

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GİRİŞ KALİTE KONTROL SÜREÇLERİNDE
KABUL ÖRNEKLEMESİNE YÖNELİK BİR METODOLOJİ:
BEYAZ EŞYA ENDÜSTRİSİNDE BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sevcan YILDIRIM

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

MAYIS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GİRİŞ KALİTE KONTROL SÜREÇLERİNDE
KABUL ÖRNEKLEMESİNE YÖNELİK BİR METODOLOJİ:
BEYAZ EŞYA ENDÜSTRİSİNDE BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sevcan YILDIRIM
(507121122)**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Emre ÇEVİKCAN

MAYIS 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507121122 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Sevcan YILDIRIM**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**GİRİŞ KALİTE KONTROL SÜREÇLERİNDE KABUL ÖRNEKLEMESİNE YÖNELİK BİR METODOLOJİ: BEYAZ EŞYA ENDÜSTRİSİNDE BİR UYGULAMA**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Emre ÇEVİKCAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Öğr. Gör. Dr. Hüsnü Bülent CERİT**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Selçuk KILIÇ
Marmara Üniversitesi

Teslim Tarihi : **30 Nisan 2015**
Savunma Tarihi : **26 Mayıs 2015**

Canım annem ve babama,

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince hiçbir şekilde desteğini esirgemeyen, değerli danışmanım, sevgili hocam Doç. Dr. Emre Çevikcan'a yardımları ve değerli fikirleri ile yol göstericiliği için en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatımın her döneminde bana güvenen, aldığım tüm kararlarda arkamda duran aileme ve bu süreçte sabırla bana destek olan Erhan Özer'e sonsuz teşekkürler..

Mayıs 2015

Sevcan Yıldırım
Endüstri Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1.GİRİŞ	1
1.1 Literatür Araştırması	4
2. KALİTE ve İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL.....	13
2.1 Kalite ve Kalite İyileştirme	13
2.1.1 Kalitenin Boyutları.....	14
2.1.2 Kalitenin verimlilik ile ilişkisi	15
2.2 Kalite Kontrol ve Kalite İyileştirmede İstatistiksel Yöntemler.....	16
2.2.1 Değişkenlikte tesadüfi ve özel nedenler.....	17
2.3 Shewhart Kontrol Diyagramları	18
2.3.1 Kontrol limitlerinin belirlenmesi	21
2.3.2 Ortalama çalışma uzunluğu.....	21
2.3.3 Örneklem boyutu ve sıklığı.....	22
2.3.4 Değişken nicelikler için kontrol diyagramları	23
2.3.4.1 $\bar{x}$ ve R Kontrol diyagramı	23
2.3.4.2 $\bar{x}$ ve s Kontrol diyagramı	28
2.3.5 Vasıflar için kontrol diyagramları.....	29
2.3.5.1 Kusurlu oranı kontrol diyagramı	30
2.3.5.2 Kusurlu sayısı kontrol diyagramı	33
2.3.5.3 Toplam kusur sayısı ve birim başına kusur sayısı kontrol diyagramı	33
2.4 Kümülatif Toplam (CuSUM) Diyagramları.....	35
2.4.1 Çizelgesel CuSUM.....	36
2.4.2 V Maskesi	37
2.5 Üssel Ağırlıklı Hareketli Ortalamalar Diyagramı	38
2.6 Süreç Yeterlilik Analizi.....	39
2.6.1 Histogram kullanarak süreç yeterliliği analizi	42
2.6.2 Olasılık grafiği kullanarak süreç yeterliliği analizi.....	43
2.6.3 Kontrol diyagramları kullanarak süreç yeterliliği analizi	44
2.6.4 Deney tasarımları ile süreç yeterliliği analizi	44
2.6.5 Vasıflar için süreç yeterliliği analizi	45
2.7 Süreç Yeterlilik İndeksleri	45
2.7.1 C_p Süreç yeterlilik indeksi.....	46
2.7.2 C_{pk} Süreç yeterlilik indeksi	47
2.7.3 C_{pm} ve C_{pmk} Süreç yeterlilik indeksi	48
3. KABUL ÖRNEKLEMESİ	51

3.1 Plan Eğrisi (Çalışma Karakteristiği).....	53
3.2 Vasıflar İçin Örneklem Planları.....	57
3.2.1 Tekli (tek katlı) örneklem planı.....	57
3.2.1.1 Plan eğrisi ile tekli örneklem planı tasarımı.....	57
3.2.1.2 Poisson dağılımı ile örneklem planının tasarımı.....	59
3.2.1.3 Ortalama çıktı kalitesi ve parti başına ortalama muayene.....	60
3.2.2 Vasıflar için çift katlı örneklem planı	60
3.2.2.1 Çift katlı kabul örnekleme için plan eğrisi	62
3.2.3 Vasıflar için çok katlı ve ardışık örneklem planı	64
3.2.4 Askeri standart (MIL STD 105E / ISO 2856 / TS-2756).....	66
3.2.4.1 Askeri standardın uygulama süreci	68
3.2.5. Dodge-Romig örneklem planı.....	74
3.3 Değişkenler İçin Kabul Örneklemesi	75
3.3.1 Plan eğrisi ile örneklem planı tasarımı.....	77
3.3.2 Askeri standart 414 (ANSI/ASQC Z1.9)	79
3.3.3 Süreç veya parti ortalamasına göre değişkenler için örneklem.....	83
3.4 Zincir Örnekleme.....	83
3.5 Sürekli Örneklem.....	84
3.5.1 CSP-1	84
3.6 Atlamalı Parti Örneklem Planı	87
4. GELİŞTİRİLEN METODOLOJİ	89
4.1 Geliştirilen Kabul Örneklem Planında Faktörler.....	90
4.2 Vasıflar İçin Örneklem Planı.....	91
4.2.1 CTS malzeme grubu için kabul örneklem planı.....	97
4.2.2 CTQ malzeme grubu için kabul örneklem planı	99
4.2.3 Kritik olmayan malzeme grubu için kabul örneklem planı.....	101
4.3 Değişkenler İçin Örneklem Planı	102
5. UYGULAMA ÇALIŞMASI	111
5.1 Firma Tanıtımı.....	111
5.2 BSH Ankastre Buzdolabı Fabrikasında Kabul Örneklemesi.....	112
5.3 Giriş Kalite Kontrolde Kabul Örneklemesi.....	112
5.4 Geliştirilen Metodoloji İle Giriş Kalite Kontrol Planlaması.....	113
5.4.1 Vasıflar için kabul örnekleme.....	116
5.4.2 Değişkenler için kontrol planı	119
5.4.3 Kabul örnekleme için yazılım iş akış şeması.....	126
5.4.4 KND' nin kabul örnekleme üzerine etkisi	127
5.5 Karşılaştırmalı Sonuçlar	128
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	131
KAYNAKLAR.....	135
EKLER.....	139
ÖZGEÇMİŞ	155

KISALTMALAR

ADTL	: Alt Doğal Tolerans Limiti
AKL	: Alt Kotrol Limiti
AQL	: Acceptable Quality Level
ASN	: Average Sampling Number
ATL	: Alt Tolerans Limiti
BSH	: Bosch Siemens Home Appliances
CTQ	: Critical to Quality
CTS	: Critical to Safety
dpu	: Defect Per Unit
DPMO	: Defect Per Million Opportunity
EWMA	: Exponentially Weighted Moving Average
GKK	: Giriş Kalite Kontrol
GKS	: Geçerli Kalite Seviyesi
İSK	: İstatistiksel Süreç Kontrol
KND	: Kabul Edilebilir Nitelik Düzeyi
NC	: Noncritical
OC	: Operating Curve
OÇ	: Orta Çizgi
OÇK	: Ortalama Çıktı Kalitesi
OÇU	: Ortalama Çalışma Uzunluğu
OTM	: Ortalama Toplam Muayene
PCA	: Process Capability Analysis
PKOT	: Parti Kusurlu Oranı Toleransı
ppm	: Parts Per Million
SPC	: Statistical Process Control
SYA	: Süreç Yeterlilik Analizi
SYİ	: Süreç Yeterlilik İndeksi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
ÜDTL	: Üst Doğal Tolerans Limiti
ÜTL	: Üst Tolerans Limiti

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Literatür tablosu	10
Çizelge 2.1 : Değişkenler için kontrol diyagram faktörleri	26
Çizelge 2.2 : Kontrol diyagramları için formüller	29
Çizelge 2.3 : %99 ve %99,73 yeterlilik arasındaki farklılıklar.....	41
Çizelge 2.4 : C_p değerine ait kalite düzeyi yorumları.....	46
Çizelge 3.1 : $n=10$, $c=1$ için farklı boyutlarda partilerin kabul olasılıkları	56
Çizelge 3.2 : Parti boyutu ile orantılı örneklem durumunda kabul olasılıkları	56
Çizelge 3.3 : Farklı c değerleri için kabul olasılıkları ($N=20, n=10$)	56
Çizelge 3.4 : İki nokta tasarımı için örneklem planı tablosu	59
Çizelge 3.5 : Muayene seviyelerine göre harf kodları	69
Çizelge 3.6 : Askeri standartlarda kabul örneklem planı için kullanılan değerler.....	71
Çizelge 3.6a : Tekli örneklem planı (Normal muayene)	71
Çizelge 3.6b : Tekli örneklem planı (Sıkı muayene).....	72
Çizelge 3.6c : Tekli örneklem planı (Gevşek muayene).....	73
Çizelge 3.7 : Değişkenler için kabul örneklemesinde harf kodları.....	80
Çizelge 3.8a : Değişkenler için örneklem planında kullanılacak kritik değerler (Normal ve Sıkı Muayene).....	81
Çizelge 3.8b : Değişkenler için örneklem planında kullanılacak kritik değerler (Gevşek Muayene).	82
Çizelge 3.9 : CSP-1 için i ve f değerleri	86
Çizelge 4.1 : Özel koşullarda uygulanacak örneklem planı parametreleri	92
Çizelge 4.2 : Değişkenler için kabul örneklemesinde örneklem boyutları	103
Çizelge 4.3a: Değişkenler için kabul örneklemesinde izin verilen hatalı oranları (Normal ve Sıkı muayene)	105
Çizelge 4.3b: Değişkenler için kabul örneklemesinde izin verilen hatalı oranları (Gevşek muayene).....	106
Çizelge 5.1 : Soğutucu fabrikası ürün çeşitleri	111
Çizelge 5.2 : Çalışma kapsamındaki malzeme kodları ve iade oranları	115
Çizelge 5.3 : Vasıflar için yapılan kabul örneklemesi kayıtları.....	117
Çizelge 5.4 : Değişkenler için kabul örneklemesi kayıtları (Raf)	121
Çizelge 5.5 : Değişkenler için kabul örneklemesi kayıtları (Destek sacı)	124
Çizelge 5.6 : Üretimde ayrılan hatalı adetleri	128
Çizelge A.1 : Tekli, çift katlı ve çoklu örneklem planları için birim değerler	140
Çizelge A.2 : Değerler için kabul örneklemesinde kullanılan T değerleri	148
Çizelge B.1: Mevcut malzeme kodlarının sınıflandırması örnekleri.....	150
Çizelge B.2 : GKK malzeme kodları ve tedarikçiler	151

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Bir kontrol diyagramı ve temel elemanları	19
Şekil 2.2 : Değişken örneklem boyutu kontrol diyagramı örneği.....	32
Şekil 2.3 : Uygun kontrol şemasının belirlenmesi için akış diyagramı	35
Şekil 2.4 : V maskesi	37
Şekil 2.5 : Normal dağılıma bağlı olarak alt ve üst doğal tolerans limitleri.....	41
Şekil 2.6 : Histogram ile elde edilmiş süreç yeterlilik analizleri.....	43
Şekil 2.7 : Olasılık grafiği.....	43
Şekil 2.8 : Süreç çıktılarının kusurlu olma olasılıkları	47
Şekil 2.9 : Cp ve Cpk indekslerine bağlı olarak sürecin durumu	48
Şekil 3.1: Plan eğrisi ve kritik noktalar	54
Şekil 3.2 : İdeal plan eğrisi	55
Şekil 3.3 : $P_a=1-p$ eşitliğine ait grafik	55
Şekil 3.4 : Binom dağılım için nomograf	58
Şekil 3.5 :Çift katlı kabul örnekleme için akış diyagramı.....	61
Şekil 3.6 : Çift katlı kabul örnekleme için plan eğrisi	63
Şekil 3.7 : Ortalama örnek sayısı eğrisi	64
Şekil 3.8 : Ardışık örneklem planı diyagramı.....	65
Şekil 3.9 : Muayene seviyeleri arasındaki geçiş kuralları	67
Şekil 3.10 : Normal dağılıma sahip karakteristik ve hatalı oranı	76
Şekil 3.11 : Değişkenler için örneklem planı tasarımında nomograf	77
Şekil 3.12 : İzin verilen Maksimum hatalı oranının bulunması için diyagram	78
Şekil 3.13 : Z değerinden tahmini hatalı oranının bulunması için diyagram.....	78
Şekil 3.14 : Zincir Örnekleme için plan eğrisi ($n=5; c=0$)	84
Şekil 3.15 : CSP-1 planı için akış şeması	85
Şekil 4.1 : Vasıflar için örneklem planının genel akış şeması.....	93
Şekil 4.2 : Malzeme gruplarına göre vasıflar için örneklem planı akış şeması	95
Şekil 4.3 : CTS malzeme grubu vasıflar için örneklem planı geçiş koşulları.....	98
Şekil 4.4 : CTQ malzeme grubu vasıflar için örneklem planı geçiş koşulları.....	100
Şekil 4.5 : NC malzeme grubu vasıflar için örneklem planı geçiş koşulları	102
Şekil 4.6 : Değişkenler için örneklem planı akış diyagramı.....	107
Şekil 4.7 : Değişkenler için kabul örneklemede geçiş koşulları	109
Şekil 5.1 : Mevcut malzelerin gruplarına göre dağılımı	114
Şekil 5.2 : Tedarikçilere göre iade sayısının pareto analizi	114
Şekil 5.3 : Malzeme kodlarına göre iade sayısının pareto analizi	116
Şekil 5.4 : Raflarda kontrol edilecek kalite karakteristiği	120
Şekil 5.5 : Destek saclarında kontrol edilecek kalite karakteristiği.....	123
Şekil 5.6 : Kabul örnekleme için yazılım iş akış şeması.....	126
Şekil 5.7 : Üretimde karşılaşılan hatalı oranı karşılaştırma grafiği	129

GİRİŞ KALİTE KONTROL SÜREÇLERİNDE KABUL ÖRNEKLEMESİNE YÖNELİK BİR METODOLOJİ: BEYAZ EŞYA ENDÜSTRİSİNDE BİR UYGULAMA

ÖZET

Günden güne artan rekabet ortamında şirketler, öne çıkmak, müşteriler tarafından tercih edilebilmek için müşteri beklentilerini göz önüne alarak farklı stratejiler geliştirmektedir. Tüketicilerin beklentileri ise hem kaliteli hem de daha az maliyetli ürün yada hizmete sahip olabilmektir. Bu nedenle şirketler kalite iyileştirmeleri üzerine odaklanmaktadır. İyi kaliteli ürün ya da hizmetler müşteri memnuniyetini ve bağlılığını arttırmaktadır. Müşterilerin, hızla gelişen sosyal medyada yapacağı olumlu eleştiriler de uzun vadede şirket gelir ve kârlılığının artmasına katkı sağlayacaktır. Üretim hatlarından ilk seferde kaliteli ürünlerin üretilmesi, ürünlerin yeniden işlenmesi, yeniden işlenen ürünlerin tekrar teste alınması, üretim kayıpları, hurda ve servis hizmetleri gibi maliyetlerin oluşmasının da önüne geçecektir.

Bitmiş üründe istenilen kalitenin elde edilebilmesi üretim süreçlerinin ve nihai ürünü oluşturan parçaların kalitesine doğrudan bağlıdır. Çalışma kapsamında üretim hatlarının kontrol altında tutulabilmesi için sıklıkla tercih edilen kontrol diyagramları detaylı olarak ele alınmıştır. Gelenekselci yaklaşımlar kaliteyi sadece spesifikasyonlara uygunluk olarak tanımlamışlardır ancak bugünkü tanımlamalar süreç ve üründe değişkenliğin azaltılması yönündendir. Süreçlerde değişkenliğin takibi ise süreç yeterlilik çalışmaları ile sağlanabilmektedir. Bu nedenle süreç yeterlilik analizleri de çalışma kapsamına alınmıştır.

Üreticiler için kendi süreçlerini takip ve kontrol etmek, nihai üründe kullanılan malzemelerin tedarik edildiği yan sanayi ya da tedarikçilerini kontrol etmekten daha kolaydır. Tedarik edilen parçalar sürecin başlangıcında olduğundan onlarda olan bir kusur üretim hattını ve nihai ürünü doğrudan etkileyecektir. Bu nedenle üreticiler giriş kalite kontrol faaliyetleri ile kusurlu ürünlerin üretim sistemine girmesine engel olmaya çalışmaktadırlar. Yaygın olarak tercih edilen metot ise gelen partilerden belirli oranlarda alınan örnekler de karşılaşılan hatalı sayısını belirlenen hata adedi ile mukayese ederek karar vermeye dayanmaktadır.

Çalışma kapsamında giriş kalite kontrol süreçlerinde kullanılmak üzere bir kabul örneklemesi planı önerilmiştir. Bu yöntem ile kabul örneklemesinin etkinliğinin artırılması, kaynakların optimum şekilde kullanılması ve üretim hattında yaşanacak üretim duruşlarının önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Askeri standartlarda yer alan tablolardan faydalanılarak oluşturulan planda, literatürde yer alan yöntemlerden farklı olarak tedarikçi kalite performansları da sürece dahil edilmiştir. Malzemeler kritiklik derecelerine göre üç farklı sınıfa ayrılmıştır ve vasıflar için kabul örneklemesinde her bir malzeme grubu için farklı örneklem planı oluşturulmuştur. Değişkenler için örneklem planında ise tedarikçi süreç yeterlilikleri bir kriter olarak

ele alınmış ve gevşek, normal ve sıkı muayeneler arasında geçiş koşulları içerisine dahil edilmiştir.

Önerilen yöntem bir soğutucu fabrikasında uygulanmış ve mevcut duruma göre karşılaştırmalı sonuçları ortaya konulmuştur. Önerilen yöntemin hataların üretim hattına girmeden yakalanmasında daha etkili olduğu görülmüştür. Yaşan üretim duruşlarının da engellendiği görülmüştür.

Gelecek çalışmalarda, geliştirilen plan üretim hattında istasyonlar arası kontrol ve final kontrol gibi farklı süreçlerde kullanılmak üzere yaygınlaştırılabilir ve geliştirilebilir. Uzman sistem tasarımı ile de planın operatörler tarafından kullanımı kolaylaştırılabilir.

A NEW ACCEPTANCE SAMPLING APPROACH FOR INCOMING INSPECTION: AN APPLICATION IN THE WHITE GOOD INDUSTRY

SUMMARY

Companies are looking for ways for gaining competitive advantage with regard to customer expectations in globalizing world. Customers expect companies to provide qualified and economic goods or service. Due to this reason companies focus on the quality improvement. Quality is essential for customer satisfaction which eventually leads to customer loyalty. Customers can easily share both favorable opinions and criticism of your product quality on social sites. Therefore quality products make an important contribution to long-term revenue and profitability.

Effective quality improvement can be instrumental in increasing productivity and reducing cost. Poor quality increases costs. If a company does not have an effective quality control system in place, company has to incur cost of analyzing nonconforming goods or services to determine the root causes and retesting products after reworking them. In some cases, company may scrap defective products and incur additional production costs to replace them. If defective products reach customers, producer will have to pay for returns and replacements.

There are two general aspects of the qualified products. First of them is stability and capability of the production line, second is the qualified supplied parts. The traditional definition of the quality is based on the that products and services must meet the requirements of those who use them however according to modern definitions quality is inversely proportional to variability. Statistical process control(SPC) is useful in achieving process stability and improving capability through the reduction of variability.

Control chart, which is handled in this study detailed, is one of the primary technique of the SPC and very useful for online proces monitoring. Control charts can be classified into two general types. If the quality characteristics can be measured and expressed as a number and it is usually called a variable and control charts for this characterictics are called variable control charts. In some cases products may judge as either conforming and nonconforming and control charts for such quality characteristis are called attributes control charts. Both of them are presented in this study detailed.

Process capability analysis(PCA) which refers to the uniformity is the an other important tool in applying SPC. The variability of the critical to quality characteristics in the process is the measure of the uniformity of the output. To be sure that whether the process is proper or not to meet the spesifications, capability analysis are performed after keeping process under control by control charts. Process capability analysis can be conducted by histograms, control charts and design experiments.

Process capability ratio is a simple and quantitative way to express process capability and also this ratio was included in the proposed acceptance sampling plan.

Acceptance sampling takes place in the scope of this study to control the quality of the supplied parts. Acceptance sampling which is a procedure used for sentencing incoming batches, is useful when the cost of testing is high compared to the cost of passing a defective item or when testing is destructive. It is a compromise between doing 100% inspection and no inspection at all. Acceptance sampling can be done on attributes or measurements of the product.

The aim of this study is to reduce the ratio of failures which was detected at production line and production losses due to supplier related quality failures and to provide the usage of the resource efficiently during incoming inspection process.

New acceptance sampling plan is proposed in the scope of the study. Classification of the supplied part as critical to quality, critical to safety and noncritical materials makes different this method. Proposed plan is varied across the variables and attributes.

At the first step of the proposed method, materials are evaluated according to below conditions:

- Is it the first shipment of material?
- Is there any increasing at the order of the supplier?
- Is there any negative seasonal effect on the parts?

If the parts meet the one of the above conditions, the parts are evaluated according to special sampling plan which was created based on the tightened sampling. Otherwise process flow chart is followed up in respect of material classification.

Acceptance sampling for variables contains three different plans based on the material classification. Shifting rules between normal, tightened and reduced sampling plans are also different for each material class. Supplier quality performances are also included the shifting rules. Parts per million ratio is used to compare the performance of the suppliers.

Acceptable quality level(AQL) is another parameter for proposed plan. Tables which are used to determine acceptable and rejectable numbers are created according to AQL. Due to the contracts between company, where the proposed sampling plan was conducted, and suppliers AQL for attributes and variables are 0,025 and 0,01 respectively for this study.

Proposed plan for variables is based on the capability of supplier process and AQL. C_{pk} value was considered as a capability index. Process flow chart for this plan is also presented. There is not any difference for shifting rules between material classification.

Proposed plan was conducted at a refrigerator factory during incoming inspection. Focussed materials were specified according to pareto chart of the rejected parts quantities of the previous year. Expert opinion was assessed to select the relevant sampling plan.

Results of the proposed sampling plan was compared with the current incoming inspection procedure. Ratio of the nonconforming parts which were detected at production line was decreased sharply by proposed plan. Lot rejectios from the line

and production losses were prevented because of that control operators were able to detect the serial failures during acceptance sampling. Instead of the 100% inspection of the less material type, acceptance sampling was performed for various materials. Although, this situation caused more labour cost than current procedure; due to prevention of the production losses, proposed plan became economic.

As a proposal for the next studies, sampling plan can be extent for the different stage of the production line and an expert system can be created to make easier the usage of the plan.

1. GİRİŞ

Nihai müşterilerin istedikleri ürünlere ulaşmasının çok kolay bir hale geldiği günümüzün küreselleşen rekabet dünyasında, işletmelerin ilk hedefi sundukları ürünler ve hizmetlerde kaliteyi ön planda tutarak müşteri tatminini sağlamak olmuştur. Müşteri istek ve ihtiyaçlarını karşılayan özelliklere sahip olan ürün veya hizmetler için kullanılan kalite kelimesinin literatürde birçok farklı tanımı vardır. İşletmeler kalite yönetimine ışık tutan bu tanım doğrultusunda müşteri memnuniyetini ve pazar payını artırmak için mevcut süreçlerini iyileştirmek ve süreçlerini kontrol altında tutmak durumundadırlar. Müşteri beklentilerini karşılayan ürünlerin ilk seferde üretilmesi ise işletmeleri rekabetçi ortamda öne çıkaracak bir diğer husustur. Herhangi bir süreçten hatalı çıkacak bir ürünün yeniden işlenmesi ya da hurda edilmesi, bu esnada kaybedilen süre, yeniden işlenen ürünün tekrar test edilmesi gibi süreçlerde kullanılan kaynaklar birim maliyeti olumsuz etkileyecektir ve daha da önemlisi olası bu hataların işletme içerisinde yakalanamaması durumunda ürün üzerindeki hatalar müşteri şikayeti olarak geri dönecek, itibar kaybına sebep olacaktır.

Kalite iyileştirmesi ise geleneksel tanımlamalarda ürün veya hizmetin tasarıma ve kullanıma uygunluğunun artırılması olarak tanımlanırken, modern yaklaşımlar kalite iyileştirmesi olarak ürün ve süreç üzerindeki değişikliklerin giderilmesine odaklanırlar. İşletmelerin, ürün veya hizmetlerinde istedikleri kaliteyi elde edebilmek için süreçlerini sürekli gözlem altında tutmaları ve değerlendirmeleri gerekir. Sağlıklı verilerin elde edilebilmesi için işletmeler bu bağlamda istatistiksel tekniklere başvururlar.

Shewhart kontrol diyagramları devam eden bir sürecin gözlemlenmesi için kullanılan istatistiksel kontrolde yaygın bir grafiksel araçtır. Kontrol diyagramları kalite karakteristiklerine ait değerlerin dikey eksenlerde örnek ya da örneklem gruplarının ise yatay ekseninde gösterildiği grafiklere karakteristiklere ait değerlerin işaretlenmesiyle oluşturulur. Bir ürüne ait ağırlık, boy ya da delik çapı gibi niteliksel

değerlerin kalite karakteristiğine örnek gösterildiği gibi renk sapmaları ya da üründe kusur olup olmaması gibi vasıflarda kalite karakteristiği olarak kontrol diyagramları üzerinde takip edilebilmektedir.

Süreçte aksiyon alınması gerektiği ile ilgili sinyaller vermesi, alınan aksiyonların süreç üzerinde nasıl bir etkisinin olduğunun takibinin sağlanması ve süreç parametrelerine ne zaman müdahale gerektiği gibi bilgileri sağlanması kontrol diyagramları kullanımını faydalı kılar. Sürecin yeterliliğinin tahmin edilebilmesi içinde kontrol diyagramları sürecin istatistiksel olarak kontrol altında olduğunu göstermesi gerekmektedir.

Süreç yeterliliği ise sürecin müşteri beklentilerini karşılama yeteneği olarak tanımlanabilir. Özel nedenlerden dolayı meydana gelen değişkenliklerin elimine edildiği durumlarda kalite karakteristikleri üzerindeki değişkenliği gösterir. Tesadüfi nedenlerden kaynaklanan süreç değişkenliklerinin belirlenmesi ve yok edilmesi yönünde yapılan analizler ve süreç yeterliliğinin tahmin edilmesi de süreç yeterlilik analizi olarak adlandırılmaktadır. Süreç yeterlilik çalışmaları ve kalite karakteristiğine ait istenmeyen bir dağılımın değerlendirilerek süreç parametreleri üzerinde gerekli ayarlamaların yapılması ile değişkenlik neredeyse giderilmiş olur. Bu analizler yeni donanım ihtiyacının olup olmadığının belirlenmesi amacıyla da sıklıkla tercih edilirler. İşletmeler için oldukça kritik olan ve kendi sistemlerini doğrudan etkileyen faktörlerden biri olan tedarikçilerin seçim aşamasında da yeterlilik analizlerinden faydalanılır. Aynı ürünün tedarik edilebileceği çeşitli tedarikçiler mevcut ise işletmeler kalite yönetim sistemleri gereği çıktıların değişkenliği daha az olan yani yüksek yeterlilik indeksine sahip tedarikçiyi tercih ederler. Tedarikçilerin seçilme şansı yok ise talep edilen düzenli raporlamalar ile tedarikçilerin süreçlerini gözlemler kontrol altında tutarlar.

Bir sürecin çıktılarının kabul edilip edilemeyeceğine karar verebilmek için belirli büyüklükte alınan örneklem üzerinde yapılan muayeneye ihtiyaç duyulur. Kabul örnekleme olarak tanımlanan bu işlem partiyi temsil edecek büyüklükte örnek alınmasını ve belirli bir risk ile kabul ya da ret kararının verilmesini gerektirir. Kabul örnekleme tedarikçiden sağlanan hammaddelerin giriş kalite kontrolünde, süreç içerisinde çeşitli operasyonlar arasında ya da bitmiş ürünler için final kalite kontrolde uygulanabilir. Fakat kesinlikle unutulmamalıdır ki kabul örnekleme süreç

kalitesinin kontrolünü ve iyileştirilmesini sağlamaz. Ürünler hakkında %100 kontrole göre daha az bilgi sunmasına ve iyi partiyi reddetme, kötüyü partiyi kabul etme riskini taşımasına rağmen darbeleri testlerin uygulanmasını sağladığı, kontroller esnasında hata yapılma olasılığı daha düşük olduğu ve kalite iyileştirme çalışmaları için işletmeleri teşvik ettiğinden kabul örneklemeleri yapılır.

Çalışma kapsamında ikinci bölümde kontrol diyagramları ve süreç yeterlilik analizleri (SYA) ele alınmıştır. Shewhart kontrol diyagramları ölçülebilen kalite karakteristikleri için değişkenler; ölçülemeyen özellikler için vasıflar için kontrol diyagramları olmak üzere sınıflandırılıp detaylandırılmıştır. Değişkenler için kontrol diyagramlarından $\bar{x}$ -R grafikleri süreç çıktılarına ait kalite karakteristiğinin ortalama ve değişim aralığının kontrol altında tutulması için kullanılırken $\bar{x}$ -s grafiğinde değişim aralığı yerine örneklerin standart sapmaları kullanılmaktadır. Vasıflar için önemli olan parametrenin kusurlu parça ya da kusur olması durumuna göre tercih edilebilecek ve yaygın olarak kullanılan dört farklı kontrol şeması sunulmuştur. Bu diyagramlar birden fazla kalite özelliğini bir arada değerlendirme fırsatı da sunmaktadır. Kusurlu oranı (p seması), kusurlu sayısı (np seması), kusur sayısı (c seması), birim başına kusur sayısı (u seması) kontrol şemaları detaylı olarak anlatılmıştır. Shewhart diyagramlarına göre süreçteki küçük sapmalara karşı daha duyarlı olan kümülatif toplam ve üssel ağırlıklı hareketli ortalamalar diyagramları da çalışma dahilindedir.

Süreç yeterlilik analizi için histogram, olasılık grafiği, kontrol diyagramları ve deney tasarımı tekniklerinin kullanımı detaylı olarak aktarılmıştır. Süreç yeterlilik indeksleri(SYİ) ise C_p , C_{pk} , C_{pm} ve C_{pmk} değerleri ile sınırlandırılmıştır

Kabul örnekleme üçüncü bölümde ele alınmıştır. Vasıflar ve değişkenler için örneklem planları sınıflandırılmıştır. Vasıflar için tekli, çift katlı çok katlı ve ardışık örneklem planları, Dodge Romig ve çalışma kapsamında geliştirilen metodolojiye yön veren askeri standartlar; değişkenler için plan eğrisi ve yine askeri standartlara değinilmiştir. Zincir, sürekli ve atlamalı örneklem planları da kapsam dâhilindedir.

Giriş kalite kontrolde tedarik edilen parçalara ait partilerin kabul yada ret kararı için tedarikçi performanslarını ve malzemenin kritiklik durumunu göz önüne alan bir algoritma tasarlanmış ve dördüncü bölümde sunulmuştur. Tasarlanan algoritma

vasıflar ve değişkenler için olmak üzere çeşitlendirilmiştir. Kullanıcılara kabul edilebilir nitelik düzeyi konusunda da esneklik sunan metodoloji B/S/H ev aletleri bünyesinde Soğutucu fabrikasında uygulanmış ve firmadaki mevcut yapı ile karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.1 Literatür Araştırması

Kabul örneklemede örneklem boyutunun belirlenmesine yönelik yapılan literatür taramasında farklı kriterlerin optimizasyonuna dayanan çeşitli çalışmaların mevcut olduğu görülmüştür. Aslam ve diğ. (2013) normal dağılıma sahip parçalar için süreç yeterliliğine dayanan değişkenler için örneklem kontrolü çalışmasında; ortalama ve standart sapması bilinmeyen ancak normal dağılıma sahip bir ana kütle için kabul örneklemede süreç yeterliliğine dayanan ve en küçük ortalama örneklem sayısını hedef alan bir matematiksel model sunmuştur. Kabul edilebilir ve kısıtlayıcı kalite seviyeleri yerlerine konup model çözüldüğünde, örneklem boyutu, kabul kriteri olarak belirlenen C_{pk} değeri k_a ve bir partinin kabul ya da reddine karar verilebilmesi için yapılması gereken ardışık örneklem sayısı m parametrelerine ulaşılabilir. n birimlik örneklem alınarak C_{pk} hesaplanır bu değer k_a değerinden büyükse parti kabul edilir aksi halde m defa aynı işlem tekrarlanır ve $(m-1)$ adımında halen C_{pk} , k_a 'dan küçükse parti reddedilir. Model yaygın kullanılan kalite seviyeleri için çözülmüş ve tablo haline getirilmiştir. Toleransları belirlenmiş olan değişkenler için birçok endüstride kolayca kullanılabilir bir kabul örneklem planı sunulmuştur. Wu ve Pearn (2008) ise C_{pmk} 'ya dayalı ürün kabul örnekleme üzerine çalışmıştır. Taguchi'nin, bir değişkenin belirlenen ideal değerden (T) sapmasını üretim kaybı olarak nitelendirmesinden yola çıkarak hesaplan C_{pm} ve süreç ortalamasından sapma ile hesaplanan C_{pk} 'nın bir araya getirilmesiyle oluşan C_{pmk} ya dayalı bir örneklem kabul sistemi geliştirilmiştir. Üretici ve tüketici risklerine göre oluşturulan ve doğrusal olmayan iki eşitsizliğin çözülmesi ile kritik kabul değeri ve örneklem boyutu hesaplanabilmektedir. Çalışmada sık kullanılan üretici, tüketici riskleri, kabul edilebilir nitelik düzeyi ve parti kusurlu oranı toleranslarına göre pratik kullanım için bir tablo sunulmuştur. İletişim sektörüne ait sayısal bir örnekte çalışmada mevcuttur. Yen ve diğ. (2014) üssel ağırlıklı hareketli ortalamalar tabanlı örneklem kontrol planı oluşturmuşlardır. Üretici ve tüketici beklentilerini dikkate alarak, en az örneklem sayısını hedefleyen; daha önceki örneklem ortalamalarının ağırlıklı ortalaması ile

mevcut lottan alınan örneklem sonuçlarının bir araya getirilmesiyle değişkenler için yeni bir örneklem planı önerilmiştir. Süreç getiri indeksi olarak S_{pk} tanımlanmıştır ve bu değer geçmiş veriler ile düzeltme katsayısı ile ilişkilendirilmiştir. Gerekli örneklem sayısı n ve kritik S_{pk} kabul değerinin belirlenmesi için doğrusal olmayan eşzamanlı eşitsizlikler çözülmüştür. Kullanım kolaylığı için yaygın tercih edilen α , β ve düzeltme katsayıları için tablo oluşturulmuştur. S_{pk} 'ya dayalı bir diğer örneklem planı da Wu ve Liu(2006) hata oranlarının çok düşük olduğu partilerin kabul örneklemesinde kullanılmak üzere kalite karakteristiklerinin çift yönlü tolerans limitlerine sahip olduğu ürünlerin kontrolünde değişkenler için geliştirilmiştir. S_{pk} normal dağılıma sahip bir süreçten tolerans limitleri içinde parça elde etme olasılığı ile hesaplanmaktadır.

Hizmet sektöründe de pek çok alanda örneklem büyüklüğünün hesaplanmasına ihtiyaç duyulmaktadır bu bağlamda Fournel ve diğ. (2010) enfeksiyon kontrolleri için klinik denetlemelerinde örneklem boyutu ve rastgeleleştirme çalışmaları sürdürmüşlerdir. Literatürde gıda güvenliğinde kabul örneklemesini konu alan çalışmalar da mevcuttur. Mussida ve diğ. (2011) çocuk mamalarındaki krono bakterisi için tekli, çift katlı ve sıralı örneklem planları geliştirmişlerdir. Bakterilerin dağılımının poisson lognormal, poisson-gama, sıfır değer aralıklı poisson lognormal ve sıfır değer aralıklı poisson gama olması durumları karakteristik eğrileri yardımı ile karşılaştırılmıştır. Poisson lognormal dağılımın kullanılması ile yeni doğanlarda ölüme dahi sebep olabilecek olan bakterinin 0,083-0,202 oranında bulunması bile partinin reddedilmesini sağladığından bu dağılımın tercih edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Mikrobik güvenlik için örneklem planları gözlemlenen sayıların log dönüşümüne dayanmaktadır. Fernandez ve diğ. (2014), gıda güvenliğinde değişkenler için lognormal data kullanımı ile açısallık dönüşüm yaparak yeni bir kabul örneklem planı geliştirmişlerdir. Bu yöntem aynı tüketiciyi koruma seviyesinde, klasik yaklaşımlara göre daha az örneğin muayene edilmesini sağlamaktadır. Bir başka çalışmada ise Fernandez ve diğ. (2015) yiyeceklerde kalite kontrolde bileşik örnekler üzerinde değişkenler için örneklem planı geliştirmişlerdir. Karışımın düzgün olduğu ve olmadığı durumlar için iki ve üç sınıflı planlar üzerinde bileşik örneklemenin etkisini incelemişlerdir. Tüketici riski ve karışımın kalitesine bağlı olarak bileşik örneklemenin verimliliğe etkisini sunmuşlardır. Kobilinsky ve Bertheau (2005) ise tohumlarda genetiği değiştirilmiş organizma olup olmadığını

kontrol etmek için minimum maliyeti esas alarak bir kabul örneklem planı geliştirmişlerdir. Üretici ve tüketici risklerinin göz alındığı model çözülerek örneklem büyüklükleri tek ve çift katlı planlar için hesaplanmıştır.

Kontrol grafiklerinin oluşturulmasında örneklem boyutunun dinamik tutulmasının etkisini konu alan çalışmada Zhou ve Lian (2011) statik kontrol grafikleri süreçlerdeki değişikliklere karşı yeterince hassas olmadığından, örneklem boyutu, örnek alma zaman aralığı veya kontrol limitlerinin uyarlanabildiği kontrol grafikleri geliştirmişlerdir. Bu çalışma kapsamında da ortalama tekrar uzunluğunun en az olmasını hedef edinen örneklem boyutlarının geçiş koşullarına göre her bir örneklemde tekrar hesaplandığı doğrusal olmayan bir matematiksel model kurulmuştur ve genetik algoritma yordamıyla çözülmüştür. Normal, gevşek ve sıkı durumlarına örnek boyutunun değiştirildiği kontrol grafiklerinin performansının standart kontrol grafiklerine göre daha iyi olduğu ise Markov zinciri oluşturularak kanıtlanmıştır. Yüksek kalite beklentisi ve çok az farkla kaymaların olduğu süreçlerde istatistiksel süreç kontrol yazılımları ile kullanımı geleneksel yöntemlere göre çok daha verimli olduğu sonucu elde edilmiştir. Kontrol planlarının oluşturulması konusunda Shiau ve diğ. (2007) isteğe uyarlanmış üretim sistemlerinde genetik algoritma tabanlı eşzamanlı süreç ve kontrol planlama çalışmasında değişen müşteri taleplerini; sınırlı üretim kaynakları ile optimum bir şekilde karşılamak ve bir üretim sisteminin performansını en iyi seviyeye getirmek için doğrusal olmayan bir matematiksel model oluşturulmuşlardır. Bir sistemin performansına etki eden temel parametreler ise kalite karakteristiklerinin toleransı, üretim ve kalite kontrol yeterliliği olarak belirlenmiştir. Problem boyutu arttığında bu modelin çözümü kullanışlı olmayacağından sezgisel yaklaşımlarda genetik algoritma metodu ile kaynak atama problemi çözülmüştür. Kısıtlı kaynakların en etkin kullanımı için bir iş istasyonunda istenilen kalite karakteristiğini üretmek ve aynı zamanda bunun kontrolünün yapılması üretim sistemi performansının en iyi seviye getirdiği gözlemlenmiştir. Yine Shiau (2003) tarafından hangi iş istasyonundan sonra hangi kalite karakteristiğini kontrol edecek kontrol istasyonunun kurulması gerektiği problemi için kısıtlar göz önüne alınarak bir model ileri üretim sistemlerinde, çoklu kalite karakteristikleri için kontrol istasyonu atama planı çalışması kapsamında kurulmuştur. Modelin çözümünde kalite karakteristiği için tolerans aralığı metodu ve sıralı sipariş metodu olarak geliştirilen sezgisel yaklaşımlar kullanılmıştır. İş

istasyonları arasındaki tolerans farkının büyük olduğu durumlarda tolerans aralığı metodunun, daha hızlı çözüm açısından ise sıralı sipariş metodunun daha başarılı olduğu sonucu elde edilmiştir.

Örneklem büyüklüğünün optimum süreç ortalamasına yani beklenen kâra en çok etki eden parametre olduğu bulgusu ile sonuçlanan, seri üretim sistemlerinde örneklem kontrol planı ile optimum süreç ortalamasının belirlenmesi için yaptıkları çalışmada Peng ve Khasawneh (2014) optimum süreç ortalamasının belirlenmesi ile beklenen kârı maksimize etmek için Markov yaklaşımı ile bir model yaratılmıştır. Tek ve iki adımlı süreçler için öncelikli olarak tek bir kalite karakteristiğinin örneklem kontrolü için oluşturulan model daha sonra tek ve iki adımlı süreçler de iki farklı kalite karakteristiğinin örneklem kontrolü için geliştirilmiştir. Dört farklı durum için de sayısal örnekler ile maksimum kâr ve süreç ortalamaları hesaplanmıştır. Hurda maliyeti, süreç ortalaması, yeniden işleme maliyeti, örneklem boyutu, kabul edilebilir hatalı parça sayısı ve kalite karakteristikleri arasındaki korelasyon değerlerinin kâra etkisi için duyarlılık analizleri yapılmıştır.

Geleneksel kontrol yöntemlerinde çıkan kusurlu oranı sabit varsayılmaktadır ancak kullanılan hammadde, makine ayarları ve çevresel faktörler gibi nedenlerden gerçek hayatta bu değer değişiklik göstermektedir. Jaraiedi ve Segall (1990) çalışmalarında kusurlu oranının beta dağılıma sahip olduğu süreçlerde, tek ve çift katlı kontrol planlarının çıkan kalite düzeyi için bir matematiksel model sunmuşlardır. Çıkan kalite oranı bir partide bulunan kusurlu oranını ifade ederken ortalama çıkan kalite, uzun vadede beklenen ve kabul edilebilir kusurlu oranı anlamı taşımaktadır. Farklı parametreler ve farklı kabul seviyeleri ile ortalama kalite düzeyleri simülasyon çalışmaları ile belirlenmiştir. Nezhad ve Nasab (2012), bir parti içerisindeki hatalı sayısına ait olasılık dağılımının Bayes istatistiksel sonuç çıkarımı ile belirlendiği ve sistem maliyetini minimize etmek için kurulan amaç fonksiyonunun bu dağılıma bağlı olduğu bir model üzerinde çalışmışlardır. Parti içerisindeki hatalı sayısının bilgilendirici olmayan önsel dağılım, negatif binom ve poisson dağılımlarına sahip olması durumlarını da sayısal örnekler ile incelenmişlerdir.

Öner ve Karaman (2004), nitel özelliklere göre yapılan kabul muayenelerinde tekli örnekleme planı tasarımında nomograf metodu ve bilgisayar uygulamaları için elverişli olan algoritmik yaklaşım metotlarının karşılaştırmış. Rekabetçi üretim

piyasasında istenilen kalite seviyelerinde bir ürünün birim maliyetin düşük tutulması oldukça önemlidir. Üretim, kalite kontrol ve tolerans dışı özellikte olan hatalı bir parçanın yeniden işlenmesi ya da ıskarta edilmesi maliyetleri sınırlı finansal kaynakların optimum şekilde harcanmasını gerektirir. Bhattacharya ve diğ. (2015) hibrid sansürlemenin olması durumunda optimum güvenilirlik kabul örneklem planı için çalışmışlardır. Parti için ret ya da kabul kararı verilebilmesinin ürünlerin ömür testi sonucuna bağlı olmasına dayanması durumu güvenilirlik kabul örneklemesi olarak tanımlanır. Ömür modellemesi için weibull dağılımı kullanılmıştır. Sonuçların belirlenen riskleri karşıladığını göstermek için Monte Carlo simülasyonundan yararlanılmıştır. Önerilen plan daha az ürünün teste tabi tutulmasını gerektirdiğinden ekonomik kazanç sağlamaktadır.

Aslam ve diğ. (2012) çalışmalarında karar kuralı yineleyici grup örneklem planı için yeni bir karar kuralı geliştirmişlerdir. Ürün ömürlerinin medyanına dayandırılarak önerilen yineleyici grup örneklem planı daha sonra weibull ve üssel dağılım için geliştirilmiştir. Klufa (2014) Dodge Romig örneklem planını aynı parti üzerinde değişkenler ve vasıflar için kontrol planını bir arada uygulayarak geliştirilmiştir. Alınan örneklemi değişkenler için kontrol etmiş ve parti ret kararına ulaşınca geri kalanları vasıflar için kontrol etmiştir. Örneklem boyutunun ve k sabitinin hesaplanmasında Newton metodu kullanmıştır. Ortalama çıktı kalitesine (OÇK) dayanan bu planın daha az örneklem gerektirdiği ve daha az maliyet ile tamamlandığı sayısal bir örnek ile kanıtlanmıştır. Govindaraju ve Bebbington (2013), kabul edilebilir hata sayısının sıfır olduğu durumlar için tüketici riski ve maliyetler üzerine yaptıkları çalışmada örneklem boyutunun belirlenmesi için Bayes teoreminden faydalanmışlardır. Hata ile karşılaşıldığı anda muayene sonlandırılacağından bu durumun daha ekonomik olduğunu hipergeometrik dağılım ile hesapladıkları ortalama örneklem sayısı ile ortaya koymuşlardır. Lam ve diğ.(2006) varyansı belirli ancak ortalaması bilinmeyen normal dağılıma sahip partiler için değişkenlere yönelik ardışık kabul örneklemesi üzerine çalışmışlardır ve Bayes yaklaşımı ve Markov karar verme süreci ile örneklem maliyetini minimuma indirmeyi amaçlayan algoritma formüle edilmiştir.

1990 yılından bu yana yapılan örneklem boyutunun belirlenmesine yönelik çalışmaların daha çok kabul örneklemesine ve kontrol diyagramlarının

oluşturulmasına yönelik olduğu görülmüştür. Karar mekanizmasında değerlendirilen parametreler ise belirlenen kalite karakteristiğine yönelik süreç yeterliliği, makine yeterliliği, üssel ağırlılık hareketli ortalamalar ve kusurlu oranlarıdır. Bu kapsamda incelenen 1990-2015 yılları arasında yayınlanmış çalışmalar izelge 1.1’de verilmiştir.

Yapılan incelemeler esnasında alımalarda, kontrol edilen malzmelerinin önem düzeyine göre sınıflandırılmadığı, tedarikçi performanslarının değerlendirilmediği ve bir parti de oluşabilecek özel koşulların göz ardı edildiği saptanmıştır . Bu nedenle tez kapsamında geliştirilen metodolojide karar kriterleri olarak bu parametereler belirlenmiştir.

Çizelge 1.1 : Literatür tablosu.

