



**KALİTE KONTROL GRAFİKLERİNDEN
SHEWART (XBar-S), CUSUM VE EWMA
KONTROL GRAFİKLERİ KULLANILARAK BİR
HAZIR BETON SANTRALLİNDE PROSES
KONTROLÜNÜN ANALİZİ**

Hüseyin ÖZTÜRK

**Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı (Atatürk
Üniversitesi ile Ortak)**

Prof. Dr. Metin UÇURUM

2022

(Her Hakkı Saklıdır)

T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI (ATATÜRK
ÜNİVERSİTESİ İLE ORTAK)

**KALİTE KONTROL GRAFİKLERİNDEN SHEWART (XBar-S), CUSUM VE
EWMA KONTROL GRAFİKLERİ KULLANILARAK BİR HAZIR BETON
SANTRALLİNDE PROSES KONTROLÜNÜN ANALİZİ**

(Analysis of Process Control in a Ready-Mixed Concrete Plant Using Shewart (Xbar-S) and
Ewma Quality Control Graphics)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin ÖZTÜRK

Danışman: Prof. Dr. Metin UÇURUM
İkinci Danışman: Doç. Dr. Akın ÖZDEMİR

Bayburt

Eylül, 2022

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Prof. Dr. Metin UÇURUM danışmanlığında, 172004024 numaralı Hüseyin ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “ Kalite Kontrol Grafiklerinden Shewart (Xbar-S), Cusum ve Ewma Kontrol Grafikleri Kullanılarak Bir Hazır Beton Santrallinde Proses Kontrolünün Analizi” adlı bu çalışma 07/09/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

.
Başkan : Prof. Dr. Metin UÇURUM İmza:
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Akın ÖZDEMİR İmza:
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ömer CAN İmza:
Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Fatih YILMAZ İmza:
Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Çağatay TEKE İmza:

Bu tezin Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

...../...../.....

Doç. Dr. Murat KUL

Enstitü Müdürü

ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ *Kalite Kontrol Grafiklerinden Shewart (Xbar-S), Cusum ve Ewma Kontrol Grafikleri Kullanılarak Bir Hazır Beton Santrallinde Proses Kontrolünün Analizi* ” başlıklı çalışmanın tarafımdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını ve yararlandığım eserleri kaynakçada gösterdiğimi beyan ederim.

07/ 09 / 2022

Hüseyin ÖZTÜRK

TEŞEKKÜR

Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda almış olduğum Yüksek Lisans eğitimimin başından ‘‘Kalite Kontrol Grafiklerinden Shewart (Xbar-S), Cusum Ve Ewma Kontrol Grafikleri Kullanılarak Bir Hazır Beton Santrallinde Proses Kontrolünün Analizi’’ isimli yüksek lisans tezimin tamamlanmasına kadar geçen tüm süreçte büyük katkılarından dolayı çalışmalarına yön veren danışmanım Prof. Dr. Metin UÇURUM' a, ikinci danışmanım Doç. Dr. Akın ÖZDEMİR' e, bu süreçte yanımda olan kıymetli büyüğüm Prof. Dr. Faruk YILDIRIM' a, tez için azami derecede önemli olan numune verilerinin elde edilmesinde yardımını aldığım Harun YANPINAR'a samimi teşekkürlerimi arz ederim.

Bu vesileyle, ilk günden beri maddi ve manevi tüm desteğiyle yanımda olan aileme, kıymetli kızım ve çok değerli hanıma minnettarım, teşekkürlerimi sunarım.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KALİTE KONTROL GRAFİKLERİNDEN SHEWART (XBAR-S), CUSUM
VE EWMA KONTROL GRAFİKLERİ KULLANILARAK BİR HAZIR
BETON SANTRALLİNDE PROSES KONTROLÜNÜN ANALİZİ**

Hüseyin ÖZTÜRK

Eylül 2022, 82 sayfa

Kaliteli hazır betonun elde edilmesi sadece beton kullanıcısı tarafından yapılacak numune alma işlemiyle değil üretim firma tarafından yerinde hammadde girdisinden üretim donanımlarına kadar tüm üretim sürecinin kapsamlı bir şekilde denetlenmesi ve değerlendirilmesi ile gerçekleştirilmesi daha sağlıklı bir üretimi beraberinde getirmektedir. İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) teknikleri bu amaca hizmet eden en önemli araçlardandır. Bu çalışmada; bir hazır beton santralinden elde edilen 7-28 günlük basınç dayanımı verileri İPK yöntemlerinden Xbar-S, Cusum ve EWMA (üstel ağırlıklı hareketli ortalama kontrol grafiği) kullanılarak tesisinin analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak istatistiksel proses kontrol tekniklerinin hazır beton tesislerinin kontrolü için ciddi bir hizmet sağladığı ve iyileştirmelere bilimsel esaslı temel teşkil ettiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Beton dayanımı, kontrol, beton santrali, kalite kontrol, kontrol grafikleri.

ABSTRACT
MASTER THESIS
ANALYSIS OF PROCESS CONTROL IN A READY MIXED CONCRETE
PLANT USING QUALITY CONTROL GRAPHS SUCH AS SHEWART
(XBAR-S), CUSUM, AND EWMA

Hüseyin ÖZTÜRK

September 2022, 82 pages

Obtaining high-quality ready-mixed concrete can be achieved not only with the sampling process to be performed by the concrete user, but also with a comprehensive inspection and evaluation of the entire production process at the production site, from raw material input to production equipment. Statistical Process Control (SPC) techniques are one of the most important tools that serve this purpose. In this study; 7-28 days of compressive strength data obtained from a ready mixed concrete plant were analyzed by using SPC methods such as Xbar-S, Cusum, and EWMA (exponential weighted moving average control chart). As a result, it has been seen that statistical process control techniques provide a serious service for quality control processes in ready-mixed concrete plants and constitute a scientific basis for improvements.

Keywords: Concrete Strength, Control, Concrete Plant, Quality Control, Control Charts.

