta daha gerçekçi olmaktadır.

Çeşitli seçeneklerin değerlendirilmesinde, sözel değişkenler için üçgen bulanık sayılar özellikle Bulanık TOPSİS algoritmasında üçgensel bulanık sayılarla ifade edilmişlerdir. Ancak sözel değişkenlerin niteliğine bağlı olarak çeşitli geometrik ifadelerin kullanılabilme durumundan dolayı Chen ve ark. (2006) da yamuk bulanık sayıları kullandığı bilinmektedir.

Bulanık sayıları kullanarak çalışmanın sonuçlara etkisi birçok araştırmada göze çarpmış ve daha sonra yapılacak çalışmalar açısından bulanık sayıların kullanımı tavsiye edilmiştir (Tansel, 2008, 138).

TOPSİS yönteminde bulanık değerler kullanılması bulanık mantığın temel felsefesine uygun olarak çeşitli yazarlar tarafından belirgin matematik parametrelerle modellenemeyen problemlerin ifade edilmesinde önemli bir yer tutar. Nitekim Chen ve Hwang tarafından klasik TOPSİS'e yapılan atıflar da 1992 yılından itibaren göze çarpmaktadır.

Genel bir ifade olarak çok ölçütlü karar vermede bulanık mantık felsefesinin kullanılması problem çözümleri açısından görüş açısını zenginleştirmiş, doğru sonuçlara ulaşma açısından da bilim insanlarının elini güçlendirmiştir.

Chen'in önerdiği bulanık TOPSİS yönteminde ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi ve belirlenen bu ağırlıkların bağıl önlemlerinin ortaya çıkarılarak seçenekler üçgen bulanık sayılarla ifade edilmiştir. Değerlendirilmesinde ise sözel değişkenler üçgen bulanık sayılarla ifade edilir.

Bulanık TOPSİS ile yapılan araştırmalar için literatür taraması yapıldığında, bulanık aritmetik işlemlere dayanan Bulanık TOPSİS yöntemini Triantaphyllou ve Lin'in (1996), geliştirdiklerini görmek mümkündür. Bu çalışma 5 adet çok ölçütlü karar verme yöntemini ele almış ayrıca bu yöntemlerin karşılaştırmasına da yer vermiştir.

Tsaur ve Chang'ın (2002: 107-115) yaptığı çalışma havacılık sanayisindeki servis kalitesinin değerlendirilmesine yöneliktir. Bu çalışmada Tsaur ve Chang bulanık küme

teorisinden yararlanarak ölçütlerin ağırlıklarının elde edilmesinde analitik hiyerarşi süreci (AHP) ve derecelendirmede de TOPSİS yöntemi kullanarak, servis kalitesini etkileyen faktörleri belirlemişlerdir.

Chu ve Lin (Chu, Lin,2003: 284-290) yaptıkları bir çalışmada, robot seçimi için bulanık TOPSİS yöntemini kullanmışlardır.

Chu (2002), bulanık TOPSİS yöntemini bir fabrika kuruluş yeri seçimi için kullanmıştır (Chu, 2002: 859-864).

Abo-Sinna ve Amer (Abo-Sinna,Amer, 2005: 243-256) özellikle büyük ölçekli doğrusal olmayan programlama problemlerini çözmek amacı ile bulanık TOPSİS yöntemini önermişlerdir.

Chen ve diğerleri 2006 yılında yaptıkları çalışmada bulanık karar verme yönteminden faydalanmışlardır. Tedarikçi seçimi problemini ele aldıkları bu çalışma birçok çalışmaya da yol gösterici olmuştur (Chen vd 2006: 1-13).

Jahanshahloo ve diğerleri tarafından yapılan bir başka Bulanık TOPSİS çalışmasında ise ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi esnasında üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Üçgen bulanık sayılar bu çalışmada aynı zamanda alternatiflerin değerlendirilmesinde de yine kullanılmıştır (Jahanshahloo vd. 2006: 1545).

Bottani ve Rizzi, lojistik servis sağlayıcıları arasından en uygununu seçmek için bulanık TOPSİS yöntemini kullanmışlardır. Önerilen yöntemin test edilmesi amacıyla İtalya'da bir firmada için en uygun lojistik ortağın belirlenmesi sürecinde uygulama yapmışlardır (Bottani, Rizzi,2006: 294).

Wang ve Elhag tarafından 2006 yılında yapılan çalışmada ise bulanık TOPSİS yöntemi, doğrusal olmayan programlamaya dayanmaktadır (Wang, Elhag, 2006: 306).

Benitez ve arkadaşları, Bulanık TOPSİS yöntemini turizm sektöründe kullanmışlar ve üç farklı otelin servis kalitesini değerlendirmek amacı ile uygulamışlardır (Benitez vd., 2007:544-555).

Wang tarafından yapılan Bulanık TOPSİS çalışması, üç farklı havayolu şirketinin finansal performansını ölçmek amaçlı gerçekleştirilmiştir (Wang, 2008:1837-1845).

Türkiye’de de Bulanık TOPSİS üzerine birçok çalışma yapılmış olup oldukça faydalı sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmalardan bir tanesi, Dündar ve diğerlerinin, internet üzerinden alışveriş yapılan sanal mağazaların değerlendirilmesine yöneliktir. (Dündar vd.2007: 143-172).

Öztürk ve arkadaşları, 2008 yılında yaptıkları çalışmada, Denizli’de bir nakliye firmasının seçiminde Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Bulanık TOPSİS yöntemlerini kullanmışlardır (Öztürk vd., 2008: 785-824).

Özdemir ve Seçme tarafından yapılan çalışma, bir mobilya fabrikası için en uygun tedarikçinin Bulanık TOPSİS yöntemiyle belirlenmesidir (Özdemir, Seçme,2009,79-111).

Ertuğrul ve Güneş (2007), Bulanık TOPSİS yöntemini, üç baskı makinesi arasından en iyi olanın seçilmesi için kullanmışlardır (Ertuğrul ve Güneş, 2007: 638-648).

Ecer ve arkadaşları, Bulanık TOPSİS yöntemiyle çimento sektöründe yer alan on farklı firmanın finansal rasyolarını kullanarak optimal portföy oluşturmuşlardır (Ecer ark., 2009 : 478-502).

Yapılan literatür taraması sonrasında yukarıda belirtilen çalışmaların dışında ayrıca, Küçük ve Ecer, tedarikçilerin değerlendirilmesinde ne ölçüde uygun sonuçlar elde edilebileceğinin kullanılabilirliğini denemek amacı ile Erzurum'da uygulama yaparak başarılı tedarikçilerin sıralamasını yapmışlardır (Küçük, Ecer, 2007:56-65).

Öztürk ve Başkaya, bulanık TOPSİS algoritması yardımı ile satış elemanı seçiminde yamuk bulanık sayıları kullanmışlardır (Öztürk, Başkaya, 2011). Çınar ise bulanık TOPSİS yöntemini bankacılık sektöründe kuruluş yeri seçiminde uygulamıştır (Çınar,2010,42-58).

Yıldız ve Yıldız, bulanık TOPSİS yöntemi kullanarak kurumsal kaynak planlaması yazılım seçimini gerçekleştirmişlerdir (Yıldız, Yıldız, 2014, 87-106).

Doğan ve Önder tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise amaç, insan kaynakları temin ve seçim sürecinde en uygun adayın/adayların seçilebileceği bir modeli ortaya koymaktır (Doğan, Önder, 2014).

Bulanık TOPSİS yönteminin askeri konularda da oldukça faydalı kullanılabilirliğini göstermek amacı ile 2011 yılında Kabak tarafından “Birlik Hava Savunma Önceliklerinin Tespitine Bulanık Bir Yaklaşım” isimli bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada yamuk bulanık sayılar kullanılmıştır. Böylece savunma sistemlerinin verimliliğinde önemli bir etkiye sahip ve karmaşık bir konu olan hava savunma desteğinin belirlenmesi problemi çözümünde TOPSİS algoritması

kullanılarak, askeri konularda da yöntemin etkili ve uygun sonuçlar verdiği görülmüştür (Kabak, 2011:1-17).

Wang ve Chang (2007), yine askeri bir çalışma olarak, eğitim uçaklarını değerlendirmede Bulanık TOPSİS çalışmasını önermişler ve on beş akademisyenin görüşleri alınarak, on altı değerlendirme ölçütü temelinde yedi eğitim uçağını, Chen'in 2000 yılında önerdiği Bulanık TOPSİS yöntemi ile değerlendirmişlerdir (Wang, Chang, 2007: 870-880).

Bulanık TOPSİS yönteminin, üniversitelerde akademik personel seçim problemlerinin çözümü için de olumlu sonuçlar verdiği Ertuğrul ve Karakaşoğlu tarafından 2007 yılında yapılan çalışmada da görülmüştür (Ertuğrul, Karakaşoğlu, 2007: 151-156).

Yang ve Hung (2007), fabrika yerleşim problemi için Bulanık TOPSİS yöntemini kullanmışlardır (Yang, Hung, 2007: 126-137).

Bulanık TOPSİS yönteminin son yıllarda oldukça fazla tercih edilme nedenlerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- Karar vericiler açısından hesaplaması kolay olması
- Kolay anlaşılabilir olması
- Belirsizlik ortamlarına kolaylıkla adapte edilebilmesi
- Hem sözel hem de sayısal verilerin kullanılabilmesi
- Her bir alternatif için performans ölçümü yeteneğine sahip olması

- Bilimsel ve objektif olması
- Karar vericiler arasındaki çatışmaları önlemesi
- Esnek olması (Salehi, Tavakkoli,2008,135).

Bulanık TOPSİS algoritmasının uygulanmasındaki adımlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Chen, 2000: 6).

- 1.Karar Vericilerin ve Ölçütlerin Seçilmesi:** Karar vericiler ve değerlendirme ölçütleri belirlenir.
- 2. Sözel Değişkenler Kullanılarak Değerlendirmelerin Yapılması:** Ölçütlerin önem ağırlıkları için uygun sözel değişkenler belirlenir.
- 3. Değerlendirmelerin Bulanık Sayılara Dönüştürülmesi:** Karar vericilerin belirledikleri sözel değişkenler üçgen veya yamuk bulanık sayılara dönüştürülür.
- 4. Karar Matrislerinin Oluşturulması:** Bulanık karar matrisi ve normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur.
- 5. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Belirlenmesi:** Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi belirlenir.
- 6. Negatif ve Pozitif İdeal Çözümün Belirlenmesi:** Bulanık pozitif ve negatif ideal çözüm belirlenir.
- 7. Uzaklıkların Hesaplanması:** Her bir alternatifin bulanık pozitif ve negatif ideal çözümden uzaklıkları hesaplanır.

8. Yakınlık Katsayılarının Bulunması: Her alternatif için yakınlık katsayıları bulunur.

9. Alternatiflerin Sıralanması: Yakınlık katsayılarına bakılarak, tüm alternatifler sıralanır ve en yüksek yakınlık katsayısına sahip olan alternatif seçilir.

10.Sürecin Değerlendirilmesi: Sıralanan alternatifler arasında, seçimin risk içerip içermediği kontrol edilir.

3.4. Vertex Yöntemi

Üçgen veya yamuk bulanık sayılar arasındaki uzaklıkların bulunması amacı ile kullanılan yöntem Vertex yöntemidir. Bu uzaklıkların hesaplanması sayesinde bulanık olan değerler kesin sayılara dönüştürülür. Çalışmanın uygulama kısmında yamuk bulanık sayılar kullanılacağından dolayı Vertex yöntemi iki yamuk bulanık sayı kullanılarak aşağıdaki gibi formüle edilmiştir.

m^* ve n^* İki pozitif yamuk bulanık sayı olsun. Bu sayılar arasındaki uzaklık bu yöntem ile aşağıdaki gibi hesaplanır (Chen vd., 2005, s.5):

$$m^* = (m_1, m_2, m_3, m_4) \text{ ve } n^* = (n_1, n_2, n_3, n_4)$$

$$d_v(m^*, n^*) = \sqrt{\frac{1}{4} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2 + (m_4 - n_4)^2]} \quad (3.4)$$

Sözel değişkenlere bağlı olan değerlendirmeler karar vericiler tarafından gerçekleştirilir. Öncelikle belirlenen sözel değişkenler yamuk bulanık sayılar olarak ifade edilir.

Ardından 3.5 ve 3.6'daki formüller yardımı ile 4. Ve 5. adımda da belirtildiği gibi bulanık karar matrisi ve bulanık ağırlık matrisi oluşturulur(Chen, vd, 2006: 294).

