



**KALİTE RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE ÇELİK
KONSTRÜKSİYON SEKTÖRÜ ÜZERİNE BİR
UYGULAMA**

**2020
YÜKSEK LİSANS TEZİ
AKTÜERYA VE RİSK YÖNETİMİ**

Nihan KAYHAN

Prof. Dr. Canan HAMURKAROĞLU

**KALİTE RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE ÇELİK KONSTRÜKSİYON
SEKTÖRÜ ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

Nihan KAYHAN

Prof. Dr. Canan HAMURKAROĞLU

T.C.

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Aktüerya ve Risk Yönetimi Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Eylül 2020

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	1
TEZ ONAY SAYFASI	4
DOĞRULUK BEYANI	5
ÖNSÖZ	6
ÖZ	7
ABSTRACT	8
ARŞİV KAYIT BİLGİLERİ	9
ARCHIVE RECORD INFORMATION	10
KISALTMALAR	11
ARAŞTIRMANIN KONUSU	13
ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ	13
ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ	13
ARAŞTIRMA HİPOTEZLERİ / PROBLEM	14
EVREN VE ÖRNEKLEM	14
KAPSAM VE SINIRLILIKLAR/KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER	14
GİRİŞ	15
1. KALİTE İLE İLGİLİ KAVRAMLARA İLİŞKİN GENEL AÇIKLAMALAR	17
1.1. Kalite Kavramı Tanımı	17
1.2. Kalitenin Önemi, Amacı ve Faydaları	19
1.3. Kalitenin Boyutları	20
1.4. Kalite Bileşenleri	22
1.4.1. Tasarım Kalitesi	22
1.4.2. Uygunluk Kalitesi	23
1.4.3. Performans Kalitesi	23
2. KALİTE RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE YÖNTEMLERİ	24
2.1. Risk Değerlendirmenin Genel Tanımı	24
2.2. Kalite Risk Yönetimi	26
2.3. Kalite Risk Yönetimi Adımları	29
2.4. Risk Değerlendirme Yöntemleri	34

2.4.1. Hata Türü ve Etkileri Analiz-HTEA (Failure Modes and Effect Analysis-FMEA)	35
2.4.1.1. Sistem HTEA.....	42
2.4.1.2. Tasarım HTEA.....	42
2.4.1.3. Süreç HTEA	43
2.4.1.4. Servis HTEA.....	43
2.4.2. Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis-PHA)	43
2.4.3. Birincil Risk Analizi (Primary Risk Analysis – PRA).....	44
2.4.4. Olursa Ne Olur Analizi (What If...?).....	45
2.4.5. Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis-ETA).....	46
2.4.6. Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis-FTA).....	47
2.4.7. Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (Hazard and Operability Analysis-HAZOP).....	48
2.4.8. Karar Matrisi	50
2.4.8.1. L Tipi Matris (5X5 Matris).....	50
2.4.8.2. X Tipi Matris.....	51
2.4.9. Fine Kinney Yöntemi	53
2.4.10. Yakınlık Diyagramı (Affinity Diagram)	55
2.4.11. İlişki Diyagramı (Relations Diagram).....	56
2.4.12. Ağaç Diyagramı (Dendogram)	57
2.4.13. Ok Diyagramı (Arrow Diagram)	58
2.4.14. Süreç Karar Program Tablosu (Process Decision Program Chart-PDPC).....	59
2.4.15. Çetele Diyagramı	60
2.4.16. Histogram	61
2.4.17. Neden-Sonuç Diyagramı.....	62
2.4.18. Pareto Analizi	63
2.4.19. Dağılım Diyagramı.....	65
2.4.20. Gruplandırma (Sınıflandırma) Analizi.....	66
2.4.21. Kontrol Grafikleri	67
2.4.21.1. Ölçülebilen Kalite Karakteristiği İçin Kontrol Grafikleri	71
2.4.21.2. Ölçülemeyen Kalite Karakteristiği İçin Kontrol Grafikleri.....	79
3. ÇELİK KONSTRÜKSİYON SEKTÖRÜNDE RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ UYGULAMASI	85

3.1. Uygulama Yapılan İşletmenin Tanımı.....	85
3.2. Hata Türü Ve Etkileri Analizi Uygulaması.....	89
3.2.1. Uygulamanın Amacı.....	89
3.2.2. Uygulamanın Kapsamı ve Yöntemi.....	89
3.2.3. Uygulama Aşamaları.....	89
3.2.4. HTEA Ekibini Oluşumu	90
3.2.5. Ürünün Üretim Aşamaları.....	91
3.2.6. Kesme-Delme-Matkap Ünitesi.....	91
3.2.7. Korkuluk Üretim Aşaması.....	91
3.2.8. Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hata Türlerinin Belirlenmesi	92
3.2.9. Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hatalarının Olası Sebepleri ve Etkileri.....	93
3.2.10. Hatanın Tespit Edilebilirlik, Olasılık ve Şiddet Puanlarının Belirlenmesi ve Yapılan İyileştirmeler	95
3.2.11. Kesme-Delme-Matkap Ünitesi sürecinin Değerlendirilmesi	100
3.3. Neden Sonuç Analizi Uygulaması	104
3.4. Pareto Analizinin Uygulaması	104
3.5. Kontrol Grafikleri Uygulamaları	108
3.5.1. \bar{X} -R Kontrol Grafiği.....	108
3.5.2. p Kontrol Grafiği	120
SONUÇ	147
KAYNAKÇA	150
TABLolar LİSTESİ	158
ŞEKİLLER LİSTESİ	160
EKLER	161
ÖZGEÇMİŞ.....	162

TEZ ONAY SAYFASI

Nihan KAYHAN tarafından hazırlanan “KALİTE RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE ÇELİK KONSTRÜKSİYON ÜZERİNE BİR UYGULAMA” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Canan HAMURKAROĞLU

Tez Danışmanı, Aktüerya ve Risk Yönetimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Aktüerya ve Risk Yönetimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 14.08.2020

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Ayten YİĞİTER (HÜ)

Üye : Prof. Dr. Canan HAMURKAROĞLU (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Taner ERSÖZ (KBÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı herhangi bir yola tevessül etmeden yazdığımı, araştırmamı yaparken hangi tür alıntılarım intihal kusuru sayılacağını bildiğimi, intihal kusuru sayılabilecek herhangi bir bölüme araştırmamda yer vermediğimi, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden olduğunu ve bu eslere metin içerisinde uygun şekilde atıf yapıldığını beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak ahlaki ve hukuki tüm sonuçlara katlanmayı kabul ederim.

Adı Soyadı: Nihan KAYHAN

İmza :

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans eğitimimde ve tez hazırlama sürecimin her aşamasında yardımını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, yönlendirici ve teşvik edici konuşmalarıyla her konuda rehberlik ederek, sonsuz sabırla çalışmamın tamamlanmasını sağlayan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Canan HAMURKAROĞLU' na tüm içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım.

Bu günlere gelmemi sağlayan, hayatımın her aşamasında bana destek olan, eğitimim için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan canım annem Ümran BOSTANCI' ya, hayatın en güzel günlerini ve en zor anlarını birlikte yaşadığım, her zaman yanımda olan biricik kardeşim Neslihan BOSTANCI' ya, mutluluğuma sevinen, üzüntülerime üzülen, başaracağıma hep inanan sevgili babaannem Hanife BOSTANCI' ya çok teşekkür ederim.

Evladı olmaktan her zaman gurur duyduğum rahmetli babam Erdoğan BOSTANCI' yı ve tez aşamamda kaybettiğim kalbi sonsuz insan sevgisi ile dolu olan rahmetli dedem Doğan BOSTANCI' yı sevgi ve saygı ile anıyorum.

Ve eşim... Ancak işim ve tezim arasında kalan küçücük zamanları kendisine ayırabildiğim, çalışmanın tüm stresini benimle birlikte yaşayan, bana destek veren ve her zaman anlayış gösteren sevgili eşim Özcan KAYHAN' a yürekten teşekkür ederim.

ÖZ

Günümüzde birçok farklı sektörde kullanılan risk değerlendirme yöntemleri, çelik konstrüksiyon üretimi yapan işletmelerde de sıklıkla kullanılmaktadır. Genel olarak risk değerlendirme, işyerinde var olan ya da meydana gelme ihtimali olan tehlike ve hataların belirlenmesidir. Belirlenen tehlike ve hataların işletme için riske dönüşmesine neden olan etkenlerin tespit edilebilirliğinin saptanması, risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ile alınacak önlemlerin kararlaştırılması işletmeler için hayati önem arz etmektedir.

Kalite risk değerlendirmesi sayesinde süreçlerin iyileştirilmesi ve kalite seviyesinin artırılması sağlanarak, uygulanan yöntemler ile mevcut durumun ortaya konması kolaylaştırılmıştır. Kullanılan birçok risk değerlendirme yönteminin bulunması, izlenen süreçteki değişken için en uygun kalite düzeyinin belirlenmesine yardımcı olacak şekilde seçilerek değerlendirme yapılmalıdır.

Yapılan bu çalışmanın uygulama bölümünde, hedeflenen kalite düzeyine ulaşmak için Risk Değerlendirme Yöntemlerinden HTEA, Pareto Diyagramı, Neden Sonuç Analizi ve Kontrol Grafikleri gibi yöntemler ele alınarak tespit edilen riskli durumların ortadan kaldırılması için çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kalite Risk Değerlendirme, Kalite, FMEA, İstatistiksel Kalite Kontrol, Shewhart Kontrol Grafikleri.

ABSTRACT

Nowadays, risk assessment methods used in many different sectors are frequently used in steel construction companies. In general, risk assessment is the identification of hazards and errors that exist or are likely to occur in the workplace. Determining the detectability of the factors causing the risks and errors to become risks for the enterprise, analyzing and grading the risks and deciding the measures to be taken are vital for the companies.

Thanks to the quality risk assessment, processes are improved and the quality level is increased, and the current situation is facilitated by the methods applied. The existence of many risk assessment methods should be selected and evaluated to help determine the most appropriate quality level for the variable in the monitored process.

In the application part of this study, methods such as HTEA, Pareto Diagram, Histogram, Cause-Effect Analysis and Control Graphs are taken into consideration in order to achieve the targeted quality level and solutions are proposed for eliminating the risky situations identified.

Keywords: Quality Risk Assessment, Quality, FMEA, Statistical Quality Control, Shewhart Control Graphics.

ARŞİV KAYIT BİLGİLERİ

Tezin Adı	Kalite Risk Değerlendirmesi ve Çelik Konstrüksiyon Sektörü Üzerine Bir Uygulama
Tezin Yazarı	Nihan KAYHAN
Tezin Danışmanı	Prof. Dr. Canan HAMURKAROĞLU
Tezin Derecesi	Yüksek Lisans
Tezin Tarihi	14.08.2020
Tezin Alanı	Aktüerya ve Risk Yönetimi / İstatistik
Tezin Yeri	KBÜ/LEE
Tezin Sayfa Sayısı	162
Anahtar Kelimeler	Kalite Risk Değerlendirme, Kalite, HTEA, İstatistiksel Kalite Kontrol Metotları, Shewhart Kontrol Grafikleri

ARCHIVE RECORD INFORMATION

Name of the Thesis	Quality Risk Assessment and An Application on Steel Construction Sector
Author of the Thesis	Nihan KAYHAN
Advisor of the Thesis	Prof. Dr. Canan HAMURKAROĞLU
Status of the Thesis	Master Thesis
Date of the Thesis	14.08.2020
Field of the Thesis	Actuarial and Risk Management / Statistics
Place of the Thesis	KBU/LEE
Total Page Number	162
Keywords	Quality Risk Assessment, Quality, FMEA, Statistical Quality Control Methods, Shewhart Control Graphics

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AKL	: Alt Kontrol Limiti
ASQC	: American Society for Quality Control (Amerikan Kalite Kontrol Derneği)
ÇSGB	: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
DIN	: Deutsches Institut für Normung (Alman Standartlar Enstitüsü)
EOQC	: Europa Organization of Quality Control (Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu)
ETA	: Event Tree Analysis (Olay Ağacı Analizi)
FTA	: Fault Tree Analysis (Hata Ağacı Analizi)
HAZOP	: Hazard and Operability Analysis (Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi)
HTEA	: Hata Türü Etkileri ve Analizi (Failure Mode Effects Analysis)
ICH	: International Conference on Harmonisation of Technical (Uluslararası Uyumlaştırma Konferansı)
ICI	: Institute of Chemical Industry (Kimyasal Endüstri Enstitüsü)
JIS	: Japanese Industrial Standards (Japon Endüstriyel Standartları)
MÇ	: Merkez Çizgisi
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
PDPC	: Process Decision Program Chart (Süreç Karar Program Tablosu)
PHA	: Preliminary Hazard Analysis (Ön Tehlike Analizi)
PRA	: Primary Risk Analysis (Birincil Risk Analizi)
RDS	: Risk Değerleme Sonucu
RÖS	: Risk Öncelik Sayısı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü

TDK : Türk Dil Kurumu

ÜKL : Üst Kontrol Limiti

ARAŞTIRMANIN KONUSU

Araştırmanın konusu, Türkiye’ de elik konstrüksiyon sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin kalite risk değerlendirme yöntemlerinin uygulanması ile mevcut durumunun ortaya konmasıdır.

ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ

Bu araştırmanın amacı, Türkiye’de elik konstrüksiyon sektöründen seçilmiş bir işletmede süreç kalitesinin geliştirilmesi, iyileştirilmesi, sürdürülebilmesi için kalite risk değerlendirmesini yapmak, kalite risk değerlendirmesinin önemini ortaya koymak ve değerlendirmeye alınan verilerin sonuçlarına uygun olarak risk değerlendirme yöntemleri uygulanarak iyileştirme fırsatlarının belirlenmesi işletmenin sektörde daha iyi bir yere gelmesini sağlamaktır. Tez çalıŐmasının uygulama bölümünde gerçek veri seti üzerinde çalışılarak, kalite risk değerlendirmesinin uygulama adımları ve yöntemleri ayrıntılı bir biçimde açıklanmaktadır. Bu alıŐma, sektörde faaliyet gösteren tüm işletmelerde kalitenin sağlanması ve sürdürülmesi konusunda ıŐık tutacaktır.

ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Bu araŐtırmada kalite risk değerlendirme genel biçimiyle ele alınarak anlatılacak ve risk değerlendirmede kullanılan yöntemlere değinilecektir. Bu yöntemlerden bazıları elik konstrüksiyon sektöründen seçilmiş olan iŐletmeden elde edilen gerçek veriler üzerinde uygulamaya alınarak, sonuçları analiz edilecektir. Bu amaçla kalite risk değerlendirmede kullanılan HTEA, Pareto Diyagramı, Neden-Sonuç Analizi ve Kontrol Grafikleri gibi yöntemlerin uygulaması gösterilecektir.

ARAŞTIRMA HİPOTEZLERİ / PROBLEM

Çelik konstrüksiyon alanında üretim yapan bir işletme tarafından “İPE 270” profili kullanılarak imalatı yapılan korkulukların bağlantı noktaları arasındaki mesafe 25 mm olarak belirlenmiştir. Bağlantı noktaları arasındaki mesafenin ± 2 mm tolerans ile doğru konumda olup olmadığının gerekli kontrolleri yapılarak üretimin tamamlanmasıdır.

EVREN VE ÖRNEKLEM

Çelik konstrüksiyon alanında üretim yapan bir işletmede “İPE 270” profili kullanılarak üretilen korkuluklar üzerinde yer alan bağlantı noktalarının belirlenen tolerans aralıkları içerisinde yer alıp almadığının saptanması için “01 Kasım 2017-31 Ekim 2019” tarihleri arasında yirmi dört (24) ay boyunca ölçüm değerleri alınmış ve meydana gelen hataların sebepleri belirlenmeye çalışılmıştır.

KAPSAM VE SINIRLILIKLAR/KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER

Çalışmada çelik konstrüksiyon alanında sürekli üretim yapan işletmede emek yoğun ve ağır iş yükünün olduğu gözlemlenmiştir. İmalat aşaması süreklilik arz ettiğinden üretim esnasında üretilen mamullerin %100 kontrolünün yapılması zor olmaktadır. Karşılaşılan başlıca güçlükler şu şekilde sıralanabilir:

- İmalat akışının olduğu tezgâhta parça başı kontrolün zor olması,
- İş yoğunluğundan dolayı personel ayırmanın zor olması,
- Aynı personellerin birden fazla iş yapmak zorunda kalması,
- Piyasalardaki dalgalanmalardan dolayı profil fiyatlarındaki artışların hammadde teminini zorlaştırması.

Tüm bu sebeplerden dolayı yapılan imalatların hepsinde %100 kontrol yapılamamaktadır. Bu tezdeki ölçümler için özel personel görevlendirilmiştir.

GİRİŞ

Günümüzde ekonomik, teknik ve sosyal konulardaki değişiklikler ile yaşam standartlarının yükselmesi ve eğitim düzeyinin artması, tüketicileri bilinçlendirmiştir. Tüketiciler her türlü üründen beklentilerini geniş ölçüde değiştirmiştir. Ayrıca, küreselleşme ile sınırların kalkması ve teknolojideki gelişmeler sayesinde tüketiciler, ihtiyaçlarını dünyanın her yerindeki üreticilerden karşılayabilir hale gelmiştir. Bu nedenle, yıkıcı rekabet koşullarında üreticiler ayakta kalabilmek için ürünlerinin kullanım amacına ve belirtme sınırlarına (spesifikasyonlara) uygunluğunu sağlamasının yanında, üretim süreçlerini de en iyi şekilde ortaya koyacakları yeni yöntemlere başvurmakta ve mükemmeli aramaya yönelmektedirler. Bu yönelim sonucunda ulaşılan ortak nokta ise kalite olmuştur. Üreticiler, ürünlerin veya hizmetlerin tüketicilerin isteklerini karşılayabilmesi için kaliteyi olumsuz etkileyecek nedenleri saptayıp ortadan kaldırarak sürdürülebilir kaliteyi elde etmeyi amaçlamaktadır.

Bu bağlamda günümüz mimari yapısı üzerinde düşünüldüğünde özellikle ülkemizdeki ve dünyadaki birçok büyük yatırım projelerinin temel yapıtaşlarından birinin çelik konstrüksiyon sektörü olduğu görülmektedir. Yapılan bu çalışma bir çelik konstrüksiyon imalatı yapan işyerinde kalite risklerinin değerlendirilerek tespit edilmesini ve bu kalite risklerine karşı ne gibi önlemler alınabileceğinin belirlenmesini amaçlamıştır. Üretim süreci çok sayıda faktörün etkisiyle değişim gösterme eğiliminde olduğundan, kalite risk değerlendirme çalışmalarının en iyi şekilde yürütülmesi için süreç geliştirme faaliyetleri sağlanmaktadır. Bu faaliyetler esnasında dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli konu ürünlerin veya hizmetlerin hem iç hem dış tüketiciye ulaşmadan önce, detaylı ve güvenilir bir şekilde tasarlanması ve olası arıza veya problemlerin henüz gerçekleşmeden ön görülüp düzeltici tedbirler alınabilmesidir. Tüm bunların sonucunda tüketicilerin beklentileri karşılanabilmektedir.

Çalışma, üç bölümden oluşmaktadır. Tezin birinci bölümünde genel olarak kalite ile ilgili kavramlara ilişkin genel açıklamalar yapılarak, kalite kavramı geniş bir şekilde ele alınmıştır.

İkinci bölümünde Kalite Risk Değerlendirmesinin sektör açısından önemi hakkında bilgi verilmektedir. Kalite risk yönetimi adımları açıklanarak Risk

Değerlendirme kavramının işleyişi ve çalışma sistemi anlatılmaktadır. Risk Değerlendirme yöntemlerinden bazıları hakkında genel açıklamalar yapılarak tanıtılmaktadır. Bu risk değerlendirme yöntemlerinin hangi tip veri türü ile nasıl uygulanacağı ele alınarak açıklanmıştır.

Tezin üçüncü bölümünde ise çelik konstrüksiyon sektöründe yer alan bir işletmede, yirmi dört (24) ay boyunca belirlenen saat aralıklarında kayıt altına alınmış olan ölçüm değerlerinden elde edilen gerçek veri seti üzerine uygulama çalışması yapılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. KALİTE İLE İLGİLİ KAVRAMLARA İLİŞKİN GENEL AÇIKLAMALAR

1.1. Kalite Kavramı Tanımı

Günlük yaşamda oldukça sık karşılaşılan kalite sözcüğünün kökeni incelendiğinde, Latince “nasıl” anlamına gelen “Qualis” sözcüğünden türeyen “Qualitas” sözcüğüyle ifade edildiği görülmektedir. “Nasıllık, nitelik” anlamındaki bu sözcük Fransızcaya “nitelik, özellikle iyi nitelik” olarak çevrilen “Qualité” sözcüğüyle yerleşmiştir (Özbay & Sarıışık, 2015, s. 709-716). Fransızcadan Türkçeye çevrilirken ise sözcük aynı okunuşu gibi kabul edilerek “kalite” olarak geçmiştir. Dilimizdeki kullanımına bakıldığında ise “nitelik, vasıf, bir şeyin iyi veya kötü olma özelliği” olarak tanımlanmaktadır (TDK, 2018).

Yoğun rekabetin yaşandığı günümüz dünyasında kalite, işletmenin varlığını devam ettirmesi, rekabet avantajını elinde bulundurması ve mevcut müşteri sayısını korunması ve arttırılabilmesi için önemli bir unsurdur. Üretilen mal veya hizmetin tüketiciye ulaşması, birçok aynı ya da benzerini yapan işletmenin bulunduğu pazarda kendine yer bulması mal veya hizmetin kalitesine bağlıdır. Günümüzde kalite, işletmeler ve tüketiciler için farklı anlamlar taşımaktadır. İşletmeler açısından önemli olduğu kadar, tüketiciler açısından tercihleri belirleyen, beklenti ve ihtiyaçları karşılayan en önemli faktörlerden biri haline gelmiştir (Ünlü & Fındık, 2001, s. 89-98).

Kalite, geçmişten günümüze kadar birçok kişi tarafından üzerinde düşünülmüş bir kavram olmakla birlikte farklı bakış açıları ile defalarca ele alınmıştır. Geniş içerikli bir kavram olması ve öznel ölçütlere dayalı olması nedeniyle, tanımını yapacak olan kişiye göre değişmektedir. Bu değişimin nedeni tüketicilerin sosyal ve ekonomik çevresinin, eğitim düzeyinin, gelir düzeyinin, kültürel yapısının, teknolojik gelişmelerin ve en önemlisi ihtiyaç ve beklentilerinin farklı oluşu ve bu yüzden kalitenin farklı algılanmasından kaynaklanmaktadır (Tekin M. , 2006).

Literatürde kalite kavramının yaygın olarak kullanılan pek çok tanımı vardır. Herkesin tam olarak katılacağı bir kalite tanımında hemfikir olmanın mümkün olmamasının nedeni, kalitenin çok boyutlu olmasından kaynaklanmaktadır. Bazı kalite öncülerinin ve kalite üzerine çalışmış olan kuruluşların yapmış oldukları kalite tanımları aşağıda verilmiştir:

- Juran' a göre kalite, ürünü kullanacak olan tüketicinin arzu ettiği sağlamlık, hatasızlık, güvenilirlik, dış görünüş gibi özelliklere sahip olmasının önemini vurgulayarak kullanım için uygunluktur (Chandrupatla, 2009, s. 1-2).
- Taguchi' ye göre kalite, ürünün tüketiciye ulaştıktan sonra, tüketicide ortaya çıkan olumsuz düşüncelerin neden olduğu zarar ve itibar kayıplarını içermektedir (Demir & Doğan, 1999, s. 81-96)
- Feigenbaum' a göre kalite, toplumdaki farklı tüketici gruplarının gereksinimlerini minimal fiyatlar ile karşılamayı amaçlayan tasarım sistemidir (Efil, 1999, s. 75).
- Deming' e göre kalite, bir ürünü tüketicilerin ihtiyaçlarına bağlı olarak geleceğe yönelik tasarlayıp, tüketicinin ödeyeceği bir fiyata memnun edici bir şekilde ortaya koymaktır (Suarez, 1992, s. 2-3).
- Crosby' e göre kalite, bir ürünün teknik özelliklere ve gereksinimlere sahip olduğunu varsayarak, bu gereklilik ya da gereksinimlere uygunluk derecesini belirtmektir (Chandrupatla, 2009, s. 1-2).
- Amerikan Kalite Kontrol Derneği' ne (ASQC) göre kalite, belirli ihtiyaçları karşılama yeteneğine dayanan bir ürün ya da hizmetin özelliklerinin toplamıdır (Argon, 2016, s. 17-37).
- Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu' na (EOQC) göre kalite, bir ürün ya da hizmetin tüketici beklentilerine göre tatmin etme, uyum sağlama derecesidir (Argon, 2016, s. 17-37).

- Türk Standartları Enstitüsü' ne (TSE) göre kalite, bir ürün ya da hizmetin tüketici tarafından belirlenmiş ya da doğabilecek gereksinimlerini karşılayabilme potansiyeline ait özelliklerin toplamıdır (Argon, 2016, s. 17-37).
- Alman Standartlar Enstitüsü' ne (DIN) göre kalite, bir ürünün önceden tanımlanmış ya da öngörölmüş ön koşulları yerine getirme yeteneklerine göre özelliklerin bütünüdür (Ertuğrul, 2006, s. 6).
- Japon Endüstriyel Standartları' na (JIS) göre kalite, müşterilerin gereksinimlerini ve arzu ettiklerini karşılayabilen ürün ya da hizmetleri ekonomik olarak üreten sistemler bütünüdür (Taner & Kaya, 2005, s. 353-362).

1.2. Kalitenin Önemi, Amacı ve Faydaları

Gelişen rekabet ortamı ve değişen şartlar altında işletmelerin başarıyı elde etmeleri giderek zorlaşmaktadır. İşletmelerin pazarda edindikleri mevcut yeri koruyabilmeleri ve varlıklarının devamlılığını sürdürüp, büyüyüp gelişmeleri için kalite odaklı olmak en temel koşullardan biridir. (Tekin M. , 2006; Ersoy & Ersoy, 2011).

İşletmelerin kalite odaklı ürün veya hizmet sunabilmesi ise tüketicilerin istek ve ihtiyaçlarının doğru bir şekilde analiz edilerek tanımlanması ile doğrudan ilgilidir. Aynı ürün iki tüketici için farklı kalite değerlerine hitap edebildiği düşünöldüğünde kişiden kişiye farklılık göstermesi ile doğrudan ilgilidir (Ersoy & Ersoy, 2011; Şenel, 1995).

Öte yandan kötü kalitedeki ürünler tüketicinin güvenini, işletmenin imajını ve satışını olumsuz etkileme gibi nedenlerle, işletmenin hayatta kalması için bir tehdittir. Dolayısıyla, kalite kavramı işletmeler için vazgeçilmezdir (Akrani, 2013).

Kalitenin amaç, önem ve faydaları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Tekin M. , 2006; Şenel, 1995):

- Kaliteli ürün ve hizmetler tüketicilerin işletmeye olan güvenini artırarak, marka bağlılığı yaratır. Böylece işletmenin satış ve hizmet artışına katkıda bulunur.

- Kaliteli ürün ve hizmet sunmayı amaç edinen bir işletme teknolojik gelişmeleri takip ederek, elindeki kaynakların kullanımını belirleyerek, daha düşük maliyet ile üretimini gerçekleştirir.
- Ürünlerin ilk seferde firesiz, doğru olarak yapılmasını sağlayarak yeniden düzeltme işleminin dezavantajlarını ortadan kaldırarak, ürün ve hizmetleri pazardaki rakiplerden önce piyasaya sunmasını hızlandıracaktır.
- Tüketicinin istek ve ihtiyaçlarının işletme tarafından doğru anlaşılması, uygun ürün ve hizmeti sunmasına imkân sağlayacağı için tüketici tatmininin tam olmasını sağlamaktadır.
- Satın alınan ürün ve hizmetin tüketicinin kullanıma uygun olması, bakım-tamir masraflarından tasarruf sağlaması müşteri kaybının olmamasını ve karlılığın artmasını sağlamaktadır.

1.3. Kalitenin Boyutları

Kesim 1.1’de verildiği gibi kalite pek çok çeşitli şekilde tanımlanabilir, incelenebilir ve değerlendirilebilir. Garvin (1987), kalitenin özelliklerini değerlendirirken tüketicinin algıladığı kalitenin sekiz boyuttan oluştuğunu ifade etmiştir. Bu kalite boyutlarıyla ilgili kilit noktalar aşağıdaki gibi özetlenebilir (Montgomery, 2009, s. 4-5; Juran & Feo, 2010):

Performans (İşlevsellik): “Ürün temel özelliklerini yerine getiriyor mu ?” sorusunun cevabını veren kalite boyutudur. Sunulan ürün veya hizmeti direkt etkileyen, birincil olarak adlandırılan özelliğidir. Üründe bulunması beklenen esas özellikleri yerine getirme niteliğini ifade etmektedir. Ürün veya hizmetin performans boyutu ölçülebilir özellikleri kapsar ve her ürün ve hizmet için farklı değerlendirmeye sahiptir.

Özellikler: “Ürünü çekici hale getirmeye yardımcı olacak tamamlayıcı özellikleri var mı?” sorusunun cevabını veren kalite boyutudur. Ürün veya hizmete ait birincil özelliklerin etkinliğinin sürdürülebilmesini destekleyen yani temel fonksiyonlarına ilave olan ikincil özellikleri kapsamaktadır.

Güvenilirlik: “Ürüne biçilen kullanım süresi içinde beklenen performansı hep gösterebilecek mi?” sorusuna cevap veren kalite boyutudur. Kullanım ömrü olarak tanımlanan zaman aralığında ürünün performans kaybı ya da hata verme olasılığını yansıtır. Ürünün kullanım ömrü içindeki performans sürekliliğini ifade etmektedir.

Uygunluk: “Ürün belirlenmiş standartlar çerçevesinde üretilmiş mi ?” sorusuna cevap veren kalite boyutudur. Bu boyut ürünün üretim aşamasında, önceden belirlenen standart, şartname gibi belgelerde yer alan özelliklere uyma derecesini göstermektedir. Ürünün uygunluğu kalitenin teknik özellikleri hakkında bilgi verdiği için, tüketicinin ürünü tercih etmesinde olumlu etkide bulunur.

Dayanıklılık (Sağlamlık): “Ürün hangi şartlar altında bozulabilir ya da değiştirilmesi gerekir?” sorusuna cevap verir. Dayanıklılık boyutu ürünün alındığından bozuluncaya kadar geçen sürenin uzunluğunu ifade etmektedir. Genel olarak; tüketiciler açısından, ürünün şekil bozukluğuna yani deformasyona uğrayana kadar olan kullanım süresidir.

Servis Kolaylığı (Hizmet Görme Yeteneği): “Ürünün bakım ve onarımda kaldığı süre ve tamir edilebilme kolaylığı yeterli mi?” sorusuna cevap verir. Tüketiciler ürünleri arızalandığında yenisini almak yerine önce onarımı için ürünün servisine başvururlar. Ürünlerinin servise kabulü, serviste kaldığı süre, servis personellerinin ilgi ve alakası, servisin sorunlara doğru çözüm bulabilme yetisine tüketiciler önem vermektedirler. Servis kolaylığı, müşteri memnuniyetini etkileyen tüm bu süreçleri kapsamaktadır.

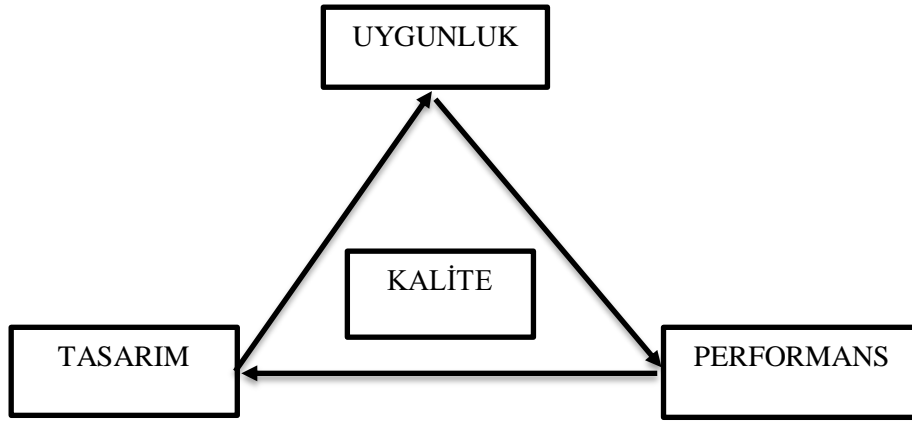
Estetik: “Ürün tüketicilerin beş duyu organına nasıl hitap ediyor?” sorusuna cevap verir. Ürünün estetik boyutu, renk, biçim, ambalaj, tat, koku gibi özelliklerini kapsamaktadır. Bu yüzden tüketicilerin beğenilerine yöneliktir ve kişisel tercihlerini yansıtmaktadır.

Algılanan Kalite: “İşletmenin ya da ürünün itibarı nedir?” sorusuna cevap verir. Tüketiciler her zaman ürün ile ilgili detaylı bilgiye sahip olamayabilirler. Bu gibi kaliteye ilişkin eksik bilgiler olduğunda tüketiciler ürünlerin kalitesiyle ilgili olarak karar verebilmek için işletmenin, markanın ya da ürünün geçmiş performansına yani imajına güvenmektedirler. Algılanan kalite boyutu, müşteri sadakati ile yakından bağlantılıdır.

1.4. Kalite Bileşenleri

Ürünlerin herhangi bir kalite özelliğini taşımasında pek çok etkenin göz önüne alınarak incelenmesi gerekmektedir. Böylece ürünlerin belirlenen standartlara uygun olarak yapılabilmeleri ve istenilen özelliklere sahip olup olmadığını anlamaya yardımcı olur (Omles, 2014). Kalite Şekil 1’de gösterilen tasarım, uygunluk ve performans kalitesi ile belirlenir. Kalite düzeyinin artırılması için bu üç bileşenin göz önünde bulundurularak incelenmesi gerekmektedir.

Şekil 1 Kalite Bileşenleri



Kaynak: Pekmezci, 2005, s.7

1.4.1. Tasarım Kalitesi

Tasarım kalitesi, kısaca hedeflendirilmiş kalite demektir. Bunun nedeni, üretici işletmelerin, bir ürünü ya da hizmeti belirli bir kalite düzeyiyle yani hedeflenmiş olan kalite ile tasarlama isteğidir. Tüketicilerin istek ve beklentilerinin neler olduğunun belirlendiği en önemli süreci kapsamaktadır. Müşteri ihtiyaçlarına göre değişiklik yapılabileceği gibi tümüyle üretici tarafından geliştirilerek tüketiciye arz da edilebilir. Bu yüzden tasarım kalitesi, tasarımcının kişisel bilgi, beceri ve deneyimleri ile doğrudan ilişkilidir (Sevim, 1999, s. 5).

1.4.2. Uygunluk Kalitesi

Uygunluk kalitesi, tasarım kalitesine göre bilimsel olarak ölçülebilen bir kalite özelliğidir. Ürünün tasarım kalitesi aracılığıyla belirlenmiş ve açık bir şekilde ortaya konmuş teknik özellik ve şartlara üretim aşamasında ne ölçüde uyulup uyulmadığını gösterir. (Efil, 1995, s. 212).

1.4.3. Performans Kalitesi

Ürün ve hizmetlerin diğer kalite bileşeni ise performans kalitesidir. Performans kalitesi, tasarım kalitesi aşamasında olduğu gibi pazara ve müşteriye yönelik bir takım araştırma ve analizleri kapsamaktadır. Müşteri tarafından ürünün kullanılıp, deneyimlenmesi ile ortaya çıkan kalite düzeyini ifade etmektedir. Müşterinin ürünü veya hizmeti satın alırken beklediği kalite ile kullandığı süre içerisinde algıladığı kalite arasında fark yoksa performans kalitesi “en yüksek” düzeydedir. Eğer beklenen kalite, algılanan kaliteden yüksek ise ürün ya da hizmetin performans kalitesi “düşük” tür. Üretici işletme, ürün kalitesini etkileyen tüm faktörleri inceleyerek, ürünün müşteri tarafından olumsuz kabul edilen özelliklerini düzeltmeye çalışmaktadır (Sevim, 1999, s. 5-7).

İKİNCİ BÖLÜM

2. KALİTE RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE YÖNTEMLERİ

Kalite yönetimi, bir işletmenin hedeflediği kalite seviyesine ulaşabilmesi ve maliyetleri düşürebilmesi için uygun kaynakların belirlenmesi, amaca uygun planların yapılması gibi kaliteyi arttırmak amacıyla gerçekleştirilen sistemli tüm faaliyetleri kapsamakta olup işletmelerin pazarda rekabet avantajını elde etmesini sağlayan en önemli faktördür. (Sarıkaya, 2003, s. 10).

Aynı zamanda kalitede sürekliliği sağlamak önemli bir etkidir. Bu yüzden ürünün kalitesini etkileyen tüm faktörlerin yönetilmesi gerekmektedir. İşletme yöneticilerinin sürecin gereklerini yerine getirmeleri için kalite politikasını belirleyerek, uygulamaya geçmesi gerekmektedir. Başarılı olabilmek için bu faktörlerin tüm yönleriyle ele alınıp ve yönetilmesine kalite yönetimi adı verilmektedir (Çam, 2015).

İşletmelerin verimli ve etkin bir şekilde üretim yapması, istenilen kaliteyi sağlamayan ürünlerin tek tek ayıklanması yerine kontrol çalışmalarını en aza indirerek kalitenin sağlıklı işleyişinin var olacağına anlaşılmasıyla kalite yönetimi zorunlu hale gelmiştir. Hedeflenen ürün kalitesi, ilk aşamadan son aşamaya kadar olan tüm süreci kapsadığından işletmedeki tüm çalışanların kalite yönetimine katılmaları ve destek vermeleri gerekmektedir.

2.1. Risk Değerlendirmenin Genel Tanımı

Küreselleşme sürecinde görülen hızlı ilerleme, birçok alanda yeni riskleri ortaya çıkarmaktadır. Geçmişten günümüze risk algısı, yapılan çalışmalar neticesinde zamanla değişim göstermiştir. Risk kavramı olumsuz olayların şiddeti ve olasılığı olarak değerlendirirken, risk kavramı bir ölçü, ölçekleme olarak ifade edilmiştir (Lowrance, 1976).

Risk kavramı hayatın her alanında karşımıza çıkan bir olgu olup gerçekleşmesi mümkün görülen zamanda, istenilen veya istenilmeyen bir olayın varsayımdır. Ayrıca

risk kavramı getiri kavramıyla özdeşleşmiştir. Bu iki kavram karşılıklı ilişki içinde olup genellikle riskin artması getirinin artmasına ve riskin azalması getirinin azalmasına sebep olmaktadır. Kalite iyileştirme ve geliştirme sürecinde Risk Değerlendirme yöntem metotları geniş bir kullanım alanına sahiptir (Aksoy, 2017).

İşletmelerde beklenen ama ne zaman gerçekleşeceği ne şekilde meydana geleceği ve ne kadar zarar vereceği belli olmayan olaylardan dolayı risk değerlendirmesinin yapılması zorunlu tutulmuştur. Bu nedenle, risk değerlendirme analizlerine gösterilen değer gün geçtikçe artmakta olup istenen spesifik özellikler ile teknolojinin zorunlu kıldığı süreçlerin gelişip, değişmesi, üreticilere daha dikkatli ve özverili çalışılması için gerekli zeminin hazırlanmasını gerektirmektedir (Üçüncü, 2018).

Risk yönetiminin en doğru yolu, üreticilerin hedeflerinin gerçekleşmesini engelleyen, vereceği zararın en yüksek olma olasılığı bulunan riskleri tespit ve analiz edip azaltacak bir risk yönetim sürecinin oluşturulmasıdır. Kalitenin sağlanması ve geliştirilmesi için problemin derininde yer alan sebeplerin ve potansiyel çözümlerin bulunmasında en iyi seçeneğin tercih edilmesine katkıda bulunur (Sabuncu, 2005, s. 6). Ürün ve hizmetlerde ortaya çıkan kalitenin sürekliliğini sağlayarak, işletmenin hedefe ulaşma olasılığını artırırken, tüketicinin de güvenini desteklemektedir.

İşletmelerde yapılan risk değerlendirme ve iyileştirme çalışmaları birimlerde olası risklerin belirlenip bu birimlerde yapılacak olan iyileştirmelere kaynaklık edecektir. Risk değerlendirmesi faaliyetleri sonucunda öncelikli risklere karşı alınacak önlemlere ağırlık verilmesi sağlanır (Kapucu, 2017, s. 5).

Risk değerlendirmesi, içerisinde ne kadar risk barındırdığını bulmaya yönelik ölçüm ve nitelendirmeler içerir. Risk yönetimi, riske yönelik ölçüm ve nitelendirmelere dayanarak oluşturulan yasal, siyasal, sosyal, fiziksel ve ekonomik önlemlerle hazırlanan sistematik bir yaklaşım olmakla beraber risk yöneticisi, kabul edilebilir risklerin ne olduğunu ve bu riskler karşısında alınabilecek önlemleri saptar. Riskleri tamamen ortadan kaldıracak olan veya tamamını kontrol altına alabilen olanaksız olmasına karşın riskleri ölçmek ve çeşitli varsayımlar için oluşabilecek etkileri öngörebilmek oldukça önemlidir. Bununla beraber risk değerlendirme sürecinde risk yöneticileri ve diğer ilgili tarafların, risk, riskle ilgili faktörler ve riskin algılanmasına ilişkin bilgi ve

görüşler ile riskin ya da risk yönetiminin kararlarının toplumdaki farklı gruplara iletilmesi beklenir ve bu durum risk iletişimi olarak tanımlanmaktadır (Vural, 2011, s. 59-74).

Günümüzde etkinliği kanıtlanmış çok sayıda risk değerlendirme yöntemi mevcut olup bu yöntemlerden bazıları basit faaliyetler için uygun olmakla beraber bazıları ise karmaşık kimyasal iş süreçleri için geliştirilmiştir (Turan & Müezzinoğlu, 2006, s. 32). Dolayısıyla yapılan işe, değerlendirilmekte olan alanın özelliğine sürecin yapısına, elde edilen veri türünün biçimine göre en uygun risk değerlendirme yöntemi seçilmelidir.

2.2. Kalite Risk Yönetimi

Günümüzde kuruluşlar faaliyet alanları ve büyüklükleri ne olursa olsun, belirlenmiş olan hedeflere ulaşma gayreti içerisinde. Bu hedefleri ne zaman gerçekleştireceklerini belirsiz kılan birçok iç ve dış etkenler ile karşı karşıya kalmaktadır. Kuruluşlar için bu belirsizliği ortaya çıkaran unsur “risktir”. Kuruluşların gerçekleştirmiş olduğu tüm faaliyetlerin içinde risk vardır. Bu yüzden kuruluşlar nihai üründe istenen kaliteyi elde etmek için kalite risk yönetimi planını oluşturarak sürece dahil etmeleri gerekmektedir (Pérez, 2012).

Kalite risk yönetimi, riske ilişkin bilime dayalı karar vermeyi koordine etmek, kolaylaştırmak ve iyileştirmek için tasarlanmış sistematik süreçleri kapsar (Purohit & Shah, 2013):

- Risk potansiyeli olarak belirlenen varsayımlar dahil olmakla birlikte, problemler tanımlanmalıdır.
- Risk değerlendirmesiyle ilgili potansiyel tehlike, zarar ya da etkilerle ilgili bilgiler ve veriler toplanmalıdır.
- Kritik kaynaklar tanımlanmalıdır.
- Risk yönetimi süreci için bir zaman çizelgesi düzenlenmelidir.

Genel bir tanım olarak kalite risk yönetimi, sürecin faydasını optimize etmek ve riski dengelemek için kullanım ömrü boyunca ürün kalitesinde meydana gelebilecek

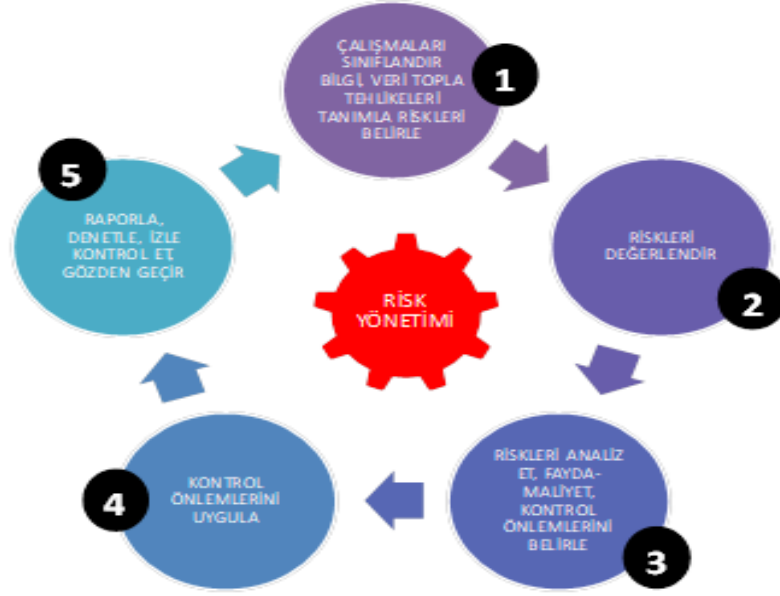
olan tüm riskleri en aza indiren genel ve sürekli gözden geçirilerek devamlılığı sağlanan bir süreçtir. Bilime dayalı olarak risk ile ilgili karar verme sürecini koordine etmek, kolaylaştırmak ve iyileştirmek için tasarlanmış olan sistem, tüm ülkelerde uygulanabilen evrensel bir yönetim sistemini oluşturmaktadır (Reddy, Gupta, Raghunandan, & Kashyap, 2014).

Başka bir tanıma göre kalite risk yönetimi, bir kuruluşun kaliteyi etkileyebilecek üretim, denetim, tedarikçi ve tedarik zincirinde oluşabilecek riskleri belirlemek, ölçmek, etkilerini azaltmak ve ortak bir yaklaşım oluşturmak için liderlik, iş süreci bilgisi, kültür ve teknoloji yeteneklerinin bir araya gelerek oluşturduğu bir süreç kümesini ifade etmektedir (Littlefield, 2018). İyi bir risk yönetimi kararı, ürün geliştirme aşamasında elde edilen bilgilere göre tam ölçekli üretime dayanmaktadır (Purohit & Shah, 2013).