Yıl	Çalışma Yazarlar	Konu	Kullanılan yöntem	Göz önünde bulundurulanan parametre	Uygulama	
					Var	Yok
2013	Aslam ve diğ.	Örneklem büyüklüğünün ve kabul kriterinin belirlenmesi	Matematiksel model	Süreç yeterliliği		X
2008	Wu ve Pearn	Örneklem büyüklüğünün ve kabul kriterinin belirlenmesi	Matematiksel model	Standart sapma ve süreç yeterliliği	X	
2014	Yen ve diğ.	Örneklem büyüklüğünün ve kabul kriterinin belirlenmesi	Matematiksel model	Üssel ağırlıklı hareketli ortalamalar		X
2014	Wu ve Liu	Değişkenler için S_{pk} 'ya dayalı örneklem planı tasarımı	Doğrusal olmayan eşitlikler	S_{pk} ürün indeksi	X	
2010	Fournel ve diğ.	Örneklem büyüklüğünün belirlenmesi	Deney tasarımı	Duyarlılık seviyesi	X	
2011	Mussida ve diğ.	Kusurlu oranının farklı dağılımların örneklem planına etkisi	Karakteristik eğrileri ile karşılaştırma	Tüketici riski	X	
2014	Fernandez ve diğ.	Örneklem planı tasarımı	Hiperbolik fonksiyon dönüşümü ve Monte Carlo simülasyonu	Örneklem boyutu	X	
2015	Fernandez ve diğ.	Bileşik örneklem grubu için örneklem planı tasarımı	Plan eğrisi	Örneklem boyutu ve tüketici riski		X
2005	Kobilisky ve Bertheau	Tohum muayenesi için örneklem planı	Matematiksel model	Kontrol maliyeti	X	

Çizelge 1.1 (devam) : Literatür tablosu.

Yıl	Çalışma Yazarlar	Konu	Kullanılan yöntem	Göz önünde bulundurulanan parametre	Uygulama	
					Var	Yok
2011	Zhou ve Lian	Kontrol grafiği oluşumu için örneklem boyutunun belirlenmesi	Genetik algoritma	Ortalama tekrar uzunluğu	X	
2007	Shiau ve diğ.	Eşzamanlı süreç ve kontrol planlama	Genetik algoritma	Sisteminin performansı		X
2003	Shiau	Kontrol istasyonu atama planı	Sezgisel yaklaşım	Finansal kaynak	X	
2014	Peng ve Khasawneh	Örneklem kontrol planı ile optimum süreç ortalamasının belirlenmesi	Markov yaklaşımı	Sistem kârı	X	
1990	Jaraiedi ve Segall	Kusurlu oranının beta dağılıma sahip olduğu süreçlerde kalite düzeyinin belirlenmesi	Matematikselmodel ve simülasyon	Beklenen kalite düzeyi	X	
2012	Nezhad ve Nasab	Kusurlu sayısına ait olasılık dağılımının belirlenmesi	Bayes istatistiksel çıkarım	Sistem maliyeti	X	
2004	Öner ve Karaman	Örneklem olanının tasarımı	Nomograf metodu ve algoritmik yaklaşım	KND, PKOT ve üretici-tüketici riski	X	
2015	Bhattacharya ve diğ.	Optimum güvenilirlik kabul örneklem planı tasarımı	Weibull dağılım ve Monte Carlo simülasyonu	Örneklem boyutu	X	
2012	Aslam ve diğ.	Ürün ömürleri medyanına dayalı yineleyici grup örneklem planı	Weibull ve üssel dağılım için hesaplanan kusurlu oranını içeren matematiksel model	Muayene edilen örnek sayısı	X	

Çizelge 1.1 (devam): Literatür tablosu.

Yıl	Çalışma	Konu	Kullanılan yöntem	Göz önünde bulundurulmuş parametre	Uygulama	
	Yazarlar				Var	Yok
2014	Klufa	Ortalama çıktı kalitesine dayanan optimum kabul örnekleme planı tasarımı	Newton metodu	Örneklem maliyeti	X	
2013	Govindaraju ve Bebbington	Kabul edilebilir hata sayısının sıfır olması durumunun incelenmesi	Bayes teoremi	Ortalama numune sayısı ve maliyet		X
2006	Lam ve diğ.	Değişkenler için ardışık örneklem planı tasarımı	Bayes yaklaşımı ve Markov karar süreci	Kabul örnekleme maliyeti	X	

2. KALİTE ve İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL

2.1 Kalite ve Kalite İyileştirme

Günümüz dünyasının rekabetçi ortamında hizmet ve ürün seçiminde kalite en önemli karar faktörü haline gelmiştir. Günlük yaşantımızda ise kalite, sıklıkla kaliteli yaşam, kaliteli yönetim gibi tamlamalar içinde kullandığımız bir kavramdır. Ancak “Kalite ve kalite iyileştirmesi nedir?” sorularına basit ve tek bir yanıt vermek kolay değildir. Kalite tüketiciler için; konfor, esneklik, önlem, tatmin ve kusursuzluk gibi birçok anlam ifade etmektedir. Literatürde Juran (1974); kullanıma uygunluk, Crosby (1979) ise; gerekliliklere ve spesifikasyonlara uygunluk olarak kaliteyi tanımlamışlardır (Mitra, 2008).

Amerikan Kalite Kontrol Derneği kaliteyi, “bir mal ya da hizmetin belirli bir gereksinimi karşılayabilme yeteneklerini ortaya koyan karakteristiklerin tümü” şeklinde tanımlarken Japon Sanayi Standartları Komitesi; “ürün ya da hizmeti ekonomik bir yoldan üreten ve tüketicinin isteklerine cevap veren bir üretim sistemi” olarak tanımlamıştır.

Teknik anlamda kalite istenilen özelliklere yani spesifikasyonlara uygunluktur. Bu tanımlama istenilen özellikler ve uygunluk olmak üzere iki öğeden oluşmaktadır.

Müşterilerin istek ve ihtiyaçları doğrultusunda belirlenen özelliklere sahip olması tasarım kalitesi ile ilgilidir. Uygunluk kalitesi ise, müşteriye sunulan ürünün belirlenmiş tasarıma ve standartlara göre üretilmesidir. Uygunluk kalitesine etki eden faktörler üretim hattı teknoloji düzeyi, laboratuvar koşulları, ölçüm aletleri gibi sıralanabilir. Uygunluk kalitesi niceliksel bir değerdir ve ölçülebilir. Nominal yani hedef değer ve tolerans değerleri uygunluk kalitesinin göstergeleridir.

Kalitenin bir diğer unsuru ise kullanım kalitesidir. Tüketici üzerinde doğrudan etkisi olan bu unsur mal ve ya hizmetin müşteriye taahhüt edilen zaman diliminde teslim edilmesi, kullanım esnasında servis, bakım gibi hizmetlerin yerine getirilmesini gerektirir.

2.1.1 Kalitenin Boyutları

Günümüzde insanların kalite beklentileri ve istekleri her geçen gün değişikliğe uğramakta ve çoğalmaktadır. Tüketicilerin mal ve hizmetleri nasıl algıladığının belirlenmesi, tasarım ve üretim aşamasında bu hususlara daha da dikkat edilerek mevcut kalitenin iyileştirilmesi için oldukça önemlidir. Bu aşamada yararlanılan kriterler ise kalitenin boyutlarını oluşturmaktadır. Kalitenin her boyutu birbirinden bağımsız ve belirgindir. Garvin (1987) kalitenin sekiz farklı boyutunu aşağıda belirtildiği gibi sunmuştur (Montgomery, 2009).

- **Performans:** Ürünlerin ya da hizmetin beklenen ana fonksiyonları, temel işlevleri yerine getirip getirmeme kabiliyeti ve gösterdikleri başarı açısından değerlendirilmesidir.
- **Güvenilirlik:** Ürünün ne kadar sıklıkla arızalandığı sorusunun cevabı ile ilişkilidir. Örneğin müşterilerin bir otomobil için yıllık bakım bekleyip planlarken daha sık bakım ihtiyacı ile karşılaşmaları güvensizlik yaratır. Ürünlerin beklenenden fazla servis görmesi müşteri şikâyetlerinin bir nedenidir. Güvenilirlik ölçülebilen bir değerdir.
- **Dayanıklılık:** Satın alınan ürünün beklenen performansta ne kadar süre çalışabildiği sorusunun cevabı dayanıklılığın karşılığıdır.
- **Servis edilebilirlik:** “ Ürün ne kadar kolay tamir edilebilir? ” Sorusuna verilecek yanıt ile doğrudan ilişkilidir. Üründe bir hata oluştuysa bu hatanın tamir edilebilme süresi ve kolaylığı kalitesi ile orantılıdır.
- **Estetik:** Tüketicilerin beş duyusuna hitap eden ürün özellikleridir. Ürünün görsel özellikleri ürünün performansını direkt etkilemese de dahi kalite algılamasının bir boyutudur. Bazı endüstrilerde fark yaratmak için bu boyut tercih ederler. Örneğin meyve suyu üreticileri ürünlerin farklılıklarını genellikle ambalajlarındaki görsellikler ile ortaya koyarlar.
- **Özellikler:** Ürünün fonksiyonel çeşitliliğidir. Potansiyel müşteriler ana fonksiyona ilave farklı ve kullanışlı fonksiyonları da olan ürünleri tercih ederler. Örneğin istatistiksel analizler de yerleştirilmiş bir test cihazı yazılımı sadece kontrol sağlayan bir yazılımdan çok daha fazla tercih edilecektir.

- **Algılanan kalite:** Potansiyel müşterilerin bir markayı tercih etmesinde ilgili markanın başka ürünler ile geçmişte oluşturduğu kalite izlenimi oldukça etkilidir. Algılanan kalite, müşteri sadakati ve tekrar eden alışveriş yakından ilişkilidir.
- **Standartlara uygunluk:** Ürünün tasarımcının belirlediği toleranslara, gerekli yasal düzenlemeler ve standartlara uygunluğudur.

Geleneksel kalite tanımları ürün ve hizmetlerin tasarım ve kullanıma uygunluk olarak kullanıcı gereksinimlerini karşılamaını temel alırken modern tanımlar değişkenlik üzerinde yoğunlaşmıştır. Ürün ve süreçteki değişikliğin azaltılması ise kalite iyileştirmesi olarak tanımlanmıştır çünkü modern tanıma göre kalite değişkenlik ile ters orantılıdır. Amerika’da bir otomobil şirketi vites kutusu üreten yerel tedarikçi ile Japon tedarikçi arasında karşılaştırmalı bir çalışmak yapmıştır ve çarpıcı bir şekilde kritik ölçülerindeki değişkenliğin daha fazla olduğu yerel marketin ödediği garanti maliyetinin çok daha fazla olduğunu ortaya koymuştur.

2.1.2 Kalitenin verimlilik ile ilişkisi

Modern endüstri çevresinde hızla gelişen teknolojiyi yakalayabilmek ve yüksek kalitede ürün üretmek oldukça zordur. Rekabetçi pazar ortamı aynı zamanda tüm bunların daha az kaynakla ve üretim faktörlerinin daha az kullanımı ile sağlanmasını yani verimlilik gücünü gerektirir. Verimlilik anonim ve en dar anlamı ile çıktıların, girdilere oranıdır. Ancak tüm boyutları ile değerlendirildiğinde verimlilik, girdilerin en az toplam maliyeti gerçekleştirecek oranlarda bir araya getirilmesi, en düşük kaynak kullanımı ile en iyi sonuca ulaşılmasını ifade etmektedir.

Verimlilik ve kalite arasında ölçülebilir bir ilişki vardır. Daha yüksek kalite ile sağlanacak ilk seferde doğru üretimler daha az yeniden işlem ve hurda maliyetine sebep olacaktır. Ürün başına düşen birim maliyet, hem ürün sayısı artacağından hem de toplam maliyetler azalacağından doğrudan azalacaktır. Kaliteli ürün alan nihai tüketici için ürün bağlılığı artacak ve yapacağı olumlu reklam ile yeni müşterilerin kazanımı da sağlanacaktır.

Yüksek kalitenin daima yüksek maliyet getireceği inancının yerini uzun vadede hem kaliteyi hem de verimliliği yükseltmek mümkün olduğu inancına bıraktığı işletmeler, süreç iyileştirme çalışmalarının uygulanması ile rekabette söz sahibi olacaktır.

2.2 Kalite Kontrol ve Kalite İyileştirmede İstatistiksel Yöntemler

Genel anlamda kalite kontrol herhangi bir kalite karakteristiğinde spesifikasyonlara göre sapma olması durumunda, düzeltici aksiyonların uygulanmasını sağlayarak istenilen kalite seviyesini koruyan sistemdir. Jozsef ve Blaga (2014) kalite kontrolü, kalite gereksinimlerinin karşılanması için uygulanan operasyonel teknikler ve aktiviteler serisi olarak tanımlamışlardır. Özellikle seri imalat endüstrisinde yakalanamayan bir hatalı ürün, ürünlerin sahadan toplanması ve kitlesel hurda gibi üreticilerin kâbusu olan durumlar ile sonuçlanabilir. Bu durumun sebep olacağı kayıplar ise yeniden işleme alınma maliyeti, prestij kaybından dolayı pazar payında oluşacak küçülme ve lojistik maliyeti gibi kalemlerden oluşacaktır (Bettayab ve diğ., 2014). Tüm bu kayıpların önüne geçmek için hatanın oluşumunun önlenmesi ve oluşan hatanın ise yakalanması istenir. Bu amaçla kalite kontrol planları oluşturulur.

İstatistiksel kalite kontrol ise Türkiye İstatistik Kurumu(TÜİK) (2011), tarafından “ Bir ürünün ekonomik ve yararlı bir şekilde üretilmesini sağlamak amacıyla önceden belirlenen kalite standartlarına uygunluğunu sağlamak ve kusurlu üretimi en aza indirmek için istatistiksel yöntemlerin kullanılmasıdır. ” şeklinde tanımlanmıştır. Dr.W.A. Shewhart, 1924'te ilk "Olasılık Çizelgesini" ortaya koyarak istatistiksel kalite kontrolünün temelini atmıştır. İstatistiksel kalite kontrol işletmelere, ürün kalitesinin istenilen düzeyde tutulması, geliştirilmesi ve üretimde hatalı ürün sayısının azaltılması gibi faydalar sağlamaktadır (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2006).

İstatistiksel süreç kontrol (İSK), deney tasarımı ve kabul örnekleme olmak üzere kalite kontrolün üç alt grubu istatistik ve mühendislik çalışmalarının odağı olmuştur.

İSK süreç ve ürün kontrolünde yaygın olarak kullanılan bir araçtır. Kullanımı kolay ve her süreç için kullanılabilir olduğundan yirminci yüzyılda geliştirilen mükemmel tekniklerden biridir. İstatistiksel süreç kontrolün temel varsayımı, her sürecin ve süreçlere ait çıktı parametrelerinin değişkenlik göstermesidir (Kottner, 2013). Kalite kontrol elemanlarının bir problem ile yüz yüze geldiklerinde problemin çözümü için

kullandıkları araçlar; histogram, kontrol tablosu, pareto analizi, sebep-sonuç diyagramı, hata yoğunluk diyagramı, dağılma diyagramı ve kontrol grafikleridir. Bu bölümden bu teknikler içinde en önemli yere sahip kontrol grafikleri detaylı olarak incelenecektir.

Deney tasarımı süreç ile ilgili kalite karakteristiklerinde anahtar değişkenlerin bulunmasında yardımcı bir araçtır. Kontrol edilebilir girdilerin sürecin çıktıları üzerindeki etkisinin bulunmasını sağlar ve bir ürünün ya da hizmetin kalitesi deney tasarımının yapılmasına bağlıdır.

Kabul örnekleme bir sürecin çıktılarının genel eğilimi hakkında çıkarım yapabilmek ve bir parti hakkında, giriş kalite kontrol esnasında, üretimde süreçler arasında ya da bitmiş ürünler için final kontrolde ret ya da kabul kararı verebilmek için gerçekleştirilir. Rastsal olarak alınan örneklerin muayene sonuçlarına göre karar vermek olarak tanımlanabilir. Kabul örnekleme detaylı olarak üçüncü bölümde ele alınmıştır.

2.2.1 Değişkenlikte tesadüfi ve özel nedenler

Tesadüfi nedenler, üretim sürecinin doğal ve kaçınılmaz bir parçasıdır. Süreç var olduğu müddetçe bozulmalara veya değişkenliklere sebep olurlar. Tesadüfi nedenlerin meydana getirdiği değişkenlikler üretim sürecinin yapısına göre azaltılabilir, ancak yok edilemez. Çünkü her üretim sürecinin değişkenliklere sebep olan bazı özellikleri vardır. Tesadüfi nedenler tamamen rastlantısaldır ve sebep olduğu değişkenliklere de bu nedenle şansa bağlı değişkenlikler de denilmektedir. Tesadüfi nedenlerin azaltılması için üretim sürecinin temelinde değişiklik yapılması gerekir.

Özel nedenler ürün karakteristiklerinde bazı özel değişkenlikler ve bozulmalar yaratırlar. Makine ayarının bozulması, ham maddenin değişmesi, işçinin dikkatsizliği gibi aranır ve tespit edilerek giderilebilecek hatalar kabul edilemez değişkenliklere sebep olurlar. Tesadüfi nedenler ile karşılaştırıldığında özel nedenlerin etkileri çok daha büyüktür. Özel nedenler rastlantısal ve ya şansa bağlı değildir. Sebep oldukları değişkenliklerin belli ve öngörülebilir alt ve üst sınırları yoktur bu nedenle önlem alınmadığı takdirde sürecin kontrol dışında olması ile sonuçlanırlar. Özel nedenlerin

giderilmesi için süreçte önemli değişmelerin yapılması gerekmez. Özel nedeni bulup ortadan kaldırmak ve sürekliliği sağlamak yeterlidir.

İstatistiksel süreç kontrolün temel amacı değişkenlikleri ortadan kaldırmak olduğundan, ortalama kaymalarına sebep olan özel nedenlerin hızlı bir şekilde bulunması ve daha fazla kabul edilmeyecek üretim yapılmasının önüne geçilmesi de bu amaca ulaşılmasını sağlamaktadır.

2.3 Shewhart Kontrol Diyagramları

Kontrol diyagramları “Belirli ve eşit zaman aralıklarında örneklemelerden elde edilen değerlerin zaman içindeki değişimlerinin gösterildiği grafiklerdir” (Özdemir, 2000). Kontrol grafikleri ile süreç gözlemlenir, süreçte herhangi bir değişiklik yapıp yapılmayacağı tespit edilir.

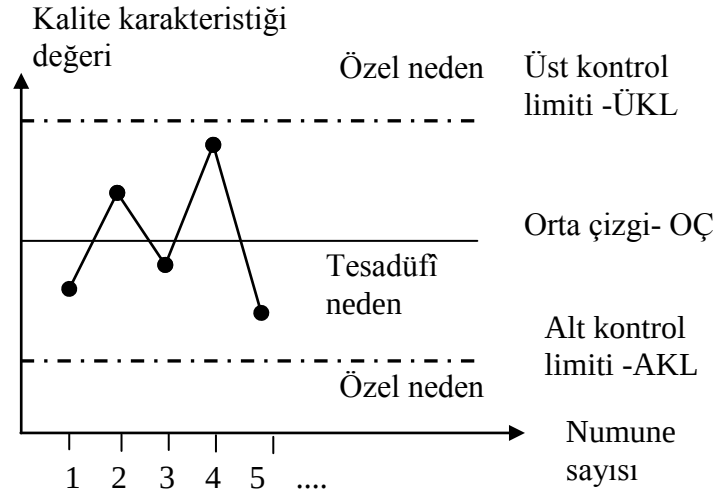
Bir başka tanımla “Mamulün, mamulü oluşturan parçaların veya diğer bileşenlerin kalite spesifikasyonlarını geçmiş deneyimlere dayanarak saptanan limitlere göre kronolojik (saat, gün, hafta, vb.) olarak karşılaştırmaya yarayan araçtır” (Özdemir, 2000). Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2006), kontrol semalarının gücünü, üretim süreci içindeki normal olmayan durumları tanımlama ve süreç kaymalarını ortaya çıkarma yeteneğinden aldıklarını belirtmişlerdir.

Kontrol grafikleri sürecin gözlemlenmesinde yaygın olarak kullanılan tekniklerden biridir. Süreç parametrelerinin tahmin edilmesinde ve süreç yeterliliğinin belirlenmesinde de kontrol grafikleri kullanılmaktadır.

Sadece tesadüfî nedenlerden dolayı değişkenlik gösteren, aynı süreçten çıkan mamullere ait karakteristikler belirli bir dağılıma uygundur. Bu dağılımın bir ortalaması ve standart sapması mevcuttur.

Orta çizgi (OÇ) , üst ve alt kontrol limiti (ÜKL ve AKL) olmak üzere üç çizgi bu grafik üzerinde yer almaktadır. Şekil 2.1’de kontrol diyagramı ve elemanları gösterilmiştir. Orta çizgi belirlenen kalite karakteristiği için arzu edilen yani hedeflenen ya da nominal değerdir. Diğer iki yatay çizgi alt ve üst kontrol sınırları olup, kontrol altında olan bir süreçten alınan örneklerin ölçüm sonuçlarının bu aralığa düşmesi beklenir yani sadece tesadüfî nedenlerden kaynaklı değişkenliklerin

var olduğu bir ortamda çok az nokta kontrol sınırları dışında olur. Bu aralık dışına düşen bir nokta var ise sürecin kontrol dışında olduğunu gösterir ve bu duruma sebep olan özel nedenin araştırılmasını ardından kalıcı ve önleyici aksiyonların alınmasını gerektirir.



Şekil 2.1 : Bir kontrol diyagramı ve temel elemanları.

Proses ile ilgili şüphe duymamızı gerektirecek bir diğer husus ise, noktaların rastlantısal dağılmamasıdır örneğin 20 noktanın 18 i peş peşe üst kontrol limitinin altında olmasına rağmen orta çizginin üzerinde olması gibi.

Kontrol grafiklerinin yaygın kullanımının nedenleri aşağıda belirtilmiştir.

- Kontrol grafikleri yeniden işlem gören ve hurda edilen parça sayılarında azalmaya sebep olacağından verimliliği artıracak bir tekniktir.
- Prosesin ilk seferde doğru üretim ilkesi ile kontrol altında tutulmasını sağlar ve hata önlemede etkilidir.
- Proses parametrelerinin gereksiz yere ayarlamalarının önüne geçer.
- Hata ile ilgili tanısal veriler sunar.
- Önemli süreç parametreleri ve onların istikrarı ile ilgili bilgi verir. Dolayısıyla ürün ve süreç tasarımcılarının sıklıkla kullandıkları süreç yeterliliğinin tahmin edilmesini sağlar.

Başlıca iki tip kontrol diyagramı kullanılmaktadır, bunlar: ölçülebilen karakteristikler için değişkenlere göre kontrol diyagramları ve niteliksel karakteristikler için vasıflara göre kontrol diyagramlarıdır. Uzunluk, ağırlık ve hacim gibi ölçülebilir kalite karakteristiklerine değişken denir. Ürünlerin iyi-kötü, geçer-geçmez olarak ayrıldığı veya hatalarının sayılarak bunların istatistiklerinin yapıldığı durumlar için ise vasıflara göre kontrol diyagramları kullanılır.

Kontrol diyagramlarının hazırlanma aşaması aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

- Süreç için kritik olabilecek kalite karakteristiği belirlenmeli ve nitel ya da nicel kontrol diyagramlarından hangisinin kullanılacağına karar verilmelidir. Pareto analizi bu şamada kullanılabilecek bir araçtır. Pareto analizi Önemsiz birçok hata çeşidi içerisinde hataların %80' ini kapsayacak önemli hata çeşidinin belirlenmesini sağlayacaktır.
- Kontroller esnasında alınacak örneklemin boyutu ve sayısı belirlenmelidir.
- Sürecin durumunun gözlenebilmesi için kontrol diyagramlarının temel elemanlarından olan merkez çizgi, alt ve üst kontrol limitleri belirlenmelidir.
- Örneklemelere ait istatistikler diyagram üzerine işaretlenir ve sürecin kontrol altında olup olmadığına karar verilir
- Kontrol limitleri dışında kalan noktalar belirlenir ve bu noktaların limitlerin dışına çıkmasına sebep olan kök neden araştırılır.

Kontrol diyagramlarının yorumlanmasında esnasında karşılaşılabilecek durumlar başlıca şu şekilde özetlenebilir;

Periyodik dalgalanma; operatör ya da makineye bağlı olarak oluşan S şeklindeki dalgalanmalardır. Çevre faktörlerindeki değişiklikler, makine ısı ve basınç parametrelerindeki değişiklikler periyodik dalgalanma nedenlerine örnek olabilir.

Süreç ortalamasında kayma; kontrol karakteristiğinde iyileşme ya da kötüye gidiş olarak yorumlanabilir. Diyagramlarda bir trend oluşturur ve orta çizginin tekrar belirlenmesini gerektirebilir.

Farklı ana kütleler; noktalar alt ve üst limitlere yakın yerlerde kümelenmeler gösteriyor ise iki farklı ana kütleye ait örnekler olduğu yorumu yapılabilir.

2.3.1 Kontrol limitlerinin belirlenmesi

Kontrol grafiklerinin tasarımında en kritik karar kontrol limitlerinin, örneklem boyutunun ve frekansının belirlenmesidir. Kontrol limitlerinin orta çizgiye yakın yani alt ve üst limitler arasındaki mesafenin az tutulması durumunda tip1 hata ile karşılaşma riski artar. Tip1 hatanın oluşma olasılığı ise α ile gösterilir. Tip1 hata, sağlam parçanın limitler dar olduğu için başka hiçbir neden yokken kontrol çizgilerinin dışına düşmesi ve sürecin kontrol dışında olduğu sinyalinin alınmasıdır.

Aksi durumda ise kontrol limitleri çok geniş tutulması belirlenen kalite özelliğinde hata varken yok gibi algılanmasına yani tip2 hatanın oluşmasına neden olur. Tip2 hatanın oluşma olasılığı ise β ile gösterilmektedir. Normal dağılıma sahip olduğu düşünülen bir süreç için hazırlanan kontrol grafiğinde 3σ kontrol limitleri kullanılırsa tip1 hata yapılma olasılığı 0,0027'dir. Tip1 hata olasılığının 0,001 olması talep edildiğinde uygun standart sapma 3,09 olacaktır.

Kontrol grafiklerinin duyarlılığını artırmak için kontrol limitleri ile beraber uyarma limitlerinin kullanılması önerilmektedir. Orta çizgiye daha yakın olarak belirlenecek uyarma limitleri için genellikle 2σ uzaklıklar tercih edilir.

2.3.2 Ortalama çalışma uzunluğu

Kontrol diyagramlarının performans göstergesi ortalama çalışma uzunluğu (OÇU) olarak belirlenmiştir. OÇU kontrol dışında olan bir kalite karakteristiği değeri yakalanıncaya dek ortalama olarak kaç adet numuneye ihtiyaç olduğunu gösterir. Grafik üzerinde bir noktanın kontrol limitleri dışına çıkma olasılığı P_d ile gösterildiğinde OÇU Denklem (2.1a) ile hesaplanacaktır. Sonlu seriler için OÇU ise Denklem 2.1a'dan elde edilen Denklem (2.1b) ile bulunur.

$$OÇU = \sum_{j=1}^{\infty} j P_d (1 - P_d)^{j-1} \quad (2.1a)$$

$$OÇU = \frac{P_d}{[1 - (1 - P_d)]^2} = \frac{1}{P_d} \quad (2.1b)$$

Süreç kontrolü için P_d α değerine eşit olur ve dolayısıyla kontrol limitleri için 3σ aralık tanımlanması durumunda $OÇU = 1/0,0027 \approx 385$ olacaktır. Bu sonuç ile her 385 örneklemden birinde karakteristik değeri kontrol dışında olacaktır yorumunu yapılabilir.

Kontrol altında olmayan süreçlerde hataların çabuk fark edilmesi için ortalama çalışma uzunluğunun daha kısa olması istenir. Bu durumda α değeri yerine β olasılığı alınmalıdır ve $P_d = 1/(1-\beta)$ olacaktır.

2.3.3 Örneklem boyutu ve sıklığı

Kontrol diyagramlarının etkin kullanılabilmesi için hangi sıklıkla ve kaç adet örnek alınması gerektiğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle örnek alma planları oluşturulur. Değişkenlere ve vasıflara göre düzenlenen kontrol grafikleri için hazırlanan örnek alma planı farklılık göstermektedir. Değişkenler için kontrol diyagramlarında optimum 4-5 adet örnek alınmaktadır. Bu sayı ne kadar artarsa limitler o kadar daralır (örnek sayısının karekökü ile orantılı olarak) ve kontrol diyagramı daha duyarlı hale gelir.

Rasyonel örneklem gruplarının alınması bir diğer önemli husustur. Sürecin sadece genel nedenlerle değişkenlik gösterdiği zaman diliminde alınan gruplar rasyonel örneklem grubu olarak adlandırılırlar. Örnekler ne kadar kısa sürede alınırsa, süreci özel nedenlerin etkilemesi riski o derecede az olur. Hızlı üretim şartlarında bilgisayarlı takip sistemleri kullanılıyorsa bu sayı 1 ile 25 arasında değişebilir.

Vasıflara göre kontrol diyagramlarında örneklem boyutu değişkenlere göre oldukça büyüktür. Alınan örneklerin en az 1-5 adet hatalı ürün içermesi istenir. Örneğin ortalama hatalı oranı %1 olan bir süreçten alınacak örnek sayısı 100 ile 500 arasında olur.

Özel nedenlerin zamanında yakalanabilmesi için örnek alma sıklığının artırılması gerekirken, bu işlem için harcanan zaman ve emek düşünüldüğünde daha seyrek tutulması oluşacak maliyeti azaltmaktadır. Amacı maliyeti en aza indirmek olan bu problem için optimum sonuç deneyimlere dayanarak bulunur. Limitlerin ilk tespit edileceği anda sıklık artırılırken ilerleyen aşamalarda örnek alma aralıkları artırılır. Genellikle vardiyada ya da saatte bir gibi frekanslar tercih edilir.

2.3.4 Değişken nicelikler için kontrol diyagramları

Bir sürecin ortalama ve değişkenliğini izlemek, kontrol altında tutabilmek için, süreçten çıkan ürünlerde değişken olarak adlandırılan uzunluk, çap ve ağırlık gibi ölçülebilir kalite karakteristiklerinin ortalaması ve değişkenlikleri yaygın olarak kontrol grafikleri ile takip edilmektedir.

Ortalama için kullanılan grafiğe $\bar{x}$ grafiği, standart sapma yani süreç değişkenliği için kullanılan grafiğe s grafiği ve değişim aralığı için kullanılan grafiğe ise R grafiği denilmektedir. Sadece $\bar{x}$ grafiği kullanıldığında sürecin standart sapması veya değişim aralığındaki kaymalar fark edilemeyebileceğinden bu parametreler beraber gözlemlenmektedir.

2.3.4.1 $\bar{x}$ ve R Kontrol diyagramı

Aynı sürecin çıktılarında belirli bir karakteristiğin ortalaması ve değişim aralığının gözlemlenmesi süreci kontrol altında tutmak için gereklidir.

Ortalaması μ ve standart sapması σ olan normal dağılıma sahip olduğu düşünülen bir kalite karakteristiği için, n birimlik örneğe ait ortalama $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$ ve standart sapma $\sigma_{\bar{x}} = \sigma / \sqrt{n}$ olacaktır.

Bu süreçten alınan örneklerin ortalaması $1-\alpha$ olasılıkla ÜKL ($\mu + Z_{\alpha/2} \sigma / \sqrt{n}$) ve AKL ($\mu - Z_{\alpha/2} \sigma / \sqrt{n}$) arasına düşecektir. $Z_{\alpha/2}$ değeri, σ standart değerine bağlı olarak normal dağılım eğrisinin limitlerini gösteren katsayıdır. Genelde $Z_{\alpha/2}$ için kullanılan değer 3'dür. Bu durumda eğrinin her iki tarafında $\alpha/2 = 0,00135$ ve toplam $\alpha = 0,0027$ 'ye karşılık gelen alan limit dışında olacaktır. Örneklem ortalamasının bu limitler dışına düşmesi süreç ortalamasının daha fazla μ 'ye eşit olamayacağı anlamına gelir.

Geçmiş veriler doğrultusunda ana kütle karakteristiklerinin ortalama (μ) ve standart sapma (σ) değerlerinin bilinmesi durumunda $\bar{x}$ diyagramının kontrol limitleri ve orta çizgisi Denklem (2.2) ile belirlenecektir.

$$\begin{aligned} \text{ÜKL} &= \mu + 3\sigma/\sqrt{n} \\ O.\text{Ç} &= \mu \\ \text{AKL} &= \mu - 3\sigma/\sqrt{n} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Hesaplamayı kolaylaştırmak amacıyla $3\sigma/\sqrt{n}$ ifadesi için A faktörü kullanılır. Buradan alt kontrol limiti ve üst kontrol limiti daha basit bir ifadeyle Denklem (2.3) gibi olacaktır.

$$\bar{U}KL = \mu + A \sigma \quad (2.3)$$

$$AKL = \mu - A \sigma$$

R diyagramı için ortalama ve standart sapma değerlerinin bulunduğu, dağılımın normal olduğu durumda, $\bar{R} = d_2\sigma$ ve $\sigma_R = d_3\sigma$ şeklindedir. Buradan R diyagramının kontrol limitleri ve orta çizgisi Denklem (2.4) ile belirlenecektir.

$$\bar{U}KL = d_2 \sigma + 3d_3\sigma \quad (2.4)$$

$$OÇ = d_2\sigma$$

$$AKL = d_2 \sigma - 3d_3\sigma$$

Hesaplamaları basitleştirmek istediğimizde $D_1 = d_2 - 3d_3$ ve $D_2 = d_2 + 3d_3$ değişimi yapılır ve R diyagramının kontrol limitleri Denklem (2.4a)'ya dönüşecektir.

$$\bar{U}KL = D_2\sigma \quad (2.4a)$$

$$AKL = D_1\sigma$$

Pratikte ana kütleye ait ortalama ve standart sapma gibi parametreler genellikle bilinmez. Böyle durumlarda ise süreçten alınan en az 20 - 25 adetlik örneklem grubundan yararlanılarak bu değerler tahmin edilir. Her biri n birim içeren m adet örnek kümesi alındığında μ için en yakın tahmin örnek ortalamalarının ortalamasının alınması ile elde edilir.

Tahmini süreç ortalaması Denklem (2.5) ile hesaplanır ve $\bar{\bar{x}}$ kontrol grafiği üzerinde orta çizgi değeri olarak kullanılır. .

$$\bar{\bar{x}} = (\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m) / m \quad (2.5)$$

Alt ve üst limitlerin belirlenmesi için ise σ değerine ihtiyaç vardır ve bu değer m adet gözlemin aralık değeri ile veya standart sapması ile tahmin edilebilir. Aralık değeri bir gözlem kümesindeki en büyük ve en küçük ölçüm sonucu arasındaki farktır ve Denklem (2.6) ile elde edilir.

$$R = x_{max} - x_{min} \quad \bar{R} = (R_1 + R_2 + \dots + R_m) / m \quad (2.6)$$

$\bar{\bar{x}}$ Grafiği için kontrol limitleri Denklem (2.7)'de verilmiştir

$$\bar{U}KL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \quad (2.7)$$

$$Orta \ Çizgi = \bar{\bar{x}}$$

$$AKL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

Süreç değişkenliğinin gözlem altında tutulması için ise kullanılması gereken R diyagramının kontrol limitleri ve orta çizgi değeri Denklem (2.8) ile elde edilir.

$$\bar{U}KL = D_4 \bar{R} \quad (2.8)$$

$$Orta \ Çizgi = \bar{R}$$

$$AKL = D_3 \bar{R}$$

Eşitliklerde yer alan A , A_2 , D_1 , D_2 , D_3 , D_4 , d_1 ve d_2 değerleri örneklem boyutuna bağlı olarak değişen faktörlerdir ve Çizelge 2.1'den elde edilebilmektedirler.

Kontrol grafiklerinden verimli bir şekilde yararlanabilmek için belirlenen kontrol limitleri periyodik olarak revize edilmelidir. Her hafta, her ay gibi dönemler ya da 200-300 gözlem olarak bu süre belirlenebilir.

Örneklerin rasyonel alt gruplarda oluşturulması ise kontrol grafiklerinde önemli bir diğer husustur. $\bar{X}$ grafiği alt gruplar arasındaki ortalama farkından yola çıkarak süreci kontrol altında tuttuğundan, örneklerin kendi içinde değişkenliği az ancak örnek grupları arasındaki değişkenliği en çok olacak şekilde seçilmelidir. Örneklem boyutunun küçük tutulması örneklerin alınması esnasında oluşabilecek ortalama kayma riskini düşürür. R grafiği ise örnek gruplarının kendi içindeki değişkenliğini baz aldığından alt gruplardaki örnekler değişkenliklerin fazla olduğu tahmin edilen durumlardan alınmalıdır.

Çizelge 2.1 : Değişkenler için kontrol diyagramları faktörleri.

n	$\bar{x}$ Diyagramı					S Diyagramı					R Diyagramı					
	Kontrol limitleri		Orta çizgi			Kontrol limitleri		Orta çizgi			Kontrol limitleri					
	faktörleri		faktörleri			faktörleri		faktörleri			faktörleri					
	A	A ₂	A ₃	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	0,7979	1,2533	0	3,267	0	2,606	1,128	0,8865	0,853	0	3,686	0	3,267
3	1,732	1,023	1,954	0,8862	1,1284	0	2,568	0	2,276	1,693	0,5907	0,888	0	4,358	0	2,574
4	1,500	0,729	1,628	0,9213	0,0854	0	2,266	0	2,088	2,059	0,4857	0,880	0	4,698	0	2,282
5	1,342	0,577	1,427	0,9400	0,0638	0	2,089	0	10964	2,326	0,4299	0,864	0	4,918	0	2,114
6	1,225	0,483	1,287	0,9515	1,0510	0,030	1,970	0,029	1,874	2,534	0,3946	0,848	0	5,0780	0	2,004
7	1,134	0,419	1,182	0,9594	1,0423	0,118	1,882	0,113	1,806	2,704	0,3698	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924
8	1,061	0,373	1,099	0,9650	1,0363	0,185	1,815	0,179	1,751	2,847	0,3512	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864
9	1,000	0,337	1,032	0,9693	1,0317	0,239	1,761	0,232	1,707	2,970	0,3367	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816
10	0,949	0,308	0,975	0,9727	1,0281	0,284	1,716	0,276	1,669	3,078	0,3249	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777
11	0,905	0,285	0,927	0,9754	1,0252	0,321	1,679	0,313	1,637	3,173	0,3152	0,787	0,811	5,535	0,256	1,744
12	0,866	0,266	0,886	0,9776	1,0229	0,354	1,646	0,346	1,610	3,258	0,3069	0,778	0,922	5,594	0,283	1,717
13	0,832	0,249	0,850	0,9794	1,0210	0,382	1,618	0,374	1,585	3,336	0,2998	0,770	1,025	5,647	0,307	1,693
14	0,802	0,235	0,817	0,9810	1,0194	0,406	1,594	0,399	1,563	3,407	0,2935	0,763	1,118	5,696	0,328	1,672
15	0,775	0,223	0,789	0,9823	1,0180	0,428	1,572	0,421	1,544	3,472	0,2880	0,756	1,203	5,741	0,347	1,653
16	0,750	0,212	0,763	0,9835	1,0168	0,448	1,552	0,440	1,526	3,532	0,2831	0,750	1,282	5,782	0,363	1,637
17	0,728	0,203	0,739	0,9845	1,0157	0,466	1,534	0,458	1,511	3,588	0,2787	0,744	1,356	5,820	0,378	1,622
18	0,707	0,194	0,718	0,9854	1,0148	0,482	1,518	0,475	1,496	3,640	0,2747	0,739	1,424	5,856	0,391	1,608
19	0,688	0,187	0,698	0,9862	1,0140	0,497	1,503	0,490	1,483	3,689	0,2711	0,734	1,487	5,891	0,403	1,597
20	0,671	0,180	0,680	0,9869	1,0133	0,510	1,490	0,504	1,470	3,735	0,2677	0,729	1,549	5,921	0,415	1,585
21	0,655	0,173	0,663	0,9876	1,0126	0,523	1,477	0,516	1,459	3,778	0,2647	0,724	1,605	5,951	0,425	1,575

Çizelge 2.1 (devam) : Değişkenler için kontrol diyagramları faktörleri.

n	$\bar{x}$ Diyagramı					S Diyagramı					R Diyagramı					
	Kontrol limitleri faktörleri			Orta çizgi faktörleri		Kontrol limitleri faktörleri				Orta çizgi faktörleri		Kontrol limitleri faktörleri				
	A	A2	A3	c4	1/c4	B3	B4	B5	B6	d2	1/d2	d3	D1	D2	D3	D4
22	0,640	0,167	0,647	0,9882	1,0119	0,534	1,466	0,528	1,448	3,819	0,2618	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566
23	0,626	0,162	0,633	0,9887	1,0114	0,545	1,455	0,539	1,438	3,858	0,2592	0,716	1,710	6,006	0,443	1,1557
24	0,612	0,157	0,619	0,9892	1,0109	0,555	1,445	0,549	1,419	3,895	0,2567	0,712	1,759	6,031	0,451	1,548
25	0,600	0,153	0,606	0,9896	1,0105	0,565	1,435	0,559	1,420	3,931	0,2544	0,708	1,806	6,056	0,459	1,541

2.3.4.2 $\bar{x}$ ve s Kontrol diyagramı

$\bar{x}$ ve s diyagramının $\bar{x}$ ve R diyagramından farkı alınan örneklerin R aralık değeri yerine standart sapmasının kullanılmasıdır. Örneklem boyutu büyük olduğunda aralık değerinin tespitinde hata yapılma riski yüksek olduğundan ve bu diyagram özel nedenlerin tespitinde daha duyarlı olduğu için, örneklem boyutunun göreceli olarak daha büyük ($n > 10-12$) ya da değişken olduğu durumlarda $\bar{x}$ ve s kontrol diyagramı tercih edilir.

Ana kütlenin standart sapması ve ortalaması bilinmesi durumunda s kontrol grafiğine ait değerler Denklem (2.9) ile belirlenecektir.

$$\bar{U}KL = B_6 \sigma \quad (2.9)$$

$$O\check{C} = C_4 \sigma$$

$$AKL = B_5 \sigma$$

Ana kütlenin standart sapması ve ortalamasının belirli olmaması durumunda s kontrol diyagramı için kontrol limitleri ve orta çizgi Denklem (2.10)'da belirtilmiştir.

$$\bar{U}KL = B_4 \bar{s} \quad (2.10)$$

$$Orta \check{C}izgi = \bar{s}$$

$$AKL = B_5 \bar{s}$$

$\bar{s}$ değeri ise $\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i$ ile elde edilecektir.

B_5 , B_6 değerleri de örneklem boyutuna bağlı olarak değişen faktörlerdir ve Çizelge 2.1'den elde edilebilmektedirler.

Ana kütlenin standart sapması ve ortalamasının belirli olmaması durumunda $\bar{x}$ ve s kontrol diyagramında $\bar{x}$ grafiği için kontrol limitleri ve orta çizgi Denklem (2.11)'de belirtilmiştir.

$$\bar{U}KL = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{s} \quad (2.11)$$

$$Orta \text{ Çizgi} = \bar{\bar{x}}$$

$$AKL = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{s}$$

Değişkenler için kullanılan kontrol diyagramlarına ait orta çizgi ve alt-üst kontrol limitleri formülleri Çizelge 2.2’ de özetlenmiştir.

Çizelge 2.2 : Kontrol diyagramları için formüller.

Diyagram	Orta çizgi	Kontrol limitleri
μ ve σ biliniyor		
$\bar{\bar{x}}$	μ	$\mu \pm A\sigma$
R	$d_2\sigma$	$\bar{U}KL=D_2\sigma; AKL=D_1\sigma$
s	$c_4\sigma$	$\bar{U}KL=B_6\sigma; AKL=B_5\sigma$
μ ve σ bilinmiyor		
$\bar{\bar{x}}$ (R için)	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm A_2 \bar{R}$
$\bar{\bar{x}}$ (s için)	$\bar{\bar{x}}$	$\bar{\bar{x}} \pm A_3 \bar{s}$
R	$\bar{R}$	$\bar{U}KL=D_4 \bar{R} ; AKL=D_3 \bar{R}$
s	$\bar{s}$	$\bar{U}KL=B_4 \bar{s} ; AKL=B_3 \bar{s}$

2.3.5 Vasıflar için kontrol diyagramları

Bazı kalite karakteristikleri sayısal olarak değerlendirilememektedir. Vida deliklerinde kılavuz çekilip çekilmeme durumu, plastik enjeksiyon ile üretilen malzemeler için yüzeyde serpmeye olup olmaması ya da boyalı parçalarda boya hatasının olup olmaması ölçülemeyen değişkenler için örnek olarak gösterilebilir. Böyle durumlarda kusurlu–kusursuz, uygun-uygun olmayan gibi terminolojiler ürün sınıflarının tanımlanmasında sıkça kullanılırlar.

Değişken nicelikler ya da ölçülebilir değişkenler için kontrol diyagramları oldukça kullanışlı olmasına rağmen ölçülemeyen özellikler yani vasıflar için kullanılamamaktadır. Bu özellikler için yaygın kullanımı olan şemalar; kusurlu oranı (p seması), kusurlu sayısı (np seması), kusur sayısı (c seması), birim başına kusur sayısı (u seması) kontrol şemalarıdır. Bu şemalar birden fazla kalite özelliğini bir arada değerlendirme imkânı da sağlamaktadır. Vasıflar için oluşturulan kontrol diyagramları sürece daha genel bir bakış sağlar. Bir sürecin çıktılarında hata oranı artıyorsa öncelikle hangi istasyonda hataların yoğunlaştığını belirlemek gerekir. İstasyondan sonra hangi hatanın o istasyondan kaynakladığının belirlenmesi gerekir ve son olarak kalite karakteristiğine odaklanır dolayısıyla bu örnek için ilk aşamalarda vasıflar için kontrol diyagramlarının kullanılması faydalı olacaktır.

2.3.5.1 Kusurlu oranı kontrol diyagramı

Bir ürün aynı anda bir ve ya daha fazla kalite karakteristiği için bir kalite kontrol operatörü tarafından incelenebilir. İncelenen ürün bu karakteristiklerinden herhangi birine ya da bir kaçına uygun olmadığı takdirde kusurlu olarak adlandırılır.

Hatalı çıktı elde etme olasılığı p olan bir süreçten rastlantısal olarak alınan n birimlik örnekte kusurlu parça sayısı olan D, parametreleri n ve p olan binom dağılıma sahip olacaktır.

$$P\{D = x\} = \binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x} \quad x=0, 1, 2, \dots, n$$

Bu durumda rastlantısal değişken olan D'nin ortalaması np, varyansı p(1-p), örneklem kusurlu oranı ise $\hat{p} = D/n$ olacaktır. $\bar{x}$ ve R kontrol diyagramı için 5 ile 10 birimlik örnekler yeterli olabildiği halde, p diyagramı için daha büyük örneklerin kullanılması gerekir. p oranı küçüldükçe diyagramlarda aynı duyarlılığı sağlayabilmek için örneklem boyutu artırılmalıdır. Örneklem boyutunun np>1 olacak şekilde belirlenmesi, grafiğin etkinliğini artıracaktır.

Sürecin kusurlu oranı p biliniyor ya da standart bir değer olarak kabul ediliyor ise kontrol diyagramına ait değerler Denklem (2.12)'de belirtildiği gibi olacaktır.

$$\bar{U}KL = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (2.12)$$

$$\text{Orta çizgi} = p$$

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

Pratikte süreç kusurlu oranı bilinmez ve bu değerin tahmini için m adet n büyüklüğünde örnek alınır. Bu örneklerden ortalama kusurlu oranı Denklem (2.13) ile hesaplanır. Kontrol diyagramı tahmini ortalama kusurlu oranı ($\bar{p}$) baz alınarak Denklem (2.14) 'te belirttiği gibi oluşturulur.