Karar problemi matris formatında şu şekilde gösterilir.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \tilde{w}_3, \dots, \tilde{w}_n]$$

\tilde{D} bulanık karar matrisini, \tilde{W} ise bulanık ağırlıklar matrisini göstermektedir.

$$\tilde{x}_{ijk} = (a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk}, d_{ijk}) \quad \tilde{w}_{jk} = (w_{jk1}, w_{jk2}, w_{jk3}, w_{jk4})$$

$$\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$$

$$a_{ij} = \min_k (a_{ijk})$$

$$b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ijk}$$

$$c_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K c_{ijk}$$

$$d_{ij} = \max_k (d_{ijk})$$

(3.5)

$$\tilde{w}_{ij} = (w_{i1}, w_{i2}, w_{i3}, w_{i4})$$

$$w_{j1} = \min_k (w_{jk1})$$

$$w_{j2} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk2}$$

(3.6)

$$w_{j3} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk3}$$

$$w_{j4} = \max_k (w_{jk4})$$

Önce bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm belirlenir. Bu çözümlerin belirlenmesinin ardından Vertex yöntemi kullanılır. Bu yöntem ile mevcut alternatiflerin pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanır.

Pozitif ve negatif ideal çözüme göre uzaklıkların belirlenmesinin ardından, alternatiflerin sıralamasını belirlemek gereklidir. Bu amaçla her alternatife ilişkin yakınlık katsayılarının (CC_i) hesaplanması gerekmektedir. Yakınlık katsayısı, bulanık pozitif ideal çözüme (A^{*}) ve bulanık negatif ideal çözüme (A⁻) uzaklığı aynı anda dikkate alır.

Her bir alternatifin yakınlık katsayısının hesaplanmasında aşağıda verilen 3.7'deki formül kullanılır.

$$CC_i = \frac{d^-}{d^+ + d^-} \quad i=1,2,\dots,m \quad (3.7)$$

A_i = A^{*} ise CC_i = 1 olacağı ve A_i = A⁻ ise CC_i = 0 olacağı açıktır. Diğer bir ifade ile CC_i değeri 1'e yaklaştıkça, alternatif A_i pozitif ideal çözüme daha yakın olacaktır. Aynı zamanda negatif ideal çözümden de daha uzak olacaktır. Mevcut alternatifler, yakınlık katsayılarına göre en iyiden en kötüye doğru sıralanır.

İnsanlar günlük yaşamlarında birden çok karar alma durumlarındadırlar. Günümüzde işletmelerin ayakta kalabilmesi ve rakiplerine göre fark yaratabilmesi de doğru

kararları artan rekabet ortamında alması, karşılaştıkları problemleri çözümlemesi ve amaçları gerçekleştirmek için sürekli olarak kendilerini geliştirmelerine bağlıdır. Günümüz piyasalarında işletmelerin başarısı, büyük oranda yöneticilerin alacakları kararların ne kadar doğru olduğuna bağlı olacaktır.

3.5. Durulaştırma

Durulaştırma, bulanık kümeler ve üyelik derecelerine karşılık, ölçülebilir bir sonuç üretme sürecidir. Yapılan bulanık mantık hesaplamalarında elde edilen sonuçlar yine bulanık değerler olacaktır. Oysa pratikte uygulamalarda, özellikle plan proje tasarım, mühendislik gibi işlemlerde sayısal değerler gerekmektedir. İşte bu ölçülebilir sayısal değerleri yaratma işlemi durulaştırma yöntemidir. Birden çok bilim adamı tarafından geliştirilen durulaştırma yöntemleri mevcuttur. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- AI (adaptif entegrasyon)
- BADD (temel durulaştırma dağılımları)
- BOA (alan açıortay)
- CDD (kısıtlama kararı durulama)
- COA (bölge merkezi)
- COG (ağırlık merkezi)
- ECOA (bölge uzatılmış merkezi)
- EQM (genişletilmiş kalite yöntemi)
- FCD (bulanık kümeleme durulama)

- FM (bulanık ortalama)
- FOM (ilk maksimum)
- GLSD (genelleştirilmiş düzey kümesi durulama)
- ICOG (ağırlık endeksli merkezi)
- IV (etkisi değeri)
- LOM (maksimum son)
- MeOM (maksimumun ortalaması)
- MOM (maksimum orta)
- QM (Kalite yöntemi)
- RCOM (maksimum rastgele seçim)
- SLIDE (yarı-lineer durulama)
- WFM (ağırlıklı bulanık ortalama)

Karar vericinin elde etmek istediği sonuca göre, bu yöntemlerden hangisinin seçileceği uzmanlar tarafından tavsiye edilen yöntemle belirlenir. Bizim çalışmamızda COG (ağırlık merkezi) yöntemi seçilmiştir. Bu yöntemin seçilmesinin nedeni en fazla kullanılan yöntem olmasının dışında, oluşan her türlü çıkarım kümesine çözüm bulmasıdır. Bu yöntemde çıkarım kümesi oluşturulduktan sonra, elde edilen şeklin ağırlık merkezi bulunur. Daha sonra bu merkeze karşılık gelen değer keskin değer olarak alınır.

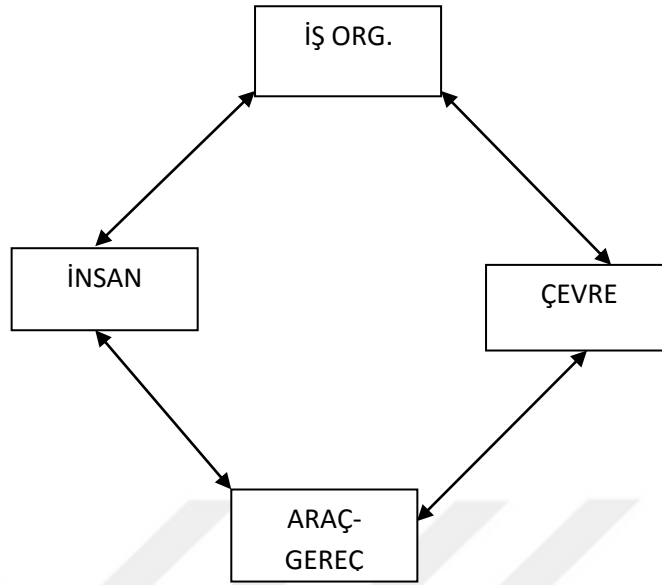
4. UYGULAMA

4.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununa Ergonomik Açıdan Eleştirel Bakış

Son dönemde oldukça gelişen ve ülkemiz açısından da önemli bir iyileştirme olarak yürürlüğe konulan 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanunu kapsamında birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar, çalışanların sağlık ve güvenliğine katkı yapmakla beraber, yasal yürürlüğü yerine getirmenin dışında, hem firmaların rekabet edebilirlik düzeylerini hem de ülkemizin konuya verdiği değeri etkilemektedir.

Ancak yasada ve yönetmeliklerde ele alınan konular düzgün bir bilimsel sınıflandırmaya tabi tutulmadan ve birbirine geçecek şekilde ele alınmıştır. Örneğin fiziksel risk olarak ele alınmış konular, ergonominin bir alt birimi olan çevresel konularla ilgilidir. Buna mukabil ergonomi konusunda sadece bu uygulamalı bilim dalının küçük bir bölümüne değinilmektedir.

Çalışmanın uygulama kısmında risk faktörleri gruplandırılırken yasa ve yönetmeliklerdeki ergonomik konular ayıklanarak ele alınmış ve bu konular dört ayrı bölümde değerlendirilmiştir. Bu bölümler aşağıdaki şemada gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Yasa ve Yönetmelikler Kapsamında Ergonomik Olarak Ele Alınan Risk Faktör Grupları

Risk faktörlerine göre ele alınacak iş istasyonları Bulanık TOPSİS yöntemi ile incelenerek öncelikle alınması gereken önlemler veya yapılması gereken iyileştirmeler için bir karar verme yöntemi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

4.1.1. Çevre açısından

Öncelikle çevre koşullarının her bakımdan olması gereken değerlere ulaşmış ve ulaşmadığı denetlenmeli, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın denetiminde olan, yönetmeliklerin gerektirdiği tüm koşullar yerine getirilmelidir. Ayrıntılı ergonomik düzenlemelerin yapılabilmesi için öncelikle tüm çevre koşullarının fiziki değerlerinin çalışanların konfor sınırları içerisinde olması gerekir.

4.1.2. Araç-gereç açısından

İşyerlerinin tasarımında, ya da insanların kullandıkları araç gereçlerin tasarımlarında insanın anatomik, fizyolojik ve psikolojik özelliklerinin ve kapasitelerinin bilinerek tasarımların bunlara uygun olarak gerçekleştirilmesi, çalışanların bu araç gereçleri kolay kullanabilmelerini sağlamak için gereklidir.

Çalışanın boyuna göre çok yüksek veya alçak olan iş tezgâhı, kendisine uzakta kalan alet ve kumanda kolları nedeniyle, eğilme, uzanma, burulma gibi hareketler çalışanın duruş dengesini bozar ve yorgunluğa yol açar. Yine işçinin kullandığı el aletlerinin saplarının olması gerekenden daha ince ya da kalın olması aletlerin avuç içinde tam güçle kıvranılmasını engeller. İnsanın yeni baştan tasarlanması mümkün olmadığına göre, işyerlerinin ve iş istasyonlarının düzenlenmesinde insan ölçüleri göz önüne alınması makinelerinin ve dolayısıyla insan-makine sistemleri tasarımının ön koşuludur.

4.1.3. İnsan açısından

i. Kassal Çalışma

Dinamik kassal

Statik kassal

Burulma

Vücut pozisyonu

Baş üstü çalışma

Eğilme

Kuvvetin yönü

Yük ağırlık merkezine olan mesafesi

Yük miktarı

Yük kaldırma sıklığı

ii. *Mental Çalışma*

İş emirleri

Bilgi akışı

Algılama

Değerlendirme

Karar verme

Eylem

4.1.4. İş organizasyonu açısından

Çalışan kimselerin İSG açısından karşılaştıkları risk faktörleri iş organizasyonu ile kısmen giderilebilir. Örneğin yüklenme düzeyinin yüksek olduğu iş istasyonlarında iş rotasyonu monotonluğu önleme açısından iş zenginleştirme ve bir çalışanın yerine aynı görevi yapabilecek diğer elemanların da bulunabilmesi açısından iş genişletme çalışmaları İSG açısından yararlı olabilir.

4.2. Firma Bilgisi

1883 yılında Kaptan John B. Ford ve John Pitcairn Pittsburgh Plate Glass (PPG) tarafından kurulmuştur.

PPG, plaka işlemleri kullanarak yüksek kaliteli, kalın, düz cam üreten ve ABD'de ticari olarak başarılı olan ilk üretici olmuştur. Şirket ayrıca yakıt olarak yerel olarak üretilen

doğal gaz kullanarak eritme fırınlarını çalıştıran dünyanın ilk düz cam üretim tesisine sahip olarak, bu yenilikle, temiz yanan gazın hızla bir endüstriyel yakıt olarak yaygınlaşmasına sebep olmuştur.

1950'ler

2. Dünya Savaşı sonrasında yaşanan refah artışı, otomobil üretimi ve ev ve bina inşaatında büyük bir artış yaşanmıştır. Şirket bu süreçte kurşunsuz dekoratif boya ları pazara tanıtarak, devre kartları, pencere tarama ve plastik takviye için cam elyaf üretimine başlamıştır.

1990'lar

PPG, güneş işığını gördüğünde otomatik olarak kararan ve zararlı UV işınlarını bloke eden fotokromatik mercekleri üretmeye bu yıllarda başlamıştır. Bugün, Transitions camları göz sağlığı sektörünün en çok tavsiye edilen fotokromatik lensleridir. Her zamankinden daha fazla küreselleşen PPG'nin, otomotiv boya ları için Japonya'da yeni bir geliştirme laboratuvarı aması yine bu yıllara dayanmaktadır. 1998 yılında, PPG, bu alandaki üstünlüğünü, içecek kutuları üzerindeki kolay açma kapakları için daha verimli solvent bazlı boya geliştirerek kanıtlamıştır.