Kalite Risk Yönetimi için yaygın olarak kullanılan iki yaklaşım vardır. Bunlar; proaktif ve reaktif yaklaşımdır. Proaktif yaklaşımda, bilimsel olarak değerlendirmek ve kontrol etmek için zarar meydana gelmeden önce, zarar olasılığını azaltmak için tehdidin etkileyeceği alanlar tanımlanırken; reaktif yaklaşım da ürünler, süreçler ve bileşenler ile ilgili bilgilerin toplanması, analiz edilmesi ve saklanması için kayıp meydana geldikten sonra kaybedilme nedenini ve kontrolünü belirlemek için tehdidin etkilediği alanların incelenmesi esastır (Prasad, 2014; Purohit & Shah, 2013).

Risk yönetimine bütünsel bir bakış açısı getiren kurumlar, stratejik süreçler ile kurumun misyon ve vizyonuna, organize edilmiş faaliyetlerine ve mevcut çalışan personeline zarar verebilecek olumsuzların belirlenmesini, değerlendirilmesini, yönetilmesini ve kontrol edilmesini kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Şekil 2'de gösterilen risk yönetimi süreci ile risklerin üstesinden gelmek için koordineli ve bütünlük bir yaklaşımın olması gerektiğinin farkına varılması, işletme genelinde risk yönetiminin yaygınlığının artmasına olanak sağlamıştır (Güler & Arkin, 2018).

Şekil 2 Risk Yönetimi Süreci



Kaynak:http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/16_00_00_5d20f.pdf (E.T:08.07.2019)

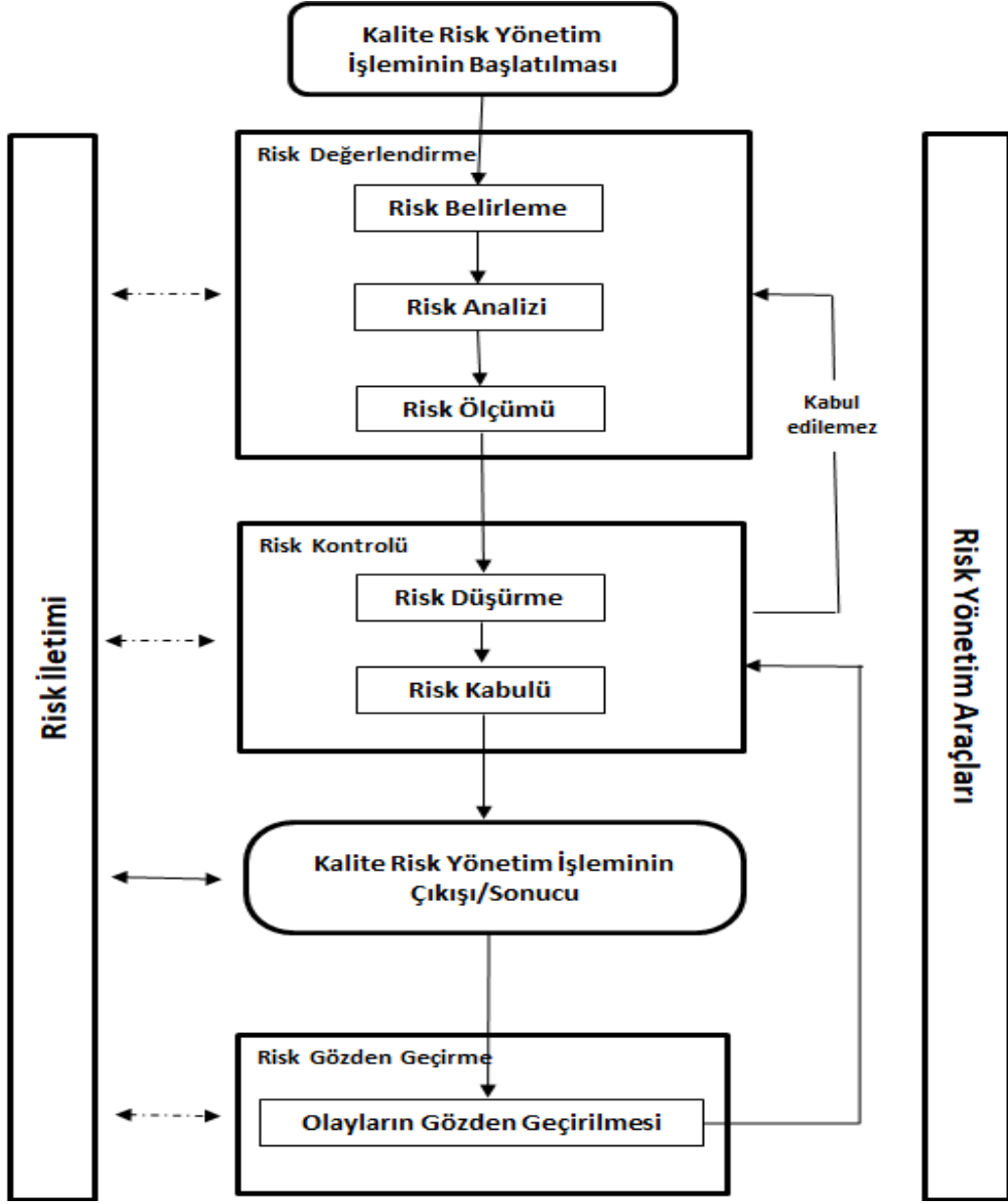
Risklerin ne olduğunun belirlenmesi, nasıl değerlendirilmesi gerektiği, kontrolünün sağlanması ve hangi konularda risk yönetiminin uygulanabileceğini gösteren sistemli ve disiplinli bir süreç olarak tanımlanan kalite risk yönetimi şunları içermelidir (Purohit & Shah, 2013);

- Değer yaratmalı,
- Organizasyon sürecinin bir parçası olmalı,
- Karar vermeyi kolaylaştırmalı,
- Sistematik ve yapılandırılmış olmalı,
- Mevcut en iyi ve en yeni bilgilere dayanmalı,
- Uyarlanabilmeli,
- İnsan faktörünü dikkate almalı,
- Şeffaf ve kapsayıcı olmalı,
- Dinamik, yinelenmeli ve değişimlere duyarlı olmalı,
- Sürekli iyileştirme ve geliştirme yeteneğine sahip olmalıdır.

2.3. Kalite Risk Yönetimi Adımları

Kalite risk yönetimi, özellikle ilaç endüstrisinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Bunun nedeni ise, ilaç endüstrisindeki kalitenin hasta sağlığı ile doğrudan ilgili olan ilaçlar üretme görevini üstlenmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Uluslararası Uyumlaştırma Konferansı (International Conference on Harmonisation, ICH), kalite risk yönetiminin ilaç endüstrisi ve düzenleyiciler için üzerinde anlaşmaya varılan bir süreç ile ortak bir dil sağlanabildiğini ifade etmektedir. ICH Q9' un İlk defa 2005 yılında resmi olarak yayınladığı kılavuzda ilaç endüstrisinde Kalite Risk Yönetimi konusunda nasıl bir yol izlenmesi gerektiği, değerlendirme ve kontrolün nasıl yapılması gerektiği, riskleri gözden geçirmenin önemi ve tüm bu aşamalarda iletişimin sistemli bir şekilde nasıl uygulanacağını ortaya koyduğu adımlar diğer endüstriler için de temel alınabilir. Bu adımlar Şekil 3'te gösterilmiştir. Buradaki öncelikli amaç hasta sağlığının korunması olduğu için kalite risklerinin yönetimi ile ilacın kalitesini, güvenilirliğini ve etkinliğini koruyabilmeyi sağlamaktır. Bu yüzden ilaç endüstrisindeki tüm aşamalarda kalite risk yönetimi araçları ve ilkeleri titizlikle uygulanmaktadır. (ICH Q9, 2005).

Şekil 3 Kalite Risk Yönetimi Süreci



Kaynak: Aksu, 2015, s. 15

Kalite risk yönetiminin içerdiği prensipler şunlardır (Purohit & Shah, 2013):

- Kalite riskinin değerlendirilmesi bilimsel bilgiye dayanmalı ve süreçle ilgili deneyim aranmalıdır.
- Kalite risk yönetimi sürecindeki analiz, veri ve dokümantasyon seviyesi risk seviyesi ile orantılı olmalıdır.

Yukarıda verilen kalite risk yönetimi tanımlarını dikkate alarak ortak özellikleri olarak iyi bir risk yönetimi kararının, ürün geliştirme aşamasında elde edilen bilgilere ve tam ölçekli üretime dayanmaktadır denilebilir. Aşağıda kalite risk yönetimi süreci adımları açıklanmaktadır.

Risk Tanımlama: Belirlenmiş olan risklerle ilgili sorular sorarak risklerin gerçekleşme olasılıkları ve gerçekleşmesi durumunda oluşacak kaybın ya da zararın tespit edilmesi işlemini kapsamaktadır. Risk tanımlama aşamasında süreç ile ilgili bilgiler, eski veriler, teorik analizler ve süreçte yer alan çalışanların endişe, görüş ve öngörülerini gibi birçok faktörü ele almaktadır. “Ne yanlış gidebilir?” sorusuna cevap ararken ortaya çıkan tüm bu bilgiler çeşitli araçlar üzerinde gösterilerek, analitik hesaplamaların ve simülasyonunun yapılmasını kolaylaştırır (ICH Q9, 2005; Anca, Cezar, & Adrian, 2015). Risk tanımlamanın amacı, olası bir risk meydana gelirse, projenin performans hedeflerine ulaşmasını engelleyecek olumsuz etkileri ya da olabilecek olayları erkenden belirleyebilmesi ve sürekli kontrol altında kalmasını sağlamasıdır (Tworek, 2010; Rostami, 2016).

Risk Analizi: Süreci olumsuz yönde etkileyebilecek tanımlanmış olan olası risklerin tahmin edilmesi, belirlenmesi, ortaya çıkarılması, ölçülmesi ve sıralanması sürecidir. Risklerin ciddiyetini ve olma ihtimalini ortaya koymak esastır. Bu nedenle, risk analizi sürekli olarak yapılmalı ve yeni potansiyel riskleri barındıracak şekilde güncellenmelidir. Stratejik risk analizi gelecekteki risk olasılığını ve hasarını en aza indirmeye yardımcı olur. Risk seviyesi nicel ya da nitel olarak değerlendirilebilir. Risk nicel olarak ifade edildiğinde sayısal bir ifade kullanılabileceği gibi “yüksek”, “orta” ya da “düşük” gibi nitel tanımlayıcılar da kullanılabilir (Aksu, 2015; Çeliktaş & Ünlü, 2018).

Risk Değerlendirme: Kalite risk yönetim süreci, değerlendirilmek istenen ürünün kalite özellikleri ile doğrudan birbirleri ile bağlantılıdır. Bu yüzden sürece dahil olan risk seviyelerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi, tahmin edilebilmesi, kriterler veya standartlarla karşılaştırılması ve kabul edilebilir bir risk seviyesinin belirlenmesi önemlidir. Risk Değerlendirmesi genel olarak, risk ve tehlikelerin doğru tanımlanmasına ve bunlardan kaynaklanan ya da kaynaklanacak olan risklerin kontrol ve kaçınma amaçları için uygun bir şekilde değerlendirilmesini sağlayan yapısal ve sistematik bir prosedür tanımlanır (Hadad, 2014).

Kalite risk değerlendirmesinde riskin doğru, açık ve net bir şekilde tanımlanmış olması gerekmektedir. Çünkü riskler meydana geldiğinde, riskin ne kadar olası ve ciddi olduğu analiz edilebilir ve değerlendirilebilir. Bu tespit yapıldığında, bundan sonra zararı etkin bir şekilde ortadan kaldırmak veya kontrol altına almak için hangi önlemlerin alınması gerektiğine karar verilmesi gerekir. Riskin doğru ve iyi tanımlanması, uygun olan risk yönetim aracının seçilmesini ve risk sebebinin belirlenmesini kolaylaştırır. Riski doğru tanımlamaya yardımcı 3 temel soru vardır. Tüm risk değerlendirmeleri açık bir risk sorusuyla başlar. Risk sorusu, risk değerlendirme ekibinin değerlendirilecek risk alanına odaklanmasını sağlamaktadır. Bu sorular (ICH Q9, 2005):

- Ne yanlış gidebilir?
- Yanlış gitme olasılığı nedir?
- Sonuçları nelerdir?

Risk Azaltma: Kalite risk yönetiminde kabul edilebilir olarak belirtilen tolerans aralıkları vardır. Bu düzeyler arasında kalan risk, kabul edilebilir durumdadır. Ancak risklerin kabul edilebilir olarak belirtilen seviyenin üzerine çıkması durumunda, karar vericiler kalite risklerinin azaltılması ya da önlenmesi için harekete geçmek zorundadırlar. Risk azaltmada esas olan riskin oluşma olasılığını ve oluşması durumunda zararın şiddetini azaltmak için alınacak önlemlere odaklanmaktır (Aksu, 2015). Riski azaltmak için uygulanacak olan faaliyetler ya da önlemler süreçte yeni risklerin ortaya çıkmasına sebep olabileceği gibi var olan risklerin şiddetini daha da yükseltebilir. Bu aşamada karar vericilerin dikkat etmesi gereken önemli bir nokta vardır. Sürece, risk azaltmaya yönelik bir müdahalede bulunulduktan sonra belirlenmiş olan riskte meydana gelmiş olan herhangi bir değişiklik, artış ya da azalışı belirlemek ve değerlendirebilmek adına tekrar gözden geçirmek olası risklerin önceden belirlenmesi konusunda karar vericilere yol gösterici olacaktır (ICH Q9, 2005).

Risk Kabulü: Riske cevap verme tekniğidir. Riskin kabul edilmesi kararını içerir. Risk kabulü, risklerin karar verici kişilere iletilip, kabul edilmesi kısmını kapsamaktadır. Riskin kabul edilmesinden sonra, artık riskler kuruluşun yönetimini bilerek aldığı riskler olarak kabul edilir. Bu kabul edilebilir risk seviyesi birçok analiz ve yönetime bağlı olarak karar verilmektedir. Kabul edilen risklerin derecesi ve kapsadığı

alan Risk Yönetimi sürecinin en kritik aşamalarından birini oluşturur. Çünkü kabul edilen riskler ve riskleri yönetme çabaları birbiri ile ters orantılıdır. Kabul edilen riskler ne kadar çoksa, o riskleri yönetmek için harcanan çabada o kadar az olacaktır (ICH Q9, 2005).

Risk kabulü adımı dikkat edilmesi gereken noktalar vardır. Bunların başında karar vericiler “risk kabulüne” bilinçli bir şekilde karar vermelidirler. Riskten kaçmak yerine sonuçlarını analiz ederek “risk kabulü” yapmalıdırlar. Riskten kaçmayıp, bilinçli bir şekilde risk kabulüne karar verildikten sonra bu riskin meydana getirdiği maliyetin değerlendirilerek kabul edilmiş olması gerekmektedir. Çünkü karar vericilerin risk kabulüne karar vermesinde maliyet hesaplaması hassas bir kriterdir. Riskin önlenmesi maliyetinin, riskin kabul edilme maliyetinden yüksek olduğu durumlarda bu adıma karar verilir (Bond, 2016).

Riski Gözden Geçirme: Kalite risk yönetiminde, ürün kalitesinin devamlılığını sağlamak ve riskleri en aza indirmek için sürekli gözden geçirerek devamlılığı sağlamak esastır. Süreçte meydana gelen tüm olayları gözden geçirmek için bir sistem uygulanmalıdır. Bu sayede risk yönetimi sürecinin çıktıları/sonuçları gözden geçirilerek, yeni bilgi ve deneyimleri dikkate almak kolaylaşacaktır. Riski gözden geçirme süreci, risklerin önem düzeyleri ile doğru orantılıdır. Önem düzeyi yüksek risklerde daha sık riski gözden geçirme yapılırken, riski düşük işlemlerde, daha az risk gözden geçirme planı yapılabilmektedir. Karar vericiler tarafından riski gözden geçirmesi tablolar, dokümanlar ve belgeler ile açık ve net bir şekilde yapılmaktadır (ICH Q9, 2005; Little, 2014).

Risk İletişimi: Kalite Risk Yönetimi sürecinde iletişim çok önemlidir. Bu süreçte yapılacak eylemlerin bu süreci takip eden ve bilgi sahibi olması gereken tüm kişiler ile paylaşılıp, iletilmesi süreç gidişatı açısından kritik öneme sahiptir. Çünkü tüm ekibin tek bir amacı vardır. O da riskleri azaltmaktır. Belirlenen riskleri en aza indirmek için gereken adımların bilinmesi gerekecektir (Little, 2014). Süreç ile ilgili tüm bilgilerin paylaşılması bu açıdan önemlilik arz etmektedir. Bu bilgilere örnek olarak; risklerin varlığı, doğası, formu, ihtimali, önem derecesi, kabul edilebilirliği, kontrolü, tespit edilebilirliği veya kalite risk yönetimini etkileyebilecek diğer yönler gösterilebilir. Risk iletişimi sürecinde herkes birbirleri ile herhangi bir aşamada iletişime geçebilirler. ICH Q9 kılavuzunda kesikli oklar ile risk iletişiminin her aşamada kurulabileceği

gösterilmiştir. Kılavuzda düz ok ile gösterilen aşama ise önemlidir. Bu aşamada kalite risk yönetimi sürecinin çıktısı/sonucu yöntemlere uygun bir şekilde belgelenmeli ve iletilmelidir (ICH Q9, 2005).

Risk Kontrolü: Risk yönetimi sürecinde, riskleri ortadan kaldırmak için kullanılır. Risk yönetiminin iki muhtemel sonucu vardır. Birincisi; riskleri en aza indirmek ve kontrol altına almak için yapılan eylemlerdir. İkincisi ise; risklerin bilimsel bir mantıkla kabul edilebilir düzeyde olduğuna karar verilir. Risk kontrolünün birçok amacı vardır. Genel olarak, risklerin ciddiyetini azaltarak kabul edilebilir düzeye inmesine olanak sağlar, risklerin ortaya çıkma ihtimalini azaltarak tespit edilebilirliği yükseltir (Little, 2014). Riskin önemi ve öncelik derecesi risk kontrolü için harcanan emeğin miktarı ile dengeli olmalıdır. Risk kontrolünde risklerin derecesini anlamak ve belirlemek için birçok farklı yöntem başvurulabilir. Fayda-maliyet analizi, risk kontrolü yapan ekip ya da karar verici olarak tanımlanan kişiler tarafından başvurulabilecek yöntemlerden birisidir (ICH Q9, 2005).

Risk kontrolünün amacına ulaşabilmesi için karar vericilerin aşağıdaki sorulara dikkat ederek bir süreç belirlemesi gerekmektedir. Bunlar (ICH Q9, 2005);

- Mevcut risk kabul edilebilecek düzeyin üstünde mi ya da tolerans aralıklarına uygun mu?
- Riski azaltmak veya ortadan kaldırmak için alınabilecek önlemler nelerdir?
- Yarar, risk ve kaynakların arasında uygun bir denge var mı?
- Belirlenip tanımlanan risklerin kontrolünden sonra bu risklerden dolayı ortaya yeni risklerin çıkıp çıkmadığı kontrol ediliyor mu?

2.4. Risk Değerlendirme Yöntemleri

Literatür incelendiğinde tüm dünyada kullanılmakta olan birçok risk değerlendirme yöntemi bulunduğu görülmektedir. İki ana başlıkta toplanan bu yöntemler, kantitatif risk değerlendirme yöntemleri ve kalitatif risk değerlendirme yöntemi olarak ele alınmaktadır. Kantitatif risk değerlendirme yöntemlerinde sayısal değerler kullanılırken, kalitatif risk değerlendirme yöntemlerinde risk hesaplanırken ve

ifade edilirken sayısal değerler yerine orta, yüksek gibi ifadeler kullanılır (Özkılıç, 2014, s. 219). Bu yöntemlerden en çok kullanılanları aşağıda açıklanmaktadır.

2.4.1. Hata Türü ve Etkileri Analiz-HTEA (Failure Modes and Effect Analysis-FMEA)

İngilizce de tam adı 'Failure Modes and Effect Analysis' olan bu yöntemin, kısaltması olan ve baş harfleri kullanılarak oluşturulan FMEA olarak bilinmektedir. Türkçede ise 'Hata Türü Etkileri ve Analizi' nin kısaltması olan HTEA olarak kullanılıp, literatürde bu şekilde yer almaktadır.

Günümüzde hız kesmeden ilerleyen teknoloji sayesinde arzın arttığı da yadsınamaz bir gerçektir. İşletmelerin hem pazardaki konumlarını koruması hem de varlıklarını devam ettirebilmesi müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin karşılanmasının yanında kaliteli üretim sağlayabilmekten geçmektedir. Bu ana fikirde ortaya çıkan HTEA, üretilen ürün ya da sunulan hizmetlerde sıfır hata sayısını yakalamayı ya da ortaya çıkan ve çıkabilecek hataların etkisini azaltmaya yarayan bir tekniktir (İnce, 2014). Ele alınan sistemin bütününe ya da herhangi bir bölümünü inceleyerek, bu bölümlerle ilgili olan tüm bileşenlerde meydana gelebilecek hata ya da arızaların sistemin tümünü ya da mevcutta ele alınan kısmının ne şekilde etkilenebileceğini gösterirken, çıkabilecek sonuçlarında analiz edilmesini sağlamaktadır (Seber, 2012, s. 33).

HTEA, kullanımının kolay olması ve geniş teorik bilgi gerektirmemesi nedeniyle otomotiv ve sağlık sektörü başta olmak üzere çeşitli birçok endüstriyel alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Hataların ve sistemik nedenlerin tanımlanıp, analiz edilmesini kolaylaştıran HTEA yöntemi, tekrarlanmalarını engellemek için sistemi uyararak, düzeltici ve önleyici tedbirler alınmasını sağlamaya yardımcı olmaktadır. Bu sistematik yöntemin ana fikri, üretim sürecinin kontrollü bir şekilde ilerlemesini sağlamak ve bir nihai ürün nihai kullanıcıya teslim edilmesinden önce bir sistemdeki potansiyel hataların nedenlerinin ve etkilerinin ortadan kaldırılmasını, değerlendirilmesini, önlenmesini ve sürecin güçlendirilmesidir (Sönmez & Ünğan, 2017).

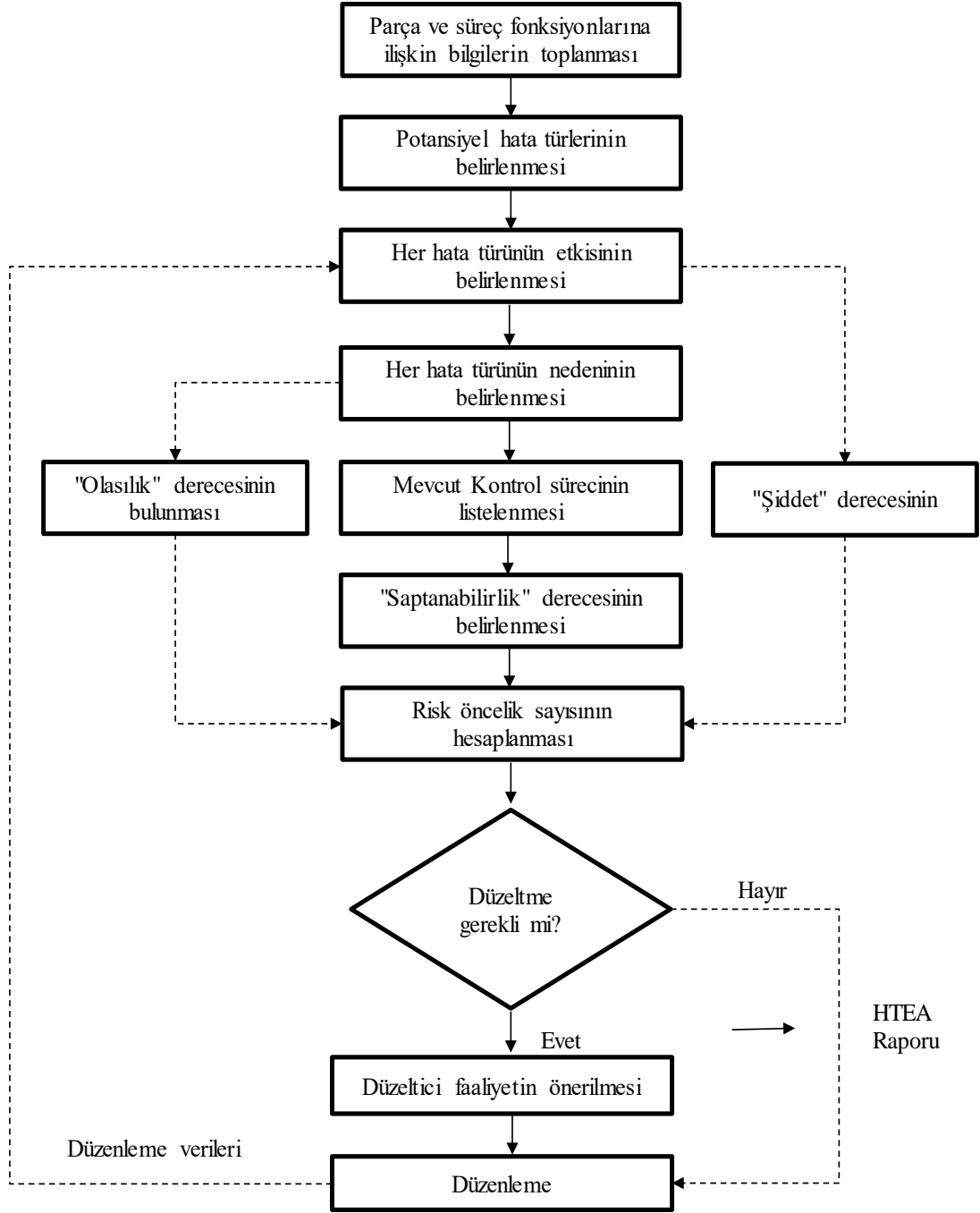
HTEA yönteminin kısaca tarihsel gelişimine değinilirse, ürün yaşam döngüsünün farklı aşamalarındaki potansiyel arızaları belirlemek ve değerlendirmek için güçlü bir disiplin olarak, 1949 yılında ABD Silahlı Kuvvetleri Askeri ordusunda geliştirilmiştir. Amerikan ordusundan sonra ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından 1960'lı yıllarda roket ve havacılık alanında uygulamaya başlanarak, 1969' da APOLLO projesinde denenmiştir (Sönmez & Ünğan, 2017).

Üretim endüstrisinde ise ilk olarak Japonya' da NEC adlı yarı iletken üretimi yapan işletme tarafından uygulanmış ve sonrasında Ford Motor Şirketi tarafından otomotiv sektöründe başarıyla uygulanmaya başlanmıştır. Havacılık, kimya, otomotiv, elektronik, sağlık gibi birçok alanda geniş bir kullanım alanına sahip olan HTEA yöntemi bütün dünyaya yayılarak sistem ve donanım hatalarının ve etkilerinin belirlenmesinde güven veren bir analiz aracı olmuştur (Chen, Ye, Liu, & Kang, 2012).

HTEA, ürün geliştirme sürecinin başlarında, alanında uzman bir ekip tarafından ürün tasarımlarının veya üretim süreçlerinin ayrıntılı bir şekilde analiz edildiği çok işlevli bir kalite aracıdır. Esas amacı, ürün müşterinin eline geçmeden önce zayıf yönleri bulmak ve düzeltmektir. Riskleri ve risklerin sonuçlarını ortadan kaldırmak veya azaltmak için en yüksek önceliğe sahip olanlardan başlayarak adımlar atılmaktadır. Hataların nedenlerinin ve etkilerinin analizi, aynı zamanda yöntemin mevcut durumu ve ürünün ya da işlemin sürekli iyileştirilmesi için birçok test uygulayarak, ürünü istenen haline getirmeyi başarmak ve riskleri en aza indirmek için alınan önlemleri belgelemek amaçlanmaktadır (Carlson, 2019; Ligarski, 2017).

Genel bir HTEA süreci adımları Şekil 4'teki gibidir (Pillay & Wang, 2003).

Şekil 4 HTEA Sürecindeki Adımlar



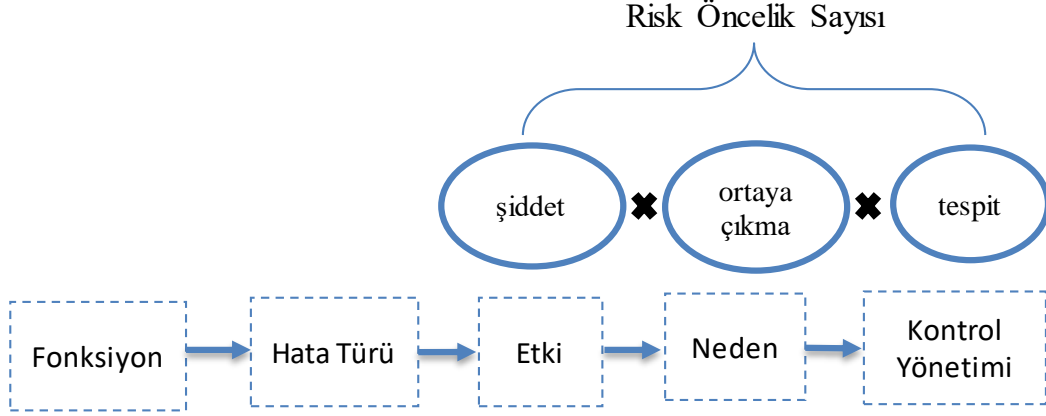
Kaynak: Pillay & Wang, 2003

Risklerin önceliklendirilmesi, bir risk öncelik sayısı (RÖS) kullanılarak yapılır. RÖS, üretim sürecindeki her bir hata türü veya nedeni için belirlenen rakamsal bir değerdir. RÖS, hatanın belirlenen olası ortaya çıkma değeri veya olasılık (O), hatanın ağırlık ya da etkisinin, yani şiddetinin değeri (A) ve hatanın saptama, tespit,

keşfedilebilirlik ya da fark edilebilirlik (S) değerinin çarpımıyla elde edilen bir sayıdır. (İnce, 2014):

$$RÖS = A (\text{Şiddet}) \times O (\text{Ortaya çıkma}) \times S (\text{Tespit}) \quad (2.1)$$

Şekil 5 HTEA Risk Öncelik Sayısı Hesaplaması



Kaynak: İnce, 2014

HTEA yönteminin unsurları olan ortaya çıkma-olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik belirlenirken literatürde genellikle Palla ve Wang' in kabul edilmiş olan RÖS derecelendirmesinde kullanılan kriterleri kullanılmaktadır. Olasılık, Ağırlık ve Saptanabilirliğe ilişkin kriterler sırasıyla Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir (Pillay & Wang, 2003, s. 69-85).

Tablo 1 Ortaya Çıkma (Olasılık) Derecelendirme Tablosu

ORTAYA ÇIKMA OLASILIĞI	DERECE	OLASI HATA ORANI İŞGÜNÜ OLARAK)
Neredeyse hiç	1	<1:20000
Düşük	2	1:20 000
	3	1:10 000
Orta	4	1:2000
	5	1:1 000
	6	1:200
Yüksek	7	1:100
	8	1:20
Çok Yüksek	9	1:10
	10	1:2

Kaynak: Pillay & Wang, 2003, s. 69-85

Tablo 2 Ağırlık (Şiddet) Derecelendirme Tablosu

AĞIRLIK	DERECE
Neredeyse Hiç	1
Düşük	2
	3
Orta	4
	5
Yüksek	6
	7
Çok yüksek	8
	9
	10

Kaynak: Pillay & Wang, 2003, s. 69-85

Tablo 3 Saptanabilirlik Derecelendirme Tablosu

SAPTANABİLİRLİK	DERECE	SAPTAMA İHTİMALİ (%)
Neredeyse Hiç	1	86 – 100
Düşük	2	76 – 85
	3	66 – 75
Orta	4	56 – 65
	5	46 – 55
	6	36 – 45
Yüksek	7	26 – 35
	8	16 – 25
Çok yüksek	9	6 – 15
	10	0 – 5

Kaynak: Pillay & Wang, 2003, s. 69-85

Ardından, öncelik sırasına konan her bir hata için risk öncelik sayısı hesaplanır. İkinci aşamaya geçildiğinde, hatalara karşılık önleyici tedbirler tanımlanmış olmaktadır. Bu önlemler alındıktan sonra, RÖS yeniden hesaplanır ve analizin ikinci aşamasındaki döngü kabul edilebilir bir risk seviyesine ulaşıncaya kadar tekrarlanarak devam eder. HTEA sonuçları, kritik olarak tanımlanan hata riskini azaltmayı amaçlayan tasarım veya üretim süreçlerinde değişiklik yapmanın temelini oluşturmaktadır. RÖS katsayısının en büyük olduğu değerden başlanarak tedbirlerin alınması sağlanmaya çalışılır (Aran, 2006, s. 67; Ligarski, 2017). Tablo 4’te Risk Öncelik Sayısı (RÖS) değerlendirme tablosu gösterilmektedir.

Tablo 4 Risk Öncelik Sayısı Değerlendirme Tablosu

RÖS DEĞERİ	ÖNLEM
RÖS<40	Önlem almaya gerek yok
40≤RÖS≤100	Önlem alınabilir
RÖS >100	Önlem alınması gereklidir

Kaynak: Pillay & Wang, 2003, s. 69-85

Hataların nedenini tamamen ortadan kaldırmak mümkün değilse, tespit etme kabiliyetlerini arttırmak ya da ortaya çıkmalarının olumsuz etkilerini azaltmak için önlemler alınmaktadır. Önerilen düzeltici eylemlerin uygulanması sürekli izlenmeli ve etkileri doğrulanmalıdır (Aran, 2006, s. 67; Ligarski, 2017). Hatanın saptanabilmesi ise, hatanın devam etmesinin engellenmesi ya da işletmenin kontrol biçimi ile hatayı saptayabilme yeteneğidir (Musubeyli Erginel, 2004, s. 17-26). Tablo 5’te örnek HTEA formuna yer verilmiştir.

Tablo 5 HTEA Formu

Parça Adı: Parça Kodu:					Tarih: Formu Dolduran:											
					MEVCUT KOŞULLAR					DÜZELTİCİ ÖNLEMLER		İYİLEŞTİREN ÖNLEMLER				
Parça adı	Parçanın fonksiyonu	Hata türü	Hata sebebi	Hatanın etkisi	Kontrol Önlemleri	Ortaya Çıkma Olasılığı	Şiddet Derecesi	Keşfedilebilirlik	RİSK ÖNCELİK GÖSTERGESİ	Önerilen iyileşmeler	Tamamlanma Planı ve Sorumluluk	Tamamlanan Önlemler	Ortaya Çıkma Olasılığı	Şiddet Derecesi	Keşfedilebilirlik	RİSK ÖNCELİK GÖSTERGESİ

Kaynak: Musubeyli Erginel, 2004, s. 17-26

Üretim süreci içerisindeki birçok aşamada HTEA yöntemi kullanılabilir. İlk HTEA yöntemleri uygulamaları donanıma yönelik yapılmış olsa da kullanımı yaygınlaştıkça diğer alanlarda da kullanıma başlamıştır. Günümüzde genel olarak yaygın kullanılan 4 çeşit HTEA türünden söz edilebilir. Tablo 6 ile HTEA türleri verilmiştir (Aran, 2006, s. 67).

Tablo 6 HTEA Türleri

Sistem	Tasarım	Süreç	Servis
Bileşenler Alt sistemler Ana sistemler	Bileşenler Alt sistemler Ana sistemler	İnsan gücü Makina Metot Malzeme Ölçü Çevre	İnsan gücü İnsan kaynakları Makine Metot Malzeme Ölçü
		Makinalar	İnsan kaynakları
		Takımlar İş istasyonları Üretim hatları Prosesler Ölçüm aletleri Operatör eğitimleri	İşlem İş istasyonları Servis hatları Performans Operatör eğitimleri
Odak: Sistemce hata etkilerini minimize etmek. Amaç/Hedef: Sistem kalitesini, güvenilirliğini, maliyetini ve bakım yapılabilirliğini	Odak: Tasarımda hata etkilerini minimize etmek. Amaç/Hedef: Tasarım kalitesini, güvenilirliğini, maliyetini ve bakım yapılabilirliğini arttırmak	Odak: Proses hatalarının tüm proses (sistem) üzerindeki etkilerini minimize etmek. Amaç/Hedef: Tüm proses (sistem) kalitesini, güvenilirliğini, maliyetini ve bakım yapılabilirliğini	Odak: Servis hatalarının tüm organizasyon üzerindeki etkilerini minimize etmek. Amaç/Hedef: Kalite, güvenilirlik ve hizmet yoluyla müşteri memnuniyetini maksimize etmek

Kaynak: Aran, 2006, s. 67

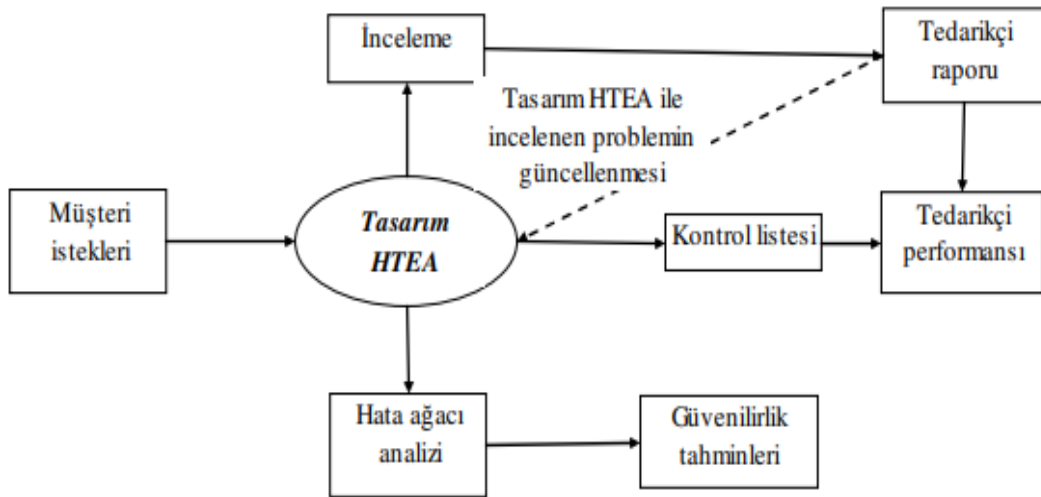
2.4.1.1. Sistem HTEA

Sistem HTEA, süreçte var olan tüm sistemi analiz etmeye yarayan en kapsamlı HTEA türüdür. Varılmak istenen hedef doğrultusunda tüm birim ve alt birimlerde denge kurmaya yardımcıdır. Bütün sistemi ele alan bir uygulama olması, hiçbir ayrıntının atlanmamasını ve sistem yetersizliğinden kaynaklanan hataları belirlerken ve kalite, güvenlik ve verimin artmasını sağlamaktadır (Demirel, 2015).

2.4.1.2. Tasarım HTEA

Tasarım HTEA, uygulandığı sektörde üretim aşamasına geçmeden yani ürünlerin üretim kararı verilmeden önce kullanılmaktadır. Ürün tasarımının analiz edilmesi sürecini kapsamaktadır (Sofyaloğlu, 2011). Tasarım risklerini azaltmaya yardımcı olan tasarım HTEA, üretim sürecinde ortaya çıkması muhtemel olan ürün hata türlerini belirlemektedir. Tasarımlarda olması istenen kalite ve güvenilirliği arttırmaya yönelik uygulanmaktadır. Tasarım HTEA, maliyet veya teknik uyumsuzluk temelinde yatan hataları ve güvenlik sorunlarını yok etmeye yarayan iyileştirici bir yöntemdir (İnce, 2014; Teng, 1996, s. 5-23). Şekil 6 ile müşteri isteklerinin Tasarım HTEA ile incelenmesi ve analizi gösterilmiştir.

Şekil 6 Tasarım HTEA Diyagramı



Kaynak: Teng & Ho, 1996, s. 5-23

2.4.1.3. Süreç HTEA

Süreç HTEA, üretim ve montaj aşamasında, hataları ve eksiklikleri azaltmaya çalışarak süreçten daha çok verim almayı sağlamaya yönelik bir yöntemdir. Süreçteki yetersizliklerden kaynaklanabilecek hatalara odaklanarak süreç akış şemalarını geliştirmeye olanak sağlamaktadır. Süreç HTEA da sıfır hata ile üretimi tamamlamak için kullanılan makine ve teçhizatlardan, doğru materyal seçimine kadar üretim sürecindeki olumsuz yönlerin tespitini kolaylaştırma imkânı tanır (İnce, 2014).

2.4.1.4. Servis HTEA

Servis HTEA, doğrudan müşteri algısı ile bağlantılı bir süreçtir. Üretilen ürün ya da sunulan hizmet daha müşteri ile buluşmadan analizinin yapılmasına yardımcı olmaktadır. Bu analizin yapılması sayesinde, iş akışının, sistemin ya da sürecin geliştirilmesi sağlanırken, önceliklendirme listelerinin oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. Böylece işlem yetersizliklerini belirlerken, kontrol planlarının oluşturulmasına da imkân sunmaktadır (Paranhos, Bachega, Tavares, & Calife, 2016).

2.4.2. Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis-PHA)

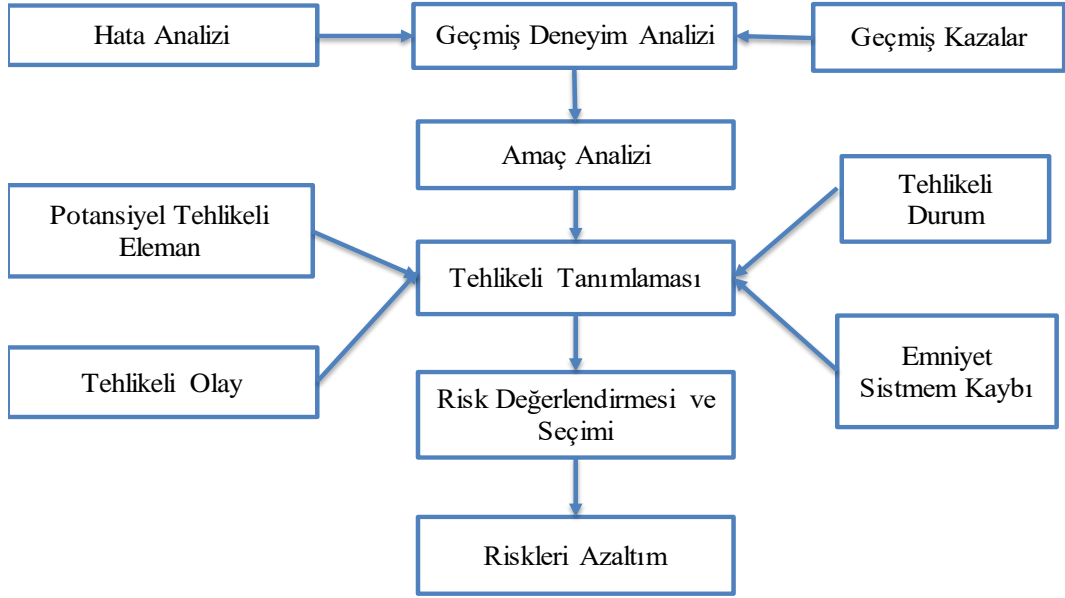
Ön Tehlike Analizinin ilk tanımlaması Hammer tarafından yapılmıştır. Sürecin başlangıç olarak adlandırılan tasarım evresinde risk oluşturabilecek parçaları belirlemek amacıyla kullanılan ve kısa sürede hazırlanabilen bir risk değerlendirme yöntemidir. Ön Tehlike Analizi yönteminin faydası diğer risk değerlendirme yöntemlerine hazırlık verisi sağlamasıdır. Çoğunlukla süreçte meydana gelebilecek önemli tehlikeleri ya da riskleri önceden belirlemek, sıralamak ve mümkün olan düzeltmeleri yapmak için kullanılır (Topal, 2017).

Belirlenecek olan riskler tanımlandıktan sonra her biri tek tek incelenir. Sonucunda elde edilecek verilere göre, hangi riskin ne sıklıkla ortaya çıktığı ve hangi risk değerlendirme yönteminin seçilmesi gerektiği belirlenir. Her tip tesis ya da işletme de uygulanabilir olması ve diğer risk değerlendirme yöntemlerine hazırlık verisi sağlaması nedeniyle kullanımı yaygın olarak tavsiye edilmektedir (Seber, 2012, s. 34).

Tek başına yeterli bir analiz yöntemi değildir. Bu yüzden geçmiş deneyim analizinin yapılması ve analizi yapacak kişinin deneyim ve bilgisi büyük önem

taşımaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken husus PHA yönteminin nitel bir risk değerlendirme yöntemi olması ve yüksek, orta düşük gibi sözel değerlerden faydalanılarak tanımlanmasıdır (Topal, 2017). Şekil 7’de Ön Tehlike Analizi aşamaları gösterilmiştir.

Şekil 7 Ön Tehlike Analizi Metodolojisi Aşamaları



Kaynak: (Topal, 2017).

2.4.3. Birincil Risk Analizi (Primary Risk Analysis – PRA)

Nitel bir risk değerlendirme yöntemi olan Birincil Risk Analizi, işletmenin ya da prosesin bir faaliyeti gerçekleştirirken meydana gelebilecek kazaları, tehlikeleri belirlemek ve önlemek için kullanılan sistemli bir yöntemdir. İki aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak sistem veya süreçteki risklerin ve kaynaklarının belirlenmesi için geçmişe dönük kaza bilgileri kullanılır. Bu aşamada uzman kişiler tarafından hazırlanan kontrol-check listelerindeki sorulara yanıt aranır. İkinci olarak belirlenen riskler hakkında bilgiler toplanılmaya ve risklerden uzak durmak için önleyici yöntemler belirlenmeye çalışılır (ÇSGB İş Teftiş Kurulu, 2006)). Tablo 7’de Birincil Risk Analizi Kontrol Listeleri Formu örneği bulunmaktadır.