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{mn} = \frac{\sum_{i=1}^m \hat{p}_i}{m} \quad (2.13)$$

$$\hat{p}_i = D_i/n \quad i=1,2,\dots,m$$

$$\bar{U}KL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}}{n}(1-\bar{p})} \quad (2.14)$$

$$\text{Orta çizgi} = \bar{p}$$

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

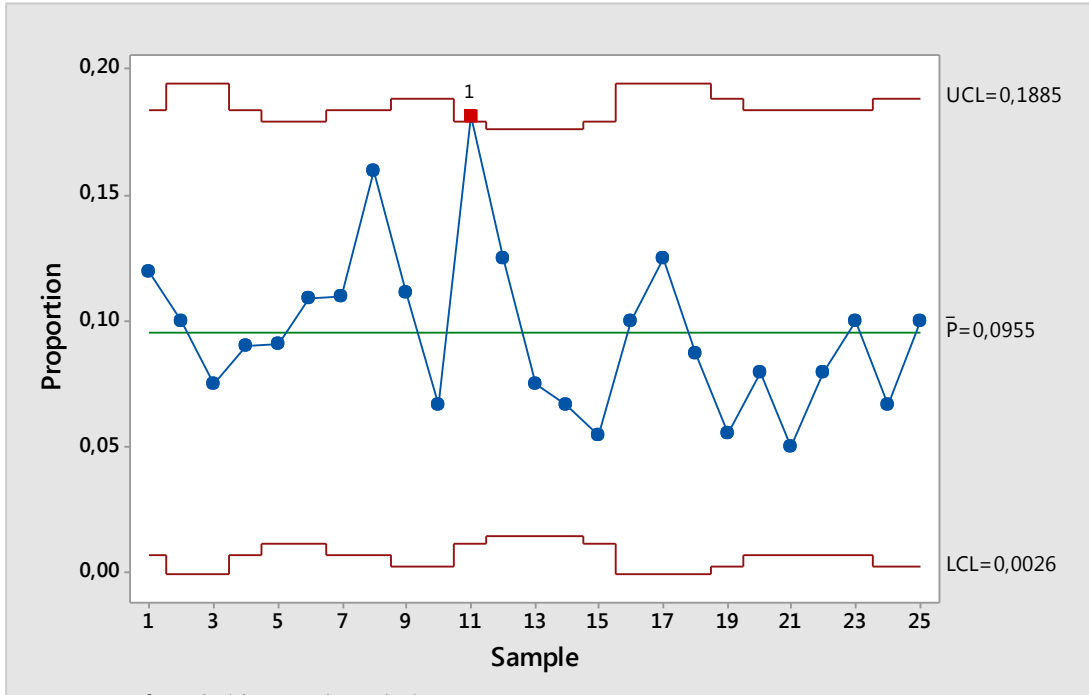
Örneklem boyutunun değişken olduğu durumlarda kusurlu oranı diyagramı

Bazı süreçlerin doğası gereği örneklem boyutunu sabit tutmak mümkün değildir. Üretim hızı ve buna bağlı olarak alınacak örnek sayısı değişkenlik gösterecektir. Böyle durumlarda kontrol grafiği oluşturmanın farklı yolları vardır.

İlk ve en basit yöntem her bir örneklem için ayrı ayrı kontrol limitlerinin belirlenmesidir. n_i , i. örneklem boyutunu ifade ettiğinde kontrol limitleri

$\bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}}{n_i}(1-\bar{p})}$ olacaktır. Kontrol limitlerin genişliğinin örneklem boyutu ile ters

orantılı olduğu görülmektedir. Minitab kullanılarak elde edilen örnek kontrol diyagramı Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 : Değişken örneklem boyutu kontrol diyagramı örneği.

Ortalama örneklem boyutu kullanarak kontrol diyagramlarının oluşturulması da bir diğer metottur. m adet farklı büyüklükte örnek alındığında ortalama örneklem boyutu

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i}{m} \quad i=1,2,\dots,m \text{ olacaktır. Bu yaklaşım, örneklem büyüklüklerinin daha önce}$$

gözlemlenenlerden çok farklı olmayacağı varsayımına dayanmaktadır. Kontrol limitleri sabit olacağından ilk yöntemle göre daha anlaşılırdır. n_i , ortalama örneklem büyüklüğü $\bar{n}$ ’den %25’den fazla farklılaştığında p kontrol semasının oluşturulmasında bu yaklaşımın kullanılması önerilmez (Berenson ve Levine,1999).

Bu durumda ise kontrol limitleri (2.15)’te gösterilmiştir.

$$\bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}}{n} (1 - \bar{p})} \quad (2.15)$$

Üçüncü ve son yöntem ise standartlaştırılmış hatalı oranlarının orta çizgisi 0 kontrol limitlerinin ise ± 3 olarak belirlendiği diyagramda takip edilmesidir.

İşaretlenecek değerler yani standartlaştırılmış hatalı oranları Denklem (2.16)'da gösterilen formül ile belirlenir. Süreçteki ortalama kusurlu oranı bilinmiyor ise p yerine $\bar{p}$ kullanılır. Şemanın yorumlanması diğerlerine göre daha zordur.

$$Z_i = \frac{\hat{p}_i - p}{\sqrt{p(1-p)/n_i}} \quad (2.16)$$

2.3.5.2 Kusurlu sayısı kontrol diyagramı

Kusurlu parçaların sayısına göre sürecin gözlemlendiği kontrol diyagramları oluşturmakta mümkündür. Bu diyagramlar istatistik eğitimi almamış kişiler için daha anlaşılır ve kolay bulunmaktadır.

Diğer diyagramlarda olduğu gibi süreçteki kusurlu oranının bilinip bilinmeme durumuna göre kontrol limitleri farklılık gösterir.

Kusurlu oranı p 'nin bilindiği kontrol diyagramlarında limitler Denklem (2.17) verildiği gibi olacaktır.

$$\dot{U}KL = np + 3\sqrt{np(1-p)} \quad (2.17)$$

$$Orta \text{ çizgi} = np$$

$$AKL = np - 3\sqrt{np(1-p)}$$

Standart p değerinin bilinmediği ve yerine tahmini kusurlu oranı $\bar{p}$ değerinin kullanıldığı durumlarda ise Denklem (2.18) kullanılacaktır.

$$\dot{U}KL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (2.18)$$

$$Orta \text{ çizgi} = n\bar{p}$$

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

2.3.5.3 Toplam kusur sayısı ve birim başına kusur sayısı kontrol diyagramı

Bir dokümanın içerisindeki yazım hataları, metrelerce uzunluktaki boru hattındaki kaynak hataları ya da elektronik bir cihazda fonksiyonluğu etkilemeyecek ve müşteri

şikâyetine neden olmayacak birçok hata ile üreticiler karşı karşıya kalmaktadır. Böyle durumlarda tek bir karakteristiğinin beklenen niteliği taşımamasından dahi hatalı diye ayrılıp p kontrol grafiği ile süreci takip etmek yerine hata sayılarına odaklanılan kusur sayısı kontrol diyagramları oluşturulur.

Bu diyagramların oluşumunda kontrol edilen tüm parçaların hatalı olma olasılığının eşit ve hata oluşabilecek karakteristiklerin ise aynı olduğu kabul edilir. Bu varsayımlar doğrultusunda Poisson dağılımı temel alınmıştır.

Muayene edilen bir birimde kusur ile karşılaşma olasılığı Poisson dağılımına göre (2.19) ile hesaplanabilir.

$$P(x) = \frac{e^{-c} c^x}{x!} \quad x=0,1,2,\dots \quad (2.19)$$

Eşitlikte x bir birim üzerindeki kusur sayısını c ise poisson dağılımına ait bir parametreyi ifade etmektedir. Poisson dağılımında ortalama ve varyans birbirine eşit olduğundan tek bir parametre bulunmaktadır.

Süreç için ortalama kusur sayısı biliniyor ise yani c için standart bir değer belirlenmiş ise kontrol diyagramı üzerinde orta çizgi bu c değeri olarak belirlenir. Böyle bir değer yok ise örneklemelerde karşılaşılan kusur sayılarının ortalaması $\bar{c}$, tahmini ortalama kusur sayısı olarak kullanılır. $\bar{c}$ her bir örneklemde karşılaşılan kusur sayılarının toplamının yapılan örneklem sayısına oranıdır. Poisson dağılımının ortalaması ve varyansı eşit olduğundan alt ve üst kontrol limitleri ise $\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$ olur. Bu hesaplamalar sonucunda alt kontrol limiti negatif bir değer çıktığında 0 olarak alınmalıdır.

Kontrol edilen bir birim başına düşen hata sayısına dayanılarak oluşturulan kontrol diyagramı ise birim başına düşen hata kontrol diyagramı ya da u diyagramı olarak adlandırılır.

Örnek boyutunun n olduğu bir örneklem esnasında karşılaşılan toplam hata sayısı x ise birim başına düşen hata sayısı $u = x/n$ olacaktır. Ardışık olarak yapılan örneklem kontrolle sonrasında tahmini olarak hesaplanan birim başına düşen hata sayısı ise $\bar{u}$ olarak gösterilmektedir. $\bar{u}$ Her bir örneklemde birim başına düşen hata sayılarının

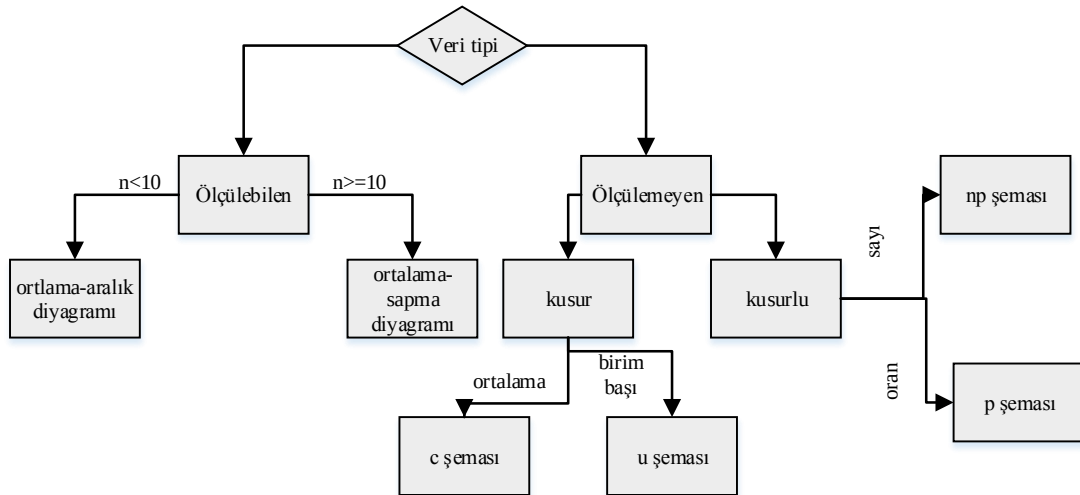
toplaminın yapılan örneklem sayısına oranıdır. Gerçekleştirilen m adet örneklem kontrolün ardından $\bar{u}$ aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir.

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^m u_i}{m} \quad i=1,2,\dots,m$$

Parça başına düşen kusur sayısı ile sürecin gözlemlenmek istendiği durumlarda oluşturulacak kontrol diyagramının orta çizgisi $\bar{u}$ değeri olurken alt ve üst kontrol

limitleri ise $\bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$ olacaktır.

Bir süreç için uygun kontrol diyagramının seçilmesinde Şekil 2.3'te gösterilen yol haritasının takip edilmesi kolaylık sağlayacaktır.



Şekil 2.3 : Uygun kontrol şemasının belirlenmesi için akış diyagramı.

2.4 Kümülatif Toplam (CuSUM) Diyagramları

Shewhart kontrol diyagramlarına alternatif olarak, özellikle örneklem boyutunun bir olduğu kesikli üretim sistemlerinde CuSUM grafikleri sürecin sürekli olarak kontrolünün sağlanmasında etkili olarak kullanılmaktadır. Shewhart kontrol diyagramlarına göre daha duyarlıdır. Süreç ortalamalarındaki $1,5\sigma$ ve daha da küçük kaymaları CuSUM grafikleri ile yakalayabilmek mümkündür. Çok küçük kaymaların dahi önemli olduğu kimyasal süreçlerde ve her bir parçanın üretildiği istasyonda ölçümünün gerektiği yani alt grup büyüklüğünün bir olduğu durumlarda CuSUM kontrol diyagramları tercih edilir. Diyagram her bir ölçüm sonucunun hedeften

sapma miktarının birikimli toplamı ile elde edilir. Hedef süreç ortalamasının μ_0 olarak belirlendiği durumda (2.20)'de belirtildiği gibi hesaplanır.

$$C_i = \sum_{j=1}^i (\bar{x} - \mu_0) \quad (2.20)$$

CuSUM grafikleri sadece süreç ortalaması için değil uygunsuz birim sayısı ya da oranı için Poisson ve binom dağılım değişkenleri ile de vasıflar için oluşturulabilir.

CuSUM grafikler ile süreç ortalamasındaki sapmanın hangi örnekten itibaren başladığının tespit edilebilmesi, kısa dönemlerde ileriye yönelik süreç ortalamasının belirlenmesi ve geçerli süreç ortalamasının tahmin edilmesi mümkündür.

Yatay eksende örnek sıralarının bulunduğu ve bu örneklerle karşılık gelen birikimli toplamların işaretlendiği grafikler istatistiksel kontrol limitleri bulunmadığından kontrol diyagramı olarak kullanılmaz. Ancak CuSUM çizelgesel ya da algoritmik ve V maskesi olarak iki farklı yöntem ile gösterilebilir ve süreç ortalaması gözlemlenebilir.

2.4.1 Çizelgesel CuSUM

C^+ ve C^- olarak ifade edilen tek taraflı alt ve üst kümülatif toplamlar ayrı ayrı gözlemlenir. Hedef değer μ_0 'dan sapmalar pozitif ise yani çıktı hedef değerden büyük ise C^+ , küçük ise C^- olarak kaydedilir.

$$C_i^+ = \max\{0, x_j - (\mu_0 + K) + C_{i-1}^+\}$$

$$C_i^- = \max\{0, (\mu_0 - K) - x_j + C_{i-1}^-\}$$

K gevşek ya da referans değer olarak adlandırılan ve genellikle izin verilen sapma miktarının yarısı olarak belirlenen değişkendir.

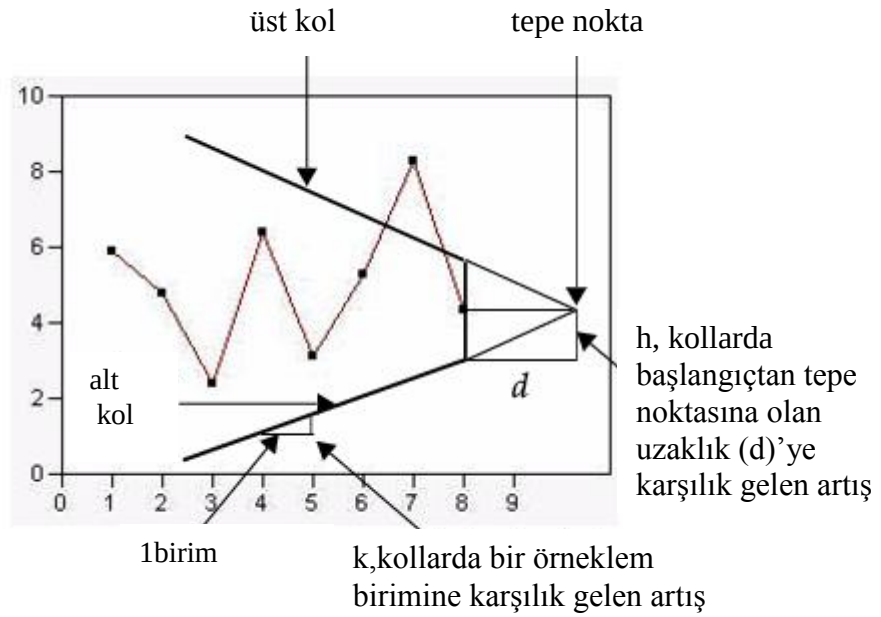
CuSUM grafiğinin alt ve üst kontrol limitleri ise genellikle standart sapmanın beş katı olarak alınır.

Süreç başlangıcında duyarlılığı artırmak için C_0^+ ve C_0^- değeri sıfırdan farklı olarak seçilir ve avantaj değer olarak adlandırılan bu değer genellikle $H/2$ olarak hesaplanır.

Süreç kontrol altında ise kümülatif toplam değeri hızlı bir şekilde 0'a düşer ve avantaj değerinin CuSUM prosedürü üzerindeki etkisi çok az olur. Aksi durum ise başlangıç süreç parametrelerinin tekrar gözden geçirilmesini gerektirir.

2.4.2 V Maskesi

Gözlem sayısı ve birikimli toplam değerleri belirlendikten sonra sürecin kontrol altında olup olmadığının belirlenmesi için kullanılan V maskesi Şekil 2.4'te gösterilmiştir. Noktaların tümü maskenin iki kolu arasında kalmış ise süreç kontrol altındadır çıkarımı yapılabilir.



Şekil 2.4 : V maskesi.

Kümülatif toplamların sonuncusuna karşılık gelen noktadan yatay eksene çizilen paralel doğrunun üzerinde ve d kadar uzaktaki nokta V-Maskesinin köşesidir. V 'nin kolları arasındaki açı 2θ 'dır. Paket programların kullanımıyla daha kolay çizilen V maskesinin el ile çizimi için d ve θ değeri Denklem (2.21) ile hesaplanabilir.

$$d = -2 \ln \alpha \frac{1}{\delta^2} \quad (2.21)$$

$$\theta = \arctan(D/2A)$$

α : Önem seviyesidir. Gerçekte süreçte sapma yokken sapmanın olduğuna karar verme olasılığıdır. Genellikle 0,005 alınır.

β : Süreç ortalamasında sapma olduğu halde bunun yakalanamaması ihtimalidir.

D: Ortaya çıkarılması arzu edilen ve σ cinsinden ifade edilen kayma miktarıdır.

A: Dik eksenin yatay eksene oranını gösteren bir ölçek faktörüdür. Genellikle $2\sigma_{\bar{x}}$ tercih edilir.

δ : Araştırılmasına karar verilen süreçteki en küçük kayma miktarıdır.

$\sigma_{\bar{x}}$: Örnek ortalamaları için standart hatadır. CuSUM genellikle bir örneklem üzerinden hesaplandığından $\sigma_{\bar{x}} = \sigma$ olur.

Yukarıdaki hesaplamalardan da anlaşılacağı üzere α ve β değeri gibi belirsizliklerin bulunması V maskesi kullanımındaki en büyük zorluktur. Bir diğer dezavantajı ise proses başlangıcındaki avantaj değerinin V maskesine uygulanamamasıdır.

2.5 Üssel Ağırlıklı Hareketli Ortalamalar Diyagramı

Bazı kaynaklarda geometrik hareketli ortalamalar diyagramı olarak da adlandırılan ve uluslararası literatürdeki karşılığı Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) olan diyagramlar 1959 yılında Roberts tarafından geliştirilmiştir. Shewhart diyagramları kadar kolay grafiklenebilmesinin yanı sıra CuSUM ile benzer performans göstermektedir (Ege,2000).

Üssel ağırlıklı hareketli ortalamalar aşağıdaki Denklem (2.22) ile tanımlanabilir.

$$z_i = \lambda x_i + (1-\lambda)z_{i-1} \quad (2.22)$$

z_i önceki örneklerin ortalamasının ağırlıklı ortalamasıdır ve ilk örnek için $z_0 = \mu_0$ olarak hesaplanır.

λ ise (0,1] aralığında düzeltme katsayısıdır. Eğer x_i gözlem değerleri σ^2 varyanslı bağımsız rastsal değişkenler ise z_i 'nin varyansı Denklem (2.23) ile hesaplanabilir.

$$\sigma_{zi}^2 = \sigma^2 \left(\frac{\lambda}{2-\lambda} \right) [1 - (1-\lambda)^{2i}] \quad (2.23)$$

Hesaplanan EWMA_{z_i} değerlerinin işaretleneceği kontrol diyagramına ait alt ve üst kontrol limitleri $\mu_0 \pm L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2i}]}$; orta çizgi ise μ_0 olacaktır. Ancak örnek sayısı çoğaldıkça yani i değeri arttıkça limitler $\mu_0 \pm L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}$ değerine yaklaşacak ve stabil olacaktır.

Eşitliklerdeki L değeri, kontrol limitlerinin genişlik faktörüdür.

Pratikte istenilen çalışma uzunluğu sonucunda beklenen duyarlılığın yakalanabilmesi L ve λ değerlerinin uygun seçilmesine bağlıdır. λ değeri genellikle [0.05 0.25] aralığında tutulur ve popüler olan değerler ise 0,05, 0,10, 0,20'dir. λ değeri küçüldükçe süreçteki küçük kaymaların yakalanma olasılığı artar. L değeri ise 6 σ yaklaşımından dolayı genellikle 3 olarak belirlenir.

EWMA genellikle tek ölçüm sonuçlarında yani örneklem boyutunun bir olduğu durumlarda kullanılır ancak örneklem alt büyüklüğü $n>1$ olması durumunda da x_i ; $\bar{x}_i$ ile σ ; $\sigma\bar{x} = \sigma/\sqrt{n}$ ile yer değiştirilerek yukarıdaki eşitliklerde yerlerine konularak uygulanabilir.

2.6 Süreç Yeterlilik Analizi

Süreç yeterliliği sürecin müşteri beklentilerini karşılama yeteneği olarak tanımlanabilir. Ürün gereklilikleri ve spesifikasyon limitleri doğrultusunda, süreç değişkenliklerin belirlenmesi ve analiz edilmesi bu değişkenliklerin yok edilmesi ya da azaltılmasına yönelik istatistiksel çalışmalar süreç yeterlilik analizi olarak adlandırılmaktadır. Yapılan analizler sürecin dağılımı, yerleşimi ve müşteri beklentilerini karşılama düzeyini gösteren istatistiksel değerler ortaya koymaktadır. Bir anlamda süreç yeterliliği süreç çıktılarının gelecekteki durumlarının bir tahminidir denilebilir. Kalite açısından kritik karakteristiklerin değişkenliği süreç çıktılarının değişmezliğinin bir ölçüsüdür. Süreç çıktılarının, istenen spesifikasyon sınırları dâhilinde olması ve gelecekte de değişmezlik göstermesi istenir. Bunun içinde sürecin kontrol altında olması gerekir. Değişkenlik gösteren bir sürecin (kontrol altında olmayan) gelecekte de göstereceği davranışı tahmin etmek kolay

değildir (Bothe, 1997). Bu tür süreçlere ait geçmiş performanslarının tahmini ve gelecekteki çıktılarının kalitesi ve süreç yeterliğine ilişkin sonuçları doğru olmayacaktır.

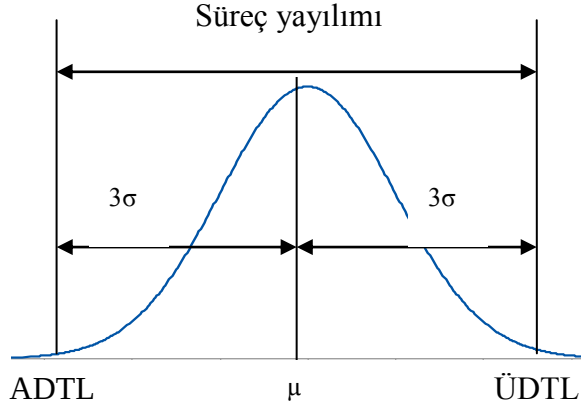
Değişikliğin düşünülmesi gereken iki farklı boyutu vardır. Bunlar, kritik karakteristiklerde sürecin doğasında olan, belirli bir zamanda aniden oluşan değişkenlikler ve zaman ilerledikçe oluşan değişikliklerdir. Üretim sürecindeki değişkenliğin azaltılması, kusurlu parça üretiminin engellenmesi ve üretimde sürekli iyileşmenin sağlanması yeterlilik analizlerinin yapılması ile sağlanmaktadır.

SYA ürün geliştiriciler ve tasarımcılar tarafından süreç seçiminde veya sürecin düzenlenmesinde de kullanılan bir araçtır. Spesifikasyonlar içerisinde kalan süreç çıktıların oranının belirlenmesinde, süreci izlemek için alınacak olan örnekler arasındaki sınırların tanımlanmasında, yeni bir donanım için performans gereklerinin belirlenmesinde, tedarikçiler arasında seçim aşamasında ve toleranslar üzerinde sürecin interaktif bir etkisi varken, üretim sıralamasını planlanmasında SYA önemli bir rol oynar.

İstatistiksel olarak kontrol altında olan bir sürecin çıktıların istenilen özellikleri karşılayıp karşılamama durumu tahmin edilebilir (Bothe,1999). Dolayısıyla güvenilir bir yeterlilik analizi yapılabilmesi için öncelikle seçilen kalite karakteristiğinin istatistiksel olarak kontrol altında olduğundan yani değişkenlik gösterip göstermediğinden emin olunmalıdır. Bu kontrolün sağlanmasında kontrol diyagramları yaygın olarak kullanılır.

Bir süreçten, gerçek süreç çıktısının çıkmama olasılığı α olarak alındığında , $(1 - \alpha)$ 'yı kapsayan doğal tolerans limitlerinin belirlenmesi gerekir. Kalite karakteristiğinin ortalama ve standart sapma değerleri biliniyor ya da yapılan uzun gözlemler sonucunda tahmin edilebiliyor ve bu değerler normal dağılıma sahip ise doğal tolerans limitleri $\mu \pm Z_{\alpha/2}\sigma$ olarak belirlenir.

Genellikle süreç yeterlilik ölçüsü olarak ürün kalite karakteristiklerinin dağılımında altı standart sapma (6σ) genişliği seçilir ve bu genişlik doğal tolerans genişliği olarak adlandırılır. Şekil 2.5'te normal dağılıma bağlı olarak alt ve üst doğal tolerans limitleri gösterilmiştir.



Şekil 2.5 : Normal dağılıma bağlı olarak alt ve üst doğal tolerans limitleri.

Kalite karakteristikleri ortalaması μ ve standart sapması σ olan normal dağılıma sahip bir sürece ait üst doğal tolerans limitleri (ÜDTL) ile alt doğal tolerans limitleri (ADTL) aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\text{ÜDTL: } \mu + 3\sigma \quad (2.24)$$

$$\text{ADTL: } \mu - 3\sigma$$

Normal bir dağılıma sahip süreçte doğal tolerans limitleri değişkenliğin %99,73'ünü kapsar. Yani süreç çıktılarının sadece %0,27 'si bu limitlerin dışında olacaktır. Bu noktada dikkat edilmesi gereken iki önemli husus vardır.

%0,27 çok küçük bir oran olmasına rağmen milyonda 2700 adet kusurlu sayısına denk gelmektedir. Eğer süreç normal dağılıma sahip değilse 6σ dağılımı dışında kalan çıktı oranı %0,27'den farklı olacaktır.

%99 yeterlilik ve 6σ (%99,73) yeterlilik arasında dahi ciddi farklılıklar olduğuna dair günlük hayatımızdan örnekler Çizelge 2.3' te verilmiştir.

Çizelge 2.3 : %99 ve %99,73 yeterlilik arasındaki farklılıklar.

%99 / $3,83\sigma$ yeterlilik	%99,73/ 6σ yeterlilik
Hergün yaklaşık 15 dk bounca niteliksiz içme suyu	Yedi ayda 1 dk niteliksiz su
Saatte 20.000 adet kayıp posta gönderisi	Saatte 7 gönderi kaybı
Her ay yaklaşık yedi saatlik elektrik kesintisi	Her 34 yılda bir saatlik kesinti

Bir kalite karakteristiği için belirlenen spesifikasyon değeri ve süreç için belirlenen kontrol limitleri arasında istatistiksel ve ya matematiksel olarak hiçbir ilişki yoktur. Bir karakteristiğin spesifikasyon limitlerine göre kontrol edilmesi sonucu kusurlu ya da kusursuz olarak değerlendirilirken, süreçten alınan bir örnekte kalite karakteristiği belirlenen kontrol limitlerine göre değerlendirmesi sonucu ise sürecin kontrol altında ya da kontrol dışında olduğu şeklindedir.

Süreç yeterlilik analizinde, süreç yeterlilik indeksleri dışında histogram ve olasılık grafiği, kontrol diyagramları ve deney tasarımı teknikleri de kullanılmaktadır.

2.6.1 Histogram kullanarak süreç yeterliliği analizi

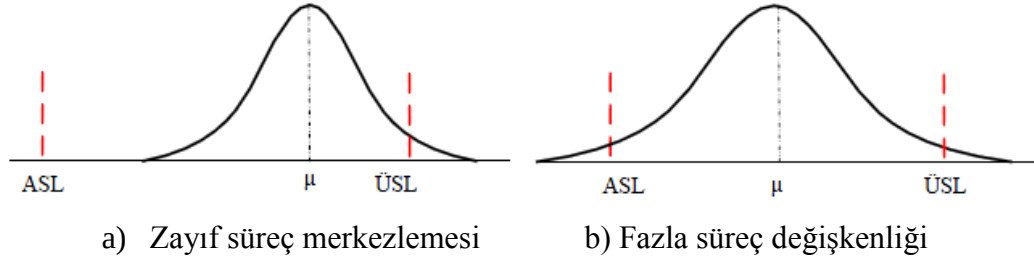
Histogram ve alternatif olarak dal-yaprak grafikleri süreç yeterlilik çalışmaları için kullanılabilir. Bu grafiklerden güvenilir sonuç elde edebilmek için 100 veya daha fazla veri toplanmalıdır.

Veri toplama aşamasında ise ana kütleyi yeterli düzeyde temsil edebilecek uygun makine veya makinelerin seçilmesi gerekir. Makine birden çok istasyona sahipse örneğin birçok kafadan dolum yapan bir dolum makinesi gibi, değişkenliği artırmamak için belirli istasyondan örneğin aynı kafadan doldurulan şişelerden numune alınmalıdır. Süreç yeterlilik oranlarının değişiminde devir, nem gibi süreç parametrelerinin etkisi önemli olacaktır. Bu nedenle bu parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Özellikle operatör inisiyatifinde olan süreçlerde operatörün değişkenliğe etkisinin büyük olacağından temsili bir operatör seçilmelidir. Süreç dikkatli bir şekilde gözlemlenmeli ve alınan veriler zamana göre kaydedilmelidir. Alınan örneklerden süreç ortalaması ($\bar{x}$) ve standart sapması (s) hesaplanır. Öncelikle verilen normal dağılıma uygunluğu kontrol edilir ve ardından örneklerin belirlenen kalite karakteristikleri $\mu \pm 3\sigma$ aralığında ise süreç kontrol altındadır yorumu yapılabilir.

Histogram kullanımının avantajı süreç performansını hızlı bir şekilde görsel olarak sunmasıdır.

Şekil 2.6' de histogram analizi sonucu elde edilmiş iki zayıf süreç için süreç yeterlilik analizi ve zayıf süreç yeterliliğinin sebepleri gösterilmiştir. Şekil 2.6 (a) hedef değeri kaymış olan ve zayıf bir merkezlenme değerine sahip olan bir süreç ve

Şekil 2.6 (b) süreç değişkenliğinin fazla olmasından kaynaklanan zayıf süreç yeterliliğini yansıtmaktadır.

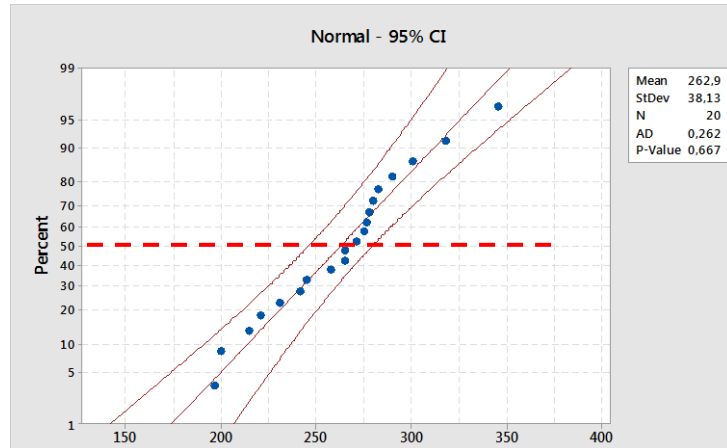


Şekil 2.6 : Histogram ile elde edilmiş süreç yeterlilik analizleri.

2.6.2 Olasılık grafiği kullanarak süreç yeterliliği analizi

Süreç dağılımının şekli, merkezi ve dağılımının belirlenmesinde histograma alternatif olarak kullanılmaktadır.

Olasılık grafiği, genel olarak kümülâtif dağılımı bir çizgi boyunca uzanan ve örneklerin kümülâtif frekanslarının yatay bir çizgide sıralanması ile elde edilmiş bir grafikdir. Minitab kullanarak bu grafiğin oluşturulması oldukça kolaydır. Kümülatif değerde %50 ye denk gelen değer sürecin ortalaması, örnek değerlerinin ortasında bulunan doğrunun eğimi ise standart sapmayı verir. Bu değerlere istinaden kontrol sınırları belirlenir. Ancak grafik subjektif yoruma açık olduğundan diğer istatistiksel yöntemlerle beraber kullanılması daha doğru olacaktır. Şekil 2.7’de görülebileceği gibi kırmızı çizgi ile belirtilen nokta dağılımın ortalamasını verir ve aşağıdaki grafikte yaklaşık 265’tir.



Şekil 2.7 : Olasılık grafiği.

2.6.3 Kontrol diyagramları kullanarak süreç yeterliliği analizi

Sürecin istatistiksel olarak kontrol altında olup olmadığını incelemeyen histogram, olasılık grafikleri ve süreç yeterlilik indeksleri sürecin potansiyel yeterliliğini göstermezler. Sürecin değişkenlikleri yok etmeyi ve sistematik örneklemeyi amaç edinen kontrol diyagramları süreç yeterlilik analizlerinde birincil tekniktir. Hem değişken nicelikler hem vasıflar için kullanılan diyagramlar bu amaçla kullanılabilir. Özellikle $\bar{x}$ ve R diyagramlarının kullanımı kısa ve uzun dönem süreç yeterliliği ile ilgili güçlü bilgi sağlar. $\bar{x}$ ve R grafikleri ile sürecin kontrol altında olduğu anlaşıldıktan sonra süreç ortalaması $\bar{x}$ ve standart sapması $\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$ olarak belirlenir. Proses yeterliliği oranı üst tolerans limiti (ÜTL) ve alt tolerans limiti (ATL) farkından yola çıkarak (2.25) ile hesaplanabilir.

$$(\bar{ÜTL} - \bar{ATL}) / 6\hat{\sigma} \quad (2.25)$$

Kontrol altında ancak çıktıları uygun olmayan süreçlerde yeterlilik uygun çıkmayacaktır. Bu durumda süreci kabul edilebilir yeterlilik düzeyine çıkarmak için mühendislik çalışmaları ile kök neden analizleri yapılmalıdır. Kontrol altında olmayan bir süreç içinse yeterlilik analizinden önce süreç kontrol altına alınmalıdır aksi halde sonuçlar yanıltıcı olacaktır.

Süreç çıktısının kabul edilebilirliği ise kalite karakteristiği için belirlenen tolerans değeri ile ilişkilidir. Karakteristik değerin alt ve üst tolerans değerlerinde dışında olma olasılığı ise R değerine bağlı hesaplanan $\hat{\sigma}$ değerinin kullanıldığı 2.26 ile belirlenir.

$$\begin{aligned} p &= P\{X < ATL\} + P\{X > \bar{ÜTL}\} \\ &= \phi((ATL - \bar{x})/\hat{\sigma}) + 1 - \phi((\bar{ÜTL} - \bar{x})/\hat{\sigma}) \end{aligned} \quad (2.26)$$

2.6.4 Deney tasarımları ile süreç yeterliliği analizi

Süreç çıktısının kalite karakteristiğinin değişkenliği üzerinde süreçte yer alan değişkenlerin etkilerinin analiz edilmesidir. Hangi süreç değişkeninin çıktı üzerinde nasıl bir etkisinin olduğunun ve hangi değerlerde süreç performansının optimuma

ulaştığının belirlenmesini sağlar. Deney tasarımının en yaygın kullanımı, süreç değişkenliğini ayırt etmek ve bu değişkenliğin kaynağını tahmin etmektir.

2.6.5 Vasıflar için süreç yeterliliği analizi

Hatalı ya da kusurlu olarak adlandırılan ve müşteri beklentilerini karşılamayan süreç çıktılarından yararlanılarak vasıflar için yeterlilik analizleri yapılabilmektedir. ppm olarak adlandırılan milyondaki hatalı sayısı en yaygın kullanılan değerlendirme kriteridir.

Bir süreç çıktısı üzerinde hataya sebep olabilecek birden çok özellik olması durumunda bir birimdeki hata sayısı hesaplanabilir. Uluslararası literatürde defect per unit (dpu) olarak adlandırılan birim başına hata göstergesi bir diğer yeterlilik indeksidir ancak bu hesaplama ürünlerin karmaşıklığını dikkate almadığından dpu yerine literatürdeki karşılığı ile Defect per Million Opportunity (DPMO) olan milyon fırsatta hata miktarı kullanılır. DPMO birbirine benzemeyen ürünleri karşılaştırma olanağı da sunar.

$$DPMO = \frac{\text{toplamhatasayı}}{\text{firsat} * \text{birim}} * 1000000 \quad (2.27)$$

2.7 Süreç Yeterlilik İndeksleri

Bir ürünün tüketicisinin kalite beklentisi aldığı ürünlerdeki kalite karakteristiklerinin belirlenen spesifikasyonlara uygun olmasıdır. Sürecin kalite beklentilerini karşılayıp karşılamamasının kontrol edilmesi, süreçlerin değişkenliğinin azaltılarak elde edilen kalite iyileştirilmelerinin ölçülebilmesi için süreçlerin spesifikasyonları sağlama oranının hesaplanması gerekir. Bu amaçla kullanılan en yaygın yöntem süreç yeterlilik indekslerinin hesaplanmasıdır. “Süreç yeterlilik indeksleri (SYI), sürecin veya çıktının spesifikasyonlarla ilgili olan davranışını özetleyen istatistiksel sayılardır”(Kaya,2010). Süreç yeterlilik indekslerinin hesaplamasında dikkat edilmesi gereken üç temel hususu vardır.

- Süreç istatistiksel olarak kontrol altında olmalıdır.
- Süreç çıktıları normal dağılıma uygun olmalıdır.
- Örnek genişliği yeterli olmalıdır.

İndeks değerleri, sürecin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için nasıl davranılabileceğini göstermektedirler. Süreç yeterliliği analizi yapılırken kullanılabilecek birçok yeterlilik indeksine literatürde yer verilmiştir ancak bu çalışma kapsamında sadece C_p , C_{pk} , C_{pm} ve C_{pmk} indeksleri üzerinde durulmuştur.

2.7.1 C_p Süreç yeterlilik indeksi

Süreç yeterlilik oranı ve potansiyel yeterlilik indeksi olarak da bilinen bu indeks süreç performansı ile kalite karakteristiği için belirlenen toleransların arasındaki ilişkiyi belirler. Toleransların alt ve üst limitleri arasındaki farka eşit olan izin verilen süreç genişliğinin gerçek süreç genişliğine oranıdır ve Denklem (2.28) ile hesaplanır. Ancak pratikte süreçlere ait standart sapma bilinmediğinden aralık grafiğinden elde edilen tahmini standart sapma değeri ($\hat{\sigma}$) kullanılır.

$$C_p = \frac{(\bar{UTL} - ATL)}{6\hat{\sigma}} \quad (2.28)$$

Sürecin tolerans bandını kullanım oranı ise P olarak ifade ve $\frac{1}{C_p} * 100$ ile elde edilir.

Eşitlik kalite karakteristiği için çift yönlü tolerans limitinin belirli olması durumu içindir ancak toleranslar tekyönlü olarak da belirlenebilir. Böyle durumlarda C_p (2.29a) ve (2.29b) yardımıyla hesaplanacaktır.

$$C_{pu} = \frac{(\bar{UTL} - \bar{x})}{3\hat{\sigma}} \quad (2.29a)$$

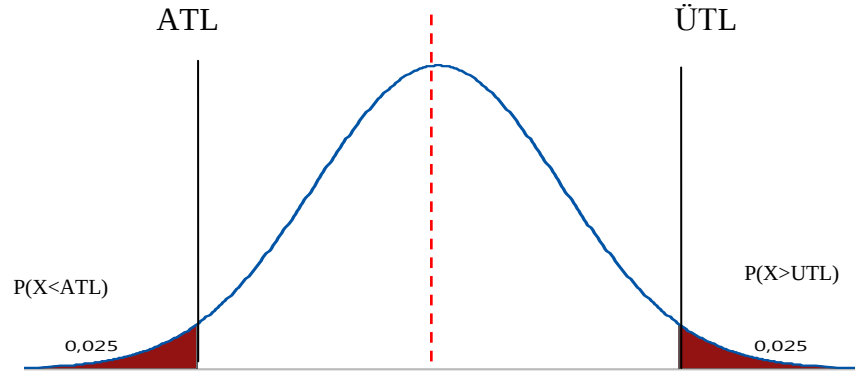
$$C_{pl} = \frac{(\bar{x} - ATL)}{3\hat{\sigma}} \quad (2.29b)$$

Hesaplanan C_p değerlerine ait kalite düzeyi yorumları ise Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4 : C_p değerine ait kalite düzeyi yorumları .

Kalite düzey yorumu	C_p değeri
Zayıf	$C_p < 0,67$
Yetersiz	$0,67 \leq C_p < 1$
Yeterli	$1 \leq C_p < 1,33$
Tatmin edici	$1,33 \leq C_p < 1,67$
Mükemmel	$1,67 \leq C_p < 2$
Süper mükemmel	$2 \leq C_p$

Daha önce verilen Denklem (2.26) ile hesaplanan sürecin kusurlu parça üretme olasılığı Şekil 2.8 ile gösterilmiştir.



Şekil 2.8 : Süreç çıktılarının kusurlu olma olasılıkları.

2.7.2 C_{pk} Süreç yeterlilik indeksi

Merkezleme ve ayarlama göstergesi olarak da bilinen ve bir sürecin çıktılarının, resimde belirtilen nominal değere göre mukayesesini gösteren yeterlilik indeksidir.

Bir kalite karakteristiğine ait tolerans genişliğinin süreç toleransı genişliğine oranı C_p 'dir ve ne kadar büyük olursa süreçten alınan herhangi bir parçanın tolerans limitleri dahilinde olması olasılığı o kadar artacaktır. Ancak eğer süreç ortalaması hedef değer diye tanımlanan tolerans limitlerinin orta noktasına yerleşmemişse, sürecin yeterlilik performansını ifade edebilmek için C_p indeksi ile beraber, C_{pk} olarak adlandırılan yeni bir indeks kullanılmalıdır. C_{pk} indeksi süreç ortalamasının toleransların alt ve üst sınırına göre mukayesedir. Küçük olan taraf daha riskli olduğundan C_{pk} değeri olarak seçilir ve Denklem (2.30) ile hesaplanır.

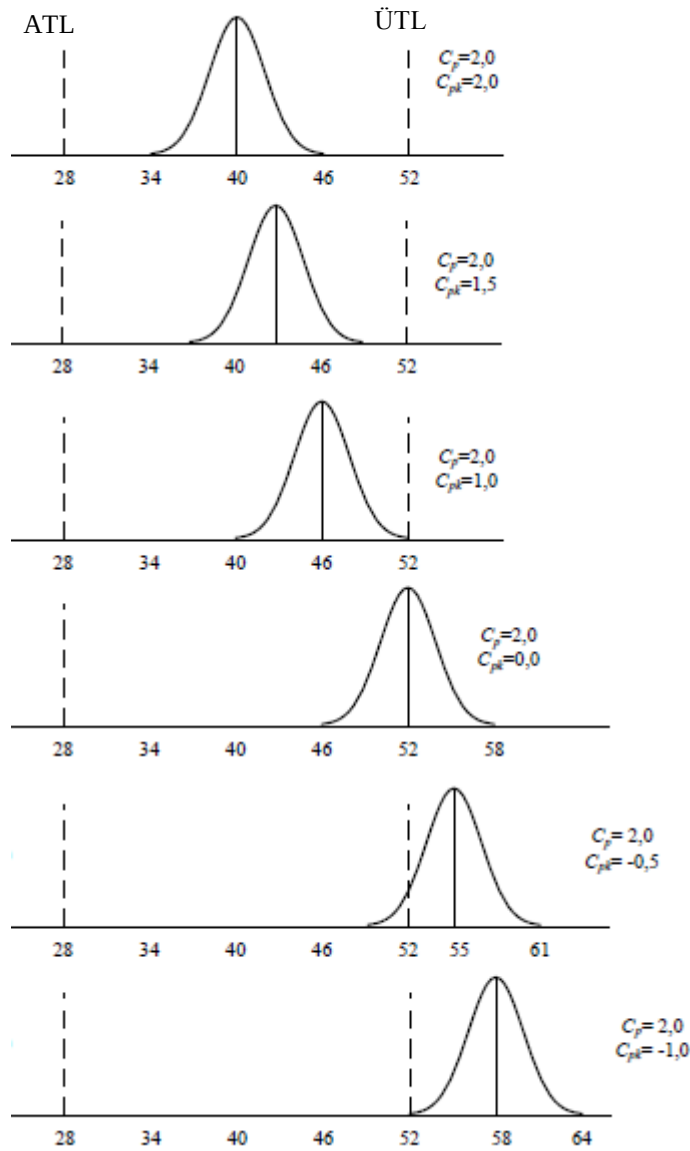
$$C_{pk} = \min \left\{ C_{pu} = \frac{UTL - \mu}{3\sigma}, C_{pl} = \frac{\mu - ATL}{3\sigma} \right\} \quad (2.30)$$

C_{pk} değerinin alabileceği maksimum değer C_p değeridir ve C_p ile C_{pk} değerlerine göre süreçler için şu yorumlar yapılabilir.

- $C_p = C_{pk}$ ise süreç ortalamasının tolerans limitlerinin orta noktasında yani hedef değerde merkezlenmiş olduğu anlaşılır.
- $C_{pk} < C_p$ ise süreç ortalamasının merkezlenmediğini göstermektedir.

- $C_{pk} \leq -1$ ise sürecin tümü tolerans limitlerinin dışındadır.
- $-1 < C_{pk} < 0$ ise sürecin ortalaması tolerans limitlerinin dışındadır.

C_p değerinin sabit tutulduğu 6 farklı sürecin C_p ve C_{pk} indekslerine bağlı olarak durumu Şekil 2.9’de gösterilmiştir.



Şekil 2.9 : C_p ve C_{pk} indekslerine bağlı olarak sürecin durumu.

2.7.3 C_{pm} ve C_{pmk} Süreç yeterlilik indeksi

C_p sürecin sahip olduğu yayılım, C_{pk} ise süreç ortalamasının yerleşimi hakkında bilgi vererek değişkenliğin azaltılması ve toleranslara uygun çıktı elde edilebilmesi

için iyileştirme çalışmalarına yön verir. Süreç çıktılarının hedef değeri (T) ve aynı zamanda müşterilerinde beklentileri olan T değerinden sapmaların süreç çıktıları üzerindeki meydana getirdiği kayıpların dikkate alınabilmesi için ise Taguchi indeksi olarak adlandırılan C_{pm} süreç yeterlilik indeksi geliştirilmiştir.

C_{pm} indeksi, σ değeri ve süreç yayılımı çok büyük olan süreçlerde sürecin merkezlenme ölçüsü olarak da kullanılabilmektedir. C_{pm} indeksi Denklem (2.31) ile hesaplanabilir.

$$C_{pm} = \frac{\bar{U}TL - ATL}{6\sqrt{(\mu - T)^2 + \sigma^2}} \quad (2.31)$$

Süreç değişkenliği ve süreç ortalamasının hedef değerden sapması arttığında C_p , C_{pk} ve C_{pm} indekslerinin avantajlarını bir arada bulunduran C_{pmk} indeksinden yararlanılır. Diğer indekslere göre oldukça duyarlıdır.