2000'ler

PPG silikalar - esnek kaplamalar dayanıklılık ve renk kattığı için- spor ayakkabıların performansını güçlendirmek için kullanılmaya başlanmıştır. Alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç büyüdükçe, PPG fiberglas iş birimi daha hafif ve daha güçlü rzgr türbini üretiminde önemli bir rol oynamaya başlamıştır. PPG, Sierracin Corp Őirketini satın alarak ciddi balistik ve patlama tehditlere karşı dayanıklı, yüksek

performanslı hafif saydam zırh çözümlerini ekleyerek, saydam zırh ürün portföyünü genişletmiştir.

4.3. Uygulama

4.3.1. Amaç, Metod

PPG Firmasında gerçekleştirilmiş olan Ergonomi çalışmalarının amacı; şirket kültürüne Ergonomik bakış açısını yerleştirerek, çalışma ortamının kalitesini yükseltmek, İş Sağlığı Ve Güvenliği uygulamalarını Ergonomik değerlendirmeleri bütünleştirmek ve bu sayede çalışan memnuniyetini ve verimliliği artırmaktır.

Firma bünyesinde ergonomi çalışmaları esnasında özellikle en fazla şikâyet alınan 3 istasyon incelemeye alınmış olup, istasyonların hangisinin insanın kassal çalışması açısından daha riskli olduğunun incelenmesi için Bulanık TOPSİS yöntemi kullanılmıştır.

Firmada kullanılan kazan dolum aparatı, araç gereç taşıma aparatları vb konularda mevcut durum bir veri olarak kabul edilmiş ve çalışanların eldeki bu makine ve düzeneklerle çalıştıkları varsayılarak çalışma sırasında insanın durumu incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda ise daha sonra açıklanan on kassal ölçütün çalışanlar açısından en önemli yüklenme ve bu yüklenmenin bir sonucu olarak da kişiler üzerinde sağlık açısından en önemli zorlanma ölçütleri olduğu kanısına varılmıştır.

Çalışmanın özellikle bu kısmında çevre koşulları bakımından firma, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu gereği almış olması gereken tüm çevre koşullarını sağlamış ve bakanlığın denetimlerinden onay almış bulunduğundan dolayı çevre açısından ölçütler devre dışı bırakılmıştır.

Bu koşullar altında insan açısından ele alınacak bir inceleme için bu işletmede seçilen 3 istasyonda çalışan mavi yakalı personelin kassal çalışmaları sonucu ne kadar ergonomik risklere maruz kaldığı işletmede incelenmesi gereken en önemli problem olarak karşımıza çıkmıştır. Daha önce açıklanan nedenlerle problemin karakteri itibarıyla Bulanık Modellemenin uygun olacağı kanısına varılmış, bu tür modellemeler açısından da Bulanık TOPSİS, (Chen,2006) modeli seçilmiştir.

4.3.2. Çalışmanın kapsamı

Çalışma kapsamında incelenen işletmede yer alan 3 istasyon, bu konuda karar verme konumunda olan bir ergonomi uzmanı tarafından değerlendirilmiş ve bunun için öncelik taşıyan 10 ölçüt belirlenmiştir. Sonuçları daha geniş açıdan değerlendirmek amacıyla yamuk bulanık sayılar kullanılmıştır. İşletmedeki bu üç istasyon, Bulanık TOPSİS algoritması kullanılarak bulunan yakınlık katsayılarına göre ergonomik risklerine sıralanmıştır.

4.3.3. Pilot iş istasyonlarında yapılan çalışmalar

Katılımcı Ergonomi ilkeleri uygulanarak, eğitimler vasıtası ile verilen kuramsal bilgilerin, o iş istasyonunda çalışan personel ve iş istasyonunun yöneticisi ile birlikte uygulamaya geçirilmesi sağlanmıştır. Bu çalışmalar sırasında, çalışılan iş

istasyonlarında bizzat çalışanların işe ait fikirleri alınarak iş istasyonundaki çalışmaların iş sağlığı ve güvenliği, kalite ve verimlilik açısından optimum düzeye getirilmesi amacı güdülmüş veriler toplanmıştır. Çalışmalar sırasında iş istasyonunun dinamik ve statik tüm ölçüleri vücut pozisyonu, eğilme, vücut pozisyonunun durumu, yük ve makinelerin taşınmasındaki güçlük, baş el kol ve bacaklar gibi organların hareketlerindeki zorlanma ve yeterli hacimlerin mevcut olup olmaması açılarından, çalışanların vücut ölçülerine uygunluğu analiz edilmiştir. Ağırlıkların taşınması (elle taşıma), ayakta veya oturarak çalışma sırasında uygulanacak kuvvetlerinde bu çerçevede incelenmesine de azami derecede özen gösterilmiştir. Uygulama esnasında seçilen iş istasyonlarında önce Hızlı Maruziyet Değerlendirme (HMD) Yöntemi kullanılmıştır. HMD (Quick Exposure Check- Hızlı Maruziyet Değerlendirme) ölçeği özellikle İş Sağlığı ve Güvenliği uygulayıcılarının kullanımı için, Guangyan Li ve Peter Buckle tarafından 1998'de, İngiltere'de Robens Sağlık Ergonomi Merkezinde geliştirilmiştir. HMD'nin kullanımı oldukça kolay ve çabuktur. Güvenilirlik ve geçerliliği kanıtlanmış bir yöntemdir. İşyerinde kas iskelet sistemine bağlı hastalıklar için ortaya çıkabilecek risk faktörlerine maruziyeti ölçmek amacıyla hem gözlemci hem de çalışan için soruların bulunduğu değerlendirme formunda, vücudun dört temel bölgesi için elle taşınan, kaldırılan ağır yükler, zorlanmalar gibi maruziyet düzeyleri değerlendirilebilir. HMD İngiltere, Kanada başta olmak üzere çeşitli Avrupa ve Asya ülkelerinde uygulamalarda ve araştırmalarda kullanılmaktadır.

Çalışanların maruz kaldıkları risk düzeyini belirleyerek maruziyette değişimi hızlı ve kolay bir şekilde oldukça doğru bir yaklaşımla değerlendiren, HMD ölçeği, ergonomik çalışmaların yapılması gereken öncelikli işlerin belirlenmesinin yanı sıra,

uygulanan ergonomi programlarının etkinliğinin değerlendirilmesinde de yardımcıdır. Hem çalışanlar, hem de değerlendiriciler için kılavuz özelliği taşır.

Ölçek iki bölümden oluşmaktadır. Gözlemciye ait bölümünde; çalışma esnasında bel, omuz/kol, el bileği/el ve boyunda duruş ve hareketler için 18 değerlendirme yapılır. Çalışana ait bölüm elle kaldırılan, taşınan en fazla ağırlık, iş süresi, bir elle uygulanan en yüksek kuvvet, işin gerektirdiği görsel dikkat, taşıt kullanma, titreşim, iş performansı ve iş stresi için 25 değerlendirmeden oluşur. Bu iki bölümün birbirine etkileşiminden bir puanlama tablosu elde edilir. Puanlara göre maruziyet düzeyi düşük, orta ve yüksek olarak değerlendirilerek aksiyon planları oluşturulur. (EK 1)

Pilot iş istasyonlarının seçimi aşamasından önce potansiyel iş istasyonlarında işlerin yapılış şekillerinin kendi doğal akışında izlenebilmesi ve bu sayede daha sağlıklı tespitlerin yapılabilmesi adına fotoğraf ve video çekimleri yapıldı. Bu çekimler yukarıda belirtilen grup ve işi gerçekleştiren operatörler ile birlikte değerlendirilerek çekim içerikleri hatalarından arındırıldı.

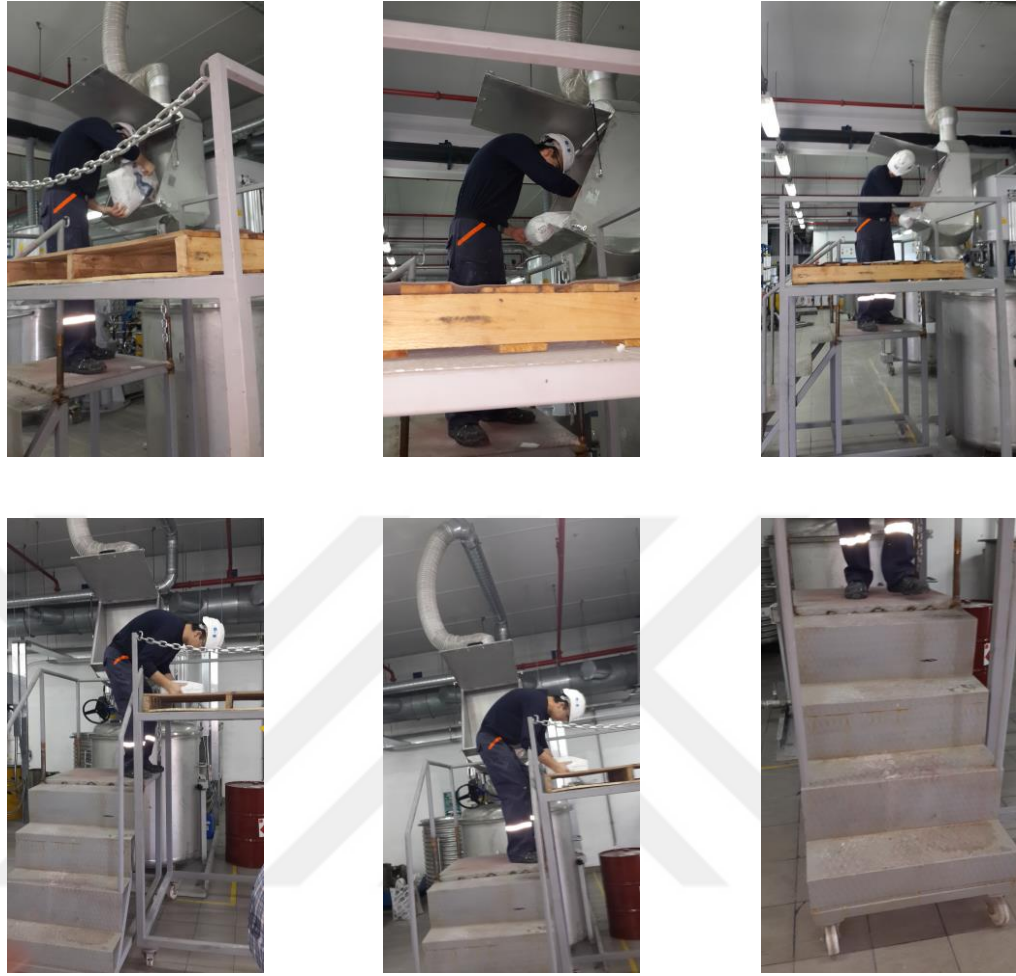
Uygulama için seçilen iş istasyonları aşağıdaki gibidir:

4.3.3.1. Solvent bazlı üretim istasyonu

Ürün çeşitliliği bakımından yapılan çalışmalarda bu istasyonda yeni bir ürün üretimi başlamıştır. Bu üretimde öncelikle kazana toz atma işlemleri yapılmakta sonrasında karıştırıcıda karıştırılan ürünler kovalara doldurulmaktadır. Ürünlerin üretiminin denenmesi esnasında yapılan çalışmalarda ergonomik değerlendirmeler yapılmıştır.

Bu değerlendirmeler ışığında öncelikle solvent bazlı toz atma eylemi sırasında yapılan değerlendirmeler aşağıdaki gibi gösterilebilir.