Tablo 7 Birincil Risk Analizi Kontrol Listeleri Formu Örneği

BİRİNCİL RİSK ANALİZİ KONTROL LİSTELERİ			
Süreç:	Bölüm:		
	Tarih:		
Alt Süreç:	Düzenleyen:		
	Onaylayan:		
Sayfa No:	İlgili Dokümanlar:		
KONTROL MATRİSİ	EVET	HAYIR	GEREKSİZ
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
Form No:			

Kaynak:http://www.dataakademi.com.tr/wp-content/uploads/2017/02/12_RD_METOTLARI.pdf (E.T. 08.07.2019)

2.4.4. Olursa Ne Olur Analizi (What If...?)

Risk değerlendirme ekibinin olabildiğince çok soru ürettiği “Olursa ne olur?” yöntemi aslında sorgulama yöntemini kullanan bir beyin fırtınası yaklaşımıdır. Analizin ana sorusu olan “Olursa ne olur?” ile başlayarak, ilgili sorulara verilen yanıtlara dayanarak devam eder. Tablo 8’de Olursa Ne Olur Analizi form örneği verilmiştir. Analiz yönteminin amacı, potansiyel risklerin belirlenebilmesinin kolaylaştırılması ve risk miktarının azaltılması için yöntemlerin belirlenip, önerilerin değerlendirilmesidir. Böylece aksaklıklardan doğabilecek potansiyel sonuçlar tespit edilerek sürecin başında yer alan kişilerin çıkabilecek her bir duruma karşı çözüm önerileri açıklanarak, belirlenir. Alanında uzman kişilerin uygulaması gibi bir şarta bağlanmayan bu yöntemi daha az tecrübe sahibi kişilerle de kolaylıkla uygulayabilmektedir. Bu yöntemin en büyük avantajı, her tip işletmeye, operasyona veya eyleme uygulanabilir olmasıdır (Seber, 2012, s. 34).

Tablo 8 Olursa Ne Olur Analizi Formu

Olursa Ne Olur	Sonuç	Tavsiye	Sorumlu Personel	Alınan Eylemin Zamanı
1.....Olursa Ne Olur?				
2.....Olursa Ne Olur?				
3.....Olursa Ne Olur?				

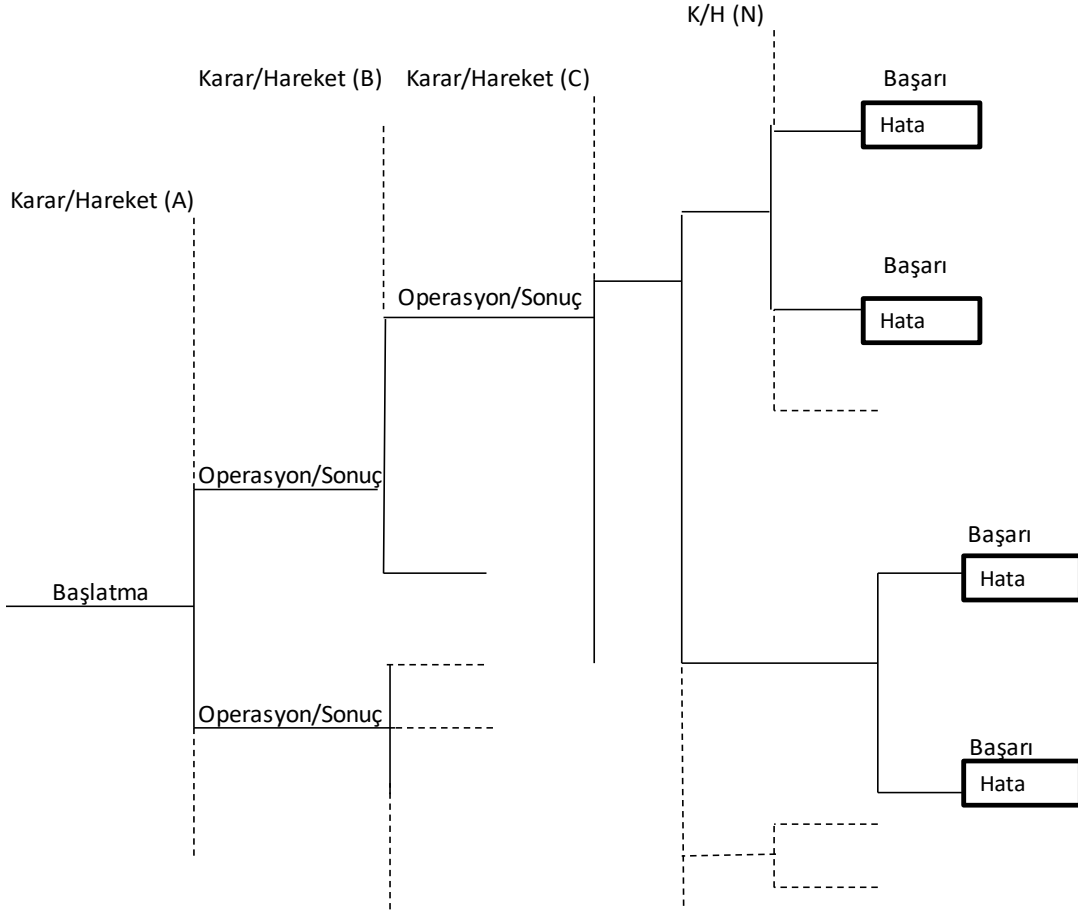
Kaynak: <https://docplayer.biz.tr/34915056-Iv-tehlike-analiz-metodolojileri.html> (E.T. 12.07.2019)

2.4.5. Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis-ETA)

Nicel bir analiz yöntemi olan ETA riskleri sayısal hale getirerek değerlendiren bir yöntemdir. ABD'nin Three Mile Island fabrikasındaki kazadan sonra nükleer endüstrisinin talebi üzerine geliştirilmiş, daha sonra diğer sektörlerde sıklıkla kullanılmaya başlamıştır. Olası bir kazaya yol açan olayları değerlendirmek için kullanılan neden-sonuç ilişkisine dayanan bir çözümlene tekniğidir (Özkılıç, 2014, s. 219).

Olay Ağacı Analizi yönteminde, tümevarım mantığını kullanarak başlangıç noktası olarak seçilmiş kötü işleyen sistem ya da süreçte meydana gelebilecek hata veya kaza sonuçlarını şematik olarak göstermeyi hedeflemektedir. Olay ağacı olarak adlandırılmasının nedeni, grafikteki dizaynın başlangıçtaki olayı izleyerek sistemin başarı/hata gelişimini gösteren model oluşturmasıdır. Sistem eğrisi yukarı yönde ise başarılı, tersi söz konusu olduğunda ise başarısız anlamına gelmektedir (Seber, 2012, s. 34). Şekil 8'de başlangıç olayının oluşması ve operasyonların çalışıp çalışmama olasılığı Olay Ağacı Analizi ile gösterilmiştir.

Şekil 8 Olay Ağacı Analizi



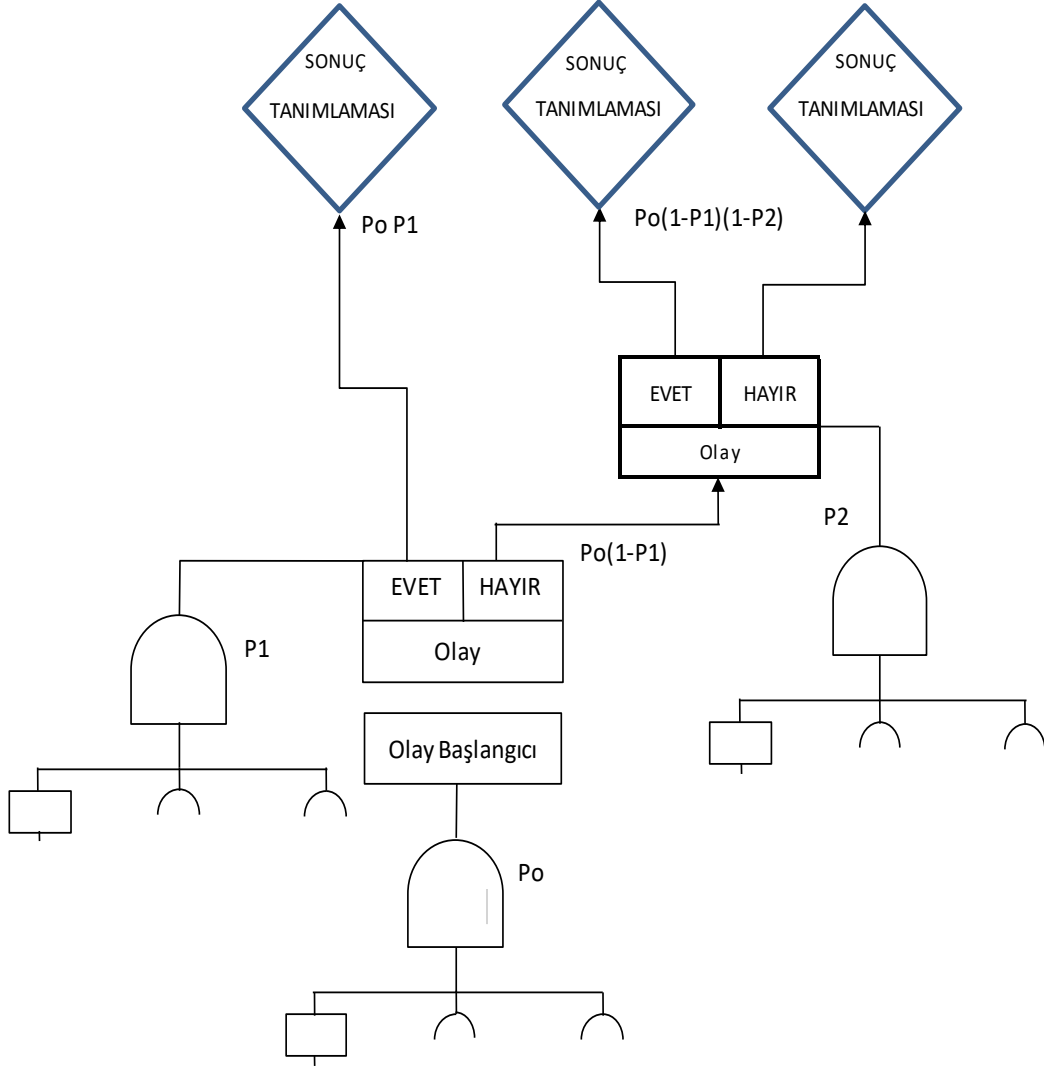
Kaynak: <https://www.semanticscholar.org/paper/Loughborough-University-Institutional-Repository-Andrews-Dunnett/db3a505e82d82f3a39644640067e805109cfac17> (E.T. 12.07.2019)

2.4.6. Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis-FTA)

Nicel risk değerlendirme yöntemlerinden olan FTA, Amerika Hava Kuvvetleri için 1962 yılında askeri amaçla geliştirilmiştir. Hata Ağacı Analizi yönteminde, risklerin yaratabileceği sonuçların analiz edilmesi için birçok farklı senaryonun hazırlanması ve proseslerin akış şemaları içerisindeki olası hatalarının yaratacağı risklerin belirlenmesi ile oluşturulur. Tümdengelim benimsenmiş olan bu teknikte amaç, analistin majör hatayı belirleyip, mantıksal olarak buna bağlı olan alt bileşenlerini sıralaması ile hatanın soy ağacını çıkarmaktır. Şekil 9’da Hata Ağacı Analizi örneği gösterilmiştir. Teknik olarak pratik ve kolay uygulanabilen bir analiz olması bulunan majör nedenlerin HTEA ve

diğer risk değerlendirme teknikleri ile incelenmesine olanak sağlamaktadır (Seber, 2012, s. 33).

Şekil 9 Hata Ağacı Analizi



Kaynak: Özkılıç, 2016, s. 154

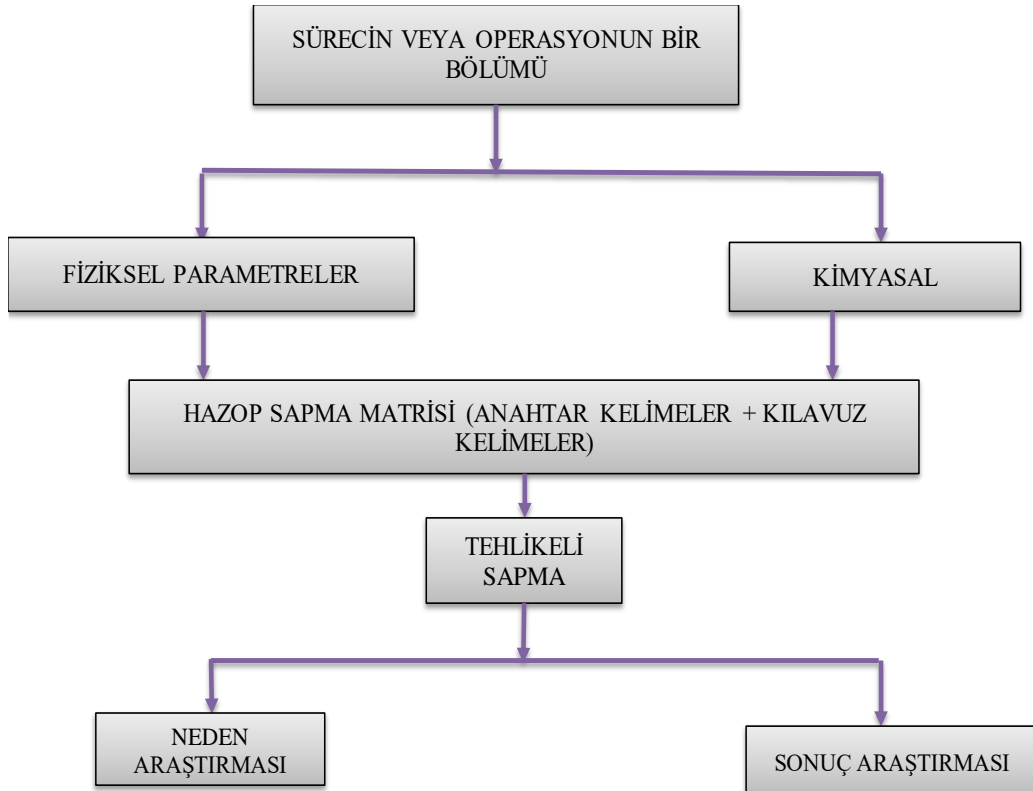
2.4.7. Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (Hazard and Operability Analysis-HAZOP)

Nitel risk değerlendirme yöntemlerinden biri olan Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi, ilk olarak İngiltere de Kimyasal Endüstri Enstitüsü (Institute of Chemical Industry, ICI) tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Ortaya çıkmasındaki ana fikir

zararlı sonuçların doğmasına neden olabilecek sapmaların irdelenebilmesinin istenmesidir. Artan ihtiyaçlara göre çeşitli evreler geçirerek HAZOP yöntemi geliştirilmiştir (Jagtap, 2017, s. 2-3).

HAZOP analizinde temel prensip, endüstriyel sistemlerin normal çalışma koşulları içinde standarttan sapmaların yaşanması sonucu ortaya çıkabilecek tehlikelerin ve etkilerinin araştırılmasını sağlamaktır. Profesyonel bir ekip tarafından uygulanan HAZOP yöntemi, sistemli bir neden-sonuç ilişkisi dökümünü ortaya çıkarabilmektedir. Nitelikleri ve tehlikeleri tanımlamak beyin fırtınası tekniği kullanılırken, yol gösterici kelimeler olarak “hiç, az, fazla, daha fazla” gibi nitelermeleri içerir ve süreçte yer alan “basınç, sıcaklık, akış, hız ve benzeri gibi parametrelere kombine edilir (Özkılıç, 2014, s. 219). Şekil 10’ da risk tanımlama yöntemi ve aşamaları gösterilmektedir.

Şekil 10 Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi



Kaynak: Özkılıç, 2016, s. 120

2.4.8. Karar Matrisi

Kolay uygulanabilirliği sayesinde sıklıkla tercih edilen Karar Matrisi, ABD Askeri standardı MIL_STD_882-D olarak da bilinmektedir. Sistem ve süreç güvenlik düzeyinin tespiti için geliştirilmiş bir risk değerlendirme yöntemidir. Matris diyagramları ikiden fazla değişken arasında bulunan ilişkiyi incelemek için kullanılmaktadır. Bu yöntem L tipi (5x5 matris) ve X tipi olmak üzere ikiye ayrılır (Çeliktaş & Ünlü, 2018; Topal, 2017).

2.4.8.1. L Tipi Matris (5X5 Matris)

5 x 5 matris diyagramı olarak da adlandırılır. Basit bir yöntem olduğundan risk değerlendirmesi yapacak kişiler tarafından sıklıkla tercih edilir. İstenmeyen bir olayın gerçekleşme ihtimali ile gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkabilecek sonucun şiddet derecesini tespit etmeye yarayan bir yöntemdir. Neden-sonuç ilişkilerinin değerlendirilmesinde uygulanan yöntemde başarı oranları tecrübeye göre değişmektedir (Seber, 2012, s. 31; Özkılıç, 2016, s. 113). Tablo 9’da L Tipi Matris Yöntemi Olasılık Değerleri ve Tablo 10’ da L Tipi Matris Risk Puanı Derecelendirme Matrisi örneğine yer verilmiştir.

$$R = O \times \text{Ş} \text{ şeklinde elde edilir.} \quad (2.2)$$

R = Risk Skoru

O = Tehlikenin Gerçekleşme Olabilirliği

Ş = Sonucun Şiddet Derecesi

Tablo 9 L Tipi Matris Yöntemi Olasılık Değerleri

Frekans	Olasılık	Olasılık Değeri
Yılda bir	Çok Küçük	1
Üç ayda bir	Küçük	2
Ayda bir	Orta	3
Haftada bir	Yüksek	4
Her gün	Çok Yüksek	5

Kaynak: Sade, 2017, s. 35.

Tablo 10 L Tipi Risk Puanı Derecelendirme Matrisi

	ŞİDDET				
OLASILIK	1	2	3	4	5
1	1 Düşük	2 Düşük	3 Düşük	4 Düşük	5 Düşük
2	2 Düşük	4 Düşük	6 Düşük	8 Orta	10 Orta
3	3 Düşük	6 Düşük	9 Orta	12 Orta	15 Yüksek
4	4 Düşük	8 Orta	12 Orta	16 Yüksek	20 Yüksek
5	5 Düşük	10 Orta	15 Yüksek	20 Yüksek	25 Yüksek

RENK	RİSK DEĞERİ	DEĞERLENDİRME	FAALİYET
Kırmızı	15.16.20.25	Kabul Edilmez Risk	Bu riskle ilgili hemen faaliyete geçilmeli
Mavi	8.9.10.12	Dikkate Değer Risk	Bu risklere mümkün olduğu kadar çabuk müdahale edilmeli
Yeşil	1.2.3.4.5.6	Kabul Edilebilir Risk	Daha uzun vadede müdahale edilebilir

Kaynak: Sade, 2017, s. 36

2.4.8.2. X Tipi Matris

Ekip çalışması ve tecrübe gerektiren bir yöntemdir. Daha önce meydana gelmiş bir olayın sebeplerini inceleyerek aynı olayın tekrarlanma olasılığını araştırmaya dayanır. Bu yüzden seçilen konu ya da olay ile ilgili geçmiş yılların detaylı verilerine ihtiyaç duymaktadır. Risk değerlendirmesi sonucunda riski önlemek için alınması gereken tedbirlerin maliyet analizi de yapılabilmektedir (Seber, 2012, s. 33). Tablo 11’de X Tipi Matris Yöntemi ve Tablo 12’de X Tipi Matris Risk Değerlendirme Formu gösterilmiştir.

Risk matrisi üzerinden belirlenen değerler aşağıdaki formüle yazılarak risk derecelendirme skoru elde edilir.

$$RDS = A + B + C + D \quad (2.3)$$

A=Olayın, kazanın şiddetinin gerçekleşme olasılığı

B=Daha önce olmuş bir olayın, kazanın şiddetinin gerçekleşme olasılığı

C=Önceki bir olayın kazanın etkilediği personel sayısı

D=Bir olayın, kazanın etkileyeceği personel üzerinde bıraktığı şiddetin derecesi

Tablo 11 X Tipi Matris Yöntemi

Ö	5	10	15	20	25
UK	4	8	12	16	20
İGK	3	6	9	12	15
HY	2	4	6	8	10
KRK	1	2	3	4	5

Önceki ve Benzer Kazalar

5	10	15	20	25
4	8	12	16	20
3	6	9	12	15
2	4	6	8	10
1	2	3	4	5

ÇOK CİDDİ	5	10	15	20	25
CİDDİ	4	8	12	16	20
ORTA	3	6	9	12	15
HAFİF	2	4	6	8	10
ÇOK HAFİF	1	2	3	4	5

ŞİDDET

5	10	15	20	25
4	8	12	16	20
3	6	9	12	15
2	4	6	8	10
1	2	3	4	5

ÇOK KÜÇÜK	KÜÇÜK	ORTA	YÜKSEK	ÇOK YÜKSEK
1 Kişi	1-3 Kişi	5 Kişi	5-10 Kişi	10'DAN FAZLA

A: Olasılık X Şiddet

B: Olasılık X Önceki kazalar

C: Önceki Kaza X Personel Sayısı

D: Personel Sayısı X Şiddet

Red	kabul edilemez etki
Orange	Yüksek derece etki
Yellow	Orta derece etki
Green	Etki yok

Ö: Ölümlü kaza

UK: Uzun kayıplı hayati tehlike yaratabilecek kaza, hayati tehlike yaratacak meslek hastalığı

İGK: İş günü kaybı, uzun süreli tedavi gerektiren iş kazası veya meslek hastalığı

HY: Hafif Yaralanma

KRK: Kazaya ramak kalma, tehlikeli durum

Kaynak: <http://www.isgforum.net/threads/risk-de%20C4%20Ferlendirme-karar-matris-x-tipi-ve-l-tipi-matris-diyagram%20C4%20B1-aras%20C4%20B1ndaki-fark-nedir.9952/> (E.T. 12.07.2019)

Tablo 12 X Tipi Matris Risk Değerlendirme Formu

Tarih:		X TİPİ MATRİS RİSK DEĞERLENDİRME FORMU							Değerlendirme no:		
Proses/Sistem									Düzenleyen:		
Alt Sistem									Revizyon no:		
Dizayn Rehberi									Revizyon tarihi:		
Takım:									Sayfa:		
Sistem/Parça/Yapılan İş	A	Tehlikenin Sonucu	B	Önceki Kazadan Etkilenen Personel Sayısı	C	Risk Altındaki Personel Sayısı	D	RDS	Kontrol Var Mı?	Sonuç	Kanunda Yeri Var Mı?
ONAY:											
İMZA:											

Kaynak:<http://www.isgforum.net/threads/risk-de%C4%9Ferlendirme-karar-matris-x-tipi-ve-l-tipi-matris-diyagram%C4%B1-aras%C4%B1ndaki-fark-nedir.9952/> (E.T. 12.07.2019)

2.4.9. Fine Kinney Yöntemi

W.T. Fine tarafından 1971 yılında Kaliforniya Donanma Silah Merkezinin kullanımı için geliştirilen yöntem, 1976 yılında G.F. Kinney ve A.D. Wiruth tarafından bazı eklemeler ile revize edilmiştir. Fine risklerin kontrolü için matematiksel modeli açıklarken, Kinney ise grafiksel olarak ele almıştır. Bilimsel alanda Fine-Kinney yöntemi olarak bilinmektedir (Oturakçı & Dağsuyu, 2017, s. 17-25; Birgören, 2017, s. 19-25).

Fine Kinney yöntemi oluşabilecek risklerin sonuçlarını derecelendirerek, istatistiksel olarak analiz eden bir yöntemdir. Olası risklerin gerçekleşmesi halinde çalışanlar, işyeri ve çevre üzerinde oluşturacağı sonuçların şiddetini değerlendiren bu yöntem, risk skoru sonucuna göre hangi işlere öncelik verilmesi gerektiğini de göstererek aciliyet belirlenmesini yapmaya imkân tanır (Seber, 2012, s. 30-34). Kolay uygulanabilen bir yöntem olması sebebiyle pratikte sıklıkla kullanılmaktadır. Yöntem Avrupa'da çok yaygın olarak kullanılırken, ülkemizde de son yıllarda önem kazanarak

inşaat işletmeleri ve büyük ölçekli sanayi işletmelerinde kullanımı artmaktadır (Birgören, 2017, s. 19-25).

Üç bileşeni vardır ve bunların çarpımı ile hesaplanır. Bileşenleri; ihtimal (zarar ya da hasarın zaman içinde gerçekleşme ihtimali), frekans (tehlikeye maruz kalma sıklığı) ve şiddettir (tehlikenin gerçekleşmesi halinde oluşturacağı zarar) (Oturakçı & Dağsuyu, 2017). Tablo 13'te Fine-Kinney Yöntemi Risk Düzeyine Göre Karar ve Eylem Skalası, Tablo 14'de ise Fine-Kinney Yöntemi Risk Değerlendirmesi gösterilmiştir.

Fine-Kinney risk değerlendirme yöntemi;

$$R = İ \times F \times Ş \quad (2.4)$$

Burada;

İ=İhtimal (0,2-10 arası bir değer)

F=Frekans (0,5-10 arası bir değer)

Ş=Sonuçların Derecesi (1-10 arası bir değer)

Tablo 13 Fine-Kinney Yöntemi Risk Düzeyine Göre Karar ve Eylem Skalası

RİSK DEĞERİ	RİSK DEĞERLENDİRME SONUCU
$400 < R$	Tolerans Gösterilmez (hemen gerekli önlemler alınmalı veya işin durdurulması)
$200 \leq R < 400$	Esaslı Risk (kısa dönemde iyileştirilmelidir "birkaç ay içerisinde")
$70 \leq R < 200$	Önemli Risk (uzun dönemde iyileştirilmelidir "yıl içerisinde")
$20 \leq R < 70$	Olası Risk (gözetim altında uygulanmalıdır)
$R < 20$	Önemsiz Risk (önlem öncelikli değildir)

Kaynak: Sade, 2017, s. 34.

Tablo 14 Fine-Kinney Yöntemi Risk Değerlendirmesi

ŞİDDET	FREKANS * OLASILIK TABLOSU															
	<1	1	1,5	2	3	5	6	9	10	12	18	20	30	36	60	100
1	0,6	1	1,5	2	3	5	6	9	10	12	18	20	30	36	60	100
3	1,8	3	4,5	6	9	15	18	27	30	36	54	60	90	108	180	300
7	4,2	7	10,5	14	21	35	42	63	70	84	126	140	210	282	420	700
15	9	15	22,5	30	45	75	90	135	150	180	270	300	480	840	900	1500
40	24	40	60	80	120	200	240	360	400	480	720	600	1200	1440	2400	4000
100	60	100	150	200	300	500	600	900	1000	1200	1800	2000	3000	3600	6000	10000

<20	20≤R<70	70≤R<200	200≤R<400	400<R
Önemsiz Risk	Olası Risk	Önemli Risk	Esaslı Risk	Tolerans Gösterilemez Risk

Kaynak: Sade, 2017, s. 34.

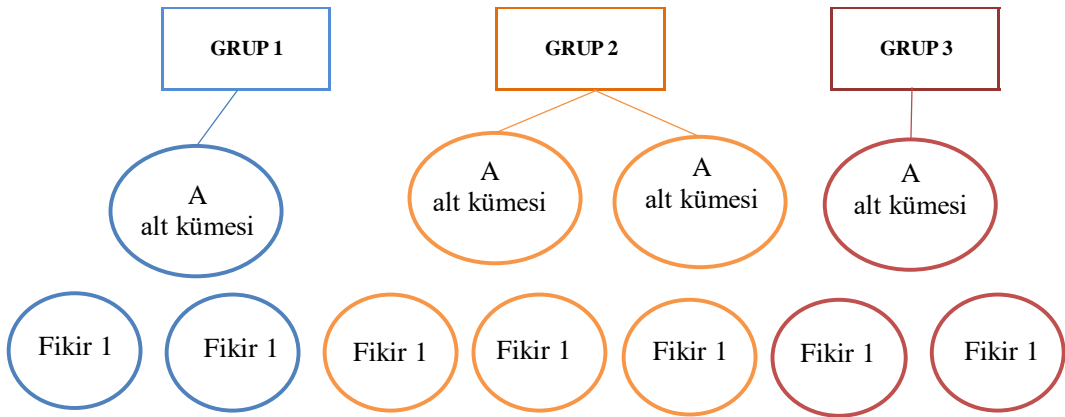
2.4.10. Yakınlık Diyagramı (Affinity Diagram)

Yakınlık diyagramı ilk kez Japon antropolog Jiro Kawakita tarafından KJ yöntemi olarak tasarlanmıştır. Alanında uzman kişilerin beyin fırtınası yöntemini uygulayarak ortaya koyduğu anlaşılması zor ve karmaşık olan birçok sözel veriyi (fikir, düşünce, gerçekler, deneyim vb.) gruplar halinde toplayarak sınıflandırmaya yardımcı olan bir yöntemdir (Islam, 2005, s. 1-21). Bu yöntem genellikle daha önce karşılaşılmamış ya da keşfedilmemiş hataları, sorunları, problemleri birçok farklı kaynaktan toplanan bilgi ile ortaya çıkan sorunlara çözüm üretmek, karar vermek ve kaostan sıyrılmak için kullanılır (Dale, 2003, s. 333-334). Şekil 11’ de yakınlık diyagramı şeması yer almaktadır.

Yakınlık diyagramı oluşturmak için aşağıdaki adımlar takip edilir. Bunlar (Dale, 2003, s. 333-334; Leo, 2018):

1. Sorunu, hatayı ya da problemi netleştirerek, hedefi ifade edilir.
2. Tüm veri ve cevaplar toplanarak kaydedilir ve cevaplar teker teker kart ya da yapışkanlı kağıtlara (post-it) yazılır.
3. Toplanan tüm cevaplar bir tablo, tahta ya da duvar gibi geniş bir alan üzerine yerleştirilerek, gruplara ayrılır.
4. Her kart grubuna, grubun özelliklerini yansıtan bir başlık verilir.
5. Tüm cevaplar gruplar içine dağılımına kadar işleme devam edilir.
6. Bu gruplandırma esas alınarak yakınlık diyagramı oluşturulur.

Şekil 11 Yakınlık Diyagramı

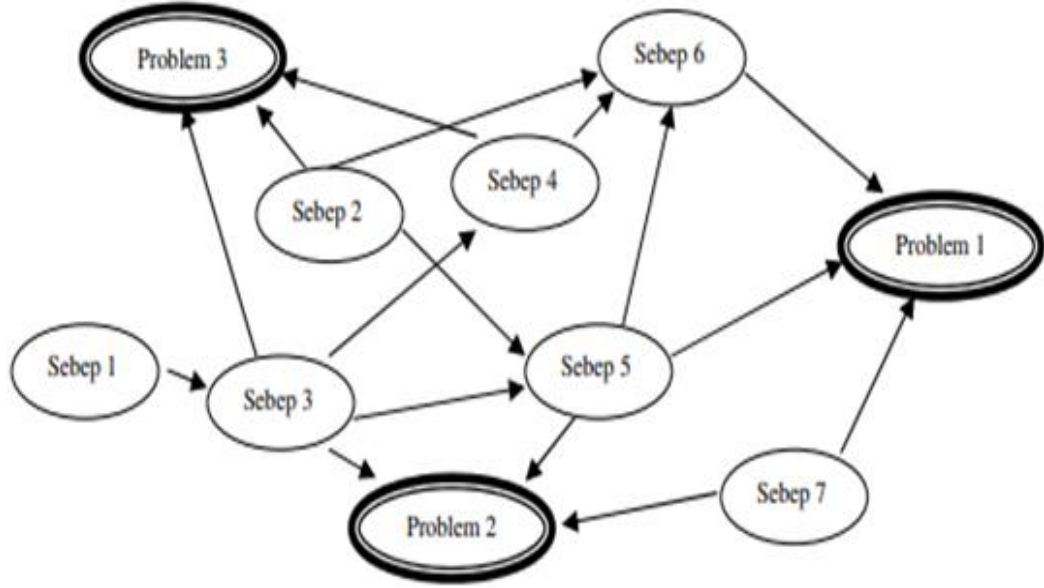


Kaynak: <https://www.storyboardthat.com/tr/design-thinking/afinite-diyagram%C4%B1> (E.T. 12.08.2019)

2.4.11. İlişki Diyagramı (Relations Diagram)

İlişki diyagramı bir sorun veya hatanın nedenlerini ortaya çıkarmak ve çözüm üretmek için kullanılmaktadır. Karmaşık bir duruma ait neden sonuç ilişkisinin kurulmasına ve açıklık getirilmesine yardımcı olmak için geliştirilmiş bir yöntemdir (Besterfield, 2004). İlişki diyagramı neden-sonuç diyagramının daha özgür ve daha geniş bir perspektiften inceleme yapılmasına olanak sağlayan bir versiyonu olarak düşünülebilir. Beyin fırtınası yöntemi ile nedenlerin belirlenmesi, aralarındaki ilişkilerin şema olarak gösterilmesi, birden fazla ilişkinin kolayca ortaya konması ve hata ile ilgili olmayan nedenlerin tespit edilip ayrılmasına imkân sağlamaktadır (Dale, 2003, s. 332). Şekil 12' de İlişki Diyagramı gösterilmiştir.

Şekil 12 İlişki Diyagramı



Kaynak: Kılıç, 2006, s. 61.

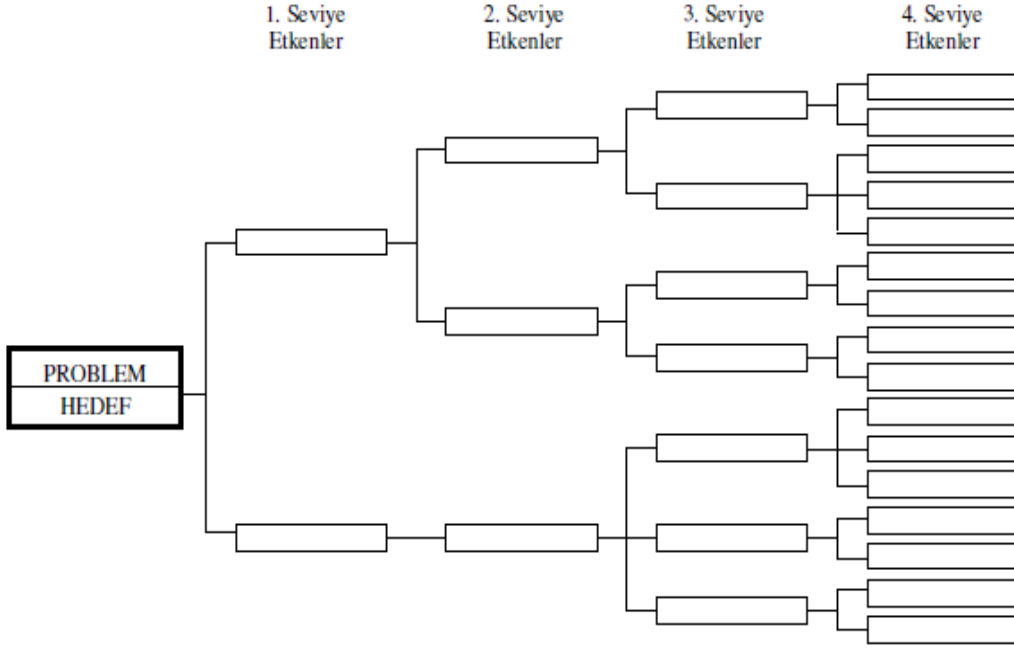
2.4.12. Ağaç Diyagramı (Dendogram)

Sistemik diyagram, analitik ağaç, hiyerarşik diyagramı ya da dendogram olarak da adlandırılmaktadır. Sorunları çözmek için en uygun ve etkili olan adımları planlamaya yardımcı olan bu yöntemde olaylar kök-dal ilişkisi biçiminde gösterilmektedir (Akpınar, 2018). Diyagramın her bir dalı olası bir sonucu temsil eder. Bir sorunu çözüme ulaştırmak için art arda gelen tüm süreci ve bu süreci etkilediği varsayılan tüm nedenleri dikkatle inceleyerek sorunun analiz edilmesini kolaylaştırıp, olası tüm sonuçları basit bir şekilde gösterdiği için sıkça kullanılır (Besterfield, 2004; Dale, 2003, s. 334-335).

Ağaç diyagramı; yeni bir ürünün tasarım veya kalite planının oluşturulmasında, yeni amaç ve politikaların belirlenmesinde, sorunu çözmek veya hedefe varmak için nedenleri en aza indirmekte, ilişki ve yakınlık diyagramları ile açıklanamayan sorunlarda kullanılmaktadır (Besterfield, 2004).

Şekil 13'te ağaç diyagramı oluşturulurken atılacak adımlar sıralanarak, ağaç diyagramının genel yapısı gösterilmektedir.

Şekil 13 Ağaç Diyagramı



Kaynak: Kılıç, 2006, s. 64.

2.4.13.Ok Diyagramı (Arrow Diagram)

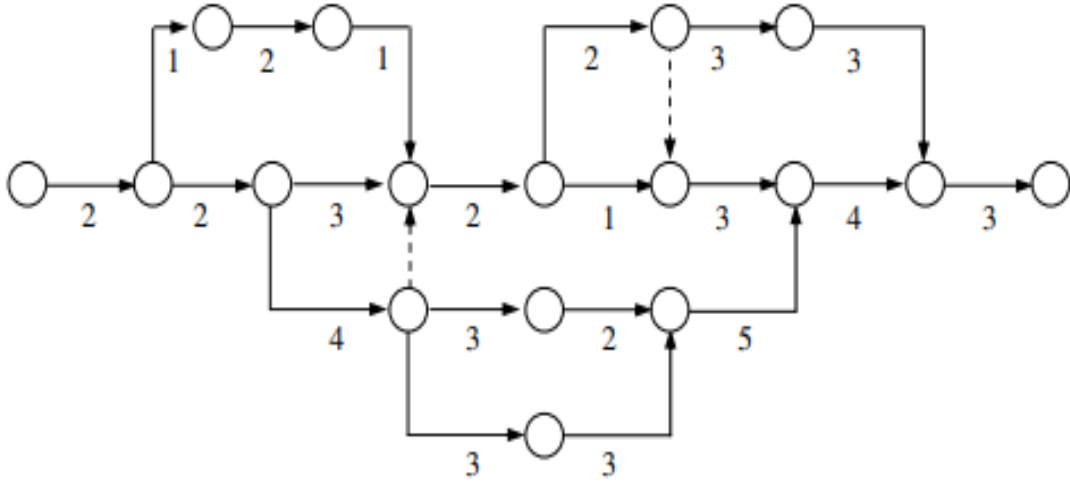
Ok diyagramları süreç ile ilgili yapılacak görevleri sıralamak için kullanılmaktadır. Gereken görev sırasını, tüm proje için en uygun zamanlamayı, ciddi sonuçlar doğuracak problemlerin kaynağını ve çözümünü göstermektedir. Tablo 15'te ok diyagramı oluşturulurken kullanılan semboller gösterilmiştir. Ok diyagramındaki aktivitede, her aktivite iki daireyi birbirine bağlayan bir okla temsil edilir. Bu kısımlara düğüm denilmektedir. Düğümler, aktiviteler arasındaki geçişleri temsil eder ve etkinlik olarak adlandırılır. Bir aktivitenin süresi, onu temsil eden ok tarafından yazılarak, belirtilmektedir (Prestilda, 2012). Şekil 14'te Ok Diyagramı genel yapısı gösterilmiştir.

Tablo 15 Ok Diyagramında Kullanılan Semboller

İşlem	Sembol	Anlam
İşlem	→	Planı gerçekleştirmek için izlenilmesi gereken yolu gösterir.
Bağlantı Noktası	○	İşlemleri gösterir.
İşlem Numarası	③	İşlem sırasını gösterir.
Kukla İşlem	----->	Eş zamanlı paralel işlemleri bağlarken ardışık ilişkileri gösterir.

Kaynak: Kılıç, 2006, s. 67.

Şekil 14 Ok Diyagramı Genel Yapısı



Kaynak: Kılıç, 2006, s. 68.

2.4.14. Süreç Karar Program Tablosu (Process Decision Program Chart-PDPC)

Süreç Karar Program Tablosu, PDPC olarak da bilinen Process Decision Program Chart' ın baş harflerinden oluşan kısaltmasından adını almıştır. Bu yöntem bir sürecin tasarlanmasında ve geliştirilmesinde büyük rol oynamaktadır (Prestilda, 2012).

PDPC yöntemi süreç içindeki gereksiz adımların ortadan kaldırılması için geliştirilmiş bir planlama yöntemidir. Süreç içindeki alternatifleri bulup, maksimum

seviyede verim almayı sağlayacak en iyi alternatifin seçilmesi için kullanılan grafiksel bir yöntemdir. İstenilen bir sonuca ulaşmak veya istenmeyen bir olayı önlemek için gereken eylem ve kararların alınmasını kolaylaştırır. Bu süreçte en uygun zamanın belirlenebilmesi için kişilerarası iyi bir iletişim aracı görevini de yapar (Shahin, Arabzad, & Ghorbani, 2010).

Süreç Karar Program Tablosu aşağıdaki şekilde oluşturmaktadır (Prestilda, 2012):

1. Öncelikle sürece uygun bir ağaç diyagramı belirlenir.
2. Ağaç diyagramının her bir dalı için, beyin fırtınası yöntemi ile olası riskler tahmin edilir.
3. Riskleri vurgulamak ve olası önlemleri tanımlamak için farklı şekilli kutular kullanılır,
4. Belirlenen her potansiyel risk için alınabilecek önlemler tekrar beyin fırtınası yöntemi ile belirlenir.
5. Bu önlemler de ilgili riskin alt başlığı olarak ağaç diyagramına eklenir.
6. Riski ortadan kaldırmak veya riskin oluşturacağı sapmanın ortaya çıkmasını engellemek için her önlem için maliyet, gerekli zaman, uygulanabilirlik gibi belirli durumlar göz önüne alınarak karar verilir.

2.4.15. Çetele Diyagramı

Çetele Diyagramı, verileri sistematik bir şekilde toplamak ve kaydetmek amaçlı kullanılan yöntemdir (Neyestani, 2017, s. 1-10). Kullanım kolaylığı sayesinde elde edilen veriye ait tüm istatistiksel özelliklerin (hata, uygunsuzluk, makine veya ekipman kaynaklı arıza), gözlemci tarafından anında görülebilmesine imkân tanır. Takip edilen süreç ile ilgili toplanan verilerle, hangi tip gelişmelerin, aksaklıkların veya hata tiplerinin yaşandığını göstermesi ve tüm bunların hangi aralıklarla meydana geldiğinin saptamasında etkili bir yöntem olması sıkça kullanılmasına sebebidir.

Çetele Diyagramları toplanan verinin tipini ve ortaya çıkma aralığını gösterirken, nedenini ve kaynağını göstermemektedir. Bu nedenle çetele diyagramını hazırlayan kişilerin konuya hâkim olmaları ve gerekli birikime sahip olmaları önemlidir. Çünkü burada elde edilen verilerin belirli bir amaç için bilgiye dönüştürüp hata nedenlerini

incelemek amacıyla başka teknikler de kullanabilme yeteneğinin mevcut olması gerekmektedir. Çetele Diyagramlarından elde edilen veriler Histogram, Pareto diyagramı ve Neden-Sonuç diyagramı gibi bir sonraki analiz ve düzeltici eylem için kaynak oluşturur (Gümüsoğlu, 2000, s. 139-145).

Tablo 16 Çetele Tablosu

ÇETELE		
Ürün:	Tarih: Fabrika: Bölüm: Gözlemcinin Adı: Lot no: Sipariş no:	
Üretim Aşaması: Son muayene kontrol		
Arıza türü: çizik, eksik, deforme olmuş		
İncelenmiş Toplam Sayı:		
Notlar: Tüm numuneler incelendi		
Tür	Kontrol	Toplam
Yüzey çizikleri	///// ///// ///// ///// ///// ///// //	32
Kırıklar	///// ///// ///// ///// ///	23
Eksik	///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// //	48
Deforme Olmuş	////	4
Diğerleri	///// ///	8
	<i>Genel Toplam</i>	115
Toplam Iskarta	///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// ///// //////	86

Kaynak: Karaca, 2012, s. 8.

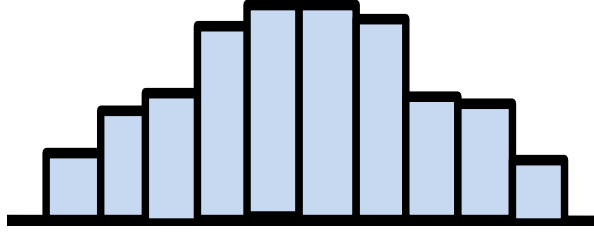
2.4.16. Histogram

Çetele diyagramı ile toplanan istatistiksel verilerin sıklık dağılımını göstermeye yarayan birbirine yapışık sütun şeklindeki grafiklerdir (Vrincut, 2014, s. 1122-1127). Fransız istatistikçi Andre Michel Guerry tarafından 1833 yılında geliştirilen histogram, verilerin görsel olarak net bir şekilde analiz edilmesini kolaylaştıran en güçlü yöntemlerden biridir (Zairi, 1991, s. 111).

Histogram grafikleri dik koordinat sistemi üzerine çizilir. Yatay eksene tabanları eşit olarak tasnif edilen veriler yazılırken, dikey eksene ise bu verileri gösteren

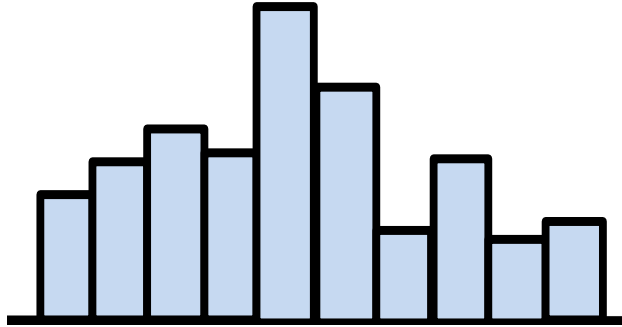
kolonların uzunluğunu belirleyen yayılım sıklığı yani frekans değerleri yazılır (Akın & Öztürk, 2005, s. 4). Şekil 15 ve Şekil 16’da farklı tip dağılımları gösteren histogramlara örnektir.

Şekil 15 Genel Tip Histogram



Kaynak: Kurt, 2013, s. 27.

Şekil 16 Tarak Tip Histogram



Kaynak: Kurt, 2013, s. 27.