3. KABUL ÖRNEKLEMESİ

Herhangi bir sürecin çıktısı olan bir partinin kabul ve ya reddine, belirli büyüklükteki örneklem üzerinden partinin eğilimine göre karar vermek için gerçekleştirilen muayeneye kabul örnekleme denir. Bir başka deyişle kabul örnekleme partiyi temsil edecek büyüklükte alınan örneklerin belirli bir riskle kabul veya reddini sağlayan muayene ve ya ölçme işlemleridir.

Bu bölümde sıklıkla kullanılacak olan kavramlardan ilki aynı koşullara sahip olduğu varsayılan, kabul şartlarına uygunluğunun denetlenmesi için tamamının ya da içinden belirli bir miktarda alınan numunenin kontrolünü gerektiren topluluk olarak tanımlanan partidir. Parti büyüklüğü ise partiyi oluşturan mamullerin adedidir.

Hammadde kabulü, süreç içerisindeki adımlar arası ve bitmiş ürünlerde sevkiyat öncesi final kontrol gibi birçok çeşitli adımda kabul örneklemesinden yararlanılmaktadır. Ancak kabul örneklemesinde amaç parti için ret ya da kabul kararının verilmesidir parti kalitesinin tahmini için tasarlanmamıştır. Kalitenin kontrol altında tutulması ve sistematik olarak iyileştirilmesi süreç kontrolü ile ilgilidir, kabul örnekleme ile doğrudan ilişkisi yoktur. Aynı kalite seviyesinde bir parti için uygulanan iki farklı kabul örnekleminin sonucu birbirinden farklı çıkabilir ancak kabul örnekleme yine de süreç çıktıları için bir denetleme aracıdır.

Tedarik edilen bir partinin üretim sürecine alınması için karar verme aşamasında üç farklı yaklaşım vardır. Bunlar muayene etmeksizin kabul etmek, %100 kontrol ve kabul örneklemesidir. Tedarikçinin süreç yeterlilik indeksinin 3 ve ya daha fazla olması durumunda hatalı malzeme ile karşılaşma ihtimali çok düşük olduğundan kontrol maliyeti oluşmaması için parti direk sürece alınır. Süreçte hata ile karşılaşılması durumunda kabul edilemez boyutta hatalara sebep olacak kritik parçalar için ya da tedarikçi sürecinin tedarik edilen parçadaki hatayı yakalayabilecek yeterliliğe sahip olmaması durumunda %100 kontrol uygulanır.

Uygulanan testin darbeli olması, %100 kontrol maliyetinin yüksek olması ve bunun için yeterince süre olmaması, tedarikçi sürecinin yeterli güvenilirlik düzeyinde olmaması ve ya %100 kontrolde olan ancak geçmiş giriş kalite kontrol sonuçlarında başarıya ulaşmış tedarikçilerin giriş kalite kontrollerinin gevşetilmek istenilmesi durumlarında kabul örneklemesine başvurulur. %100 muayenenin verimliliğinin ise kontrol eden kişinin iş yükünün fazla olması, yorgun olması ve stres altında olması gibi sebeplerden %80 civarında olduğu tahmin edilir. Tüm ürünler muayene edilse dahi hiçbir muayene ürünler için güvence vermez.

Kabul örneklemesinin %100 muayeneye göre avantajları aşağıda belirtilmiştir.

- Daha az maliyetlidir.
- Daha az elleçleme dolayısıyla daha az hasar riski taşır.
- Darbeli testler uygulanabilir.
- Daha az operatör ile kontrol işlemi gerçekleştirilebilir ve kontroller esnasında yapılabilecek hata olasılığı daha küçüktür.

İyi partinin ret, kötü partinin ise kabul edilme riski kabul örneklemesinde mevcuttur ve kalite kontrol planlaması için daha çok dokümantasyon gerektirmesi ise bu yöntemin dezavantajlarıdır.

Etkili bir kabul örnekleme yapılabilmesi için partilerin elleçlemeye müsait parçalardan oluşması, üretildiği makine, hammadde ve operatör gibi faktörlerin değişkenliğe etkisine azaltmak için homojen olması gerekmektedir.

Partiden alınacak örneklerin tarafsız bir şekilde seçilmesi kabul örneklemesinin güvenilirliğini artıracaktır. Bunu sağlamak için ürünler üzerinde parça numarası yazıyor ise bu kodlar dâhilinde rastsal sayılar üretilip o parçalar kontrol için seçilebilir. Kontrolcünün partiyi katmanlara ayırması ve rastsal olarak belirlendiği üç farklı sayıya göre en, boy ve yükseklik olarak konumunu belirlediği parçayı seçmesi ise daha sık tercih edilen bir diğer yöntemdir. Bu bölüm dâhilinde öncelikle geçer-geçmez olarak değerlendirilecek olan vasıflar için ardından sayısal olarak ölçeklendirilen değişken nicelikler için kabul örneklem planları detaylandırılmıştır.

3.1 Plan Eğrisi (Çalışma Karakteristiği)

Uluslararası literatürde Operating Curve (OC) olarak yer alan, plan eğrisi partilerin değişik kalite seviyelerinde kabul ihtimalini, başka bir bağlamda kabul örneklemesinin gücünü ve yeterliliğini gösteren eğridir.

Plan eğrisi fonksiyonu, ana kütle (parti) kusurlu oranlarının bir fonksiyonudur. P partinin kabul ihtimalini veren bağımlı değişken iken p bağımsız değişken olarak parti kusurlu oranını göstermektedir.

Parti büyüklüğünün sonsuza giden büyük bir sayı olan N olduğu varsayımı ile alınan n birimlik örnek içerisindeki hatalı parça sayısı d, n ve p parametreleri ile binom dağılıma sahip olacaktır. Böyle bir partinin kabul edilme olasılığı (P_a) yani çıkan hatalı sayısının c'den küçük olma olasılığı Denklem (3.1) ile hesaplanır.

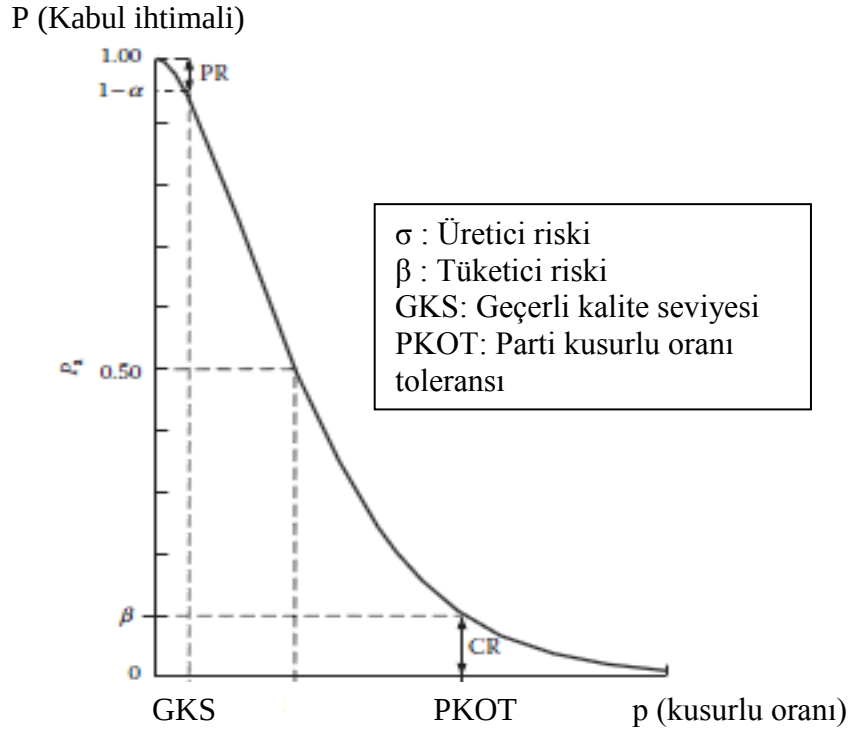
$$P_a = P\{d \leq c\} = \sum_{d=0}^c \frac{n!}{d!(n-d)!} p^d (1-p)^{n-d} \quad (3.1)$$

Plan eğrileri bu eşitliğin farklı p değerleri ile hesaplanması elde edilen değerler ile çizilir.

Kabul örneklemesinde iyi bir partinin reddedilmesi ve aksi kötü bir partinin kabul edilmesi riskleri her zaman vardır. İyi bir parti malın örneklem sonucunda reddedilmesi riskine üretici riski denir ve α ile gösterilir. Kötü bir partinin kabul edilmesi riski ise tüketici riskidir ve β ile gösterilir.

Kusurlu oranı p_1 'den küçük olan partilere iyi parti malı denir. Ancak kusurlu oranı p_1 'den büyük olan partilerinde kötü olduğu söylenemez. Üretici ve tüketici kötü parti malı için bir p_2 kusurlu oranı üzerinde anlaşılır. Bu durumda; p_1 ile p_2 arasında olan mallara ara parti malları denir. Bir plan eğrisi ve belirtilen noktalar Şekil 3.1'de sunulmuştur.

Bu durumda, p_1 kusurlu oranına geçerli kalite seviyesi (GKS) ya da kabul edilebilir nitelik düzeyi (KND), p_2 kusurlu oranına parti kusurlu oranı toleransı (PKOT) adı verilir.



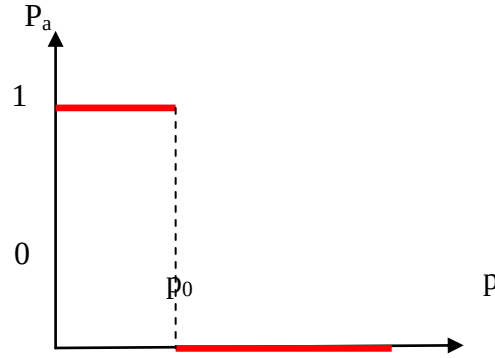
Şekil 3.1: Plan eğrisi ve kritik noktalar.

1-α kabul olasılığında gelen bir partideki kusurlu oranı kabul edilebilir nitelik düzeyidir. Bir başka deyişle muayene edilen bir partide saptanmış kusurluların tüketici tarafından kabul edilebilecek en büyük yüzde değeridir. Bir tüketici örneklem planını kabul edilebilir nitelik seviyesini referans alarak oluşturur. KND örneklem planının değil, tedarikçi sürecinin bir özelliğidir. Plan eğrisinin KND noktasında kabul olasılığı yüksektir. Ancak bu nokta tedariki için hedef kalite seviye değeri kesinlikle değildir sadece partilerin değerlendirilebilmesi için kullanılır. Tedarikçilerin KND seviyesinden daha iyi seviyede üretim yapması istenir.

Parti kusurlu oranı toleransı, β kabul olasılığına sahip partideki kusurlu oranıdır. Tüketicinin kabul etmeye gönüllü olabileceği en zayıf kalite seviyesidir. PKOT örneklem planının bir özelliği değildir, tüketici tarafından belirlenen kalite seviyesidir. Öner ve Karaman (2004) örnekleme planı tasarımını ise α v β olasılıklarını sağlayan KND ve PKOT noktalarından geçen, n ve c sayılarının bulunması olarak tanımlamışlardır.

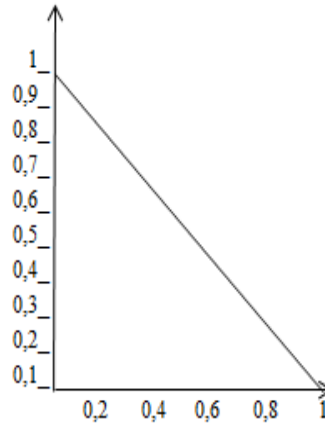
Üretici ve tüketici risklerinin sıfır olduğu plan eğrisine ideal plan eğrisi denir. Partide belirlenen p₀ oranından daha fazla kusurlu birim varken tüketicinin bu partiyi kabul etme olasılığı 0, aksi durumda hatalı oranı p₀'dan küçük iken kabul etme olasılığı 1

olması durumu ideal durumdur ve plan eğrisi Şekil 3.2’de gösterildiği gibi olacaktır. Ancak pratikte bu durumun böyle olması neredeyse imkânsızdır.



Şekil 3.2 : İdeal plan eğrisi.

Örneklem büyüklüğünün 1 ve c değerinin ise 0 olduğu muayenelerde parti kusurlu oranı ve partinin kabul olasılığı birbirinin tamamlayıcısı olacaktır ve plan eğrisi $P_a=1-p$ eşitliği ile Şekil 3.3’te gösterildiği gibi olacaktır.



Şekil 3.3 : $P_a=1-p$ eşitliğine ait grafik.

Plan eğrileri ile ilgili önemli bir diğer husus ise eğimi büyük olan plan eğrisinin ayırt ediciliğinin de büyük olmasıdır.

Örneklem boyutu ve c değeri sabit tutulduğunda parti boyutunun plan eğrisi üzerindeki etkisi oldukça küçüktür. Çizelge 3.1 farklı parti boyutlarının hipergeometrik dağılım ile kabul olasılıklarını göstermektedir.

Çizelge 3.1: $n=10$, $c=1$ için farklı boyutlarda partilerin kabul olasılıkları.

%	N=20	N=60	N=100	N= ∞
5	1	0,931	0,923	0,914
10	0,763	0,741	0,738	0,736
25	0,152	0,219	0,229	0,244
30	0,070	0,126	0,136	0,149
40	0,01	0,033	0,039	0,046

Ancak örneklem boyutunun da parti boyutuyla orantılı bir şekilde artırılması durumunda boyutu büyük olan partinin kabul edilme olasılığı artacaktır. Çizelge 3.2 farklı büyüklükteki partilerin aynı örneklem oranı ve c değeri ile kabul edilme olasılıklarını içermektedir. Bu nedenle tedarikçiler müşterileri belirli bir oran ile muayene yapıyor ise ürünlerini büyük partiler halinde sevk etmeyi tercih ederler.

Çizelge 3.2 : Parti boyutu ile orantılı örnek durumunda kabul olasılıkları.

%	N=20	n= 10	c=0	N =40	n = 20	c = 0	N=100	n =50	c=0
5		0,5			0,244			0,028	
10		0,237			0,053			0,01	
15		0,105			0,01			-	
20		0,043			0,002			-	

Plan eğrileri üzerinde etkisi olan bir diğer parametre ise kabul edilebilir hata sayısıdır. Çizelge 3.3 farklı c değerleri için hesaplan kabul olasılıklarını göstermektedir. Kabul edilebilir hata sayısının artırılmasının eğri eğimi üzerinde etkisi yoktur ancak c değeri küçültüldükçe plan eğrisi sola kayar.

Çizelge 3.3 : Farklı c değerleri için kabul olasılıkları ($N=20$, $n=10$).

%	c= 0	c = 1	c = 2
5	0,5	1	1
20	0,043	0,291	0,709
35	0,002	0,029	0,175

Plan eğrileri A ve B tipi olmak üzere kabul olasılıklarının dağılım fonksiyonuna göre çeşitlilik gösterir. A tipindeki örnekleme planlarında, sonlu yığından yapılacak kabul örneklemede partilerin kabul olasılıkları kümülatif hipergeometrik dağılım fonksiyonu ile hesaplanır. B tipindeki plan eğrileri ise ardıl olarak gelen ve sonsuz yığından yapılacak örneklem planlarında kabul olasılıkları kümülatif binom dağılım fonksiyonu ile belirlenir.

3.2 Vasıflar İçin Örneklem Planları

3.2.1 Tekli (tek katlı) örneklem planı

N birimlik bir partiden alınan n birimlik örneklemde karşılaşılan hata sayısının (d), daha önceden belirlenen partinin kabulü için örnekte bulunması gereken en büyük kusurlu sayısı c ile karşılaştırılması sonucu partinin ret ve ya kabulüne karar verildiği örneklem planıdır. Bir parça üzerinde birden çok kontrol edilmesi gereken vasıf var ise tek bir spesifikasyonun dahi beklentileri karşılamaması durumunda parça kusurlu olarak ayrılır.

Örneklem kontroller esnasında yakalanan hatalı parçaların sayısı belirlenen c sayısından küçük ya da eşit ise parti kabul edilir. Aksi durumda ise yani kusurlu sayısı belirlenen adetten büyük ise parti reddedilir.

1. durum: $d \leq c$ ise parti kabul
2. durum: $d > c$ ise parti ret olarak özetlenebilir.

3.2.1.1 Plan eğrisi ile tekli örneklem planı tasarımı

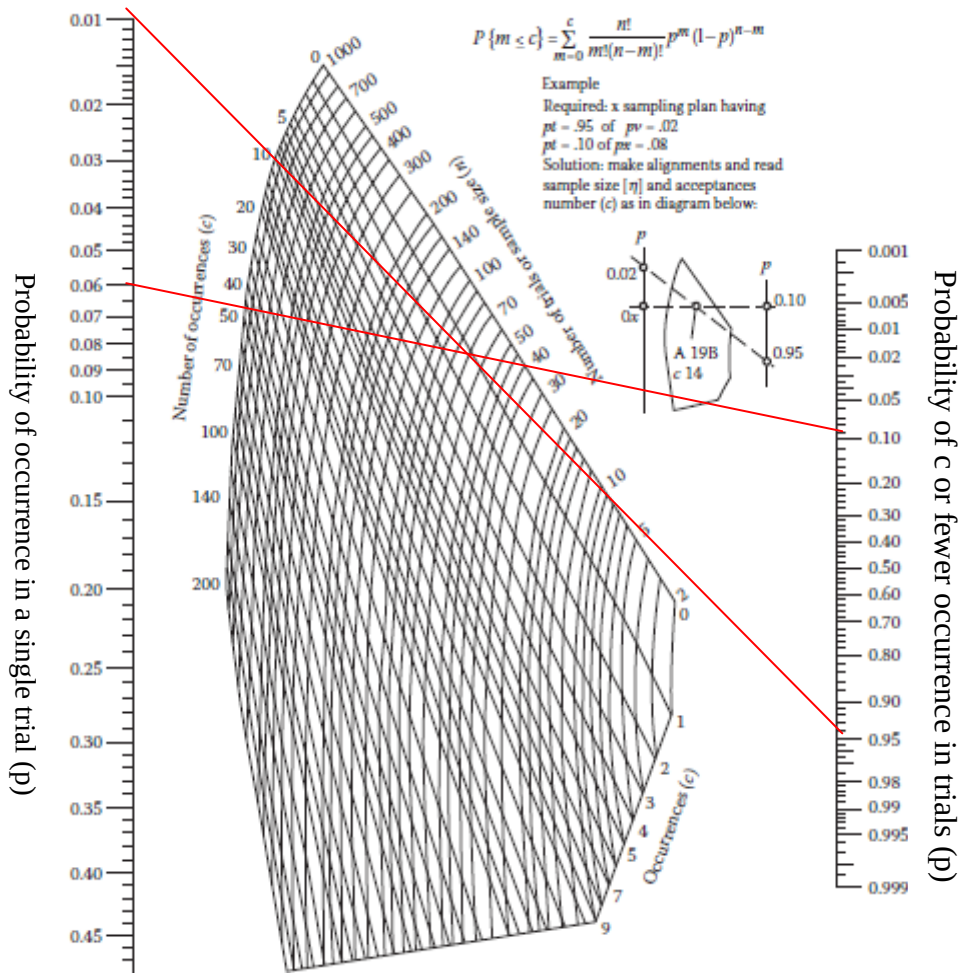
p_1 oranında kusurlu parçaya sahip bir partinin kabul olasılığının $1-\alpha$; kusurlu oranının p_2 olduğunda ise kabul olasılığının β olduğu varsayımı ile örneklem boyutu n, kabul edilebilir kusurlu sayısı c iken binom dağılıma sahip plan eğrisi üzerinde bulunan iki noktadan Denklem (3.2a) ve (3.2b) elde edilir.

$$1-\alpha = \sum_{d=0}^c \frac{n!}{d!(n-d)!} p_1^d (1-p_1)^{n-d} \quad (3.2a)$$

$$\beta = \sum_{d=0}^c \frac{n!}{d!(n-d)!} p_2^d (1-p_2)^{n-d} \quad (3.2b)$$

Örneklem planının belirlenmesi için eğri üzerindeki herhangi iki kusurlu oranı seçilebilir ancak çoğu endüstrilerde p_1 için kabul edilebilir nitelik düzeyi p_2 için parti kusurlu oranı toleransı referans alınır.

Bu eşitlikler doğrusal olmadığından basit ve direk bir çözümü yoktur ancak Şekil3.4'te gösterilen nomograf ile bu eşitlikler çözülebilir.



Şekil 3.4 : Binom dağılım için nomograf (Acceptance Sampling in Quality Control, 2009, p. 74.).

Nomograflar birikimli binom dağılım temel alınarak oluşturulmuştur. Nomografte, kabul edilebilir kusurlu sayıları tam doğrusal olmayan çizgiler olarak yerleştirilmiştir. Örnek hacimlerini veren doğrusal olmayan çizgiler, köşegenler boyunca ters yönde yer almaktadır. p_1 ile $1-\alpha$ 'yı, β ile p_2 'yi birleştiren çizgilerin kesişim noktası örneklem boyutu ve kabul edilebilir kusurlu sayısını verir.

Örneğin p_1 : 0,01 α : 0,05; β :0,10 ve p_2 : 0,06 için örneklem planı oluşturulacağında nomografte kesişim noktası örneklem büyüklüğünde 89, kabul edilebilir kusurlu sayısında ise 2'yi seçmemiz gerektiğini işaret eder.

3.2.1.2 Poisson dağılımı ile örneklem planının tasarımı

Binom dağılımı yerine yeterli yaklaşıklıkta bir sonuç için poisson dağılımı kullanılır. İki nokta tasarımı da denilen poisson dağılımı ile bir örneklem planı tasarımında PKOT/KND oranından yararlanılır.

KND=0,02, PKOT=0,09, $\alpha=0,05$ ve $\beta=0,10$ olması durumunda tekil örneklem planı tasarımı için öncelikle İşletim oranı R hesaplanır ve kümülatif poisson dağılımı ile oluşturulan tablodan yararlanılır. Cameron tablolarından elde edilen Çizelge 3.4'te 4,5'a en yakın c değerleri 3 ve 4 olduğundan iki durum için dört farklı plan oluşturulur.

$$R = \frac{PKOT}{KND} = \frac{np_{0,10}}{np_{0,95}} = \frac{0,09}{0,02} = 4,5$$

Çizelge 3.4 : İki nokta tasarımı için örneklem planı tablosu (Öner ve Karaman,2004).

c	$\lambda_{0.95} = np_{0.95}$	$\lambda_{0.10} = np_{0.10}$	$np_{0.10} / np_{0.95}$
0	0.0513	2.3026	44.8850
1	0.3554	3.8897	10.9446
2	0.8177	5.3223	6.5089
3	1.3663	6.6808	4.8897
4	1.9701	7.9936	4.0575
5	2.6130	9.2747	3.5494
6	3.2853	10.5321	3.2058
7	3.9808	11.7709	2.9569
8	4.6952	12.9947	2.7677
9	5.4254	14.2060	2.6184
10	6.1690	15.4066	2.4974
11	6.9242	16.5981	2.3971
12	7.6896	17.7816	2.3124
13	8.4639	18.9580	2.2399
14	9.2463	20.1280	2.1769
15	10.0360	21.2924	2.1216

1. Plan : c=3, $\alpha=0.05$ için n ve β hesabı

n: 68 ; β : 0,140813

2. Plan : c=3, $\beta=0.10$ için n ve α hesabı

n: 74 ; α : 0,063157

3. Plan: c=4, $\alpha=0.05$ için n ve β hesabı

n: 99 ; β : 0,058077

4. Plan : $c=4$, $\beta=0.10$ için n ve α hesabı

n: 89 ; α : 0,034978

Yapılan hesaplamalar sonucunda birinci ve ikinci planın β ve α değerlerini sağlamadığı görülmüştür. Tüketici için hangi kriterin daha önemli olduğuna göre plan 3 ya da 4 tercih edilebilir. Daha az örnek hacminin hedeflenmesi durumunda plan 4 seçilmelidir.

Thorndyke diyagramı ve hipergeometrik tablolar aracılığı ile de tekli örneklem planları hazırlamak mümkündür ancak bu çalışma kapsamında yer verilmemiştir.

3.2.1.3 Ortalama çıktı kalitesi ve parti başına ortalama muayene

OÇK parti kalitesinin birden fazla olması durumunda belirli bir örnekleme planı ile kabul edilen partilerin kalite düzeylerine ek olarak reddedilen partilerin %100 muayeneden geçirilmesi sonucunda hatalı parçaların tamamen ayıklandığı yani kusursuz partinin de alınması sonucunda elde edilen parti kalite düzeyinin ağırlıklı kalite ortalamasıdır. Bir başka deyişle reddedilen partiler ayıklanıp, kusurlular atıldıktan sonra bütün partilerdeki ortalama kusurlu yüzdesidir. Gelen parti kalitesi düşük olsa dahi ortalama çıktı kalitesi iyi olacaktır. Çünkü reddedilen partiler %100 kontrol edilip kusursuz bir şekilde alınacağından bu oran ne kadar yüksek olursa muayene istasyonundan çıkan partilerin kalitesi o kadar yüksek olacaktır.

$$OÇK = P_a p(N-n) / N \quad (3.4)$$

Parti büyüklüğü N, örneklem büyüklüğüne göre oldukça büyükse $OÇK \approx P_a p$ olarak hesaplanabilir. Parti başına ortalama toplam muayene (OTM) ise $n + (1 - P_a)(N - n)$ olacaktır.

3.2.2 Vasıflar için çift katlı örneklem planı

Bir partinin ret ya da kabulü için gerekli olması durumunda ikinci kez örneklem kontrol yapılmasına izin veren plandır. Aşağıda belirtilen dört parametre ile tanımlanır.

n_1 : birinci örneklem büyüklüğü

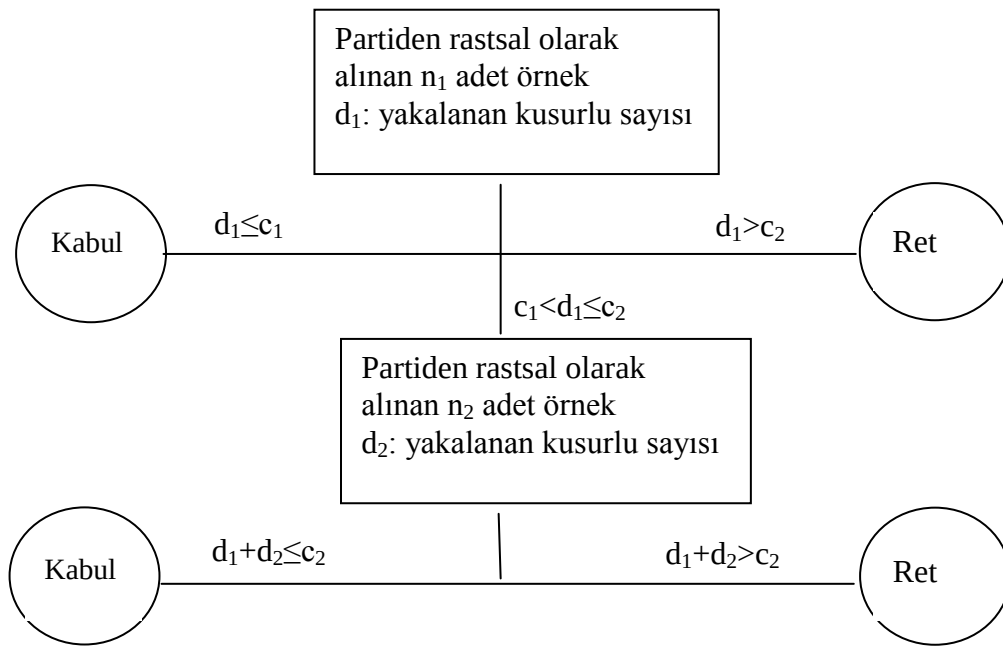
c_1 : birinci örneklemde kabul edilebilir kusurlu sayısı

n_2 : ikinci örneklem büyüklüğü

c_2 : ikinci örneklem için kabul edilebilir kusurlu sayısı

İlk alınan örneklem içerisinde karşılaşılan hatalı sayısı d_1 , c_1 'den küçük ya da eşit ise parti ikinci kez örneklem yapılmaksızın kabul edilir. d_1 , c_2 'den büyükse yine ikinci örneklem yapılmadan parti direk reddedilir. Ancak $c_1 < d_1 \leq c_2$ ise, n_2 adet tekrar örnek alınır ve oradan elde edilecek d_2 parti için karar verilmesinde etkili olur. Eğer $d_1 + d_2 \leq c_2$ ise parti kabul $d_1 + d_2 > c_2$ ise ret kararı verilir.

Çift katlı kabul örneklemesinin daha kolay anlaşılması ve uygulanması için Şekil 3.5'te belirtilen akış kullanılabilir.



Şekil 3.5 : Çift katlı kabul örneklemesi için akış diyagramı.

Çift katlı örnekleme planlarında örneklem boyutları tekli planlara göre daha küçüktür dolayısıyla eğer parti için örneklemin ilk aşamasında karar verilebilirse daha az sayıda ürün muayene edileceğinden ekonomik olarak daha avantajlı olacaktır.

Parti için ikinci şans tanınıyor olması da üretici tarafında psikolojik avantaj sağlar. Ancak istatistiksel olarak çift katlı planın tekli plana göre gerçek bir üstünlüğü yoktur. İkisi de aynı plan eğrisine sahip olduğundan partinin belirli bir kalite seviyesinde kabul ya da reddi için aynı riski taşırlar.

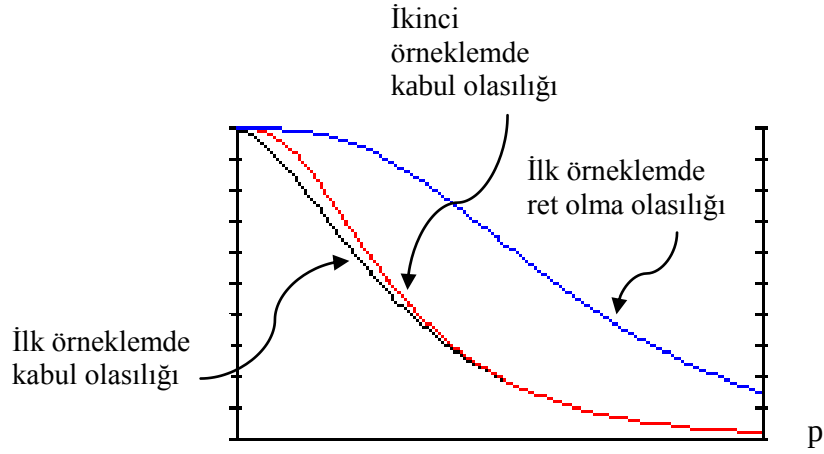
Çift katlı kabul örneklem planının hazırlamanın iki potansiyel dezavantajı vardır. Örneklemenin ikinci aşamaya geçmesi durumunda toplamda daha fazla parça muayene edileceğinden daha fazla elleçleme ve stok alanı gerektirir böylece ekonomik avantajı kaybolabilir. Ayrıca bu kabul planının oluşturulması ve yönetilmesi daha çok dokümantasyon gerektirir dolayısıyla daha karmaşıktır. Çift katlı örneklem planlarının oluşturulmasında Schilling and Johnson tarafından 1980 yılında askeri standartlar temel alınarak oluşturulan tablodan yararlanılır.

Tekli örneklem planlarında detaylı olarak anlatılan α , β , p_1 ve p_2 değerleri belirlendikten sonra işlem oranı yine aynı şekilde hesaplanır. EkA'da Çizelge A.1 ile verilen tablodan R'ye karşılık gelen ya da R'den çok az küçük olan değer bulunur.

Tabloda verilen np_2 değerinde p_2 yerine konularak n kolaylıkla hesaplanır. n_2 ise n_1 ile aynı değeri alır. Kabul edilebilir hata ve ret sayıları da yine tabloda mevcuttur. Tablodaki S,D ve M harfleri sırası ile tekli, çift katlı ve çoklu örneklem planlarını ifade etmektedir.

3.2.2.1 Çift katlı kabul örneklemesi için plan eğrisi

Çift katlı kabul planlarının performanslarını plan eğrilerinin ortalaması olarak özetlemek uygun olabilir. Bu bölümde ele alınan, Şekil3.6'da gösterilen, plan eğrileri B tipi plan eğrileridir ve çift katlı planların eğrileri tekli örneklemelere göre daha fazla detay içerir. Birincil plan eğrisi sürecin veya partinin kalite fonksiyonuna göre partinin kabul edilme olasılığını verir. Tamamlayıcı plan eğrisi ise parti için birinci örneklemde karar verilebilme olasılığını gösterir.



Şekil 3.6: Çift katlı kabul örnekleme için plan eğrisi.

Çift katlı kabul örneklemede partinin kabul olasılığı birinci örnekleme kabul edilme olasılığı ile ikinci örnekleme kabul edilme olasılıkları toplamına eşittir.

$$P_a = P_a^1 + P_a^2 \quad (3.4)$$

P_a^1 d_1 'in c_1 'den küçük ya da eşit olma olasılığını gösterirken, $c_1 < d_1 < c_2$ olma olasılığı P_a^2 ile gösterilmektedir. Farklı p değerlerinin kabul olasılığı eşitliklerinde yerine onulması ile çift katlı kabul örnekleme için plan eğrisi elde edilir.

Ortalama çıktı kalitesi ise (3.5) ile hesaplanır.

$$P[P_a^1 (N-n_1) + P_a^2 (N-n_1-n_2)] / N \quad (3.5)$$

Tekli örnekleme alınacak olan örneklem sayısı sabit iken çift katlı örnekleme ikinci örneklemin alınıp alınmaması gerekliliğine göre değişkenlik göstermektedir. İkinci örneklemin gerekliliği ise gelen partideki kusurlu oranına bağlıdır.

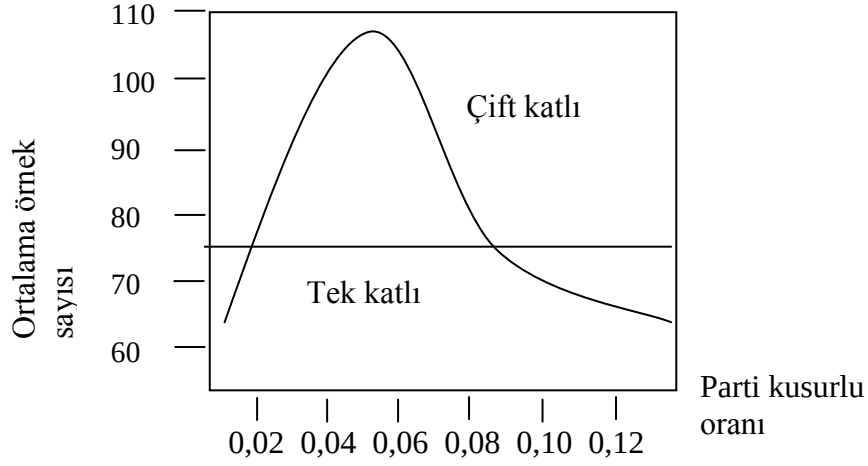
Çift katlı bir örneklem planında, uluslararası literatürde Average Sampling Number (ASN) olarak yer alan, ortalama örnek sayısı (3.6) ile hesaplanır.

$$\text{Ortalama örnek sayısı} = n_1 P_1 + (n_1 + n_2) P_2 \quad (3.6)$$

$$P_1 = P(d_1 \leq c_1) + P(d_1 > c_2)$$

Partideki farklı kusurlu oranları için eşitliğin çözülmesi ile ortalama örnek sayısı eğrisi çizilir.

Şekil 3.7’de gösterildiği gibi tekli planlar için bu sayı sabit iken çift katlı planlarda değişkenlik göstermektedir.



Şekil 3.7 : Ortalama örnek sayısı eğrisi.

Parti başına ortalama toplam muayene (OTM) ise (3.7) ile hesaplanır.

$$n_1 P_a^1 + (1-P_a)N + (n_1+n_2) P_a^2 \quad (3.7)$$

3.2.3 Vasıflar için çok katlı ve ardışık örneklem planı

Parti hakkında kabul veya ret kararı, her bir adım için belirlenen kabul edilebilir hata sayısı ve ret sayısı ile örneklemden çıkan hatalı sayılarının karşılaştırılması ile verilir.

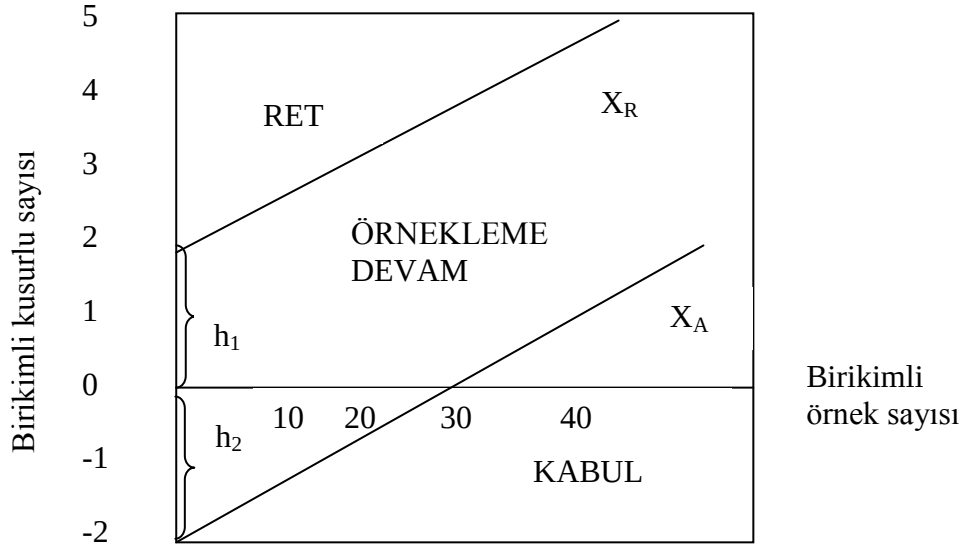
Her bir adımda örneklem sayısı birikimli olarak artar ve her bir adımda çıkan hatalı sayısı kabul edilebilir hatalı sayısından küçük ya da eşit ise parti kabul edilir, ret sayısından büyük ya da eşit olması durumunda ise reddedilir.

Çok katlı örnekleme planlarının oluşturulması ve yönetilmesi diğer planlara göre daha karmaşıktır ancak her adımda alınan örneklem sayısı yine önceki planlara göre daha küçük olduğundan ilk adımlarda parti hakkında karar verilmesi durumunda çok katlı örneklem planları ekonomik avantaj sağlayabilir.

Ardışık örneklem planında ise birbiri ardına seçilen örneklerin kümülatif hacimleri ile kusurlu parça limitlerinin birikimli değerleri göz önüne alınarak karar bölgelerini gösteren Şekil3.8’deki diyagram elde edilir.

X ekseninde birikimli örneklem sayısının, y ekseninde bulunan kusurlu parça sayısının gösterildiği diyagram üzerindeki kabul ve ret sınırları sırası ile X_A X_R olup,

belirlenen $p_1, 1-\alpha, p_2$ ve β değerlerine bağlı olarak aşağıdaki eşitlikler doğrultusunda hesaplanır.



Şekil 3.8 : Ardışık örneklem planı diyagramı.

$$X_A = -h_1 + sn \quad (3.8)$$

$$X_R = h_2 + sn \quad (3.9)$$

$$h_1 = \log\left(\frac{1-\alpha}{\beta}\right) / k \quad (3.10)$$

$$h_2 = \log\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right) / k \quad (3.11)$$

$$k = \log\left(\frac{p_2(1-p_1)}{p_1(1-p_2)}\right) \quad (3.12)$$

$$s = \log[(1-p_1)/(1-p_2)] / k \quad (3.13)$$

Farklı n değerleri için kabul ve ret sınırları belirlendikten sonra ardışık kabul örnekleme yapılr. Yerine konulan n değeri sonucunda tam sayı elde edilmemesi durumunda ise kabul edilebilir sayısı önceki tamsayıya ret sayısı ise sonraki tam sayıya yuvarlanır.

3.2.4 Askeri standart (MIL STD 105E / ISO 2856 / TS-2756)

II. Dünya savaşı esnasında geliştirilen MIL STD 105E günümüzde en yaygın olarak kullanılan kabul örnekleme sistemi olmuştur. İlk kez 1950lerde MIL STD 105A olarak çıkarılan standart dört kez revizyona uğramıştır ve 1989 itibariyle örnekleme şemalarının koleksiyonu şeklinde dolayısıyla kabul örnekleme sistemi olarak MIL STD 105E kullanılmaya başlanmıştır.

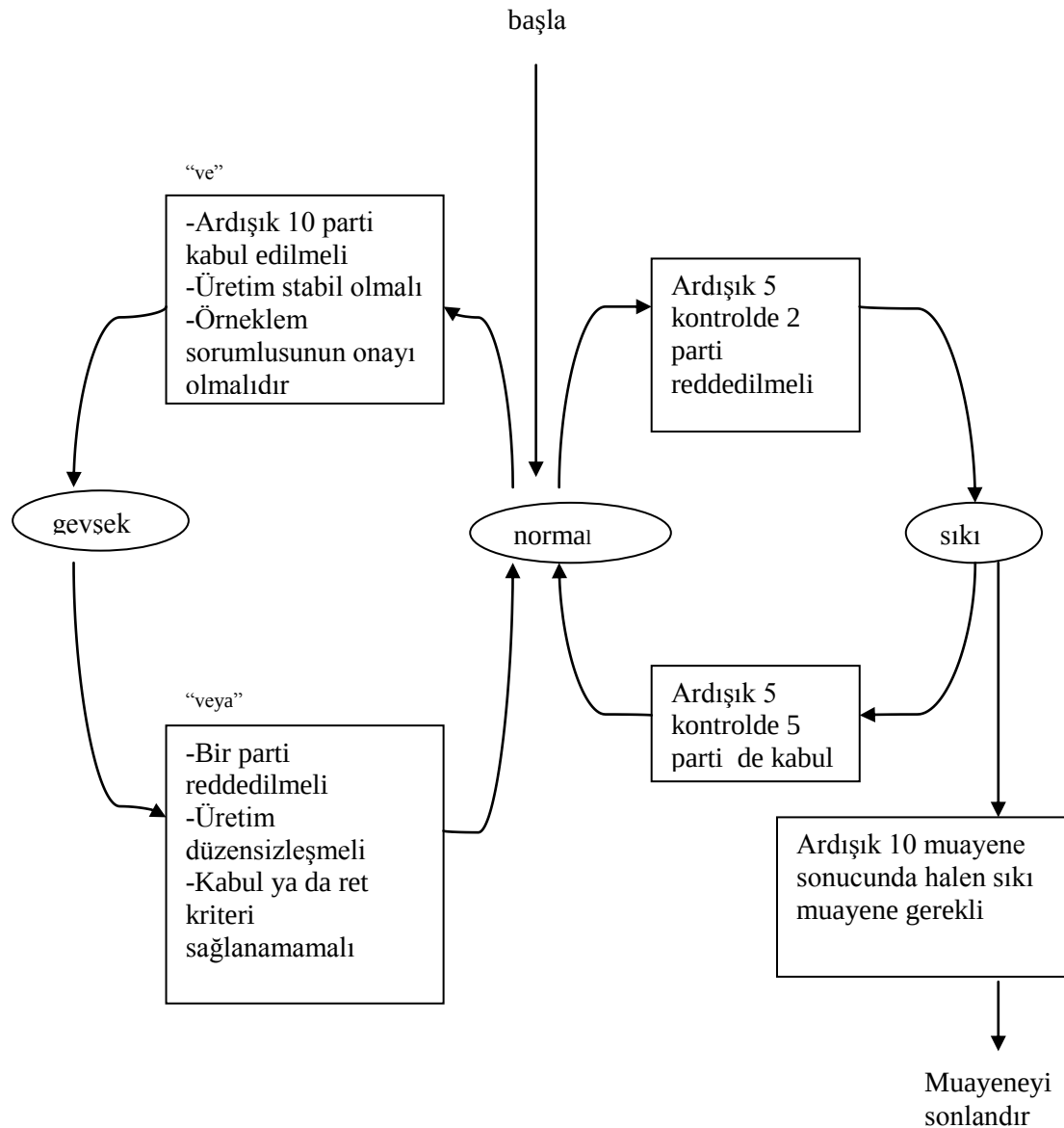
Standart tek katlı, çift katlı ve çoklu örnekleme için farklı şemalar sağlamaktadır. Her bir örnekleme tipinde ise gevşek, normal ve sıkı olmak üzere genel muayene düzeylerine göre ayrı karşılık tabloları mevcuttur. Standartın oluşturulmasında alıcı tarafından belirlenen kabul edilebilir nitelik düzeyi temel kriterdir. Partideki kusurlu oranı için KND % 0,1'den %10'a kadar değişkenlik gösterir. Parça başına düşen hatalı sayısı göz önüne alındığında ise KND 100 birimde 1000 hataya kadar artırılır. Çok küçük KND düzeylerinde kusurlu oranı ve birim başına hata sayısı için aynı örnekleme planı kullanılabilir.

Standartta örnekleme büyüklüğü, parti boyutu ve muayene seviyesine göre belirlenir. Sıkı, gevşek ve normal olarak değişen üç farklı genel muayene seviyesi ve çok düşük örnekleme boyutlarında ya da büyük risklere tolerans olduğunda kullanılan S1-S2-S3-S4 özel muayene seviyeleri olmak üzere 7 ayrı seviye vardır.

Örnekleme muayenelerinin başlangıcında normal muayene düzeyi yani seviye 2 kullanılır. Tedarikçinin kalitesinde kötüye gidiş var ise ve daha ayırıcı bir muayene yapılmak isteniyorsa sıkı muayene düzeyi yani seviye 3 tercih edilir. Sıkı muayene normal muayenenin iki katı örnek kontrolü gerektirir. Parçada olabilecek hata insan sağlığına etki edecek kadar önemli ise mutlaka sıkı muayene kullanılmalıdır. Gevşek muayene yani seviye 1 ise normal muayenenin yarısı kadar örnek gerektirir.

Tekli, ikili ve çoklu örnekleme planları için farklı tablolar içerir. Her bir örnekleme planında kullanılması gereken kod harfi tablosu ve KND ve ret-kabul sayılarını içeren iki farklı tablo vardır.

Standart, tedarikçi kalite seviyesindeki değişikliğe göre normal, sıkı ve gevşek düzeyler arasında geçiş kurallarını içeren Şekil 3.9'da gösterilen akış diyagramı da sunar.



Şekil 3.9: Muayene seviyeleri arasındaki geçiş kuralları.

Normalden sıkıya geçiş: Ardı ardına yapılan 5 veya daha az kabul örneklemsinin sonucunda iki partinin ret edilmesi durumunda,

Sıkıdan normale geçiş: Ardışık 5 kabul örneklemesinin partinin kabulü ile sonuçlanması durumunda,

Normalden gevşeye geçiş: Aşağıdaki dört koşulun da sağlanması ile yapılabilir.

- Son on muayenede hiçbir parti reddedilmemiş olmalıdır.
- Önceki on muayenede elde edilen hatalı parçaların toplam sayısı standartta verilen kabul edilebilir hatalı sayısından küçük ya da eşit olmalıdır.

- Üretim istikrarlı olmalıdır, herhangi bir makine arızası ya da malzeme yetersizliği gibi zorlukla karşılaşılmalıdır.
- Örneklemeden sorumlu kalite mühendisinin düşüncesi muayenenin gevşetilmesi yönünde olmalıdır.

Gevşekten normale geçiş: Aşağıdaki dört koşuldan birinin olması durumunda geçiş gereklidir.