- Antropometrik ölçüler uygun değil;
 - Operatörün kafası torbayı boşaltırken kapağa çarpıyor.
 - Uzakta bulunan torbaları almak için üst vücut eğilmiş vaziyette torbayı çekmek gerekiyor. Bu da kas iskelet sistemini önemli ölçüde zorlayıcı bir harekettir.
 - Platform alanı dar, bu alanın en az iki misline çıkartılması gerekmektedir.
 - Tasarımda yapılabilecek düzeltmeler;
 - Seyyar platformun etrafındaki korkuluklardan sağda olanı çalışmayı engelleyebilir.
 - Kazan ağzı torbaların boşaltılması için yeterli genişlikte değil.
 - Ağız kapağı genişletilerek açısı dar olmaktan kurtarılabilir.
 - İşçiler genellikle 0,7-0,8 tempo düzeyinde çalışmaktalar. Torbaların boşaltılması sırasında iki kişi çalışabilir. İşletme içinde arızı olarak da olsa yoğunluğun çok zorlayıcı olmaması için iş organizasyonunun uygun şekilde düzenlenmesi gerekir.
 - Ergonomik ilkelerden yararlanmak üzere işletme içinde herhangi bir düzenek, aparat, platform vb tasarlanırken çalışanlarla mutlaka bilgi alışverişinde bulunulmalı. Operatörler bizzat çalıştırılıp, elde edilen verilere göre önceden tasarımdaki kritik noktalar belirlenmelidir.
 - Önemli noktalardan biri de işletmedeki davranış biçimlerinde temel bir kültür olarak daima ergonomik ilkelerin göz önünde bulunmasını sağlamaktır. Bunun için sürekli olarak bir çaba gösterilmesi gerekmektedir.
- Uygun olmayan Çalışma duruşlarına ait resimler aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Solvent Bazlı Üretim İstasyonu Çalışma Duruşlarına Ait Görsel

- Mevcut durum değerleri ve olması gereken değerler ise aşağıdaki gibidir;
 Merdiven yüksekliği 24,5 cm
 Stand yüksekliği 1,20 cm.....olması gereken yükseklik
 1,06 cm
 Stand alanı 80 x 80 cm.....olması gereken stand alanı 110
 x 110 cm

Normal dağılımla, çalışanların % 90'ına uygun antropometrik ölçüler dikkate alınarak statik ve dinamik ölçülere göre iş istasyonunun ayarlanabilir olmasına çalışılmıştır.

Gerekli düzenlemenin yapıldığı portatif merdivenler ise firma bünyesinde kullanılmaya başlanmıştır.

Yeni üretim olan ürünlerin toz atım işlemlerinin arkasından karıştırıcılarda karışan ürünlerin kovalara dolum işlemi yapılmaktadır. Bu dolum işlemleri firma bünyesinde pompalı ve pompasız olarak gerçekleştirilmektedir. Dolum işlemleri açısından yapılan ergonomik değerlendirmeler ışığında pompalı yapılan dolumların çalışanlara kolaylık sağladığı ve zaman tasarrufu getirdiği bir gerçektir. Ancak bu dolum esnasında sürekli olarak statik kassal çalışmaların yapıldığı da bir gerçektir.

Bu iş istasyonunda uygulanan ‘Hızlı Maruziyet Test’ sonuçlarına göre kas-iskelet rahatsızlıkları açısından çok yüksek düzeyde (42/ 41-56), omuz kol rahatsızlıkları açısından yine yüksek düzeyde (36/ 31-40), bilek ve el açısından ortalamada (26/21-30), sürekli iş yapma (1/4),titreşim (1/4), işin devamında güçlük (4/4), stres (9/9) değerleri elde edilmiştir.

4.3.3.2. Öğütücü grubu

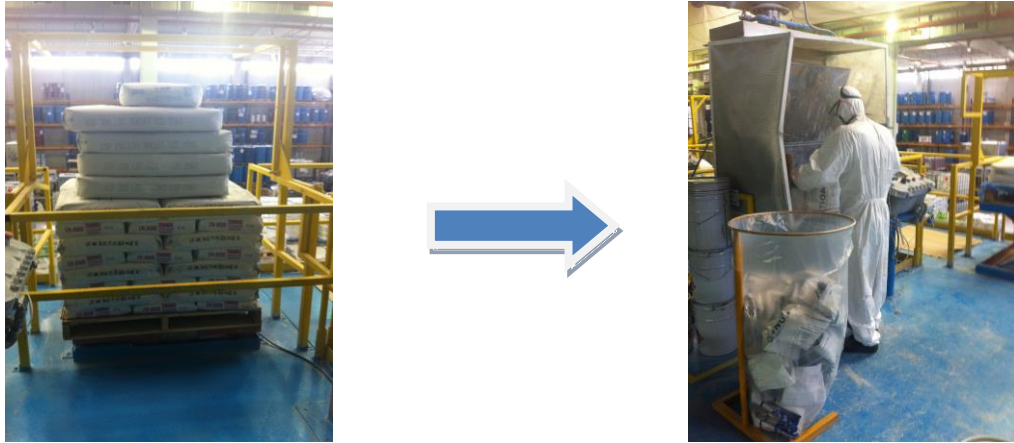
Bu grupta öğütme işlemleri gerçekleştirilmektedir. 4 ayrı öğütme makinesi bu işlerin yapıldığı iş istasyonunda bulunmaktadır. Bu istasyonda yapılan işlemler açısından öğeler ve ayrılma noktaları için yapılan zaman etüdü çalışması sonrası toplam iş çevrimi süresi 1 saat 20 dk olarak belirlenmiştir. Özellikle ergonomik zorlanmaların yaşandığı toz atma işlemi detaylı olarak incelenmiş ve burada Hızlı Maruziyet Değerlendirme (HMD) uygulanmıştır.

HMD sonuçlarına göre; **kas-iskelet rahatsızlıkları açısından yüksek düzeyde (38/ 31-40), omuz kol rahatsızlıkları açısından yine yüksek düzeyde**

(36/31-40), bilek ve el açısından ortalamada (22/21-30), sürekli iş yapma (1/4), titreşim (1/4), işin devamında güçlük (4/4), stres (9/9) değerleri elde edilmiştir.

Genel olarak söylemek gerekirse özellikle çalışanların davranış eksiklikleri de göz önüne alındığında kas iskelet sisteminde ciddi problemler oluşabileceği gözlenmektedir. Çalışanların ortalama 25 kg çuvalları boşaltma yapabilmek için en az 4 adım atarak taşınması esnasında ağırlık kaldırmadan kaynaklanabilecek kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olabilir. Burada kurulabilecek olan vakumlu bir kaldırma sistemi veya konveyörlü bir makastan döküm ağzına kurulacak taşıma sistemi sayesinde çalışanların bu ağırlıkları kaldırmaları engellenebilir.

Bu arada çalışanlara ait İş Sağlığı ve Güvenliği kültürü açısından İş İstasyonuna asılan resimde görülen koruma tulumunun giyildiği ve kişisel koruyucu donanım olan baret, gözlük, toz maskesinin de takıldığı gözlenmiştir.



Şekil 4.3. Öğütücü Grubu Çalışma Duruşlarına Ait Görsel

Bu gruptaki problemler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

Torbaların boşaltılması açısından;

- ⇒ Torbaların boşaltılma süreleri yaklaşık olarak 46 sn'dir.
- ⇒ Yapılan iş oldukça yorucu ağır kassal çalışmayı gerektirir.

Enerji gereksinimi 1600-2000 kcal.

(Ancak bu iş tüm mesai boyunca yapılmamaktadır.) Kaldırma işlemlerinin kolaylaştırılması için ilgili çalışanlarla da yapılan görüşmelerden sonra aşağıdaki önerilerde bulunulabilir.

- ✓ Paletin bulunduğu yer ile kazan ağzı arasına bir sıra kavisli konveyör hattı kurmak,
- ✓ Bir eksen üzerinde dönebilen kanca veya bir başka tutucuyla torbayı paletten alıp kazana taşımak,
- ✓ Vakumlu bir taşıyıcı sistem kurmak, 4 kazana tek merkezden toz halinde kimyasalı sevk etmek,
 - Ancak bu takdirde oluşacak iş hızının dar boğaz teşkil etmemesini sağlamak, bir başka deyişle süreç akışını yeniden incelemek gerekebilir.
- ✓ Çalışanlara verilecek Elle Taşıma ve Kaldırma Eğitimleri belirli aralıklarla tekrarlamak,
- ✓ Yapılacak her düzenlemede çevre koşulları, çalışanların davranışları, katkı ve onay mekanizması daima göz önünde bulundurulmalıdır.

4.3.3.3. Boya hazırlama istasyonu

Dışarıdan ithal edilmiş veya fabrika içerisinde üretilmiş olan, hazırlanan hammaddenin ana bileşimi olan solvent ile birlikte, daha önceden belirlenmiş olan reçeteye göre 2 ila 9 farklı katkı maddesi aracılığı ile GIL boyası adı verilen bir boya

hazırlanmaktadır. 200 kg kadar olan boyalar tek bir varile daha fazla miktarlardakiler ise 800 kg kadar olmak üzere birden fazla bidona hazırlanmaktadır. Bazen eski boş bir varil bazen de eski bir varil içerisine naylon kaplanarak karışım hazırlanmaktadır. Ağırlık miktarına göre karıştırılan malzemeler yardımcı kaldırma aparatları aracılığı ile karıştırıcı altına taşınarak tam olarak karıştırılması sağlanmakta ve sevkiyata hazır hale getirilmektedir.

Ortamda solvent ve boya kokusu hissedilmesine rağmen çalışanların maske takmadığı görülmüştür. Takmaları gerektiği söylendiğinde, firma içerisinde yaptırılan ortam ölçüm sonuçlarına göre zararlı miktarlarda olmadığı belirlendiği ve takmalarına gerek olmadığı ifade edildiğini belirtmişlerdir. Varilin içinde hazırlanan karışım kullanılacak maddelerin konulması esnasında kaldırılan ve boşaltılan kovanın ağırlığı 27 kg'a kadar ulaşmaktadır. Bu boşaltma işlemi genellikle 2 kişi ile gerçekleştirilmektedir.

Çalışma sırasında, ağır ve hafif kassal gruplarla yapılan dinamik ve statik kassal çalışmalar vardır. Zaman zaman eğilip doğrulma ve burulma hareketleri de söz konusudur. Ortam sıcaklığı ağır kassal çalışma için kışın uygun olmakla birlikte yazın ortam sıcaklığının ve nemin fazla olduğu yönünde bir izlenim mevcuttur. Titreşim, aydınlatma, gürültü vb açılardan performansı etkileyecek olumsuzluk gözlenmemiştir.

Bu iş istasyonunda uygulanan 'Hızlı Maruziyet Test' sonuçlarına göre kas-iskelet rahatsızlıkları açısından yüksek düzeyde (34/ 31-40), omuz kol rahatsızlıkları açısından (28/ 21-30), bilek ve el açısından (4/2-6), sürekli iş yapma (1/4),titreşim (1/4), işin devamında güçlük (4/4), stres (9/9) değerleri elde edilmiştir.

Bu İş İstasyonunda da davranış eksiklikleri de göz önüne alındığında kas iskelet sisteminde problemler oluşabileceği gözlenmektedir.



Şekil 4.4. Boya Hazırlama İstasyonu Çalışma Duruşlarına Ait Görsel

4.3.3.4. Genel gözlem

Proje süresince gözlemlendiği kadarıyla çalışanların sayısal olarak bir (1) ile ifade edilen normal tempounun çok üstünde bir çalışma temposuyla çalıştıkları gözlenmemiştir. Buna mukabil İş Sağlığı ve Güvenliği açısından zaman zaman (biraz da çalışanların işletme kültüründen gelen bir alışkanlıkla) kendilerini zorladıkları görülmektedir.

Örneğin; dolu bidonların taşınmasında uyguladıkları kuvvet ve hareket doğrultuları itibariyle zorlayıcı hareketler yaptıkları belirlenmiştir. Uygun olmayan vücut pozisyonları omurlar arası basıncı artırmakta ve özellikle çalışanların da şikâyet ettiği bel rahatsızlıklarına neden olmaktadır.

Bu açıdan bakıldığında üst yönetimden bu konuda gerekli anlayış gösterildiği ve zaman baskı açısından hiçbir zorlamanın olmadığı halde, çalışanların bu davranışlarından vazgeçirilebilmeleri için bir işletme kültürü yaratılmasına gerek vardır.