İÇİNDEKİLER

ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI	i
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar DİZİNİ.	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	xi

BİRİNCİ BÖLÜM

Giriş	1
Tezin Amacı	1
Tezin Önemi.....	1

İKİNCİ BÖLÜM

Kuramsal Çerçeve.....	2
Hazır Beton	2
Hazır Beton Tarihçesi	3
Dünyadaki beton gelişiminin kronolojisi.	3
Hazır betonun Türkiye’deki tarihçesi.	5
Hazır Beton Teknolojisi	6
Hazır beton bileşenleri.....	6
Agrega.	7
Çimento.	8
Karma suyu.....	9
Beton katkı maddeleri.....	9
Hazır Beton Üretiminde İş Akışı	10
Hazır beton bileşenlerinin temini ve depolanması.	10
Agrega ünitesi.....	11
Ventil ünitesi	11
Vibratör ünitesi.....	12
Tartı bandı.	12
Nemölçer.	12
Bant.....	12
Aktarma bandı.	13
Çimento silosu.	13
Helezon.....	13

Su bunkerı.....	13
Katkı bunkerı.....	13
Mikser.....	13
Kompresör.....	14
Hazır Beton Santrallerinin Yapısı.....	14
Düşey yapıdaki hazır beton santralleri.....	14
Yatay yapıdaki hazır beton santralleri.....	15
Mobil üretim yapan hazır beton santralleri.....	15
Hazır Beton Üretimi.....	16
Malzemelerin Tartımı ve Santrale Aktarılması.....	16
Bunker sistem.....	16
Yıldız tip santraller.....	17
Beton Santrallerinde PLC Otomasyon Sistemi.....	17
Santralde Karışım ve Transmiksere Yüklenmesi:.....	17
Hazır Beton Tesisi Genel Bakım.....	18
Farklı Ülkelerdeki Beton Kalite Kontrol Sistemleri.....	19
İtalya’da kalite kontrol sistemleri.....	19
İsveç kalite kontrol sistemleri.....	19
Almanya kalite kontrol sistemleri.....	20
Japonya kalite kontrol sistemleri.....	21
Hazır Beton Kalitesi ve Kalite Kontrolü.....	22
Hazır beton standartları.....	22
Basınç dayanımı.....	22
Çekme dayanımı.....	23
Çökme değeri.....	23
Kür havuzu ve ısı izleme.....	24
Sertleşmiş Beton Özellikleri.....	25
Dayanım.....	25
Basma dayanımı.....	26
Eğme ve çekme dayanımı.....	26
Rötre (büzülme).....	26
Kuruma büzülmesi.....	27
Hidratasyon büzülmesi.....	28
Karbonatlaşma büzülmesi.....	28
Plastik büzülme.....	29
Geçirimlilik ve su emme.....	30

Su emme.....	30
Geçirimsizlik.....	31
Betonda dayanıklılık (durabilite).....	31
Betonda Kalite Denetimi.....	32
Yapı Üretim ve Denetimindeki Birimler	33
Beton Santralleri Kalite Kontrol	34
Beton santrallerinde süreç (proses) kontrol yöntemleri.....	34
Kalite kontrol.....	34
Kontrol grafikleri.....	37
Shewart yöntemi.....	37
Cusum yöntemi.....	43
V maskesi yöntemi.....	46
Ewma yöntemi.....	49
Sebepler sonuç diyagramı (balık kılçığı diyagramı).....	51
Literatür Özeti.....	52
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	
Materyal ve Method.....	55
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	
Bulgular ve Yorum.....	59
BEŞİNCİ BÖLÜM	
Sonuçlar ve Öneriler	73
KAYNAKÇA	75
ÖZGEÇMİŞ.....	82

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. <i>Bazı Ülkelerin Hazır Beton İle Tanışma Yılları</i>	4
Tablo 2. <i>TS EN 206- 1 / Nisan 2002'ye Göre Normal Ve Ağır Beton İçin Basınç Dayanımları</i>	26
Tablo 3: <i>7 Günlük Dayanım Verileri</i>	56
Tablo 4: <i>28 Günlük Dayanım Verileri</i>	57



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Hazır beton üretim akış şeması (Demiryürek, 2007).	2
Şekil 2. Hazır beton bileşenleri oranları (Durğun, 2019).	7
Şekil 3. Hazır beton santrali üretim süreci iş akış şeması (Akboğa, 2010).	11
Şekil 4. Örnek bir hazır beton üretim Tesisi (EBS, 2022).	14
Şekil 5. Mobil hazır beton tesisi (GM,2022).	15
Şekil 6. Beton tiplerine ait basınç dayanımların belirlenmesindeki yöntemler (Deşik, 2019).	23
Şekil 7. Örnek çökme deneyi (Deşik, 2019).	24
Şekil 8. Küp numunelerin bekletildiği kür havuzu (URL-3).	25
Şekil 9. CO ₂ 'li ve CO ₂ 'siz ortamda beton numunesinin bağıl nem etkisiyle birim boy değişimi (Verbeck, 1968).	29
Şekil 10: Standart V Maskesi	47
Şekil 11. Sebep sonuç diyagramı gösterilmiştir. (Heizer ve Render, 2001; Bescelli, 2006).	52
Şekil 12. 15*15*15 cm lik küp numune(URL-4).	55
Şekil 13: Tablo 3 'deki 30 gün boyunca toplanan verinin x1 değerlerine göre normallik testi.	59
Şekil 14: Tablo 3 'deki 30 gün boyunca toplanan verilerin x2 değerlerine göre normallik testi.	60
Şekil 15: 30 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının Xbar-S yöntemine göre kontrol grafiği.	60
Şekil 16: 60 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının Xbar-S yöntemine göre kontrol grafiği.	61
Şekil 17: 30 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının S Chart yöntemine göre kontrol grafiği.	61
Şekil 18: 60 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının S Chart yöntemine göre kontrol grafiği.	62
Şekil 19: 30 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının Ewma yöntemine göre kontrol grafiği.	62
Şekil 20: 60 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının Ewma yöntemine göre kontrol grafiği.	63