2.4.17. Neden-Sonuç Diyagramı

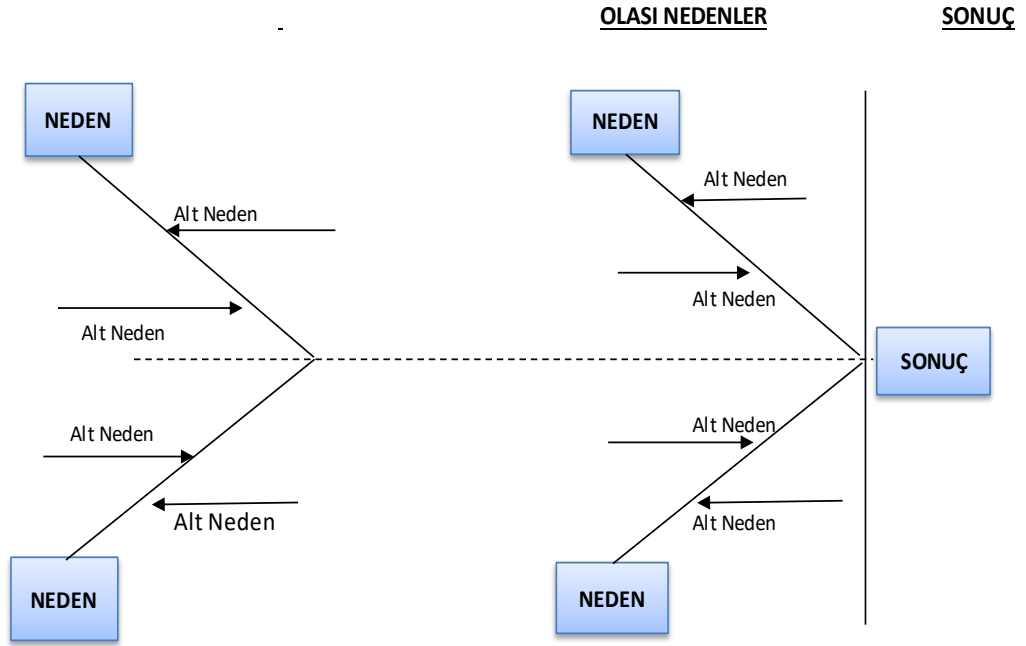
Neden –Sonuç Diyagramı, ilk kez 1943 yılında Japon kalite gurularından, kalite Tokyo Üniversitesi profesörü Kauro Ishikawa tarafından geliştirilmiştir. Ishikawa Diyagramı ya da görsel gösterimi nedeniyle Balık Kılıcı Diyagramı adıyla da bilinmektedir (Neyestani, 2017, s. 1-10).

Neden-Sonuç Diyagramı, tanımlanmış tek bir sorunun ya da hatanın tüm nedenlerini analiz ederek araştırmak için kullanılan etkili bir araçtır. Bu yöntemde,

sonuç ele alınan hatayı olumlu ya da olumsuz temsil etmektedir. Hatanın kök nedenini keşfetmeye ve onu iyileştirmeye yardımcı olacak fikirleri ortaya çıkarmaktadır (Dale, 2003, s. 327-329).

Diyagram tecrübeli ve deneyimli bir ekip tarafından, özellikle beyin fırtınası gibi tekniklerin kullanımıyla hazırlanır. Tüm nedenler sistematik olarak çevre, malzeme, yöntem, insan, makine ve ölçüm gibi genel kategorilere ayrılır ve gerekli ise yeni kategoriler eklenerek diyagram oluşturur. Neden-Sonuç diyagramının en önemli amacı, hataya sebep olan tüm faktörleri daha küçük ve kolay çözülebilecek parçalara ayırarak, hepsini bir arada görmeyi sağlaması olup, Şekil 17’de gösterilmektedir (Neyestani, 2017, s. 1-10).

Şekil 17 Neden-Sonuç Diyagramı



Kaynak: <http://www.gbmut.com/balik-kilcigi-ishikawa/#more-21191>

(E.T. 14.07.2019)

2.4.18. Pareto Analizi

Pareto Analizi 19.yüzyılda yaşamış olan İtalyan iktisatçı ve sosyolog Wilfredo Pareto tarafından ülkedeki gelir dağılımının eşit olmadığını açıklamak için geliştirilmiştir (Neyestani, 2017, s. 1-10).

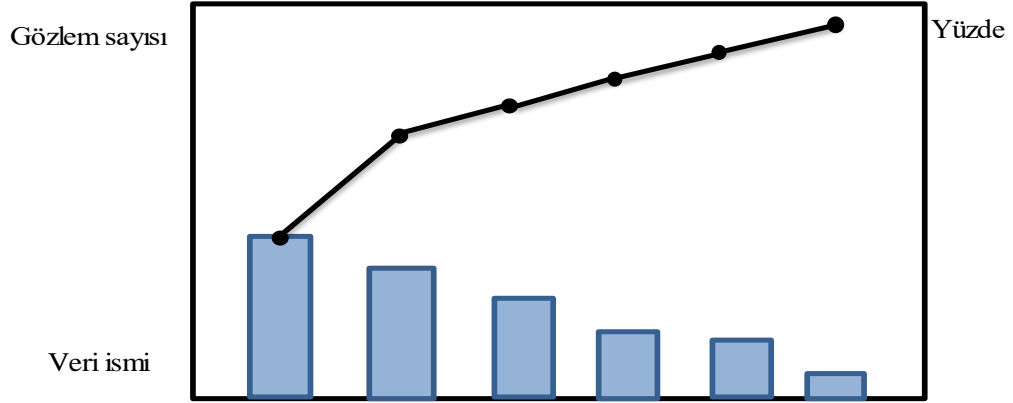
Literatürde 80/20 kuralı olarak da bilinen Pareto analizi bir karar verme aracıdır. Juran, Pareto analizinin birçok alana uygulanabilecek evrensel bir yöntem olduğunu kabul ederek, kalite kontrol sorunları üzerinde uygulamaya başlamış ve “hayati azınlık” ve “önemsiz çoğunluk” ifadeleri ile ele almıştır (Juran & Godfrey, 1998, s. 143-146; Fouad & Mukattash, 2010, s. 693-700).

Pareto Analizi, herhangi bir süreçte ortaya çıkan hataların, problemlerin ya da olayların nedenlerini önem derecesine göre sıralayarak grafiksel olarak göstermeye yarayan araçlardan biridir. Farklı sayıdaki önemli nedenleri daha az önemde olan diğer nedenlerden ayırmaya imkân sağlar. Tespit edilen kritik noktalarda, gerekli müdahalenin yapılmasını ve düzeltici faaliyetlerin devreye sokulmasını kolaylaştırdığından çok yaygın bir kullanım alanına sahiptir (Magar & Shinde, 2014, s. 364-371). Şekil 18’de Pareto Diyagramı gösterilmiştir.

Asıl amacı en önemli problemleri ve nedenleri belirlemek olan Pareto Analizinin hazırlanmasındaki adımlar şunlardır (Dale, 2003, s. 325-326; Magar & Shinde, 2014, s. 364-371):

1. Süreçteki hangi sorunların analiz edileceğine karar verilir.
2. Verilerin toplanacağı zaman aralığına karar verilir.
3. Toplanacak olan veriler için hangi sınıflandırma şeklinin kullanılacağı belirlenir.
4. Sorunlar ana nedenlerine göre kategorilere ayrıldıktan sonra en son haneye “diğerleri” yazılır. Bunun nedeni diğerleri hanesinin az sayıdaki farklı birçok sorundan oluşmasıdır.
5. Ayrılan her bir kategorinin frekansı hesaplanır.
6. Her kategorinin frekans yüzdesi ve kümülatif frekansı hesaplanır.
7. Veriler çubuk grafik olarak düzenlenir ve hatalar frekansın azalan sırasına göre listelenir.
8. Pareto diyagramında dikey eksenle hataların toplamları ve yüzdeleri yer alırken, yatay eksenle kategorileri gösteren çubuk diyagramlar yer alır.
9. İlk çubuğun sağ üst köşesinden başlayarak kümülatif yüzde eğrisi yani Pareto eğrisi çizilir.

Şekil 18 Pareto Diyagramı



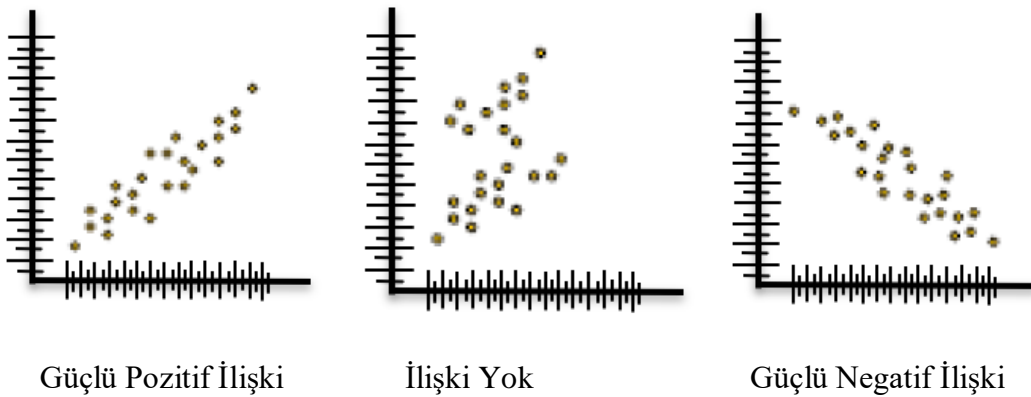
Kaynak: https://tr.wikipedia.org/wiki/Pareto_diyagram%C4%B1 (E.T. 13.07.2019)

2.4.19. Dağılma Diyagramı

Süreçteki bir problemi çözerken, üretilen ürün kalitesini iyileştirirken ya da mevcut bir durumu analiz ederken problem üzerinde etkili olabileceği düşünülen faktörlerin sorun üzerindeki etki derecelerini tespit etmek amacıyla dağılma diyagramları kullanılır (Juran & Godfrey, 1998, s. 1606).

Sebeup-sonuç ilişkisine dayalı iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin belirtilmesine yardımcı olur. Değişkenler arasında doğrusal ilişkinin zayıf, güçlü, pozitif yönlü ya da negatif olarak belirlenmesini sağlar (Neyestani, 2017; Magar & Shinde, 2014, s. 364-371). Şekil 19’da dağılma diyagramı çeşitlerine örnek gösterilmiştir.

Şekil 19 Dağılma Diyagramı Çeşitleri



Kaynak: <https://slideplayer.biz.tr/slide/3397731/> (E.T.14.07.2019)

Bir dağılıma diyagramı şu adımlara uyularak hazırlanmalıdır (Montgomery, 2009, s. 204-205):

- Korelasyonu analiz edilecek olan değişkenler, (x,y) veri çiftleri halinde bir tabloya kaydedilir.
- Değerlerin alt ve üst sınırları tespit edilerek diyagramın x,y eksenleri oluşturulur. x eksenini bağımsız değişkeni (açıklayan) temsil ederken, y eksenini ise bağımlı değişkeni (açıklanan) temsil eder.
- Her bir x değerine karşılık gelen y değerlerinden oluşan (x,y) veri çiftlerinin oluşturduğu noktalar dağılıma diyagramını belirtir.

2.4.20. Gruplandırma (Sınıflandırma) Analizi

Gruplandırma analizi, ilk olarak Londra’ da kullanılmıştır. 19. yüzyıl ortalarında görülmeye başlayan tifo salgınının yayılmasını önlemeye çalışan epidemiyolojistler tarafından kullanılan diyagramda, tifo salgının yoğunlaştığı bölgeler belirlenmiş ve haritalar üzerinde noktalar koyularak işaretlenmeye başlanmıştır. Salgından ölen kişilerin yoğunlaştığı bölgelerde önlem alınmasını kolaylaştırarak salgının diğer bölgelere ve insanlara ulaşmasını kontrol altına almayı sağlamıştır (Friendly & Denis, 2005, s. 103-130).

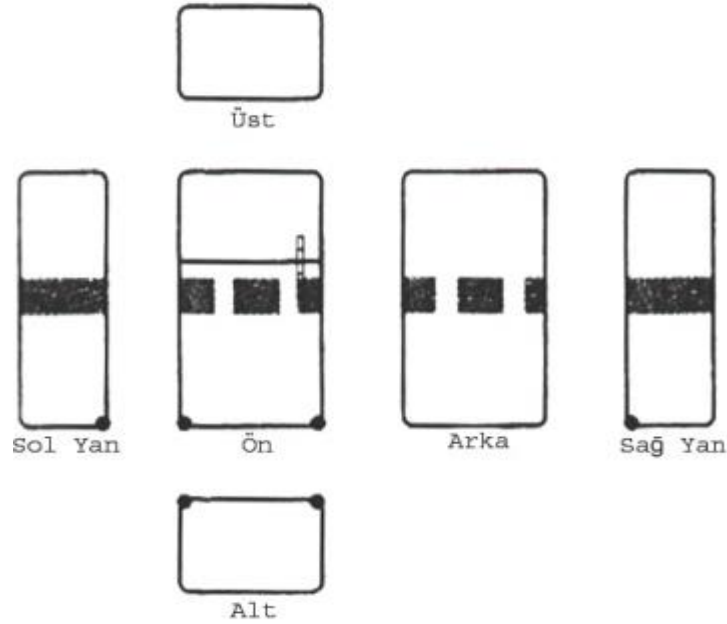
Verileri belirli kategorilere ve özelliklere göre sınıflandırmada kullanılan en kolay ve etkili yöntemlerden biridir. Gruplandırma, hataya neden olan kaynağın ve önceliğinin belirlenmesi için kullanılır. Gruplandırma yöntemi tek başına analiz yaparak hatayı çözmeye elverişli olmadığından, diğer yöntemlerden Çetele tablosu, Histogram, Pareto ve Neden-Sonuç diyagramı ile beraber kullanılarak birbirini tamamlar (Kölük, Dilsiz, & Kartal, 2012).

Gruplandırma yöntemi farklı birçok durum veya koşulda kullanılabilir. Hatanın kaynağı hakkında daha fazla bilgi toplamak için dağınık bir şekilde yer alan veriler önce sınıflandırılır, daha sonra da değişkenlik kaynaklarına göre ortak gruplar halinde ayrı ayrı kaydedilip, değerlendirilir. Gruplandırmada veriler, genellikle aşağıda verilen ortak gruplara ayrılır (Magar & Shinde, 2014, s. 364-371):

- Hata türüne göre
- Vardiya türüne göre
- Güne göre
- Makineye göre
- Partiye göre
- Çalışana göre

Montgomery (2009), gruplandırma analizini kitabında imalatı bitmiş olan buzdolabı örneği ile açıklamıştır. Tablo 17’ de imalatı biten buzdolabı için kullanılan Gruplandırma Analizi verilmiştir. Buzdolabı yüzeyinde gözlenen hatalı kısımlar, ürünün üzerinde işaretlenmiştir. Daha sonra analiz incelendiğinde gözlenen bu hatanın bir birimden diğerine taşınırken etrafına sarılan kayışın çok sıkı bağlandığı ve bu yüzden buzdolabının yüzeyinde izler meydana getirdiği sonucuna varılmıştır.

Tablo 17 Gruplandırma Analizi



Kaynak: Montgomery, 2009, s. 204.

2.4.21. Kontrol Grafikleri

Doğada hiçbir şeyin birbiri ile tıpatıp aynı olması beklenemez ve imkânsızdır. Aynı durum üretim sektörü içinde geçerlidir. Aynı işçi tarafından, aynı makinadan ve

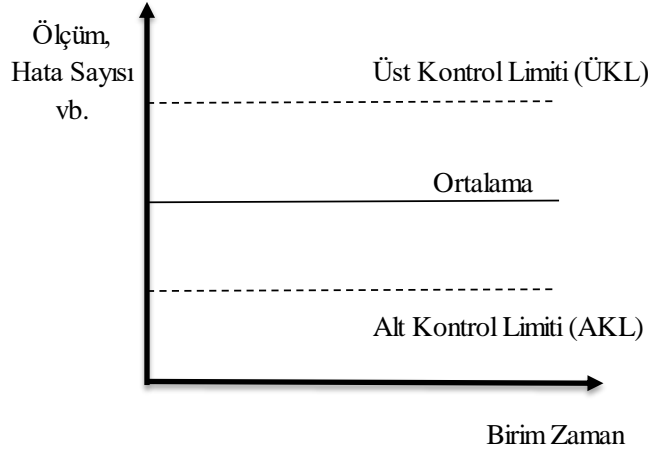
hatta aynı zaman aralığında üretim süreci gerçekleşen ürünler de bile rastgelelikten kaynaklanan bir farklılık olabilmektedir. Ancak bu ürünlerin ortalama kalitesine etki etmeyen doğal nedenlerden kaynaklanan bir değişkenliktir. Süreçte ortaya çıkan değişkenlikler özel nedenlerden kaynaklandığında sürecin istatistiksel olarak kontrol dışına çıkmasına neden olur. Dolayısıyla bu değişkenliğin giderilmesi önemlidir. En önemlisi ve en çok kullanılan olan kontrol grafikleri da süreçte meydana gelen bu değişkenlikleri saptayarak, buna neden olan özel ve genel nedenleri birbirinden ayrılmasını sağlayan bir grafik analiz yöntemidir (Gümüšođlu, 2000, s. 139-145).

Kontrol grafiklerinin teorik yapısı ilk olarak Bell Telefon Laboratuvarlarında istatistik bilimci olarak çalışan Walter A. Shewhart tarafından ortaya konmuştur. İzlenen sürecin güvenli ve daha az maliyet ile kontrol altına alınmasına olanak sağlayan ve endüstrilerde en sık tercih edilen yöntemlerin başında gelmektedir. Shewhart kontrol grafikleri olarak da adlandırılan kontrol grafikleri, ürünün istenen kalite limitleri arasında olup olmadığını belirlerken, süreç hakkındaki geçmiş deneyimleri de ortaya koyarak istenen kronolojik (saat, gün, hafta, ay, yıl vb.) sıralamaya göre karşılaştırma yapmaya yardımcı olmaktadır. Ürünlere düzeltici önlemler alınmasını ve tekrar kabul edilebilir sınırlar içine dahil edilmesine olanak tanıyarak sürecin istatistiksel olarak analiz edilmesini kolaylaştırmaktadır. Birçok üretim sıkıntısının en başında tespit edilerek düzeltilmesini mümkün kılan kontrol grafikleri, bu sayede ürünlerin kalitesini arttırarak düzeltmek için yeniden işleme alma maliyetlerinin azalmasını sağlayarak üretici açısından ekonomikliği ifade etmektedir (Firuzan & Ayvaz, 2005, s. 1-9).

Öte yandan her ürün için belirlenen bir standart olduğu gibi kabul edilebilir sapmaları tanımlayan tolerans limitleri de belirlenmektedir. Ürünün tasarım aşamasında belirlenen standart ve tolerans limitleri esas alınarak belirli sınırlar içerisinde üretim yapılmaya çalışılmaktadır. Üretici açısından kalite düzeyinin arttırılması, tolerans limitleri olarak belirlenmiş sınırlar içinde kalarak üretimin gerçekleştirilmesi ile doğru orantılıdır. Kontrol grafikleri bir sürecin kontrol altında olup olmadığını belirlemesinin yanında müşteri tarafından tanımlanan tolerans limitlerini karşılayabilecek kapasiteyi belirlemede yardımcı olan istatistiksel bir grafikdir (Magar & Shinde, 2014, s. 364-371).

Bir kontrol grafiği üç yatay çizgiden oluşur. Bunlar merkez çizgisi (MÇ) ile alt kontrol limiti (AKL) ve üst kontrol limiti (ÜKL) olarak adlandırılmaktadır. Şekil 20' de gösterilmektedir.

Şekil 20 Kontrol Grafiği



Kaynak: Montgomery, 2009, s. 13-14

Merkez çizgi, üretim sürecinde zaman içinde elde edilen verilerin ortalamasını göstermektedir. Üretim sürecinde her şey yolunda ve olması gerektiği şekilde iken kalite karakteristiğinin alacağı değeri temsil etmektedir ve düz bir çizgi ile gösterilmektedir (Montgomery, 2009, s. 13-14).

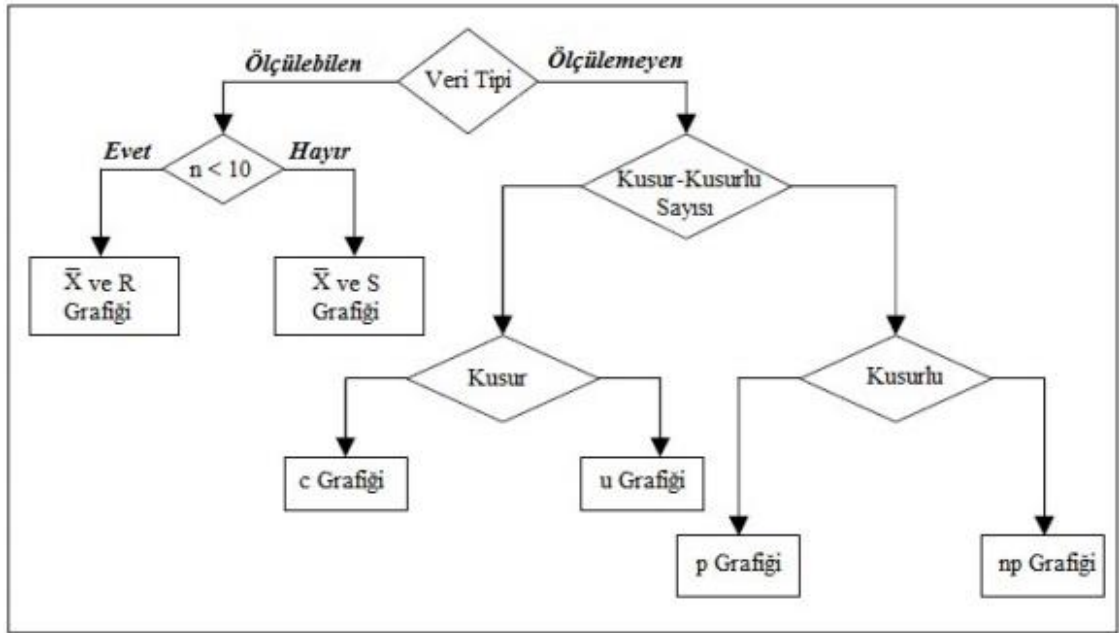
Üst ve alt kontrol limitleri, üretim sürecinden toplanan verilere göre hesaplanan ve merkezi çizgiye eşit uzaklıkta bulunan sınırları göstermektedir. Üretim süreci kontrol altında iken, tüm veriler AKL ve ÜKL arasında rastgele dağılır. Verilerin AKL ve ÜKL dışında olması üretim sürecinin kontrolde olmadığını ve duruma neden olan sorun veya sorunlar tespit edilerek düzeltilir. Kontrol dışındaki noktalar tipik bir özel sebep belirleyicisidir (Suman & Prajapati, 2018).

Süreç içinde üretilen ürünlerin kalitesi rassallıktan kaynaklanan farklılıkların etkisi altındadır ve bu farklılıklar “doğal nedenler” olarak adlandırılmaktadır. Bunlar sürecin doğasında bulunan ve nedeni belirlenemeyen kaynaklardan oluşmaktadır. Malzemenin ölçüsü, sertliği, makinanın titreşimi, hatalı muayene ekipmanı, ortamın tozlu olması doğal nedenlere örnek olarak gösterilebilir. Kontrol limitleri doğal nedenlerden kaynaklanan farklılıkların çizgisini oluşturmaktadır. Doğal nedenlerin haricinde ürünlerin kalite değerlerini değiştiren, kontrol limitleri dışında kalan ve kaynağı tespit edilebilen farklılıklara “özel nedenler” denilmektedir. Süreçte ortaya çıkan bu durumlar önlem alınması gerektiğini bildirmektedir (Elevli & Behdioğlu, 2006, s. 19-26).

Kontrol grafiklerinin asıl amacı süreç içerisinde ortaya çıkan kalite farklılıklarının doğal nedenlerden mi yoksa özel nedenlerden mi kaynaklandığını hızlı bir şekilde belirlemek ve kusurlu üretilmiş olan ürün sayısı artmadan önce süreci kontrol altına alacak düzeltici önlemleri alabilmektir (Montgomery, 2009, s. 13-14).

Kontrol grafikleri kendi içinde farklı birçok türe sahiptir. İncelenecek olan kalite karakteristiğine bağlı olarak kullanılacak kontrol grafiğinin seçimini karar ağacı Şekil 21' de verilmiştir (Ertuğrul & Karakaşoğlu, 2006, s. 65-80).

Şekil 21 Shewhart Kontrol Grafiklerinin Genel Sınıflandırılması



Kaynak: Ertuğrul & Karakaşoğlu, 2006, s. 65-80.

Süreçte toplanan kalite karakteristiği uzunluk, ağırlık, hız, miktar vb. gibi farklı birçok alet ve cihazla ölçülebilir ya da rakamsal olarak ifade edilebilir niceliksel bir özellik ise ölçülebilir kalite karakteristiği için kontrol grafikleri kullanılır. Ancak uygun-uygun değil, sağlam-sağlam değil, pürüzlü-pürüzlü değil vb. gibi ölçülemeyen ve rakamsal olarak ifade edilemeyen niteliksel bir özellik ise ölçülemeyen kalite karakteristiği için kontrol grafikleri kullanılır (Elevli & Behdioğlu, 2006, s. 19-26).

2.4.21.1. Ölçülebilir Kalite Karakteristiği İçin Kontrol Grafikleri

Ölçülebilir kalite karakteristikleri için sıklıkla kullanılmakta olan \bar{X} (ortalama), R (dağılım genişliği) ve S (standart sapma) kontrol grafikleridir. \bar{X} kontrol grafikleri ortalamayı kontrol etmek için kullanılırken, R ve S grafiği sürecin değişkenliğini kontrol etmek için kullanılır. Genellikle niceliksel verilerin istatistiksel süreç kontrolünde \bar{X} -R veya \bar{X} -S kontrol grafik çiftleri birlikte kullanılır (Montgomery, 2009, s. 227).

R ve S kontrol grafiklerinden hangisinin kullanılacağı alt grup örneklem büyüklüğüne bağlıdır. Alt grup örneklem büyüklüğü 10' dan az olması durumunda \bar{X} ve R kontrol grafikleri kullanılırken, 10'a eşit veya 10' dan fazla olması durumunda ise \bar{X} ve S kontrol grafiklerinin kullanılması önerilmektedir (Kurt, Imren, Karayılmazlar, & Çabuk, 2018, s. 652-653).

\bar{X} Kontrol Grafiği

\bar{X} kontrol grafiği, sürece ilişkin ortalamanın değişimini izlemek için kullanılır. Eğer süreç parametrelerinin süreç ortalaması (μ_x) ve süreç standart sapması (σ_x) biliniyor ise \bar{X} kontrol grafiğinin üst kontrol limiti (ÜKL), alt kontrol limiti (AKL) ve merkez çizgisi (MÇ) aşağıdaki gibi hesaplanır (Montgomery, 2009, s. 251; Juran & Godfrey, 1998, s. 1290).

X = Süreçten alınan gözlem değeri

\bar{X} = Alt gruba ilişkin örnek ortalaması

k = Alt grup sayısı

n = Örneklem büyüklüğü

σ = Süreç standart sapması

μ = Süreç ortalaması

R = Dağılım genişliği

$$\text{ÜKL} = \bar{\mu}_x + 3 \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \quad (2.5)$$

$$AKL = \mu_X - 3 \frac{\sigma_X}{\sqrt{n}} \quad (2.6)$$

$$MÇ = \mu_X \quad (2.7)$$

Ayrıca kontrol grafikleri elde edilirken sabit faktör değerleri olarak bilinen özel parametreler olan A, A₂, A₃, B₃, B₄, D₂, D₄, d₂, d₃ değerleri EK 1' deki tablodan yararlanılarak elde edilmiştir. A değeri farklı n değerleri için tablolaştırılarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}} \quad (2.8)$$

Yukarıda verilen tanımlara göre \bar{X} kontrol grafiğinin MÇ, AKL ve ÜKL'si aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\text{ÜKL} = \mu_X + A\sigma_X \quad (2.9)$$

$$AKL = \mu_X - A\sigma_X \quad (2.10)$$

$$MÇ = \mu_X \quad (2.11)$$

Süreç parametreleri bilinmediğinde parametreler gözlem değerlerinden elde edilir. μ 'nün en iyi tahmin edicisi $\bar{\bar{X}}$ olmak üzere;

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{X}_i \quad (2.12)$$

biçiminde hesaplanır.

σ_x 'in bilinmediği durumlarda ise, k alt grubun dağılım genişliğinden elde ederek bulunur. σ_x 'in tahmin edicisi $\hat{\sigma}_x = \frac{R}{d_2}$ olup, d₂ değerleri farklı n değerleri için EK-1' de gösterilmiştir (Montgomery, 1997, s. 677).

Eğer sürecin parametreleri σ_x ve μ_x bilinmiyor ise \bar{X} kontrol grafiğinin kontrol limitleri;

$$\bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{R}_i \quad (2.13)$$

$$\bar{ÜKL} = \bar{\bar{X}} + \frac{3}{d_2 \sqrt{n}} \bar{R} \quad (2.14)$$

$$\bar{AKL} = \bar{\bar{X}} - \frac{3}{d_2 \sqrt{n}} \bar{R} \quad (2.15)$$

$$\bar{MÇ} = \bar{\bar{X}} \quad (2.16)$$

biçimindedir.

$A_2 = \frac{3}{\sqrt{nd_2}}$ değerleri farklı n değerleri için EK-1' de gösterilmiştir. \bar{X} kontrol

grafığının kontrol limitleri;

$$\bar{ÜKL} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (2.17)$$

$$\bar{AKL} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (2.18)$$

$$\bar{MÇ} = \bar{\bar{X}} \quad (2.19)$$

biçimindedir.

σ_x örneklem standart sapmasından diğer bir tahmin edicisi olan S_i elde edilir. \bar{S} , σ_x 'nin yansız tahmini değildir. Normal kitleden alınmış olan n büyüklüğündeki örneklemelerin standart sapmalarının dağılımını saptamak mümkün olduğu için \bar{S} ile σ_x birbirleri ile ilişkilendirilebilir.

$c_4 = \frac{\bar{S}}{\sigma_x}$ oranı "1"den küçük olup, n büyüdükçe 1'e yaklaşır. c_4 faktörü

bilinmeyen kitle standart sapması σ_x '1, \bar{S} ' dan tahmin etmek için kullanılabilir. σ_x 'nin yansız tahmini $\frac{\bar{S}}{c_4}$ şeklinde ifade edilip, c_2 faktörü farklı n değerleri için EK-1' de tablolaştırılmıştır.

$$\hat{\sigma}_x = \frac{\bar{S}}{c_4}, \quad E\left(\frac{\bar{S}}{c_4}\right) = \sigma_x \quad \text{ya da} \quad \frac{E(\bar{S})}{\sigma_x} = c_4 \quad \text{şeklinde elde edilir (Kamoy, 2002, s.}$$

48).

Bu durumda \bar{X} kontrol grafiklerinin limitleri;

$$\text{ÜKL} = \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{S}}{\sqrt{nc_4}} \quad (2.20)$$

$$\text{AKL} = \bar{\bar{X}} - \frac{3\bar{S}}{\sqrt{nc_4}} \quad (2.21)$$

$$\text{MÇ} = \bar{\bar{X}} \quad (2.22)$$

biçimindedir.

$$A_3 = \frac{3}{\sqrt{nc_4}} \quad \text{değerleri farklı } n \text{ değerleri için EK-1' de tabloleştirilmiştir. } \bar{\bar{X}}$$

kontrol grafiklerinin limitleri;

$$\text{ÜKL} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S} \quad (2.23)$$

$$\text{AKL} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S} \quad (2.24)$$

$$\text{MÇ} = \bar{\bar{X}} \quad (2.25)$$

biçiminde hesaplanır.

Yukarıdaki eşitliklerde \bar{S} , k alt grubu için;

$$\bar{S} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k S_i \quad (2.26)$$

biçiminde ifade edilir.

\bar{X} kontrol grafiklerinde belirlenen noktalar şu nedenlerle limit dışına çıkmaktadır (Koç, 2000);

- Üretimde kullanılan malzemenin değişmesi,
- Makinanın yanlış ayarda olması,
- Daha önce uygulanan teknikte değişim yapılması,
- Operatör müdahalesinin yanlış yapılmasıdır.

R Kontrol Grafiği

R kontrol grafiği, süreçteki değişimleri gözlemlemeyi sağlar ve kalitedeki dağılımın araştırılmasında en çok başvurulan araçtır. Örneklem, üretimin belirli aralığında yer alan n birim ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) X_i 'lerin maksimum ve minimum değer arasındaki fark dağılım genişliği R olup;

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (2.27)$$

eşitliği ile hesaplanarak elde edilmektedir. Sürecin parametreleri bilindiğinde R kontrol grafiklerinin ÜKL, AKL ve MÇ' si;

$$\text{ÜKL}_R = \mu_R + 3\sigma_R \quad (2.28)$$

$$\text{AKL}_R = \mu_R - 3\sigma_R \quad (2.29)$$

$$\text{MÇ}_{sR} = \mu_R \quad (2.30)$$

biçimindedir.

R kontrol grafiklerinin ortalaması $\mu_R = d_2\sigma_x$ ve standart sapması $\sigma_R = d_3\sigma_x$ olup farklı n değerleri olan d_2 ve d_3 EK-1' de verilmiştir (Montgomery, 2009, s. 197)

Eşitlik 2.28, 2.29 ve 2.30'dan yararlanarak bilinen σ_x ile;

$$\text{ÜKL}_R = d_2\sigma_x + 3d_3\sigma_x \quad (2.31)$$

$$\text{AKL}_R = d_2\sigma_x - 3d_3\sigma_x \quad (2.32)$$

$$\text{MÇ}_{sR} = d_2\sigma_x \quad (2.33)$$

biçimindedir.

Bu sabit değerler aşağıdaki gibi gösterilebilir;

$$D_1 = d_2 - 3d_3 \quad (2.34)$$

$$D_2 = d_2 + 3d_3 \quad (2.35)$$

Eşitlik 2.34 ve 2.35' e göre kontrol limitleri tekrar yazılırsa;

$$\text{ÜKL} = D_2 \sigma_x \quad (2.36)$$

$$\text{AKL} = D_1 \sigma_x \quad (2.37)$$

$$\text{MÇ} = d_2 \sigma_x \quad (2.38)$$

σ_x 'in bilinmediği durumlarda R kontrol grafiklerinin kontrol limitleri $\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$

kullanılarak;

$$\text{ÜKL} = \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (2.39)$$

$$\text{AKL} = \bar{R} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (2.40)$$

$$\text{MÇ} = \bar{R} \quad (2.41)$$

biçimindedir.

$D_3 = 1 - 3\frac{d_3}{d_2}$ ve $D_4 = 1 + 3\frac{d_3}{d_2}$ değerleri hesaplandığında 2.39, 2.40 ve 2.41

eşitliklikleri;

$$\text{ÜKL}_R = D_4 \bar{R} \quad (2.42)$$

$$\text{AKL}_R = D_3 \bar{R} \quad (2.43)$$

$$\text{MÇ}_R = \bar{R} \quad (2.44)$$

olarak yeniden yazılabilir (Montgomery, 2009, s. 243).

S Kontrol Grafiği

S kontrol grafikleri, R kontrol grafikleri ile aynı amaçta olup, sürecinin ortalamasının ve üretim sürecindeki değişkenliğinin kontrol altında olup olmadığını izlemek amacıyla kullanılmaktadır. X kontrol grafiği yine ortalamayı gösterirken, S kontrol grafiği ölçüm ortalamasına göre sapmalarını göstermektedir. Üretim sürecindeki değişimleri ortaya çıkarıp, önlem alınmasını kolaylaştırmaktadır (Montgomery, 2009, s. 251).

Başka bir deyişle standart sapma kontrol grafiği, örneklem büyüklüğünün 10'dan fazla olması ya da örneklem büyüklüğünün değişkenlik göstermesi halinde kullanılmaktadır (Gümüşoğlu, 2000, s. 139-145).

S kontrol grafiğinde örneklemelerin kontrol limitleri içinde kalıp kalmaması üretim süreci hakkında bilgi vermektedir. Örneklemelerin kontrol limitleri içinde kalması, örneklem standart sapmalarının kendi içinde uyumlu olduğunu ve kontrol dışı herhangi bir durumun olmadığını ifade etmektedir.

Dağılımın normal olması durumunda $E(s) = c_4\sigma_x$ ve $\sigma_s = \sigma_x\sqrt{1-c_4^2}$ biçimindedir. c_4 örneklem büyüklüğü n ' e bağlı bir sabit olup, farklı n değerleri için EK-1' de tablolaştırılmıştır. S kontrol grafiklerinin kontrol limitleri σ_x parametresi biliniyorsa;

$$\text{ÜKL} = c_4\sigma_x + 3\sigma_x\sqrt{1-c_4^2} \quad (2.45)$$

$$\text{AKL} = c_4\sigma_x - 3\sigma_x\sqrt{1-c_4^2} \quad (2.46)$$

$$\text{MÇ} = c_4\sigma_x \quad (2.47)$$

Yukarıda verilen 2.45, 2.46 ve 2.47 eşitliklerindeki sabitler tanımlanarak $B_5 = c_4 - 3\sqrt{1-c_4^2}$ ve $B_6 = c_4 + 3\sqrt{1-c_4^2}$ olarak alındığında;

$$\text{ÜKL}_S = B_6\sigma_x \quad (2.48)$$

$$\text{AKL}_S = B_5\sigma_x \quad (2.49)$$

$$MC_{\bar{S}} = c_4 \sigma_x \quad (2.50)$$

biçiminde ifade edilip, B_5 ve B_6 değerleri farklı n değerleri için EK-1' de tablolaştırılmıştır. Bu durumda $\hat{\sigma}$ bilinmediğinde S kontrol grafiği limitleri;

$$\bar{U}KL_S = \bar{S} + 3 \frac{\bar{S}}{c_4} \sqrt{1-c_4^2} \quad (2.51)$$

$$\bar{A}KL_S = \bar{S} - 3 \frac{\bar{S}}{c_4} \sqrt{1-c_4^2} \quad (2.52)$$

$$MC_{\bar{S}} = \bar{S} \quad (2.53)$$

Biçiminde elde edilir.

$$2.51, 2.52 \text{ ve } 2.53 \text{ eşitliklerinde } B_3 = 1 - \frac{3}{c_4} \sqrt{1-c_4^2} \text{ ve } B_4 = 1 + \frac{3}{c_4} \sqrt{1-c_4^2} \text{ olarak}$$

alındığında;

$$\bar{U}KL_S = B_4 \bar{S} \quad (2.54)$$

$$\bar{A}KL_S = B_3 \bar{S} \quad (2.55)$$

$$MC_{\bar{S}} = \bar{S} \quad (2.56)$$

B_3 ve B_4 değerleri farklı n değerleri için EK-1' de tablolaştırılmıştır.

Ölçülebilen kalite karakteristikleri için kullanılan eşitlikler özetlenirse; \bar{X} , R ve S kontrol grafiklerinin standartlarının bilindiği ve standartlarının bilinmediği durumlardaki parametreleri Tablo 18'de gösterilmiştir.

Tablo 18 Ölçülebilir Kalite Karakteristikleri İçin Kontrol Grafikleri ve Parametreleri

	Standartlar Bilindiğinde			Standartlar Bilinmediğinde		
	Merkez Çizgi	Üst Kontrol Limiti	Alt Kontrol Limiti	Merkez Çizgi	Üst Kontrol Limiti	Alt Kontrol Limiti
\bar{X}	μ	$\mu + A\sigma$	$\mu - A\sigma$	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} + A_2\bar{R}$	$\bar{\bar{x}} - A_2\bar{R}$
					$\bar{\bar{x}} + A_2\bar{S}$	$\bar{\bar{x}} - A_1\bar{S}$
R	$d_2\sigma'_x$	$D_2\sigma'_x$	$D_1\sigma'_x$	\bar{R}	$D_4\bar{R}$	$D_3\bar{R}$
S	$c_2\sigma'_x$	$B_2\sigma'_x$	$B_1\sigma'_x$	\bar{S}	$B_4\bar{\sigma}_x$	$B_3\bar{\sigma}_x$

Kaynak: Kamoy, 2002, s.52

2.4.21.2. Ölçülemeyen Kalite Karakteristiği İçin Kontrol Grafikleri

Ölçülemeyen kalite karakteristikleri için sıklıkla kullanılmakta olan p, np, c ve u kontrol grafikleridir. p kontrol grafiği kusurlu oranı, np kontrol grafiği kusurlu sayısını, c kontrol grafiği birim başına kusur sayısını ve u kontrol grafiği birim başına düşen kusur oranını göstermektedir. Niteliksel kontrol grafikleri eş zamanlı olarak birçok kalite karakteristiğinin birlikte değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Bozkurt, 1998).

Kusurlu Oranı (p) Kontrol Grafiği

p kontrol grafiği bir üretim sürecindeki kusurlu oranını esas almaktadır. Üretim süreci boyunca ortaya çıkan kusurlu üretimlerin, toplam ürün sayısına oranını incelemek için kullanılır. Örneklem büyüklüğünün sabit ya da değişken olduğu durumlarda en sık kullanılan tekniktir (Levy, 2019).

p kontrol grafiğinin istatistiksel temeli binom dağılımı ile ilişkilendirilir. Örneklem büyüklüğü n, kusur sayısı D ise örneklem hata oranı \hat{p} ;

$$\hat{p} = \frac{D}{n} \quad (2.57)$$

ile ifade edilir. \hat{p} rasgele değişkeninin dağılımı binomdan elde edilebilir ve ortalaması ile varyansı sırasıyla;

$$\mu_p = p \quad (2.58)$$

$$\sigma_p^2 = \frac{p(1-p)}{n} \quad (2.59)$$

biçiminde gösterilir (Montgomery, 2009, s. 290).

Eğer p kusurlu oranı biliniyorsa, p kontrol grafiklerinin limitleri;

$$\text{ÜKL} = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (2.60)$$

$$\text{AKL} = p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (2.61)$$

$$\text{MÇ} = p \quad (2.62)$$

şeklinde elde edilir.

p bilinmediğinde ise, p'nin tahmin edicisi, \hat{p} 'dan tahmin edilerek, n büyüklüğündeki k. alt grubun kusurlu oranı ve ortalama kusurlu oranı;

$$\hat{p}_i = \frac{D_i}{n}, i = 1, 2, 3, \dots, k \quad (2.63)$$

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k D_i}{kn} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{p}_i}{k} \quad (2.64)$$

sırasıyla elde edilerek bulunur. Dolayısıyla p kontrol grafiklerinin limitleri;

$$\text{ÜKL}_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.65)$$

$$\text{AKL}_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.66)$$

$$M\check{C}_p = \bar{p} \quad (2.67)$$

biçiminde ifade edilir (Montgomery, 2009, s. 291).

Kusurlu Sayısı (np) Kontrol Grafiği

Kusurlu sayısı kontrol grafiği, bir üretim sürecinde üretilen kusurlu ürünlerin oranları yerine sayısını ele alarak sürecin durumunu kontrol altında tutmaya yardımcı olmaktadır. p kontrol grafiğinden farklı olarak örneklem büyüklüğünün sadece sabit olduğu durumlarda kullanılmaktadır (Montgomery, 2009, s. 300-301).

np kontrol grafikleri için np bilindiğinde kontrol limitleri aşağıdaki gibidir;

$$\check{U}KL_{np} = np + 3\sqrt{np(1-p)} \quad (2.68)$$

$$AKL_{np} = np - 3\sqrt{np(1-p)} \quad (2.69)$$

$$M\check{C}_{np} = np \quad (2.70)$$

biçiminde elde edilir.

np bilinmediğinde ise;

$$\check{U}KL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (2.71)$$

$$AKL = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (2.72)$$

$$M\check{C} = n\bar{p} \quad (2.73)$$

biçimindedir (Montgomery, 2009, s. 301).

Birim Başına Kusur Sayısı (c) Kontrol Grafiği

Mevcut üretim sürecinde kusurun sayılabilir olduğu yani gözlem sayısına dayalı olduğu durumlarda sürecin incelenmesini sağlamaktadır. c kontrol grafiğinde önemli olan alınan her örnek için birim başına kusur sayısının belirlenmiş olmasıdır. Ürünlerdeki kusur sayısının tespiti ve kontrolü için geliştirilen c kontrol grafiklerinde Poisson dağılımı esas alınmıştır (Montgomery, 2009, s. 309).

c bilindiğinde kontrol limitleri şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\text{ÜKL} = c + 3\sqrt{c} \quad (2.74)$$

$$\text{AKL} = c - 3\sqrt{c} \quad (2.75)$$

$$\text{MÇ} = c \quad (2.76)$$

biçiminde elde edilir.

c' nin bilinmediği durumlarda c' nin tahmin edicisi gözlemlenen verilerden elde edilerek hesaplanır ve k alt grup sayısı olmak üzere \bar{c} ;

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{k} \quad (2.77)$$

olarak bulunur ve c kontrol grafiğinin limitleri ise;

$$\text{ÜKL} = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (2.78)$$

$$\text{AKL} = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \quad (2.79)$$

$$\text{MÇ} = \bar{c} \quad (2.80)$$

eşitlikleri ile elde edilir (Montgomery, 2009, s. 310).

Birim Başına Kusur Oranı (u) Kontrol Grafiği

Farklı n' ler için kullanılan u kontrol grafikleri, birim başına kusur oranını belirlemek için kullanılmaktadır. Her alt gruptaki farklı n değerleri için ayrı ayrı hesaplanır. Birim başına kusur sayısı c iken birim başına kusur;

$$u = \frac{c}{n} \quad (2.81)$$

olarak belirlenir.

u bilindiğinde kontrol grafiğinin limitleri;

$$\text{ÜKL} = u + \frac{3\sqrt{u}}{\sqrt{n}} \quad (2.82)$$

$$\text{AKL} = u - \frac{3\sqrt{u}}{\sqrt{n}} \quad (2.83)$$

$$\text{MÇ} = u \quad (2.84)$$

biçiminde elde edilir.

u bilinmediğinde ise, u'nun tahmin edicisi \bar{u} kullanılarak, n örneklem büyüklüğündeki k alt grup sayısı için;

$$\bar{u} = \left(\sum_{i=1}^k c_i \right) / k \quad (2.85)$$

biçiminde ifade edilip, standart sapması;

$$S = \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (2.86)$$

eşitliği ile belirlenir.

Buna göre u kontrol grafiğinin limitleri eşitlik 2.85 ve 2.86 yardımıyla tekrar yazılırsa;

$$\text{ÜKL} = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (2.87)$$

$$\text{AKL} = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (2.88)$$

$$\text{MÇ} = \bar{u} \quad (2.89)$$

biçiminde ifade edilir (Montgomery, 2009, s. 315).