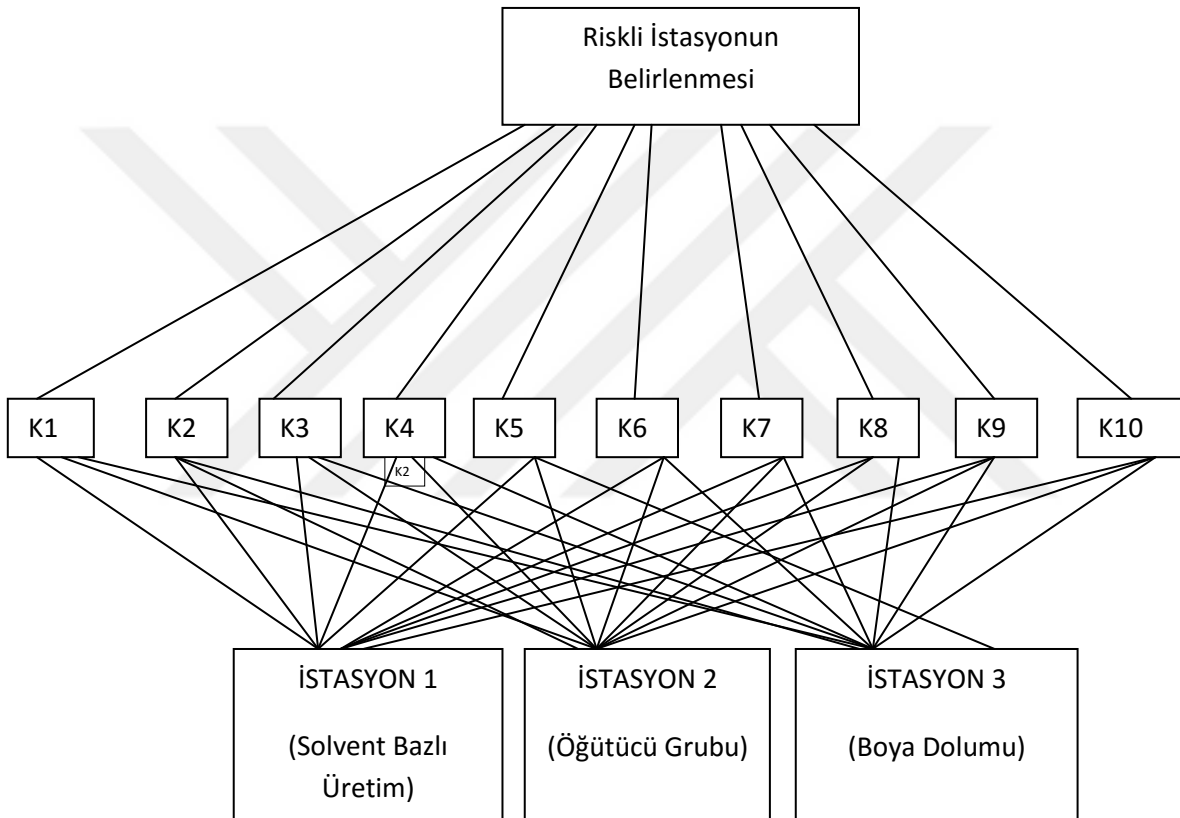
Firma bünyesindeki ergonomik çalışmaların makro düzeyde daha başarılı olması için makro düzeydeki planlama çalışmalarında iş akışlarındaki etkinlik ve rahatlığı sağlamak üzere eğer mümkün ise daha da etkinleştirilmesi söz konusu olabilir. İş sıralarının ve planlama çalışmalarının bu açılardan da önemli yararları olacaktır. Bilindiği gibi Ergonomi, Toplam Kalite Yönetimi, Toplam Üretken Bakım, 6 Sigma vb. çalışmalar belli bir eğitim ve uygulama döneminden sonra kalıcı ve sürdürülebilir bir yapı kurulması için bu eğitim ve uygulama çalışmalarından sonra işletme içinde de çeşitli bölümlerden ve matris organizasyon şeklinde bir grubun oluşturulması gerekir. Genel deneyimler göstermektedir ki heyecanla başlanan bir takım çalışmalardan sonra ele alınan konuların yoğunluk ve düzeyi giderek azalmakta ve bir müddet sonra da neredeyse sıfırlanmaktadır.

Üç istasyon için yapılan Hızlı Maruziyet Değerlendirme (HMD) sonrası, aynı iş istasyonlarının dikkate alınacağı ve problemin çözümü için kullanılacak olan Bulanık TOPSİS Algoritmasının oluşturulması bir sonraki aşamayı oluşturmaktadır.

4.3.4. Bulanık TOPSİS algoritmasının uygulanması

4.3.4.1. Problemin hiyerarşik yapısının oluşturulması

Öncelikle problemin hiyerarşik yapısı aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 4.5. Riskli İstasyonun Belirlenmesi Probleminin Hiyerarşik Yapısı

4.3.4.2. Karar vericilerin ve ölçütlerin seçilmesi

Ele alınan üç istasyonda insan açısından gerçekleştirilen kassal çalışmada dikkate alınacak 10 ölçüt belirlenmiştir. Bu ölçütler;

K1: Dinamik Kassal Çalışma

K2: Statik Kassal Çalışma

K3: Burulma

K4: Vücut Pozisyonu

K5: Başüstü Çalışma

K6: Eğilme

K7: Kuvvetin Yönü

K8: Yükün Ağırlık Merkezine Olan Mesafesi

K9:Yük Miktarı

K10:Kaldırma Sıklığı'dır.

4.3.4.3. Sözel değişkenlerin kullanılarak değerlendirmelerin yapılması

Karar ölçütlerinin önem düzeylerinin değerlendirilmesinde ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler ile bu değişkenlerin yamuk bulanık sayı olarak karşılıkları Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'deki gibidir.

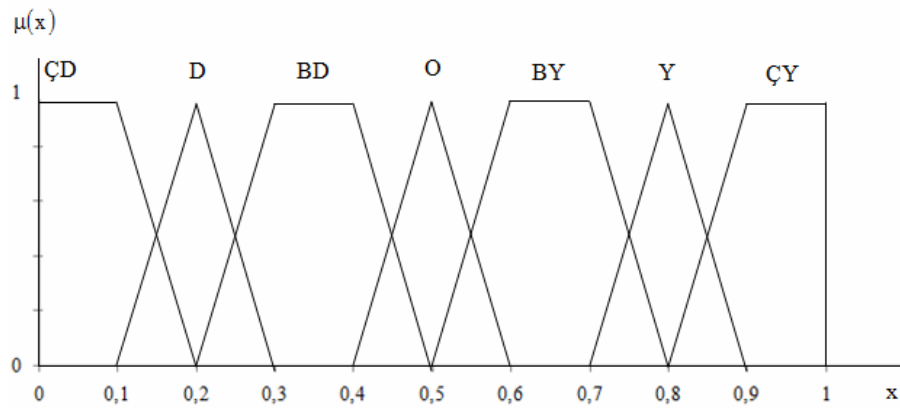
Tablo 4.1: Karar Ölçütlerinin Önem Düzeyinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değişkenler ile Yamuk Bulanık Sayılar Olarak İfadeleri (Chen, vd, 2006: 293).

| Sözel Değişken | Yamuk Bulanık Sayı |
|----------------|----------------------|
| Çok Düşük (CD) | (0,0, 0,0, 0,1, 0,2) |

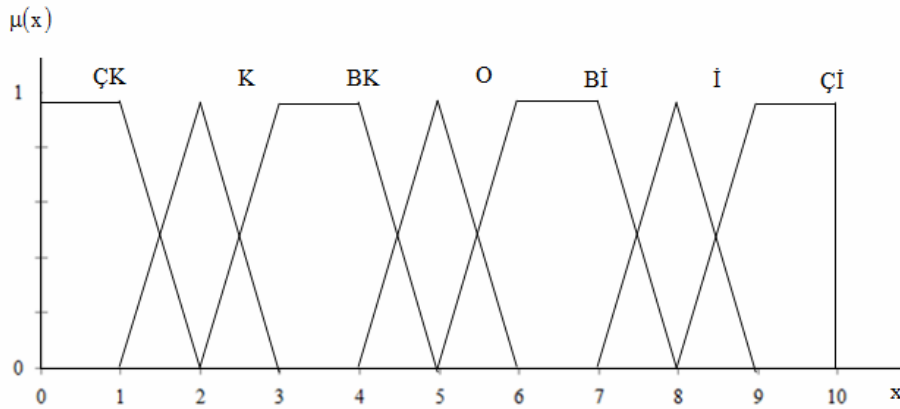
| | |
|-------------------|----------------------|
| Düşük (D) | (0.1, 0,2, 0,2, 0,3) |
| Biraz Düşük (BD) | (0.2, 0,3, 0,4, 0,5) |
| Orta (O) | (0.4, 0,5, 0,5, 0,6) |
| Biraz Yüksek (BY) | (0.5, 0,6, 0,7, 0,8) |
| Yüksek (Y) | (0.7, 0,8, 0,8, 0,9) |
| Çok Yüksek (CY) | (0.8, 0,9, 0,9 1,0) |

Tablo 4.2: Alternatiflerin Değerlendirilmesi İçin Kullanılan Sözel Değişkenler ve Yamuk Bulanık Sayı Olarak İfadeleri (Chen, vd, 2006: 293).

| Sözel Değişken | Yamuk Bulanık Sayı |
|-----------------|--------------------|
| Çok Kötü (CK) | (0, 0, 1, 2) |
| Kötü (K) | (0, 2, 2, 3) |
| Biraz Kötü (BK) | (2, 3, 4, 5) |
| Orta (O) | (4, 5, 5, 6) |
| Biraz İyi (BI) | (5, 6, 7, 8) |
| İyi (I) | (7, 8, 8, 9) |
| Çok İyi (CI) | (8, 9, 10, 10) |



Şekil 4.6: Ölçütlerin Önem Düzeyleri İçin Dilsel Değişkenler (Chen, vd, 2006: 293).



Şekil 4.7: Alternatiflerin Değerlendirilmesi İçin Kullanılan Yamuk Bulanık Sayılar (Chen, vd, 2006: 293).

Chen (2006) vd. tabloları yardımı ile işletmedeki üç istasyonun ergonomik problemi için karar ölçütlerinin önem düzeylerinin ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan sözel değişkenler belirlenerek tabloları oluşturulur.

Tablo 4.3: İstasyonlara Göre Ölçütlerin Önem Ağırlıkları Derecesi

| Ölçüt İstas. | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 | K10 |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| I1 | ÇY | ÇY | Y | ÇY | D | ÇY | Y | Y | ÇY | ÇY |
| I2 | O | ÇY | Y | ÇY | O | ÇY | Y | Y | ÇY | ÇY |
| I3 | ÇY | ÇY | Y | ÇY | D | ÇY | Y | Y | ÇY | ÇY |

Tablo 4.4: Karar Vericinin İstasyonları Değerlendirme Tablosu

| Ölçütler | İstasyonlar | | |
|-----------|-------------|----|----|
| | I1 | I2 | I3 |
| K1 | BI | O | K |
| K2 | BK | BI | BI |
| K3 | I | BK | O |
| K4 | I | O | K |
| K5 | I | I | I |
| K6 | ÇI | K | ÇK |
| K7 | ÇI | BK | BK |

| | | | |
|------------|---|---|---|
| K8 | O | O | K |
| K9 | K | K | K |
| K10 | K | K | O |

Çalışmanın bu aşamasından sonra önem ağırlıkları yamuk bulanık sayılara dönüştürülmüş ve bulanık karar matrisi oluşturulmuş ve ardından normalize edilmiş bulanık karar matrisine ulaşılmıştır.

Tablo 4.5: Bulanık Karar Matrisi

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| I1 | (5,6,7,8) | (2,3,4,5) | (7,8,8,9) | (7,8,8,9) | (7,8,8,9) |
| I2 | (4,5,5,6) | (5,6,7,8) | (2,3,4,5) | (4,5,5,6) | (7,8,8,9) |
| I3 | (1,2,2,3) | (5,6,7,8) | (4,5,5,6) | (1,2,2,3) | (7,8,8,9) |

| | K6 | K7 | K8 | K9 | K10 |
|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| I1 | (8,9,9,10) | (5,6,7,8) | (4,5,5,6) | (1,2,2,3) | (1,2,2,3) |
| I2 | (1,2,2,3) | (2,3,4,5) | (4,5,5,6) | (1,2,2,3) | (1,2,2,3) |
| I3 | (0,1,1,2) | (2,3,4,5) | (1,2,2,3) | (1,2,2,3) | (4,5,5,6) |

Tablo 4.6: Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| I1 | (0.5,0.6,0.7,0.8) | (0.2,0.3,0.4,0.5) | (0.7,0.8,0.8,0.9) | (0.7,0.8,0.8,0.9) | (0.7,0.8,0.8,0.9) |
| I2 | (0.4,0.5,0.5,0.6) | (0.5,0.6,0.7,0.8) | (0.2,0.3,0.4,0.5) | (0.4,0.5,0.5,0.6) | (0.7,0.8,0.8,0.9) |
| I3 | (0.1,0.2,0.2,0.3) | (0.5,0.6,0.7,0.8) | (0.4,0.5,0.5,0.6) | (0.1,0.2,0.2,0.3) | (0.7,0.8,0.8,0.9) |

| | K6 | K7 | K8 | K9 | K10 |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| I1 | (0.8,0.9,0.9,1) | (0.5,0.6,0.7,0.8) | (0.4,0.5,0.5,0.6) | (0.1,0.2,0.2,0.3) | (0.1,0.2,0.2,0.3) |
| I2 | (0.1,0.2,0.2,0.3) | (0.2,0.3,0.4,0.5) | (0.4,0.5,0.5,0.6) | (0.1,0.2,0.2,0.3) | (0.1,0.2,0.2,0.3) |
| I3 | (0.1,0.2,0.2,0.3) | (0.2,0.3,0.4,0.5) | (0.1,0.2,0.2,0.3) | (0.1,0.2,0.2,0.3) | (0.4,0.5,0.5,0.6) |

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi, normalize edilmiş bulanık karar matrisi ve bulanık ağırlıklar matrisinden formüller yardımı ile Tablo 7'deki gibi elde edilir.