<i>Şekil 21:</i> 30 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının Cusum yöntemine göre kontrol grafiği.....	63
<i>Şekil 22:</i> 60 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının Cusum yöntemine göre kontrol grafiği.....	64
<i>Şekil 23:</i> 30 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının V-Maskesi yöntemine göre kontrol grafiği	65
<i>Şekil 24:</i> 60 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının V-Maskesi yöntemine göre kontrol grafiği.	65
<i>Şekil 25:</i> Tablo 5 'deki 30 günlük verinin x_1 değerlerine göre normallik testi.....	66
<i>Şekil 26:</i> Tablo 5 'deki 30 gün boyunca toplanan verilerin x_2 değerlerine göre normallik testi.	66
<i>Şekil 27:</i> 30 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının $\bar{X}$ bar- S yöntemine göre kontrol grafiği.....	67
<i>Şekil 28:</i> 60 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının $\bar{X}$ bar-S yöntemine göre kontrol grafiği.....	68
<i>Şekil 29:</i> 30 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının S Chart yöntemine göre kontrol grafiği.....	68
<i>Şekil 30:</i> 60 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının S Chart yöntemine göre kontrol grafiği.....	69
<i>Şekil 31:</i> 30 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının Ewma yöntemine göre kontrol grafiği.....	69
<i>Şekil 32:</i> 60 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının Ewma yöntemine göre kontrol grafiği.....	70
<i>Şekil 33:</i> 30 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının Cusum yöntemine göre kontrol grafiği.....	70
<i>Şekil 34:</i> 60 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının Cusum yöntemine göre kontrol grafiği.....	71
<i>Şekil 35:</i> 30 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının V Maskesi yöntemine göre kontrol grafiği.	72
<i>Şekil 36:</i> 60 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının V-Mask yöntemine göre kontrol grafiği.....	72

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	:	Yüzde
°C	:	Santigrat Derece
M	:	Metre
Cm	:	Santimetre
Mm	:	Milimetre
Kg	:	Kilogram
Gr	:	Gram
m³	:	Metre Küp
m²	:	Metre Kare
f_{ck}	:	Betondaki Karakteristik Basınç Dayanımı
f_{ctm}	:	Ortalama Çekme Dayanımı
f_{ctk}	:	Karakteristik Çekme Dayanımı
f_{ctk}	:	Betonun Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı
İkk	:	İstatiksel Kalite Kontrol
Şkl	:	Şekil
AKL	:	Alt Kontrol Limitleri
ÜKL	:	Üst Kontrol Limitleri
OD	:	Orta Değer
M	:	Türk Standartları Endüstüsü
TS	:	Türk Standartları
ERMCO	:	Avrupa Hazır Beton Birliği
THBB	:	Türkiye Hazır Beton Birliği
AB	:	Avrupa Birliği
Ph	:	Potansiyel Hidrojen
Vb	:	Ve benzeri
SVQ	:	Malzeme Kalite Kontrol Birimi
PLC	:	Programlanabilir Mantıksal Denetleyici
KGS	:	Kalite Güvence Sistemini
DIN	:	Alman Standartları Enstitüsü
ISO	:	Uluslararası standartlar organizasyonu
JIS	:	Japon Endüstri Standardı

BİRİNCİ BÖLÜM

Giriş

Tezin Amacı

Küresel rekabet ortamında, işletmelerin hayatlarını sürdürebilmeleri için kalite kavramı çok daha fazla önem kazanmış durumdadır. Bu tezin temel amacı, Shewart kontrol grafiklerinde $\bar{X}$ -S, Cusum (kümülatif toplam) ve üstel ağırlıklı hareketli ortalama kontrol grafiklerinden Ewma kullanılarak bir hazır beton tesisinin kalite düzeyini tespit etmek ve iyileştirmektir. Çalışılan bu tez ile hazır beton tesislerinin kalite kontrolüne yeni bakış açıları kazandırılmak sureti ile daha üniform bir üretimin sağlanmasına yardımcı olmaktır.

Tezin Önemi

Ülkemizde mevcut yapıların çok büyük bölümünün taşıyıcı sistemi yerinde üretilen betonarme yapılardır. Zemin etüdünden başlayarak, projelendirme ve uygulama aşamalarının doğru yürütüldüğü varsayılsa bile, yapının taşıyıcı sisteminin sağlamlığını beton ve donatı kalitesi belirler. Beton kalitesindeki değişkenlik riski, donatı demirinin kalitesindeki değişkenlik riskinden daha fazladır. Bu değişkenlik ülkemizdeki gibi beton üretiminin şantiyelerde, el ile bilinçsiz ve denetimsiz yapıldığı yerlerde ise kabul edilmez ölçülerdedir. Hazır betona geçiş, Türkiye’de kullanılan beton kalitesini önemli bir şekilde artırmıştır. Ancak betonda kalitenin temini için yapılarda sadece hazır betonun kullanılmış olması yeterli olmadığı, kaliteli hazır beton kavramının önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Kaliteli hazır betonun sağlanabilmesi ve kontrolü ise sadece beton kullanıcısının yapacağı numune alma işlemiyle değil (ki bu şekilde kalitesi ancak 28. gün sonunda anlaşılır), betonun üretim yerinde hammadde girdisinden üretim donanımlarına dek tüm üretim sürecinin kapsamlı bir şekilde denetlenmesi ve değerlendirilmesi ile gerçekleştirilebilir. Bu bağlamda istatistiksel süreç kontrol şemaları hazır beton için ciddi bir kalite iyileştirmesi ve geliştirmesi olanağı sağlar.

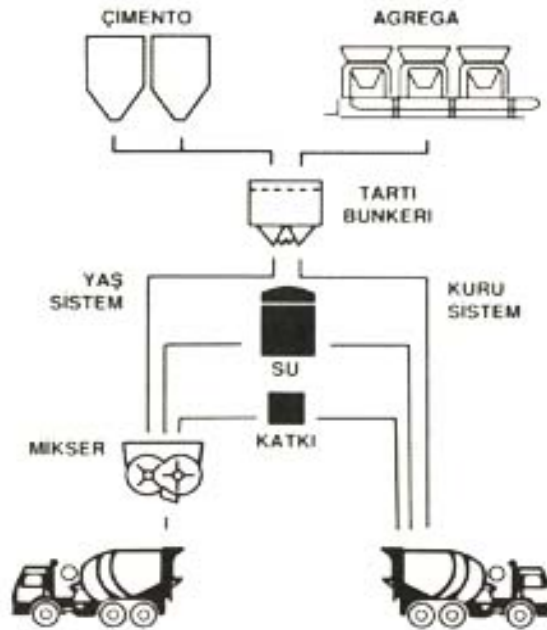
İKİNCİ BÖLÜM

Kuramsal Çerçeve

Hazır Beton

Hazır beton santral alanındaki silolarda depolanan agrega, su, çimento ve betonun cinsine göre katkı maddelerinin bilgisayar kontrolü ile TS EN 206-1 ve TS 13515 standartlarına uygun biçimde santral içinde karıştırılıp bileşenin trans miksele yüklendikten sonra döküm alanına hazır ve taze olarak ulaştırılan betona denir (Akakın, Kılınç, Işık, & Zengin, 2013).