Ölçülemeyen kalite karakteristikleri için kullanılan eşitlikler özetlenirse; p, np, c ve u kontrol grafiklerinin standartlarının bilindiği ve standartlarının bilinmediği durumlardaki parametreleri Tablo 19'da gösterilmiştir.

Tablo 19 Ölçülemeyen Kalite Karakteristikleri İçin Kontrol Grafikleri ve Parametreleri

		Standartlar Bilindiğinde		Standartlar Bilinmediğinde		
	Merkez Çizgi	Üst Kontrol Limiti	Alt Kontrol Limiti	Merkez Çizgi	Üst Kontrol Limiti	Alt Kontrol Limiti
p	p	$p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$	$p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$	\bar{p}	$\bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$\bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
np	np	$np + 3\sqrt{np(1-p)}$	$np - 3\sqrt{np(1-p)}$	$n\bar{p}$	$n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	$n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$
c	c	$c + 3\sqrt{c}$	$c - 3\sqrt{c}$	\bar{c}	$\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$	$\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$
u	u	$u + \frac{3\sqrt{u}}{\sqrt{n}}$	$u - \frac{3\sqrt{u}}{\sqrt{n}}$	\bar{u}	$\bar{u} + \frac{3\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n}}$	$\bar{u} - \frac{3\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n}}$

Kaynak: Kamoy, 2002, s. 58

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ÇELİK KONSTRÜKSİYON SEKTÖRÜNDE RİSK DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ UYGULAMASI

Çelik Konstrüksiyon sektöründe, çelik yapı inşa alanında faaliyet gösteren bir işletmenin üretim ve kalite kontrol bölümlerinde kalite risk değerlendirme yöntemlerinden uygun olanlar uygulanmıştır.

3.1. Uygulama Yapılan İşletmenin Tanımı

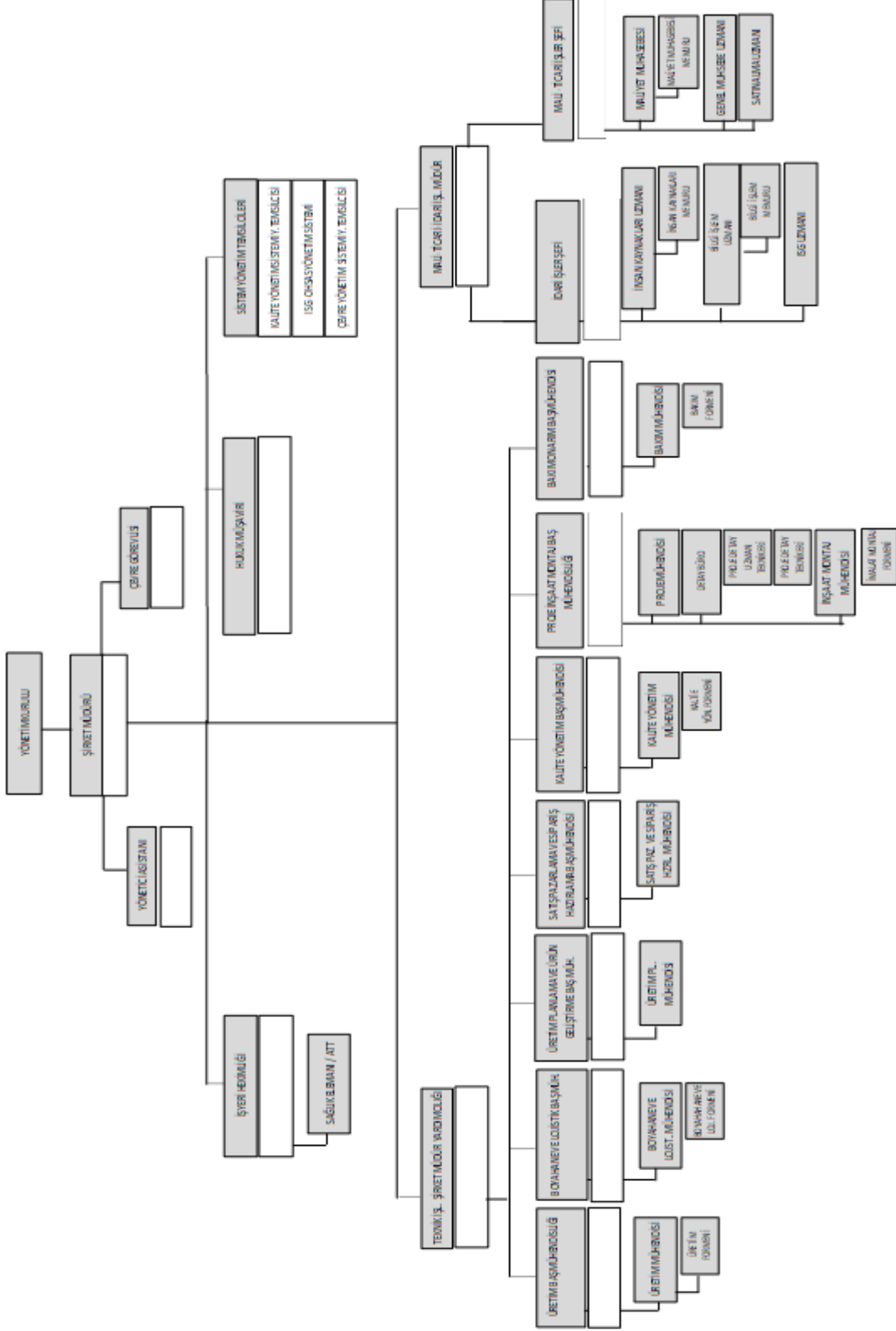
Çalışmanın yapıldığı işletme çelik konstrüksiyon sektöründe faaliyet göstermektedir. Tek vardiya sistemi ile çalışan işletmede 240 personel bulunmaktadır. Yaklaşık olarak 36.000 m² 'lik kapalı alana ve 30.000 m² açık alana sahip olan işletme, CNC, Elektronik, Mekanik ve Hidrolik tezgâhlarla teçhiz edilmiştir. İşletmede her cins ve karakterde çelik konstrüksiyon imalatı yapılmakta olup nitelikleri haiz, tecrübeli teknik elemanlara, kalifiyeli işçi kadrosuna ve ekipmanlarına sahiptir.

İşletme, yurt içi ve yurt dışında gerçekleşmiş olan ve şu anda da gerçekleştirmeye devam eden büyük yatırımların (fabrika binaları, enerji nakil hatları, köprüler, anten direkleri, spor salonları, prefabrik binalar vs.) çelik konstrüksiyon imalatı yapılmış ve yılda 20.000 ton üretim yapılabilecek kapasitededir. Çelik konstrüksiyon üretim faaliyeti kapsamında hammadde, mamul, yarı mamul kullanarak levha, profil, boru, sac, vb. gibi çelik konstrüksiyon üretimleri gerçekleştirilmektedir.

Çalışanların sağlık ve güvenlik şartlarına uygun bir ortamda çalışmalarını sağlamak amacıyla; ISO 18001 İşçi Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi, müşteri beklentilerine odaklanarak ürün, proses ve sürekli kalite amacıyla; ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi ve ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi belgelerine sahiptir.

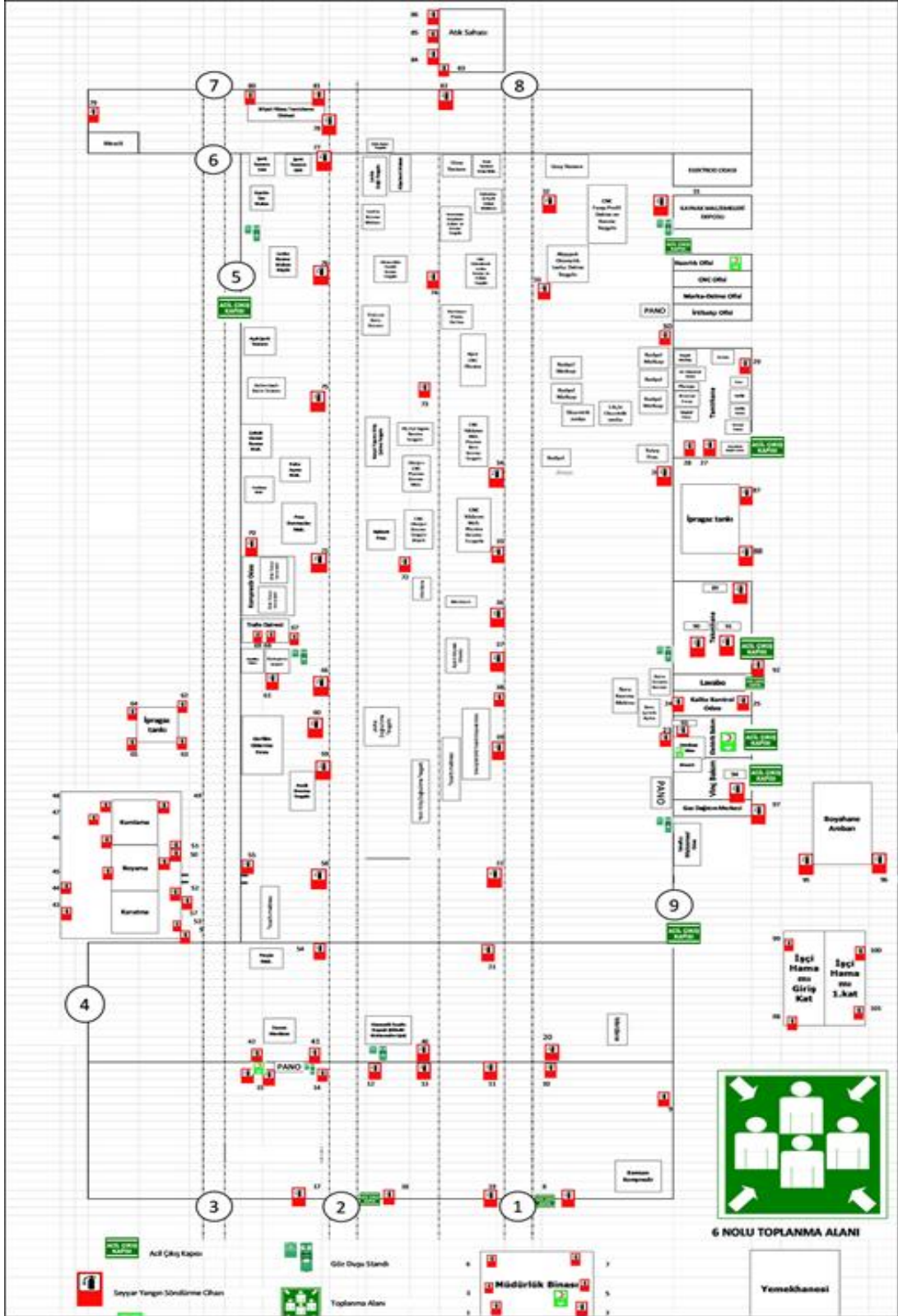
İşletme organizasyon şeması Şekil 22’de gösterilmektedir:

Şekil 22 Organizasyon Şeması



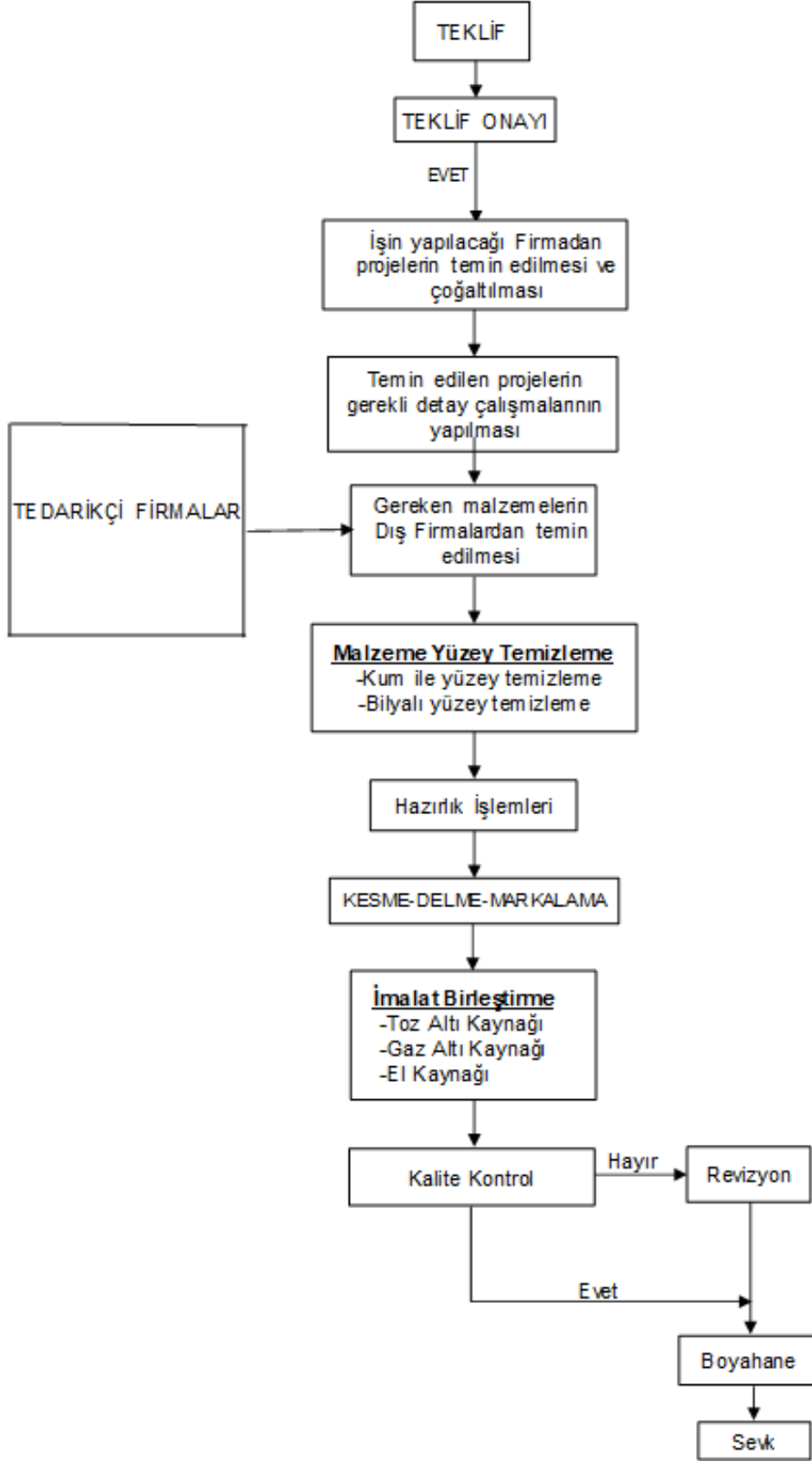
İşletmenin yerleşim düzeni ve makine parkı Şekil 23' te gösterilmektedir:

Şekil 23 İşletme Yerleşim Düzeni ve Makine Parkı



İşletmenin İş Akış Şeması Şekil 24' te gösterilmektedir:

Şekil 24 İşletme İş Akış Şeması



3.2. Hata Türü Ve Etkileri Analizi Uygulaması

3.2.1. Uygulamanın Amacı

Uygulamanın amacı; HTEA ile çelik konstrüksiyon sektöründe kullanılan CNC tezgahların üretim aşamasındaki ve potansiyel hata türlerinin belirlenmesi, belirlenen hataların etkilerinin anlaşılması ve hatayı ortadan kaldıracak adımların tespit edilerek sürecin gözden geçirilmesidir.

Ortaya çıkan hataların süreç içinde ya da önceden engellenmesi ile işletmenin maliyet giderlerinin ve zaman kaybının azaltılması, kaliteli ve güvenilir ürün teslim etmesi sonucu müşteri memnuniyetinin kazanılması ve sektörde ki pazar payının artmasına yardımcı olmaktadır.

3.2.2. Uygulamanın Kapsamı ve Yöntemi

Bu çalışma için, çelik konstrüksiyon sektöründe yer alan işletmelerden biri seçilerek, uygulama gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın kapsamını, işletmede üretilen ürünlerden biri olan köprü korkulukları oluşturmaktadır. CNC tezgâhlarda işleme alınan köprü korkuluklarının bağlantı noktalarındaki hatalar tespit edilerek, HTEA yöntemi ile incelenmiştir.

Uygulamada tespit edilen 9 hata türü, bu hataların etkileri ve bu hataların ortaya çıkmasını engellemek için alınması gereken önlemlerin belirlenmesi sürecinde beyin fırtınası yöntemi kullanılarak, neden-sonuç diyagramı ile hataya neden olan faktörler tanımlanmıştır.

3.2.3. Uygulama Aşamaları

HTEA uygulaması, işletmenin kesme-delme-matkap ünitesinde uygulanmış olup, aşağıdaki adımlar izlenerek sürecin takibi sağlanmıştır.

- İş akış şemasının analizinin yapılması,
- HTEA ekibinin oluşturulması,
- İzlenen süreçte ortaya çıkabilecek potansiyel hataların belirlenip, tanımlanarak, sebeplerinin araştırılması,

- Tanımlanmış olan hataların iş akış sürecine yansımalarının tetkikinin yapılarak, kontrol sürecinin kalitesinin incelenmesi,
- Tespit edilen her bir hatanın şiddet, olasılık ve keşfedilebilirliğinin belirlenerek, risk öncelik sayısının (RÖS) bulunması,
- Elde edilen risk öncelik sayısına göre mevcut ve potansiyel hataların kritiklik düzeyine göre sıralanarak, hatayı ortadan kaldırmaya yönelik çözümlerin belirlenmesi,
- Belirlenen çözümlerin uygulamaya alınarak yeni RÖS değerlerinin hesaplanması,
- Eski RÖS değerleri ile yeni RÖS değerinin karşılaştırılmasının yapılması.

3.2.4. HTEA Ekibini Oluşumu

İncelenen çalışmanın kontrollü ve sistemli bir şekilde ilerleyebilmesi için oluşturulan ekipte;

- Kalite Yönetimi Baş Mühendisi
- Kalite Yönetimi Mühendisi
- Kalite Teknikeri
- Kalite Personelleri
- Üretim Baş Mühendisi
- Üretim Mühendisi
- Bakım-Onarım Baş Mühendisi yer almaktadır.
- Bakım-Onarım Mühendisi

HTEA ekibinde yer alan her bir personel yeterli deneyim ve tecrübeye sahip olup, iş akışına hakimdir. Değerlendirilmekte olan korkuluklar hakkında detaylı bilgilendirme yapılarak, inceleme süreci konusunda detaylı bilgi verilmiştir.

3.2.5. Ürünün Üretim Aşamaları

Çalışmanın yapıldığı işletme bir çelik konstrüksiyon işletmesi olup, altta yazan ana işlem basamakları ile korkuluk imalatını gerçekleştirmektedir.

1. Projelendirme ve yarı mamul tedariki
2. Üretim
3. Boyahane

Yukarıda verilen sıralamaya göre gerçekleşen süreçte ortaya çıkabilecek her bir hata bir sonraki aşamayı hatta müşteriye gönderilecek olan ürünün kalitesine etki edebilmektedir.

3.2.6. Kesme-Delme-Matkap Ünitesi

Kesme-Delme-Matkap Ünitesinde korkuluğun montaj yapılacak alanda bağlantı sorunu yaşamaması için deliklerin ve delik ölçülerinin doğru olması gerekmektedir. Bu kısımda yapılan herhangi bir hatanın tespit edilememesi durumunda imalatlarda gittiği bölgede hiçbir işe yaramayacak ve üretici işletmeye hem itibar hem para kaybettirecektir.

3.2.7. Korkuluk Üretim Aşaması

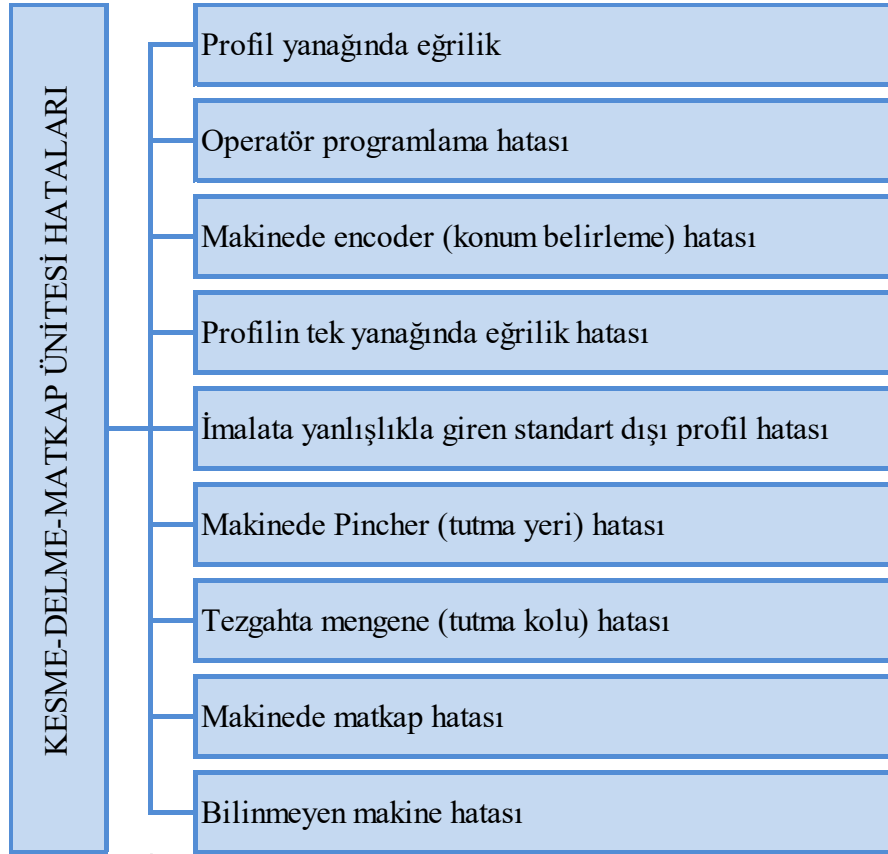
Korkuluk üretiminde ilk olarak müşterinin gönderdiği proje incelenir. Projeye uygun olan yarı mamul ve sarf mamul tedariki sağlanır. Satın alınan bu malzemeler fabrika sahasına geldiğinde ön kontrolleri yapılır. Ön kontrolden geçen yarı mamuller Projeye uygun olarak belirlenen kesme-delme-matkap ünitesine gönderilir. Bu projede CNC delme-kesme makinasına gönderilmiştir. Üretilen korkulukların ebatları, delik koordinatları projeye uygun olarak makinaya işlenir. CNC makinası girilen değerlere göre profillerin delme ve kesme işlemini yapar. Delme kesme işlemi biten profiller ölçü kontrolü işlemine tabi tutulur. Uygun olan profiller plazma kesme ünitesinde istenilen ölçülerde kesilir. Kesilen profiller ile korkulukların boru bağlantıları kaynaklanır. Kalite kontrol tarafından görsel ve boyutsal kontrolü yapılan ürünler uygun olması halinde boyahaneye sevk edilir.

3.2.8. Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hata Türlerinin Belirlenmesi

Çalışmada HTEA sürecinden istenen verimin alınabilmesi için mevcut ve potansiyel hata türlerinin doğru bir şekilde tanımlanarak, analiz edilmesi gerekmektedir. Tanımlanacak olan hatalar tecrübeli personellerden oluşturulmuş olan HTEA ekibi tarafından tüm süreç gözlemlenerek belirlenmektedir. Bu aşamada işletmenin müşterilerinden gelen olumlu ya da olumsuz geri dönüşler de büyük önem taşımaktadır.

Yapılan bu çalışmada HTEA ekibi ile birlikte korkuluk üretim aşamasında en çok hatanın çıktığı kesme-delme-matkap ünitesi incelenerek, aşağıda belirtilmiş olan 9 adet hata tespit edilmiş ve Tablo 20' de gösterilmiştir.

Tablo 20 Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları



Kesme-delme-matkap ünitesi sürecindeki faaliyetler işletmenin iş akış şeması üzerinde değerlendirilerek, süreç takip altına alınmıştır. Değerlendirme sonucunda yukarıda belirtilen hataların öncelikle neden ortaya çıktığı belirlenmiştir.

Profil yanağında eğrilik hatası, profilin üretim aşamasında veya profilin taşınması esnasında profil yanaklarında oluşan eğriliklerden ya da ezilmelerden kaynaklanmaktadır.

Operatör programlama hatası, operatörün projede verilen ölçüleri yanlış girmiş olması veya farklı projeleri birbirine karıştırmış olmasından kaynaklanmaktadır.

Makinede encoder (konum belirleme) hatası, makinede konum belirleyen elektronik ekipmanın arızalanmasından kaynaklanmaktadır.

Profilin tek yanağında eğrilik hatası; profilin taşınması esnasında tek yanakta oluşan eğrilik ya da ezilmelerden kaynaklanmaktadır.

İmalata yanlışlıkla giren standart dışı profil hatası; bağ olarak alınan profillerin üstte kalan kısımlarının doğru olup altta kalan kısımlarının iş yoğunluğundan dolayı uygunluğunun kontrol edilememesi ve bunun sonucunda standart dışı profillerin tezgâhta normal profilmiş gibi işleme alınmasından kaynaklanmaktadır.

Makinede pincher (tutma yeri) hatası; makinede profili tutmak için kullanılan mekanik kolun aşınması veya arızalanmasından kaynaklanmaktadır.

Tezgâhta mengene (tutma kolu) hatası; profilin kesme ve delme işlemi esnasında hareket etmesini engellemek için kullanılan mingenelerde oluşan hatalardan kaynaklanmaktadır.

Makinede matkap hatası; delme işlemi yapılırken matkapta oluşan titreşimlerin deliklerde hataya yol açmasından kaynaklanmaktadır.

Bilinmeyen makine hatası; çevresel etkenler (sıcak-soğuk-toz vb.) sonucu meydana gelen hatalardan kaynaklanmaktadır.

3.2.9. Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hatalarının Olası Sebepleri ve Etkileri

Oluşturulan HTEA ekibi tarafından mevcut ve potansiyel hataların belirlenmesi ve bu hataların olası sebeplerinin ve etkilerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Korkulukların bağlantı noktalarında ortaya çıkabilecek hataların sebeplerinin açık ve doğru bir şekilde tanımlanması, çözüm olarak alınması gereken önlemlerin uygunluğunu doğrudan etkileyeceği için istenmeyen sonuçların doğmasını engelleyecektir.

Yapılan çalışmada süreç dikkatli bir şekilde incelenmiş ve görevlendirilmiş olan personel tarafından Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hata Formuna kayıt edilerek, hangi hata türünün, hangi sebepten ortaya çıkabileceği ve bu hatanın ortaya çıkmasının neleri etkileyeceği belirlenerek Tablo 21’ de gösterilmiştir.

Tablo 21 Korkuluk Üretimi Hata Türleri ve Etkileri

HATA SAYISI	FONKSİYON MODU	POTANSİYEL HATA MODU	POTANSİYEL HATA ETKİSİ	HATANIN POTANSİYEL NEDENLERİ
1	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Profilin Yanağında Eğrilik Hatası	Nakliye esnasında düzensiz taşıma
2	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Operatör Programlama Hatası	Yanlış program yüzünden kesme boyunun ve delik koordinatlarının yanlış olması
3	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Makinede Encoder (Konum Belirleme) Hatası	Makine hatasından dolayı malzeme boyunun yanlış kesilmesi
4	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Profilin Tek Yanağında Eğrilik Hatası	Nakliye esnasında düzensiz taşıma
5	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	İmalata Yanlışlıkla Giren Standart Dışı Profil Hatası	İş yoğunluğundan dolayı tüm profillerin kontrol edilememesi
6	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Makinede Pincher (Tutma Yeri) Hatası	Makine hatasından dolayı malzeme boyunun yanlış kesilmesi
7	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Tezgahta Mengene (Tutma Kolu) Hatası	Makine hatasından dolayı malzeme boyunun yanlış kesilmesi
8	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Makinede Matkap Hatası	Delik çaplarının programa uygun olmaması
9	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Bilinmeyen Makine Hatası	Delik çaplarının programa uygun olmaması

Tablo 21’ de gösterilmiş olan bu hataların etkileri bir sonraki süreci etkileyerek kalitenin beklenen standarda ulaşamamasına ve müşterilerin beklentilerini karşılamayarak işletmenin ürettiği ürünler için olumsuz bir örnek teşkil edebilir.

3.2.10.Hatanın Tespit Edilebilirlik, Olasılık ve Şiddet Puanlarının Belirlenmesi ve Yapılan İyileştirmeler

HTEA ekibi tarafından belirlenen hatalar incelenerek, kesme-delme-matkap ünitesinde ortaya çıkan hataların şiddet, ortaya çıkma ve tespit edilebilirlik değerleri atanarak, ilk RÖS değeri elde edilmiştir.

Çelik konstrüksiyon sektörü açısından hatanın tespit edilebilirlik, olasılık ve şiddet değerlerinin belirlenebilmesi oldukça hassas bir hesaplama gerektirdiği için, HTEA ekibi öncelikli olarak beyin fırtınası yöntemini kullanarak elde edilen sonuçları değerlendirerek kayıt altına almıştır. Belirlenen her bir hataya sayısal bir değer atarken; tespit edilebilirlik, olasılık ve şiddet 1 ile 10 arasında puanlamaya tabii tutulmuştur. Yapılacak olan iyileştirmeler belirlenip, uygulandıktan sonra tekrar aynı şekilde 1 ile 10 arasında puanlama yapılarak değerlendirilmiştir.

Yapılan bu puanlamalar sonucu ortaya çıkan RÖS değerleri Tablo 22' de gösterilmiştir.

Tablo 22 Korkuluk İmalatı RÖS Hesaplaması

HATA SAYISI	FONKSİYON MODU	POTANSİYEL HATA MODU	POTANSİYEL HATA ETKİSİ	ŞİDDET	HATANIN POTANSİYEL NEDENLERİ	OLASILIK	MEVCUT KONTROLLER	TESPİT EDİLEBİLİRLİK	RÖS
1	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Profilin Yanağında Eğrilik Hatası	5	Nakliye esnasında düzensiz taşıma	3	Boyutsal Kontrol	3	45
2	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Operatör Programlama Hatası	7	Yanlış program yüzünden kesme boyunun ve delik koordinatlarının yanlış olması	4	Boyutsal Kontrol	3	84
3	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Makinede Encoder (Konum Belirleme) Hatası	7	Makine hatasından dolayı malzeme boyunun yanlış kesilmesi	3	Boyutsal Kontrol	3	63
4	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Profilin Tek Yanağında Eğrilik Hatası	5	Nakliye esnasında düzensiz taşıma	3	Boyutsal Kontrol	3	45
5	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	İmalata Yanlışlıkla Giren Standart Dışı Profil Hatası	6	İş yoğunluğundan dolayı tüm profillerin kontrol edilememesi	2	Boyutsal Kontrol	2	24
6	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Makinede Pincher (Tutma Yeri) Hatası	7	Makine hatasından dolayı malzeme boyunun yanlış kesilmesi	2	Boyutsal Kontrol	3	42
7	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Tezgahta Mengene (Tutma Kolu) Hatası	7	Makine hatasından dolayı malzeme boyunun yanlış kesilmesi	2	Boyutsal Kontrol	3	42
8	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Makinede Matkap Hatası	5	Delik çaplarının programa uygun olmaması	3	Boyutsal Kontrol	5	75
9	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Bilinmeyen Makine Hatası	7	Delik çaplarının programa uygun olmaması	2	Boyutsal Kontrol	3	42

Yukarıdaki tabloda RÖS değerleri belirlenmiş olan mevcut hatalar işletme için risk teşkil etmesinden dolayı, her bir hata için ayrı ayrı önerilerde bulunularak, hatalarla ilgilenecek sorumlu personeller belirlenmiştir.

Aşağıda yer alan Tablo 23' te bir önceki aşamada belirlenmiş olan önerilerin işleme alınmasından sonra ortaya çıkan yeni durumun tespit edilebilirlik, olasılık ve şiddet değerleri tekrardan hesaplanarak yeni RÖS değerleri bulunmuştur.

Tablo 23 Korkuluk Üretiminde Yeni RÖS Hesabı

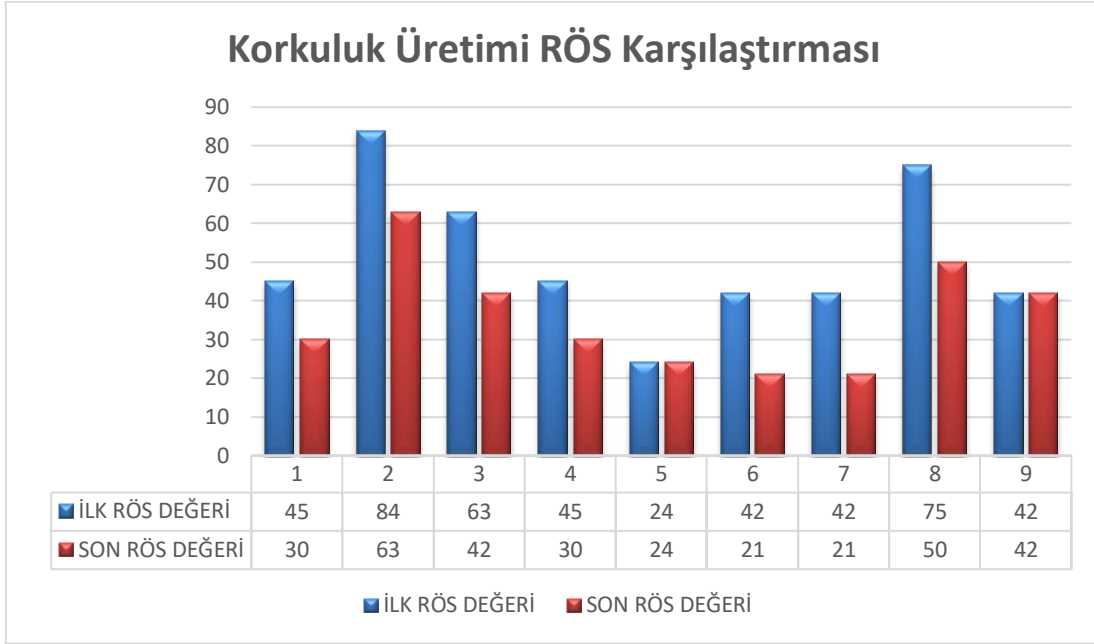
HATA SAYISI	FONKSİYON MODU	POTANSİYEL HATA MODU	TAVSİYE EDİLEN FAALİYETLER	SORUMLULAR	GERÇEKLEŞTİRİLEN FAALİYET	ŞİDDET	OLASILIK	TESPİT EDİLEBİLİRLİK	RÖS
1	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Her profilin kontrol edilmesi	Üretim Baş Mühendisi	Kontrol oranının artırılması	5	2	3	30
2	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Operatörün girdiği verilerin başka bir personel tarafından kontrol edilmesi	Üretim Baş Mühendisi	Verileri giren personel, kontrolü de kendisi yaptı	7	3	3	63
3	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Makina bakımlarının her 6 ayda bir yapılması	Bakım Onarım Baş Mühendisi	Makine bakımları yıllık yapıldı	7	2	3	42
4	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Her profilin kontrol edilmesi	Üretim Baş Mühendisi	Kontrol oranının artırılması	5	2	3	30
5	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Her profilin kontrol edilmesi	Üretim Baş Mühendisi	Kontrol oranının artırılması	6	2	2	24
6	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Makina bakımlarının her 6 ayda bir yapılması	Bakım Onarım Baş Mühendisi	Makine bakımları yıllık yapıldı	7	1	3	21
7	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Makina bakımlarının her 6 ayda bir yapılması	Bakım Onarım Baş Mühendisi	Makine bakımları yıllık yapıldı	7	1	3	21
8	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Her işe göre matkapların takımından alınması ve iş bitiminde geri iade edilmesi	Üretim Baş Mühendisi	Matkapları kullanan personellerin kontrolleri artırıldı	5	2	5	50
9	Korkuluk	Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	Makina bakımlarının her 6 ayda bir yapılması	Bakım Onarım Baş Mühendisi	Makine bakımları yıllık yapıldı	7	2	3	42

Yapılan çalışma sonucunda tavsiye edilen ve gerçekleştirilen faaliyet sonucunda bazı hata türleri için iki farklı RÖS değeri bulunmuştur. Bu fark bize elde edilen hata oranlarındaki azalmayı göstermektedir. Aşağıdaki Tablo 24’ te ilk RÖS değeri ve son RÖS değerinin karşılaştırılması ve Tablo 25’te RÖS değeri karşılaştırma grafiği gösterilmektedir.

Tablo 24 Korkuluk Üretimi RÖS Karşılaştırması

FONKSİYON MODU SIRASI	ŞİDDET	OLASILIK	TESPİT EDİLEBİLİRLİK	İLK RÖS DEĞERİ	ŞİDDET	OLASILIK	TESPİT EDİLEBİLİRLİK	SON RÖS DEĞERİ	RÖS % DEĞİŞİMİ
1	5	3	3	45	5	2	3	30	33
2	7	4	3	84	7	3	3	63	25
3	7	3	3	63	7	2	3	42	33
4	5	3	3	45	5	2	3	30	33
5	6	2	2	24	6	2	2	24	0
6	7	2	3	42	7	1	3	21	50
7	7	2	3	42	7	1	3	21	50
8	5	3	5	75	5	2	5	50	33
9	7	2	3	42	7	2	3	42	0

Tablo 25 Korkuluk Üretimi RÖS Karşılaştırması Grafiği



3.2.11. Kesme-Delme-Matkap Ünitesi sürecinin Değerlendirilmesi

Korkuluk üretimi ile ilgili olarak mevcut hatalarının sebepleri ve gerçekleştirilen faaliyetler incelendiğinde hataların ortaya çıkma nedenlerinin;

- İmalatta kullanılan makine ve tezgâhlarda ölçüm yanlışlığına sebep olan ayarsızlıkların,
- Hatalı profillerin işleme alınmasının,
- Personelin bilgi eksikliği ve dikkatsizliğinden kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

Bu nedenler HTEA ekibi tarafından gerçekleştirilen iyileştirme önerileri dikkate alınarak yeni bir süreç başlatılmış ve işleme alınan önlemler sayesinde kesme-delme-matkap ünitesinde % 30'luk başarı sağlanarak, iyileştirmelere göre üretim ve kontrol aşaması devam etmiştir.

Hata türlerinde gerçekleştirilen iyileştirmeler aşağıda açıklanmıştır.

Profil yanağında eğrilik olmasından kaynaklanan hatanın sonucu ilk olarak RÖS değeri 45 olarak hesaplanmıştır. HTEA ekibi tarafından bu hatanın ortaya çıkmasının sebebi nakliye esnasında düzensiz taşınması olarak belirlenmiştir. Bu hatanın ortadan kaldırılması için üretime her alınan profilin daha dikkatli incelenmesi ve kontrol

edilmesi önerisinde bulunulmuştur. HTEA ekibi tarafından yapılan öneriye istinaden korkuluk imalatının uygulama sürecinde hemen hemen her profil boyutsal kontrole sokulmaya çalışılarak kontrol oranı arttırılmıştır. Bu sayede hatanın ortaya çıkma olasılığı % 3' ten % 2' ye düşürülmüştür. Böylelikle korkuluk üretimine ait yapılan iyileştirmeler sonucu son RÖS değeri 30 olarak hesaplanmış ve hata türünde % 33' lük başarı sağlanmıştır.

Operatör programlama yapmasından kaynaklanan hatanın sonucu ilk olarak RÖS değeri 84 olarak hesaplanmıştır. HTEA ekibi tarafından bu hatanın ortaya çıkmasının sebebi makineye yanlış olarak girilen programın kesme boyunu ve delik koordinatlarını istenen ölçüde olmaması olarak belirlenmiştir. Bu hatanın ortadan kaldırılması için operatörün girmiş olduğu verileri başka bir personel tarafından kontrol edilmesi önerisinde bulunulmuştur. HTEA ekibi tarafından yapılan öneriye istinaden korkuluk imalatının uygulama sürecinde verileri giren operatörün daha dikkatli bir şekilde girdiği verileri kontrol etmesi sağlanmıştır. Bu sayede hatanın ortaya çıkma olasılığı % 4' ten % 3' e düşürülmüştür. Böylelikle korkuluk üretimine ait yapılan iyileştirmeler sonucu son RÖS değeri 63 olarak hesaplanmış ve hata türünde % 25' lik başarı sağlanmıştır.

Makinada encoder yani yanlış konum belirlemeden kaynaklanan hatanın sonucu ilk olarak RÖS değeri 63 olarak hesaplanmıştır. HTEA ekibi tarafından bu hatanın ortaya çıkmasının sebebi makinede konum belirleyen elektronik ekipmanın arızalanmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu hatanın ortadan kaldırılması için makine bakımlarının her altı ayda bir yapılması gerektiği önerisinde bulunulmuştur. HTEA ekibi tarafından yapılan öneriye istinaden korkuluk imalatının uygulama sürecinde kullanılmakta olan makinelerin bakımları yıllık olarak yapılması sağlanmıştır. Bu sayede hatanın ortaya çıkma olasılığı % 3' ten % 2' e düşürülmüştür. Böylelikle korkuluk üretimine ait yapılan iyileştirmeler sonucu son RÖS değeri 42 olarak hesaplanmış ve hata türünde % 33' lük başarı sağlanmıştır.

Profilin tek yanağında eğrilik olmasından kaynaklanan hatanın sonucu ilk olarak RÖS değeri 45 olarak hesaplanmıştır. HTEA ekibi tarafından bu hatanın ortaya çıkmasının sebebi nakliye esnasında düzensiz taşınması olarak belirlenmiştir. Bu hatanın ortadan kaldırılması için üretime her alınan profilin daha dikkatli incelenmesi ve kontrol edilmesi önerisinde bulunulmuştur. HTEA ekibi tarafından yapılan öneriye istinaden korkuluk imalatının uygulama sürecinde hemen hemen her profil boyutsal

kontrole sokulmaya çalışılarak kontrol oranı arttırılmıştır. Bu sayede hatanın ortaya çıkma olasılığı % 3' ten % 2' ye düşürülmüştür. Böylelikle korkuluk üretimine ait yapılan iyileştirmeler sonucu son RÖS değeri 30 olarak hesaplanmış ve hata türünde % 33' lük başarı sağlanmıştır.

İmalata yanlışlıkla giren standart dışı profil kullanımından kaynaklanan hatanın sonucu ilk olarak RÖS değeri 24 olarak hesaplanmıştır. HTEA ekibi tarafından bu hatanın ortaya çıkmasının sebebi iş yoğunluğundan dolayı tüm profillerin kontrol edilemeden imalata alınmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu hatanın ortadan kaldırılması için üretime her alınan profilin daha dikkatli incelenmesi ve kontrol edilmesi önerisinde bulunulmuştur. HTEA ekibi tarafından yapılan öneriye istinaden korkuluk imalatının uygulama sürecinde hemen hemen her profil boyutsal kontrole sokulmaya çalışılarak kontrol oranı arttırılmaya çalışılmış ancak istenen başarı elde edilememiş ve hatanın ortaya çıkma olasılığında değişim gözlenmemiştir.

Makinede pincher yani tutma yerinden kaynaklanan hatanın sonucu ilk olarak RÖS değeri 42 olarak hesaplanmıştır. HTEA ekibi tarafından bu hatanın ortaya çıkmasının sebebi makinede profili tutmak için kullanılan mekanik kolun aşınması veya arızalanması olarak belirlenmiştir. Bu hatanın ortadan kaldırılması için makine bakımlarının her altı ayda bir yapılması gerektiği önerisinde bulunulmuştur. HTEA ekibi tarafından yapılan öneriye istinaden korkuluk imalatının uygulama sürecinde kullanılmakta olan makinaların bakımları yıllık olarak yapılması sağlanmıştır. Bu sayede hatanın ortaya çıkma olasılığı % 2' den % 1' e düşürülmüştür. Böylelikle korkuluk üretimine ait yapılan iyileştirmeler sonucu son RÖS değeri 21 olarak hesaplanmış ve hata türünde % 50' lik başarı sağlanmıştır.

Tezgâhta mengene yani tutma kolundan kaynaklanan hatanın sonucu ilk olarak RÖS değeri 42 olarak hesaplanmıştır. HTEA ekibi tarafından bu hatanın ortaya çıkmasının sebebi profilin kesme ve delme işlemi esnasında hareket etmesini engellemek için kullanılan mingenelerin işlevini yerine getirememesi olarak belirlenmiştir. Bu hatanın ortadan kaldırılması için makine bakımlarının her altı ayda bir yapılması gerektiği önerisinde bulunulmuştur. HTEA ekibi tarafından yapılan öneriye istinaden korkuluk imalatının uygulama sürecinde kullanılmakta olan makinaların bakımları yıllık olarak yapılması sağlanmıştır. Bu sayede hatanın ortaya çıkma olasılığı % 2' den % 1' e düşürülmüştür. Böylelikle korkuluk üretimine ait yapılan iyileştirmeler

sonucu son RÖS değeri 21 olarak hesaplanmış ve hata türünde % 50' lik başarı sağlanmıştır.