Tablo 4.7: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

| | K1 | K2 | K3 | K4 |
|-----------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| I1 | (0.4,0.54,0.63,0.8) | (0.16,0.27,0.36,0.5) | (0.49,0.64,0.64,0.81) | (0.56,0.72,0.72,0.9) |
| I2 | (0.32,0.45,0.45,0.6) | (0.4,0.54,0.63,0.8) | (0.14,0.24,0.32,0.45) | (0.32,0.45,0.45,0.6) |

| | | | | |
|-----------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| I3 | (0.8,0.18,0.18,0.3) | (0.4,0.54,0.63,0.8) | (0.28,0.40,0.40,0.54) | (0.1,0.18,0.18,0.3) |
|-----------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|

| | K5 | K6 | K7 | K8 |
|-----------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| I1 | (0.07,0.16,0.16,0.27) | (0.64,0.81,0.81,1) | (0.35,0.48,0.56,0.8) | (0.28,0.40,0.40,0.54) |
| I2 | (0.28,0.4,0.4,0.54) | (0.08,0.18,0.18,0.3) | (0.14,0.24,0.32,0.5) | (0.28,0.40,0.40,0.54) |
| I3 | (0.07,0.16,0.16,0.27) | (0,0.09,0.09,0.2) | (0.14,0.24,0.32,0.5) | (0.07,0.16,0.16,0.27) |

| | K9 | K10 |
|-----------|----------------------|----------------------|
| I1 | (0.08,0.18,0.18,0.3) | (0.08,0.18,0.18,0.3) |
| I2 | (0.08,0.18,0.18,0.3) | (0.08,0.18,0.18,0.3) |
| I3 | (0.08,0.18,0.18,0.3) | (0.32,0.45,0.45,0.6) |

Tablo 4.7 yardımı ile Bulanık Pozitif İdeal Çözüm ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm belirlenir.

$$\tilde{A}^+ = [(0.8,0.8,0.8,0.8), (0.8,0.8,0.8,0.8), (0.81,0.81,0.81,0.81), (0.9,0.9,0.9,0.9), (0.54,0.54,0.54,0.54), (1,1,1,1), (0.8,0.8,0.8,0.8), (0.54,0.54,0.54,0.54), (0.3,0.3,0.3,0.3), (0.6,0.6,0.6,0.6)]$$

$$\tilde{A}^- = [(0.32, 0.32, 0.32, 0.32), (0.16, 0.16, 0.16, 0.16), (0.14, 0.14, 0.14, 0.14), (0.1, 0.1, 0.1, 0.1), (0.07, 0.07, 0.07, 0.07), (0, 0, 0, 0), (0.14, 0.14, 0.14, 0.14), (0.07, 0.07, 0.07, 0.07), (0.08, 0.08, 0.08, 0.08), (0.08, 0.08, 0.08, 0.08)]$$

Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözümün belirlenmesinin ardından her bir alternatifin bulanık pozitif ideal çözümden ve bulanık negatif ideal çözümden uzaklıkları hesaplanarak tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 4.8: Bulanık Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Uzaklıkları

| | | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 | K10 |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $d(A, A^+)$ | $d(A_1, A^+)$ | 0,839 | 0,493 | 0,200 | 0,212 | 0,381 | 0,224 | 0,301 | 0,163 | 0,138 | 0,486 |
| | $d(A_2, A^+)$ | 0,358 | 0,253 | 0,530 | 0,455 | 0,163 | 0,818 | 0,517 | 0,163 | 0,138 | 0,486 |
| | $d(A_3, A^+)$ | 0,504 | 0,253 | 0,410 | 0,713 | 0,381 | 0,907 | 0,517 | 0,381 | 0,138 | 0,175 |
| $d(A, A^-)$ | $d(A_1, A^-)$ | 0,308 | 0,204 | 0,517 | 0,686 | 0,118 | 0,824 | 0,439 | 0,347 | 0,130 | 0,130 |
| | $d(A_2, A^-)$ | 0,167 | 0,456 | 0,186 | 0,368 | 0,347 | 0,200 | 0,207 | 0,347 | 0,130 | 0,130 |
| | $d(A_3, A^-)$ | 0,259 | 0,456 | 0,280 | 0,114 | 0,118 | 0,237 | 0,186 | 0,118 | 0,130 | 0,387 |

Alternatiflerin bulanık negatif ideal çözümden ve bulanık pozitif ideal çözümden uzaklıkları kullanılarak yakınlık katsayıları hesaplanmış ve yakınlık katsayılarına ait sıralama ile birlikte tablo 4. 9'da gösterilmiştir.

Tablo 4.9: Yakınlık Katsayıları ve Sıralama

| | d_1^* | d_1^- | CC_1 | Sıralama |
|-------|---------|---------|--------------|----------|
| A_1 | 3,437 | 3,703 | 0,518 | 1 |
| A_2 | 3,881 | 2,538 | 0,395 | 2 |
| A_3 | 4,379 | 2,285 | 0,342 | 3 |

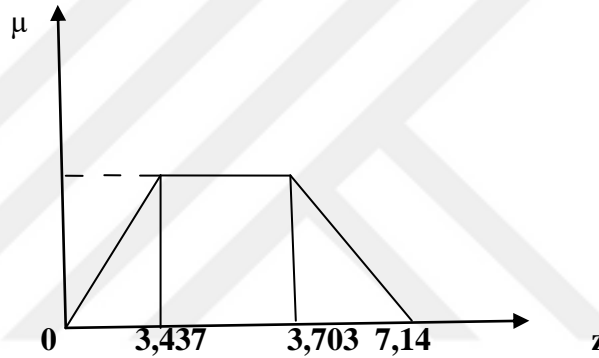
4.3.4.4. Durulaştırma

Çalışmanın bu aşamasında elde edilen çıkışlar için durulaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yaygın olarak kullanılan ağırlık merkezi yöntemi tercih edilmiştir. Oluşan her bir çıkarım kümesine çözüm bulması çok yaygın olarak kullanılmasının nedenidir. Adından anlaşılacağı gibi bu yöntemle, çıkış fonksiyonunun altında kalan alanın ağırlık merkezi eşitlik (4.1)'daki ifadeden faydalanılarak bulunur.

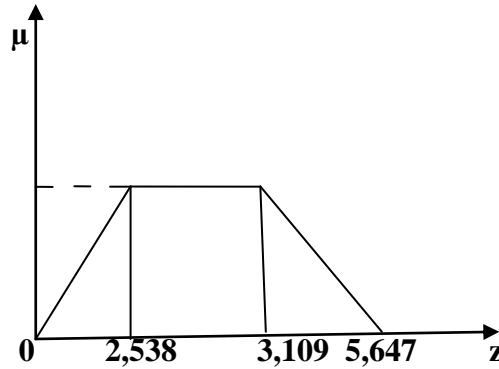
$$y_0 = \frac{\int \mu(y)y}{\int \mu(y)}$$

(4.1)

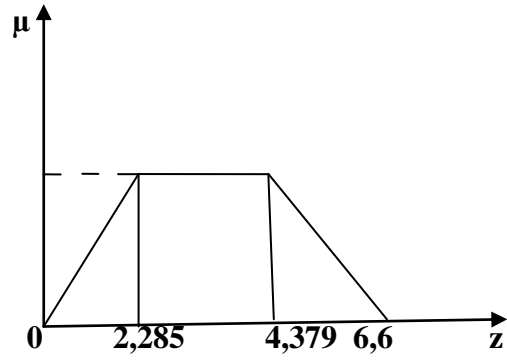
Bundan sonraki aşamada incelenen üç istasyon için üyelik fonksiyonlarının bileşkesi alınacak başka bir ifade ile grafiksel olarak bu üç küme üst üste bindirilecektir. Üç küme üst üste bindirilerek bileşkesi alınmış, diğer bir ifade ile bulanık harmanlama yapılarak yeni bir küme elde edilmiştir. Bundan sonra ise durulaştırma işlemi yapılmalıdır. Bu işlemler Catia programı kullanılmak sureti ile elde edilmiş ve z^* değeri elde edilmiştir. Durulaştırma işlemi yapılırken bileşke alanın ağırlık merkezi yukarıdaki 4.1 nolu denklem ile hesaplanmıştır.



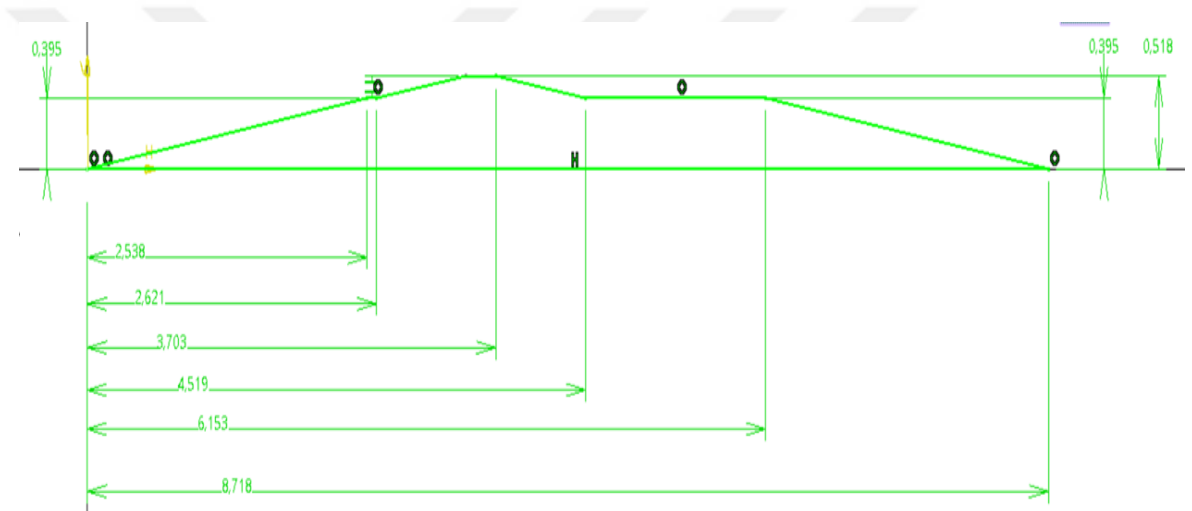
Şekil 4.8: 1 No'lu İstasyon Üyelik Fonksiyonu Grafiksel Gösterimi



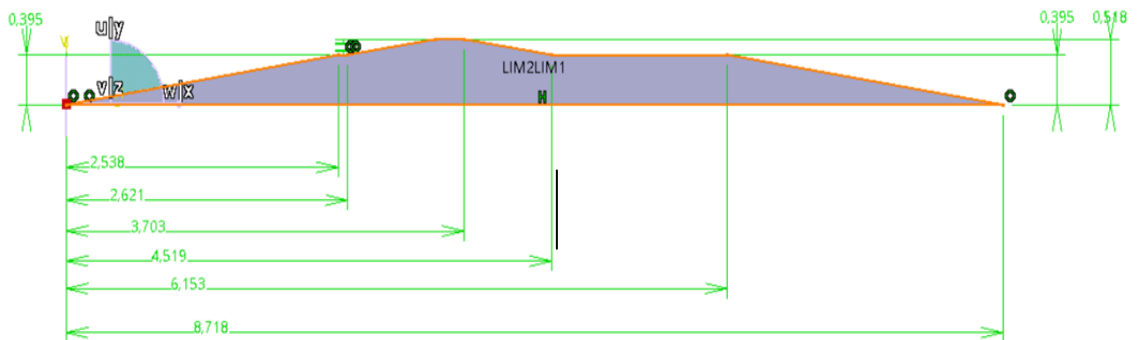
Şekil 4.9: 2 No'lu İstasyon Üyelik Fonksiyonu Grafiksel Gösterimi



Şekil 4.10: 3 No'lu İstasyon Üyelik Fonksiyonu Grafiksel Gösterimi



Şekil 4.11: Ağırlık Merkezinin Grafik Üzerinde Gösterimi



Şekil 4.12: Ağırlık Merkezinin Grafik Üzerinde Gösterimi

$$G_x=4,313$$

$$G_y=0,184$$

Durulaştırma sonucunda elde edilen sayısal ifadelerin de sözel olarak açıklanması gerekir. Yukarıdaki grafikler incelendiğinde de görülecektir ki Ergonomik açıdan en riskli istasyon 3 numaralı istasyondur.