Tanımda da belirtildiği gibi, hazır beton üretimi belirli işlem basamaklarının olduğu bir süreçtir. Şekil 1’de gösterildiği gibi bu süreç betonu oluşturan malzemelerin tedarik edilmesi ve depolanması, malzemelerin ölçümünün yapıldıktan sonra santrale taşınması, santralde karışım sonrasında trans miksele yüklenmesi, malzeme stoklarının kontrolü, santral genel bakımı ve temizliği aşamalarından oluşmaktadır (Demirdöğen, & Çetinyokuş, 2021; Akboğa, 2010).



Şekil 1. Hazır beton üretim akış şeması (Demiryürek, 2007, s.22)

Hazır Beton Tarihçesi

Belirli bir tesis içinde belirlenmiş standartlara göre tesis alanındaki stoklardan agrega, su, çimento ve katkı maddelerinin santral içinde belirli oranlarla bilgisayar kontrolünde karıştırıldıktan sonra trans mikserlere yüklenen ve döküm alanına homojen bir şekilde ulaştırılan betona hazır beton denilir (Gültekin, 2020).

1880’li yıllarda Berlin çevresinde deneyimli inşaat ustaları çimento bazlı bir karışımı şantiyelere at arabalarıyla taşıyor ve bu karışımı şantiyelerde beton haline getiriyorlardı. Tamamen beton yapısındaki yani harcın çimento, kum, çakıl ve suyun orantılı olarak karıştırıldıktan sonra inşaata getirilmesini 1903’de ilk kez Jürgen Hinrich Magens adında, Hamburg’lu bir yapı ustası başardı. Almanlar buna Transpor beton yani taşıma beton (hazır beton) dediler. Böylece “Hazır Çimento Betonunun Bağlayıcılık Özelliğini Kaybetmeden Koruma İşlemi” 10 Ocak 1903’ de patentlenmiş oldu (Gültekin, 2020).

Dünyadaki beton gelişiminin kronolojisi.

İlk olarak 1813 de Fransa’da Louis Vicat ilk yapay çimentoyu üretti. 1824’de ise İngiliz duvar ustası Joseph Aspdin “Portland Çimentosu”nun patentini aldı. 1836’da Almanya Betonda ilk basınç ve çekme dayanımları deneylerini yaptı. 1850 yılında Paris’ de daha sağlam saksılar üretmek amacıyla Joseph Monier betona demir çubuklar ekledi ve betonarmeyi buldu. 1879’da ilk beton yollar İskoçya’da yapıldı. 1889’da İlk betonarme köprü Fransa’da inşa edildi. 1902’de August Perret tüm yükü duvarlara taşıtmak yerine kolon, giriş ve döşemelerin kullanarak ilk yapıyı tasarladı. 1903’de Dünyadaki İlk betonarme yüksek katlı (16 katlı) bina 1903 yılında Ohio, Cincinnati’de inşa edilen Ingalls binası, tarihe dünyanın ilk betonarme gökdeleni olarak geçmiştir. 1903’de İlk hazır beton Almanya’da üretildi. 1916’da ABD’de ilk transmikseri Stephen Stepanianicat etti. 1930’da Betonda yüzey gerilmelerini azaltmak için ilk hava sürükleyici katkı kullanılmaya başlandı. 1936’da İlk önemli beton baraj, Hoover Barajı Amerika Nevada’da inşa edildi. 1948’de ise Güney Amerika’da yapılan ilk büyük ön gerilmeli köprü olan Galion köprüsü inşa edildi. 1980’e gelindiğinde ise beton katkısı olarak süper akışkanlaştırıcılar kullanılmaya başlanmıştır. 1985’de bir mineral katkı olan silis dumanı kullanılmaya başlandı. 1993’de Mikrofiberler betonda kullanılmaya başlandı. Günümüzde yüksek performanslı, zorlu koşullara dayanıklı, hafif, ısıya ve radyasyona dayanıklı, ön

gerilmeli gibi teknolojik betonlar üretilmektedir (Karakule, Türkiye Beton Birliği ve Hazır Beton Sektörü, 2003). Demiryürek (2007) yaptığı yüksek lisans tezinde beton üretiminin yıllara ve geliştiği ülkelere göre kronolojik sıralamasını aşağıdaki gibi sunmuştur.

- 1848 ilk çimento fabrikasının kurulması (İngiltere).
- 1857 Betonarme sisteminin bulunuşu (Fransa).
- 1865 yüksek fırın cürufunun portland çimentosu ile birlikte kullanımı (Almanya).
- 1903 Hazır beton sektörünün başlangıcı (Almanya).
- 1936 Kimyasal katkıların kullanımı (Almanya).
- 1950 Uzun dönem testler için mikro silisin deneysel olarak kullanımı (Norveç).
- 1965 Süper akışkanlaştırıcıların betonda kullanımı (Amerika).
- 1971 Mikro silisin taşıyıcı sistemde kullanımı (Norveç).
- 1981 Üçlü karışım (PÇ, Mikrosilika, uçucu kül) çimentonun ilk kez kullanımı (İzlanda).
- 1992 Dünyanın en yüksek betonarme yapısının inşası (Amerika).
- 1993 Mikro fiberlerin betonda kullanımı (Amerika).

Kronolojik sıralamadan da anlaşılacağı üzere hazır beton teknolojisinin gelişimine öncülük eden ülke sayısı sınırlı sayıdadır. Buna rağmen gelişen teknoloji ile birlikte birçok ülkede hazır beton teknolojisini kullanmaya başlamıştır. Bu bağlamda Tablo-1’de ülkelerin hazır beton ile tanışma yılları sunulmuştur.