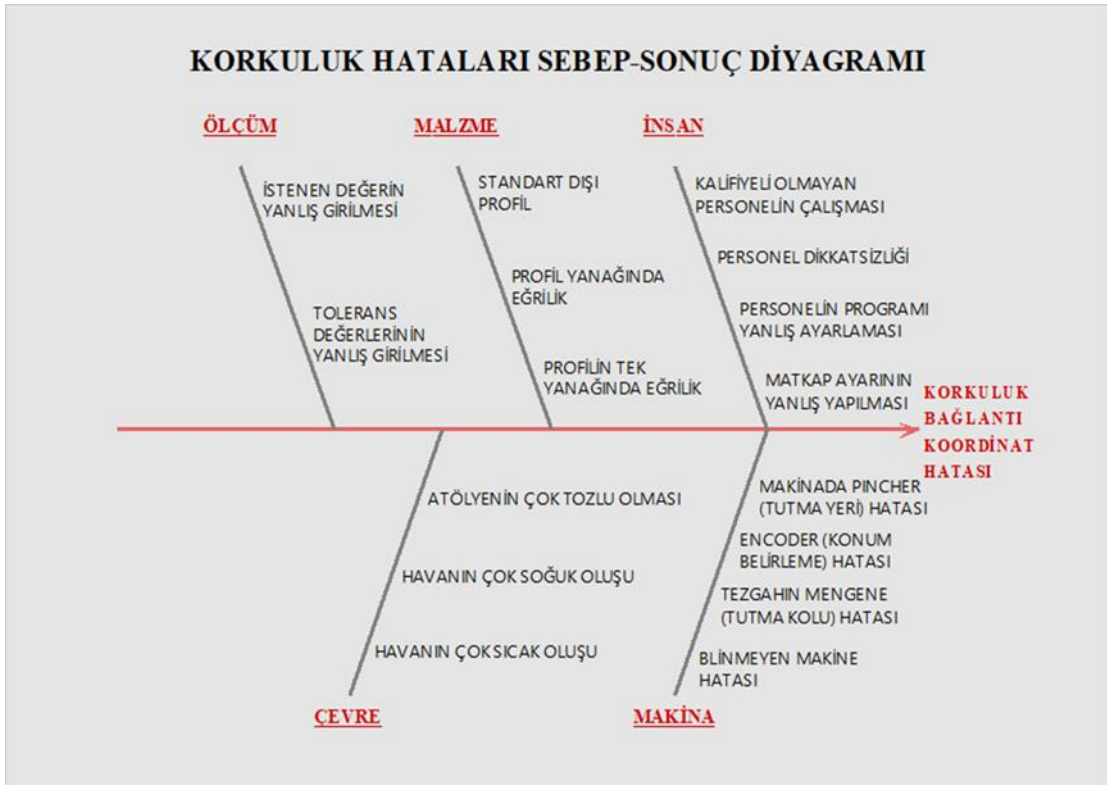
Makine de kullanılmakta olan matkaptan kaynaklanan hatanın sonucu ilk olarak RÖS değeri 75 olarak hesaplanmıştır. HTEA ekibi tarafından bu hatanın ortaya çıkmasının sebebi delme işlemi yapılırken matkapta oluşan titreşimlerin deliklerde hataya yol açması olarak belirlenmiştir. Bu hatanın ortadan kaldırılması için personelin işe uygun olan matkapları takımhaneden alması ve iş bitiminde tekrar geri iade etmesi önerisinde bulunulmuştur. HTEA ekibi tarafından yapılan öneriye istinaden korkuluk imalatının uygulama sürecinde kullanılmakta olan matkapların personel tarafından kontrollerinin artırılması sağlanmıştır. Bu sayede hatanın ortaya çıkma olasılığı % 3' ten % 2' e düşürülmüştür. Böylelikle korkuluk üretimine ait yapılan iyileştirmeler sonucu son RÖS değeri 50 olarak hesaplanmış ve hata türünde % 33' lük başarı sağlanmıştır.

Bilinmeyen makine hatasından kaynaklanan hatanın sonucu ilk olarak RÖS değeri 42 olarak hesaplanmıştır. HTEA ekibi tarafından bu hatanın ortaya çıkmasının sebebi çevresel etkenler olarak belirlenmiştir. Atölye ortamının havanın çok sıcak ya da çok soğuk olması, etrafın tozlu olması gibi faktörlerin makinenin doğru çalışmasını etkilediği tespit edilmiştir. Bu hatanın ortadan kaldırılması için makine bakımlarının her altı ayda bir yapılması gerektiği önerisinde bulunulmuştur. HTEA ekibi tarafından yapılan öneriye istinaden korkuluk imalatının uygulama sürecinde makine bakımlarının yıllık kontrollerinin yapılması sağlanmış olsa bile makinanın düzgün çalışması için doğru ortam tam olarak hazırlanamadığı için istenen başarı elde edilememiş ve hatanın ortaya çıkma olasılığında değişim gözlenmemiştir.

3.3. Neden Sonuç Analizi Uygulaması

Bu çalışmada incelenmekte olan korkuluklarda meydana gelen bağlantı koordinat hatası oluşumuna yol açan tüm sebepler, işletmede belirlenen ekip tarafından beyin fırtınası yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve neden sonuç diyagramları ile gösterilmiştir. Neden-Sonuç Diyagramında korkuluk hata nedenlerine göre 5 ana başlık altında toplanarak: İnsan, makine, malzeme, metot ve çevre olarak değerlendirilmiştir. Şekil 25’te korkuluk imalatı hataları için neden-sonuç diyagramı görülmektedir.

Şekil 25 Korkuluk Hataları Sebep-Sonuç Diyagramı



3.4. Pareto Analizinin Uygulaması

Yapılan 24 aylık gözlemler sonucunda elde edilen veriler ile oluşturulan Pareto diyagramı 6 aşamada açıklanmıştır.

1.Aşama: Bütün Elemanların Listelenmesi

İlk olarak hataların belirlenmesi gerekmekte olup hataya neden olan elemanların tasnif edilerek listelenmesi gerekmektedir. Bu aşama gerçekleştirilirken şunlara esas alınmalıdır:

- Süreçte hataya sebep olan sorunlar belirlenmeli
- Belirlenen hataların nedenleri araştırılmalı

2.Aşama: Elemanların Ölçümü

Belirlenen periyotlarda 24 ay boyunca her gün (Resmî Tatiller ve Pazar günleri hariç sadece 8 Nisan 2018, 8 Temmuz 2018 ve 8 Eylül 2019 Pazar günü çalışma yapılmıştır) düzenli bir şekilde görevli personeller tarafından sabah 08:30-10:30 ve öğlen 13:00-14:30 saatlerinde günde 4 kez olacak şekilde elde edilen ölçümler analiz edilmiştir.

3.Aşama: Elemanların Sınıflandırılması

Bu aşamada analiz edilen tüm ölçüm değerleri küçükten büyüğe doğru sınıflandırılmıştır.

4.Aşama: Kümülatif Dağılımların Hesaplanması

Tüm ölçüm değerlerinin toplamı alınarak, her bir değer için toplam içerisindeki yüzde değeri hesaplanarak yüzdelerin kümülatif toplamları elde edilir. Bu değerler Pareto grafiğinin çiziminde kullanılmaktadır. Uygulamada elde edilen kümülatif değerler Tablo 26'da gösterilmiştir.

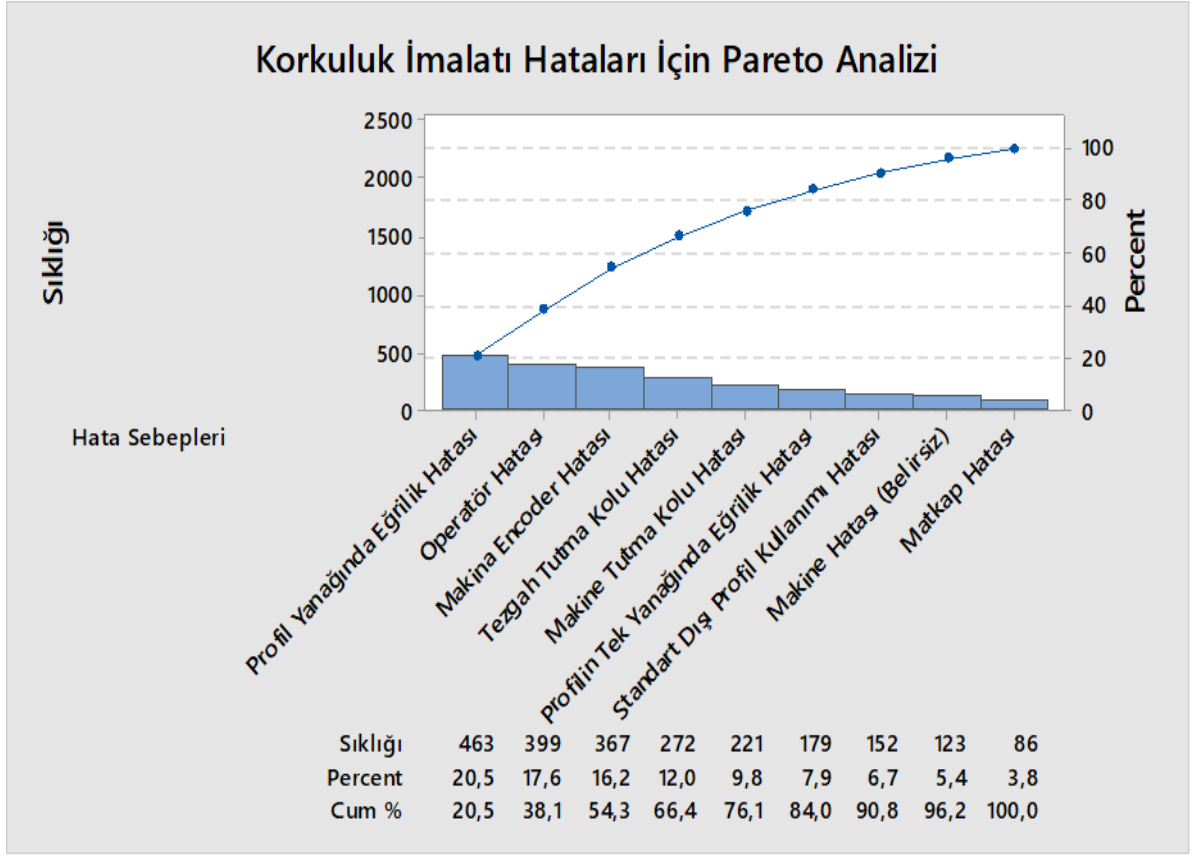
Tablo 26 Pareto Diyagramı İçin Veri Çizelgesi

Hata Sebepleri	Hata Sayısı	Kümülatif Toplam	Toplam İçindeki Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde
Profilin Tek Yanağında Eğrilik Hatası	179	179	7,9	7,9
Makina Encoder (Konum Belirleme) Hatası	367	546	16,2	24,1
Operatör Hatası	399	945	17,6	41,8
İmalata Yanlışlıkla Giren Standart Dışı Profil Kullanımı Hatası	152	1097	6,7	48,5
Matkap Hatası	86	1183	3,8	52,3
Tezgah Tutma Kolu Hatası (Mengene)	272	1455	12,0	64,3
Makine Tutma Kolu Hatası (Pincher)	221	1676	9,8	74,1
Makine Hatası (Belirsiz)	123	1799	5,4	79,5
Profil Yanağında Eğrilik Hatası	463	2262	20,5	100,0
TOPLAM	2262	-	100	-

5.Aşama: Pareto Grafiğinin Çizimi

Minitab 17 paket programına hata sebebi verilerinin ve hata sıklıklarının girilmesi ile elde edilen sonuç Tablo 27' de gösterilmiştir.

Tablo 27 Hata Sebebi Pareto Analizi



6.Aşama: Pareto Grafiğinin Yorumu

Pareto analizine göre sonuçların %80'i, sebeplerin %20'sinden kaynaklanmaktaydı. Bu yüzden 80'e denk gelen noktadan aşağı ve sağa doğru 90 derecelik çizgiler çekilirse, aşağı doğru çekilen çizginin solunda kalan sebepler inceleme yapılan işletme için hayati önem taşımaktadır. Sonuç olarak grafiğe göre korkuluk imalatlarında hataya sebep olan en önemli faktörün “profil yanağında eğrilik” hatası olduğu görülmektedir. Hataları % 20,5' ini oluşturan bu hatayı % 17,6' lık hata payı ile operatör tarafından kaynaklanan programlama hatası, % 16,2' lik hata payı ile makinada encoder (konum belirleme) hatası izlemektedir. Belirlenen bu hataların birikimli yüzdesi % 54,3' e ulaşmakta olup işletmedeki hataların yarısını oluşturduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmada bu üç hata incelenip; hata sebepleri ve çözümleri değerlendirilerek, hatanın minimize edilmesi sağlanacak ve işletmedeki üretim kalitesinde artış sağlanması için yapılması gereken iyileştirmelere karar verilecektir.

3.5. Kontrol Grafikleri Uygulamaları

İşletmede üretilen korkuluklar 24 ay boyunca görevlendirilmiş olan personeller tarafından incelemeye alınarak, her üretilen korkuluğun ölçümleri kayda alınmıştır. Elde edilen bu veriler ile \bar{X} -R kontrol grafiği ve p kontrol grafiği uygulanarak süreç izlenmiştir.

3.5.1. \bar{X} -R Kontrol Grafiği

Uygulamanın konusu, işletme tarafından “İPE 270” profili kullanılarak imalatı yapılan korkulukların bağlantı noktaları arasındaki mesafe yanlışlığından kaynaklanan hataların minimize edilerek üretimin tamamlanması ve kalite iyileştirilmesinin sağlanmasıdır.

Korkuluk imalatları üzerine yapılan çalışmada 24 ay boyunca çetele tablosuna işlenen ölçümler kalite çalışmalarında kullanılmak üzere \bar{X} -R kontrol grafiğine uygun şekilde kayda alınmıştır. Üretimin sayıca fazla olması, günlük yapılan kontrollerin büyük önem arz etmesine sebep olmaktadır. Bu yüzden gün içerisinde üretilmiş olan 96 adet korkuluğun bağlantı koordinatları kalite personelleri tarafından teker teker incelenmiştir. Günlük yapılan bu ölçümler işletmenin tek vardiya düzeni ile çalışması sebebiyle 08:30, 10:30, 13:00 ve 14:30 olarak belirlenen saatlerde 24’ er tane ölçüm alınarak gerçekleştirilmiştir.

Süreç sistematik örnekleme yöntemi kullanılarak 6 günlük (1 hafta) periyotlar halinde oluşturulan \bar{X} -R kontrol grafikleri ile 2 senede toplam 104 tane \bar{X} -R kontrol grafiği elde edilerek incelenmiştir.

1. Hafta İçin \bar{X} -R Kontrol Grafiği

Birinci haftaya ait 144 tane korkuluk ölçüm değeri Tablo 28’ de verilmiştir. Örneklem büyüklüğünü ifade eden $n=6$ ve alt grup sayısını ifade eden $k=24$ tür.

Tablo 28 1. Haftaya Ait Örneklem Ölçüm Değerleri

Örneklem No	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆
1	22,42	21,35	22,99	24,41	24,32	24,42
2	25,14	25,15	24,28	25,67	25,63	23,85
3	23,87	23,49	25,16	24,82	24,82	24,82
4	25,46	26,26	25,33	25,40	25,20	26,47
5	23,20	23,91	24,45	24,42	24,35	24,95
6	22,40	24,13	24,86	25,14	25,15	25,11
7	24,82	24,82	24,82	24,82	24,82	24,82
8	25,00	23,45	23,87	25,46	26,26	23,46
9	25,98	24,89	24,85	24,91	24,55	24,21
10	25,28	23,76	23,88	25,05	25,77	25,05
11	24,82	24,82	24,82	24,82	24,82	24,82
12	23,01	25,30	25,41	25,47	25,83	23,56
13	25,44	25,45	25,65	23,42	24,00	24,35
14	24,30	25,72	24,65	24,15	25,70	25,14
15	24,82	24,82	24,82	24,82	24,82	24,82
16	25,08	25,85	24,87	24,00	24,44	26,78
17	24,35	24,94	25,00	26,15	25,15	25,23
18	25,15	25,17	25,13	25,10	22,95	23,54
19	24,82	24,82	24,82	24,82	24,82	24,82
20	26,00	24,18	24,56	25,00	25,00	25,65
21	25,15	25,13	24,95	24,95	25,10	25,05
22	25,05	25,00	24,77	25,71	25,00	25,00
23	24,82	24,82	24,82	24,82	24,82	24,82
24	25,28	25,22	25,10	25,00	25,57	25,17

Seçilen örnekleme ait \bar{X} -R kontrol grafiği uygulaması için ortalamalar, dağılım genişliği değerleri ve standart sapma değerleri ile ÜKL, AKL ve MÇ değerleri birlikte hesaplanarak Tablo 29' da gösterilmiştir.

R kontrol grafiği için MÇ, ÜKL VE AKL değerleri;

$$M\check{C} = \bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{35,87}{24} = 1,495$$

$$\check{U}KL = \bar{R}D_4 = 1,495 * 2,004 = 2,995$$

$$AKL = \bar{R}D_3 = 1,495 * 0 = 0$$

\bar{X} kontrol grafiği için MÇ, ÜKL ve AKL değerleri;

$$M\check{C} = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{595,183}{24} = 24,799$$

$$\check{U}KL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 24,799 + 0,483 * 1,495 = 25,521$$

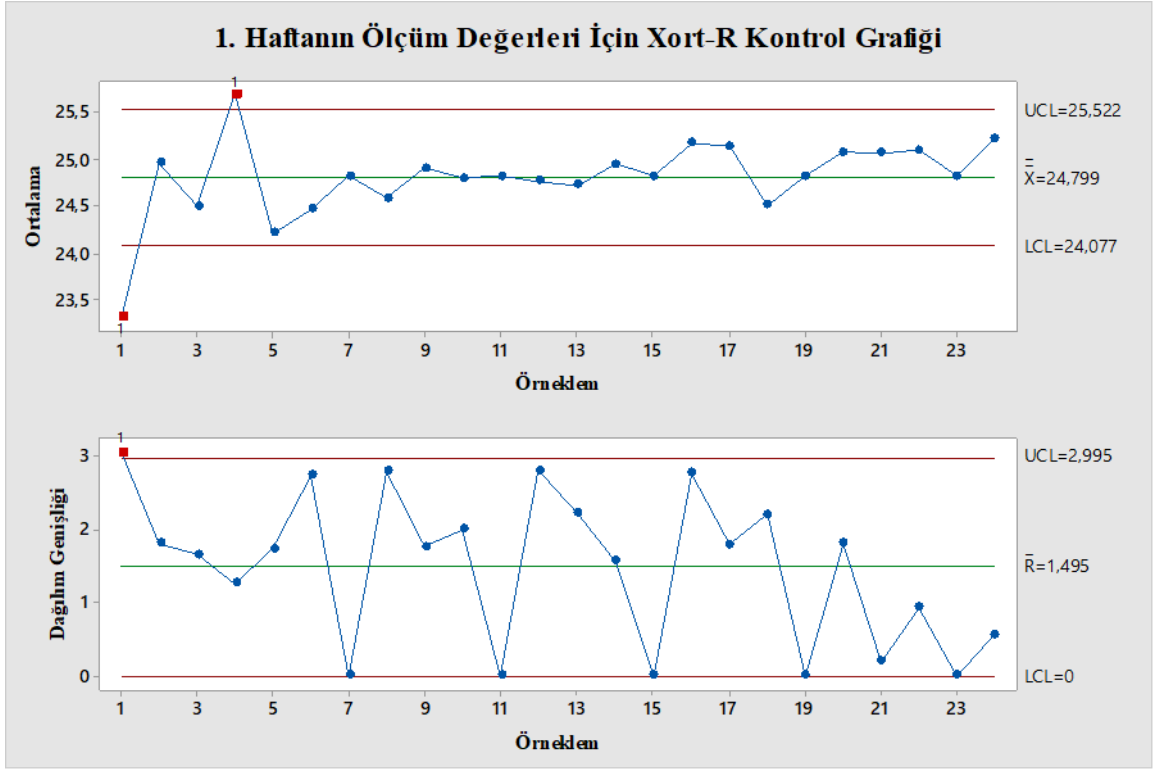
$$AKL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 24,799 - 0,483 * 1,495 = 24,077$$

Tablo 29 Ortalama, Dağılım Genişliği ve Standart Sapma Değerleri

Örnekleme No	Dağılım Genişliği (R)	ÜKL	MÇ	AKL	Ortalama (\bar{X})	MÇ	ÜKL	AKL	Standart Sapma ($\sigma_{\bar{x}}$)
1	3,07	2,995	1,495	0	23,318	24,799	25,521	24,077	1,280
2	1,82	2,995	1,495	0	24,953	24,799	25,521	24,077	0,737
3	1,67	2,995	1,495	0	24,497	24,799	25,521	24,077	0,657
4	1,27	2,995	1,495	0	25,687	24,799	25,521	24,077	0,537
5	1,75	2,995	1,495	0	24,213	24,799	25,521	24,077	0,596
6	2,75	2,995	1,495	0	24,465	24,799	25,521	24,077	1,084
7	0,00	2,995	1,495	0	24,820	24,799	25,521	24,077	0,000
8	2,81	2,995	1,495	0	24,583	24,799	25,521	24,077	1,167
9	1,77	2,995	1,495	0	24,898	24,799	25,521	24,077	0,595
10	2,01	2,995	1,495	0	24,798	24,799	25,521	24,077	0,803
11	0,00	2,995	1,495	0	24,820	24,799	25,521	24,077	0,000
12	2,82	2,995	1,495	0	24,763	24,799	25,521	24,077	1,172
13	2,23	2,995	1,495	0	24,718	24,799	25,521	24,077	0,923
14	1,57	2,995	1,495	0	24,943	24,799	25,521	24,077	0,685
15	0,00	2,995	1,495	0	24,820	24,799	25,521	24,077	0,000
16	2,78	2,995	1,495	0	25,170	24,799	25,521	24,077	1,005
17	1,80	2,995	1,495	0	25,137	24,799	25,521	24,077	0,585
18	2,22	2,995	1,495	0	24,507	24,799	25,521	24,077	0,995
19	0,00	2,995	1,495	0	24,820	24,799	25,521	24,077	0,000
20	1,82	2,995	1,495	0	25,065	24,799	25,521	24,077	0,673
21	0,20	2,995	1,495	0	25,055	24,799	25,521	24,077	0,088
22	0,94	2,995	1,495	0	25,088	24,799	25,521	24,077	0,320
23	0,00	2,995	1,495	0	24,820	24,799	25,521	24,077	0,000
24	0,57	2,995	1,495	0	25,223	24,799	25,521	24,077	0,196

Ek 1' deki tablo yardımı ile n=6 değerine karşılık gelen A₂, D₃ ve D₄'e karşılık gelen değerler ile ÜKL, AKL ve MÇ hesaplanarak elde edilen \bar{X} -R kontrol grafiği Şekil 26' da gösterilmiştir.

Şekil 26 1. Haftanın ölçüm değerleri için \bar{X} -R kontrol grafiği



Korkuluk bağlantı noktalarının ölçüm değerleri R kontrol grafiğinde incelendiğinde birinci günde alınan korkuluk bağlantı noktası ölçüm değeri, üst kontrol limitini aşarak sürecin kontrol altında olmadığını göstermektedir. \bar{X} -R kontrol grafiği değerlendirildiğinde birinci ve dördüncü günün kontrol limitleri dışında olduğu gözlenmiştir. Bu durumun diğer örneklem noktalarında gözlenmediği görülmektedir. Bu iki değer kontrol limiti dışına çıkma sebebi bulunmalıdır.

15. Hafta İçin \bar{X} -R Kontrol Grafiği

On beşinci haftaya ait 144 tane korkuluk ölçüm değeri Tablo 30' da verilmiştir. Örneklem büyüklüğünü ifade eden $n=6$ ve alt grup sayısını ifade eden $k=24$ tür.

Tablo 30 15. Haftaya Ait Örneklem Ölçüm Değerleri

Örneklem No	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
1	25,00	25,10	24,90	25,00	25,10	25,10
2	25,10	25,15	25,00	24,95	25,30	25,10
3	25,10	25,10	24,90	24,95	25,00	25,10
4	25,00	25,05	25,00	25,15	25,00	25,00
5	25,45	25,30	24,95	24,85	24,90	24,90
6	21,10	21,10	24,90	24,90	24,85	24,90
7	25,00	25,00	21,20	23,50	25,15	25,10
8	25,45	25,30	25,10	25,00	24,90	24,90
9	36,90	35,10	35,00	35,00	25,05	25,15
10	25,10	25,10	25,10	26,00	26,00	25,90
11	23,40	24,00	23,80	23,90	25,00	25,00
12	24,30	25,00	24,90	25,10	23,30	23,30
13	25,10	25,15	25,10	25,00	25,10	25,10
14	25,00	25,00	23,20	23,20	25,00	25,10
15	25,10	25,00	25,10	24,95	25,05	25,10
16	24,15	24,15	25,25	25,00	25,00	25,00
17	25,10	25,15	24,80	24,80	26,10	25,00
18	24,95	25,05	24,80	25,00	24,70	25,00
19	25,15	25,15	25,30	25,10	23,50	23,80
20	25,00	25,00	25,00	25,10	25,00	25,60
21	24,25	24,80	25,00	25,00	25,00	25,00
22	23,90	24,00	25,30	25,00	24,10	24,40
23	23,00	24,45	25,10	25,00	25,00	25,70
24	25,00	25,20	24,90	25,00	25,05	25,10

Seçilen örnekleme ait \bar{X} -R kontrol grafiği uygulaması için ortalamalar, dağılım genişliği değerleri ve standart sapma değerleri ile ÜKL, AKL ve MÇ değerleri birlikte hesaplanarak Tablo 31' de gösterilmiştir.

R kontrol grafiği için MÇ, ÜKL ve AKL değerleri;

$$M\check{C} = \bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{38,45}{24} = 1,602$$

$$\check{U}KL = \bar{R}D_4 = 1,602 * 2,004 = 3,211$$

$$AKL = \bar{R}D_3 = 1,602 * 0 = 0$$

\bar{X} kontrol grafiği için MÇ, ÜKL ve AKL değerleri;

$$M\check{C} = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{602,425}{24} = 25,101$$

$$\check{U}KL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 25,101 + 0,483 * 1,602 = 25,875$$

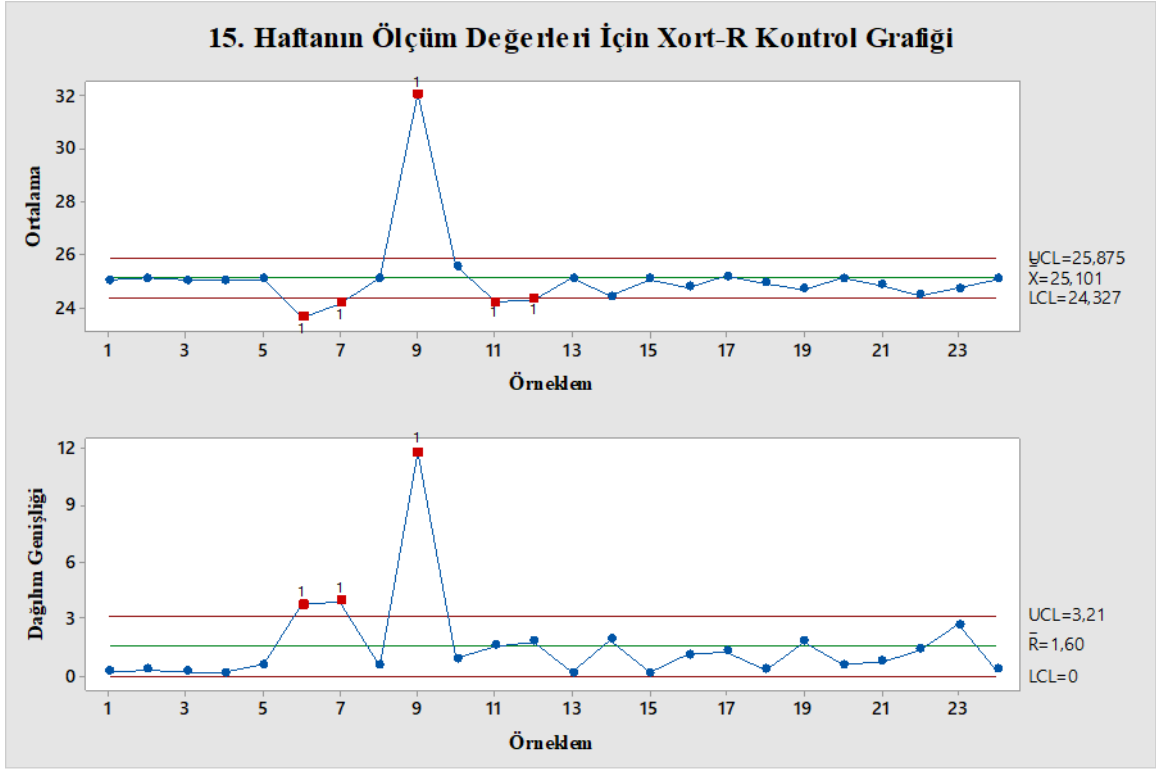
$$AKL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 25,101 - 0,483 * 1,602 = 24,327$$

Tablo 31 Ortalama, Dağılım Genişliği ve Standart Sapma Değerleri

Örnekleme No	Dağılım Genişliği (R)	ÜKL	MÇ	AKL	Ortalama (\bar{X})	MÇ	ÜKL	AKL	Standart Sapma ($\sigma_{\bar{x}}$)
1	0,20	3,211	1,602	0	25,033	25,101	25,875	24,327	0,082
2	0,35	3,211	1,602	0	25,100	25,101	25,875	24,327	0,122
3	0,20	3,211	1,602	0	25,025	25,101	25,875	24,327	0,088
4	0,15	3,211	1,602	0	25,033	25,101	25,875	24,327	0,061
5	0,60	3,211	1,602	0	25,058	25,101	25,875	24,327	0,252
6	3,80	3,211	1,602	0	23,625	25,101	25,875	24,327	1,956
7	3,95	3,211	1,602	0	24,158	25,101	25,875	24,327	1,579
8	0,55	3,211	1,602	0	25,108	25,101	25,875	24,327	0,225
9	11,85	3,211	1,602	0	32,033	25,101	25,875	24,327	5,419
10	0,90	3,211	1,602	0	25,533	25,101	25,875	24,327	0,476
11	1,60	3,211	1,602	0	24,183	25,101	25,875	24,327	0,665
12	1,80	3,211	1,602	0	24,317	25,101	25,875	24,327	0,835
13	0,15	3,211	1,602	0	25,092	25,101	25,875	24,327	0,049
14	1,90	3,211	1,602	0	24,417	25,101	25,875	24,327	0,943
15	0,15	3,211	1,602	0	25,050	25,101	25,875	24,327	0,063
16	1,10	3,211	1,602	0	24,758	25,101	25,875	24,327	0,481
17	1,30	3,211	1,602	0	25,158	25,101	25,875	24,327	0,484
18	0,35	3,211	1,602	0	24,917	25,101	25,875	24,327	0,137
19	1,80	3,211	1,602	0	24,667	25,101	25,875	24,327	0,796
20	0,60	3,211	1,602	0	25,117	25,101	25,875	24,327	0,240
21	0,75	3,211	1,602	0	24,842	25,101	25,875	24,327	0,301
22	1,40	3,211	1,602	0	24,450	25,101	25,875	24,327	0,575
23	2,70	3,211	1,602	0	24,708	25,101	25,875	24,327	0,927
24	0,30	3,211	1,602	0	25,042	25,101	25,875	24,327	0,102

Ek 1' deki tablo yardımı ile n=6 değerine karşılık gelen A_2 , D_3 ve D_4 ' e karşılık gelen değerler ile ÜKL, AKL ve MÇ hesaplanarak elde edilen \bar{X} -R kontrol grafiği Şekil 27' de gösterilmiştir.

Şekil 27 15. Haftanın Ölçüm Değerleri İçin \bar{X} -R Kontrol Grafiği



Korkuluk bağlantı noktalarının ölçüm değerleri R kontrol grafiğinde incelendiğinde altıncı, yedinci ve dokuzuncu günlerde alınan korkuluk bağlantı noktası ölçüm değerleri, üst kontrol limitini aşarak sürecin kontrol altında olmadığını göstermektedir. \bar{X} -R kontrol grafiği değerlendirildiğinde bir değer üst kontrol limitinin dışında olduğu ve dört değerinde alt kontrol limitinin dışında kaldığı görülmektedir. Altıncı, yedinci, dokuzuncu, on birinci ve on ikinci güne ait ölçüm değerlerinde yaşanan bu durumun diğer örneklem noktalarında gözlenmediği görülmektedir. Bu beş değer kontrol limiti dışına çıkma sebebi bulunmalıdır.

29. Hafta İçin \bar{X} -R Kontrol Grafiği

Yirmi dokuzuncu haftaya ait 144 tane korkuluk ölçüm değeri Tablo 32' de verilmiştir. Örneklem büyüklüğünü ifade eden $n=6$ ve alt grup sayısını ifade eden $k=24$ tür.

Tablo 32 29. Haftaya Ait Örneklem Ölçüm Değerleri

Örneklem No	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆
1	24,75	25,21	21,55	24,41	24,32	23,82
2	26,25	23,50	25,77	25,67	25,63	23,99
3	26,00	25,20	23,47	24,87	25,81	25,10
4	25,15	25,70	25,83	25,40	25,20	23,10
5	24,54	22,01	28,53	24,80	25,00	26,15
6	23,99	25,05	25,00	25,10	25,15	25,11
7	26,15	23,97	25,00	24,98	25,12	25,00
8	23,47	25,47	24,90	25,05	24,90	25,05
9	24,72	25,05	25,58	25,00	25,11	25,44
10	25,16	25,65	25,71	25,53	25,45	25,41
11	24,84	23,75	23,66	26,14	26,00	25,17
12	25,23	25,78	25,05	25,96	25,85	25,22
13	25,00	25,32	25,00	22,23	25,45	24,87
14	25,55	25,27	25,24	25,17	25,25	23,80
15	25,22	24,95	25,22	23,61	25,24	25,12
16	25,13	25,12	25,19	26,66	23,33	25,55
17	25,68	24,60	26,00	24,85	24,95	23,45
18	25,13	25,50	28,83	26,15	24,64	25,05
19	25,01	25,34	25,58	25,85	25,11	24,90
20	25,17	24,64	25,35	25,03	25,65	24,65
21	26,13	26,15	24,84	25,00	25,22	25,15
22	25,05	25,16	21,12	24,52	25,62	25,00
23	25,00	25,00	24,83	25,13	24,86	24,85
24	25,00	25,10	24,97	25,00	25,45	25,56

Seçilen örnekleme ait \bar{X} -R kontrol grafiği uygulaması için ortalamalar, dağılım genişliği değerleri ve standart sapma değerleri ile ÜKL, AKL ve MÇ değerleri birlikte hesaplanarak Tablo 33' te gösterilmiştir.

R kontrol grafiği için MÇ, ÜKL ve AKL değerleri;

$$M\check{C} = \bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{53,66}{24} = 2,336$$

$$\check{U}KL = \bar{R}D_4 = 2,336 * 2,004 = 4,481$$

$$AKL = \bar{R}D_3 = 2,336 * 0 = 0$$

\bar{X} kontrol grafiği için MÇ, ÜKL ve AKL değerleri;

$$M\check{C} = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{601,160}{24} = 25,048$$

$$\check{U}KL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 25,048 + 0,483 * 2,236 = 26,128$$

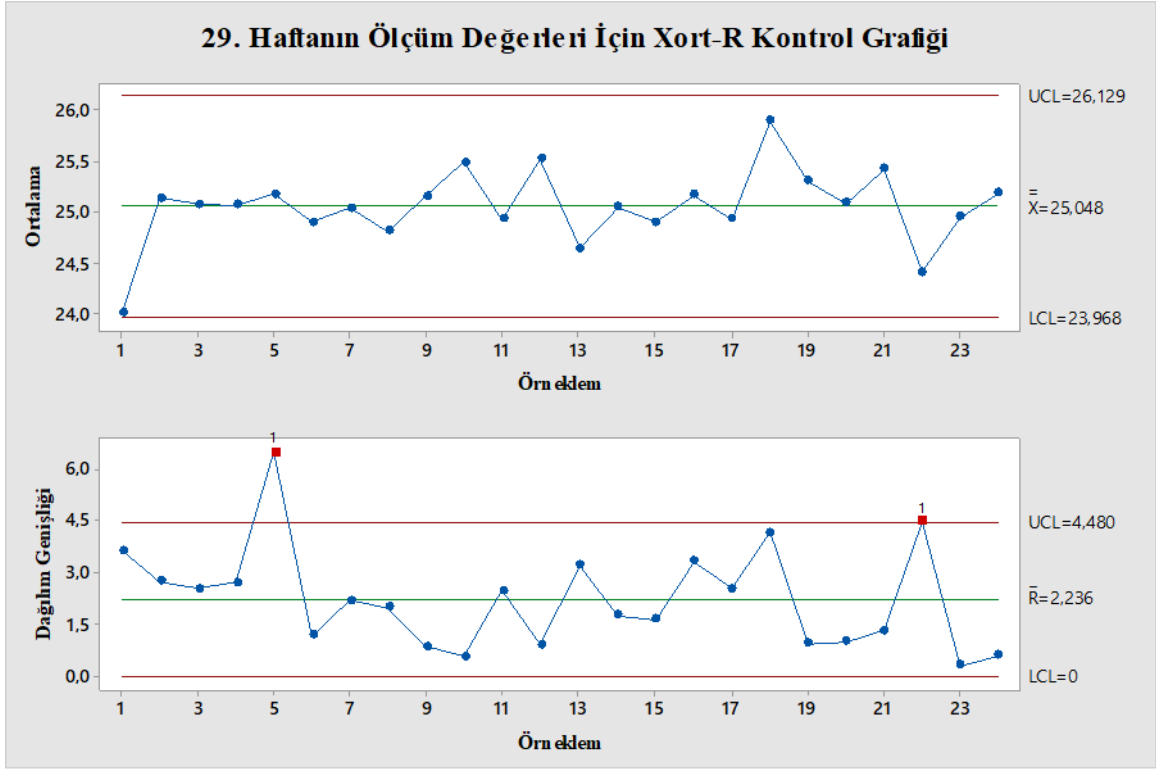
$$AKL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 25,048 - 0,483 * 2,236 = 23,968$$

Tablo 33 Ortalama, Dağılım Genişliği ve Standart Sapma Değerleri

Örnekleme No	Dağılım Genişliği (R)	ÜKL	MÇ	AKL	Ortalama (\bar{x})	MÇ	ÜKL	AKL	Standart Sapma ($\sigma_{\bar{x}}$)
1	3,66	4,481	2,236	0	24,010	25,048	26,128	23,968	1,291
2	2,75	4,481	2,236	0	25,135	25,048	26,128	23,968	1,110
3	2,53	4,481	2,236	0	25,075	25,048	26,128	23,968	0,898
4	2,73	4,481	2,236	0	25,063	25,048	26,128	23,968	0,999
5	6,52	4,481	2,236	0	25,172	25,048	26,128	23,968	2,135
6	1,16	4,481	2,236	0	24,900	25,048	26,128	23,968	0,449
7	2,18	4,481	2,236	0	25,037	25,048	26,128	23,968	0,691
8	2,00	4,481	2,236	0	24,807	25,048	26,128	23,968	0,687
9	0,86	4,481	2,236	0	25,150	25,048	26,128	23,968	0,312
10	0,55	4,481	2,236	0	25,485	25,048	26,128	23,968	0,196
11	2,48	4,481	2,236	0	24,927	25,048	26,128	23,968	1,066
12	0,91	4,481	2,236	0	25,515	25,048	26,128	23,968	0,391
13	3,22	4,481	2,236	0	24,645	25,048	26,128	23,968	1,203
14	1,75	4,481	2,236	0	25,047	25,048	26,128	23,968	0,625
15	1,63	4,481	2,236	0	24,893	25,048	26,128	23,968	0,638
16	3,33	4,481	2,236	0	25,163	25,048	26,128	23,968	1,073
17	2,55	4,481	2,236	0	24,922	25,048	26,128	23,968	0,896
18	4,19	4,481	2,236	0	25,883	25,048	26,128	23,968	1,530
19	0,95	4,481	2,236	0	25,298	25,048	26,128	23,968	0,364
20	1,01	4,481	2,236	0	25,082	25,048	26,128	23,968	0,397
21	1,31	4,481	2,236	0	25,415	25,048	26,128	23,968	0,577
22	4,50	4,481	2,236	0	24,412	25,048	26,128	23,968	1,650
23	0,30	4,481	2,236	0	24,945	25,048	26,128	23,968	0,118
24	0,59	4,481	2,236	0	25,180	25,048	26,128	23,968	0,258

Ek 1' deki tablo yardımı ile n=6 değerine karşılık gelen A_2 , D_3 ve D_4 ' e karşılık gelen değerler ile ÜKL, AKL ve MÇ hesaplanarak elde edilen \bar{X} -R kontrol grafiği Şekil 28' de gsterilmiştir.

Şekil 28 29. Haftanın Ölçüm Değerleri İçin \bar{X} -R Kontrol Grafiği



Korkuluk bağlantı noktalarının ölçüm değerleri R kontrol grafiğinde incelendiğinde beşinci güne ait ölçüm değerinin üst kontrol limitini aşarak sürecin kontrol altında olmadığını göstermektedir. \bar{X} -R kontrol grafiği değerlendirildiğinde örneklem noktalarının ölçüm değerlerinin kontrol limitleri arasında kaldığı görülmektedir. Sürecin kontrol altında olduğu söylenebilir.

43. Hafta İçin \bar{X} -R Kontrol Grafiği

Kırk üçüncü haftaya ait 144 tane korkuluk ölçüm değeri Tablo 34' te verilmiştir. Örneklem büyüklüğünü ifade eden $n=6$ ve alt grup sayısını ifade eden $k=24$ tür.

Tablo 34 43. Haftaya Ait Örneklem Ölçüm Değerleri

Örneklem No	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆
1	26,25	25,80	27,00	25,80	25,20	25,80
2	24,75	25,60	25,75	25,55	25,70	26,00
3	25,15	25,70	23,85	25,15	27,00	25,35
4	24,90	25,65	25,15	24,75	25,80	24,40
5	25,15	25,40	25,20	25,60	24,65	24,75
6	24,80	24,70	25,70	23,85	25,15	25,65
7	23,85	25,80	25,15	25,80	25,65	26,40
8	25,60	24,75	25,25	23,50	25,10	26,25
9	25,10	23,85	25,10	25,70	25,20	25,60
10	25,70	26,00	26,25	25,60	25,70	24,65
11	26,40	23,90	25,80	25,70	24,30	24,90
12	25,70	25,20	26,00	26,00	25,75	25,15
13	24,90	25,70	25,60	26,25	25,20	25,10
14	23,90	24,75	25,15	24,65	25,75	23,65
15	25,65	25,60	25,25	25,70	26,25	24,75
16	25,60	26,25	25,65	23,65	24,75	25,65
17	23,80	23,70	24,90	25,00	25,00	24,90
18	25,05	25,00	25,10	25,00	24,95	24,80
19	25,10	25,00	24,90	24,90	23,40	23,00
20	25,05	25,00	25,05	25,05	25,00	25,10
21	24,30	24,20	25,00	24,95	25,00	25,00
22	25,30	25,35	25,20	25,25	25,10	25,10
23	25,50	25,35	25,15	25,00	24,90	25,00
24	24,90	25,00	28,30	26,40	26,00	26,10

Seçilen örnekleme ait \bar{X} -R kontrol grafiği uygulaması için ortalamalar, dağılım genişliği değerleri ve standart sapma değerleri ile ÜKL, AKL ve MÇ değerleri birlikte hesaplanarak Tablo 35' te gösterilmiştir.

R kontrol grafiği için MÇ, ÜKL ve AKL değerleri;

$$M\check{C} = \bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{34,90}{24} = 1,621$$

$$\check{U}KL = \bar{R}D_4 = 1,621 * 2,004 = 3,248$$

$$AKL = \bar{R}D_3 = 1,621 * 0 = 0$$

\bar{X} kontrol grafiği için MÇ, ÜKL ve AKL değerleri;

$$M\check{C} = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{605,242}{24} = 25,218$$

$$\check{U}KL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 25,218 + 0,483 * 1,621 = 26,001$$

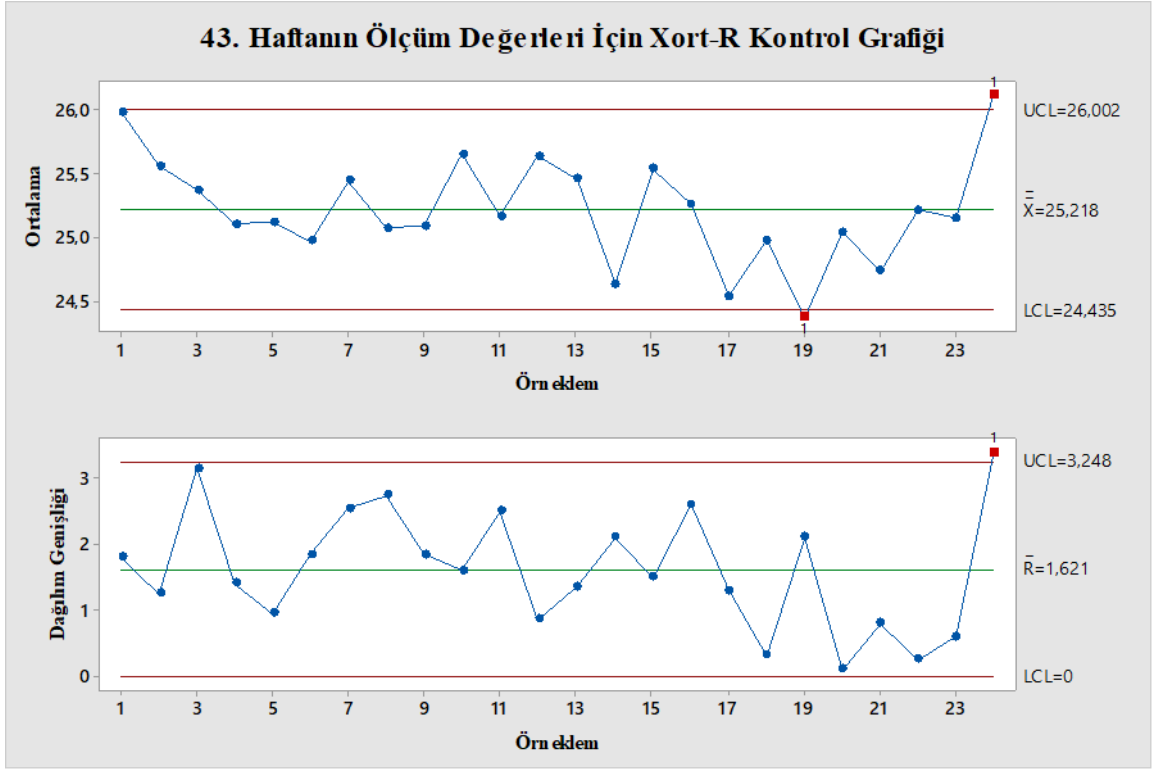
$$AKL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 25,218 - 0,483 * 1,621 = 24,436$$

Tablo 35 Ortalama, Dağılım Genişliği ve Standart Sapma Değerleri

Örnekleme No	Dağılım Genişliği (R)	ÜKL	MÇ	AKL	Ortalama (\bar{X})	MÇ	ÜKL	AKL	Standart Sapma ($\sigma_{\bar{x}}$)
1	1,80	3,248	1,621	0	25,975	25,218	26,001	24,436	0,603
2	1,25	3,248	1,621	0	25,558	25,218	26,001	24,436	0,426
3	3,15	3,248	1,621	0	25,367	25,218	26,001	24,436	1,017
4	1,40	3,248	1,621	0	25,108	25,218	26,001	24,436	0,538
5	0,95	3,248	1,621	0	25,125	25,218	26,001	24,436	0,367
6	1,85	3,248	1,621	0	24,975	25,218	26,001	24,436	0,690
7	2,55	3,248	1,621	0	25,442	25,218	26,001	24,436	0,876
8	2,75	3,248	1,621	0	25,075	25,218	26,001	24,436	0,925
9	1,85	3,248	1,621	0	25,092	25,218	26,001	24,436	0,661
10	1,60	3,248	1,621	0	25,650	25,218	26,001	24,436	0,546
11	2,50	3,248	1,621	0	25,167	25,218	26,001	24,436	0,963
12	0,85	3,248	1,621	0	25,633	25,218	26,001	24,436	0,376
13	1,35	3,248	1,621	0	25,458	25,218	26,001	24,436	0,492
14	2,10	3,248	1,621	0	24,642	25,218	26,001	24,436	0,779
15	1,50	3,248	1,621	0	25,533	25,218	26,001	24,436	0,501
16	2,60	3,248	1,621	0	25,258	25,218	26,001	24,436	0,922
17	1,30	3,248	1,621	0	24,550	25,218	26,001	24,436	0,622
18	0,30	3,248	1,621	0	24,983	25,218	26,001	24,436	0,103
19	2,10	3,248	1,621	0	24,383	25,218	26,001	24,436	0,928
20	0,10	3,248	1,621	0	25,042	25,218	26,001	24,436	0,038
21	0,80	3,248	1,621	0	24,742	25,218	26,001	24,436	0,383
22	0,25	3,248	1,621	0	25,217	25,218	26,001	24,436	0,103
23	0,60	3,248	1,621	0	25,150	25,218	26,001	24,436	0,232
24	3,40	3,248	1,621	0	26,117	25,218	26,001	24,436	1,232

Ek 1' deki tablo yardımı ile n=6 değerine karşılık gelen A_2 , D_3 ve D_4 ' e karşılık gelen değerler ile ÜKL, AKL ve MÇ hesaplanarak elde edilen \bar{X} -R kontrol grafiği Şekil 29' da gösterilmiştir.