4.3.4.5. Sürecin değerlendirilmesi

Firmadaki üç istasyon elde edilen yakınlık katsayılarına göre sıralandığında ölçütlere göre, yakınlık katsayılarının kabul durumları açısından A_1 'in yüksek ergonomik risk ile kabul edilebilir olduğu, A_2 ve A_3 'ün ise yakınlık katsayılarına göre düşük risk içerdiği söylenilir.

Bulanık TOPSİS yöntemi ile elde ettiğimiz sonuçlar, Hızlı Maruziyet Değerlendirme Yöntemi sonuçlarına da benzerlik göstermektedir. Uygulamalı ergonomi projelerinde seçilen en iyi çözüm seçeneği uygulamaya konulduktan sonra elde edilen sonuçlar yeniden değerlendirilmelidir. Adeta bir otomatik kontrol sistemi gibi elde edilen çıktılar amaçlanan değerlerle mukayese edilerek gereken düzeltmeler yapılmalıdır. İş basitleştirme ve mükemmel iş istasyonlarının tasarımı çalışmalarının sürekli bir yolculuk olduğu hiçbir zaman akıldan çıkartılmamalıdır.

Gerçekleştirilen Ergonomik iyileştirme ve yerleştirilmeye çalışılan kurumsal kültür açısından üretim operatörleri üst düzey üretim ve laboratuvar elemanlarından oluşan bir ergonomi komisyonunun her yeni aparat alınışında veya yeni bir projenin

geliştirilmesi sırasında ortak ve katılımcı bir çalışma ile ergonomik uygunluğun sürekliliğinin sağlanması gerekir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sanayileşme ile birlikte çalışanların sağlığı ve güvenliği, iş yerindeki koşullara bağlı olarak olumsuz bir biçimde etkilenmiştir. Çalışma hayatında bazı risklerden kaçınmak insan için zor olmaktadır. Makineleşmenin artması ile beraber çalışan bireylerin iş kazaları ve meslek hastalıklarına karşı korunması ihtiyacı da önemli bir konu olarak gündeme gelmiştir.

Çalışma hayatında çalışanların sağlıklarının olumsuz etkilenmesini, iş kazası ve meslek hastalıklarının meydana gelmesini önlemek, çalışanların sağlık ve güvenliklerini geliştirerek verimliliklerini arttırmayı amaçlayan iş sağlığı ve güvenliği, birden fazla disiplinli ve geniş bir çalışma alanıdır. Sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamının oluşturulması, çalışma hayatının öncelikli şartı ve tüm sosyal tarafların ortak sorumluluğudur. İş sağlığı ve güvenliği çalışmaları için alınması gereken tüm tedbirlerin, bir maliyet unsuru olarak görülmemesi gerekmektedir. Alınması gereken bu tedbirler, işyerlerinin daha huzurlu çalışanların daha mutlu olmasını sağladığı gibi işletmelerin verimliliğine de katkı sağlamaktadır.

İş güvenliği ile ilgili yapılacak çalışmalar, çalışma koşullarını iyileştirerek verimlilik artışına yol açmaktadır. Fiziki ve ruhen sağlıklı bir işçinin, sosyal ve ekonomik yönden geleceğinden de emin olduğu durumlarda verimliliğinin dolayısıyla işletme üretiminin artacağı açıktır.

Sanayileşme ile birlikte iş yerlerinde en fazla karşılaşılan rahatsızlıklardan bir tanesi ise kas iskelet sistemi rahatsızlıklarıdır. Hızlı teknolojik ilerlemeler ve artan mekanizasyon insan vücudu üzerindeki yükleri azaltıyor gibi görünmektedir. Oysa hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde kas iskelet sistemi rahatsızlıkları ile yumuşak doku zedelenmeleri çözülmesi gereken problemlerin başında gelmektedir.

İşletmelerde karşılaşılan ergonomik problemlerde, tehlikelerin belirlenmesi, risklerin sayısallaştırılması ve iyileştirmelerin yapılması için bugün literatürde uygulanan birçok yöntem mevcuttur.

Bir karar verme sürecindeki en temel problem, birbiri ile çelişen ölçütlere göre en iyi seçeneği belirleyebilmektir. Bu amaca yönelik olarak geliştirilmiş karar verme yöntemlerinin büyük bir bölümü sadece sayısal ölçütleri kapsamaktadır. Oysa gerçek hayatta karar verme süreci sayısal veya sözel ölçütlerden önemli ölçüde etkilenmektedir.

Bu çalışmada, kimya sektöründe faaliyet gösteren bir firmada, çalışanların özellikle sürekli bel ağrısından şikâyet ettiği üç istasyonun değerlendirilmesi sürecinde yararlanılan insan yargıları sayısal ifadeler olmadığı için belirsizliği de beraberinde getirir, bu belirsizliği aşmak için çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden Bulanık TOPSİS yöntemi problemin çözümünde karar verme aracı olarak kullanılmıştır.

Çalışmada bulanık ortamlarda grup kararı vermede yararlanılan ve ÇÖKV yöntemlerinden biri olan Bulanık TOPSİS yöntemi ayrıntılı olarak açıklanmış, dilsel ifadeler üyelik fonksiyonu vererek kesin değerlere dönüştürmeyi sağlayan yamuk

bulanık sayılar kullanılarak ergonomik açıdan riskli istasyon değerlemesi örneği verilmiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar ölçütlere ve alternatiflere verilen değerlendirmeler üzerinden elde edilmiştir.

Çalışma, Bulanık TOPSİS yönteminin riskli istasyon seçim sürecinde alternatiflerin değerlendirilmesinde ve seçim işleminin gerçekleşmesinde karar verirken yararlanılan bir karar aracı olarak başarılı bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Bulanık TOPSİS yöntemi değişik sektörlerde birçok seçim problemlerine uygulanabileceği gibi, dilsel değişkenlerle değerlendirmenin söz konusu olduğu, alternatiflerin çok sayıda karar ölçütüne göre değerlendirildiği ve grup kararı verilmesini gerektiren durumlarda işletmelerin iş sağlığı ve güvenliği birimlerinin yanı sıra, insan kaynakları yönetimi, pazarlama yönetimi, üretim yönetimi, yönetim ve organizasyon gibi birçok alanlarında da kullanılabilir.

İleride yapılacak bir başka çalışmada işletmedeki tüm istasyonlar, alternatif yöntemler (ELECTRE, VİKOR, VZA, PROMETHEE, AHP gibi) kullanılarak değerlendirilebilir ve bu yöntemlerin karşılaştırılmasıyla çalışmaya değişik boyutlar kazandırılabilir. Bu çalışmada, Bulanık TOPSİS yönteminde iki bulanık sayı arasındaki uzaklık Vertex yöntemi yardımıyla hesaplanmıştır. Gelecek çalışmalarda iki bulanık sayı arasındaki mesafeyi hesaplamak için Minkowski, Hamming uzaklıkları kullanılarak sonuçlar karşılaştırabilir.

Bu çalışma ile işletmelere, İş Sağlığı Ve Güvenliğinde karşılaşılan problemlerin çözümünde kolay uygulanabilecek bilimsel bir yöntem olan Bulanık TOPSİS yöntemi önerilmekte, Bulanık TOPSİS yönteminin çok ölçütlü karar verme problemlerinin çözümündeki kullanım kolaylığı ve başarısı gösterilerek uygulama alanlarında yaygınlaşmasına katkıda bulunmak amaçlanmaktadır.

Bu çalışmanın konusu olan gelecekteki çalışmalarda iş sistemlerinde verimlilik ve üretkenlik ile iş sağlığı ve güvenliğine etki eden diğer faktörler de göz önüne alınarak çalışma genişletilebilir ve böylelikle özellikle Türk Sanayii Sektöründe gereksinim duyulan sayısal değerlendirmelere ulaşılabilir.

KAYNAKÇA

1. Abo-Sina, M.A., Amer, A.H., (2005) “Extensions of TOPSIS for Multiobjective Large-scale Nonlinear Pogramming Problems”, Applied Mathematics and Computation, Vol.162, Issue 1, 243-256
2. Akalp, G., (2010), “İşgücü Verimliliği Ve Motivasyonu Açısından Ergonomik İyileştirmelerin Önemi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama”, 16. Ergonomi Kongresi, Hitit Üniversitesi, 3-5 Aralık 2010, Çorum
3. Akyüz N.,(1980), “İş Güvenliği”, İstanbul, s;2
4. Babaev A. (1998) Bulanık Mantık Ve Uygulamaları, Bursa.
5. Bashiri, Mahdi & Hosseininezhad-Seyed, Javad (2009). A fuzzy group decision support system for multifacility location problems. International Journal Of Adv. Manufacturing Technology, 42, 533-543.
6. Baykal N., Beyan, T.,(2004), “Bulanık Mantık İlke Ve Temelleri”,Ankara
7. Baykal N., Beyan T. (2004). Bulanık Mantık İlke ve Temelleri, Bıçaklar Kitabevi, Ankara
8. Bottani, E., Rizzi A.,(2006) “A Fuzzy TOPSIS Methodology to Support Outsourcing of Logistics Services”, Supply Chain Management: An International Journal, 11(4),294-308
9. Benitez, J.M., Martin J.C., Roman, C., (2007) “ Using Fuzzy Number for Measuring Quality of Service in The Hotel Industry”, Tourism Management, 28(2),544-555
10. Centel T., (1992) “Çocuklar İle Gençlerin İş Güvenliği”, İstanbul: İ.Ü. Yayınları No: 3041, s. 58

11. Chen,S.J.,Hwang C.L., (1992), Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications, Springer-Verlag, Berlin
12. Chen,C.T.,(2000) “A Fuzzy Approach to Select the Location of the Distribution Center”, Fuzzy Sets and Systems, 114, 1-9
13. Chen,C.T., Lin,C.T., ,Huang, S.F. ,(2006) “A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management”, International Journal of Production Economics, 1-13
14. Chen, C.T. (2001). “A Fuzzy Approach to Select the Location of the Distribution Center”, Fuzzy Sets and Systems, 118, p.65–73.
15. Chen G., Pham T.T. (2001). “Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems”, CRC Press, USA.
16. Chu, T.-C., Lin Y.-C., (2003) “A Fuzzy TOPSİS Method For Robot Selection”, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 21, 284-290
17. Chu, T.C. (2002). “Selecting Plant Location via Fuzzy TOPSİS Approach”, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 20, p.859-864.
18. Çınar T.N.,(2010)“Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık TOPSİS Yöntemi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama”, KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi 12 (18): 37-45, 2010 ISSN: 1309 - 9132,
19. Daley, S., GILL, K.F., (1986) “A Design Study of Self Organizing Fuzzy Logic Controller” Proc. Instn. Mech. Engrn. Vol:200, s.1

20. Doğan, A., Önder, E., (2014) “İnsan Kaynakları Temin Ve Seçiminde Çok Ölçütlü Karar Verme Tekniklerinin Kullanılması Ve Bir Uygulama” Journal of Yasar University 2014 9(34) 5796-5819
21. Dündar, S., Ecer, F., Özdemir, Ş., (2007), “ Fuzzy TOPSİS Yöntemi İle Sanal Mağazaların Web Sitelerinin Değerlendirilmesi”, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 21(1), 143-172
22. Ecer, F., Vurur, N.S, Özdemir L., (2009) “ Bulanık Bir Modelle Firmaları Değerlendirme ve Optimal Portföy Oluşturma : Çimento Sektöründe Bir Uygulama”, Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6(11), 478-502
23. Elmas Ç., (2011), “Yapay Zeka Uygulamaları”, Ankara.
24. Elmas Ç., (2004), “Bulanık Mantık Denetleyiciler”, Ankara
25. Erol, İ. (2006). Bulanık TOPSİS ve Entropi Yöntemlerinin Matematiksel Programlama Modelleri ile Bütünleştirilmesi ve Bir Firma Uygulaması, İktisat, İşletme ve Finans Dergisi, Yıl: 21, Sayı:248, s.90-101.
26. Ertuğrul İ, Güneş M. (2007). Fuzzy Multi-criteria Decision Making Method for Machine Selection, Analysis and Design of Intelligent Systems Using Soft Computing Techniques, 41. p.638-648, Springer, Berlin Heidelberg.
27. Ertuğrul, İ., Karakaşoğlu, N. (2007) Fuzzy TOPSİS Method for Academic Member Selection in Engineering Faculty, Innovations in E-learning, Instruction 193 Technology, Assessment and Engineering Education, Iskander, Magued (ed), XVI, p. 151-156, Springer, Netherlands.
28. Erdoğan A. “Hata Ağacı Analizi, Literatür Araştırması Ve Orta Ölçekli Bir İşletmede Uygulama” <http://www.calismadunyasi.gov.tr/pdf/sayi6/06.pdf>