Tablo 1. *Bazı Ülkelerin Hazır Beton İle Tanışma Yılları (Karakule, Akakın, & Uçar, 2004; Demiryürek, 2007,s. 4).*

Türkiye	1976
Portekiz	1966
İsrail	1963
İtalya	1962
Belçika	1956
İspanya	1942
Fransa	1933
İngiltere	1930
Almanya	1903

Tablo-1’de de görüldüğü gibi ülkemiz hazır beton ile tanışması diğer ülkelere nazaran çok geç bir dönemde gerçekleştiği söylenebilir. Ancak Avrupa Hazır Beton Birliğinden (ERMCO) alınan 2020 yılı verilerine göre Avrupa Birliği üyesi bütün ülkelerin toplam hazır beton üretim miktarı 252,7 milyon m³ iken, Türkiye tek başına 95 milyon m³ beton üretmiştir. Bu üretim miktarı ile Türkiye, AB ülkeleri arasında birinci konumda iken Almanya 55,3 milyon m³ üretim ile ikinci, Fransa 37 milyon m³ üretim ile üçüncüdür (THBB, 2022). Ayrıca miktar açısından fazla üretim yapılmış olmasının yanı sıra kullanılan betonların dayanım sınıflarında da Türkiye ilk sıradadır. Kullanılan betonların dayanım sınıflarına bakıldığında; C25/30-C30/37 dayanım sınıflarında %71 ile Türkiye, %60,2 olan AB ortalamasının üstündeyken, C35/45 ve üstü dayanım sınıflarında ise Türkiye %21 ile %12,8 olan AB ortalamasının üstündedir (THBB, 2022).

Hazır betonun Türkiye’deki tarihçesi.

1903’de ilk hazır beton üretimi yapan Almanya’dan yaklaşık 73 yıl sonra 1976 Türkiye’de hazır beton üretimi başlamıştır. 1980’lerin ortalarından sonra çimento sektörü ülkemizde özelleşmiş ve bu vesile ile hazır beton üretimi yaygınlaşmıştır. 1988 de Hazır Beton Birliği kurulmuş, birlik 1995 yılında bakanlar kurulu kararı ile Türkiye Hazır Beton Birliği adını almıştır. Ülkemizde hazır beton üretiminin yaklaşık %70 İ THBB’ ye üye santraller tarafından gerçekleştirilmektedir (Karakule, & Akakin, 2005).

2009 yılından sonra Avrupa’da en fazla beton üretimi yapılan ülke konumunda olan Türkiye’de ilk hazır beton üretimi 1976’da başlamış ise de gerçek anlamda 1990’lı yılların başlarında kullanımı başlamıştır (Akakin vd., 2013). Hazır betonun standart sapmasının az olduğu şantiyede hazırlanan betonun sapmalarının çok büyük olduğu dayanımı ve kalitesinin değişkenlik gösterdiği İnşaat Mühendisleri Odasının 1994 yılı araştırmaları sonucunda ispatlanmıştır (Ayalp, 2013).

Betonarme yapının taşıyıcı sisteminin malzeme kalitesi içeriğinin ne olduğu kadar yapılan işçiliğe de bağlıdır. Şantiye alanında ölçümsüz, denetimsiz ve insan gücüne dayalı yapılan karışımlarda standart sapmanın kabul edilebilir düzeyde olmadığı ve yapının tüm olarak ele alınması gerektiği gerçeğine dayanarak zayıf halkada zincirin kopması sonucu binaların zayıf yerden yıkıldığı tespit edilmiştir (Ayalp, 2013).

Özellikle 1999 depremi sonrasında yapılan teknik araştırmalar yıkılan ve ağır hasar alan yapılarda niteliksiz beton kullanıldığı, bilinçsiz uygulamalar yapıldığı tespit edilmiş ve birçok il ve ilçede el ile beton hazırlanması yasaklanmıştır (Öztok, 2008). Hazır beton üretiminde Avrupa ülkeleri ile uyum sağlamak bakımından ‘TS EN 206-1 Beton Standart’ ı Mart 2004 den beri kullanılmaktadır (Bozkurt, 2019).

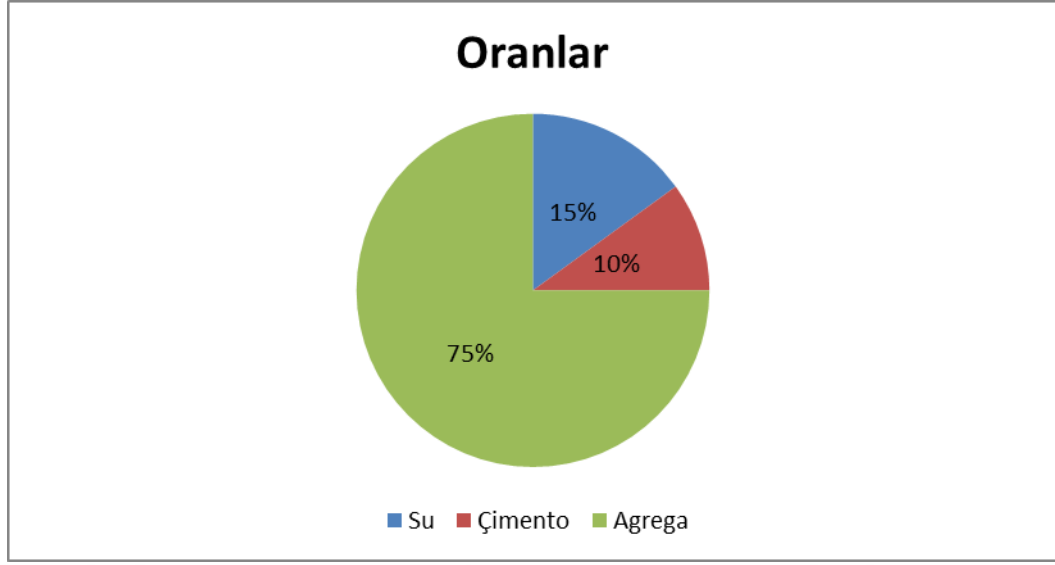
2000’li yıllara kadar beton santrallerinin sayısının az olması ve genelde şantiye alanlarına uzak olması sebebiyle kuru karışım denilen şantiye alanlarında su ve mineral katkının trans mikserle eklenmesi yoluyla beton üretimi yapıyordu. Günümüzde genellikle beton ihtiyacının artması ve dolayısıyla beton santrallerinin şantiye alanlarına yaklaşması, beton ve taşıma teknolojisinin artması ile santralden hazır halde betonun çıktığı yaş karışım tercih edilmektedir (Şimşek , & Yardımcı, 2021).

Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB) 2022 verilerine göre 2015 ila 2020 yılları arasında üretilen toplam hazır beton miktarı yaklaşık olarak 603 milyon m³ dür. 2015 yılında bu rakam 107 milyon m³ iken bu beş yıllık süreçte en fazla hazır beton üretim yılı ise 115 milyon m³ ile 2017 yılıdır. Ancak 2019 yılında inşaat sektöründe yaşanan kriz ve küresel nedenlerden dolayı keskin bir düşüş ile 77 milyon m³ ile 5 yılın en az üretimi gerçekleşmiştir. Son olarak 2020 yılında ise 95 milyon m³ bir üretim ile tekrardan artışa geçmiştir (THBB, 2022).

Hazır Beton Teknolojisi

Hazır beton bileşenleri.

Hazır beton agrega (ince ve kalın), su, çimentodan oluşur. Gerekli görülmesi halinde çimentonun %2’lik kısmını geçmemek şartıyla kimyasal ve çeşitli minerallerden eklenebilir (THBB, 2022; Durğun, 2019; Demiryürek, 2007). Şekil-2’de hazır betonu oluşturan bileşenlerin şematik gösteri verilmiştir.



Şekil 2. Hazır beton bileşenleri oranları (Durğun, 2019,s. 4).

Agregat.

Betonun hacimsel olarak % 65-80 ini oluşturan kum, çakıl, kırma taş gibi organik malzemelerin yanı sıra yüksek fırın cürufu, perlit ve genleştirilmiş kil gibi inorganik malzemelerden oluşan tane boyutlarına göre ince (kum, kırma kum vs.) veya kaba (çakıl, kırma taş vs.) agregat olarak adlandırılan bileşenlerdir (Bekar, 2009). Demiryürek (2007)'de yaptığı yüksek lisans tezinde beton agregasını, beton veya harç yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı malzeme ile birlikte bir araya getirilen, organik olmayan, doğal veya yapay malzemenin genellikle 100 mm' yi geçmeyen (ayrıca yapı betonlarında çoğu zaman 63 mm'yi geçmeyen) büyüklüklerdeki kırılmamış veya kırılmış tanelerin oluşturduğu bir yığın olarak tanımlamaktadır.

Beton yapımında çeşitli agregalar kullanılmaktadır. Bunlar, kum, çakıl, kırma taş, yüksek fırın cürufu, pişmiş kil, bims, genleştirilmiş perlit ve uçucu külden elde edilen uçucu kül agregasıdır. Agregalar hazır betonun yaklaşık olarak %75'ini oluşturmaktadır (Bekar, 2009).

Tane boyutlarına göre ince (kum, kırma kum vb.) ve kaba (çakıl, kırma taş vb.) iki farklı türe ayrılan ve TS706 EN 12620 'ye uygun olması gereken agregalarda aranan en temel özellikler aşağıda sıralanmıştır (THBB, 2022).

- Dayanıklı, sert ve boşluksuz olmaları,
- Deniz kabuğu, odun ve kömür gibi zayıf taneler içermemeleri,

- Mukavemetli olmaları,
- Betona zarar verecek toz, toprak gibi betona zarar verecek maddelerden arınmış olmaları,
- Çimento ile zararlı reaksiyona girmemeleri,
- Geniş yüzeyli ve uzun yapılı olmamaları.

Kil, silt, mil ve toz gibi küçük parçacıklar agregayı kirletmekte ve bu durumda çok fazla su ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bu yüzden betonda kullanılacak agregaların TS 12620 standartlarına uygun olması gerekmektedir (Demiryürek, 2007).

Hazır beton içerisinde en fazla oranda kullanılan agregaların doğal kaynakları her geçen gün azalmaktadır. Bu durumda temiz, kaliteli ve standartlara uygun agrega teminin güçleştiği söylenebilir. Her geçen gün hazır beton sektöründeki stratejik önemi artan agregalar depolanırken kirlenmemesi için gereken önlemler alınmalıdır. Agreganın depolama alanı mümkünse beton gibi sert ve temiz tutulması kolay bir alan olmalıdır. Depolanan agreganın drenajına da dikkat edilmelidir. Rüzgâr ve su etkisi ile çevredeki toprak parçalarının depolanan agrega içine girmemesine dikkat edilmelidir (URL-1, 2022).

Çimento.

Çimento, kum, çakıl, tuğla, briket vb, minerallerin parçalarını ve ham maddeleri kalkerle kil olan, su ile karıştırıldığında hidrasyon reaksiyonları ve süreçler nedeniyle priz alan ve sertleşen bir hamur oluşturan ve sertleşme sonrası suyun altında dahi dayanımını koruyan, inorganik ve ince öğütülmüş, hidrolik bağlayıcıdır (David, 2013). Çimento kil ve kalkerin belirli oranlarda karıştırılarak 1450-1650 °C sıcaklıkta pişirilip % 3 alçı taşı katıldıktan sonra 15-20 mikron aralığında öğütülmesi sonucu elde edilen bir bağlayıcıdır (Yardımcı, 2005).

Katkılı çimento, Portland Kompoze Çimento, Cürufu Çimento ve Sülfata Dayanıklı Çimento en fazla tercih edilen çimento tipleridir (THBB, 2022). Ayrıca özel amaçlar için Beyaz Portland Çimentosu ve bazı tip çimentolar tercih edilmektedir (Van, Oss. & Padovani, 2003).