Şekil 29 43. Haftanın Ölçüm Değerleri İçin \bar{X} -R Kontrol Grafiği



Korkuluk bağlantı noktalarının ölçüm değerleri R kontrol grafiğinde incelendiğinde yirmi dördüncü günde alınan korkuluk bağlantı noktası ölçüm değerinin, üst kontrol limitini aşarak sürecin kontrol altında olmadığını göstermektedir. \bar{X} -R kontrol grafiği değerlendirildiğinde bir değer üst kontrol limitinin dışında olduğu ve bir değerinde alt kontrol limitinin dışında kaldığı görülmektedir. On dokuzuncu ve yirmi dördüncü güne ait ölçüm değerlerinde yaşanan bu durumun diğer örneklem noktalarında gözlenmediği görülmektedir. Bu iki değer kontrol limiti dışına çıkma sebebi bulunmalıdır.

3.5.2. p Kontrol Grafiği

Korkuluk üretimlerinde meydana gelen hataların kontrolünü sağlamak için görevlendirilen personel tarafından üretilen her korkuluk günlük olarak kontrol edilmiştir. Günlük kontroller için oluşturulmuş olan kontrol listelerine işlenen veriler sayesinde günlük, haftalık, aylık ya da istenen dönem aralığı için kusurlu oranlar tespit edilerek p kontrol grafikleri hazırlanabilmektedir. Bu çalışmada 01 Kasım 2017 tarihinden 31 Ekim 2019 tarihine kadar olan 24 aylık süreç, kusurlu oranlarının incelenmesi için aylık periyotlara ayrılarak p kontrol grafikleri incelenmiştir. Her gün

96 adet korkuluk imalatı kontrolü sağlanarak, gün bazındaki kontrol sayısı aynı tutulmuştur.

01-30 Kasım 2017 Ayı İçin p Kontrol Grafiği

Birinci ay için kontrol listelerine işlenen veriler ile işletmedeki günlük kusurlu oranları takip edilerek kusurlu oranı p kontrol grafiği hazırlanmıştır. Tablo 36'da 01-30 Kasım 2017 Ayı için p kontrol grafiği verileri, Şekil 30'da da p kontrol grafiği verilmiştir.

p kontrol grafiği hazırlanırken öncelikle aşağıdaki değerler tespit edilmiştir.

Kontrol edilen korkuluk adedi = 2496

Toplam kusurlu korkuluk adedi = 94

Ortalama kusurlu oranı olan \bar{p} , toplam kusurlu korkuluk adedinin toplam kontrol edilen korkuluk adedine bölünmesi ile bulunur.

$$\bar{p} = \frac{94}{2496}$$

$$\bar{p} = 0,037$$

Kontrol edilen korkuluk adedi olan \bar{n} , toplam kontrol edilen korkuluk adedinin gün sayısına bölünmesi ile bulunur.

$$\bar{n} = \frac{2496}{26}$$

$$\bar{n} = 96$$

$\bar{n}p > 1$ olması gerekiyordu.

$$\bar{n}p = 96 * 0,037$$

$$\bar{n}p = 3,55$$

$\bar{n}p = 3,55 > 1$ olduğundan örnekler yeterlidir.

p kontrol grafiğinin standartları bilinmediğinde kontrol limitleri olan ÜKL, MÇ ve AKL aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\ddot{ÜKL} = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$\ddot{ÜKL} = 0,037 + 3\sqrt{\frac{0,037(1-0,037)}{96}}$$

$$\ddot{ÜKL} = 0,095$$

$$AKL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$AKL = 0,037 - 3\sqrt{\frac{0,037(1-0,037)}{96}}$$

$$AKL = -0,021 = 0$$

$$M\check{C} = \bar{p}$$

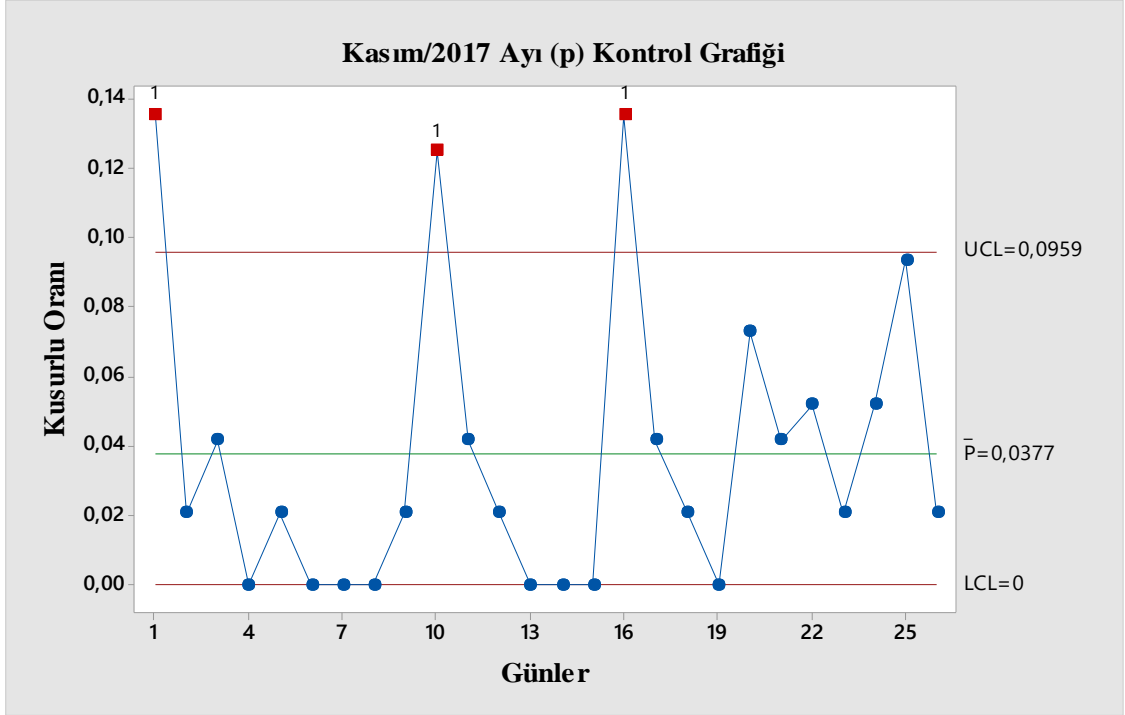
$$M\check{C} = 0,037$$

$$AKL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Tablo 36 Kasım/2017 ayı kusurlu oranı (p) kontrol grafiği için veriler

Gün (Örnek No)	Toplam Kontrol Adedi	Kusurlu Adedi	Kusurlu Oranı (p)	AKL	MÇ	ÜKL
1	96	13	0,135	0	0,037	0,095
2	96	2	0,021	0	0,037	0,095
3	96	4	0,042	0	0,037	0,095
4	96	0	0,000	0	0,037	0,095
5	96	2	0,021	0	0,037	0,095
6	96	0	0,000	0	0,037	0,095
7	96	0	0,000	0	0,037	0,095
8	96	0	0,000	0	0,037	0,095
9	96	2	0,021	0	0,037	0,095
10	96	12	0,125	0	0,037	0,095
11	96	4	0,042	0	0,037	0,095
12	96	2	0,021	0	0,037	0,095
13	96	0	0,000	0	0,037	0,095
14	96	0	0,000	0	0,037	0,095
15	96	0	0,000	0	0,037	0,095
16	96	13	0,135	0	0,037	0,095
17	96	4	0,042	0	0,037	0,095
18	96	2	0,021	0	0,037	0,095
19	96	0	0,000	0	0,037	0,095
20	96	7	0,073	0	0,037	0,095
21	96	4	0,042	0	0,037	0,095
22	96	5	0,052	0	0,037	0,095
23	96	2	0,021	0	0,037	0,095
24	96	5	0,052	0	0,037	0,095
25	96	9	0,094	0	0,037	0,095
26	96	2	0,021	0	0,037	0,095
Toplam	2496	94				

Şekil 30 Kasım/2017 ayı (p) kontrol grafiği



01-31 Mart 2018 Ayı İçin p Kontrol Grafiği

Beşinci ay için kontrol listelerine işlenen veriler ile işletmedeki günlük kusurlu oranları takip edilerek kusurlu oranı p kontrol grafiği hazırlanmıştır. Tablo 37’de 01-31 Mart 2018 Ayı için p kontrol grafiği verileri, Şekil 31’de de p kontrol grafiği verilmiştir.

p kontrol grafiği hazırlanırken öncelikle aşağıdaki değerler tespit edilmiştir.

Kontrol edilen korkuluk adedi = 2592

Toplam kusurlu korkuluk adedi = 100

$$\bar{p} = \frac{100}{2592}$$

$$\bar{p} = 0,039$$

$$\bar{n} = \frac{2596}{27}$$

$$\bar{n} = 96$$

p kontrol grafiğinin standartları bilinmediğinde kontrol limitleri olan ÜKL, MÇ ve AKL aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\text{ÜKL} = 0,039 + 3\sqrt{\frac{0,039(1-0,039)}{96}}$$

$$\text{ÜKL} = 0,098$$

$$\text{AKL} = 0,039 - 3\sqrt{\frac{0,039(1-0,039)}{96}}$$

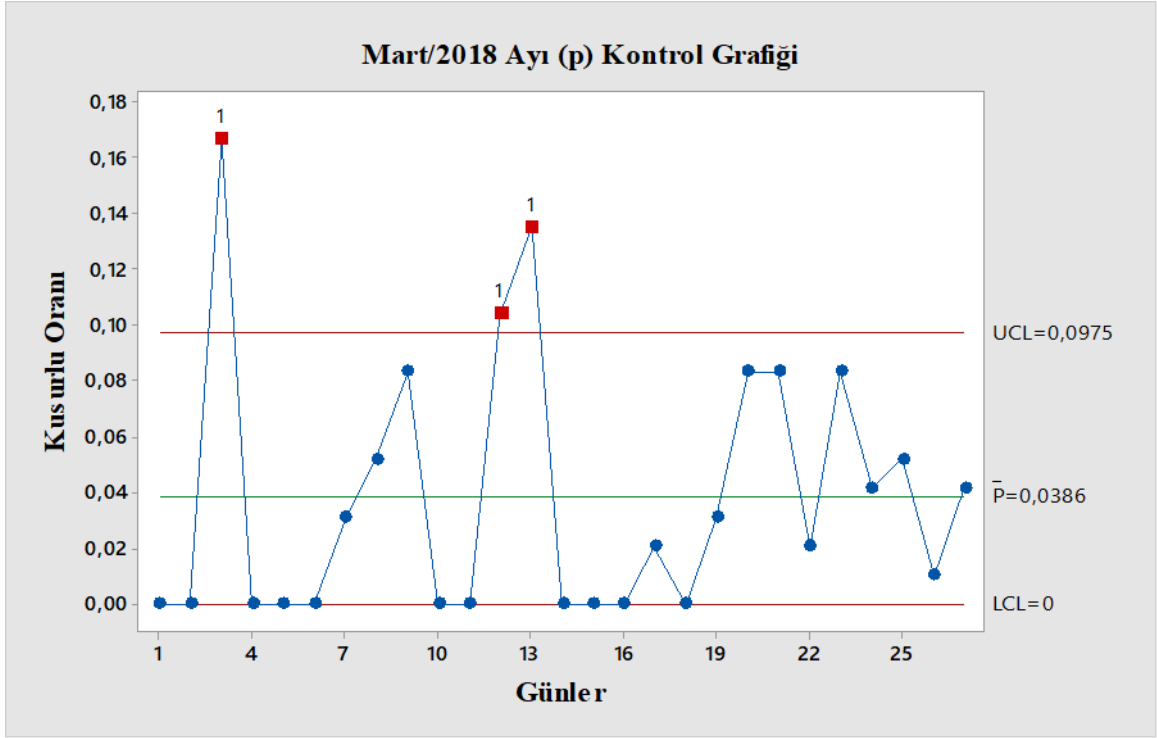
$$\text{AKL} = -0,020 = 0$$

$$\text{MÇ} = 0,039$$

Tablo 37 Mart/2018 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği için veriler

Gün (Örnek No)	Toplam Kontrol Adedi	Kusurlu Adedi	Kusurlu Oran (p)	AKL	MÇ	ÜKL
1	96	0	0,000	0	0,039	0,098
2	96	0	0,000	0	0,039	0,098
3	96	16	0,167	0	0,039	0,098
4	96	0	0,000	0	0,039	0,098
5	96	0	0,000	0	0,039	0,098
6	96	0	0,000	0	0,039	0,098
7	96	3	0,031	0	0,039	0,098
8	96	5	0,052	0	0,039	0,098
9	96	8	0,083	0	0,039	0,098
10	96	0	0,000	0	0,039	0,098
11	96	0	0,000	0	0,039	0,098
12	96	10	0,104	0	0,039	0,098
13	96	13	0,135	0	0,039	0,098
14	96	0	0,000	0	0,039	0,098
15	96	0	0,000	0	0,039	0,098
16	96	0	0,000	0	0,039	0,098
17	96	2	0,021	0	0,039	0,098
18	96	0	0,000	0	0,039	0,098
19	96	3	0,031	0	0,039	0,098
20	96	8	0,083	0	0,039	0,098
21	96	8	0,083	0	0,039	0,098
22	96	2	0,021	0	0,039	0,098
23	96	8	0,083	0	0,039	0,098
24	96	4	0,042	0	0,039	0,098
25	96	5	0,052	0	0,039	0,098
26	96	1	0,010	0	0,039	0,098
27	96	4	0,042	0	0,039	0,098
Toplam	2592	100				

Şekil 31 Mart/2018 ayı (p) kontrol grafiği



01-31 Temmuz 2018 Ayı İçin p Kontrol Grafiği

Dokuzuncu ay için kontrol listelerine işlenen veriler ile işletmedeki günlük kusurlu oranları takip edilerek kusurlu oranı p kontrol grafiği hazırlanmıştır. Tablo 38’de 01-31 Temmuz 2018 Ayı için p kontrol grafiği verileri, Şekil 32’de de p kontrol grafiği verilmiştir.

p kontrol grafiği hazırlanırken öncelikle aşağıdaki değerler tespit edilmiştir.

Kontrol edilen korkuluk adedi = 2592

Toplam kusurlu korkuluk adedi = 114

$$\bar{p} = \frac{114}{2592}$$

$$\bar{p} = 0,044 \text{ ’tür.}$$

$$\bar{n} = \frac{2592}{27}$$

$$\bar{n} = 96$$

p kontrol grafiğinin standartları bilinmediğinde kontrol limitleri olan ÜKL, MÇ ve AKL aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\text{ÜKL} = 0,044 + 3\sqrt{\frac{0,044(1-0,044)}{96}}$$

$$\text{ÜKL} = 0,107$$

$$\text{AKL} = 0,044 - 3\sqrt{\frac{0,044(1-0,044)}{96}}$$

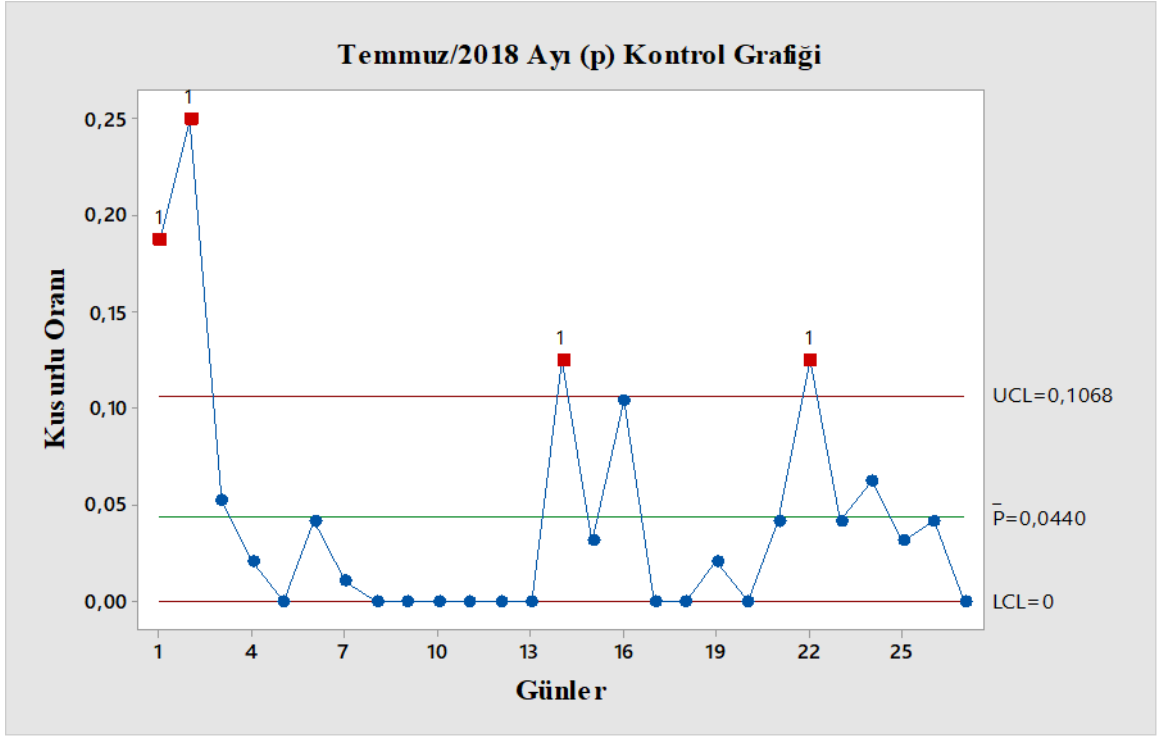
$$\text{AKL} = -0,019 = 0$$

$$\text{MÇ} = 0,044$$

Tablo 38 Temmuz/2018 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği için veriler

Gün (Örnek No)	Toplam Kontrol Adedi	Kusurlu Adedi	Kusurlu Oranı (p)	AKL	MÇ	ÜKL
1	96	18	0,188	0	0,044	0,107
2	96	24	0,250	0	0,044	0,107
3	96	5	0,052	0	0,044	0,107
4	96	2	0,021	0	0,044	0,107
5	96	0	0,000	0	0,044	0,107
6	96	4	0,042	0	0,044	0,107
7	96	1	0,010	0	0,044	0,107
8	96	0	0,000	0	0,044	0,107
9	96	0	0,000	0	0,044	0,107
10	96	0	0,000	0	0,044	0,107
11	96	0	0,000	0	0,044	0,107
12	96	0	0,000	0	0,044	0,107
13	96	0	0,000	0	0,044	0,107
14	96	12	0,125	0	0,044	0,107
15	96	3	0,031	0	0,044	0,107
16	96	10	0,104	0	0,044	0,107
17	96	0	0,000	0	0,044	0,107
18	96	0	0,000	0	0,044	0,107
19	96	2	0,021	0	0,044	0,107
20	96	0	0,000	0	0,044	0,107
21	96	4	0,042	0	0,044	0,107
22	96	12	0,125	0	0,044	0,107
23	96	4	0,042	0	0,044	0,107
24	96	6	0,063	0	0,044	0,107
25	96	3	0,031	0	0,044	0,107
26	96	4	0,042	0	0,044	0,107
27	96	0	0,000	0	0,044	0,107
Toplam	2592	114				

Şekil 32 Temmuz/2018 ayı (p) kontrol grafiği



01-30 Kasım 2018 Ayı İçin p Kontrol Grafiği

On üçüncü ay için kontrol listelerine işlenen veriler ile işletmedeki günlük kusurlu oranları takip edilerek kusurlu oranı p kontrol grafiği hazırlanmıştır. Tablo 39’da 01-30 Kasım 2018 Ayı için p kontrol grafiği verileri, Şekil 33’te de p kontrol grafiği verilmiştir.

p kontrol grafiği hazırlanırken öncelikle aşağıdaki değerler tespit edilmiştir.

Kontrol edilen korkuluk adedi = 2496

Toplam kusurlu korkuluk adedi = 103

$$\bar{p} = \frac{103}{2496}$$

$$\bar{p} = 0,041$$

$$\bar{n} = \frac{2496}{26}$$

$$\bar{n} = 96$$

p kontrol grafiğinin standartları bilinmediğinde kontrol limitleri olan ÜKL, MÇ ve AKL aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\text{ÜKL} = 0,041 + 3\sqrt{\frac{0,041(1-0,041)}{96}}$$

$$\text{ÜKL} = 0,102$$

$$\text{AKL} = 0,041 - 3\sqrt{\frac{0,041(1-0,041)}{96}}$$

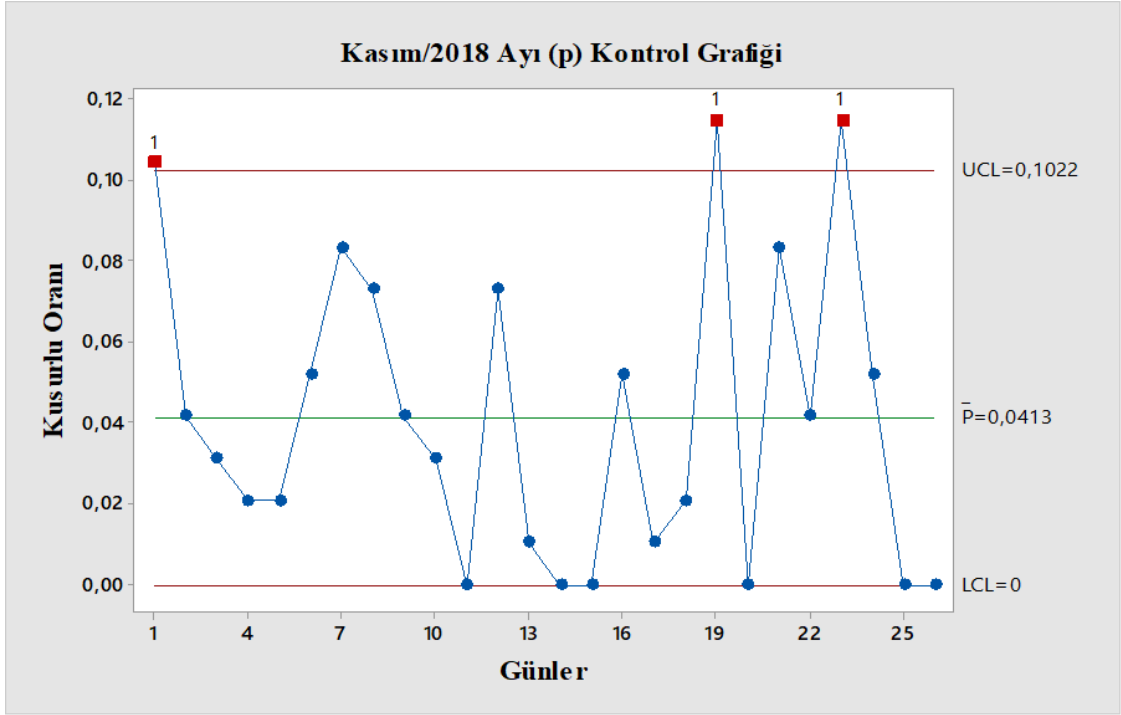
$$\text{AKL} = -0,020 = 0$$

$$\text{MÇ} = 0,041$$

Tablo 39 Kasım/2018 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği için veriler

Gün (Örnek No)	Toplam Kontrol Adedi	Kusurlu Adedi	Kusurlu Oran (p)	AKL	MÇ	ÜKL
1	96	10	0,104	0	0,041	0,102
2	96	4	0,042	0	0,041	0,102
3	96	3	0,031	0	0,041	0,102
4	96	2	0,021	0	0,041	0,102
5	96	2	0,021	0	0,041	0,102
6	96	5	0,052	0	0,041	0,102
7	96	8	0,083	0	0,041	0,102
8	96	7	0,073	0	0,041	0,102
9	96	4	0,042	0	0,041	0,102
10	96	3	0,031	0	0,041	0,102
11	96	0	0,000	0	0,041	0,102
12	96	7	0,073	0	0,041	0,102
13	96	1	0,010	0	0,041	0,102
14	96	0	0,000	0	0,041	0,102
15	96	0	0,000	0	0,041	0,102
16	96	5	0,052	0	0,041	0,102
17	96	1	0,010	0	0,041	0,102
18	96	2	0,021	0	0,041	0,102
19	96	11	0,115	0	0,041	0,102
20	96	0	0,000	0	0,041	0,102
21	96	8	0,083	0	0,041	0,102
22	96	4	0,042	0	0,041	0,102
23	96	11	0,115	0	0,041	0,102
24	96	5	0,052	0	0,041	0,102
25	96	0	0,000	0	0,041	0,102
26	96	0	0,000	0	0,041	0,102
Toplam	2496	103				

Şekil 33 Kasım/2018 ayı (p) kontrol grafiği



01-31 Mart 2019 Ayı İçin p Kontrol Grafiği

On yedinci ay için kontrol listelerine işlenen veriler ile işletmedeki günlük kusurlu oranları takip edilerek kusurlu oranı p kontrol grafiği hazırlanmıştır. Tablo 40' ta 01-31 Mart 2019 Ayı için p kontrol grafiği verileri, Şekil 34'te de p kontrol grafiği verilmiştir.

p kontrol grafiği hazırlanırken öncelikle aşağıdaki değerler tespit edilmiştir.

Kontrol edilen korkuluk adedi = 2496

Toplam kusurlu korkuluk adedi = 78

$$\bar{p} = \frac{78}{2496}$$

$$\bar{p} = 0,031$$

$$\bar{n} = \frac{2496}{26}$$

$$\bar{n} = 96$$

p kontrol grafiğinin standartları bilinmediğinde kontrol limitleri olan ÜKL, MÇ ve AKL aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\text{ÜKL} = 0,031 + 3\sqrt{\frac{0,031(1-0,031)}{96}}$$

$$\text{ÜKL} = 0,084$$

$$\text{AKL} = 0,031 - 3\sqrt{\frac{0,031(1-0,031)}{96}}$$

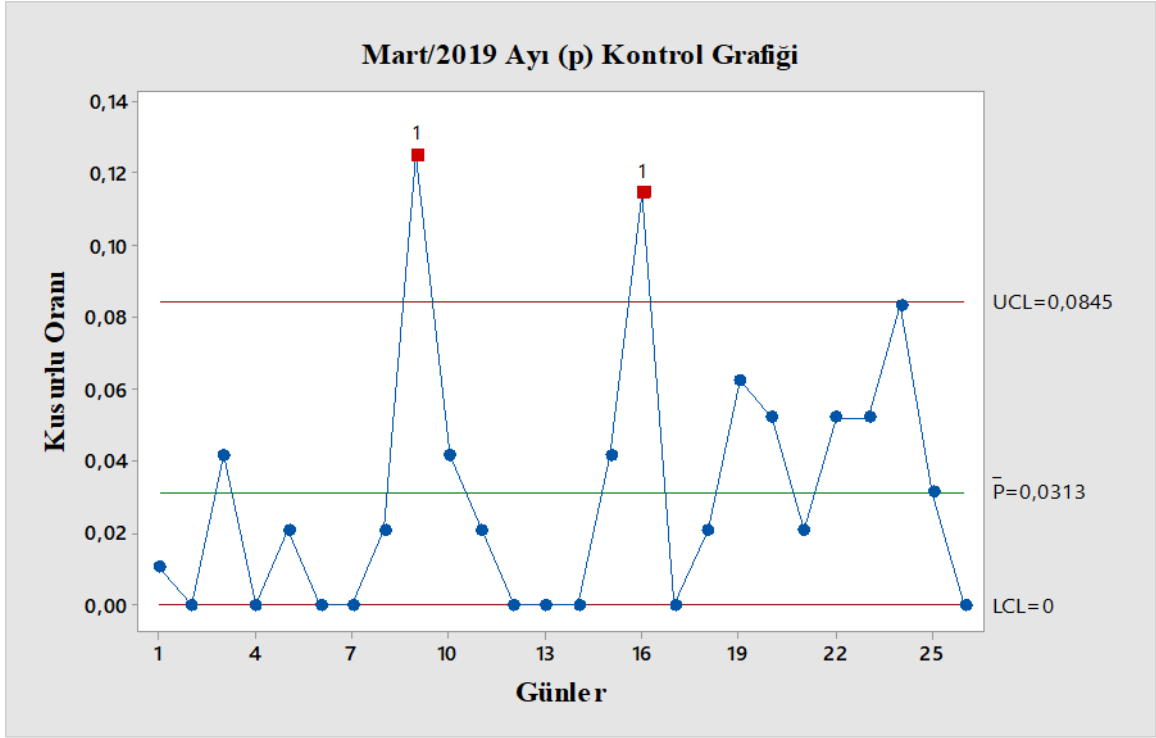
$$\text{AKL} = -0,022 = 0$$

$$\text{MÇ} = 0,031$$

Tablo 40 Mart/2019 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği için veriler

Gün (Örnek No)	Toplam Kontrol Adedi	Kusurlu Adedi	Kusurlu Oran (p)	AKL	MÇ	ÜKL
1	96	1	0,010	0	0,031	0,084
2	96	0	0,000	0	0,031	0,084
3	96	4	0,042	0	0,031	0,084
4	96	0	0,000	0	0,031	0,084
5	96	2	0,021	0	0,031	0,084
6	96	0	0,000	0	0,031	0,084
7	96	0	0,000	0	0,031	0,084
8	96	2	0,021	0	0,031	0,084
9	96	12	0,125	0	0,031	0,084
10	96	4	0,042	0	0,031	0,084
11	96	2	0,021	0	0,031	0,084
12	96	0	0,000	0	0,031	0,084
13	96	0	0,000	0	0,031	0,084
14	96	0	0,000	0	0,031	0,084
15	96	4	0,042	0	0,031	0,084
16	96	11	0,115	0	0,031	0,084
17	96	0	0,000	0	0,031	0,084
18	96	2	0,021	0	0,031	0,084
19	96	6	0,063	0	0,031	0,084
20	96	5	0,052	0	0,031	0,084
21	96	2	0,021	0	0,031	0,084
22	96	5	0,052	0	0,031	0,084
23	96	5	0,052	0	0,031	0,084
24	96	8	0,083	0	0,031	0,084
25	96	3	0,031	0	0,031	0,084
26	96	0	0,000	0	0,031	0,084
Toplam	2496	78				

Şekil 34 Mart/2019 ayı (p) kontrol grafiği



01-31 Temmuz 2019 Ayı İçin p Kontrol Grafiği

Yirmi birinci ay için kontrol listelerine işlenen veriler ile işletmedeki günlük kusurlu oranları takip edilerek kusurlu oranı p kontrol grafiği hazırlanmıştır. Tablo 41’de 01-31 Temmuz 2019 Ayı için p kontrol grafiği verileri, Şekil 35’te de p kontrol grafiği verilmiştir.

p kontrol grafiği hazırlanırken öncelikle aşağıdaki değerler tespit edilmiştir.

Kontrol edilen korkuluk adedi = 2496

Toplam kusurlu korkuluk adedi = 117

$$\bar{p} = \frac{117}{2496}$$

$$\bar{p} = 0,047$$

$$\bar{n} = \frac{2496}{26}$$

$$\bar{n} = 96$$

p kontrol grafiğinin standartları bilinmediğinde kontrol limitleri olan ÜKL, MÇ ve AKL aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\text{ÜKL} = 0,047 + 3\sqrt{\frac{0,047(1-0,047)}{96}}$$

$$\text{ÜKL} = 0,112$$

$$\text{AKL} = 0,047 - 3\sqrt{\frac{0,047(1-0,047)}{96}}$$

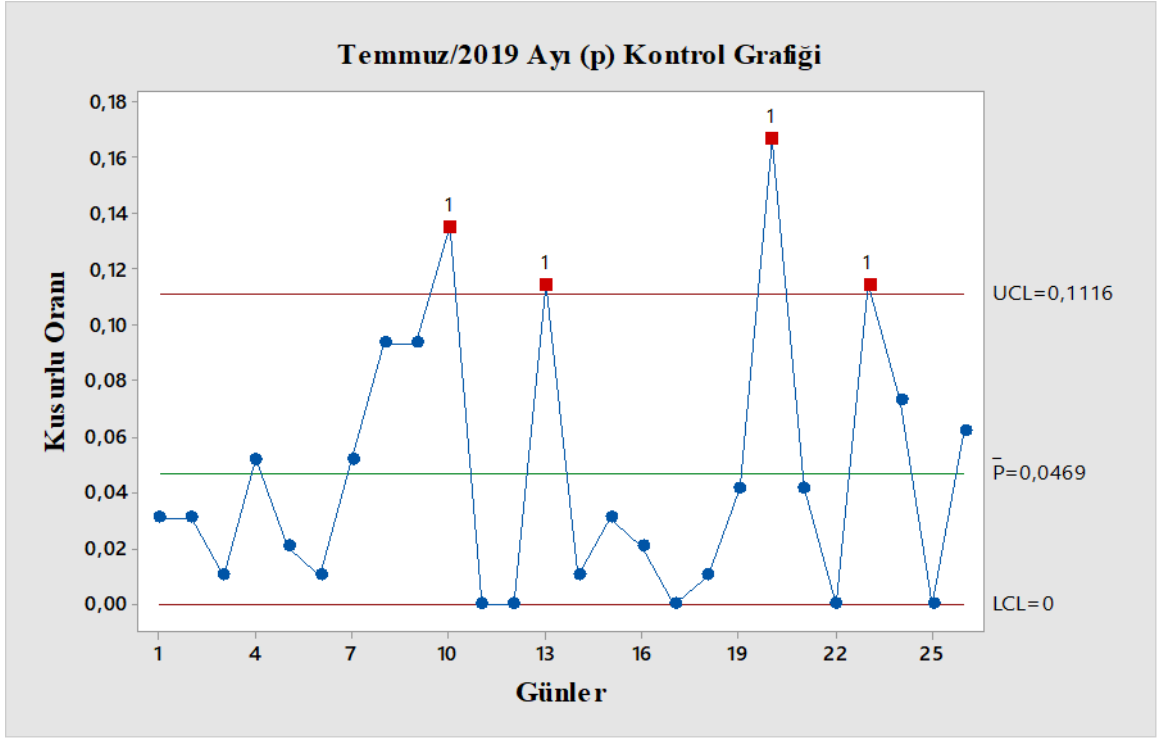
$$\text{AKL} = -0,018 = 0$$

$$\text{MÇ} = 0,047$$

Tablo 41 Temmuz/2019 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği için veriler

Gün (Örnek No)	Toplam Kontrol Adedi	Kusurlu Adedi	Kusurlu Oranı (p)	AKL	MÇ	ÜKL
1	96	3	0,031	0	0,047	0,112
2	96	3	0,031	0	0,047	0,112
3	96	1	0,010	0	0,047	0,112
4	96	5	0,052	0	0,047	0,112
5	96	2	0,021	0	0,047	0,112
6	96	1	0,010	0	0,047	0,112
7	96	5	0,052	0	0,047	0,112
8	96	9	0,094	0	0,047	0,112
9	96	9	0,094	0	0,047	0,112
10	96	13	0,135	0	0,047	0,112
11	96	0	0,000	0	0,047	0,112
12	96	0	0,000	0	0,047	0,112
13	96	11	0,115	0	0,047	0,112
14	96	1	0,010	0	0,047	0,112
15	96	3	0,031	0	0,047	0,112
16	96	2	0,021	0	0,047	0,112
17	96	0	0,000	0	0,047	0,112
18	96	1	0,010	0	0,047	0,112
19	96	4	0,042	0	0,047	0,112
20	96	16	0,167	0	0,047	0,112
21	96	4	0,042	0	0,047	0,112
22	96	0	0,000	0	0,047	0,112
23	96	11	0,115	0	0,047	0,112
24	96	7	0,073	0	0,047	0,112
25	96	0	0,000	0	0,047	0,112
26	96	6	0,063	0	0,047	0,112
Toplam	2496	117				

Şekil 35 Temmuz/2019 ayı (p) kontrol grafiği



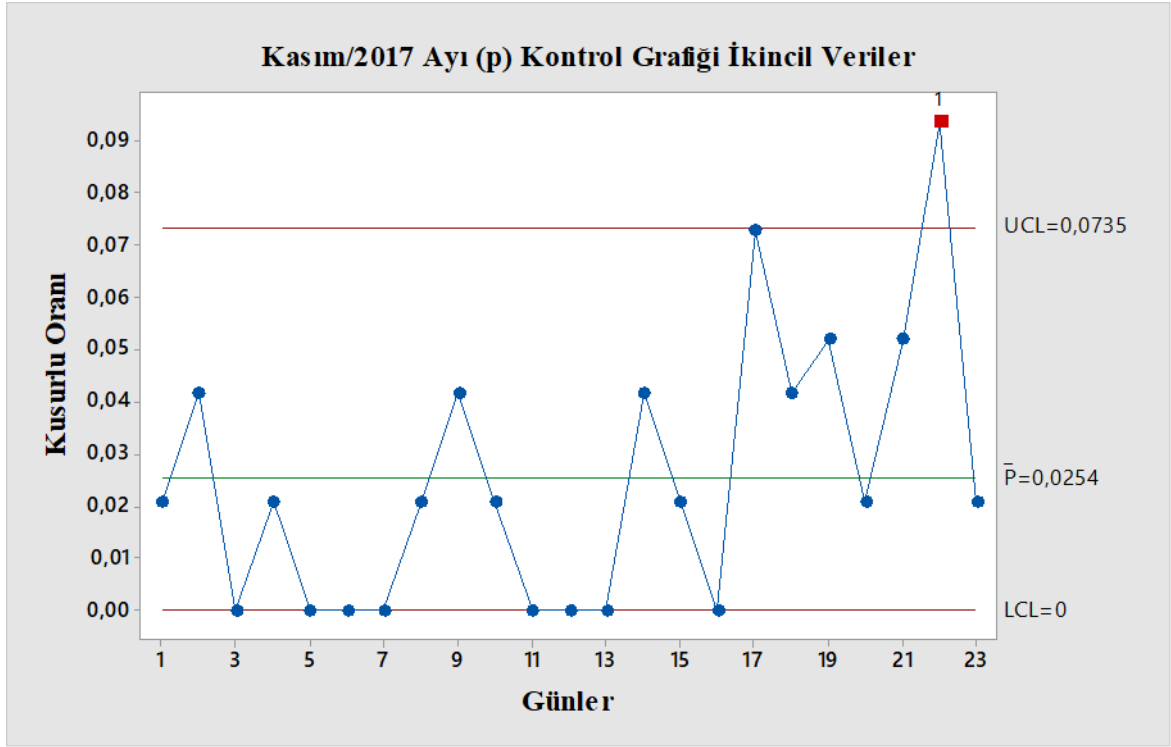
Hazırlanmış olan p kontrol grafikleri ile seçilmiş olan işletmedeki günlük ve aylık kusurlu oranları tespit edilmiş ve işletmedeki üretimin kalitesi istatistiksel olarak kontrol altında mı yoksa kontrol altında değil mi incelenmiştir.

p kontrol grafiklerinde alt ve üst kontrol limitlerinin dışında kalan noktalara denk gelen veriler yani günler çıkartılarak tekrar aynı aylar için kusurlu oranı verileri ve p kontrol grafikleri hazırlanmıştır. İkincil veriler olarak adlandırılmış olan p kontrol grafiği verileri Tablo 42 ve Tablo 43'te, p kontrol grafikleri Kasım/2017 ve Mart/2018 ayları için Şekil 36 ve Şekil 37' de gösterilmiştir.

Tablo 42 Kasım/2017 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği ikincil veriler

Gün (Örnek No)	Toplam Kontrol Adedi	Kusurlu Adedi	Kusurlu Oranı (p)	AKL	MÇ	ÜKL
2	96	2	0,021	0	0,025	0,073
3	96	4	0,042	0	0,025	0,073
4	96	0	0,000	0	0,025	0,073
5	96	2	0,021	0	0,025	0,073
6	96	0	0,000	0	0,025	0,073
7	96	0	0,000	0	0,025	0,073
8	96	0	0,000	0	0,025	0,073
9	96	2	0,021	0	0,025	0,073
11	96	4	0,042	0	0,025	0,073
12	96	2	0,021	0	0,025	0,073
13	96	0	0,000	0	0,025	0,073
14	96	0	0,000	0	0,025	0,073
15	96	0	0,000	0	0,025	0,073
17	96	4	0,042	0	0,025	0,073
18	96	2	0,021	0	0,025	0,073
19	96	0	0,000	0	0,025	0,073
20	96	7	0,073	0	0,025	0,073
21	96	4	0,042	0	0,025	0,073
22	96	5	0,052	0	0,025	0,073
23	96	2	0,021	0	0,025	0,073
24	96	5	0,052	0	0,025	0,073
25	96	9	0,094	0	0,025	0,073
26	96	2	0,021	0	0,025	0,073
Toplam	2208	56				

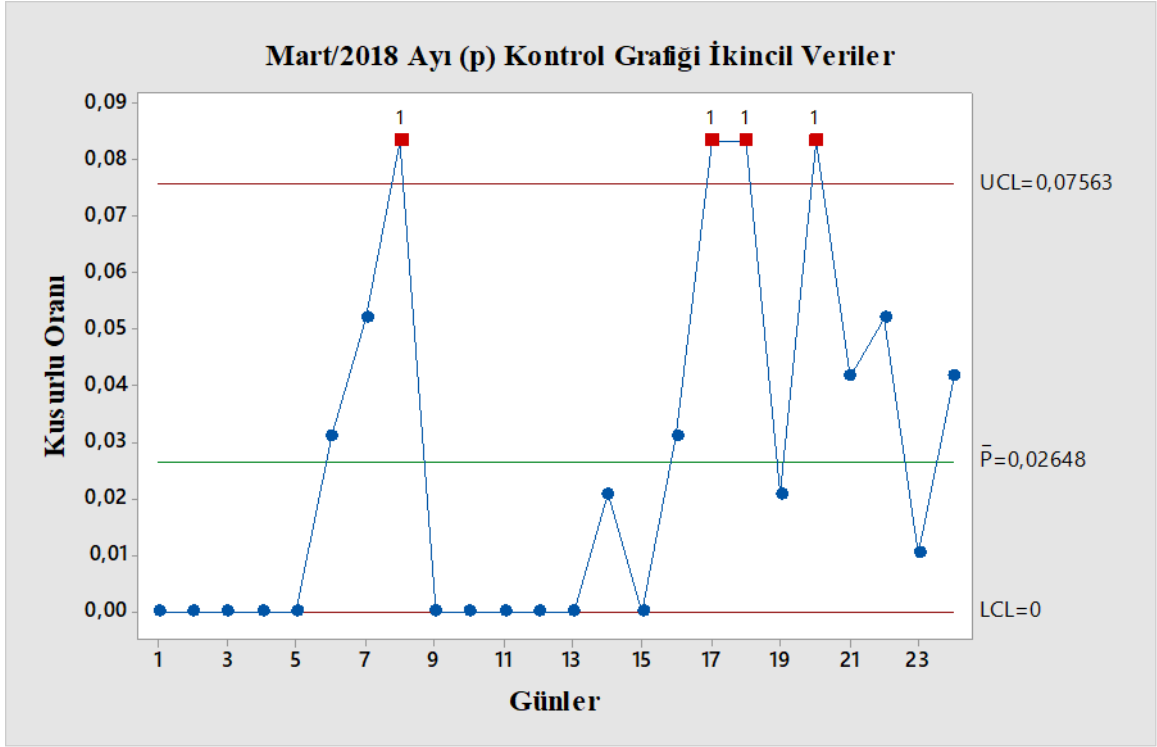
Şekil 36 Kasım/2017 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği için ikincil veriler grafiği



Tablo 43 Mart/2018 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği ikincil veriler

Gün (Örnek No)	Toplam Kontrol Adedi	Kusurlu Adedi	Kusurlu Oranı (p)	AKL	MÇ	ÜKL
1	96	0	0,000	0	0,026	0,075
2	96	0	0,000	0	0,026	0,075
4	96	0	0,000	0	0,026	0,075
5	96	0	0,000	0	0,026	0,075
6	96	0	0,000	0	0,026	0,075
7	96	3	0,031	0	0,026	0,075
8	96	5	0,052	0	0,026	0,075
9	96	8	0,083	0	0,026	0,075
10	96	0	0,000	0	0,026	0,075
11	96	0	0,000	0	0,026	0,075
14	96	0	0,000	0	0,026	0,075
15	96	0	0,000	0	0,026	0,075
16	96	0	0,000	0	0,026	0,075
17	96	2	0,021	0	0,026	0,075
18	96	0	0,000	0	0,026	0,075
19	96	3	0,031	0	0,026	0,075
20	96	8	0,083	0	0,026	0,075
21	96	8	0,083	0	0,026	0,075
22	96	2	0,021	0	0,026	0,075
23	96	8	0,083	0	0,026	0,075
24	96	4	0,042	0	0,026	0,075
25	96	5	0,052	0	0,026	0,075
26	96	1	0,010	0	0,026	0,075
27	96	4	0,042	0	0,026	0,075
Toplam	2304	61				

Şekil 37 Mart/2018 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği için ikincil değerler grafiği



24 Ay İçin p Kontrol Grafiği

Yirmi dört ay için kontrol listelerine işlenen veriler ile işletmedeki aylık kusurlu oranları takip edilerek kusurlu oranı p kontrol grafiği hazırlanmıştır. Tablo 44'te 24 ay için p kontrol grafiği verileri, Şekil 38'de de p kontrol grafiği verilmiştir.

p kontrol grafiği hazırlanırken öncelikle aşağıdaki değerler tespit edilmiştir.