- Bir parti ya da lot reddedilmiştir.
- Kabul ya da ret kriterinin sağlanamaması durumunda kabul örnekleme, parti kabul edilerek sonlandırılır ancak bir sonraki partide kabul örnekleme normal seviyesinde yeniden başlatılır.
- Üretim düzensizleşmiş ya da ertelenmiştir.

Muayenenin sonlandırılması: Ardışık on muayenenin ardından koşullar halen sıkı muayeneyi gerektiriyorsa tedarikçi tarafında kalite iyileştirmesi için aksiyonlar belirlenmelidir. Muayenede MIL STD 105E uygulaması sonlandırılmalıdır.

3.2.4.1 Askeri standardın uygulama süreci

MIL STD 105E kullanımında takip edilecek adımlar şu şekildedir;

1. Kabul edilebilir nitelik düzeyi belirlenmelidir.
2. Muayene seviyesi seçilmelidir.
3. Parti büyüklüğü belirlenmelidir.
4. Parti büyüklüğü ve muayene seviyesinin kesişim yerindeki harf kodu Çizelge 3.5 ile belirlenmelidir.
5. Kullanılacak örneklem planı tekli, çift katlı ve çoklu arasından seçilmelidir.
6. Tekli muayenelerde Çizelge 3.6 da verilen tablolardan muayene tipine göre örneklem boyutu, kabul edilebilir kusurlu sayısı ve ret gerektiren kusurlu

sayısı belirlenerek örneklem planı oluşturulur. Çizelge 3.6 'da KND 100'de sonlandırılmıştır ancak standart 1000'e kadar içermektedir.

7. Çift katlı ve ardışık muayeneler için de standart örneklem boyutu ve kabul-ret sayılarını içeren tablolar içermektedir (Schilling ve Neubauer,2009).
8. Geçiş kuralları göz önüne alınarak gerekli durumlarda örneklem planı sıkı, gevşek ve normal için revize edilir.

Çizelge 3.5 : Muayene seviyelerine göre harf kodları.

Parti boyutu	Özel muayene seviyesi				Genel muayene seviyesi		
	S1	S2	S3	S4	I	II	III
2-8	A	A	A	A	A	A	B
9-15	A	A	A	A	A	B	C
16-25	A	A	B	B	B	C	D
26-50	A	B	B	C	C	D	E
51-90	B	B	C	C	C	E	F
91-150	B	B	C	D	D	F	G
151-280	B	C	D	E	E	G	H
281-500	B	C	D	E	F	H	J
501-1200	C	C	E	F	G	J	K
1201-3200	C	D	E	G	H	K	L
3201-10000	C	D	F	G	J	L	M
10001-35000	C	D	F	H	K	M	N
35001-150000	D	E	G	J	L	N	P
150001-500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001-	D	E	H	K	N	Q	R

Örneğin tek örnekli bir planda 1250 birimden oluşan bir parti için normal seviyede tekli kabul örnekleme yapılmak istendiğinde öncelikle Çizelge 3.5'ten muayene seviyesi ile parti aralığı kesiştirilerek K harfi belirlenir. Çizelge 3.6a'dan normal muayane için olan tabloda kabul edilebilir nitelik seviyesi %1 olarak belirlendiğinde, partiden alınması gereken örnek sayısı 125, kabul 3, ret 4 olur. Bu durumda alınan örnekler içerisinde kusurlu sayısı kabul sayısına küçük ya da eşit ise parti kabule edilir. Kusurlu sayısı ret sayısından büyük ise parti reddedilir.

Çift katlı bir örnekleme ise tablo aynı örneklem boyutu fakat farklı kabul ret sayıları sağlar. 20000 adetlik bir partide %0,65 kabul edilebilir nitelik düzeyi ile kabul örnekleme yapılmak istendiğinde tablodan n_1 ve n_2 için 200 adet numune alınması

gerektiği bulunur. C_1 C_2 değeri ise sırasıyla 5,9 ve 12,13 olur yine tablodan okunur. Yani ilk alınan 200 birimlik örneklerde karşılaşılan kusurlu sayısı 5'e eşit ya da küçük ise parti ikinci örneklem yapılmaksızın kabul edilir. 9'dan ise büyükse yine aynı şekilde reddedilir. Kusurlu sayısı 5'ten büyük ancak 9'a eşit ya da küçük ise ikinci kez 200 birim örnek alınır. Bu örneklemde karşılaşılan kusurlu sayısı ile ilk örneklemde karşılaşılan kusurlu parçaların toplamı 12'ye eşit ya da küçük ise parti kabul; 13'den büyük ise parti rettir.

Standarttaki tablolarda her harfe karşılık gelen kabul ve ret sayıları yoktur. Eğer rakam yerine okla karşılaşılsa, ok istikametinde ilerlenerek okun ucundaki ilk kabul ret rakamı kullanılacaktır. Ancak bu durumda numune büyüklüğü için kabul, ret rakamlarının okunduğu satır hizasındaki numune büyüklüğü sayısı kullanılmalıdır.

Normalden sıkıya geçişte örneklem boyutu aynı kalırken kabul edilebilir hatalı sayısında düşüş olur. Normal örneklemde 1,2 ya da 3 olan değerler sıkı muayenede 1'e; 5,7,10 ya da 14 olan değerler 2'ye; 21 olan kabul edilebilir hata sayısı ise 3'e indirgenir. Askeri standartlar; kabul edilebilir nitelik düzeyine yöneliktir ve kontrol planlarının ayırıcı gücü muayene seviyesinin seçimine bağlıdır.

Askeri standartlarda örneklem büyüklükleri sabittir ve harflere karşılık gelen büyüklükler arasında çok büyük fark vardır. Örneklem büyüklüğü parti boyutu ile orantılı olarak artmaktadır. Ancak örnek büyüklüğünün parti büyüklüğüne oranı belirgin bir şekilde azalmaktadır. Bu nedenle bu yöntem büyük partilerin kontrolünde ekonomik avantaj sağlamaktadır.

Çizelge 3.6 :Askeri standartlarda kabul örneklem planı için kullanılan değerler .

Çizelge 3.6a : Tekli örneklem planı (Normal muayene).

Harf kodu		Örneklem boyutu		Kabul edilebilir nitelik düzeyi																																							
				,01		,025		,04		,065		0,10		0,15		0,25		0,4		0,65		1,0		1,5		2,5		4,0		6,5		10		15		25		40		65		100	
		k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r		
A	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6		
B	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8		
C	5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11		
D	8	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15		
E	13	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22		
F	20	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	21	22		
G	32	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	21	22	21	22		
H	50	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	21	22	21	22	21	22		
J	80	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22		
K	125	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22		
L	200	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22		
M	315	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22		
N	500	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22		
P	800	0	1	0	1	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22		
Q	1250	0	1	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22		
R	2000	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22	21	22		

Kusurlu sayısı $\leq k$;Parti kabul
Kusurlu sayısı $\geq r$; Parti ret

Örneklem boyutu

Çizelge 3.6b : Tekli örneklem planı (Sıkı muayene).

Kabul edilebilir nitelik düzeyi

		,01		,025		,04		,065		0,10		0,15		0,25		0,4		0,65		1,0		1,5		2,5		4,0		6,5		10		15		25		40		65		100	
		k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r
A	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	1	2	1	2	2	3	3	4
B	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6
C	5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9
D	8	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9	12	13
E	13	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9	12	13	18	19
F	20	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9	12	13	18	19	18	19
G	32	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9	12	13	18	19	18	19	18	19
H	50	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9	12	13	18	19	18	19	18	19	18	19
J	80	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9	12	13	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19
K	125	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9	12	13	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19
L	200	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9	12	13	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19
M	315	0	1	0	1	0	1	1	2	0	1	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9	12	13	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19
N	500	0	1	0	1	0	1	1	2	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9	12	11	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19
P	800	0	1	0	1	1	2	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9	12	13	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19
Q	1250	0	1	0	1	1	2	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9	12	13	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19
R	2000	0	1	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	8	9	12	13	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19
S	3150			1	2															18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19	18	19

Kusurlu sayısı $\leq k$; Parti kabul

Kusurlu sayısı $\geq r$; Parti ret

Çizelge 3.6c : Tekli örneklem planı (Gevşek muayene).

Örneklem boyutu		Kabul edilebilir nitelik düzeyi																																							
		,01		,025		,04		,065		0,10		0,15		0,25		0,4		0,65		1,0		1,5		2,5		4,0		6,5		10		15		25		40		65		100	
		k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r	k	r
A	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	1	2	2	3	3	4	5	6
B	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	1	3	3	4	3	5	5	6		
C	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8		
D	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10
E	5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13
F	8	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	10	13
G	13	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	10	13	10	13
H	20	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	10	13	10	13	10	13
J	32	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13
K	50	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13
L	80	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13
M	125	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13
N	200	0	1	0	1	0	2	0	2	0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13
P	315	0	1	0	1	0	2	0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13
Q	500	0	1	0	2	1	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13
R	800	0	1	0	2	1	3	1	4	2	5	3	6	5	8	7	10	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13	10	13

Kusurlu sayısı $\leq k$;Parti kabul

Kusurlu sayısı $\geq r$; Parti ret

$k < \text{kusurlu sayısı} < r$; Parti kabul ancak normal muayeneye geçilmeli

3.2.5. Dodge-Romig örneklem planı

H.F Dodge ve H.G Romig tarafından ölçülemeyen özelliklerin kabul örneklemeğinde kullanılmak üzere 1920 yılında geliştirilmiştir. Bir partide alıcının kabul edebileceği en düşük kalite düzeyi olan parti kusurlu oranı toleransı ve kabul edilebilir nitelik düzeyine yöneliktir.

Bir üretim sisteminde tüm parçaların çok küçük değerlerde KND temel alınarak üretime alınması durumunda bitmiş ürünün sağlam olabilmesi olasılığı oldukça düşüktür. Örneğin elektronik kart gibi üzerinde yaklaşık 100 farklı eleman bulunan karışık bir paçanın üretiminde her bir elemanın kabul edilebilir nitelik seviyesinin %0,5 olduğu varsayımı ile kartın fonksiyonel olarak sağlam bir şekilde çalışma olasılığı 0,6058 olacaktır.

$$P(\text{sağlam}) = (0,995)^{100} = 0,6058$$

Parti kusurlu oranı toleransını korumaya yönelik bir örneklem planına olan ihtiyaç duyulduğu yukarıdaki örnek ile vurgulanmıştır. Dodge-Romig örneklem sistemi reddedilen partilerin düzeltme işleminden geçirilmesi ile bu partilerin kusursuz hale getirilmesi, kabul edilenlerin ise doğrudan kullanımı esasına dayandığından imalat ve son montaj safhasındaki kontrollerde kullanılır. Parti kalitesinin korunması ve ortalama kalitenin korunması esasına göre oluşturulur.

Ortalama kalitenin korunması, muayeneden sonra çıkan partinin ortalama kusurlu yüzdesinin çeşitli değerleri için hazırlanmış sistemdir. % 0,1- 0,25 - 0,5- 0,75 - 1- 1,5-2 - 2,5 - 3 - 4 - 5- 7 ve 10 ortalama son nitelik oranları için 13 farklı tablo bu örneklem sisteminde sunulur. Parti kalitesinin korunması için hazırlanan örneklem sistemi ise parti için kabul edilebilecek kusurlu yüzdesinin çeşitli değerleri ve bu değerlere eşit kusurlu yüzdesine sahip partilerin kabul olasılıklarının birlikte düşünülerek kurulmuştur. Parti kusurlu oranı toleransının %0,5-1-2- 3- 4- 5-7 ve 10 olduğu 8 farklı tabloda bu sistem de mevcuttur.

Her iki sistem için de tekli ve çift katlı örneklem planlarına göre hazırlanmış 42 tane Dodge-Romig örnekleme tablosu vardır. Dodge-Romig örnekleme tablolarının bağlı olduğu bir başka değer süreç ortalamasıdır. Süreç ortalaması, parti kusurlu yüzdelерinin ortalama değeridir. Her tabloda 6 farklı süreç ortalaması değeri

kullanılmıştır. Tablolarda süreç ortalama değeri arttıkça yani sağa doğru ilerledikçe örneklem büyüklüğü de artmaktadır. Muayeneye başlarken partinin süreç ortalaması bilinmiyorsa, güvenilir tarafta olabilmek için kullanılan çizelgelerin en sağ kolonundaki değerler kullanılır.

Bu örneklem sistemi gevşek ve sıkı muayene gibi ayrımlar yapmaz. Ancak minimum maliyetle gerçekleştirilebilecek örneklem planlarını seçme olanağı veren çizelgelerden oluşur.

3.3 Değişkenler İçin Kabul Örneklemesi

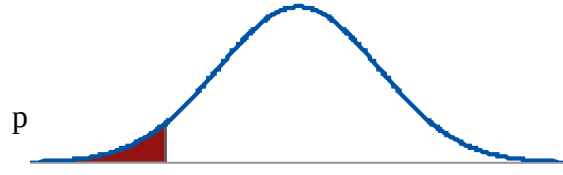
Değişkenler için oluşturulan örneklem planlamasının ilk ve en önemli avantajı aynı çalışma eğrisinin oluşturulmasında vasıflar için oluşturulandan daha az örneğe ihtiyaç duymasıdır. Daha az örnek sayısı ise ekonomik açıdan da bu yöntemi üstün kılmaktadır. Değişkenlerin ölçüm sonuçları üretim süreci ve parti hakkında daha fazla bilgi sağlar. Bu bilgiler vasıflar için kullanılan kusurlu kusursuz sınıflandırmasına göre daha yararlıdır. Kabul edilebilir nitelik düzeyinin çok küçük olması durumu vasıflar için örneklem boyutunun oldukça büyük olmasını gerektirdiğinden, parçadaki hata sayısı gibi birimler kullanarak değişkenler için kabul planına kaymak kabul örneklemesinde kolaylık sağlayacaktır.

Kalite karakteristiğinin normal dağılıma sahip olduğu varsayımı ile oluşturulan planların aksi durumda ciddi problemlere sebep olabilmesi ise değişkenler için kabul örneklemesinin en kritik dezavantajıdır. Ayrıca bu sistem bir parça üzerinde bulunan farklı kalite karakteristiklerinin hepsi için ayrı plan oluşturmayı gerektirir.

Değişkenler için kabul örneklemesinde iki farklı süreç vardır. Bunlardan birincisi süreçteki veya partideki kusurlu parça oranını kontrol ederken, diğeri süreç ya da partinin ortalama ve standart sapma gibi parametrelerini kontrol eder. Bir değişken olan kalite karakteristiğinin kabul edilebilirliğini belirleyecek olan alt ve üst tolerans limitleri vardır. Şekil 3.10 normal dağılıma ait ve alt tolerans limiti belirli olan bir kalite karakteristiğini göstermektedir. Parti ortalaması ve standart sapmasının bir fonksiyonu olan p ise parti içerisindeki hatalı oranını göstermektedir.

Standart sapmanın belli olduğu durumlarda gelen parti hakkında karar verebilmek için yani p değerinin kabul edilebilir değerden küçük olup olmadığını

belirleyebilmek için kalite karakteristiğinin ortalama değerini elde edebilecek örnekleme yapabilmek hedeflenir.



Şekil 3.10 : Normal dağılıma sahip karakteristik ve hatalı oranı.

Değişkenler için kabul örneklemede hesaplamalar aynı sonucu veren iki farklı şekilde yapılabilir.

Süreç1: Parti içerisinde n adet rastlantısal örnek alınır ve Z_{ATL} , örneklerdeki kalite karakteristiği ortalamasının alt tolerans limitine olan σ biriminde uzaklığı Denklem 3.14 ile hesaplanır.

$$Z_{ATL} = \frac{\bar{X} - ATL}{\sigma} \quad (3.14)$$

Z_{ATL} 'nin büyük olması ortalamanın alt toleranstan uzak olması yani parti içerisindeki hatalı oranın küçük olması anlamına gelir. p 'nin aşmamasını gerektirdiği kritik bir değeri var ise bu değer bu değer kritik uzaklık olarak k 'ye çevrilebilir. $Z_{ATL} \geq k$ ise parti ortalaması alt tolerans limitinden istenilen kadar uzak anlamına gelir ve parti kabul edilir. $Z_{ATL} < k$ ise parti kusurlu oranı istenilenden büyüktür ve örnek ortalaması alt toleransa çok yakındır yorumları yapılarak parti reddedilir.

Süreç2: Parti içerisinde n adet rastlantısal örnek alınır ve eşitlik 3.14 ile Z_{ATL} bulunur ve bu değer standart normal dağılım eğrisinde Z_{ATL} 'nin altında kalan alanı yani partideki hatalı oranını bulmak için kullanılır. Tahmini p değeri ($\hat{p}$) belirlenen M değerinden büyük ise parti ret aksi halde ise kabuldür. $\hat{p}$ değeri ise $Z_{ATL} \sqrt{n/(n-1)}$ ile kolaylıkla hesaplanabilir.

Kalite karakteristiğinde tek yönlü tolerans limiti belirlenmiş ise iki süreçte kullanılabilir ancak çift yönlü tolerans var ise M metodu yani süreç iki kullanılmalıdır.

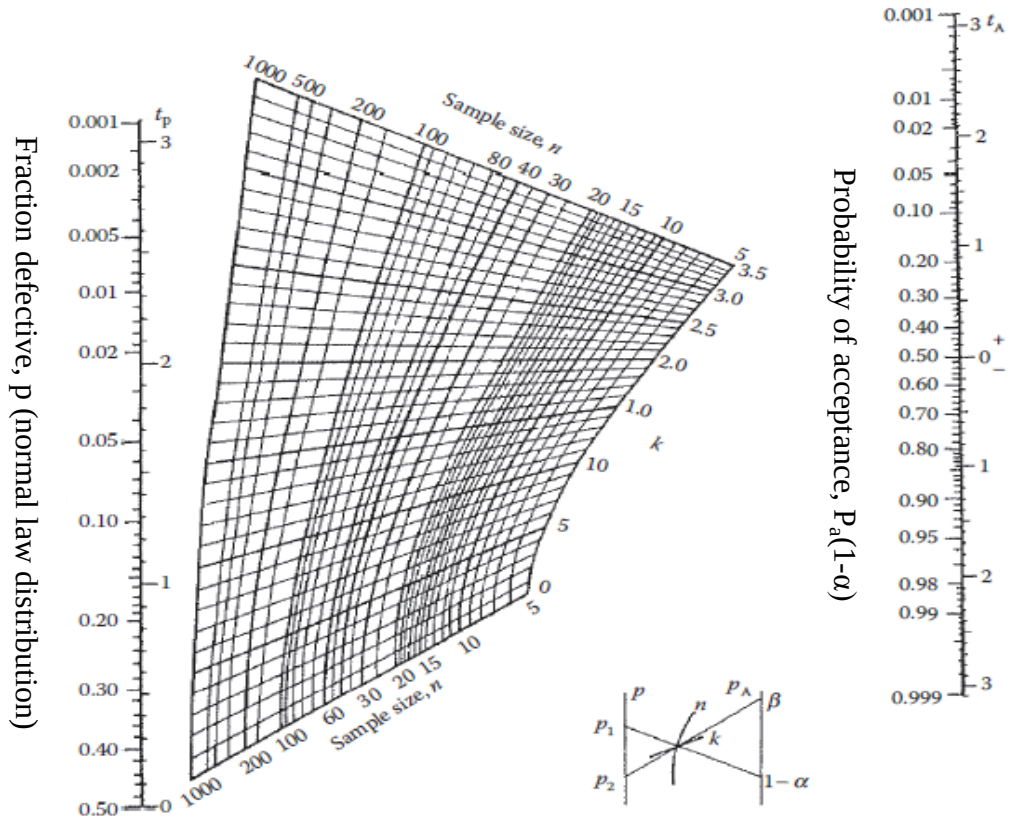
Sadece üst tolerans limiti belirli ise (3.14) yerine Denklem 3.15 kullanılır.

$$Z_{UTL} = \frac{UTL - \bar{X}}{\sigma} \quad (3.15)$$

Standart sapmanın belirli olmaması durumunda σ yerine s (tahmini standart sapma) değeri kullanılır.

3.3.1 Plan eğrisi ile örneklem planı tasarımı

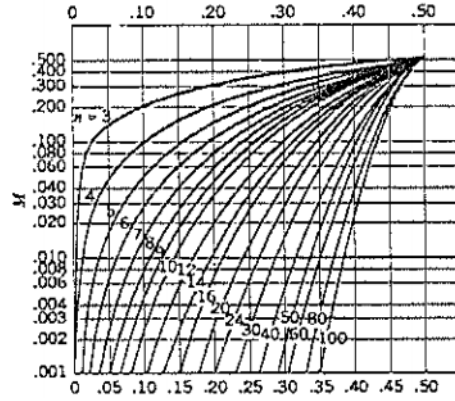
Süreç 1 yani k metodu tanımlı plan eğrisine sahip olduğundan değişkenler için plan eğrisi hazırlamak bu yöntem ile oldukça kolaydır. $(p_1, 1-\alpha)$ ve (p_2, β) karakteristik eğrisi üzerinde sırasıyla parti içerisindeki hatalı oranlarını, kabul ve ret olasılıklarını gösteren noktalar olduğunda Şekil 3.11’ de yer alan nomograf ile k değeri ve örneklem boyutu; hem standart sapması bilinen hem de bilinmeyen partiler için belirlenir. Standart sapmanın bilinmemesi durumu bilinene göre daha fazla örnek kontrolü gerektirir. Fakat her iki durum için de belirlenen k değeri aynı olacaktır.



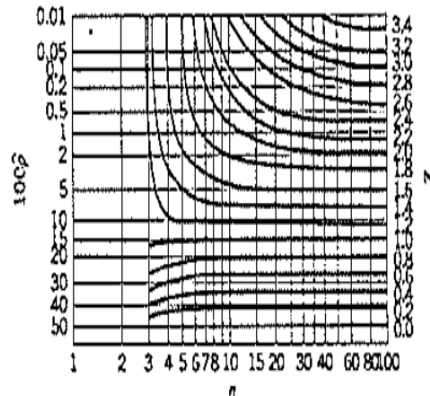
Şekil 3.11: Değişkenler için örneklem planı tasarımı nomograf (Acceptance Sampling in Quality Control, 2009, p. 226).

Nomograf yardımı ile belirlenen örneklem adedi üzerinden Z_{ATL} hesaplanır ve bu değer yine nomograftan elde edilen k değerinden büyük ise parti kabul edilir. Aksi halde parti reddedilir.

Hesaplamaları süreç2 ile yaparak nomograftan örneklem planı oluşturmak da mümkündür. Bu durum sadece ilave bir adım daha gerektirir. Nomograftan belirlenen n ve k değerleri kullanılarak elde edilen $x = \frac{1 - k\sqrt{n}/(n-1)}{2}$ değerine karşılık gelen maksimum hata oranı olan M değeri Şekil 3.12’de verilen grafikten bulunur ve tahmini kusurlu oranı ile karşılaştırılarak parti değerlendirilir. Tahmini kusurlu oranı ise Şekil3.13’deki örnekleme boyutu ve Z değeri yardımıyla kolayca bulunur. M tahmini kusurlu oranından büyükse parti kabul aksi halde rettir.



Şekil 3.12 : İzin verilen Maksimum hatalı oranının bulunması için diyagram (Montgomery, 2009, p.675).



Şekil 3.13 : Z değerinden tahmini hatalı oranının bulunması için diyagram (Montgomery, 2009, p.675).

3.3.2 Askeri standart 414 (ANSI/ASQC Z1.9)

%0,04 ile %15 arasında değişen kabul edilebilir nitelik seviyesine odaklanan bu standart 1957 yılında ortaya çıkarılmıştır. Muayene için beş farklı seviye belirlenmiştir. Normal muayene seviye 4 olarak tasarlanmıştır. Seviye 5'in plan eğrisi, seviye4'e göre daha diktir yani ayırt ediciliği daha fazladır. Muayene maliyetlerinin düşürülmesi talep edildiğinde ya da daha büyük risklerin tolere edilebilmesi durumunda daha küçük muayene seviyeleri kullanılabilir. Değişkenler için kullanılan askeri standartlara benzer şekilde örneklem boyutlarının belirlenmesinde harf kodlardan yararlanılır. Ancak aynı harfe karşılık gelen örnek sayıları farklıdır. Örneklem boyutu parti büyüklüğü ve muayene seviyelerinin bir fonksiyonudur. Sıkı, normal ve gevşek muayeneler için standardın karşılığı vardır fakat tüm standartlar kalite karakteristiğinin normal dağılıma sahip olduğu varsayımı üzerine oluşturulmuştur. Askeri standartlardan parti ve ya sürecin değişkenliğinin bilindiği ve bilinmediği durumlarda yararlanılabilir. Kalite karakteristiğine ait tek yönlü tolerans var ise sre1 ya da sre2 ancak çift yönlü tolerans var ise sadece sre2 kullanılır. Partinin değişkenliği biliniyorsa kabul örnekleme daha ekonomik olacaktır. Değişkenliğin belli olmaması durumunda ise örneklerin standart sapması ya da aralığından örneklem planının uygulanmasında yararlanılır. Standart 4 bölümden oluşmaktadır ilk bölüm genel tanımlamaları farklı örneklem planları için plan eğrilerini içerir. İkinci bölüm süreç standart sapmasının bilinmediği durumlar için örneklem planlarını, üçüncü bölüm örneklem aralık değerini baz alan örneklem planlarını, son bölüm ise standart sapması bilinen süreçler için örneklem planlarını içerir.

Standartın uygulamasında öncelikle izelge 3.7'den parti boyutu ve muayene seviyesine göre örneklem boyutuna ait kod harfi bulunur.

Çizelge 3.7 : Değişkenler için kabul örneklemede harf kodları.

Parti boyutu	Muayene seviyesi				
	S1	S2	S3	S4	S5
3-8	B	B	B	B	C
9-15	B	B	B	B	D
16-25	B	B	B	C	E
26-40	B	B	B	D	F
41-65	B	B	C	E	G
96-110	B	B	D	F	H
111-180	B	C	E	G	I
181-300	B	D	F	H	J
301-500	C	E	G	I	K
501-800	D	F	H	J	L
801-1300	E	G	I	K	L
1301-3200	F	H	J	L	M
3201-80000	G	I	L	M	N
8001-22000	H	J	M	N	O
22001-110000	I	K	N	O	P
110001-550000	I	K	O	P	Q
550001-	I	K	P	Q	Q

Kabul edilebilir nitelik seviyesine göre ise kod harfe karşılık gelen k kritik değeri normal ve sıkı muayene için Çizelge 3.8a'dan , gevşek muayene için Çizelge 3.8b'den belirlenir. Örneklem boyutu parti boyutuna eşit ya da büyük ise parti %100 kontrol edilir. Sıkı muayene ve gevşek muayene için aynı örneklem boyutu kullanılır ancak sıkı muayenede k değeri daha büyüktür.

Örneklem sonrasında partinin ret ya da kabulüne kalite karakteristiğine ait Z değerinin k değeri ile karşılaştırılması sonucunda karar verilir. Standart vasıflar için örneklem planlarındaki gibi gevşek, normal ve sıkı muayene arasında geçiş kurallarını değişkenler için örneklem planlarında da belirlemiştir. Son 10 muayene içerisinde tahmini süreç hatalı oranı KND'den büyük olan partilerin sayısı EK A'da Çizelge A.2 ile verilen tablodan bulunacak olan T değerinden büyük ise ve son 10 partinin ortalama hatalı oranı KND'den büyük ise normal muayeneden sıkı muayeneye geçilir. Son 10 partinin ortalama hatalı oranı KND'den küçük olduğunda ise sıkıdan tekrar normale dönülür.

Son 10 partinin kontrolleri kabul ile sonuçlanmışsa ve tahmini hatalı oranları ekte verilen T'den küçük ise üretimin de düzenli olması koşulu ile normalden gevşeye geçilir. Bir partinin reddedilmesiyle tekrar normale dönülür.

Çizelge 3.8a : Değişkenler için örneklem planında kullanılacak kritik değerler (Normal ve sıkı muayene).

Harf kodu	Örneklem boyutu	Kabul edilebilir nitelik düzeyi (Normal ve sıkı muayene)													
		,04 k	,065 k	,10 k	,15 k	,25 k	,40 k	,65 k	1 k	1,5 k	2,5 k	4 k	6,5 k	10 k	15 k
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
C	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,45	1,34	1,17	1,01	0,814	0,617	0,393
D	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,65	1,53	1,40	1,24	1,07	0,874	0,675	0,455
E	7	↓	↓	↓	↓	2,00	1,88	1,75	1,62	1,50	1,33	1,15	0,955	0,755	0,536
F	10	↓	↓	↓	2,24	2,11	1,98	1,84	1,72	1,58	1,41	1,23	1,03	0,828	0,611
G	15	2,64	2,53	2,42	2,32	2,20	2,06	1,61	1,79	1,65	1,47	1,30	1,09	0,886	0,664
H	20	2,69	2,58	2,47	2,36	2,24	2,11	1,96	1,82	1,69	1,51	1,33	1,12	0,917	0,695
I	25	2,72	2,61	2,50	2,40	2,26	2,14	1,98	1,85	1,72	1,53	1,35	1,14	0,936	0,712
J	30	2,73	2,61	2,51	2,41	2,28	2,15	2,00	1,86	1,73	1,55	1,36	1,15	0,946	0,723
K	35	2,77	2,65	2,54	2,45	2,31	2,18	2,03	1,89	1,76	1,57	1,39	1,18	0,969	0,745
L	40	2,77	2,66	2,55	2,44	2,31	2,12	2,03	1,89	1,76	1,58	1,39	1,18	0,971	0,746
M	50	2,83	2,71	2,60	2,50	2,35	2,22	2,08	1,93	1,80	1,61	1,42	1,21	1,00	0,774
N	75	2,90	2,77	2,66	2,55	2,41	2,27	2,12	1,98	1,84	1,65	1,146	1,24	1,03	0,804
O	100	2,92	2,80	2,69	2,58	2,43	2,29	2,14	2,00	1,86	1,67	1,48	1,26	1,05	0,819
P	150	2,96	2,84	2,73	2,61	2,47	2,33	2,18	2,03	1,89	1,70	1,51	1,29	1,07	0,841
Q	200	2,97	2,85	2,73	2,62	2,47	2,33	2,18	2,04	1,89	1,70	1,51	1,29	1,07	0,845
		,065	,10	,15	,25	,40	,65	1	1,5	2,5	4	6,5	10	15	
Kabul edilebilir nitelik düzeyi (Sıkı muayene)															

Çizelge 3.8b : Değişkenler için örneklem planında kullanılacak kritik değerler(Gevşek muayene).

Harf kodu	Örneklem boyutu	Kabul edilebilir nitelik düzeyi (Gevşek muayene)												
		,04 k	,065 k	,10 k	,15 k	,25 k	,40 k	,65 k	1 k	1,5 k	2,5 k	4 k	6,5 k	10 k
B	3									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
C	3									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
D	3									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
E	3									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
F	4									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
G	5									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
H	7									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
I	10									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
J	10									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
K	15									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
L	20									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
M	20									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
N	25									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
O	30									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
P	50									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
Q	75									1,12	0,958	0,765	0,566	0,341

3.3.3 Süreç veya parti ortalamasına göre değişkenler için örneklem

Değişkenler için örneklem planları malzemelerin ortalama kalitelerine göre güvence verebilmek amacıyla da kullanılabilirler. Bu örneklem planı daha çok konteynırlara ya da silolara üretim gibi yığın üretimi olan ürünler için tercih edilmektedir. Ortalamaya göre örneklem planında genel yaklaşım istatistiksel hipotez testleridir.

Kabul edilme olasılıklarının Z değerlerine bağlı olarak kurulan denklem sistemi çözülerek örneklem boyutu ve örnek ortalaması hesaplanır.

3.4 Zincir Örnekleme

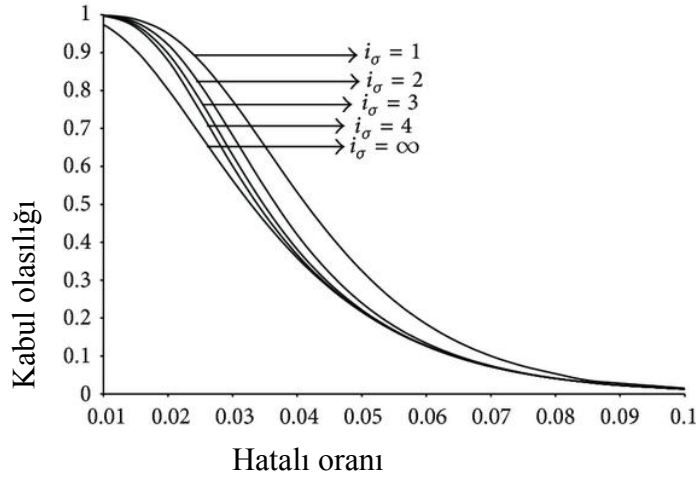
Darbeli testlerde ya da maliyeti oldukça yüksek olan testlerin yapılması gerekli olduğu durumlarda örneklem boyutunun olabildiğince küçük tutulması tercih edilir. Bu küçük boyuttaki örneklemelerin ise genellikle kabul edilebilir hatalı sayısı sıfırdır ve parti içerisindeki hatalı oranı büyüdükçe partinin kabul olasılığı hızlı bir şekilde düşer yani plan eğrileri dışbükey özellik göstermektedir. Üretici için adil olmayan bir planlamadır.

1955 yılında Dodge tarafından kabul edilebilir hatalı sayısı sıfır olan tekli örneklem planına alternatif olarak zincir örneklem planı önerilmiştir. Zincir örneklemesinde alınan n adet örnekte hiç hata ile karşılaşılmazsa parti kabul edilir. 2 ve ya daha fazla hata ile karşılaşılırsa parti reddedilir ancak 1 hata ile karşılaşılırsa geçmiş veriler ile beraber karar verilir. Daha önceki i adet partide hata ile karşılaşılmamışsa parti kabul aksi halde reddedilir.

Şekil3.14'te görüldüğü gibi belirlenen i sayısı arttıkça plan eğrisi tercih edildiği gibi merkeze yaklaşır. Çalışma karakteristiği üzerindeki noktalar (3.16) ile belirlenir.

$$P_a = P(0,n) + P(1,n)[P(0,n)]^i \quad (3.16)$$

Zincir örnekleme çok iyi bir kalite kayıt sistemi ve gelen parti kaliteleri arasında ciddi farklılıklar olmadığı varsayımına dayandığı için böyle bir farklılığa sebep olabilecek süreç değişikliğinde tedarikçi tarafından tüketicinin uyarılmasını gerektirir.



Şekil 3.14 : Zincir Örnelem için plan eğrisi (n =5; c=0).

3.5 Sürekli Örneklem

Bu çalışma içerisinde bahsi geçen tüm örneklem planlarında üretimin partiler halinde ilerlediği ve bu partiler için karar verilmesi gerektiği varsayımı söz konusudur. Ancak kişisel bilgisayarlar gibi elektronik, karmaşık mamullerin üretimi konveyörlü montaj hatlarında gerçekleştirilir. Bu şekilde sürekli üretim sistemlerinde parti oluşturmak için iki farklı yaklaşım mevcuttur. Bunlardan ilki montaj hattı üzerinde belirli noktalarda ürünleri biriktirmek yani ara stok oluşturmaktır. Üretim alanında ilave alan ihtiyacı doğurduğu için genellikle verimsiz bir yönetim biçimidir. Diğer yaklaşım ise parti oluşturabilmek için üretimi belirli parçalara ayıracak sınırlar çizmektir. Bu yaklaşımın dezavantajı ise en son adımda hata fark edilirse tüm ürünler için %100 kontrol gerektirmesidir. Bazı durumlarda ise hatanın fark edildiği noktadan itibaren ürünlerin geri toplanmasını gerektirir.

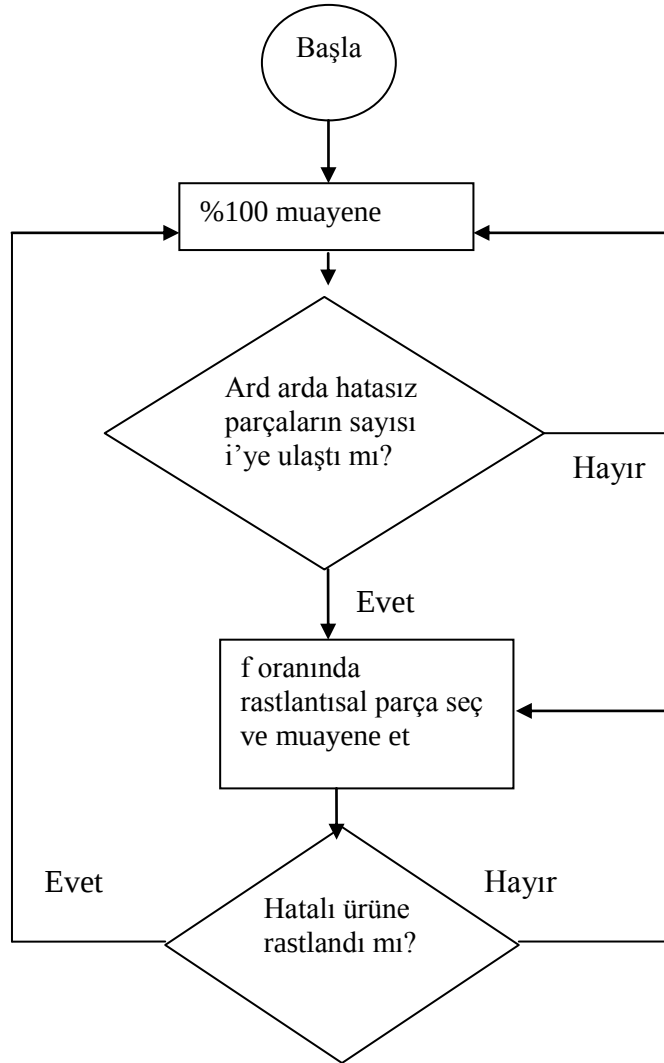
Bu nedenlerden dolayı sürekli üretim sistemleri için özel bir örneklem planı olarak uluslararası literatürde Continuous Sampling Plan olarak geçen CSP-1 tasarlanmıştır.

3.5.1 CSP-1

İlk olarak 1943 yılında Harold Dodge tarafından önerilen planın başlangıcında tüm parçalar %100 muayene edilir. Önceden belirlenen i sayısı yani hatasız parça adedine ulaşıncaya dek bu muayene devam eder. i adet hatasız parçadan sonra üretimden f olarak belirlenen oranda rastlantısal örnek alınır. Bu örnekler içerisinde

hata ile karşılaşırsa %100 muayene tekrar başlatılır ve süreç bu şekilde devam eder. Süreç akış şeması Şekil 3.15'te gösterilmiştir. Bulunan tüm hatalı parçalar ya yeniden işlenir ya da kusursuz olan ile değiştirilir. Bir CSP-1 planı kusursuz hata sayısı i ve örneklem oranı f 'ye bağlı olan ortalama çıktı kalite seviyesine sahiptir. Belirlenen ortalama çıktı kalitesine ulaşmak i ve f 'nin farklı değerler alması ile sağlanabilir. Çizelge 3.9 CSP-1 için öngörülen ortalama çıktı kalitelerini elde edecek farklı i ve f değerlerini göstermektedir. Örneğin %53 ortalama çıktı kalitesi $f, 1/2$ ve $i, 53$ ile elde edilebileceği gibi $f, 1/15$ ve $i, 255$ ile de bu değeri elde etmek mümkündür.

i ve f değerleri operatör sayısına, operatörlerin iş yüküne ve üretim adetlerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu değerlerin belirlenmesi ilgili kalite mühendisinin sorumluluğunda olmalıdır. Tabloda var olmasına rağmen pratikte örneklem oranının $1/200$ 'den daha küçük olması tercih edilmez. Bu değer küçüldükçe üretim kalitesinin koruması zayıflar.



Şekil 3.15 : CSP-1 planı için akış şeması.

Çizelge 3.9 : CSP-1 için i ve f değerleri (Montgomery, 2009, p.685).

f	Ortalama çıktı kalite seviyesi (%)															
	0,018	0,033	0,046	0,074	0,113	0,143	0,198	0,33	0,53	0,79	1,22	1,90	2,90	4,94	7,12	11,46
½	1,540	840	600	375	245	194	140	84	53	36	23	15	10	6	5	3
1/3	2,550	1,390	1,000	620	405	321	232	140	87	59	38	25	16	10	7	5
¼	3,340	1,820	1,310	810	530	420	303	182	113	76	49	32	21	13	9	6
1/5	3,960	2,160	1,550	965	630	498	360	217	135	91	58	38	25	15	11	7
1/7	4,950	2,700	1,940	1,205	790	623	450	270	168	113	73	47	31	18	13	8
1/10	6,050	3,300	2,370	1,470	965	762	550	335	207	138	89	57	38	22	16	10
1/15	7,390	4,030	2,890	1,800	1,180	930	672	410	255	170	108	70	46	27	19	12
1/25	9,110	4,970	3,570	2,215	1,450	1,147	828	500	315	210	134	86	57	33	23	14
1/50	11,730	6,400	4,590	2,855	1,870	1,477	1,067	640	400	270	175	110	72	42	29	18
1/100	14,320	7,810	5,600	3,485	2,305	1,820	1,302	790	500	330	215	135	89	52	36	22
1/200	17,420	9,500	6,810	4,235	2,760	2,178	1,583	950	590	400	255	165	106	62	43	26

3.6 Atlamalı Parti Örneklem Planı

Atlamalı parti örneklem planının diğer planlardan farkı her partinin örneklem kontrole tabi tutulmaması belirli oranlardaki partilerde kontrollerin yapılmasıdır. SkSP-1 olarak adlandırılan bu planda başlangıçta her parti referans alınan örneklem planı doğrultusunda muayene edilir. Her gelen partide yapılan kontroller belirlenen i . partiye kadar devam eder. Eğer bu aşamaya kadar tüm partilerin kararı kabul ile sonuçlanmış ise atlamalı partiye geçiş yapılır yani f olarak tanımlanan belirli orandaki partiler kabul muayenesine tabi tutulur diğerleri doğrudan sağlam varsayılır ve kabul edilir. Belirli orandaki muayenelerde bir parti reddedildiğinde başlangıçta referans alınan muayene planına geri dönülür ve süreç bu döngüde takip edilir.

i ve f atlamalı örneklem planına ait parametrelerdir. i pozitif bir tam sayı iken f ; 0 ile 1 arasındadır. $f=1$ durumunda, atlamalı parti yerini referans kabul örnekleme bırakır.

P bir partinin referans alınan örneklem planı kabul ihtimali iken atlamalı parti örneklem planında kabul edilme olasılığı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$P_a(f,i) = (fP + (1-f)P^i) / (f + (1-f)P^i) \quad (3.17)$$

Eşit i değerleri için karşılaştırma yapıldığında f değeri küçük olan örneklem planlarında bir partinin kabul edilme olasılığı daha büyüktür.

Eşit f değerleri için karşılaştırma yapıldığında ise yine i değeri küçük planlarda kabul olasılıkları büyük olacaktır.

Atlamalı parti örneklem planına en çok ortalama muayene edilen örnek sayısını azaltmak hedeflendiğinde ihtiyaç duyulur. Atlamalı muayenedeki ortalama örnek sayısının $ASN(SkSP)$, referans plandaki ortalama örnek sayısının $ASN(R)$ ve örnekleme tabi olan partilerin ortalama oranının F ile gösterildiğinde (3.18) ile bu değerlere ulaşılabilir.

$$ASN(SkSP) = ASN(R)F \quad (3.18)$$

$$F = \frac{f}{(1-f)P^i + f}$$

$0 < F < 1$ olduğundan $ASN(SkSP) < ASN(R)F$ olacaktır.

Atlamalı örneklem planında daha az örnek kontrol edildiğinden eldeki kaynakların kullanımı açısından oldukça verimlidir. Ancak bu yöntem parçaların kalite toleransının yüksek olduğu ya da tedarikçinin prosesinin kontrol altında ve yeterli olduğundan emin olunan durumlarda tercih edilmelidir.

4. GELİŞTİRİLEN METODOLOJİ

Bir ürünün kalitesi daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi onu oluşturan alt parçaların kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Bir ürünü oluşturan parçaların tedarikçilerinde başlayan süreç, ürünün nihai müşterisine ulaşması ile son bulur. Zincirin en başında yer alan, tedarik edilen parçalarda herhangi bir hatanın yakalanamaması, nihai ürün için müşteri şikâyeti olarak üreticiyi olumsuz yönde etkileyecektir.

Bir üretim tesisinden çıkan bitmiş ürünlerde hedeflenen kalite seviyesine ulaşabilmek için kritik noktalarda kalite kontrol birimleri kurulur. Tedarik edilen malzemeler için bu kontroller giriş kalite kontrol noktasında başlar. Üretim hattı boyunca belirli noktalarda kurulan kontrol istasyonlarında bir hata var ise bitmiş ürün haline gelmeden önce yakalanması hedeflenir. Bitmiş ürünler eğer %100 kontrole elverişli bir ürün ise sürekli kontrol aksi halde ise örneklem kontrollere tabi tutularak müşteriye sevk için hazırlanır.

Kontroller süresince iş gücü ve zaman gibi kaynakları verimli bir şekilde kullanabilmek için etkili örneklem planları kullanılmalıdır. Değişkenler ve vasıflar için detaylı olarak birçok örneklem planına Bölüm3'te yer verilmiştir. Ancak bu bölümde tedarik edilen parçalar için giriş kalite kontrolde kullanılmak üzere askeri standartlar referans alınarak geliştirilen yeni bir kabul örnekleme süreci sunulacaktır.

Geliştirilen metodolojiyi mevcut kontrol planlarından farklı kılan nokta değişkenler için kontrol planı hazırlandığında tedarikçi süreç yeterliliğini, vasıflar için hazırlandığında ise tedarikçi ppm değerini sisteme dâhil ederek planın revize ediliyor olmasıdır. Tedarikçi performanslarının yanı sıra tedarikçiye diğer müşterilerinden gelen taleplerde bir artış olup olmadığı, parçanın ilk kez tedarik edilen yani yeni devreye alınan ya da değişikliğe uğrayan bir parça olup olmadığı ve de mevsimsel koşulların parça üzerinde herhangi bir etkisinin olup olmadığı örneklem planı içerisinde sorgulanmaktadır.

4.1 Geliştirilen Kabul Örneklem Planında Faktörler

Bir ürün içerisinde kullanılan tüm parçalar aynı önem düzeyine sahip değildir. Bu nedenle tüm parçalar için aynı örneklem planının kullanılması bazı durumlarda gereksiz yere daha fazla örneğin kontrol edilmesi yani kaynakların kullanılmasına sebep olabilir. Aksi durumda ise yani kritik bir parça için önemsiz parçalarla aynı kabul örnekleme planının yapılması kritik bir hataya sahip partinin kabul edilmesine sebep olabilir.

Bu nedenle geliştirilen metodolojinin odaklandığı noktalardan biri malzemelerin; güvenlik için kritik (Critical to Safety(CTS)), kalite için kritik (Critical to Quality (CTQ)) ve kritik olmayan (Noncritical (NC)) gruplarından hangisine dâhil olduğunun belirlenmesidir.

- Güvenlik için kritik olan bir parçada oluşacak hata son kullanıcıya ya da üretim esnasında operatörler için can güvenliği riski taşıdığı anlamına gelmektedir.
- Kalite açısından kritik olan parçalarda ise oluşacak hata, bitmiş üründe fonksiyonel bir hataya sebep olabilmektedir.
- Kritik olmayan parçalar ise hatalı olması durumunda üretim esnasında yakalanabilecek ya da nihai ürün üzerinde bulursa dahi müşteri şikâyetine sebep olmayacak anlamı taşımaktadır.

Bir diğer faktör ise kabul edilebilir nitelik düzeyi yani müşteri tarafından kabul edilebilir kusurlu yüzdesinin alabileceği maksimum değerdir. Kullanılacak olan tablolardan elde edilecek değerleri doğrudan etkileyen bu oran planın başlangıcında belirlenmelidir.