Ülkemizde ilk çimento üretimi 1911 yılında Kocaeli ili Darıca ve Eskişehir ilçelerinde açılan iki Portland Çimentosu fabrikasıyla başlamıştır. Cumhuriyet dönemiyle birlikte, ülkemizdeki çimento fabrikası sayısı artış içerisinde girmiş ve 2.

dünya savaşıyla tüm dünya ile birlikte çok hızlı bir ivme kazanmıştır (Demiryürek, 2007).

Karma suyu.

Betonun önemli bileşenlerinden biriside sudur. Su betonda malzemelerin yüzeyini ıslatarak karışımın oluşmasını sağlamak ve çimento ile bileşerek hidrasyonu sağlamak gibi iki önemli göreve sahiptir.

Karma suyunda 2 hususa dikkat edilmesi gerekir. Birinci husus suyun içme suyu gibi temiz, berrak ve 7+-1 ph aralığında olmasıdır. İkinci husus su/çimento oranıdır. Beton karışım hesabında su çimento oranı döküm yapılacak iklime, alana ve basınç dayanımına göre değişir. Beton karışımında kullanılan karma suyunun TS EN 206 ya göre TS EN 1008 e uygun olmalıdır. Betonda su çimento oranı % 35-42 aralığında olmalıdır. Betonda kullanılan su oranı karışımın sağlanacağı minimum değer olmalıdır. Bu değerler uygun değer orandan(optimum) %10 az olur ise dayanım % 10 azalır. Su miktarı % 20 fazla olur ise basınç dayanımı % 30 azalır. Çimento hamurunda, suyun çimentoya oranı ne kadar küçük olursa çimento hamuru o kadar plastik kıvamlı olur (Yardımcı,2005). Üçüncü husus ise taze beton hacmindeki suyun miktarıdır. Bir metreküp betondaki litre cinsinden su miktarı olarak ifade edilir (MEB, 2020).

Beton katkı maddeleri

Hazır beton yapımında kullanılan agrega, çimento ve su temel malzemelerinin harmanlanmasından hemen önce ya da harmanlama işlemi sürecinde betona karıştırılan maddelere beton katkı maddesi denir (Demiryürek, 2007). Bir başka tanıma göre ise TS EN 934-2 2002 / TS 3452 şartlarını yerine getiren, iyi denilebilecek özellikteki betona fiziksel, kimyasal, mekanik, statik vb. özelliklerini değiştirmek için içindeki çimento dozajının % 5 ini geçmemek kaydıyla eklenen kimyasallara beton katkı maddeleri denir (Demiryürek, 2007). Beton katkı maddeleri, beton özelliklerine sağladığı iyileştirmeler sayesinde günümüzde betonun vazgeçilmez birer parçası konumdadırlar. Beton katkı maddeleri, elverişsiz hava koşullarında, karıştırma ve yerleştirme sürecinde problemlerde, pompalanabilir, mukavemetli ve durabilir yüksek beton üretiminde önemli rol oynarlar (Yıldırım, 2007). Beton yapımında katkı malzemesi olarak kimyasal ve mineral katkı maddeleri kullanılır (Öztok, 2008).

Betonda kullanılan bazı kimyasal katkı maddeleri:

- Su Azaltıcı / Akışkanlaştırıcı
- Yüksek Oranda Su Azaltıcı / Süper Akışkanlaştırıcı
- Hava Sürükleyici
- Priz Hızlandırıcı
- Priz Geciktirici
- Su Geçirimsizlik Katkısı
- Su Tutucu Katkılar
- Sertleşme Hızlandırıcı
- Priz Geciktirici, Su Azaltıcı / Akışkanlaştırıcı
- Priz Geciktirici, Yüksek Oranda Su Azaltıcı / Süper Akışkanlaştırıcı
- Priz Hızlandırıcı, Su Azaltıcı / Akışkanlaştırıcı (TS EN 934-2')

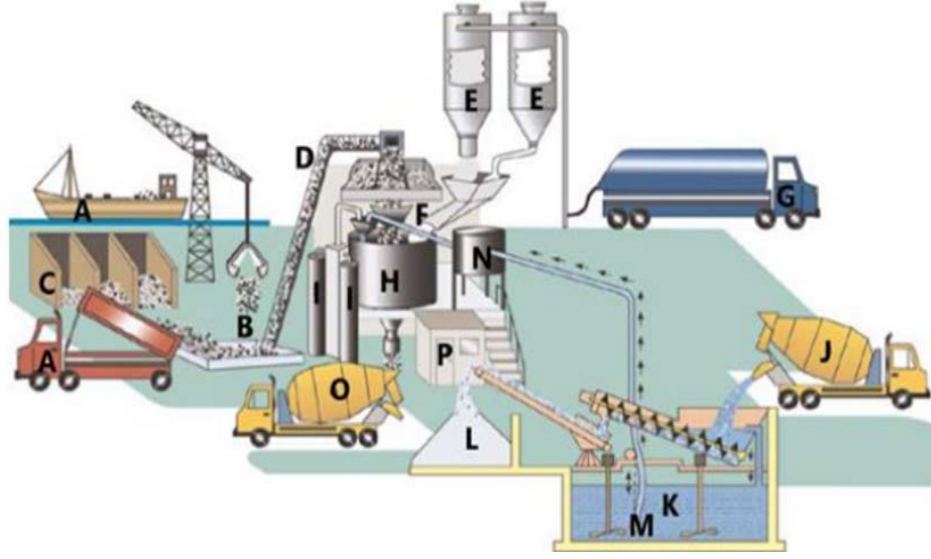
Betonda kullanılan mineral katkı maddeleri:

- Silis dumanı
- Uçucu kül
- Öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu

Hazır Beton Üretiminde İş Akışı

Hazır beton bileşenlerinin temini ve depolanması.

Hazır beton üretimi standart bir sıralamadan ibaret gibi görünse de karmaşık bir yapıya sahiptir. Genel olarak hazır beton tesislerinde malzeme temini ve stoklanması, malzemelerin tartılması ve santrale aktarılması, malzemelerin(agrega, çimento, su ve katkı) karışımından sonra transmiksere yüklenmesi, çimento silosu, agrega stok alanı, karma suyu havuzu ve katkı maddelerinin stok kontrolü ile genel bakım ve temizlik aşamalarından oluşmaktadır (Özkan, & Karakaya, 2016; Akboğa, 2011).