Kontrol edilen korkuluk adedi = 57504

Toplam kusurlu korkuluk adedi = 2262

$$\bar{p} = \frac{2262}{57504}$$

$$\bar{p} = 0,039$$

$$\bar{n} = \frac{57504}{24}$$

$$\bar{n} = 2396$$

p kontrol grafiğinin standartları bilinmediğinde kontrol limitleri olan ÜKL, MÇ ve AKL aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\text{ÜKL} = 0,039 + 3\sqrt{\frac{0,039(1-0,039)}{2396}}$$

$$\text{ÜKL} = 0,051$$

$$\text{AKL} = 0,039 - 3\sqrt{\frac{0,039(1-0,039)}{2396}}$$

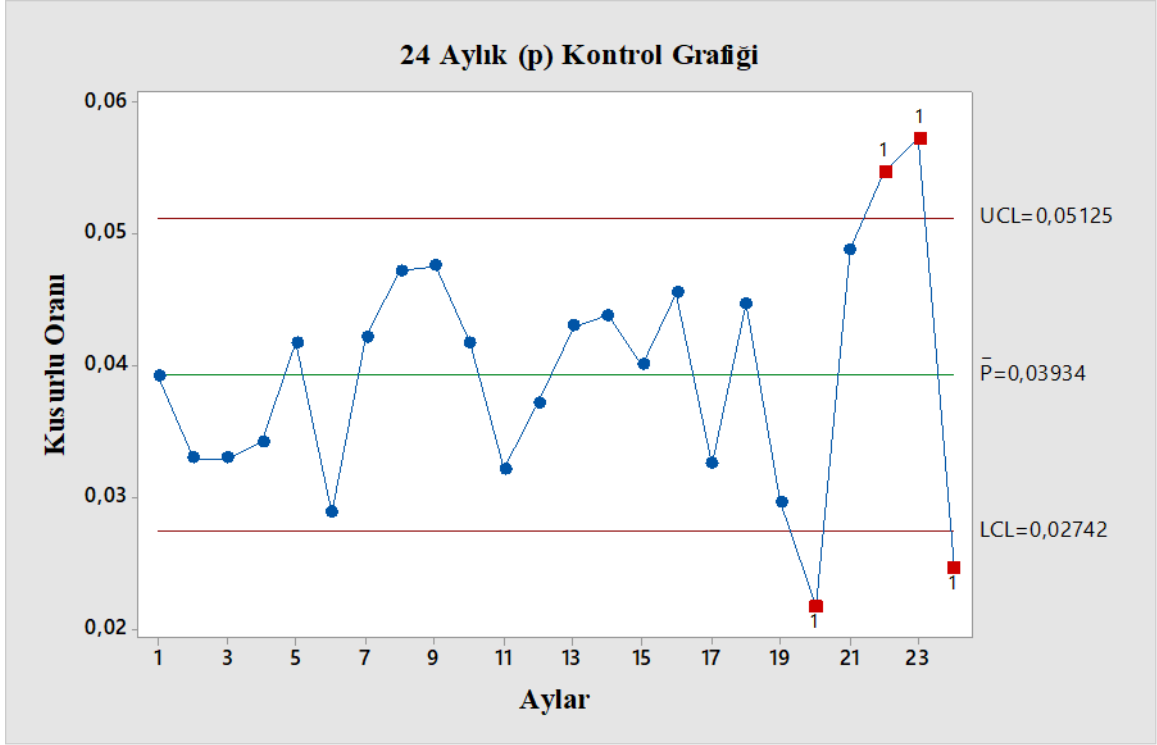
$$\text{AKL} = 0,027$$

$$\text{MÇ} = 0,039$$

Tablo 44 24 aylık kusurlu oranı p kontrol grafiği için veriler

Aylar (Örnek No)	Toplam Kontrol Adedi	Kusurlu Adedi	Kusurlu Oran (p)	AKL	MÇ	ÜKL
1	2496	94	0,038	0,027	0,039	0,051
2	2496	79	0,032	0,027	0,039	0,051
3	2496	79	0,032	0,027	0,039	0,051
4	2304	82	0,036	0,027	0,039	0,051
5	2592	100	0,039	0,027	0,039	0,051
6	2400	69	0,029	0,027	0,039	0,051
7	2400	101	0,042	0,027	0,039	0,051
8	2208	113	0,051	0,027	0,039	0,051
9	2592	114	0,044	0,027	0,039	0,051
10	1920	100	0,052	0,027	0,039	0,051
11	2400	77	0,032	0,027	0,039	0,051
12	2496	89	0,036	0,027	0,039	0,051
13	2496	103	0,041	0,027	0,039	0,051
14	2496	105	0,042	0,027	0,039	0,051
15	2496	96	0,038	0,027	0,039	0,051
16	2304	109	0,047	0,027	0,039	0,051
17	2496	78	0,031	0,027	0,039	0,051
18	2400	107	0,045	0,027	0,039	0,051
19	2496	71	0,028	0,027	0,039	0,051
20	2016	52	0,026	0,027	0,039	0,051
21	2496	117	0,047	0,027	0,039	0,051
22	2016	131	0,065	0,027	0,039	0,051
23	2496	137	0,055	0,027	0,039	0,051
24	2496	59	0,024	0,027	0,039	0,051
Toplam	57504	2262				

Şekil 38 24 aylık (p) kontrol grafiği



Şekil 38’de gösterilen p kontrol grafiğinden anlaşılacağı gibi korkuluk imalatı üretiminde kusurlu oranları Kasım/2017 ve Mayıs/2019 ayları arasında ve Temmuz/2019 ayında üretim kontrol limitlerinin dışına çıkmamıştır. Bu durum 20 aylık üretimin kontrol altında olduğunun göstergesidir. Fakat Ağustos/2019 ve Eylül/2019 aylarında üretimdeki kusurlu oranı üst kontrol limitinin üstünde kaldığı görülmektedir. Bu durum 2 aylık üretimin kontrol altında olmadığını, üretimi kontrol altına almak için ilgili iki aya ait verilerin ve hataların tekrar gözden geçirilmesi ve bu hataların yeniden gözden geçirilmesi gerektiğinin göstergesidir. Buna karşılık Haziran/2019 ve Ekim/2019 aylarındaki üretimde kusurlu oranı alt kontrol limitinin altında kaldığı gözlenmektedir. Bu durum ise 2 aylık üretimdeki kusurlu oranının azaldığı şeklinde ifade edilebilir. Ancak kontrol limitlerinin dışında kaldığı için üretimdeki kalitenin kontrol altında olmadığını göstergesidir. Üretimin kontrol altına alınabilmesi için Haziran/2019, Ağustos/2019, Eylül/2019 ve Ekim/2019 aylarında üretimde meydana gelen hataların yeniden gözden geçirilmesi ve bu hataların önlenmesine yönelik eylemler yapılarak, işletmede iyileştirmeler yapılması gerekmektedir.

SONUÇ

Her geçen gün küreselleşmenin etkisiyle birlikte rekabet koşullarının daha da artması sonucu işletmeler varoluşlarının devamlılığını sağlamak için bir takım önlemler almak zorunda kalmışlardır. Bu önlemlerin başında üretilen ürünlerin kalitesi büyük önem arz etmektedir. Günümüz koşullarında kalite, müşterilerin istemiş olduğundan daha fazlasını karşılamakla eşdeğer bir duruma gelmiştir. Bu açıdan bakıldığında işletmeler, müşterilerin isteklerini karşılamalı ve bununla sınırlı kalmayarak müşterilere ürünlerindeki farklı yanı gösterme çabası içerisindedir. İşletmeler için kalitenin önemi bu noktada ortaya çıkmaktadır. Bu sebepten işletmeler kaliteyi arttırmak adına gereken tüm tedbirleri almalıdır ve üretimde güncel metotları kullanarak yeniliğe uyum sağlamalıdır. İşletmelerde üretim aşamalarında ortaya çıkan sorunların tespitinde ilk olarak akla kalite risk değerlendirme yöntemleri gelmektedir. Kalite risk değerlendirme yöntemlerinin işletmelerde kullanılması hem üretime etki eden özel nedenlerin belirlenmesini kolaylaştırmış olacak hem de üretim sürecinin iyileştirilmesine olanak sağlamış olacaktır. Kullanılan bu yöntemler sadece üretim aşamasında yapılan hataları önlemekle kalmayıp, doğrudan hatanın kaynağına yönelmeye imkân tanıyarak söz konusu hatayı ortadan kaldırmayı hedeflemektedir.

Uygulamanın gerçekleştirildiği çelik konstrüksiyon işletmesinde ilk olarak geçmiş yıllara ait korkuluk üretimleri, ay bazında üretilmiş olan korkuluk tonajı, kullanılmakta olan makine-ekipmanların mevcut durumu ve personel sayısı incelenmiştir. İnceleme sonunda işletmedeki üretimlerin hata oranlarını belirlemek ve belirlenmiş olan hata oranlarını azaltmak için öncelikle, işletmede, durum analizinin yapılması amaçlanmıştır. Durum analizinin yapılabilmesi için gerekli olan verilerin belirlenmesi ve toplanması için Kalite Yönetim Baş Mühendisliğine bağlı personel görevlendirilmiştir. Bu çalışmada da görevlendirilen personel tarafından üretilen korkulukların bağlantı noktalarının ölçümleri günlük olarak kayıt altına alınarak kalite risk değerlendirme yöntemlerinden biri olan hata türü ve ölçüm değerlerinin yer aldığı “kontrol listeleri” oluşturulmuştur. Yirmi dört ay boyunca tutulan bu kontrol listelerinde hatanın açık ve net bir şekilde ifade edilmesi gerektiğinden, üretilen korkuluklara ait tüm bilgilere ulaşmak kolaylaşmıştır. Özellikle iyileştirme çalışmaları kapsamında belirli

hedefleri olan işletmelerin ilk olarak kontrol listelerini istenilen şekilde hazırlanıp, kullanılması tavsiye edilmektedir.

24 ayı içeren tüm verilerin ay bazında analizi yapılmıştır ve kusurlu sayıları ile kusurlu oranları belirlenmiştir.

Kusurlu olarak tespit edilen korkuluklardan tekrar işleme alınabilecek durumda olanlar, düzeltilmek üzere üretim sahasına tekrar gönderilirken, düzeltme işlemi yapılamayacak durumda olan korkuluklar ise başka bir işlemde kullanılmak ya da hurdaya çıkartmak üzere ayrılmıştır.

Çalışmada kontrol listeleri ve beyin fırtınası yöntemi kullanılarak bu hataların nasıl ortaya çıktığı ve bu duruma hangi faktörün sebep olduğu incelendi. Ayrıca hataların olası nedenlerinin alt faktörlerinin belirlenmesi amacıyla neden-sonuç analizi oluşturuldu.

Pareto analizi ve neden-sonuç analizi sonuçları incelendiğinde personel kaynaklı hataların en başta olduğu ve bu hatayı makineden kaynaklı hataların takip ettiği görülmektedir. Emek yoğun olan sektörlerde kontrol edilmesi en zor olan ve düzeltmekte güçlük çekilen hataların başında personelden kaynaklanan hatalar gelmektedir.

Yirmi dört aylık dönemde korkuluk hatalarından en yüksek dereceye sahip olanın “profil yanağında eğrilik” hatası olduğu gözlemlendi. Bu hatayı operatörden kaynaklanan hatalar ile makina encoder (konum belirleme) hataları izlemektedir.

Bu çalışmada, işletme içerisinde ilk olarak hata türü ve etkileri analizi uygulaması yapıldı. HTEA ekibi tarafından beyin fırtınası yöntemi ile köprü korkuluk bağlantı noktalarında oluşabilecek olası hata türlerinin tespiti yapılarak, belirlenen bu hataların etkileri ortaya çıkarıldı ve önleyici faaliyetler önerildi. Korkuluk üretimi sürecinde en çok hatanın çıkmış olduğu kesme-delme-matkap ünitesi üzerinde analiz yapılmasına karar verildi. İncelenen kesme-delme-matkap ünitesinde HTEA ekibi tarafından 9 adet olası hata türü belirlenerek, üretim için yüksek önem derecesine sahip bu hataların incelenmesine karar verildi. Çalışma boyunca toplam 9 adet olası hata türünün RÖS değeri hesaplandı. HTEA ekibi tarafından hesaplanan RÖS değeri içerisinde ilk öncelik verilecek olan hata türü 84 RÖS değeri ile operatör programlama

hatası olarak belirlenirken, bu hata türünü 75 RÖS değeri ile makine matkap hatası ve 63 RÖS değeri ile makine encoder (konum belirleme) hatasının takip ettiği anlaşıldı. Bu sebeple alınacak önlemler arasında ilk öncelik verilmesi gereken hatanın operatör programlama hatası olduğu belirlendi. Bu aşamada tekrar beyin fırtınası yönteminden yararlanılarak sürecin istenilen düzeye getirilebilmesi hedeflendi.

Çalışmada uygulanmış olan son yöntem ise kontrol grafikleridir. Üretim sürecinden alınan 01 Kasım 2017 ile 31 Ekim 2019 tarihleri arasındaki veriler için kontrol grafikleri elde edildi. Ölçülebilir özellikteki veriler için \bar{X} -R kontrol grafiği ve ölçülemeyen özellikteki veriler için p kontrol grafiği uygulanarak, üretim sürecinin kontrol altında olup olmadığı tespit edildi.

Süreç kontrol grafikleri ile izlendiğinde birçok noktada kontrol dışı noktalar tespit edildi. Sürecin kontrol altına alınabilmesi için kontrol limitlerini aşan noktaların örneklemden çıkartılarak ilderlenmesi yerine, sürecin kontrol dışı olduğu durumların düzeltilmesi için önerilerde bulunuldu. İşletmede, korkuluk imalatı için kullanılmakta olan tolerans aralıklarının söz konusu sürece uygun olmadığı, milimetrik ölçüm değerlerinden dolayı üretilmiş olan korkuluğun sevkiyat dışı bırakıldığı gözlemlendi. Bu durum, işletme için hem maliyet hem de zaman açısından kayıp olarak değerlendirildiğinde, tolerans aralıklarının genişletilerek ölçümlerin alınması önerildi.

Bu çalışmanın sonunda üretimde karşılaşılan hataların yüksek oranda personel ve makine-teçhizat odaklı olduğu ve hataların minimize edilerek, kusurlu oranların düşürülmesi için iyileştirme çalışmalarının başında personele eğitim verilmesi ve makine bakım onarımının belirlenen periyotlarda yapılmasının ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Kalite odaklı ilerleyen işletmelerde kalite risk değerlendirme yöntemlerinden yararlanılması gerektiğinin önemi ortaya konulmuştur.

KAYNAKÇA

- Akın, B. & Öztürk, E. (2005). *İstatistik Proses Kontrol Tekniklerinin Bilgisayar Ortamında Uygulanması*. Erişim adresi <https://docplayer.biz.tr/1623344-İstatistik-proses-kontrol-tekniklerinin-bilgisayar-ortamında-uygulanması-prof-dr-besim-akin-ogr-gor-erkan-ozturk.html>, Erişim tarihi 20.08.2018.
- Akpınar, U. (2018). Yapısal Problem Çözme Teknikleri. Erişim adresi <https://slideplayer.biz.tr/slide/15208495/>, Erişim tarihi 11.01.2019.
- Akrani, G. (2013). Kalyan City Life. Erişim adresi <http://kalyan-city.blogspot.com/2013/05/what-is-product-quality-definition.html>, Erişim tarihi 06.01.2019.
- Aksoy, E. (2017). *Risk Değerlendirmesi Nedir?*. Erişim adresi <https://prosafety.com.tr/risk-degerlendirmesi-nedir/>, Erişim tarihi 28.05.2019.
- Aksu, B. (2015). Tasarımla Kalite (Quality By Design: QbD) ve Kalite Risk Yönetimi. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 19, s. 12-18.
- Anca, U., Cezar, B. & Adrian, U. (2015). Risk Identification in Project Management. *Procedia of Economics and Business Administration*. Romanya.
- Aran, G. (2006). *Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü Etkileri Analizi (Fmea) ve Bir Uygulama*, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Erişim adresi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- Argon, T. (2016). Toplam Kalite Yönetimi ve Eğitim Örgütleri. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(2), s. 17-37.
- Besterfield, D. H. (2004). *Quality Control*. Pearson Education. USA.
- Birgören, B. (2017). Calculation Challenges and Solution Suggestions for Risk Factors in the Risk Analysis Method in the Fine Kinney Risk Analysis Method. *International Journal of Engineering Research and Development*, 9 (1), 19-25.
- Bond, C. (2016). The Risk Management Process. Erişim adresi <https://slideplayer.com/slide/9073735/>, Erişim tarihi 06.06.2019.
- Bozkurt, R. (1998). *Kalite İyileştirme Araç Ve Yöntemleri*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayını.
- Carlson, C. S. (2015). *Understanding and Applying the Fundamentals of FMEAs*. Reliability and Maintainability Symposium. Erişim adresi [https://www.weibull.com/pubs/2015 RAMS fundamentals of fmeas.pdf](https://www.weibull.com/pubs/2015_RAMS_fundamentals_of_fmeas.pdf), Erişim tarihi 28.02.2019.

- Chandrupatla, T. R. (2009). *Quality and Reliability in Engineering*. Cambridge University Press, 1-2.
- Chen, Y., Ye, C., Liu, B. & Kang, R. (2012). *Status of FMECA Research and Engineering*. Beihang University, Beijing, Erişim adresi <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6228914>, Erişim tarihi 10.07.2019.
- Çam, F. (2015). *İnşaat Projelerinde Kalite Yönetimi ve Teknoloji Tabanlı Bir İyileştirme Önerisi*, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Erişim adresi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Çelikleş, B. & Ünlü, Ü. N. (2018). Risk Değerlendirme Karar Matrisi Yöntemi Kullanarak Örnek Bir Risk Değerlendirme Raporunun Oluşturulması. *The Journal Of Academic Social Science Studies*, 65, 483-504.
- ÇSGB İş Teftiş Kurulu Başkanlığı. (2006). *İş Müfettişleri Risk Değerlendirme Metodolojileri Eğitim Projesi Değerlendirme Raporu*. Erişim adresi https://ailevecalisma.gov.tr/medias/5980/2006_13.pdf.
- Dale, B. G. (2003). *Managing Quality*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Demir, M. H. & Doğan, Ö. İ. (1999). Türk Elektrik-Elektronik Sanayii Sektöründe Kalite Yönetimi Uygulamalarına İlişkin Karşılaştırmalı Bir Analiz. *Süleyman Demirel Üniversitesi İİBF Dergisi*(4), 81-96.
- Demirel, T. (2015). *Olası Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA)*. Erişim adresi <https://www.slideserve.com/mimir/olasi-hata-t-r-ve-etk-ler-anal-z-fmea>, Erişim tarihi 14.03.2019.
- Efil, İ. (1995). *Toplam Kalite Yönetimi ve Toplam Kaliteye Ulaşmada Önemli Bir Araç ISO 9000 Kalite Güvencesi sistemi*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Basımevi.
- Efil, İ. (1999). *Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi*. İstanbul: Alfa Basım.
- Elevli, S. & Behdioğlu, S. (2006). İstatistiksel Proses Kontrolü Teknikleri İle Kömür Kalitesindeki Değişkenliğin Belirlenmesi. *Madencilik*, 45(3), 19-26.
- Ersoy, M. Ş. & Ersoy, A. S. (2011). *Kalite Yönetimi*. Ankara: İmaj Yayınevi.
- Ertuğrul, İ. (2006). *Toplam Kalite Kontrol*. Bursa: Ekin Kitapevi.
- Ertuğrul, İ. & Karakaşoğlu, N. (2006). Kalite Kontrolde Örneklem Büyüklüğünün Değişken Olması Durumunda P Kontrol Şemalarının Oluşturulması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(10), 65-80.

- Firuzan, A. R. & Ayvaz, Y. Y. (2005). Shewhart Kontrol Kartlarında (Çizelgesinde) Tasarım Parametrelerinin Seçimi Üzerine Bir Uygulama. *Yönetim Ve Ekonomi*, 12(1).
- Fouad, R. H., & Mukattash, A. (2010). Statistical Process Control Tools: A Practical guide for Jordanian Industrial Organizations . *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering* , 4(6).
- Friendly, M. & Denis, D. (2005). The Early Origins And Development Of The Scatterplot. *Journal Of The History Of The Behavioral Sciences*, 41(2), 103-130.
- Garvin, D. A. (1987). Competing in the Eight Dimensions of Quality. *Harvard Business Review*, 87(6), 101–109
- Güler, A. & Arkın, A. K. (2018). COSO 2017 Kurumsal Risk Yönetimi Çerçevesine Kontrol Öz Değerlendirme Yaklaşımıyla Bakış ve Bir Kurum Uygulaması-I. *Denetim*, 8(18), 45-62.
- Gümüšoğlu, Ş. (2000). *İstatiksel kalite kontrolü ve toplam kalite yönetimi araçları*. İstanbul: Beta.
- Hadad, F. A. (2014). *Workplace risk management*. Erişim adresi <https://www.slideshare.net/DrFaisalAlHaddad/workplace-risk-management-31006785>, Erişim tarihi 05.06.2019.
- İnce, M. E. (2014). *Olası Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA)*. Konya Ticaret Odası, Erişim adresi <https://docplayer.biz.tr/1226871-Olasi-hata-turu-ve-etkileri-analizi-fmea-mehmet-enes-ince.html>, Erişim tarihi 15.07.2019
- International Conference on Harmonisation of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use (ICH) (2005). *Quality Risk Management Q9 (Step 4)*. Erişim adresi https://www.ich.org/fileadmin/Public_Web_Site/ICH_Products/Guidelines/Quality/Q9/Step4/Q9_Guideline.pdf Erişim tarihi 09.11.2018.
- İslam, R. (2005). Prioritization Of Ideas In An Affinity Diagram By The Ahp: An Example Of K-Economy. *IJUM Journal Of Economics And Management*, 13(1), 1-21.
- Jagtap, M. (2017). *Hazard and operability (HAZOP) analysis: A review of basics*. Erişim adresi <https://scijourno.com/wp-content/uploads/2017/03/Madhura-Jagtap-HAZOP-Article.pdf>, Erişim tarihi 05.12.2018.
- Juran, J. M. & Feo, J. A. (2010). *Juran's Quality Handbook The Complete Guide to Performance Excellence*. New York: McGraw-Hill Companies.

- Juran, J. M. & Godfrey, A. (1998). *Juran's Quality Handbook Fifth Edition*. USA: The McGraw-Hill Company.
- Kamoy, S. (2002). *Altı Sigma ve İstatistiksel Teknikler*, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilim Uzmanlığı Tezi.
- Kapucu, G. (2017). *Risk Değerlendirmesi*. Erişim adresi <http://sagbilens.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/220/2017/10/riskdegerlendirmeraporu.docx>, Erişim tarihi: 23.05.2019
- Karaca, E. (2012). *Üretim Sürecinde İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) Uygulamaları ve Elektronik Sektöründe Bir İnceleme*, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Erişim adresi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- Kılıç, M. (2006). *İstatistiksel Kalite Kontrolü Ve Tekstil İşletmelerinde Uygulanması*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Erişim adresi http://debis.deu.edu.tr/userweb/musa.kilic/tks4062/MBA_thesis.pdf
- Koç E (2000). *Üretim Yönetimi ve Organizasyon*. Adana: Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayını, Adana.
- Köçük, N., Dilsiz, İ. & Kartal, C. S. (2012). *Kalite Güvencesi Ve Standartları*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Kurt, R., Imren, E., Karayılmazlar, S. & Çabuk, Y. (2018). Kalite İyileştirmede Shewhart Kontrol Grafiklerinin Kullanımı: Bir Yongalevha İşletmesinde Uygulama. II. Uluslararası Bilimsel Ve Mesleki Çalışmalar Sempozyumu (Bilmes 2018) Tam Metin Bildiri Kitabı.
- Kurt, S. (2013). *İstatistiksel Süreç Kontrol Araçlarının Yeniden İşleme Faaliyetlerinin İyileştirilmesinde Kullanımı*, Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Erişim Adresi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- Leo, D. (2018). *Total Quality Management*. Erişim adresi https://www.academia.edu/26555597/Total_Quality_Management, Erişim tarihi 29.12.2018.
- Levy, M. (2010). *Chapter 20 Lecture Notes*. Erişim adresi <https://www.slideshare.net/matthewlevy/chapter-20-lecture-notes>, Erişim tarihi 02.03.2019.
- Ligarski, M. (2017). The Concept Of Using Fmea Method For The Purpose Of Sustainable Manufacturing. 6(4).

- Little, T. A. (2014). Essentials In Quality Risk Management. *BioProcess International*. 12(3), Erişim adresi http://www.bioprocessintl.com/wp-content/uploads/bpi-content/BPI_A_141203AR03_O_231739a.pdf, Erişim tarihi 05.06.2019.
- Littlefield, M. (2018). *Quality Risk Management A New Perspective*. Erişim adresi <https://blog.lnsresearch.com/bid/126119/quality-risk-management-a-new-perspective>.
- Lowrance, W. W. (1976). *Of Acceptable Risk: Science and the Determination of Safety*. California: William Kaufmann Inc.
- Magar, V. M. & Shinde, V. B. (2014). Application of 7 Quality Control (7 QC) Tools for Continuous Improvement of Manufacturing Processes. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 2(4), 364-371.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction To Statistical Quality Control 6th Edition*. USA: John Wiley & Sons.
- Montgomery, D. C. (1997). *Statistical Quality Control*. USA: John Wiley & Sons.
- Musubeyli Erginel, N. (2004). Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizinin Etkinliği İçin Bir Model ve Uygulaması. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 17-26.
- Neyestani, B. (2017, Mart). *Seven Basic Tools Of Quality Control: The appropriate Techniques For Solving Quality problems In The Organizations*. Erişim adresi https://www.researchgate.net/publication/315656326_Seven_Basic_Tools_of_Quality_Control_The_Appropriate_Techniques_for_Solving_Quality_Problems_in_the_Organizations, Erişim tarihi 27.08.2018.
- Omles, S. (2014). *Quality Dimensions For BMS*. Erişim adresi <https://www.slideshare.net/Sameeromles93/Quality-D>, Erişim tarihi: 16.04.2019.
- Oturakçı, M. & Dağsuyu, C. (2017). Risk Değerlendirmesinde Bulanık Fine-Kinney Yöntemi Ve Uygulaması. *Karaelmas İş Sağlığı Ve Güvenliği Dergisi*, 1(1), 17-25.
- Özbay, G. & Sarıışık, M. (2015). Kalite Kontrol Çemberleri Üzerine Kavramsal Bir Araştırma. *Uluslararası Avrasya Ekonomileri Konferansı*, 709-716.
- Özkılıç, Ö. (2014). *Risk Değerlendirmesi*. Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu, 219.
- Özkılıç, Ö. (2016). *İş Sağlığı Ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri Ve Risk Değerlendirme Metodolojileri*. Erişim adresi https://docplayer.biz.tr/445420-Is-Sagligi-Ve-Guvenligi-Yonetim-Sistemleri-Ve-Risk-Degerlendirme-Metodolojileri.Html#Show_Full_Text, Erişim tarihi 09.01.2019.

- Paranhos, M. D., Bachega, S. J., Tavares, D. M. & Calife, N. F. (2016). Application Of Failure Mode And Effects Analysis For Risk Management Of A Project. *Systems & Management, 11*, 444-454.
- Pekmezci, A. (2005). *İstatistiksel Kalite Kontrol Yöntemleri Ve Uygulaması*, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Erişim adresi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Pérez, J. R. (2012). *Quality Risk Management in the FDA-Regulated Industry*. Quality Press.
- Pillay, A. & Wang, J. (2003). Modified Failure Mode and Effects Analysis using Approximate Reasoning. *Reliability Engineering & System Safety*, 69-85.
- Prasad, V. J. (2014). *Quality Risk Management within the Pharmaceutical Industry*. Erişim adresi <https://learnaboutgmp.com/good-manufacturing-practices-cgmp/quality-risk-management-within-the-pharmaceutical-industry/>, Erişim tarihi 03.10.2018
- Prestilda, N. (2012). *New 7 Management Tools*. Erişim adresi <https://www.slideshare.net/shivanas/new7managementtools-ppt>, Erişim tarihi 04.10.2018.
- Purohit, P. J. & Shah, K. V. (2013). *Quality By Design (Qbd): New Parameter For Quality Improvement & Pharmaceutical Drug Development*. Pharma Science Monitor An International Journal Of Pharmaceutical Sciences, 4(3), 1-19.
- Reddy, V. V., Gupta, N. V., Raghunandan, H. V. & Kashyap, U. N. (2014). Quality Risk Management in Pharmaceutical Industry: A Review. *International Journal of PharmTech Research*, 6(3), 908-914.
- Rostami, A. (2016). Tools and Techniques in Risk Identification: A Research within SMEs in the UK Construction Industry. *Universal Journal of Management*, 4(4), 203-210.
- Sabuncu, H. (2005). *Endüstride Risk Değerlendirmesi Yöntemleri ve Risk Analizi*. İş Güvenliği Dergisi, 2(4), 6.
- Sade, Z. (2017). *Sivas Fimar Mermer Fabrikasının Risk Analizi ve Değerlendirmesi*, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Erişim adresi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- Sarıkaya, N. (2003). *Toplam Kalite Yönetimi*. Sakarya: Sakarya Kitapevi.
- Seber, V. (2012). İşçi Sağlığı ve Güvenliğinde Risk Analizleri Nasıl Yapılır? *Elektrik Mühendisliği*, 445, 30-34.

- Sevim, A. (1999). *Toplam Kalite Yönetiminde Bir Araç Olarak Toplam Kalite Maliyet Sisteminin Kurulması ve Bir Uygulama*. Eskişehir: İ.İ.B.F Yayınları.
- Shahin, A., Arabzad, S. M. & Ghorbani, M. (2010). *Proposing an Integrated Framework of Seven Basic and New Quality Management Tools and Techniques: A Roadmap*. Erişim adresi https://www.researchgate.net/publication/264236503_Proposing_an_Integrated_Framework_of_Seven_Basic_and_New_Quality_Management_Tools_and_Techniques_A_Roadmap, Erişim tarihi 16.09.2018.
- Sofyalıoğlu, Ç. (2011). Süreç Hata Modu Etki Analizini Gri Değerlendirme Modeli. *Ege Akademik Bakış*, 11(1).
- Sönmez, Y. & Üngan, M. C. (2017). Hata Türü Etkileri Analizi Ve Otomotiv Parçaları Üretiminde Bir Uygulama. *İşletme Bilimi Dergisi (Jobs)*, 5(2), 217-245.
- Suarez, J. G. (1992). *Three experts on quality management: Philip B. Crosby, W. Edwards Deming, Joseph M. Juran*. Arlinton: TQLO.
- Suman, G. & Prajapati, D. (2018). *Control Chart Applications In Healthcare: A Literature Review*. International Journal of Metrology and Quality Engineering (IJMQE). Erişim adresi https://www.metrology-journal.org/articles/ijmqe/full_html/2018/01/ijmqe170050/ijmqe170050.html Erişim tarihi 15.12.2018.
- Şenel, A. (1995). Mobilya Tasarımı ve Üretim Süreçleri. *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 77-90.
- Taner, B. & Kaya, İ. (2005). Toplam Kalite Yönetimi'nin Başarıyla Uygulanma Esasları – Bir Hizmet İşletmesi Örneği. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 353-362.
- Tekin, M. (2006). *Kalite Güvence ve Standartları: Meslek Yüksek Okulları İçin*. Konya: Günay Ofset.
- Teng & Ho. (1996). Failure Mode and Effects Analysis: An Integrated Approach for Product Design and Process Control. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 5-23.
- Topal, İ. (2017). *Risk Değerlendirmesi Metotları*. Erişim adresi <https://docplayer.biz.tr/47752761-Risk-degerlendirmesi-metotlari-yrd-doc-dr-ismail-topal.html>, Erişim tarihi 07.06.2018.
- Turan, A. & Müezzinoğlu, A. (2006). Risk değerlendirme Yöntemleri. *Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, 32.
- Güncel Türkçe Sözlük, *Türk Dil Kurumu*. (2018). <http://www.tdk.org.tr>

- Tworek, P. (2010). Methods of Risk Identification in Companies' Investment Projects. *5. Mezinárodní Konference Řízení a Modelování Finančních Rizik*. VSB-Ekonomická Fakulta, Ostrava.
- Üçüncü, K. (2018). *Makine Risk Değerlendirmesinde Ergonomi Faktörü*. *Önlem Dergisi*. Erişim adresi <https://www.onlemdergisi.com.tr/makine-risk-degerlendirmesinde-ergonomi-faktoru/> . Erişim tarihi: 11.06.2019.
- Ünlü, K. & Fındık, F. (2001). Kalite Güvencesi Sistemleri Ve Bir Uygulaması. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 89-98.
- Vrincut, M. (2014). Process Quality Management Tools With Applications In Project. Erişim adresi <http://conferinta.management.ase.ro/archives/2014/pdf/111.pdf>, Erişim tarihi 01.03.2019.
- Vural, S. M. (2011). Indoor Air Quality. S. A. Abdul-Wahab (Ed.), *Sick Building Syndrome: in Public Buildings and Workplaces* içinde (s. 59-74). Muscat, Oman: Springer.
- Zairi, M. (1991). *Total Quality Management for Engineers*. Cambridge, England: Woodhead Publishing.
- http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/16_00_00_5d20f.pdf
- http://www.dataakademi.com.tr/wp-content/uploads/2017/02/12_RD_METOTLARI.pdf
- <https://docplayer.biz.tr/34915056-Iv-tehlike-analiz-metodolojileri.html>
- <https://www.semanticscholar.org/paper/Loughborough-University-Institutional-Repository-Andrews-Dunnett/db3a505e82d82f3a39644640067e805109cfac17>
- <http://www.isgforum.net/threads/risk-de%C4%9Ferlendirme-karar-matris-x-tipi-ve-l-tipi-matris-diyagram%C4%B1-aras%C4%B1ndaki-fark-nedir.9952/>
- <http://www.gbmut.com/balik-kilcigi-ishikawa/#more-21191>
- https://tr.wikipedia.org/wiki/Pareto_diyagram%C4%B1
- <https://slideplayer.biz.tr/slide/3397731/>

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Ortaya Çıkma (Olasılık) Derecelendirme Tablosu.....	38
Tablo 2: Ağırlık (Şiddet) Derecelendirme Tablosu.....	39
Tablo 3: Saptanabilirlik Derecelendirme Tablosu	39
Tablo 4: Risk Öncelik Sayısı Değerlendirme Tablosu	40
Tablo 5: HTEA Formu	40
Tablo 6: HTEA Türleri.....	41
Tablo 7: Birincil Risk Analizi Kontrol Listeleri Formu Örneği	45
Tablo 8: Olursa Ne Olur Analizi Formu.....	46
Tablo 9: L Tipi Matris Yöntemi Olasılık Değerleri	50
Tablo 10: L Tipi Risk Puanı Derecelendirme Matrisi	51
Tablo 11: X Tipi Matris Yöntemi	52
Tablo 12: X Tipi Matris Risk Değerlendirme Formu.....	53
Tablo 13: Fine-Kinney Yöntemi Risk Düzeyine Göre Karar ve Eylem Skalası	54
Tablo 14: Fine-Kinney Yöntemi Risk Değerlendirmesi.....	55
Tablo 15: Ok Diyagramında Kullanılan Semboller	59
Tablo 16: Çetele Tablosu.....	61
Tablo 17: Gruplandırma Analizi	67
Tablo 18: Ölçülebilen Kalite Karakteristikleri İçin Kontrol Grafikleri ve Parametreleri.....	79
Tablo 19: Ölçülemeyen Kalite Karakteristikleri İçin Kontrol Grafikleri ve Parametreleri.....	84
Tablo 20: Kesme-Delme-Matkap Ünitesi Hataları	92
Tablo 21: Korkuluk Üretimi Hata Türleri ve Etkileri	94
Tablo 22: Korkuluk İmalatı RÖS Hesaplaması	96
Tablo 23: Korkuluk Üretiminde Yeni RÖS Hesabı	98
Tablo 24: Korkuluk Üretimi RÖS Karşılaştırması.....	99
Tablo 25: Korkuluk Üretimi RÖS Karşılaştırması Grafiği.....	100
Tablo 26: Pareto Diyagramı İçin Veri Çizelgesi.....	106
Tablo 27: Hata Sebebi Pareto Analizi	107
Tablo 28: 1. Haftaya Ait Örneklem Ölçüm Değerleri.....	109
Tablo 29: Ortalama, Dağılım Genişliği ve Standart Sapma Değerleri.....	110
Tablo 30: 15. Haftaya Ait Örneklem Ölçüm Değerleri	112
Tablo 31: Ortalama, Dağılım Genişliği ve Standart Sapma Değerleri.....	113
Tablo 32: 29. Haftaya Ait Örneklem Ölçüm Değerleri	115
Tablo 33: Ortalama, Dağılım Genişliği ve Standart Sapma Değerleri.....	116
Tablo 34: 43. Haftaya Ait Örneklem Ölçüm Değerleri	118
Tablo 35: Ortalama, Dağılım Genişliği ve Standart Sapma Değerleri.....	119
Tablo 36: Kasım/2017 ayı kusurlu oranı (p) kontrol grafiği için veriler	123
Tablo 37: Mart/2018 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği için veriler	126
Tablo 38: Temmuz/2018 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği için veriler	129
Tablo 39: Kasım/2018 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği için veriler	132

Tablo 40: Mart/2019 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği için veriler	135
Tablo 41: Temmuz/2019 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği için veriler	138
Tablo 42: Kasım/2017 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği ikincil veriler	140
Tablo 43: Mart/2018 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği ikincil veriler	142
Tablo 44: 24 aylık kusurlu oranı p kontrol grafiği için veriler	145

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Kalite Bileşenleri	22
Şekil 2: Risk Yönetimi Süreci	28
Şekil 3: Kalite Risk Yönetimi Süreci.....	30
Şekil 4: HTEA Sürecindeki Adımlar	37
Şekil 5: HTEA Risk Öncelik Sayısı Hesaplaması	38
Şekil 6: Tasarım HTEA Diyagramı	42
Şekil 7: Ön Tehlike Analizi Metodolojisi Aşamaları	44
Şekil 8: Olay Ağacı Analizi.....	47
Şekil 9: Hata Ağacı Analizi.....	48
Şekil 10: Tehlike ve İşletilebilme Analizi.....	49
Şekil 11: Yakınlık Diyagramı.....	56
Şekil 12: İlişki Diyagramı	57
Şekil 13: Ağaç Diyagramı	58
Şekil 14: Ok Diyagramı Genel Yapısı	59
Şekil 15: Genel Tip Histogram.....	62
Şekil 16: Tarak Tip Histogram	62
Şekil 17: Neden-Sonuç Diyagramı	63
Şekil 18: Pareto Diyagramı	65
Şekil 19: Dağılma Diyagramı Çeşitleri.....	65
Şekil 20: Kontrol Grafiği	69
Şekil 21: Shewhart Kontrol Grafiklerinin Genel Sınıflandırılması	70
Şekil 22: Organizasyon Şeması	86
Şekil 23: İşletme Yerleşim Düzeni ve Makine Parkı.....	87
Şekil 24: İşletme İş Akış Şeması	88
Şekil 25: Korkuluk Hataları Sebep-Sonuç Diyagramı.....	104
Şekil 26: 1. Haftanın ölçüm değerleri için \bar{X} -R kontrol grafiği	111
Şekil 27: 15. Haftanın Ölçüm Değerleri İçin \bar{X} -R Kontrol Grafiği.....	114
Şekil 28: 29. Haftanın Ölçüm Değerleri İçin \bar{X} -R Kontrol Grafiği.....	117
Şekil 29: 43. Haftanın Ölçüm Değerleri İçin \bar{X} -R Kontrol Grafiği.....	120
Şekil 30: Kasım/2017 ayı (p) kontrol grafiği	124
Şekil 31: Mart/2018 ayı (p) kontrol grafiği.....	127
Şekil 32: Temmuz/2018 ayı (p) kontrol grafiği.....	130
Şekil 33: Kasım/2018 ayı (p) kontrol grafiği	133
Şekil 34: Mart/2019 ayı (p) kontrol grafiği.....	136
Şekil 35: Temmuz/2019 ayı (p) kontrol grafiği.....	139
Şekil 36: Kasım/2017 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği için ikincil veriler grafiği .	141
Şekil 37: Mart/2018 ayı kusurlu oranı p kontrol grafiği için ikincil değerler grafiği .	143
Şekil 38: 24 aylık (p) kontrol grafiği	146

EKLER

EK 1: Farklı n'ler için Özel Parametreler (Sabit Değerler)

n	Ortalamalar İçin Kontrol Grafiği				Standart Sapma İçin Kontrol Grafiği				Aralıklar İçin Kontrol Grafiği								
	Kontrol Limitleri İçin Faktörler				Merkez Çizgi İçin Faktörler				Kontrol Limitleri İçin Faktörler				Merkez Çizgi İçin Faktörler				
	A	A ₂	A ₃	A ₄	c ₄	1/c ₄	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2,121	1,880	2,659	0,798	1,253	0	3,267	0	2,606	1,128	0,887	0,853	0	3,686	0	3,267	
3	1,732	1,023	1,954	0,886	1,128	0	2,568	0	2,276	1,693	0,591	0,888	0	4,358	0	2,574	
4	1,500	0,729	1,628	0,921	1,085	0	2,266	0	2,088	2,059	0,486	0,880	0	4,698	0	2,282	
5	1,342	0,577	1,427	0,940	1,064	0	2,089	0	1,964	2,326	0,430	0,864	0	4,918	0	2,114	
6	1,225	0,483	1,287	0,952	1,051	0,030	1,970	0,029	1,874	2,534	0,395	0,848	0	5,078	0	2,004	
7	1,134	0,419	1,182	0,959	1,042	0,118	1,882	0,113	1,806	2,704	0,370	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924	
8	1,061	0,373	1,099	0,965	1,036	0,185	1,815	0,179	1,751	2,847	0,351	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864	
9	1,000	0,337	1,032	0,969	1,032	0,239	1,761	0,232	1,707	2,970	0,337	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816	
10	0,949	0,308	0,975	0,973	1,028	0,284	1,716	0,276	1,669	3,078	0,325	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777	
11	0,905	0,285	0,927	0,975	1,025	0,321	1,679	0,313	1,637	3,173	0,315	0,787	0,811	5,535	0,256	1,744	
12	0,866	0,266	0,886	0,978	1,023	0,354	1,646	0,346	1,610	3,258	0,307	0,778	0,922	5,594	0,283	1,717	
13	0,832	0,249	0,850	0,979	1,021	0,382	1,618	0,374	1,585	3,336	0,300	0,770	1,025	5,647	0,307	1,693	
14	0,802	0,235	0,817	0,981	1,019	0,406	1,594	0,399	1,563	3,407	0,294	0,763	1,118	5,696	0,328	1,672	
15	0,775	0,223	0,789	0,982	1,018	0,428	1,572	0,421	1,544	3,472	0,288	0,756	1,203	5,741	0,347	1,653	
16	0,750	0,212	0,763	0,984	1,017	0,448	1,552	0,440	1,526	3,532	0,283	0,750	1,282	5,782	0,363	1,637	
17	0,728	0,203	0,739	0,985	1,016	0,446	1,534	0,458	1,511	3,588	0,279	0,744	1,356	5,820	0,378	1,622	
18	0,707	0,194	0,718	0,985	1,015	0,482	1,518	0,475	1,496	3,640	0,275	0,739	1,424	5,856	0,391	1,608	
19	0,688	0,187	0,698	0,986	1,014	0,497	1,503	0,490	1,483	3,689	0,271	0,734	1,487	5,891	0,403	1,597	
20	0,671	0,180	0,680	0,987	1,013	0,510	1,490	0,504	1,470	3,735	0,268	0,729	1,549	5,921	0,415	1,585	
21	0,655	0,173	0,663	0,988	1,013	0,523	1,477	0,516	1,459	3,778	0,265	0,724	1,605	5,951	0,425	1,575	
22	0,640	0,167	0,647	0,988	1,012	0,534	1,466	0,528	1,448	3,819	0,262	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566	
23	0,626	0,162	0,633	0,989	1,011	0,545	1,455	0,539	1,438	3,858	0,259	0,716	1,710	6,006	0,443	1,557	
24	0,612	0,157	0,619	0,989	1,011	0,555	1,445	0,549	1,429	3,895	0,257	0,712	1,759	6,031	0,451	1,548	
25	0,600	0,153	0,606	0,990	1,011	0,565	1,435	0,559	1,420	3,931	0,254	0,708	1,806	6,056	0,459	1,541	

ÖZGEÇMİŞ

Nihan KAYHAN, 1990 yılında Karabük'te doğdu. İlk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Mustafa Yazıcı Süper Lisesi'ne gitti. Akdeniz Üniversitesi İşletme Yönetimi bölümünü ön lisans olarak 2011 yılında tamamladı. Lisans Eğitimine Akdeniz Üniversitesi Ekonometri bölümünde başlayarak, 2015 yılında Eskişehir Anadolu Üniversitesi İktisat Fakültesinde tamamladı. 2016-2017 Eğitim Öğretim Yılı Bahar yarıyılında Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Aktüerya ve Risk Yönetimi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans programına başladı. Demir çelik sektöründe yer alan bir firmada 2012 yılında işe başlayarak, aynı firmada şu an İnsan Kaynakları Uzmanı olarak çalışma hayatına devam etmektedir.