Geçmiş kalite kontrol kayıtları kabul örnekleme planında sıkı, normal ve gevşek kontroller arasında geçiş yapabilmek için dikkate alınması gereken bir unsurdur. Geçmiş kabul örnekleme sonuçları parçaların eğilimlerini görmemizi sağlar.

Gelişmiş üretim sistemlerinde giriş kalite kontrol istenen bir durum değildir. Hataların kök nedenlerin bulunması, düzeltici ve önleyici aksiyonların alınmasıyla hatanın tedarikçide oluşmaması ya da yakalanabilmesi beklenir. Tedarik edilen malzemenin kontrol bölgesinde ya da stokta bekletilmeden doğrudan üretim hattına

alınması istenir. Ancak pratikte bu çok mümkün değildir. Tedarikçinin yeterlilik durumu da bu metotta sürece dâhil edilmiştir. Vasıflar için yapılan kabul örneklemeinde tedarikçinin bir önceki aya ait ppm değeri dikkate alınır. Değişkenler için hazırlanan planda ise alınan örnekler üzerinden hesaplanan süreç yeterliliği, C_p indeksi ile sürece dâhil edilir.

Muayene seviyesini etkileyecek özel nedenler başlığında ise ilk kez kullanılacak bir parça olup olmaması, tedarikçideki sipariş yoğunluğu ve kalite karakteristiği üzerinde mevsimsel etki faktörleri göz önüne alınır.

Geliştirilen metodolojide askeri standartlar referans alınmıştır ve seviyeler aynı şekilde tanımlanmıştır. Sıkı, normal ve gevşek olarak tanımlanan planlarda örneklem büyüklüğü askeri standartlara ait olan tablolar kullanılarak belirlenmektedir.

4.2 Vasıflar İçin Örneklem Planı

Aynı anda birçok kalite karakteristiğinin kontrol edilmesine olanak sunan ve değişkenler için örneklem planlarına göre uygulaması daha kolay olan vasıflar için kontrol diyagramları, göreceli olarak tüketiciler tarafından giriş kalite kontrol esnasında daha yaygın olarak tercih edilmektedir.

Önerilen metodolojide istenilen KND'nin belirlenmesi ardından öncelikli olarak gelen parti için özel bir durum olup olmadığı sorgulanır. Özel durumun geçerli olması için gelen partide aşağıdaki koşullardan herhangi birinin sağlanması yeterli olacaktır.

- Yeni bir kod olması
- Tedarikçi siparişlerinde yoğunluk olması
- İçinde bulunan mevsim koşullarının kalite karakteristikleri üzerinde teknik olarak olumsuz etki yaptığının biliniyor olması

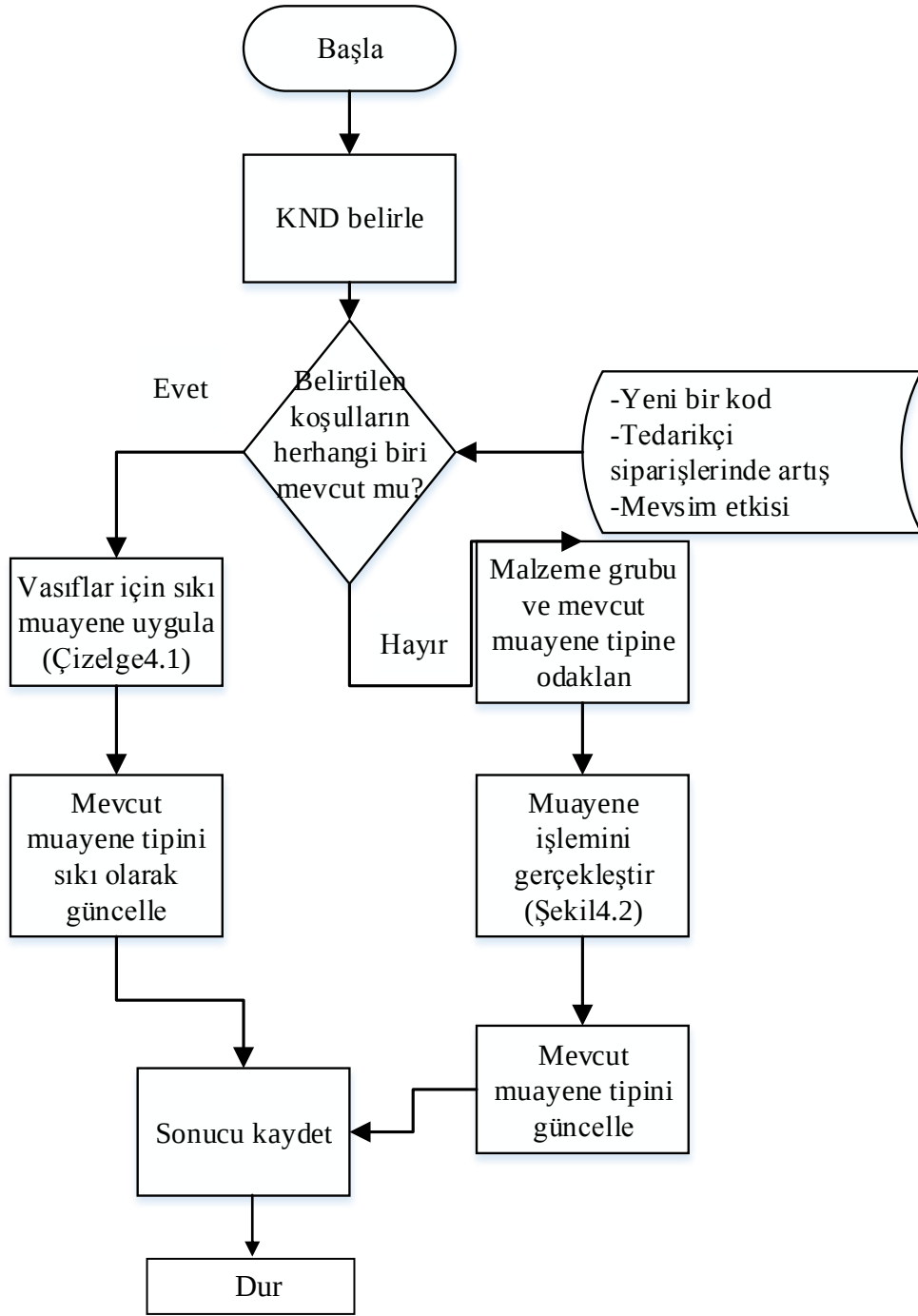
Bu koşullardan herhangi birinin sağlanması durumunda askeri standartlara ait genel muayene seviyesi1'e göre örneklem boyutunun belirlendiği ve sıkı muayene tablosunun %1 nitelik seviyesi göz önüne alınarak kabul edilebilir hata sayılarının belirlendiği Çizelge4.1'e göre kabul muayenesi yapılacaktır.

Çizelge 4.1’de belirtilen örneklem boyutu kadar alınan örnek içerisinde kusurlu sayısı sütununda belirtilen adetten daha fazla hata ile karşılaşılsa parti ret; eşit ya da daha az hata ile karşılaşılsa parti kabul edilecektir. Mevcut muayene tipi ise sıkı olarak kaydedilecektir.

Çizelge 4.1 : Özel koşullarda uygulanacak örneklem planı parametreleri.

Parti boyutu	Örneklem boyutu	Kabul edilebilir kusurlu sayısı
2-8	2	0
9-15	2	0
16-25	3	0
26-50	5	0
51-90	5	0
91-150	8	0
151-280	13	0
281-500	20	0
501-1200	32	1
1201-3200	50	1
3201-10000	80	1
10001-35000	125	2
35001-150000	200	3
150001-500000	315	5
50001-	500	8

Vasıflar için kabul örnekleme planlarına ait genel akış diyagramı ise Şekil 4.1’de belirtilmiştir. Örneklem planı özel koşullardan herhangi birinin sağlanması durumunda tüm malzeme tipleri için ortak olmasına rağmen özel durum olmaması halinde malzeme grubuna odaklanıldığından CTS, CTQ ve NC malzemeler için farklılık göstermektedir. Herbir malzeme grubuna ait örneklem planı akışı Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Daha kolay anlaşılması için ilerleyen bölümlerde özel bir koşul olmaması durumunda gevşek, normal ve sıkı muayeneler arasında geçiş koşulları ve diğer parametreler malzeme tiplerine göre ayrı ayrı detaylı olarak ele alınmıştır.



Şekil 4.1 : Vasıflar için örneklem planının genel akış şeması.

4.2.1 CTS malzeme grubu için kabul örneklem planı

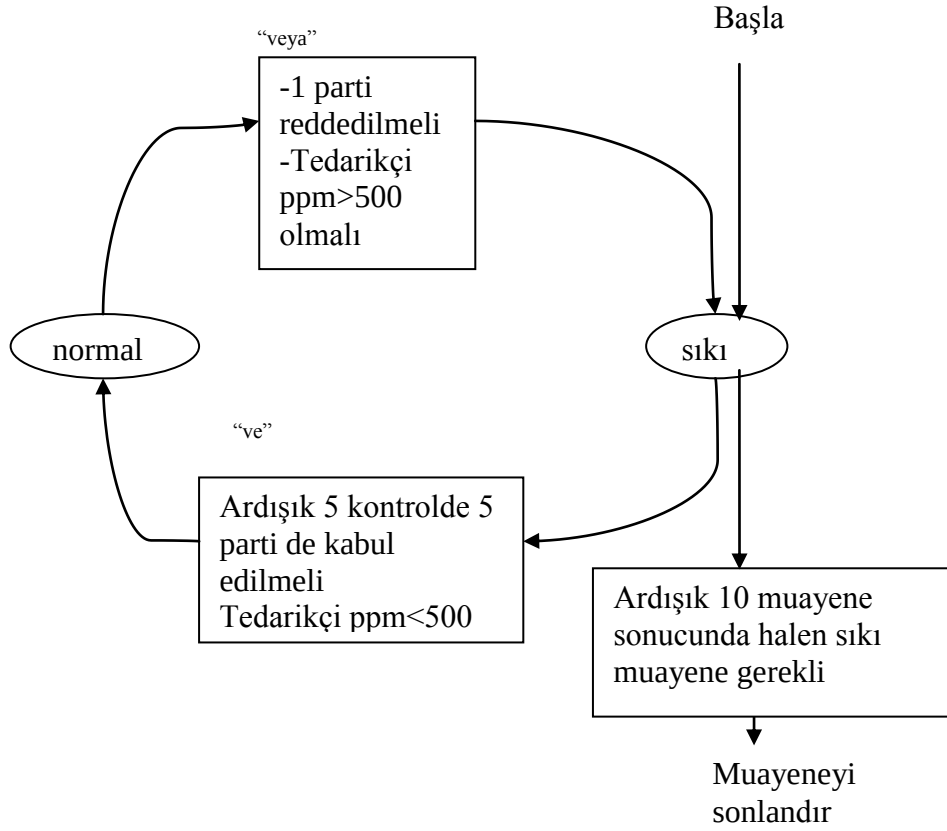
Bu malzeme grubunda oluşabilecek bir hata müşteri ya da operatörlerin sağlığını tehlikeye atabilecek farklı hatalar ile sonuçlanabileceğinden çok sıkı bir kabul örnekleme gerektirir. Cam grupları, yüksek gerilime neden olacak kablolar ya da kesilme ve yaralanmalara sebep olabilecek metal keskin köşeli parçalar gibi malzemeler bu gruba dâhil edilebilir.

Bu nedenle CTS grubuna dâhil olan malzemelerde beklentiler daha yüksek, muayene seviyeleri arasında geçiş koşulları daha katıdır. Önerilen planda bu malzeme grupları için gevşek muayeneye geçişe izin verilmemiştir. Gelen parti CTS malzeme grubuna ait bir parçadan oluşuyor ise örneklem sıkı muayene planı ile başlatılır. Sıkı muayene için öncelikle gelen parti büyüklüğüne göre Çizelge3.5'den genel muayenede 2. seviyeye göre örneklem boyutu harf kodu belirlenir ve Çizelge3.6b'den de kabul edilebilir hata sayısı ve ret sayısı elde edilir. Örnekler içerisinde bulunan kusurlu sayısı kabul edilebilir hatalı sayısına eşit yada küçük ise parti kabul edilir, ret sayısından büyük ya da eşit ise de reddedilir. Ardışık olarak gelen beş parti de kabul oluncaya aynı şekilde devam edilir. Gelen partilere ait kayıtlar bir sonraki aşamada dikkate alınacağından kayıtların tutulması konusunda hassasiyet gösterilmelidir. Gelen beş partinin de kabul olması durumunda, tedarikçi kalite performansının göstergesi olan ppm (parts per million) değeri yani milyon adet parçadaki kusurlu parça sayısına odaklanılır. CTS malzemelerin tedarik edildiği tedarikçiler için hedef ppm değeri ise 500 olarak belirlenmiştir. Son beş parti kontrolü içinde ret ile sonuçlanan yoksa ve tedarikçinin ppm değeri 500'den küçük ise normal muayene uygulanır. Normal muayene esnasında daha önce belirlenen örneklem harf koduna göre belirlenen örnekleme kusurlu sayısı Çizelge 3.6a'daki kabul ve ret sayılarına göre değerlendirilir. Herhangi bir partinin ret olması durumunda ya da tedarikçi ppm değerinin 500'ün üzerinde olması halinde tekrar sıkı muayeneye dönülür. Ardışık 10 muayene de sıkı muayene gerektiriyorsa kabul örnekleme sonlandırılmalı ve tedarikçi iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır.

Tedarikçi ppm değeri ise her ay ile basit bir şekilde (4.1) ile hesaplanır.

$$\frac{\text{kusurlu parça sayısı}}{\text{gelen malzeme adedi}} * 1000000 \quad (4.1)$$

CTS malzeme grubu için geliştirilen plana ait geçiş koşulları Şekil4.3 'te belirtilmiştir.



Şekil 4.3 : CTS malzeme grubu vasıflar için örneklem planı geçiş koşulları.

Meyve suyu dolumu yapan bir işletme düşünüldüğünde tedarik edilen cam şişelerin ağız kısmında olan bir hata kullanıcının yaralanmasına sebep olabileceğinden bu işletme için cam şişe CTS malzeme grubuna dâhil olacaktır. Üretimde yeni kullanılmaya başlanacak bir cam şişe tedarikçisi ile patilerin 100'er adetlik birimlerden oluşması ve KND'nin de 0,065 olması üzerine anlaşma yapıldığı varsayımı ile kabul örnekleme şu şekilde olacaktır.

İlk sevkiyat olması nedeniyle özel durum koşulları geçerli olur ve Çizelge4.1'e göre 100 birimlik bir partinin kontrolü için 8 adet örnek alınır. Bu örnekler içerisinde hiç hata ile karşılaşılmaz ise parti kabul edilir. Kontrol kayıt dosyasında ise mevcut kontrol tipi sıkı olarak kaydedilir.

Devam eden beş sevkiyat ise parti boyutu Çizelge3.5'in ilgili sütununa göre göre F sınıfına dâhil olduğundan sıkı muayenede Çizelge3.6b'ye göre F satırı ve 6,5 sütunun

kesişimiden kusurlu sayısı 2 ya da daha az ise kabul; 3 ya da daha fazla ise ret olacak şekilde değerlendirilir.

Altıncı sevkiyatta ilk beş kontrolün sonuçları incelendiğinde sonuçlar içerisinde hiç ret yoksa tedarikçi ppm'i sorgulanır. Tedarikçi ppm değeri 500'den küçük ise normal muayeneye geçiş yapılır yani Çizelge3.6a ya göre değerlendirilir ve kusurlu sayısı 3 ya da daha az ise kabul; 4 ya da daha fazla ise ret olarak sonuçlandırılır.

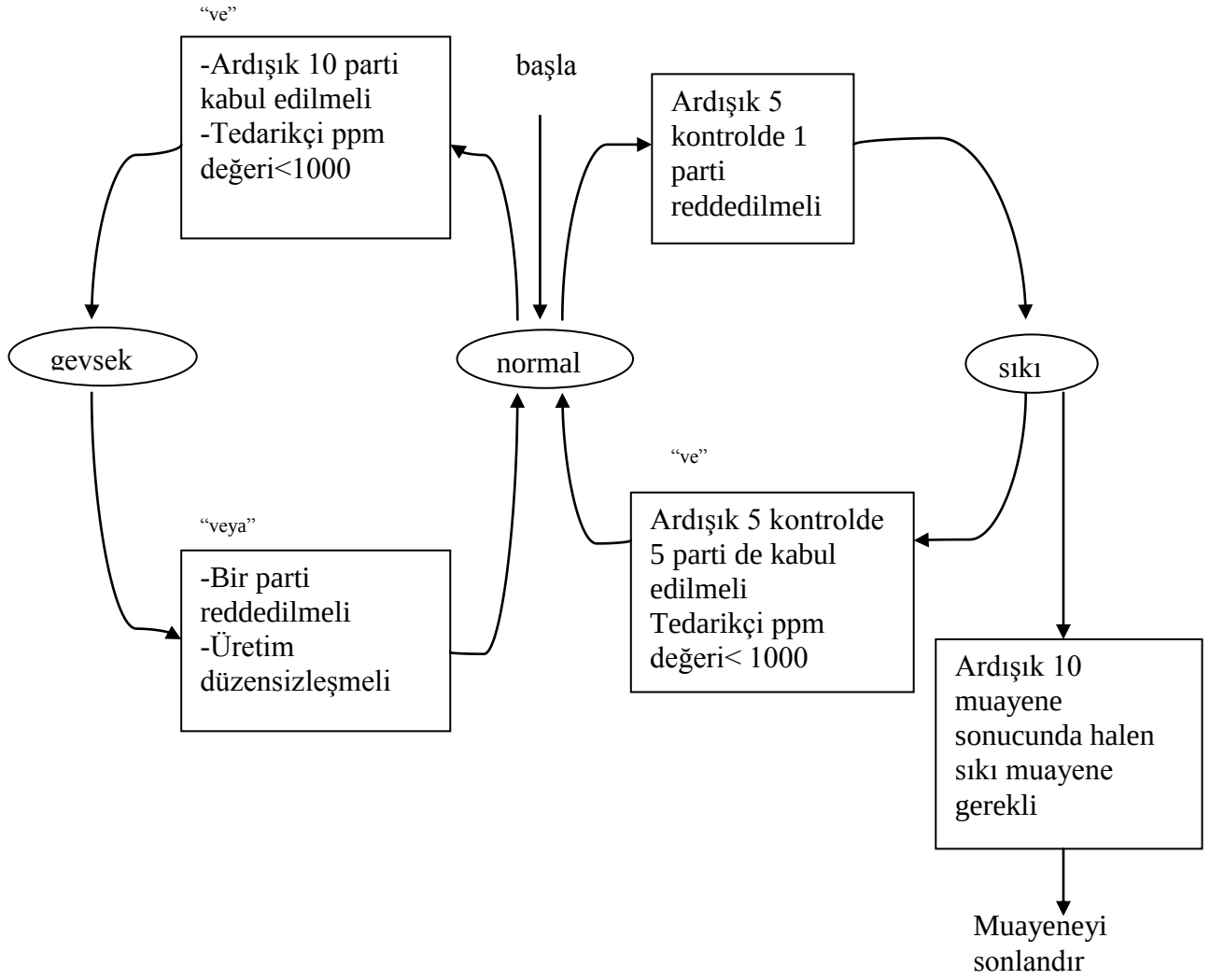
4.2.2 CTQ malzeme grubu için kabul örneklem planı

Kalite için kritik olan yani hatalı olması durumunda buzdolabı üzerinde fonksiyonel bir hataya sebep olabilecek ya da müşterinin doğrudan fark edebileceği görsel parçalar bu gruba dâhil olacaktır. Soğutma çevrimi elemanları ve aksesuar parçalar olarak adlandırılan görsel parçalar bu gruba dâhil edilmiştir.

CTQ malzeme grubuna ait parçalar için olan örneklem planlarında bir önceki plana göre farklı olarak gevşek muayene de sisteme dâhil edilmiştir ve bu malzemelerin temin edildiği tedarikçiler için hedef ppm değeri 1000 olarak belirlenmiştir.

Özel duruma sahip olmayan partiler için plan normal muayenenin uygulanması ile başlayacaktır. Ardışık beş parti içerisinde herhangi bir partinin ret olması durumunda sıkı muayeneye geçiş olacaktır. Sıkı muayene ile devam edilirken ardı ardına gelen beş partinin muayenesi kabul ile sonuçlanır ve tedarikçinin de ppm değeri binden küçük olur ise normal muayeneye geri dönlür. Mevcut muayene tipi normal iken ardışık olarak 10 parti de örneklem kontrolleri sonucunda kabul edilir ise ve yine tedarikçi ppm değerinin de 1000'den küçük olması koşulu ile gevşek muayeneye geçiş yapılır. Gevşek muayene esnasında herhangi bir parti yapılan muayene sonucunda reddedilir ise normal muayene geri dönlür. Muayeneler esnasında alınacak örneklem büyüklükleri yine Çizelge3.5'e göre belirlenecektir ve kabul ret sayıları ise Çizelge3.6'da verilen tablolardan elde edilecektir.

CTQ malzeme grubuna ait malzemeler için örneklem planlamasında muayene tipleri arasında geçiş kuralları Şekil 4.4 'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4 : CTQ malzeme grubu vasıflar için örneklem planı geçiş koşulları.

Örneğin bir tekstil atölyesinde tedarikçiden temin edilen düğmelerde renk farklılıklarının olması nihai kullanıcıda şikâyet oluşturacağından bu atölye için düğmeler CTQ malzeme grubuna dâhil edilir. Mevcutta kullanılan bir malzeme olduğu ve diğer özel üretim koşullarının da olmadığı varsayımı ile süreç normal muayene ile başlatılır. Tedarikçiden maksimum 0,04 oranında hatanın kabul edildiği anlaşma ile 180 adetlik partiler sevk edildiğinde izlenecek yol şu şekilde olacaktır. 180 adetlik bir partiden Çizelge3.5'e göre 32 adet örnek alınır. Çizelge3.6a'dan normal muayeneye ait kabul ve ret sayıları 3 ve 4 olarak saptanır. Alınan örneklerde kusurlu sayısı 4 ya da daha fazla ise parti ret aksi halde kabul olur. Ardışık 5 normal muayene sonucu içerisinde 2 adet ret olduğundan kritik sayılar 2 ve 3 olarak güncellenerek sıkı muayeneye geçilir. Sıkı muayene ile kontroller esnasında ardışık beş partide kabul edilmiştir ve tedarikçi ppm değeri de 840 olduğundan tekrar normal

muayeneye geçilir. Devam eden normal muayenede ardı ardına 10 lotta kabul edilir ve tedarikçi ppm değeri halen 1000'den küçük ve 650 olduğundan gevşek muayeneye geçilir yani Çizelge3.6c 'den yeni parametreler bulunur. Bu durumda kusurlu sayısı 6'ya eşit ya da büyük ise parti ret aksi halde kabul olur.

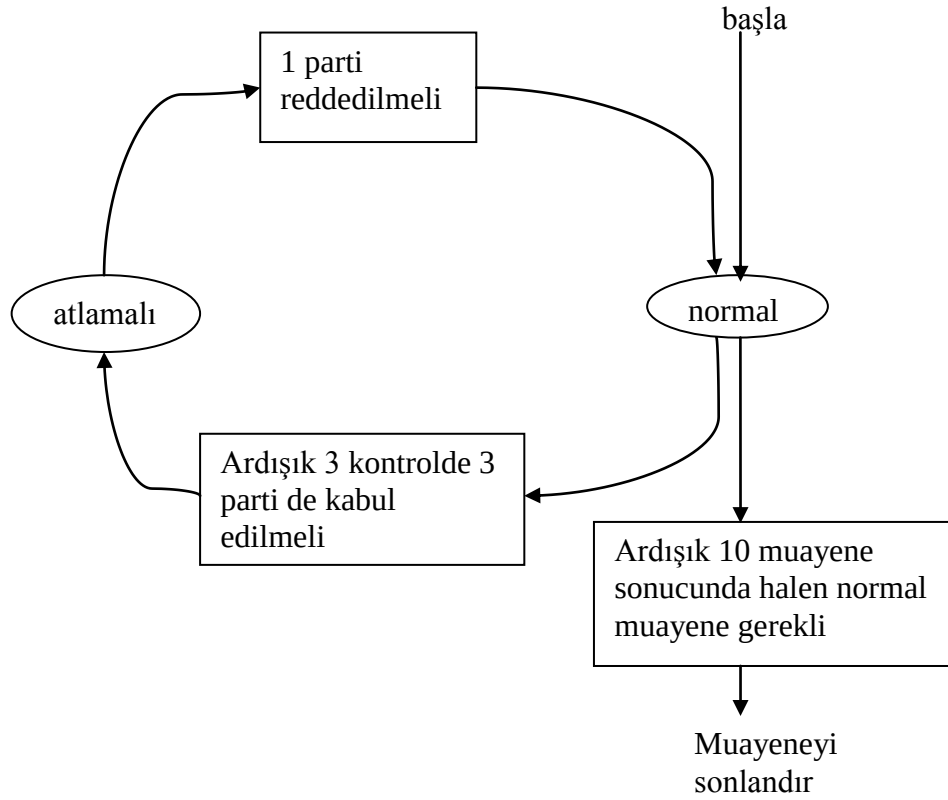
4.2.3 Kritik olmayan malzeme grubu için kabul örneklem planı

Kritik olmayan malzeme grubu kalite karakteristikleri toleranslarının göreceli olarak daha geniş olduğu malzemeleri içerir. Hatalı parçaların etkisi diğer gruplara göre çok daha küçük olur. Hatalar üretim bandında yakalanabilir ya da yakalanmasa dahi nihai kullanıcı tarafında şikâyet oluşturmaz. Ambalajlarda kullanılan kartonlar, straforlar, görünmeyen bir yerde kullanılacak ve fonksiyonel bir etkisi olmayan parçalar kritik olmayan malzeme grubuna dâhil edilebilir.

Mevcut kaynakları kritik olmayan paçalar için gelen her partinin kontrolünde kullanmamak adına önerilen yöntemde atlamalı kontrol planlarına da yer verilmiştir. Muayene seviyesi ise sadece normal muayene ile sınırlandırılmıştır. Belirlenen KND için Çizelge3.6a yardımı ile normal muayene uygulanır. Ardışık olarak gelen üç partinin de kontrolü kabul ile sonuçlanırsa bundan sonra gelen partilerde beş partiden biri aynı şekilde normal muayene seviyesinde kontrol edilerek yani atlamalı muayene ile ilerlenir. Kontrol edilen partilerden herhangi biri reddedilene dek bu şekilde devam eder. Reddedilmesi durumunda tekrar ardı ardına üç partide kabul durumu ile sonuçlanana dek gelen her partinin normal muayene seviyesinde kontrolü sürdürülür. Art arda üç kabul parti elde edildiğinde tekrar atlamalı örneklem planına dönülür.

Bu malzeme grubuna it bir parti herhangi bir özel durum içeriyorsa diğer gruplar gibi sıkı muayeneye tabi tutulacaktır ancak sıkı ve normal arasında bir geçiş bu grupta söz konusu olmadığından sıkı muayene sonucu kabul edilirse en son uygulanan muayene tipi normal varsayılır ve prosedür tekrar başlatılır. İlk muayene sonucu ret ile sonuçlanırsa ikinci muayenede yine normal muayeneye tabi tutulur.

Yukarıda anlatılan geçiş koşulları Şekil 4.5' te sunulmuştur.



Şekil 4.5 : NC malzeme grubu vasıflar için örneklem planı geçiş koşulları.

Bir marangoz atölyesinde palet üretiminde ahşaplar arasında kullanılan strafor bu malzeme grubuna dahil edilebilir ve şekil bozukluğu bakımından giriş kalitede kontrol edilmek istendiğinde aşağıdaki süreç takip edilir. KND 0,10 olarak belirlenmiştir ve 75 birimlik partiler için alınacak örneklem boyutu 13 olacaktır. Ardışık gelen üç parti Çizelge 3.6a'ya göre örneklemdeki kusurlu sayısı 4 ya da daha fazla ise ret aksi halde kabul olacak şekilde kontrol edilir. Kontrol edilen üç partide kabul edilir ise sekizinci sevkiyata dek kontrol yapılmaz. Sekizinci sevkiyatta yine alınan 13 örnekte 3 ve ya daha az kusurlu parça var ise 13. Sevkiyata dek kabul örnekleme yapılmaz. 13. Sevkiyat ret olursa sonraki 14-15 ve 16. Sevkiyat yine normal muayene tablosuna göre kontrol edilir.

4.3 Değişkenler İçin Örneklem Planı

Değişkenler için kabul örnekleme spesifikasyon limitlerinin çift yönlü ve tek yönlü olması durumuna göre çeşitlilik göstermektedir ancak daha önce bahsedilen M metodu her iki durumda da kullanılabilirdiği için kullanıcılar açısından karışıklık yaratmaması adına önerilen yöntem M metodu üzerine kurulmuştur. Gelen parti boyutlarına ve muayenenin sıkı normal ve gevşek olması durumuna göre alınacak

örneklem boyutu değişkenlik gösterir. Çizelge 4.2 değişkenler için kabul örneklemeinde alınacak örneklem boyutlarını içermektedir. Askeri standartlarda verilen örneklem tablosunun seviye4 sütunu referans olarak oluşturulmuştur. Normal ve sıkı muayene için adetler aynıdır ancak sıkı muayeneye geçişte tüketici riski azaltılır yani KND küçülür.

Çizelge 4.2 : Değişkenler için kabul örneklemeinde örneklem boyutları.

Parti boyutu	Örneklem harf kodu	Normal&sıkı muayene için örneklem boyutu	Gevşek muayene için örneklem boyutu
3-8	B	3	3
9-15	B	3	3
16-25	C	4	3
26-40	D	5	3
41-65	E	7	3
66- 110	F	10	4
111-180	G	15	5
181-300	H	20	7
301-500	I	25	10
501-800	J	30	10
801-1300	K	35	15
1301-3200	L	40	20
3201-8000	M	50	20
8001-22000	N	75	25
22001-110000	O	100	30
110001-550000	P	150	50
550001-	Q	200	75

Değişkenler için kabul örneklemeinde gelen partilerden boyuta bağlı olarak Çizelge 4.2’de belirtilen örnekler alınır. Alınan örnekler üzerinden tahmini hatalı ortalama değeri Denklem (4.2) hesaplanır.

$$\hat{p} = \left(\frac{\bar{X} - ATL}{s} + \frac{UTL - \bar{X}}{s} \right) \sqrt{\frac{n}{(n-1)}} \quad (4.2)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4.2a)$$

Hesaplanan değer Çizelge 4.3a veya 4.3b’de, KND ile örneklem harf kodunun kesişim noktasından elde edilen M değerinden küçük veya eşit ise parti kabul aksi halde rettir.

Değişkenler için de yine özel durumlar söz konusudur eğer gelen partideki ürünler ilk kez kullanılacaksa, tedarikçi siparişlerinde yoğunluk olduğu biliniyorsa ya da içinde bulunulan dönemin parçalar üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu tecrübe edilmiş ise gelen parti mutlaka Çizelge 4.3a kullanılarak sıkı muayeneye tabi tutulmalıdır.

Önerilen metot normal muayene ile başlatılmaktadır ancak sıkı muayene gerekli olduğu durumlarda KND bir düzey küçültülür. Tablolar KND’de değişiklik yapmadan sıkı muayene için M değerlerini kaydırarak bu koşulu sağladığından uygulama esnasında aynı KND kullanılacaktır. Bu bölüm için kullanılacak olan tablolar yüzde 0.040, 0.065, 0.10, 0.15, 0.25, 0.40, 0.65, 1.0, 1.5, 2.5, 4.0, 6.5, 10.0 ve 15.0 KND içermektedir.

Değişkenler için örneklem planlarına ait genel akış diyagramı Şekil 4.6’da belirtilmiştir.

Değişkenler için kabul muayenesinde muayene tipleri arasında geçişlerde tedarikçi süreç yeterlilikleri de bir parametre olarak ele alınmıştır. Süreç yeterlilik indeksi olarak C_{pk} değeri seçilmiştir. C_{pk} değeri, C_{pk} hesaplama ihtiyacı olan zamana dek alınan örnekler üzerinden (4.3) ile hesaplanmaktadır.

$$C_{pk} = \min \left\{ C_{pu} = \frac{UTL - \mu}{3\sigma}, C_{pl} = \frac{\mu - ATL}{3\sigma} \right\} \quad (4.3)$$

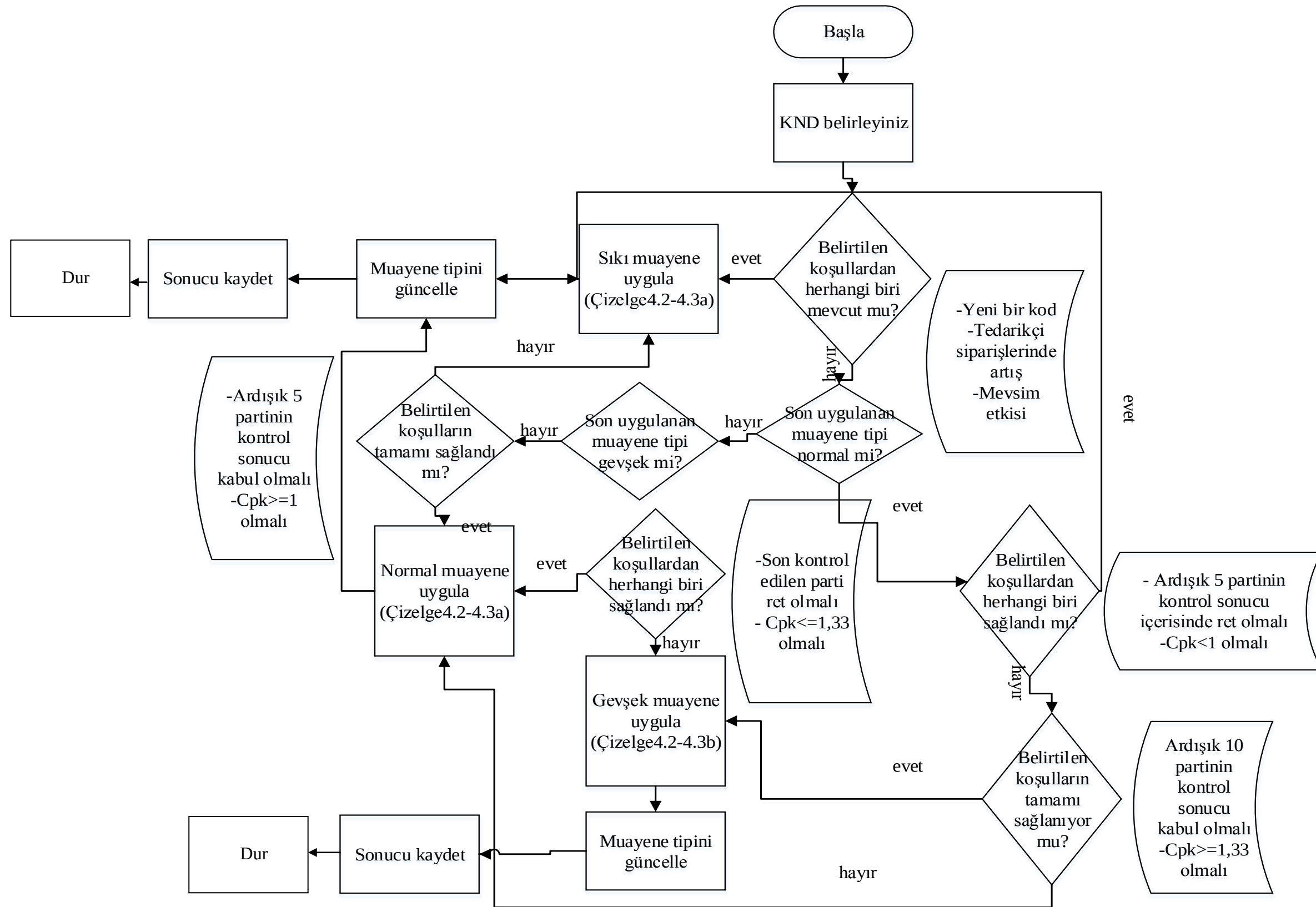
Eşitlikte σ değeri yerine sürecin standart sapması bilinmediği varsayımı ile 4.2a ile hesaplanan tahmini standart sapma değeri kullanılır.

Çizelge 4.3a: Değişkenler için kabul örneklemede izin verilen hatalı oranları(Normal ve sıkı muayene).

Harf kodu	Örneklem boyutu	Kabul edilebilir nitelik düzeyi (Normal ve sıkı muayene)													
		,04 M	,065 M	,10 M	,15 M	,25 M	,40 M	,65 M	1 M	1,5 M	2,5 M	4 M	6,5 M	10 M	15 M
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7,59	18,86	26,94	33,69	40,47
C	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,53	5,50	10,92	16,45	22,86	29,45	36,90
D	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,33	3,32	5,83	9,80	14,39	20,19	26,56	33,99
E	7	↓	↓	↓	↓	0,422	1,06	2,14	3,55	5,35	8,40	12,20	17,35	23,29	30,50
F	10	↓	↓	↓	0,349	0,716	1,30	2,17	3,26	4,77	7,29	10,54	15,17	20,74	27,57
G	15	0,099	0,186	0,312	0,503	0,818	1,31	2,11	3,05	4,31	6,56	9,46	13,71	18,94	25,61
H	20	0,135	0,228	0,365	0,544	0,846	1,29	2,05	2,95	4,09	6,17	8,92	12,99	18,03	24,53
I	25	0,155	0,250	0,380	0,551	0,877	1,29	2,00	2,86	3,97	5,97	8,63	12,57	17,51	23,97
J	30	0,179	0,280	0,413	0,581	0,879	1,29	1,98	2,83	3,91	5,86	8,47	12,36	17,24	23,58
K	35	0,170	0,264	0,388	0,535	0,847	1,23	1,87	2,68	3,70	5,57	8,10	11,87	16,65	22,91
L	40	0,179	0,275	0,401	0,566	0,873	1,26	1,88	2,71	3,72	5,58	8,09	11,85	16,61	22,86
M	50	0,163	0,250	0,363	0,503	0,789	1,17	1,71	2,49	3,45	5,40	7,61	11,23	15,87	22,00
N	75	0,147	0,228	0,330	0,467	0,720	1,07	1,60	2,29	3,20	4,87	7,15	10,63	15,13	21,11
O	100	0,145	0,220	0,317	0,447	0,689	1,02	1,53	2,20	3,07	4,69	6,91	10,32	14,75	20,66
P	150	0,134	0,203	0,293	0,413	0,638	0,949	1,43	2,05	2,89	4,43	6,57	9,88	14,20	2,02
Q	200	0,135	0,204	0,294	0,414	0,637	0,945	1,42	2,04	2,87	4,40	6,53	9,81	14,12	19,92
		,065	,10	,15	,25	,40	,65	1	1,5	2,5	4	6,5	10	15	
Kabul edilebilir nitelik düzeyi (Sıkı muayene)															

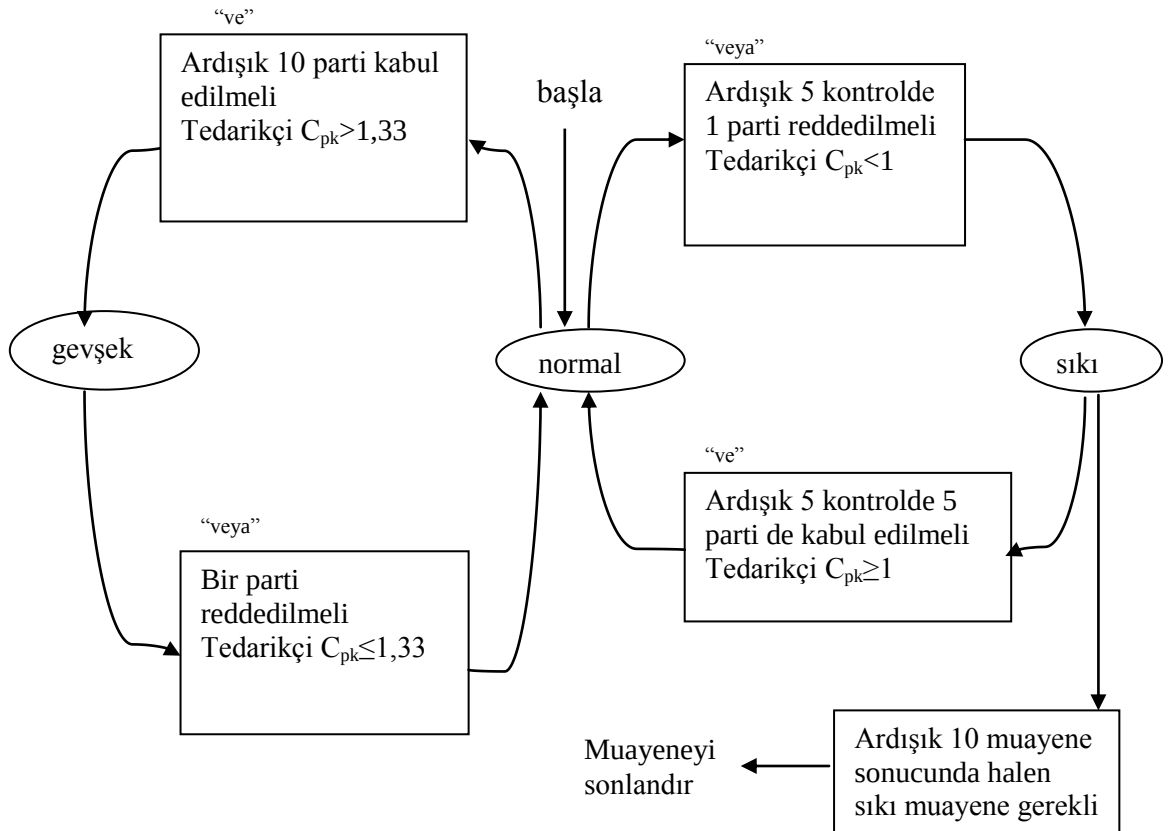
Çizelge 4.3b: Değişkenler için kabul örneklemesinde izin verilen hatalı oranları(Gevşek muayene).

Harf kodu	Örneklem boyutu	Kabul edilebilir nitelik düzeyi (Gevşek muayene)												
		,04 M	,065 M	,10 M	,15 M	,25 M	,40 M	,65 M	1 M	1,5 M	2,5 M	4 M	6,5 M	10 M
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7,59	18,86	26,94	33,69	40,47
C	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7,59	18,86	26,94	33,69	40,47
D	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7,59	18,86	26,94	33,69	40,47
E	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7,59	18,86	26,94	33,69	40,47
F	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1,53	5,50	10,92	16,45	22,86	29,45	36,90
G	5	↓	↓	↓	↓	↓	1,33	3,32	5,83	9,80	14,39	20,19	26,56	33,99
H	7	↓	↓	↓	0,422	1,06	2,14	3,55	5,35	8,40	12,20	17,35	23,29	30,50
I	10	↓	↓	0,349	0,716	1,30	2,17	3,26	4,77	7,29	10,54	15,17	20,74	27,57
J	10	↓	↓	0,349	0,716	1,30	2,17	3,26	4,77	7,29	10,54	15,17	20,74	27,57
K	15	0,186	0,312	0,503	0,818	1,31	2,11	3,05	4,31	6,56	9,46	13,71	18,94	25,61
L	20	0,228	0,365	0,544	0,846	1,29	2,05	2,95	4,09	6,17	8,92	12,99	18,03	24,53
M	20	0,228	0,365	0,544	0,846	1,29	2,05	2,95	4,09	6,17	8,92	12,99	18,03	24,53
N	25	0,250	0,380	0,551	0,877	1,29	2,00	2,86	3,97	5,97	8,63	12,57	17,51	23,97
O	30	0,280	0,413	0,581	0,879	1,29	1,98	2,83	3,91	5,86	8,47	12,36	17,24	23,58
P	50	0,250	0,363	0,503	0,789	1,17	1,71	2,49	3,45	5,20	7,61	11,23	15,87	22,00
Q	75	0,228	0,330	0,467	0,720	1,07	1,60	2,29	3,20	4,87	7,15	10,63	15,13	21,11



Normal muayene uygulanırken ardışık 5 kontrol içerisinde herhangi biri ret olmuş ise ve ya alınan örneklerden hesaplanan C_{pk} indeksi 1’den küçük ise sıkı muayeneye geçiş yapılmalıdır. Yeniden belirlenen KND ile yapılan ardışık 5 muayenede kabul ile sonuçlanıp C_{pk} indeksi 1’e eşit ya da büyük olana dek sıkı muayeneye devam edilir. Bu koşullar sağlandığında ise tekrar normal muayeneye dönülür. Son muayene sonucu kabul ise ve süreç yeterliliği 1,33’e eşit ya da büyük ise Çizelge 4.3b’den elde edilen değerlerin kullanılacağı gevşek muayeneye geçiş yapılır. Gevşek muayene esnasında her hangi bir parti reddedilir veya yeterlilik indeksi 1,33’ten küçük hesaplanır ise tekrar normal muayene dönülür. Ardışık 10 partinin kontrolü sıkı muayene gerektiriyor ise kabul örnekleme sonlandırılır ve problem tedarikçide çözülmeye çalışılır.

Değişkenler için kabul örnekleme malzeme gruplarına göre farklılık göstermemektedir çünkü kalite karakteristiklerinin tolerans değerleri zaten bu sınıflandırmalar göz önüne alınarak belirlenmiştir ve yeterlilik hesabında bu durum planlamaya etki etmektedir. Normal muayene ile başlayan süreçte muayene tipleri arasında geçiş koşulları Şekil 4.7 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.7 : Değişkenler için kabul örneklemesinde geçiş koşulları.

75 birimlik partiler halinde tedarik edilen buzdolabı alt paneli için kabul örnekleme yapılmak istendiği ve panel üzerindeki iki vida deliği arasındaki $49 \pm 0,3$ mm ölçüsünün kritik olması durumunda aşağıdaki yol izlenecektir.

- KND 0,01 olarak belirlendiğinde tablodan elde edilen kritik değer 3,26'dır.
- Parti boyutunun 75 olması Çizelge 4.2'ye göre normal muayene için 10 adet numune alınmasını gerektirir.
- Numune ölçümleri sırasıyla 49,3, 48,16, 49,4, 49,1, 48,45, 49,4, 49,43, 48,4, 49,7 ve 48,72'dir.
- Çift yönlü toleransa sahip bir karakteristiğe ait tahmini kusurlu oranının hesaplanması için öncelikle tahmini standart sapma hesaplanır ve 0,573 değeri elde edilir. Örneklerin ortalaması ise 48,826'dır.
- ZUSL; $(50,2-48,83) / 0,573$ eşitliği ile 2,4 ve ZASL; $(48,83-48,7) / 0,573$ eşitliği ile 0,23 olarak hesaplanır.
- Tahmini hatalı oranı 2,75 ise ZUSL ve ZASL değerlerinin toplamının $\sqrt{\frac{10}{9}}$ ile çarpılması ile elde edilir. Tahmini hatalı oranı M değerinden küçük olduğu için parti kabul edilir.

5. UYGULAMA ÇALIŞMASI

5.1 Firma Tanıtımı

Bosch Siemens Home Appliance (BSH) grubu dünyanın 3. büyük beyaz eşya üreticisi ve Avrupa’da beyaz eşya pazarı lideridir. Avrupa, Amerika, Latin Amerika ve Asya’daki 42 fabrikasında ürettiği beyaz eşya aletleri, 49 ülkedeki 70 şirketi aracılığıyla tüketicilere ulaşmaktadır. Bu 42 fabrikadan en büyüğü ise Çerkezköy, Tekirdağ’da bulunmaktadır. 550.000 m² alana kurulu Çerkezköy tesisi, son 5 yılda %44 üretim artışı gerçekleştirerek yaklaşık 4 milyon birim kapasiteye sahip olmuştur. Çamaşır makinesi, fırın, bulaşık makinesi, küçük ev aletleri, solo ve ankastre soğutucu fabrikaları olmak üzere Çerkezköy yerleşkesinde 6 farklı fabrika bulunmaktadır. Bu fabrikalarda Bosch, Siemens, Gaggenau, Thermador ve Profilo markalı ürünler üretilmektedir.