29. Gökbayrak Ş., 2003, “Küreselleşme ve İş Sağlığı–Güvenliği”, TES–İŞ Dergisi, İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Özel Sayısı, Aralık 2003, s. 44
30. Gültaş İ., Özok A. F. (2007). Endüstri Mühendisliği Eğitiminde Matematik Ders İçeriklerinin Belirlenmesinde BAHP Yöntemi ile Çözüm Önerisi, Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği 27. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir, s.87-92.
31. Günal,Ü..(1997) “Bulanık Mantık” Otomasyon Dergisi, No:55,s.50-51,İstanbul.
32. Hal W. Hendrick, “The Technology of Ergonomics”, Theoretical Issues in Ergonomics Science, Vol: 1, No: 1, January 2000, s. 22–23.
33. Hwang C. L., Yoon K., (1981). Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications, Springer, Berlin Heidelberg
34. İnce Ö., Gültaş İ . (2006). Makina Seçimi Problemine BAHP Yaklaşımı, VI. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İstanbul, s.107-117.
35. Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh, L.F., Izadikhah, M., (2006), “ Extension of the TOPSIS method for Decision Making Problems with Fuzzy Data”, Applied Mathematics and Computation, 181(2), 1544-1551
36. Kabak, M., (2011) “Birlik Hava Savunma Önceliklerinin Tespitine Bulanık Bir Yaklaşım” Savunma Bilimleri Dergisi, Kasım 2011, Cilt 10, Sayı 2, 1-17.
37. Kacprzyk. J., Orlovski. S.A., (1987) “Optimization Models Using Fuzzy Sets And Possibility Theory”, London
38. Kahya E.,(2014), Özkar Derya ‘İş Güvenliği’, Eskişehir

39. Kaufmann A., Gupta M. M. (1988). Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science, Elsevier Science Publishers B.V., North Holland.
40. King,P., Mamdani, E.(1977) “The Application of Fuzzy Control Systems to Industrial Prouesses” Automatica, s.Vol:13,s.235
41. Kroemer KHE, Kroemer HB, Kroemer-Elbert KE(1994) Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1994
42. Kuru O., (2000), “İş Sağlığı ve Güvenliğinde Yeni Oluşumlar”, TİSK İşveren Dergisi, Ankara, Cilt:28, Sayı: 8, Mayıs 2000, s. 5.
43. Küçük, O., Ecer, F., (2007) “ Bulanık TOPSİS Kullanılarak Tedarikçilerin Değerlendirilmesi ve Erzurum’da bir Uygulama”, Ekonomik Araştırmalar Dergisi, Bahar 2007,Cilt:3, Yıl:3 Sayı:1,3:45-65
44. Leka, S. ve Cox, T. (2008) PRIMA-EF Guidance on the European Framework for Psychosocial Risk Management: A Resource for Employers and Worker Representatives. WHO Protecting Workers’ Health Series.
45. Levi, L. (1984). Stress in industry: Causes, effects and prevention, International Labour Office, Geneva alıntı van Stolk, C., Staetsky, L., Hassan, E. ve Kim, C.W. (2012) Management of Psychosocial Risks At Work. European Agency for Safety and Health at Work, Luxemburg
46. Mitchel O., (1999), “The Impact of Globalization on Health and Safety at Work”, www.wsws.org/articles/1999/jul1999/who-j23.shtml,.
47. Orhun H., (2003), “Fiziksel Etmenler”, İş Güvenliği, Ankara, TMMOB Yayını, No: MMO/2003/294/2, 2003, s. 63–64.

48. Özdemir A.İ., Seçme N.Y., (2009), “ İki Aşamalı Tedarikçi Seçiminin Bulanık TOPSİS Yöntemi ile Analizi ”, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F Dergisi, C. X I, S II, 79-111
49. Özkan M.M. (2003), “Bulanık Hedef Programlama”, ,Bursa
50. Özkılıç Ö., (2014), ‘Risk Değerlendirmesi’ Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu, Ankara,2014
51. Özok A.F., (2013), İleri Ergonomi Dersi, Yayınlanmamış Ders Notları , İstanbul Okan Üniversitesi, İstanbul.
52. Öztürk, A., Ertuğrul İ., Karakaşoğlu N.,(2008) “ Nakliye Firması Seçiminde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSİS Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 15(2), 785-824
53. Öztürk, B., Başkaya, Z., (2011), “Bulanık TOPSİS Algoritması ile Yamuk Bulanık Sayıların Satış Elemanı Seçiminde Kullanılması”, Business and Economics Research Journal Volume 2 . Number 2 . 2011 pp. 77-100 ISSN: 1309-2448,
54. Razmi, J.S., Mahsen, J. Khakbaz, M.H.,(2009). “An integrated fuzzy group decision making/fuzzy linear programming (FGDMLP) framework for supplier evaluation and order allocation” International Journal Of Adv. Manufacturing Technology, 43, 590-607.
55. Rempel, D. M., Janowitz, I. L., (1997) Ergonomics & the prevention of occupational injuries, in Occupational & Environmental Medicine, Joseph LaDou, (41-63), Prentice Hall Int, Stamford.
56. Rodahl K: The Physiology of Work. London: Taylor and Francis Ltd.4 John St,ISBN 0-203-39264-7 1989

57. Sabuncu H., (2005), “Endüstride Risk Değerlendirmesi Yöntemleri ve Risk Analizi”, İş Güvenliği Dergisi, İSGİAD Yayını, Yıl: 2, Sayı: 4, Mayıs–Haziran–Temmuz 2005, s. 6.
58. Semerci O. (2012) “İş Sağlığı Ve Güvenliğinde Risk Değerlendirmesi: Metal Sektöründe Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, İzmir 9 Eylül Üniversitesi
59. Shanian, A. & Savadogo, O. (2006). TOPSİS multiple-criteria decision support analysis for material selection of metallic bipolar plates for polymer electrolyte fuel cell. *Journal Of Power Sources*, 159, 1095-1104.
60. Stobbe T.J., (1996): Occupational ergonomics and injury prevention. *Occup Med* 11 (3) :531
61. Tansel Y.İ., Yurdakul M., (2008) “Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerini Kullanan Makine Ekipman Seçim Çalışmalarında Bulanıklığın Sonuçlara Etkisinin İncelenmesi”, İşletme Fakültesi Dergisi, C:IX, No:1, 2008, s. 138.
62. Tiryaki, F., Ahlatçıolu, M. (2005). “Fuzzy Stock Selection Using a New Fuzzy Ranking and Weighting Algorithm”, *Applied Mathematics and Computation*, 170, p.144- 157.
63. Triantaphyllou, E., Lin, C.T. (1996). Development and Evaluation of Five Fuzzy Multiattribute Decision-Making Methods, *International Journal of Approximate Reasoning*, 14, p.281-310.
64. Tsaur S.H., Chang T.Y., Yen C.H., (2002), “The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM”, *Tourism Management*, 23, s.107-115
65. Vatansever Ç., “Risk Değerlendirmede Yeni Bir Boyut: Psikososyal Tehlike ve Riskler” *Çalışma ve Toplum Dergisi*, Sayı 40, 2014/1, s:117 çevrimiçi <http://calismatoplum.org/sayi40/vatansever.pdf> (18.11.2014)

66. Wang Y.M., Elhag, T.M.S.,(2006) “Fuzzy TOPSIS Method Based on Alpha Level Sets With An Application to Bridge Risk Assessment, Expert Systems With Applications, 31, 309-319
67. Wang, T. C., Chang, T. H. (2007). Application of TOPSIS in Evaluating Initial Training Aircraft Under a Fuzzy Environment, Expert Systems with Applications, 33(4), p.870-880.
68. Wang, Y.J., (2008), “Applying FMCDM to Evaluate Financial Performance of Domestic Airlines in Taiwan”, Expert Systems with Applications, 34(3), 1837-1845
69. Wickens, C. D (1992) . “Engineering psychology and human performance”. New York: HarperCollins.
70. Xu, C.W., LU, Y.Z (1987) “Fuzzy Model Identification and Self Learning for Dynamic System” IEEE Trans. On Sys. Man and cyber, Vol:SMC-17,s.4
71. Yang, T., Hung, C. C. (2007). Multiple-Attribute Decision Making Methods for Plant Layout Design Problem, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 23, p.126-137
72. Yıldız, A., Yıldız, D., (2014), “Bulanık TOPSIS Yöntemiyle Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılım Seçimi”, Business and Economics Research Journal Volume 5 Number 1 2014 pp. 87-106 ISSN: 1309-2448
73. Yılmaz F., (2009), ‘Avrupa Birliği Ve Türkiye’de İş Sağlığı Ve Güvenliği: Türkiye’de İş Sağlığı Ve Güvenliği Kurullarının Etkinlik Düzeyinin Ölçülmesi’ İstanbul Üniversitesi Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul
74. Yılmaz S. B. (2000). Hata Türü ve Etki Analizi. 9 Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2(4): 133- 150

75. “Biyolojik Etkenlere Maruziyet Risklerinin Önlenmesi Hakkında Yönetmelik”
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/06/20130615-3.htm>
76. “İş Sağlığı Ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği”
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121229-13.htm>
77. “Kanserojen Veya Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık Ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik”
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/08/20130806-4.htm>
78. “Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık Ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik” <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/08/20130812-1.htm>
79. <http://www.tse.org.tr/ts-18001>
80. <http://tr.wikipedia.org/wiki/HACCP>
81. http://www.emo.org.tr/ekler/8778f10a9ac28c2_ek.pdf?dergi=898
82. <http://www.hse.gov.uk/business/businessbenefits.htm>,

ÖZGEÇMİŞ

Hüsre Gizem Akalp 1978 yılında Bursa'da doğdu. 1995 yılında Bursa Cumhuriyet Lisesi'nden mezun oldu. 1996 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı ve 2001 yılında mezun oldu. Mezun olduğu yıldan sonra özel sektörde çeşitli firmalarda kalite kontrol, planlama gibi farklı görevlerde aktif olarak çalıştı. 2003 yılında Uludağ Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Mekatronik Programında Öğretim Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2008 Yılında Ahmet Yesevi Üniversitesi Yönetim Bilişim Sistemlerinde Yüksek Lisansını tamamladı. 2012 yılında Uludağ Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulunda İş Sağlığı ve Güvenliği Programının kurulması çalışmalarında ve yine kurum bünyesinde Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'na bağlı İş Güvenliği Uzmanlığı Eğitim Kurumunun kurulması çalışmalarında aktif rol aldı. 2013 yılından beri İş Sağlığı ve Güvenliği Programında Program Başkanı olarak görevine devam etmektedir. Bakanlık tarafından yetkilendirilmiş İş Güvenliği Uzmanı eğitici belgesine de sahip olan ve A sınıfı İş Güvenliği uzmanı olan Gizem Akalp, aynı zamanda Bakanlığa bağlı eğitim kurumunun Sorumlu Müdürü olarak görev yapmaktadır. İş Sağlığı Güvenliği ve Ergonomi konularında çeşitli ulusal ve uluslararası kongre, sempozyum, konferanslarda sözlü bildirimleri ile ulusal ve uluslararası hakemli dergilerde yayınlanan pek çok makalesi bulunmaktadır. Kendisi evli ve iki çocuk annesidir.

| Öğrencinin Adı Soyadı | Projenin ya da tezin ismi | Anabilim Dalı / Bölüm | Yıl |
|-----------------------|---|--|------|
| Hüsre Gizem Akalp | Bir İş İstasyonundaki Ergonomik Risklerin Bulanık Mantık Yöntemi İle Modellenmesi | Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı Ve Güvenliği Yüksek Lisans Programı | 2016 |