Çalışma kapsamında ele alınan fabrika ankastre soğutucu fabrikası olmuştur. Ankastre soğutucu fabrikasında günlük üretim adedi 288 olmasına rağmen ürünlerin birim satış fiyatı oldukça yüksek olduğundan 2014 yılında Çerkezköy yerleşkesinde en çok ciroya sahip olan fabrika olmuştur. Ankastre soğutucu fabrikasında Bosch, Siemens, Gaggenau, Thermador ve Miele için üretim yapılmaktadır. Üretilen dolap modelleri ve çeşitleri Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 : Soğutucu fabrikası ürün çeşitleri.

Dolap modeli	Marka sayısı	Ürün çeşidi	Varyasyonlar
Tek kapı dondurucu	5	4	26
Buz ve su dağıtıcılı ürünler	3	4	20
Tek kapılı soğutucu	4	4	23
Tek kapılı şarap soğutucu	3	4	19
Dondurucusu dipte olan soğutucu	5	5	30

5.2 BSH Ankastre Buzdolabı Fabrikasında Kabul Örneklemesi

Fabrika içerisinde kalite kontroller, tedarikçi kalite kontrol departmanı sorumluluğunda olan giriş kalite kontrol noktasında başlar, süreç kontrolleri ile iş istasyonları arasında devam eder ve her buzdolabının mutlaka test edildiği final kontrol noktasında son bulur. Test edilen ürünlerin arasından %10 oranında rastlantısal olarak alınan ürünler ise detaylı test edilirler. Bu denetleme sonrasında ürünler nihai müşterilerine sevk edilirler.

Ankastre soğutucu fabrikasında kullanılan parçaların neredeyse tamamı tedarikçilerden temin edilmektedir ve fabrika içerisinde montaj hatlarında ürüne dönüştürülmektedir. 118 farklı varyasyonun üretiminde kullanılmak üzere 3345 adet farklı kodda malzeme 160 ayrı tedarikçiden sağlanmaktadır. Her bir dolapta ise yaklaşık olarak 650 farklı parça kullanılmaktadır. Bu nedenle tedarik edilen parçaların istenilen kalite düzeyinde olması bitmiş ürünlerin kalitesini doğrudan etkileyeceğinden oldukça önemlidir. Çalışma kapsamında kabul örneklemesi uygulaması giriş kalite kontrol (GKK) sürecinde gerçekleştirilmiştir.

5.3 Giriş Kalite Kontrolde Kabul Örneklemesi

Tedarikçilerle ve fabrika içinde parçaların tanımlayıcısı 9 ile başlayan 10 haneli malzeme kodlarıdır. Her bir malzemeye bir kod verilmiştir. Mevcut durumda gelen malzemelere ait kodlar sistemde skip ya da kontrollü malzeme olarak tanımlanmıştır ve skip olarak SAP üzerinde tanımlı olan malzeme grupları için herhangi bir kontrol söz konusu değildir. Kontrollü malzeme kodları ise kalite kontrol elemanları tarafından kontrol edilip, onay verilmeden fabrika stok alanına çekilememektedir. Yapılan kontrollerde ise kabul örneklemesi söz konusu değildir, kontrol edilecek malzemeler %100 kontrole tabi tutulur. Ayıklanan hatalı parçalar tedarikçilerine iade edilir.

Fabrikada herhangi bir parça modifikasyona uğramışsa, tedarikçisi değişmiş ise ya da daha önce kullanılmaya bir parça kullanılmaya başlanacak ise parçanın kullanımına onay verilmesi süreci release prosesi olarak adlandırılmaktadır. Bu durumlarda sisteme yeni bir malzeme kodu tanımlanır ve sistem otomatik olarak bu malzemeyi

kontrollü olarak kabul eder. Ancak onayları tamamlanan parçalar bu bilgi dâhilinde iş yükü nedeniyle kontrol edilmeksizin stok alanına çekilebilmektedir.

Mevcut durumda bazı tedarikçilere ait tüm kodlar kontrollü olarak tanımlanmıştır. Bunun yanı sıra üretimde seri olarak aynı parça üzerinde hata ile karşılaşılıyorsa bir sonraki partinin %100 kontrol edilmesi için ilgili kod kontrollü malzeme olarak değiştirilir.

Mevcut durumda sadece giriş kalite kontrol (GKK) vasıflar için uygulanmaktadır denebilir çünkü herhangi bir kalite karakteristiğinde ölçüsel hataya rastlandığında kontrol esnasında mastar ile uygun-uygun değil ayrımı yapılmaktadır. Kontrol edilen kodlar genellikle görsel parçalar olup spesifikasyonlara uygunluk açısından görsel kontrole tabi tutulurlar.

Dördüncü bölümde detaylı olarak aktarılan kabul örneklemesini BSH Ankastre Fabrikası giriş kalite kontrol süreçlerinde uygulayarak, kısıtlı kaynak olan operatör iş yükünü verimli bir şekilde kullanabilmek, GKK etkinliğini artırmak ve %100 kontrolün sonlandırılabilmesi malzeme kodlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Temel hedef ise üretim hattına kaçan hatalı parça sayısını minimuma indirmektir.

5.4 Geliştirilen Metodoloji İle Giriş Kalite Kontrol Planlaması

Fiili olarak kullanılmakta olan aktif kod listesi oluşturulmuştur ve bu listede giriş kalite kontrole tabi tutulabilecek malzemeler kritik seviyelerine göre sınıflandırılmıştır. Parçalara giriş kalite kontrolde kabul örnekleme yapamamanın nedenleri aşağıda belirtilmiştir.

Fonksiyonellik kontrolü için gerekli ekipmanın GKK laboratuvarında olmaması

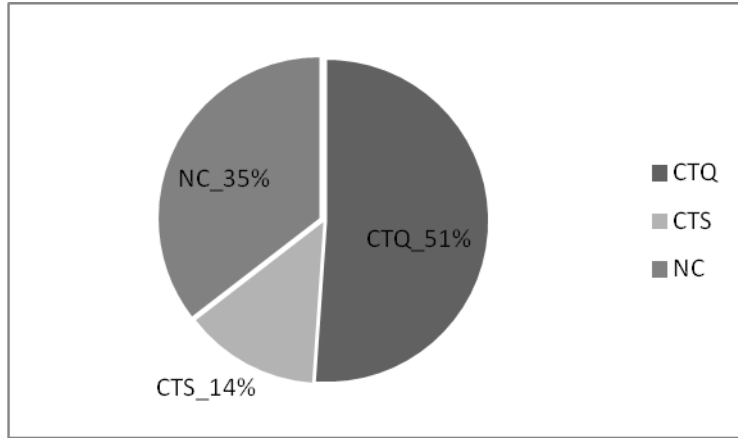
Parçaların hassasiyeti nedeniyle örnek alırken partideki diğer parçalara zarar verme ihtimalinin olması

Stok alanında beklemeksizin direk üretim alanına aktarılan parça olması

Kontrol için açılan ambalajların tekrar dayanıklı bir şekilde yapılamaması

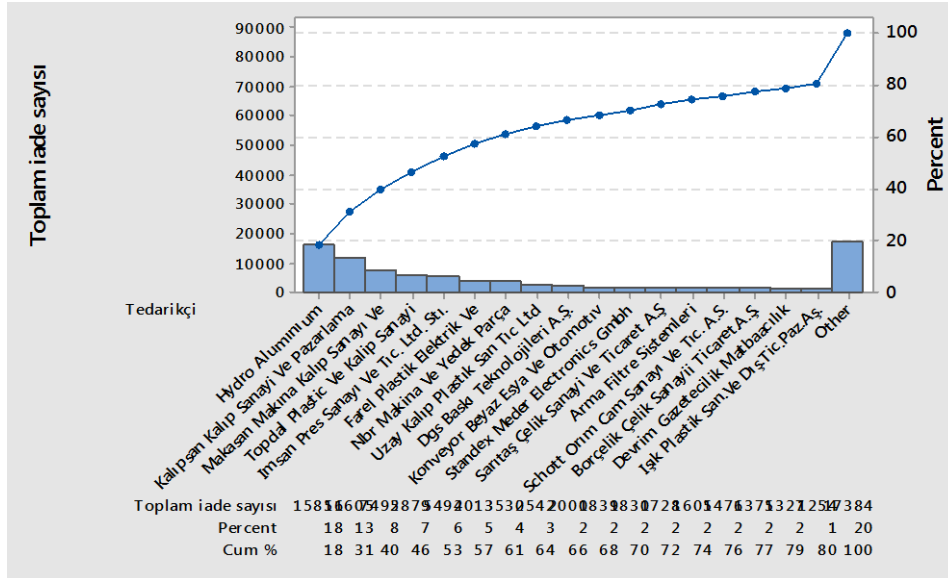
Mevcut kodlar öncelikle kontrol edilebilme durumları açısından değerlendirilmiştir ve 2506 adet parçanın kontrol edilebileceği saptanmıştır. Bu malzemelerin uzman görüşleri ve dolap üzerindeki kullanım yerleri dikkate alınarak malzeme grupları

belirlenmiştir. Şekil 5.1 malzeme gruplarının dağılımını göstermektedir. Listenin bir kısmı ise EK B de Çizelge B.1 ile gösterilmiştir.



Şekil 5.1 : Mevcut malzelerin gruplarına göre dağılımı.

Çalışma kapsamında kontrollerde göz önünde bulundurulacak kodlar ise 2014 yılında karşılaşılan hataların %80'ini oluşturan kodlardır. 2014 iadelerinin pareto analizi Şekil5.2'de gösterilmiştir. Hataların %80'ini oluşturan tedarikçilerin arasında GKK uygulanamayacak parçaları sevk eden tedarikçiler de çıkarıldığında kalan tedarikçiler ve bunların sevk ettiği ürünlerden oluşan liste Ek B'de Çizelge B.2 ile verilmiştir.



Şekil 5.2 : Tedarikçilere göre iade sayısının pareto analizi.

Çizelge B.2' deki malzeme listesi ise iadelerin %60'ını kapsayacak şekilde daraltılmıştır ve Çalışma kapsamında uygulamada kullanılmıştır. Çizelge 5.2 ile

sunulmuştur. İade yüzdelerinin kümülatif toplamında %60'dan sonra her bir kodun toplama etkisi %1 ya da 0'dır.

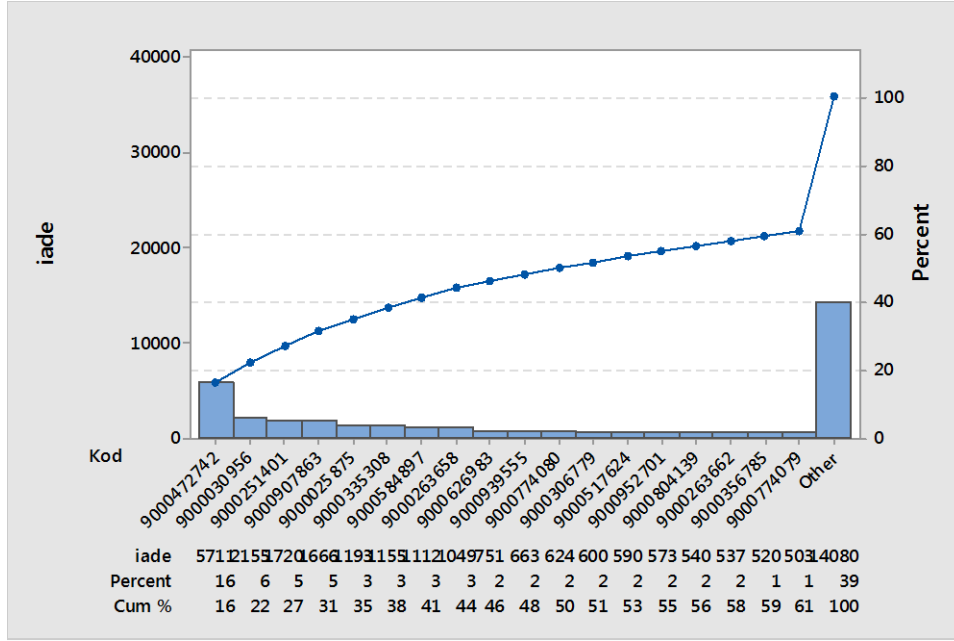
Çizelge 5.2: Çalışma kapsamındaki malzeme kodları ve iade oranları.

Malzeme kodu	Tedarikçi	2014 iade adedi	İade oranları
9000472742	Kalıpsan	5711	0,16
9000030956	Nbr	2155	0,06
9000251401	Standex Meder Electronics Gmbh	1720	0,05
9000907863	Imsan	1666	0,05
9000025875	Nbr	1193	0,03
9000335308	Kalıpsan	1155	0,03
9000584897	Imsan	1112	0,03
9000263658	Kalıpsan	1049	0,03
9000626983	Makasan	751	0,02
9000939555	Kalıpsan	663	0,02
9000774080	Konveyör	624	0,02
9000306779	Arma Filtre Sistemleri	600	0,02
9000517624	Imsan	590	0,02
9000952701	Kalıpsan	573	0,02
9000804139	Uzay Kalıp	540	0,02
9000263662	Kalıpsan	537	0,02
9000356785	Imsan	520	0,01
9000774079	Konveyör	503	0,01

Şekil 5.3'de belirlenen tedarikçilerin iadelerine ait Minitab1.7 ile elde edilmiş pareto diyagramı gösterilmiştir.

Ankastre soğutucu fabrikası için vasıflara yönelik kontrollerde kabul edilebilir nitelik seviyesi %2,5 olarak belirlenmiştir. İlgili tablolar kullanıldığında dikkat edilmesi gereken sütun bu olacaktır.

Partilerin kontrol sonuçlarının kaydedileceği bir Excel dosyası oluşturulmuştur. Malzeme kodu girildiğinde mevcut bir kod ise malzeme grubu karşımıza çıkacaktır, kod kayıtlarda yok ise yeni release çalışmasını tamamlayan bir kod olduğu anlaşılabacaktır ve özel durum koşulları geçerli olacaktır. Çizelge 5.2 ile verilen malzeme listesindeki 18 koda ait bir ay süre içerisinde farklı zamanlarda gelen partiler giriş kalite kontrolde kabul örneklemesine tabi tutulmuştur.



Şekil 5.3 : Malzeme kodlarına göre iade sayısının pareto analizi.

5.4.1 Vasıflar için kabul örnekleme

Odaklanılan kodlar içerisinde 15 farklı kod için uzman görüşü ve daha önce ilgili parçalarda yaşanan problemlerin tecrübesi ile vasıflar için kabul örnekleme yapılmasına karar verilmiştir.

Malzeme kodlarının tamamı CTQ malzeme grubuna aittir ve hiçbirisi için özel bir koşul söz konusu değildir. Bir aylık süre içerisinde 15 farklı malzeme grubuna ait 8 farklı tedarikçi den 83 parti sevkiyat gerçekleşmiştir. Nbr, Standex Meder Electronics Gmbh, Imsan, Makasan, Konveyör, Kalıpsan, Arma Ve Uzay firmalarına ait ppm değerleri ise sırayla 800, 630, 850, 645, 790, 1440, 758 ve 495'tir. ppm değerleri aylık olarak güncellenmekte ve kümülatif üzerinden değerlendirilmektedir. Vasıflar için yapılan örneklem kontrollere ait kayıtlar Çizelge 5.3 ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.3: Vasıflar için yapılan kabul örnekleme kayıtları.

Malzeme kodu	Mevcut kontrol tipi	Parti büyüklüğü	Örneklem boyutu	Kusurlu sayısı	Karar	Kontrol numarası
9000251401	sıkı	1350	125	5	kabul	1
9000025875	sıkı	200	32	0	kabul	1
9000030956	sıkı	250	32	1	kabul	1
9000774079	sıkı	72	13	0	kabul	1
9000517624	sıkı	120	20	1	kabul	1
9000626983	sıkı	48	8	2	ret	1
9000335308	sıkı	240	32	18	ret	1
9000907863	sıkı	250	32	0	kabul	1
9000306779	sıkı	24	3	0	kabul	1
9000804139	sıkı	150	20	0	kabul	1
9000472742	sıkı	1200	32	1	kabul	1
9000952701	sıkı	72	13	1	kabul	1
9000774080	sıkı	72	13	0	kabul	1
9000774079	sıkı	72	13	0	kabul	2
9000939555	sıkı	48	8	0	kabul	1
9000263658	sıkı	140	20	7	ret	1
9000472742	sıkı	1650	125	0	kabul	2
9000030956	sıkı	600	80	2	kabul	2
9000774080	sıkı	72	13	0	kabul	2
9000263658	sıkı	85	13	5	ret	2
9000335308	sıkı	180	32	0	kabul	2
9000517624	sıkı	180	32	2	kabul	2
9000306779	sıkı	24	3	0	kabul	2
9000907863	sıkı	400	50	1	kabul	2
9000804139	sıkı	150	20	0	kabul	2
9000025875	sıkı	200	32	0	kabul	2
9000939555	sıkı	48	8	0	kabul	2
9000774079	sıkı	72	13	0	kabul	3
9000939555	sıkı	48	8	1	kabul	3
9000025875	sıkı	200	32	1	kabul	3
9000907863	sıkı	150	20	0	kabul	3
9000774079	sıkı	72	13	0	kabul	4
9000472742	sıkı	830	80	2	kabul	3
9000804139	sıkı	150	20	20	ret	3
9000263658	sıkı	135	20	1	kabul	3
9000517624	sıkı	160	32	1	kabul	3
9000335308	sıkı	320	50	5	ret	3
9000774080	sıkı	72	13	0	kabul	3
9000030956	sıkı	1250	125	15	ret	3
9000774079	sıkı	72	13	0	kabul	5
9000472742	sıkı	680	80	1	kabul	4

Çizelge 5.3(devam) : Vasıflar için yapılan kabul örnekleme kayıtları.

Malzeme kodu	Mevcut kontrol tipi	Parti büyüklüğü	Örneklem boyutu	Kusurlu sayısı	Karar	Kontrol numarası
9000030956	sıkı	480	50	0	kabul	4
9000263658	sıkı	75	13	0	kabul	4
9000774080	sıkı	72	13	0	kabul	4
9000517624	sıkı	160	32	1	kabul	4
9000907863	sıkı	300	50	0	kabul	4
9000025875	sıkı	200	32	0	kabul	4
9000774080	sıkı	72	13	0	kabul	5
9000774079	normal	72	13	0	kabul	6
9000025875	sıkı	200	32	0	kabul	5
9000517624	sıkı	140	20	0	kabul	5
9000907863	sıkı	200	32	0	kabul	5
9000472742	sıkı	2150	125	3	kabul	5
9000907863	normal	250	32	1	kabul	6
9000774080	normal	72	13	1	kabul	6
9000774079	normal	72	13	1	kabul	7
9000472742	normal	1350	125	6	kabul	6
9000517624	normal	120	20	0	kabul	6
9000025875	normal	200	32	0	kabul	6
9000774079	normal	72	13	0	kabul	8
9000517624	normal	120	20	1	kabul	7
9000025875	normal	200	32	0	kabul	7
9000472742	normal	450	50	5	ret	7
9000774080	normal	72	13	0	kabul	7
9000774079	normal	72	13	1	kabul	9
9000472742	sıkı	200	32	0	kabul	8
9000774080	normal	72	13	0	kabul	8
9000025875	normal	200	32	1	kabul	8
9000517624	normal	120	20	0	kabul	8
9000025875	normal	200	32	1	kabul	9
9000774080	normal	72	13	0	kabul	9
9000517624	normal	120	20	1	kabul	9
9000774079	normal	72	13	5	ret	11
9000517624	normal	160	32	14	ret	10
9000025875	normal	200	32	0	kabul	10
9000025875	gevşek	200	13	0	kabul	11
9000774079	sıkı	72	13	0	kabul	12
9000517624	sıkı	160	32	0	kabul	11
9000774079	sıkı	72	13	0	kabul	13
9000517624	sıkı	160	32	0	kabul	12
9000774079	sıkı	72	13	0	kabul	14
9000774079	sıkı	72	13	0	kabul	15
9000774079	sıkı	72	13	0	kabul	16

NBR firmasından temin edilen 9000025825 kodlu malzemenin kontrolü esnasında tüm muayene tipleri arsında geçişler gerçekleşmiştir. İlk 5 muayenenin kabul ile sonuçlanması ardından altıncı muayenede tedarikçi ppm değeri kontrol edilmiş ve 600 olduğu görülmüştür. Dolayısıyla normal muayeneye geçiş yapılmıştır. On birinci kontrole gelindiğinde ise ardışık 10 kontrol sonucu kabul olduğundan ve henüz ppm güncellenmediğinden 600 olarak değerlendirildiği için gevşek muayeneye geçilmiştir.

9000472742 kodlu malzemede ardışık 5 parti hiçbir zaman kabul olmadığında hep sıkı muayenede kalınmıştır. 9000774079 kodlu malzemede ise onuncu muayene sonucu ret olduğundan gevşek muayene geçmek yerine tekrar sıkı muayeneye dönülmüştür.

Toplamda 2525 adet malzeme kontrol edilmiştir ve buna istinaden 16510 parça üretimde kullanılmak üzere stoklara alınmıştır. 11 parti 5065 adet malzeme ise giriş kontrolden tedarikçiye iade edilmiştir.

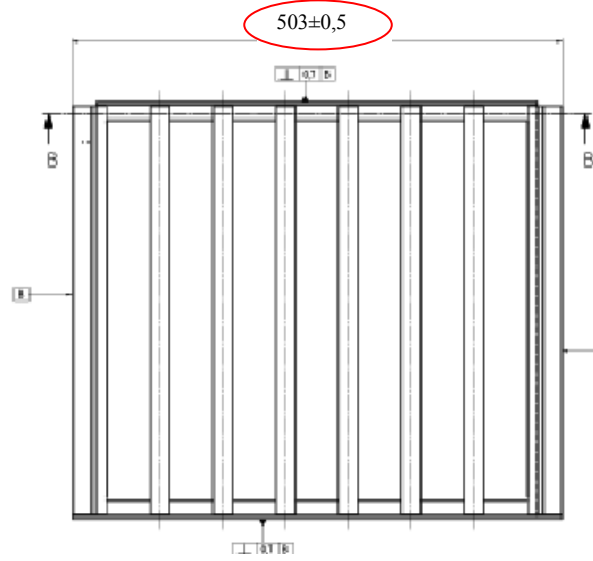
5.4.2 Değişkenler için kontrol planı

Odaklanılan kodlar içerisinde 3 farklı malzeme incelendiğinden ikisinin dolap iç sacının çizilmesine sebep olan ahşap raflara ait olduğu belirlenmiştir. Raflardaki genişlik ölçüsü spesifikasyonlarda belirtilenden büyük olduğunda raflar açılıp kapatılırken dolap iç sacına zarar vermektedir ve müşteri şikâyetine neden olmaktadır. Bu ölçünün kontrol altında tutulması tedarikçiden talep edilmiştir ve KND %1 olarak belirlenmiştir.

9000356785 ve 900584897 kodlu raflar 48 adetlik partiler halinde gelmektedir. Aynı prosten çıkan ve sadece kullanıldığı modeller farklı olduğu için kodları farklı olan raflar aynı kalite karakteristiği için aynı planda değerlendirilmişlerdir. Böylelikle örnek sayısı da arttırılmıştır. Çizelge4. 2'ye göre 48 adetlik bir partide normal ve sıkı muayane için örneklem boyutu 7, gevşek muayane için ise 3 olacaktır.

Gelen lotlardan alınan 7 örneğe ait ölçüm değerlerinden tahmini hatalı oranının hesaplanması için öncelikle sürecin tahmini standart sapması hesaplanmıştır. Tahmini standart sapma değerinden Z_{USL} ve ardından tablodan elde edilen M değeri ile karşılaştırmak için $\bar{p}$ değeri elde edilmiştir.

Muayene edilecek olan kalite karakteristiği Şekil 5.4’te gösterilmiştir.



Şekil 5.4 : Raflarda kontrol edilecek kalite karakteristiği.

Süreç gereği normal muayene ile başlayan kabul örnekleme ilk partide hesaplanan tahmini hatalı olasılığı Çizelge 4.3a’ dan elde edilen 3,55’ ten büyük olduğu için ret ile sonuçlanmıştır. Devamında gelen partiye sıkı muayene uygulanmıştır ve tahmini hatalı oranı yine Çizelge 4.3a’ dan sıkı muayene için 0,01 KND değerine bağlı olarak, 2,14 değeri ile mukayese edilmiştir. Ret kararı tedarikçiye bildirildiğinde tedarikçi mevcut stoklarını kontrol ederek gönderdiği için yeni gelen partiden alınan numunelerin ölçüm sonuçları ile tahmini hatalı oranı 1,73 hesaplanmıştır ve parti kabul edilmiştir. Ancak tedarikçi hatanın kök nedenini bularak kalıcı aksiyon alamadığı için sonraki 5 parti reddedilmiştir. 8,9 ve 10. kabul örnekleme toplam 21 rafın 7’ sinde rafların genişlik ölçüsünün tolerans dışında olduğu saptanmıştır. Ardışık 10 muayene de sıkı muayene gerektirdiğinden kabul örnekleme kodlu parça için sonlandırılmıştır.

Belirlenen periyot içerisinde bu malzeme için 77 adet ölçüm sonucunda 192 adet raf üretimde kullanılmak üzere kabul edilirken, 326 adet raf reddedilmiştir. Raflara ait kontrol detayları Çizelge 5.4 ile sunulmuştur.

Çizelge 5.4 : Değişkenler için kabul örnekleme kayıtları (Raf).

Ölçüm sonuçları	Tahmini stn. Sapma	Tahmini hatalı oranı	Muayene tipi	M değeri	Muayene sonucu
503,68					
503,55					
503,58					
503,49	0,24	5,22	normal	3,55	ret
503,12					
503,80					
503,82					
502,10					
503,84					
502,27					
502,88	0,62	1,73	sıkı	2,14	kabul
502,33					
502,07					
502,55					
503,10					
503,46					
503,11					
503,79	0,25	4,24	sıkı	2,14	ret
503,36					
503,61					
503,56					
503,27					
503,73					
503,32					
503,25	0,27	3,99	sıkı	2,14	ret
502,93					
503,52					
503,04					
503,35					
503,32					
503,33					
503,39	0,23	4,74	sıkı	2,14	ret
503,19					
503,63					
503,86					

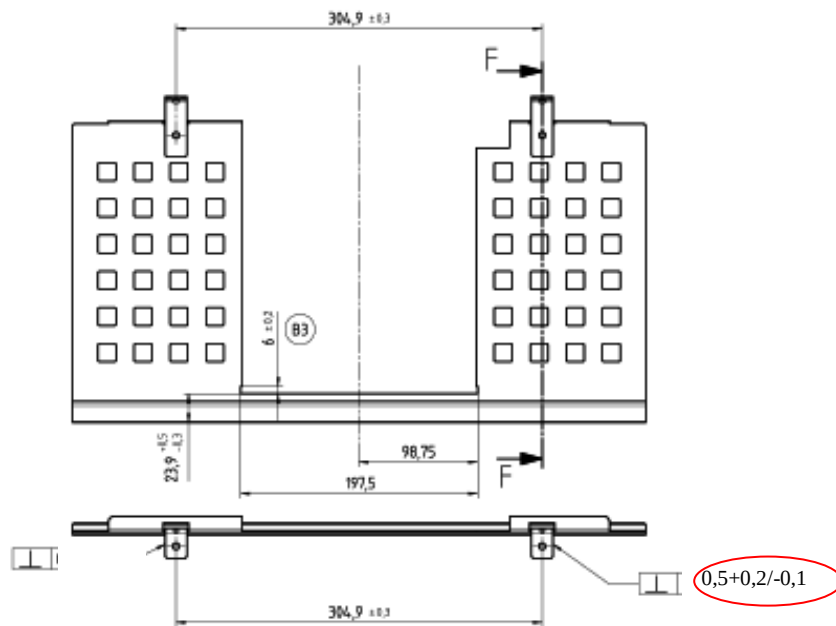
Çizelge 5.4 (devam) : Değişkenler için kabul örnekleme kayıtları (Raf).

Ölçüm sonuçları	Tahmini stn. Sapma	Tahmini hatalı oranı	Muayene tipi	M değeri	Muayene sonucu
503,49					
503,49					
503,47					
503,42	0,21	5,09	sıkı	2,14	ret
503,02					
503,05					
503,20					
502,92					
503,05					
503,52					
503,23	0,3	3,66	sıkı	2,14	ret
503,14					
503,73					
503,01					
502,83					
502,97					
503,42					
502,97	0,53	2,05	sıkı	2,14	kabul
502,95					
503,81					
502,10					
503,08					
502,39					
503,01					
503,89	0,53	2,04	sıkı	2,14	kabul
503,77					
503,52					
502,92					
503,58					
503,29					
503,74					
502,96	0,6	1,79	sıkı	2,14	kabul
503,14					
502,26					
502,20					

Çizelge 5.4 (devam) : Değişkenler için kabul örnekleme kayıtları (Raf).

Ölçüm sonuçları	Tahmini stn. Sapma	Tahmini hatalı oranı	Muayene tipi	M değeri	Muayene sonucu
503,32					
503,45					
503,24					
503,35	0,18	5,94	sıkı	2,14	ret
503,35					
503,17					
503,73					

9000263662 kodlu destek sacları 24 birimlik partiler şeklinde Konveyör firmasından tedarik edilmektedir. 2014 yılı içerisindeki hataların diklik ölçüsünün $0,5+0,2/-0,1$ tolerans dışında olmasından kaynaklandığı görülmüştür. Bu nedenle yapılacak kabul örneklemesinde dikkat edilecek kalite karakteristiği Şekil5.5'te gösterilen kritik ölçü olacaktır.



Şekil 5.5 : Destek saclarında kontrol edilecek kalite karakteristiği.

48 birimden oluşan partilerden değişkenler için kabul örneklemesinde sıkı ve normal muayeneler için 4 birim numune alınması gerektiği Çizelge 4.2’den bulunmuştur. Destek saclarına ait kontrol kayıtları Çizelge 5.5 ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.5 : Değişkenler için kabul örnekleme kayıtları (Destek sacı).

Ölçüm sonuçları	Tahmini stn. Sapma	Tahmini hatalı oranı	Muayene tipi	M değeri	Muayene sonucu	Cpk değeri
0,85 0,75 0,32 0,84	0,25	1,39	normal	1,53	kabul	
0,21 0,52 0,86 0,56	0,27	1,29	normal	1,53	kabul	
0,69 0,22 0,26 0,58	0,23	1,5	normal	1,53	kabul	0,18
0,68 0,33 0,59 0,18	0,23	1,51	normal	1,53	kabul	
0,26 0,27 0,82 0,63	0,19	1,18	normal	1,53	kabul	
0,90 0,32 0,33 0,70	0,29	1,21	sıkı	1,33	kabul	0,16
0,32 0,54 0,97 0,52	0,28	1,26	sıkı	1,33	kabul	0,13
0,46 0,87 0,40 0,21	0,28	1,25	sıkı	1,33	kabul	0,09

Çizelge 5.5(devam) : Değişkenler için kabul örnekleme kayıtları (Destek sacı).

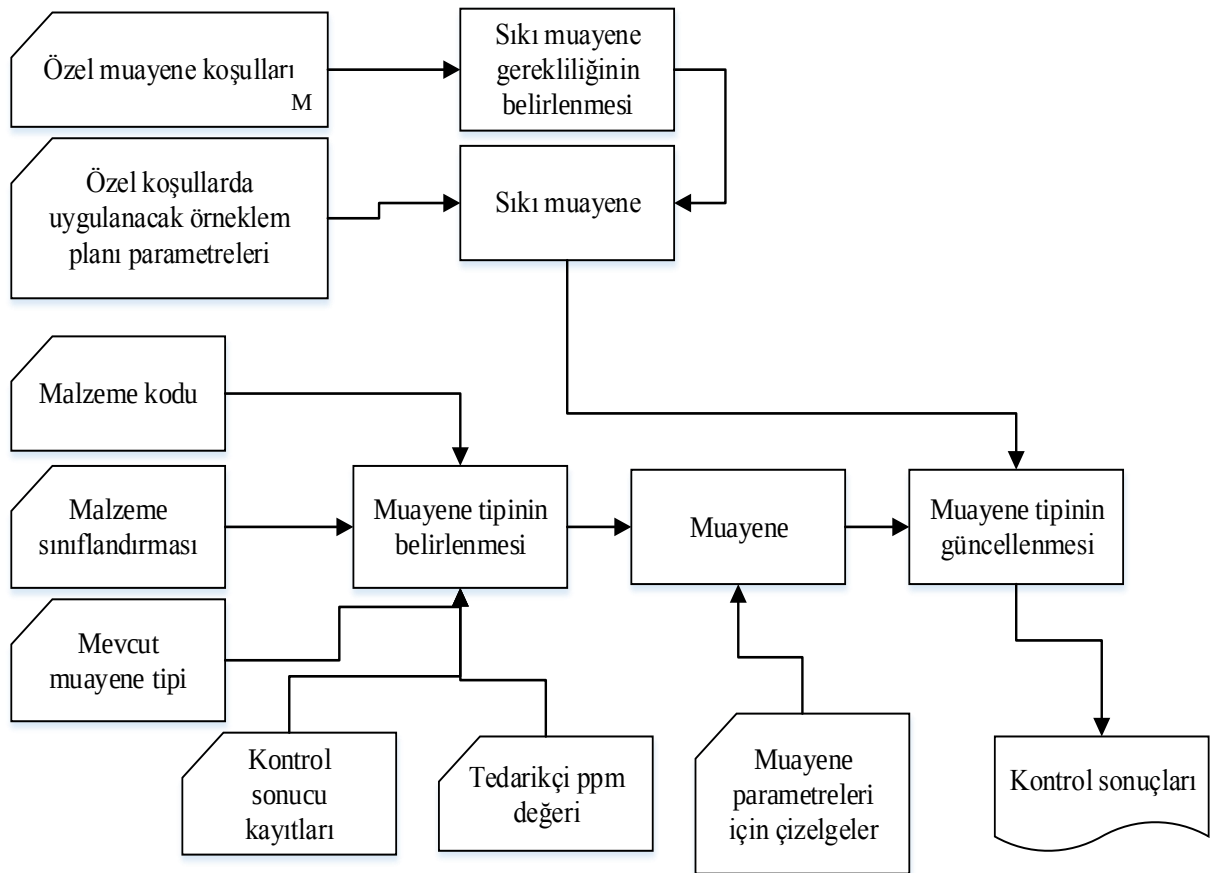
Ölçüm sonuçları	Tahmini stn. Sapma	Tahmini hatalı oranı	Muayene tipi	M değeri	Muayene sonucu	Cpk değeri
0,94 0,91 0,38 0,51	0,28	1,22	sıkı	1,33	kabul	0,02
0,70 0,31 0,90 0,45	0,26	1,31	sıkı	1,33	kabul	0,09
0,30 0,50 0,90 0,70	0,26	1,35	sıkı	1,33	ret	-
0,33 0,90 0,53 0,62	0,21	1,67	sıkı	1,33	ret	-
0,90 0,53 0,79 0,95	0,19	1,82	sıkı	1,33	ret	-

İlk kontrol sonucunda örneklerden elde edilen tahmini kusurlu oranı M değeri 1,53'ten küçük olduğu için kabul edilmiştir. Ardışık 5 muayenenin de kabul olması ardından Şekil4.6'daki akışın takibi için süreç yeterliliği hesaplanmıştır ve C_{pk} indeksi ilk 20 numuneden 0,18 olarak bulunmuştur. Ardışık 5 muayene kabul ile sonuçlanmasına rağmen süreç yetersiz olduğundan sıkı muayeneye geçilmiştir. Sıkı muayeneye geçildiğinde M değeri 1,33'e düşmüştür. 6. Muayeneden 10. Muayene kadar tüm partiler kabul edilmiştir ve sıkı muayeneden normale geçiş için yine her bir aşamada yeterlilik hesaplanmıştır. Ancak sırasıyla 0,16, 0,13, 0,09, 0,02 ve 0,09 C_{pk} indeksine sahip oldukları için mevcut muayene türü sıkı olarak devam edilmiştir. 11,12 ve 13. kontrollerde yapılan sıkı muayeneler ise ret ile sonuçlanmıştır. Yapılan 13 kabul örnekleme esnasında toplam 52 örnek üzerinde kalite karakteristiği ölçülmüştür ve sonucunda 240 adet destek sacı üretime alınmıştır. Ancak yapılan

yeterlilik çalışmaları göstermektedir ki tedarikçi sürecinin değişkenliği oldukça fazladır ve kontrol altında tutulması için üretim bandının detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir.

5.4.3 Kabul örnekleme için yazılım iş akış şeması

Geliştirilen yöntemin pratik kullanımının sağlanması ve sistemsel hale getirilmesi için geliştirilecek yazılıma ait genel iş akış şeması aşağıdaki Şekil5.6 ile sunulmuştur.



Şekil 5.6 : Kabul örnekleme için yazılım iş akış şeması.

Önerilen yöntem değişkenler ve vasıflar için detaylandırıldığından, değişkenler için kabul örnekleme tedarikçi ppm değeri metin dosyasının yerini kontroller sonucunda elde edilen C_{pk} değeri dosyası alacaktır. Muayene parametreleri çizelgeleri ise vasıflar için Çizelge4.1, Çizelge3.5, Çizelge3.6a, 3.6b ve 3.6c'yi kapsarken; değişkenler için Çizelge4.2, 4.3a ve 4.3b'yi kapsamaktadır. Özel muayene koşullarının olup olmadığı ise manuel olarak sisteme girilecektir.

Dosyalar arasında bilgi aktarımının sağlanmasında birincil anahtar olarak malzeme kodlarından yararlanılacaktır. Kontrol sonuçları ise tedarikçilerin kalite performansları ile ilgili yapılacak analizlerde, yeni projelerde tedarikçi seçimlerinde ve tedarikçilerden yeni malzemeler temin edilmeye başlanacağında kabul edilebilir nitelik düzeylerinin belirlenmesinde fayda sağlayacaktır.

5.4.4 KND' nin kabul örnekleme üzerine etkisi

KND muayene edilen bir partide saptanmış kusurluların tüketici tarafından kabul edilebilecek en büyük yüzde değeridir. Askeri standartlardan yararlanılarak önerilen metodolojinin içeriğinde de yer verilen tablolarda en kritik nokta belirlenen KND için istenilen değerlere ulaşabilmektir. Örneklem planları KND referans olarak oluşturulur. Ancak bu nokta tedariki için hedef kalite seviye değeri kesinlikle değildir sadece partilerin değerlendirilebilmesi için kullanılır. Tedarikçilerin KND seviyesinden daha iyi seviyede üretim yapması istenir. BSH Soğutucu fabrikasında tedarikçiler ile bu hususta mutabık kalınan değer vasıflar için 0,025, değişkenler için 0,01'dir. Vasıflar için yapılan kontrol sonuçlarının yer aldığı Çizelge B.3 0,10 KND için tekrar değerlendirildiğinde 11 adet reddedilen partiden 4 tanesinin kabul olacağı görülmüştür.

KND örneklem planının akışını doğrudan etkilemektedir. Örneğin 9000472742 kodlu parçanın 0,10 değeri ile gelen beşinci partisi de kabul edilebilir ve altıncı muayenede normal muayene uygulama seçeneği düşünülebilirdi.

İlgili tablolardan da görülebileceği üzere KND arttırıldıkça partilerin kabul edilme olasılıkları artmaktadır.

Değişkenler için yapılan muayene de ise aynı örnek sayısında KND arttığında M değeri de artar. 9000584897 kodlu malzemelerin kabul örneklemeleri esnasında reddedilen 7 parti KND 0,025 için tekrar değerlendirildiğinde, 6 parti tahmini hatalı oranları M değerinden küçük olduğu için kabul edilecektir.

Çalışma kapsamında tedarikçiler ile yapılan ortak KND 'ne sadık kalınmıştır ancak pratikte her parça için bu değer ayrı ayrı belirlenmelidir. Daha geniş kapsamda ise belirlenen her bir malzeme grubu için ortaklaştırılabilir.

5.5 Karşılaştırmalı Sonuçlar

Üretimde ilk seferde doğru üret ilkesi benimsendiğinden kullanılan parçaların kusursuz olması beklenmektedir. Kusurlu parçaların üretim alanına gitmesi hem üretim hızını yavaşlatacak hem de bitmiş ürün kalitesini düşürerek müşteri şikâyetine neden olacaktır. Üretimde karşılaşılan hatalar ise hatalı sayısının kullanılan malzemeye oranı ile takip edilmektedir.

01.02.2015 ile 28.02.2015 tarihleri arasında 18 farklı kod için yapılan kabul örneklemesinin etkinliğinin ölçülmesi için bu malzemelerin üretimde kullanılması esnasında karşılaşılan hatalı parçaların sayıları değerlendirilmiştir ve mevcut durum ile karşılaştırılmıştır. Mevcut durum Ocak ayı sonu verileri ile incelenirken, önerilen metot ile yapılan kontrol sonuçları Şubat ayı sonunda elde edilen veriler ile incelenmiştir. Verilerin eksiksiz ve doğru olabilmesi için kullanılan ERP yazılım sisteminin de yapısı gereği performans indikatörleri ay sonunda netleştirilmektedir.

Mevcut durumda ilgili kodlardan 9000306779, 9000626983 ve 9000335308 sırasıyla Arma, Makasan ve Kalipsan'dan tedarik edilen kontrollü malzemelerdir ve %100 kontrole tabi tutulmaktadır. Diğer 15 kod için girişte herhangi bir kontrol yoktur ancak üretim esnasında ard arda hata ile karşılaşırsa giriş kalite kontrol operatörüne bilgi verilmektedir ve içerideki parti kontrol edilmektedir.

Ocak ve Şubat ayı içerisinde 18 koddan üretimde kullanılan ve üretim bandından hatalı olarak ayrılan malzeme miktarları Çizelge 5.6 ile verilmiştir.

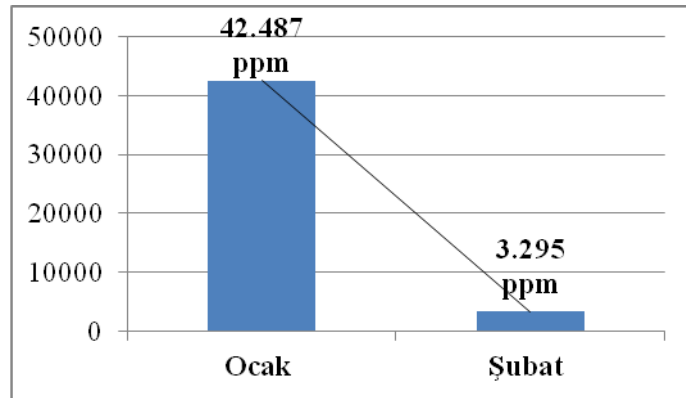
Çizelge 5.6 : Üretimde ayrılan hatalı adetleri.

	Malzeme adetleri		Üretim hattından ayrılan hatalı adedi		Notlar
	Ocak	Şubat	Ocak	Şubat	
9000472742	7480	8550	145	12	Parti iadesi
9000030956	1850	2580	15	3	
9000251401	1600	1350	28	7	
9000907863	1200	1550	1		
9000025875	2600	2200	67	14	
9000335308	480	740	3	9	
9000584897	192	240	52		

Çizelge 5.6(devam) : Üretimde ayrılan hatalı adetleri.

	Malzeme adetleri		Üretim hattından ayrılan hatalı adedi		Notlar
	Ocak	Şubat	Ocak	Şubat	
9000263658	750	435	325		Parti iadesi
9000626983	240	48			
9000939555	185	144	2		
9000774080	780	648	15		
9000306779	120	48			
9000517624	2600	1720	255	21	Parti iadesi
9000952701	48	72			
9000804139	300	450		2	
9000263662	264	312			
9000356785	336	288	21	6	
9000774079	840	1080			

Karşılaştırma yapmak için tercih edilen birim ppm'dir. Ocak ayı içerisinde ilgili malzeme kodlarının iade oranı 42.487 ppm'dir. Geliştirilen metodolojinin uygulanması ardından Şubat ayı değeri ise 3.295 ppm olarak hesaplanmıştır. Çalışma dahilindeki kodlar için uygulama öncesi ve sonrası durum arasındaki fark grafiksel olarak Şekil 5.7'da gösterilmiştir.



Şekil 5.7 : Üretimde karşılaşılan hatalı oranı karşılaştırma grafiği.

Kontroller esnasında kullanılan kaynaklar açısından karşılaştırmak için ise adam saat hesabı yapılmıştır. %100 kontrolde olan 9000306779, 9000626983 ve 9000335308 kodlu parçaların birim muayene süresi sırasıyla 10, 7 ve 12 saniyedir. Ocak ayı gelen malzeme adetlerine göre kontrol süresi hesaplanarak, %10'da kayıp

zaman ilave edildiğinde $((10*120)+(7*240)+(12*480))*1,1$ 2,7 adam/saat elde edilmiştir. Şubat ayı kabul örneklemelerinde ise toplam 2525 adet vasıflara yönelik, 129 adet ölçüme yönelik kontrol gerçekleştirilmiştir. 18 farklı kodun kontrolünü 1 kontrol operatörü 8,30 saatte gerçekleştirmiştir.

GKK operatörünün belirlenen kodlara yönelik kontrol süresi uzamasına rağmen, üretim hattında karşılaşılan hata sayısı %64 oranında azalmıştır.

9000472742, 9000263658 ve 900017624 kodlu malzemelerden üretim bandında arda arda hatalı ayrıldığı için parti iadesi yapılması ile Ocak ayı içerisinde 150 dakikalık üretim duruşu yaşanmıştır. GKK’de, seri hatalar yakalanarak üretime verilmeden parti iadesi yapıldığından Şubat ayında bu malzemeler kaynaklı herhangi bir duruş olmamıştır.

150 dakikalık üretim duruşunun bedeli 3.135 TL olarak hesaplanmıştır. Bir kişinin bir saatlik çalışma bedeli ise 25 TL’dir. 5,6 saat daha fazla süren kontrolde operatöre verilecek işçilik bedeli 140 TL olacaktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelişen teknoloji ile birlikte tüketicilerin istedikleri ürünlere ulaşabilmesi çok daha kolay hale gelmiştir. Müşteriler, ürünler ve üreticiler arasında karşılaştırma yapabilmektedir ve küreselleşen günümüz dünyasında diledikleri yerden ürünlerini alabilmektedirler. Bu durum üreticiler arasında rekabeti oldukça arttırmıştır ve nihai kullanıcılarına istedikleri zamanda, istedikleri kalite ve maliyette ürün ya da hizmet sunabilmek için üretimlerinin her aşamasında iyileştirme çalışmaları ihtiyacını ve verimlilik arayışını doğurmuştur.

Verimlilik için ilk seferde doğru ürünü üretme ilkesini benimseyen işletmelerde sürecin kontrol altında olması ve istenilen spesifikasyonlarda üretim yapabilen, değişkenliklerin az olduğu üretim hatlarının olması oldukça kritiktir. Ancak bitmiş ürün kalitesini etkileyen bir diğer girdi ise tedarik edilen parçalar olduğundan, tedarikçi kalitelerinin artırılması ve kusursuz parçaların kullanılması da çok önemlidir. Tedarik edilen parçaların kalitelerini kontrol altında tutabilmek için işletmeler giriş kalite kontrol birimleri oluşturmaktadırlar.

İşletmelerde kullanılan her malzemenin üretimden önce %100 kontrol edilmesi mümkün olmamakla beraber istenilen bir durum da değildir. Bu nedenle kaynakların verimli bir şekilde kullanılacağı hem de kusurlu parçaların üretim hattına girmeden önce yakalanabileceği bir sisteme ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmamız kapsamında GKK süreçlerinde kabul örneklemesine odaklanılarak bu ihtiyaç doğrultusunda yeni bir yöntem geliştirilmiştir.

Literatürde kabul örneklemesine yönelik çalışmalar incelenmiştir ve malzemelerin fonksiyonları, kullanım yerleri, gibi sınıflandırmalar yapılmaksızın aynı kabul örneklemesine tâbi tutuldukları görülmüştür. Parçalar sadece kendi içlerinde değerlendirildiği ve aynı tedarikçiden temin edilen farklı malzemelerin muayeneleri esnasında tedarikçi faktörleri göz önüne alınmadığı saptanmıştır. Gelen tüm

partilerin eşit önem düzeyinde değerlendirildiği ve parti kalitesine etki edebilecek dış faktörlerin de örneklem planına dâhil edilmediği sonucu çıkarılmıştır.

Kabul örnekleme sürecinin GKK süreçlerinde etkin bir şekilde kullanımını sağlamak amacıyla yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemde tedarikçilerin sipariş durumları, içinde bulunulan mevsimin ilgili parça üzerinde olumsuz bir etkisinin olup olmaması ve tedarikçinin henüz öğrenim aşamasında olacağından parçaların hatalı olma olasılığının yüksek olacağı ilk kez sevk edilen bir parça olup olmadığı durumları öncelikle sorgulanmaktadır. Bu koşulların herhangi birinin olması durumunda daha çok örnek kontrolü gerektiren ve kabul edilebilir kusurlu sayısının daha düşük olduğu sıkı muayene olarak adlandırılan daha katı bir muayene uygulanmaktadır.

Diğer yöntemler de olduğu gibi geliştirilen yöntemde de KND önemli bir parametre olarak sürece dâhil edilmiştir. Askeri standartlardan alınan çizelgeler yardımıyla örneklem boyutları ve karar verebilmek için karşılaştırma yapılacak kabul-ret sayılarının belirlenmesi sağlanmıştır.

Muayene seviyeleri arasında geçiş koşullarında ise tedarikçilerin güncel kalite performansları göz önüne alınmıştır. Vasıflar ve değişkenler için olmak üzere örneklem planı detaylandırılmıştır. Vasıflar için örneklem planlarında tedarikçilerin iade oranı ppm olarak değerlendirilirken, değişkenler için geçiş koşullarında tedarikçi süreçlerinin yeterlilikler C_{pk} indeksi ile değerlendirmeye alınmıştır.

Örneklem muayeneleri tek katlı planlar ile gerçekleştirilmiştir. Gevşek, normal, sıkı ve atlamalı olarak seviyelendirilmişlerdir. Malzemeler ise CTS, CTQ ve NC olarak seviyelendirilmiştir ve mevcut kodlar için veri tabanı oluşturulmuştur. Örneklem planları her bir malzeme grubu için farklı geçiş kuralları, farklı muayeneler içerecek şekilde geliştirilmiştir ve akış diyagramı ile sunulmuştur.

Yapılan uygulama çalışmasının sonuçları tedarikçi kalite problemi kaynaklı duruşlar, GKK'de muayene için harcanan süre, üretim bandında karşılaşılan hata oranı açısından karşılaştırıldığında geliştirilen yöntemin daha avantajlı olduğu sonucu elde edilmiştir.

Geliştirilen yöntem çalışma kapsamında sadece GKK operatörleri tarafından yapılan muayenelerde değerlendirilmiştir ancak üretim sisteminin her aşamasında kullanımı için yaygınlaştırılabilir bir yöntemdir. Süreç kontrollerde, istasyonlar arasında ara

stoklarda ve bitmiş ürünler için final kontrolde de aynı ya da farklı kriterler ile geliştirilebilir.

Yöntemin sürekliliğinin ve etkinliğinin korunması için ise dikkat edilmesi gereken kritik başarı faktörleri, malzeme kodlarının ve sınıflandırmalarının güncel ve doğru olması, kontrol kayıtlarının kolay erişilebilir ve doğru bir şekilde saklanması, tedarikçi kalite performans değerlerinin güncel ve doğru olması mümkün ise tüm parametrelerin sisteme entegresinin sağlanmasıdır.

KAYNAKLAR

- Ağbuga, O.** (2007). *Toplam Kalite Yönetiminde Kalite Çemberleri Ve İki Farklı İşletmede Kalite Çemberi Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Aslam, M., Lio, Y. L., & Jun, C.-H.** (2013). Repetitive acceptance sampling plans for burr type XII percentiles. *Int J Adv Manuf Technol*, **68** , 495–507.
- Aslam, M., Wu, C.-W., Azam, M., & Jun, C.-H.** (2013). Variable sampling inspection for resubmitted lots based on process Cpk. *Applied Mathematical Modelling*, **37** , 667-675.
- Aslama, M., Niaki, S., Rasool, M., & Fallahnezhad, M.** (2012). Decision rule of repetitive acceptance sampling plans assuring percentile life. *Scientia Iranica*, **19** , 879-884.
- Bhattacharya, R., Pradhana, B., & Dewanji, A.** (2015). Computation of optimum reliability acceptance sampling plans in presence of hybrid censoring. *Computational Statistics and Data Analysis*, **83** , 91-100.
- BİRCAN, H., & GEDİK, H.** (2003). Tekstil Sektöründe İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri Uygulaması Üzerinebir Deneme. *C.Ü. İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt 4, 2, 69-80.
- Bostan, H.** (2010). *İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Motor Yenileştirme Sürecinde Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir.
- Bothe, D. R.** (1999). A Capability Index For Multiple Process Streams. *Quality Engineering*, **11(4)** , 613-618.
- Bothe, D. R.** (1999-2000). Composite Capability Index For Multiple Product Characteristics. *Quality Engineering*, **12(2)**, 253-258.
- Castilla, J. A., Sanche, M., Garrido, A., Ramirez, J. P., Clavero, A., & Martinez, L.** (2007). Procedure control and acceptance sampling plans for donorsperm banks: a theoretical study. *Cell Tissue Banking* **8** , 257–265.
- Chen, K.-S., Yang, S.-L., & Chen, H.-T.** (2014). Process improvement capability index with cost – A modeling method of mathematical programming. *Applied Mathematical Modelling* .
- Deming, W. E.** (1966). *Some Theory of Sampling* . New York, Dover Publications.
- Ege, Ö.** (2000). Ewma Kontrol Kartının Shewhart Ve Cusum Kontrol Kartları İle Karşılaştırılması-Simülasyon Denemesi-. *D.E.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi* , 125-132.

- Ertugrul, İ., & Karakasoglu, N.** (2006). Kalite Kontrolde Örneklem Büyüklüğünün Degisken Olmasi Durumunda P Kontrol Şemalarinin Oluşturulmasi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Yıl: 5, 10* , 65-80.
- Fournel, I., Tiv, M., Hua, C., Soulias, M., & Astruc, K.** (2010). Randomisation and sample size for clinical audit on infection control. *Journal of Hospital Infection*, 76 , 292-295.
- Hounsflow, V. B., & Whart, A. G.** (t.y.). An Application of Least Cost Acceptance Sampling Schemes. 8-17.
- Hoyle, D.** (2001). ISO 9000 Quality Systems Handbooks. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Jaraiedi, M., & Segall, R. S.** (1990). Mathematical modelling of Dodge-Romig sampling plans for random incoming quality. *Appl. Math. Modelling* Vol. 14 , 264-270.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B.** (1998). Juran's Quality Handbook (5 b.). New York: McGraw-Hill.
- Kandananond, K.** (2014). Guidelines for Applying Statistical Quality Control Method to Monitor Autocorrelated Procoesses. *Procedia Engineering* 69 , 1449 – 1458.
- Kaya, İ.** (2010). *Altı Sigma Yaklaşımında Bulanık Süreç Yeterliliği Analizleri*, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Klufa, J.** (2014). Dodge-Romig AOQL Sampling Plans for Inspection by Variables – Optimal Solution. *Procedia Economics and Finance* 12 , 302 – 308.
- Kobilinskya, A., & Bertheaub, Y.** (2005). Minimum cost acceptance sampling plans for grain control, with application to GMO detection. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 75 , 189– 200.
- Kotz, S., & Johnson, N. L.** (1993). Process Capability Indices. London : Chapman And Hall.
- Lam, Y., Li, K.-H., & Ip, W.-C.** (2006). Sequential variable sampling plan for normal distribution. *European Journal of Operational Research*, 172 , 127–145.
- Lazariv, T., Okhrin, Y., & Schmid, W.** (2015). Behavior of EWMA type control charts for small smoothing parameters. *Computational Statistics and Data Analysis* .
- Mitra, A.** (2008). Fundamentals Of Quality Control And Improvement (3 B.). United States Of America: WILEY.
- Montgomery, D. C.** (2009). Introduction To Statistical Quality Control . United States of America: WILEY.
- Mussidaa, A., Gonzales-Barron, U., & Butler, F.** (2011). Operating characteristic curves for single, double and multiple fraction defective sampling plans developed for Cronobacter. *Procedia Food Science*, 1 , 979 – 986.

- Nezhad, M. F., & Nasab, H. H.** (2012). A new Bayesian acceptance sampling plan considering inspection errors. *Scientia Iranica E* ,**19** (6) , 1865–1869.
- Öner, M., & Karaman, R.** (2004). Nitel Özelliklere Göre Yapılan Kabul Muayenelerinde Tekli Örnekleme Planinin Tasarımı. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* , 499-511.
- Özdemir, T.** (2000). İstatistiksel Kalite Kontrol. Ankara: A.Ü.F.F. Döner Sermaye Yayınları No:62.
- Peng, C.-Y., & T. Khasawneh, M.** (2014). A Markovian approach to determining optimum process means. *Int J Adv Manuf Technol* **72** , 1299–1323.
- Santos-Fernández, E., Govindaraju, K., & Jon, G.** (2014). A new variables acceptance sampling plan for food safety. *Food Control* **44** , 249 - 257.
- Santos-Fernandez, E., Govindaraju, K., & Jones, G.** (2015). Variables sampling plans using composite samples for food quality assurance. *Food Controls*, **50** , 530-538.
- Schilling, E. G., & Neubauer, D. V.** (2009). Acceptance Sampling in Quality Control (2 b.). New York: CRC Press.
- Shiau, Y.-R.** (2003). Inspection Allocation Planning for a Multiple Quality Characteristic Advanced Manufacturing System. *Int J Adv Manuf Technol*, **21** , 494–500.
- Shiau, Y.-R., Lin, M.-H., & Chuang, W.-C.** (2007). Concurrent process/inspection planning for a customized manufacturing system based on genetic algorithm. *Int J Adv Manuf Technol*, **33** , 746–755.
- Staudera, J., Buchholza, S., Klockea, F., & Mattfelda, P.** (2014). A new framework to evaluate the process capability of production technologies during production ramp-up. *Procedia CIRP*, **20** , 126 – 131.
- Şahin, O.** (2013). İstatistiksel Proses Kontrolünde Proses Yeterlilik Analizi Ve Tekstil Endüstrisinde Uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi* , 253-271.
- Tong, X., Wang, Z., Xie, H., Liang, D., & Jiang, Z.** (2011). Designing atwo-rank acceptance sampling plan for quality inspection of geospatial data products. *Computers&Geosciences*, **37** , 1570–1583.
- Tsai, T.-R., & Lin, C.-W.** (2010). Acceptance sampling plans under progressive interval censoring with likelihood ratio. *Stat Papers*, **51** , 259–271.
- TUİK.** (2011). İstatistiksel Kalite Kontrol Sorularla Resmi İstatistikler Dizisi, TUİK Matbaası, Ankara.
- Wu, C.-W., & Liu, S.-W.** (2014). Developing a sampling plan by variables inspection for controlling lot fraction of defectives. *Applied Mathematical Modelling*, **38** , 2303-2310.
- Wu, C.-W., & W.L., P.** (2008). A variables sampling plan based on Cpmk for product. *European Journal of Operational Research*, **184** , 549-560.

- Wu, C.-W., Shu, M.-H., & Nug, A. A.** (2015). A flexible process-capability-qualified resubmission-allowed acceptance sampling scheme. *Computers & Industrial Engineering* , 62-71.
- Yen, C.-H., Aslam, M., & Jun, C.-H.** (2014). A lot inspection sampling plan based on EWMA yield index. *Int J Adv Manuf Technol*, **75** , 861-868.
- Yılmaz, M.** (2007). *Kalite Yönetim Sisteminin İş Doyumuna Etkisi: Kalite Belgesi Bulunan Ve Bulunmayan Matba İşletmelerinde Bir Uygulama*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara.
- Zhou, W., & Lian, Z.** (2011). Optimum design of a new VSS-NP chart with adjusting sampling inspection. *Int. J. Production Economics*, **129** , 8-13.
- Url-1** <http://www.endustri.anadolu.edu.tr/nerginel/TKY302/icerik/6_SPC.pdf>, alındığı tarih: 08.10.2014.
- Url-2** < <https://kazimkaraboga.files.wordpress.com/.../istatistiksel-surec-kontrol.pdf> >, alındığı tarih: 03.01.2015.

EKLER

EK A: Örneklem planı oluşturmak ve değerlendirmek için kullanılan değer tabloları

EK B: Uygulama verileri

EK A

Çizelge A.1 : Tekli, çift katlı ve çoklu örneklem planları için birim değerler.

Plan		$R =$ p_2/p_1 np_2			.99	.95	.90	.75	.50	.25	.10	.05	.01	.005	.001	.0005	.0001
OS	Ac = 0 Re = 1	44.893	2.303	np	.0101	.0513	.105	.288	.693	1.386	2.303	2.996	4.605	5.298	6.908	7.601	9.206
				$\frac{ASN}{n_1}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
XD	Ac = # 1 Re = 1 2	32.655	1.636	np	.0100	.0501	.101	.259	.573	1.053	1.636	2.057	2.995	3.389	4.286	4.668	5.542
				$\frac{ASN}{n_1}$	1.990	1.951	1.904	1.772	1.564	1.349	1.195	1.128	1.050	1.034	1.014	1.009	1.004
XM	Ac = # # 0 0 1 2 3 Re = 1 1 2 2 3 4 4	33.254	.838	np	.00501	.0252	.0508	.132	.294	.539	.838	1.057	1.566	1.788	2.312	2.541	3.071
				$\frac{ASN}{n_1}$	2.995	2.973	2.941	2.821	2.538	2.119	1.732	1.536	1.271	1.205	1.111	1.086	1.049
XXD	Ac = 0 1 Re = 2 2 $\left[\begin{array}{l} \text{For this plan} \\ \text{only use} \\ n_2 = 5n_1 \end{array} \right]$	20.193	2.302	np	.0459	.114	.176	.347	.713	1.388	2.302	2.993	4.571	5.201	6.815	7.490	9.048
				$\frac{ASN}{n_1}$	1.219	1.507	1.737	2.226	2.748	2.732	2.151	1.750	1.237	1.143	1.037	1.021	1.005
XXM	Ac = # # 0 0 1 2 3 Re = 1 2 2 2 3 4 4	20.204	.891	np	.00968	.0441	.0817	.183	.357	.602	.891	1.102	1.593	1.808	2.321	2.546	3.074
				$\frac{ASN}{n_1}$	3.018	3.067	3.095	3.072	2.834	2.383	1.927	1.685	1.345	1.259	1.135	1.103	1.056
IS	Ac = 1 Re = 2	10.958	3.890	np	.149	.355	.532	.961	1.678	2.693	3.890	4.744	6.638	7.430	9.234	10.000	11.759
				$\frac{ASN}{n_1}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ID	Ac = 0 1 Re = 2 2	12.029	2.490	np	.0860	.207	.310	.566	1.006	1.661	2.490	3.124	4.649	5.324	6.914	7.604	9.209
				$\frac{ASN}{n_1}$	1.079	1.168	1.228	1.321	1.368	1.316	1.206	1.137	1.045	1.026	1.007	1.004	1.001
IM	Ac = # # 0 0 1 1 2 Re = 2 2 2 3 3 3 3	8.903	.917	np	.0459	.103	.148	.252	.416	.643	.917	1.121	1.602	1.815	2.325	2.549	3.075
				$\frac{ASN}{n_1}$	3.254	3.501	3.637	3.774	3.640	3.169	2.601	2.270	1.761	1.618	1.388	1.319	1.205

Ac: Kabul edilebilir hatalı sayısı /Rc: Ret sayısı

Çizelge A.1(devam) : Tekli, çift katlı ve çoklu örneklem planları için birim değerler.

2S	Ac=2 Re=3	6.506	5.322	$\frac{np}{ASN}$	.436	.818	1.102	1.727	2.674	3.920	5.322	6.296	8.406	9.274	11.230	12.053	13.934
				$\frac{n_1}{ASN}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2D	Ac=0 3 Re=3 4	5.357	3.402	$\frac{np}{ASN}$	.363	.635	.827	1.231	1.816	2.566	3.402	3.986	5.290	5.852	7.201	7.810	9.295
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.298	1.443	1.511	1.581	1.564	1.450	1.306	1.222	1.097	1.066	1.025	1.016	1.005
2M	Ac=# 0 0 1 2 3 4 Re=2 3 3 4 4 5 5	6.244	1.355	$\frac{np}{ASN}$	.111	.217	.293	.451	.683	.988	1.355	1.635	2.343	2.671	3.458	3.803	4.602
				$\frac{n_1}{ASN}$	2.432	2.789	2.983	3.207	3.165	2.776	2.261	1.950	1.470	1.344	1.167	1.122	1.060
3S	Ac=3 Re=4	4.891	6.681	$\frac{np}{ASN}$	.823	1.366	1.745	2.535	3.672	5.109	6.681	7.754	10.045	10.978	13.062	13.935	15.922
				$\frac{n_1}{ASN}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3D	Ac=1 4 Re=4 5	4.398	4.398	$\frac{np}{ASN}$	.635	1.000	1.246	1.750	2.465	3.373	4.398	5.130	6.808	7.542	9.270	10.019	11.757
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.130	1.245	1.316	1.421	1.470	1.414	1.293	1.211	1.084	1.053	1.017	1.010	1.003
3M	Ac=# 0 1 2 3 4 6 Re=3 3 4 5 6 6 7	4.672	1.626	$\frac{np}{ASN}$	.200	.348	.446	.642	.910	1.246	1.626	1.901	2.553	2.848	3.566	3.887	4.650
				$\frac{n_1}{ASN}$	2.461	2.820	3.026	3.286	3.288	2.935	2.450	2.156	1.693	1.559	1.340	1.274	1.163
4S	Ac=4 Re=5	4.058	7.994	$\frac{np}{ASN}$	1.279	1.970	2.433	3.369	4.671	6.274	7.994	9.154	11.605	12.594	14.795	15.711	17.792
				$\frac{n_1}{ASN}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4D	Ac=3 5 Re=6 6	4.102	6.699	$\frac{np}{ASN}$	1.099	1.633	1.992	2.728	3.789	5.162	6.699	7.762	10.047	10.978	13.062	13.933	15.909
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.025	1.077	1.125	1.233	1.341	1.345	1.242	1.164	1.055	1.033	1.009	1.005	1.001
4M	Ac=# 1 2 3 4 5 6 Re=3 4 4 6 6 7 7	4.814	2.118	$\frac{np}{ASN}$	.266	.440	.558	.798	1.141	1.591	2.118	2.502	3.385	3.763	4.640	5.016	5.884
				$\frac{n_1}{ASN}$	2.128	2.300	2.417	2.590	2.618	2.384	2.021	1.792	1.427	1.326	1.174	1.132	1.070

Ac: Kabul edilebilir hatalı sayısı /Rc: Ret sayısı

Çizelge A.1(devam) : Tekli, çift katlı ve çoklu örneklem planları için birim değerler.

Plan		$R =$			p_2/p_1												
		p_2/p_1	np_2		.99	.95	.90	.75	.50	.25	.10	.05	.01	.005	.001	.0005	.0001
5S	Ac = 5 Re = 6	3.550	9.275	np	1.785	2.613	3.152	4.219	5.670	7.423	9.275	10.513	13.109	14.150	16.455	17.411	19.578
				ASN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5D	Ac = 2 6 Re = 5 7	3.547	5.781	n_1													
				np	1.116	1.630	1.959	2.607	3.490	4.579	5.781	6.627	8.537	9.357	11.253	12.066	13.928
5M	Ac = # 1 2 3 5 7 9 Re = 4 5 6 7 8 9 10	3.243	2.270	np	.490	.700	.830	1.079	1.410	1.814	2.270	2.604	3.411	3.776	4.642	5.017	5.884
				ASN	2.496	2.906	3.143	3.459	3.516	3.188	2.677	2.347	1.791	1.628	1.367	1.292	1.171
6S	Ac = 6 Re = 7	3.206	10.532	n_1													
				np	2.330	3.285	3.895	5.083	6.670	8.558	10.532	11.842	14.571	15.660	18.062	19.056	21.302
6D	Ac = 3 7 Re = 8 8	3.217	6.914	ASN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
				n_1													
6M	Ac = 0 2 4 5 7 10 11 Re = 4 5 8 9 10 12 12	3.452	3.134	np	1.559	2.149	2.525	3.262	4.268	5.519	6.914	7.898	10.087	11.000	13.068	13.936	15.903
				ASN	1.073	1.169	1.243	1.393	1.548	1.608	1.525	1.422	1.203	1.138	1.051	1.032	1.011
7S	Ac = 7 Re = 8	2.957	11.771	n_1													
				np	.604	.908	1.093	1.439	1.894	2.463	3.134	3.645	4.917	5.511	6.983	7.646	9.222
7D	Ac = 3 8 Re = 7 9	2.951	7.162	ASN	1.584	1.928	2.134	2.425	2.519	2.288	1.902	1.663	1.304	1.211	1.083	1.054	1.018
				n_1													
7M	Ac = 0 1 3 5 7 10 13 Re = 4 6 8 10 11 12 14	2.892	2.959	np	2.906	3.981	4.656	5.956	7.669	9.684	11.771	13.148	16.000	17.134	19.627	20.655	22.976
				ASN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7D	Ac = 3 8 Re = 7 9	2.951	7.162	n_1													
				np	1.796	2.427	2.822	3.584	4.599	5.826	7.162	8.093	10.174	11.057	13.085	13.946	15.914
7M	Ac = 0 1 3 5 7 10 13 Re = 4 6 8 10 11 12 14	2.892	2.959	ASN	1.106	1.215	1.288	1.409	1.492	1.467	1.352	1.262	1.110	1.072	1.024	1.014	1.004
				n_1													
7M	Ac = 0 1 3 5 7 10 13 Re = 4 6 8 10 11 12 14	2.892	2.959	np	.713	1.023	1.200	1.518	1.921	2.403	2.959	3.400	4.686	5.337	6.915	7.604	9.210
				ASN	2.022	2.586	2.882	3.255	3.325	2.966	2.397	2.019	1.406	1.261	1.091	1.057	1.018
7M	Ac = 0 1 3 5 7 10 13 Re = 4 6 8 10 11 12 14	2.892	2.959	n_1													
				np													

Ac: Kabul edilebilir hatalı sayısı /Rc: Ret sayısı

Çizelge A.1(devam) : Tekli, çift katlı ve çoklu örneklem planları için birim değerler.

8S	Ac = 8 Re = 9	2.768	12.995	$\frac{np}{ASN}$	3.507	4.695	5.432	6.838	8.669	10.802	12.995	14.435	17.403	18.578	21.157	22.218	24.600
				$\frac{n_1}{ASN}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8D	Ac = 3 11 Re = 7 12	2.668	8.248	$\frac{np}{ASN}$	2.268	3.092	3.583	4.489	5.628	6.925	8.248	9.121	10.964	11.722	13.470	14.232	16.046
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.185	1.335	1.409	1.488	1.478	1.375	1.248	1.176	1.075	1.051	1.019	1.012	1.004
8M	Ac = 0 2 4 6 9 12 14 Re = 4 7 9 11 12 14 15	2.840	3.314	$\frac{np}{ASN}$	.787	1.167	1.375	1.739	2.190	2.720	3.314	3.761	4.936	5.517	6.983	7.646	9.219
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.806	2.320	2.599	2.963	3.063	2.765	2.264	1.934	1.400	1.263	1.093	1.058	1.019
9S	Ac = 9 Re = 10	2.619	14.206	$\frac{np}{ASN}$	4.130	5.425	6.221	7.726	9.669	11.914	14.206	15.705	18.783	19.999	22.658	23.751	26.198
				$\frac{n_1}{ASN}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9D	Ac = 5 11 Re = 12 12	2.587	9.533	$\frac{np}{ASN}$	2.871	3.685	4.184	5.134	6.385	7.893	9.533	10.670	13.152	14.174	16.460	17.412	19.564
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.071	1.167	1.243	1.401	1.584	1.694	1.662	1.573	1.328	1.241	1.105	1.071	1.026
9M	Ac = 1 3 5 8 11 13 15 Re = 5 8 10 12 14 16 16	2.813	4.219	$\frac{np}{ASN}$	1.117	1.500	1.719	2.123	2.659	3.349	4.219	4.924	6.682	7.454	9.239	10.000	11.754
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.526	1.928	2.167	2.521	2.667	2.414	1.937	1.635	1.230	1.145	1.048	1.029	1.009
10S	Ac = 10 Re = 11	2.497	15.407	$\frac{np}{ASN}$	4.771	6.169	7.021	8.620	10.669	13.020	15.407	16.962	20.145	21.398	24.135	25.257	27.768
				$\frac{n_1}{ASN}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10D	Ac = 5 12 Re = 9 13	2.486	9.732	$\frac{np}{ASN}$	3.055	3.914	4.433	5.406	6.663	8.147	9.732	10.822	13.216	14.214	16.472	17.420	19.562
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.085	1.183	1.248	1.357	1.426	1.394	1.286	1.206	1.081	1.051	1.016	1.009	1.003
10M	Ac = 0 3 6 8 11 14 18 Re = 5 8 10 13 15 17 19	2.516	3.927	$\frac{np}{ASN}$	1.144	1.561	1.792	2.199	2.701	3.286	3.927	4.391	5.498	6.003	7.266	7.851	9.303
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.927	2.357	2.602	2.939	3.034	2.750	2.282	1.982	1.501	1.368	1.170	1.118	1.047

Ac: Kabul edilebilir hatalı sayısı /Rc: Ret sayısı

Çizelge A.1(devam) : Tekli, çift katlı ve çoklu örneklem planları için birim değerler.

Plan		$R =$ p_2/p_1 np_2			.99	.95	.90	.75	.50	.25	.10	.05	.01	.005	.001	.0005	.0001
11S	Ac = 11 Re = 12	2.397	16.598	$\frac{np}{ASN}$	5.428	6.924	7.829	9.519	11.668	14.121	16.598	18.208	21.490	22.779	25.590	26.741	29.313
				$\frac{n_1}{ASN}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11D	Ac = 5 12 Re = 13 13	2.438	9.766	$\frac{np}{ASN}$	3.165	4.006	4.517	5.477	6.723	8.194	9.766	10.847	13.226	14.221	16.474	17.420	19.566
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.101	1.216	1.299	1.463	1.642	1.752	1.737	1.664	1.429	1.332	1.163	1.115	1.047
11M	Ac = 1 4 7 10 13 16 20 Re = 6 8 11 14 17 21 21	2.567	4.657	$\frac{np}{ASN}$	1.362	1.814	2.074	2.539	3.125	3.834	4.657	5.285	6.847	7.561	9.273	10.022	11.758
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.548	1.912	2.132	2.452	2.575	2.357	1.970	1.726	1.348	1.246	1.101	1.066	1.024
12S	Ac = 12 Re = 13	2.312	17.782	$\frac{np}{ASN}$	6.099	7.690	8.646	10.422	12.668	15.217	17.782	19.443	22.821	24.145	27.027	28.206	30.836
				$\frac{n_1}{ASN}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12D	Ac = 6 15 Re = 10 16	2.289	11.233	$\frac{np}{ASN}$	3.884	4.907	5.507	6.606	7.990	9.580	11.233	12.351	14.781	15.795	18.105	19.080	21.291
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.092	1.196	1.261	1.358	1.403	1.353	1.246	1.175	1.068	1.043	1.014	1.008	1.002
12M	Ac = 0 3 7 10 14 18 21 Re = 6 9 12 15 17 20 22	2.249	4.400	$\frac{np}{ASN}$	1.510	1.956	2.203	2.640	3.172	3.774	4.400	4.828	5.802	6.242	7.372	7.916	9.316
				$\frac{n_1}{ASN}$	2.215	2.655	2.892	3.203	3.274	2.982	2.516	2.214	1.708	1.555	1.299	1.222	1.102
13S	Ac = 13 Re = 14	2.240	18.958	$\frac{np}{ASN}$	6.782	8.464	9.470	11.329	13.668	16.310	18.958	20.669	24.139	25.497	28.447	29.652	32.339
				$\frac{n_1}{ASN}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13D	Ac = 5 14 Re = 15 15	2.227	10.474	$\frac{np}{ASN}$	3.797	4.704	5.246	6.249	7.520	8.976	10.474	11.474	13.624	14.523	16.608	17.509	19.589
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.184	1.332	1.427	1.591	1.750	1.842	1.838	1.789	1.603	1.511	1.312	1.242	1.122
13M	Ac = 1 3 5 8 11 14 19 Re = 5 9 12 15 18 20 20	2.474	4.298	$\frac{np}{ASN}$	1.244	1.737	1.987	2.408	2.920	3.537	4.298	4.947	6.682	7.454	9.239	10.001	11.752
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.669	2.326	2.691	3.188	3.368	3.009	2.315	1.852	1.266	1.161	1.050	1.030	1.009

Ac: Kabul edilebilir hatalı sayısı /Rc: Ret sayısı

Çizelge A.1(devam) : Tekli, çift katlı ve çoklu örneklem planları için birim değerler.

14S	Ac = 14 Re = 15	2.177	20.128	$\frac{np}{ASN}$	7.477	9.246	10.300	12.239	14.668	17.400	20.128	21.886	25.446	26.836	29.853	31.084	33.824
				$\frac{n_1}{ASN}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14D	Ac = 7 18 Re = 11 19	2.176	12.722	$\frac{np}{ASN}$	4.652	5.847	6.534	7.769	9.286	10.989	12.722	13.876	16.345	17.370	19.712	20.707	22.974
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.091	1.199	1.263	1.352	1.380	1.317	1.214	1.150	1.058	1.037	1.012	1.007	1.002
14M	Ac = 1 4 8 12 17 21 25 Re = 7 10 13 17 20 23 26	2.185	5.112	$\frac{np}{ASN}$	1.844	2.340	2.618	3.110	3.708	4.387	5.112	5.632	6.955	7.612	9.279	10.024	11.757
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.916	2.375	2.624	2.952	3.042	2.780	2.350	2.067	1.575	1.424	1.192	1.133	1.053
15S	Ac = 15 Re = 16	2.122	21.292	$\frac{np}{ASN}$	8.181	10.036	11.135	13.152	15.668	18.487	21.292	23.097	26.743	28.164	31.245	32.501	35.294
				$\frac{n_1}{ASN}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15D	Ac = 5 16 Re = 17 17	2.091	11.405	$\frac{np}{ASN}$	4.476	5.455	6.033	7.094	8.419	9.908	11.405	12.381	14.405	15.224	17.088	17.890	19.782
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.293	1.463	1.559	1.710	1.838	1.904	1.898	1.861	1.716	1.640	1.459	1.384	1.235
15M	Ac = 2 7 13 18 23 28 30 Re = 9 12 16 21 26 31 31	2.142	6.795	$\frac{np}{ASN}$	2.553	3.173	3.529	4.167	4.953	5.850	6.795	7.453	8.971	9.658	11.362	12.132	13.948
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.606	1.914	2.089	2.339	2.443	2.301	2.028	1.842	1.507	1.397	1.205	1.148	1.064
18S	Ac = 18 Re = 19	1.990	24.756	$\frac{np}{ASN}$	10.346	12.442	13.672	15.907	18.668	21.731	24.756	26.692	30.581	32.091	35.353	36.679	39.622
				$\frac{n_1}{ASN}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18D	Ac = 9 23 Re = 14 24	1.955	15.524	$\frac{np}{ASN}$	6.559	7.940	8.722	10.111	11.796	13.659	15.524	16.748	19.329	20.391	22.818	23.853	26.219
				$\frac{n_1}{ASN}$	1.120	1.244	1.315	1.412	1.442	1.374	1.260	1.188	1.079	1.052	1.018	1.011	1.003
18M	Ac = 1 6 11 16 22 27 32 Re = 8 12 17 22 25 29 33	1.990	6.225	$\frac{np}{ASN}$	2.506	3.128	3.462	4.035	4.712	5.460	6.225	6.744	7.917	8.443	9.765	10.381	11.912
				$\frac{n_1}{ASN}$	2.009	2.443	2.681	2.999	3.087	2.824	2.389	2.107	1.639	1.499	1.270	1.202	1.096

Ac: Kabul edilebilir hatalı sayısı /Rc: Ret sayısı

Çizelge A.1(devam) : Tekli, çift katlı ve çoklu örneklem planları için birim değerler.

Plan		$R =$															
		p_2/p_1	np_2		.99	.95	.90	.75	.50	.25	.10	.05	.01	.005	.001	.0005	.0001
21S	Ac= 21 Re= 22	1.892	28.184	np	12.574	14.894	16.244	18.682	21.668	24.956	28.184	30.240	34.355	35.947	39.376	40.768	43.850
				ASN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21D	Ac= 11 26 Re= 16 27	1.882	18.909	n_1													
				np	7.843	9.329	10.170	11.666	13.486	15.510	17.555	18.909	21.792	22.978	25.656	26.777	29.312
21M	Ac= 2 7 13 19 25 31 37 Re= 9 14 19 25 29 33 38	1.893	7.083	ASN	1.094	1.201	1.268	1.367	1.413	1.363	1.256	1.185	1.075	1.048	1.016	1.009	1.003
				n_1													
				np	3.071	3.741	4.100	4.713	5.440	6.246	7.083	7.664	9.044	9.696	11.367	12.133	13.948
				ASN	1.912	2.370	2.621	2.962	3.077	2.830	2.392	2.102	1.606	1.457	1.219	1.155	1.065
27S	Ac= 27 Re= 28	1.757	34.959	n_1													
				ASN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27D	Ac= 15 34 Re= 20 35	1.760	22.183	np	10.797	12.605	13.613	15.382	17.504	19.839	22.183	23.727	26.993	28.323	31.292	32.526	35.284
				ASN	1.074	1.170	1.231	1.324	1.367	1.320	1.221	1.156	1.060	1.038	1.012	1.007	1.002
27M	Ac= 3 10 17 24 32 40 48 Re= 10 17 24 31 37 43 49	1.805	8.738	n_1													
				np	3.936	4.841	5.301	6.050	6.896	7.807	8.738	9.380	10.890	11.586	13.318	14.102	15.968
				ASN	1.746	2.219	2.484	2.841	2.951	2.688	2.245	1.958	1.490	1.357	1.162	1.112	1.045
				n_1													
30S	Ac= 30 Re= 31	1.707	38.315	np	19.532	22.445	24.113	27.086	30.667	34.552	38.315	40.691	45.401	47.210	51.085	52.647	56.102
				ASN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30D	Ac= 17 37 Re= 22 38	1.724	24.257	n_1													
				np	12.177	14.072	15.130	16.995	19.243	21.735	24.257	25.928	29.453	30.876	34.015	35.305	38.169
30M	Ac= 4 11 19 27 36 45 53 Re= 12 19 27 34 40 47 54	1.708	9.660	ASN	1.063	1.148	1.205	1.297	1.349	1.311	1.216	1.152	1.056	1.035	1.011	1.006	1.002
				n_1													
				np	4.817	5.656	6.096	6.841	7.713	8.669	9.660	10.356	12.058	12.869	14.873	15.756	17.785
				ASN	1.840	2.320	2.586	2.951	3.084	2.847	2.411	2.114	1.596	1.441	1.206	1.145	1.061
				n_1													

Ac: Kabul edilebilir hatalı sayısı /Rc: Ret sayısı

Çizelge A.1(devam) : Tekli, çift katlı ve çoklu örneklem planları için birim değerler.

41S	Ac=41 Re=42	1.581	50.490	$\frac{np}{ASN}$	28.406	31.938	33.938	37.466	41.667	46.171	50.490	53.197	58.528	60.564	64.904	66.648	70.488
				n_1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
41D	Ac=23 52 Re=29 53	1.584	31.843	$\frac{np}{ASN}$	17.706	20.108	21.415	23.661	26.284	29.094	31.843	33.620	37.311	38.801	42.131	43.517	46.616
				n_1	1.080	1.183	1.248	1.340	1.375	1.319	1.219	1.155	1.062	1.039	1.013	1.008	1.002
41M	Ac=6 16 26 37 49 61 72 Re=15 25 36 46 55 64 73	1.574	12.617	$\frac{np}{ASN}$	6.942	8.014	8.552	9.435	10.440	11.519	12.617	13.378	15.211	16.076	18.205	19.143	21.306
				n_1	1.842	2.370	2.660	3.054	3.195	2.938	2.470	2.155	1.613	1.453	1.213	1.151	1.065
44S	Ac=44 Re=45	1.556	53.783	$\frac{np}{ASN}$	30.877	34.563	36.646	40.312	44.667	49.325	53.783	56.573	62.058	64.150	68.607	70.395	74.332
				n_1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
44D	Ac=25 56 Re=31 57	1.561	34.068	$\frac{np}{ASN}$	19.292	21.820	23.192	25.544	28.282	31.209	34.068	35.916	39.750	41.296	44.739	46.166	49.357
				n_1	1.075	1.174	1.237	1.328	1.363	1.309	1.211	1.149	1.058	1.037	1.012	1.007	1.002
44M	Ac=6 17 29 40 53 65 77 Re=16 27 39 49 58 68 78	1.538	13.372	$\frac{np}{ASN}$	7.614	8.695	9.239	10.139	11.168	12.270	13.372	14.112	15.784	16.537	18.424	19.289	21.358
				n_1	1.971	2.472	2.747	3.127	3.274	3.036	2.582	2.272	1.731	1.565	1.294	1.217	1.101

Ac: Kabul edilebilir hatalı sayısı /Rc: Ret sayısı

Çizelge A.2 : Değerler için kabul örneklemesinde kullanılan T değeri.

Harf kodu	Kabul edilebilir nitelik düzeyi														Parti sayısı
	,04	,065	,1	,15	,25	,4	,65	1	1,5	2,5	4	6,5	10	15	
B										2	3	4	4	4	5 10 15
										4	5	6	7	8	
										5	6	8	9	11	
C								2	2	3	3	4	4	4	5 10 15
								3	4	5	6	7	7	8	
								5	6	7	8	9	10	11	
D							2	3	3	3	4	4	4	4	5 10 15
							4	4	5	6	6	7	7	8	
							5	6	7	8	9	10	10	11	
E					2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5 10 15
					4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	
					5	6	6	7	8	9	9	10	11	11	
F				3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5 10 15
				4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	
				6	6	7	8	8	9	9	10	11	11	11	
G	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5 10 15
	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	
	6	6	6	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11	
H	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5 10 15
	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	
	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10	11	11	11	11	
I	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5 10 15
	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	
	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	
J	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5 10 15
	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	
	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	11	
K	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5 10 15
	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	
	8	8	9	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	
L	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5 10 15
	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	
	8	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	11	11	
M	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5 10 15
	6	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	
	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	
N	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5 10 15
	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	
	9	9	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	
O	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5 10 15
	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
P	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5 10 15
	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	

Çizelge A.2(devam) : Değerler için kabul örneklemesinde kullanılan T değeri.

Harf kodu	Kabul edilebilir nitelik düzeyi															Parti sayısı
	,04	,065	,1	,15	,25	,4	,65	1	1,5	2,5	4	6,5	10	15		
Q	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	
	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	10	
	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	15	

EK B**Çizelge B.1:** Mevcut malzeme kodlarının malzeme sınıflandırması örnekleri.

Malzeme kodu	Tedarikçi	Malzeme sınıfı
9000983859	Miele & Cie. Kg	NC
9000949288	Miele & Cie. Kg	NC
9000949289	Miele & Cie. Kg	NC
9000949290	Miele & Cie. Kg	NC
9000949291	Miele & Cie. Kg	NC
9000949292	Miele & Cie. Kg	NC
9000989189	Miele & Cie. Kg	NC
9000989192	Miele & Cie. Kg	NC
9001022632	Miele & Cie. Kg	NC
9000450084	Bfa - Bernd Fiedler	CTQ
9000211535	Ebm-Papst Landshut Gmbh	CTQ
9000211538	Ebm-Papst Landshut Gmbh	CTQ
9000211537	Ebm-Papst Landshut Gmbh	CTQ
9000211534	Ebm-Papst Landshut Gmbh	CTQ
9000057975	Robertshaw SAM	CTQ
9000057992	Robertshaw SAM	CTQ
9000057995	Robertshaw SAM	CTQ
9000057997	Robertshaw SAM	CTQ
9000244351	Robertshaw SAM	CTQ
9000244477	Robertshaw SAM	CTQ
9000242330	Schlaadt Plastics Gmbh	NC
9000242331	Schlaadt Plastics Gmbh	NC
9000242332	Schlaadt Plastics Gmbh	NC
9000242333	Schlaadt Plastics Gmbh	NC
9000425199	Neoperl	CTQ
9000555339	Neoperl	CTQ
9000425176	Neoperl	CTQ
9000382629	Feller Gmbh	CTS
9000678860	Feller Gmbh	CTS
9000678862	Feller Gmbh	CTS
9000338479	Paul Edelhoff Kg	CTQ
9000338480	Paul Edelhoff Kg	CTQ
9000353336	Paul Edelhoff Kg	CTQ
9000353337	Paul Edelhoff Kg	CTQ
9000353391	Paul Edelhoff Kg	CTQ
9000653409	Paul Edelhoff Kg	CTQ

Çizelge B.2 : GKK uygulanabilecek malzeme kodları ve tedarikçiler.

Malzeme kodu	Tedarikçi	2014 iade adedi	İade oranları
9000472742	Kalıpsan	5711	0,16
9000030956	Nbr	2155	0,06
9000251401	Standex Meder Electronics Gmbh	1720	0,05
9000907863	Imsan	1666	0,05
9000025875	Nbr	1193	0,03
9000335308	Kalıpsan	1155	0,03
9000584897	Imsan	1112	0,03
9000263658	Kalıpsan	1049	0,03
9000626983	Makasan	751	0,02
9000939555	Kalıpsan	663	0,02
9000774080	Konveyör	624	0,02
9000306779	Arma Filtre Sistemleri	600	0,02
9000517624	Imsan	590	0,02
9000952701	Kalıpsan	573	0,02
9000804139	Uzay Kalıp	540	0,02
9000263662	Kalıpsan	537	0,02
9000356785	Imsan	520	0,01
9000774079	Konveyör	503	0,01
9000875234	Imsan	497	0,01
9000797722	Makasan	481	0,01
9000520910	Uzay Kalıp	456	0,01
9000582965	Uzay Kalıp	422	0,01
9000735277	Kalıpsan	394	0,01
9000774084	Konveyör	371	0,01
9000584898	Makasan	341	0,01
9000584429	Makasan	332	0,01
9000626984	Makasan	316	0,01
9000797585	Makasan	309	0,01
9000875235	Imsan	301	0,01
9000398986	Imsan	300	0,01
9000585360	Makasan	297	0,01
9000916692	Makasan	249	0,01
9000265164	Uzay Kalıp	240	0,01
9001038738	Kalıpsan	232	0,01
9000544587	Makasan	224	0,01
9000734903	Kalıpsan	223	0,01
9000722974	Makasan	204	0,01
9000813011	Uzay Kalıp	200	0,01

Çizelge B.2(devam) : GKK uygulanabilecek malzeme kodları ve tedarikçiler.

Malzeme kodu	Tedarikçi	2014 iade adedi	İade oranları
9000171616	Makasan	190	0,01
9000520887	Uzay Kalıp	183	0,01
9000952705	Kalıpsan	179	0,01
9000585359	Makasan	159	0,00
9000027322	Nbr	151	0,00
9000654748	Makasan	139	0,00
9000629139	Arma Filtre Sistemleri	134	0,00
9000667485	Imsan	128	0,00
9000675407	Konveyor	127	0,00
9000825156	Makasan	127	0,00
9000839669	Makasan	117	0,00
9000360925	Arma Filtre Sistemleri	19	0,00
9000189858	Uzay Kalıp	18	0,00
9000785889	Arma Filtre Sistemleri	18	0,00
9000781244	Imsan	18	0,00
9000306754	Arma Filtre Sistemleri	18	0,00
9000659893	Arma Filtre Sistemleri	17	0,00
9000882795	Uzay Kalıp	17	0,00
9000793522	Kalıpsan	17	0,00
9000306756	Arma Filtre Sistemleri	16	0,00
9000785745	Arma Filtre Sistemleri	15	0,00
9000759054	Kalıpsan	12	0,00
9000106388	Arma Filtre Sistemleri	12	0,00
9000785809	Arma Filtre Sistemleri	12	0,00
9000518099	Konveyor	12	0,00
9000164491	Arma Filtre Sistemleri	12	0,00
9000837897	Arma Filtre Sistemleri	12	0,00
9000253960	Standex Meder Electronics GmbH	11	0,00
9000360923	Arma Filtre Sistemleri	11	0,00
5300031511	Konveyor	11	0,00
9000840140	Arma Filtre Sistemleri	11	0,00
9000589164	Arma Filtre Sistemleri	11	0,00
9000516996	Konveyor	11	0,00
9000684107	Arma Filtre Sistemleri	10	0,00
9000750470	Nbr	10	0,00
9000876279	Imsan	10	0,00
9000684106	Arma Filtre Sistemleri	10	0,00
9000176588	Arma Filtre Sistemleri	9	0,00
9000518103	Konveyor	9	0,00

Çizelge B.2(devam): GKK uygulanabilecek malzeme kodları ve tedarikçiler.

Malzeme kodu	Tedarikçi	2014 iade adedi	İade oranları
9000785744	Arma Filtre Sistemleri	9	0,00
9000176583	Arma Filtre Sistemleri	8	0,00
9000176590	Arma Filtre Sistemleri	7	0,00
9000930175	Arma Filtre Sistemleri	7	0,00
9000743381	Kalıpsan	7	0,00
9000049224	Imsan	6	0,00
9000306755	Arma Filtre Sistemleri	6	0,00
9000645480	Imsan	6	0,00
9000176584	Arma Filtre Sistemleri	6	0,00
9000106422	Arma Filtre Sistemleri	6	0,00
9000589165	Arma Filtre Sistemleri	6	0,00
9000837898	Arma Filtre Sistemleri	6	0,00
9000049225	Imsan	5	0,00
9000518104	Konveyor	5	0,00
9000867223	Imsan	5	0,00
9000675563	Konveyor	5	0,00
9000106428	Arma Filtre Sistemleri	4	0,00
9000335319	Kalıpsan	4	0,00
9000743380	Kalıpsan	4	0,00
9000667484	Imsan	4	0,00
9000164493	Arma Filtre Sistemleri	4	0,00
9000051967	Nbr	4	0,00
9000164490	Arma Filtre Sistemleri	4	0,00
9000952702	Kalıpsan	4	0,00
9000380764	Imsan	3	0,00
9000812734	Arma Filtre Sistemleri	3	0,00
9000812732	Arma Filtre Sistemleri	3	0,00
9000930174	Arma Filtre Sistemleri	3	0,00
9000451653	Konveyor	3	0,00
9000174774	Kalıpsan	3	0,00
9000176587	Arma Filtre Sistemleri	3	0,00
9000820464	Arma Filtre Sistemleri	3	0,00

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Sevcan Yıldırım

Doğum Yeri ve Tarihi: Konya, 18.10.1990

E-Posta: sevcanyildirim90@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans :** 2012, Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM:

- Kalite Mühendisi – BSH Ev Aletleri Soğutucu Fabrikası, (Kasım 2012 - ...)