Şekil 3. Hazır beton santrali üretim süreci iş akış şeması (Akboğa, 2011, s. 25).

A: Agreganın Teslimi, B: Agreganın Alın Silosu, C: Agreganın Deposu, D: Taşıma Bandı, E: Çimento Silosu, F: Tartma Bunkerleri, G: Çimento Teslimi, H: Santral Mikseri, I: Katkıların Ekilmesi, J: Dökümünü Tamamlamış Transmikser, K: Geri Dönüşümlü Su, L: Geri Dönüşümlü Agreganın Transferi, M: Su Pompası, N: Su Deposu, O: Dolumu Yapılan Transmikser, P: Kontrol Odası.

Agrega ünitesi.

Betonda hacim ve kütleye en büyük orana sahip olan kaliteli agreganın temini her ne kadar doğal kaynak olsa da her geçen gün zorlaşmaktadır. Bu nedenle sistematik bir şekilde temin edilmeli ve muhafaza edilmelidir. Taş ocaklarından tesise kamyonlar ile getirilen agregalar belirli ölçüler ve numuneler alındıktan sonra tartıma girer ve akabinde cinsine göre stoklanır (Gültekin, 2020). Stok alanında malzemeler bunkere yüklenir. Agreganın bunker (deposu) ventil, nemölçer ve vibratörden oluşmaktadır (Akboğa, 2010).

Ventil ünitesi.

Elektrik enerjisi ile çalışan ventil ünitesi hava yardımı ile birlikte piston kapaklarını hareket ettirir (Demir, 2016).

Vibratör ünitesi.

Vibrasyon ile birlikte nemlenmiş, birbirine yapışmış kumlardan yüzeye yapışanlar dökülür. Agregalar kapaklardan daha rahat geçer (Demir, 2016).

Tartı bandı.

Motor, redüktör ve banttardan oluşan Tartı Bandı Agregaların ayrı ayrı (kum, çakıl gibi) tartılarak aktarma bandına taşınma işlemini görür. Malzemeler Loadcell yardımıyla tartılır (Bekar, 2009).

Nemölçer.

Kumun içindeki nem oranını tespit ederek PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) ye iletir. PLC elde edilen nem oranı bilgisine göre su bunkerinden miksera ne kadar su katılması gerektiğini belirler (Demir, 2016).

Bant.

Malzemeyi karışım için miksera nakleder. Tamburdan gelen çekme kuvvetine ve malzemedan gelen sıcaklık, ağırlık ve aşınma gibi etkilere karşı dayanıklı olmalıdır. Konveyör bandının arızasız ve uzun ömürlü çalışması için;

- Az nem çekmesi
- Yüksek mukavemete sahip olma
- Özgöl ağırlığının düşük olması
- Az uzama
- Tamburlara sarılma ve oluklaşmadan dolayı meydana gelen eğilme
- Tesirlerine mukavemet göstermesi.
- Eğrilik değişmelerinden meydana gelen alternatif gerilmelere mukavemet gösterme,
- Malzemenin aşındırıcı tesirlerine mukavemet ve uzun ömür gösterme
- Bulunduğu konuma göre sıcaklığa, soğuğa, iklim etkilerine, yağa, oksitlenmeye, ozona karşı mukavemet, statik elektrik toplamamak gibi özelliklere sahip olması gerekir (Ergün, 1998).

Aktarma bandı.

Tartı bandından gelen malzemeyi miksere veya mikser üzerindeki ara bunkere taşıma işini görür. Aynı tartı bandı gibi motor ve redaktör ve banttıan oluşur. Tercih edilen motor büyüklüğü, cinsi bandın uzunluğu ve açısına göre değişmektedir (Bekar, 2009).

Çimento silosu.

Çimento çimento silosunda depolanır. Kullanılan sisteme göre fabrikadan silobas yardımıyla veya helozon yardımıyla tartım bunkerine gönderildikten sonra mikserde karışıma katılır (Hüner, 2006).

Helezon.

Görevi çimentoyu çimento silosundan çimento tartım bunkerine taşımaktır. Helezonda kullanılan motor helezonun büyüklüğüne göre seçilmektedir (Bekar, 2009).

Su bunkerı.

Karışım suyunun depolandığı yer olarak ifade edilebilir. Hidrafor yardımıyla su deposundan basınçlı bir şekilde gelen su loadcelllerle tartıldıktan sonra istenilen değere ulaşılnca klepeye (aktüatör vana) komuta ederek su bunkerının dolmasını sağlar ve burada bekler (TSE, 1985).

Katkı bunkerı.

Betonun cinsine göre kullanılacak olan katkı maddeleri katkı depolarından pompalar ile bırakıldıktan sonra loadcell ile tartılır. Karışımın homojen olması için tartılan katkının katkı bunkerı yerine su bunkerine aktarılması daha evladır (Doğan, Batur, Özer, Dingil, & Geçmez, 2011)

Mikser.

Tartım bunkerinde bulunan klaperdeki mekanik olarak çalışan sürücüler yardımıyla ara bunkerlerdeki su, çimento, agrega ve katkı maddeleri kendi haznelerine boşaltılır. Otomasyonun verdiği komutla birlikte sırasıyla; agrega, katkı, su ve çimento bunkerlerinin kapakları açılarak karışımı oluşturacak malzemeler miksere dökülür. Karışım süresi maksimum 75 saniyedir. Karışan beton hidrolik (sıvı basıncı ile çalışan)

ve gaz basıncı ile çalışan (pnömatik)kapaklar açılarak transmiklere dökülür (Demir, 2016).

Kompresör.

Agrega, su bunkeri, mikser gibi birimlerdeki kapakların açılmasını sağlayan pnömatik sistemin ihtiyacı olan hava basıncını sağlar (Bekar, 2009).

Hazır Beton Santrallerinin Yapısı

Taze (akışkan) betonun üretilebilmesi için gerekli hammaddeler olan çimento, agrega, su ve gerekli kimyasal katkıların bilgisayar ve gerekli otomasyonlar yardımıyla hesaplanıp, karıştırılıp üretilmesini sağlayan ve üretilen bu betonun döküm sahasına gidebilmesi için gerekli transmikserlere yüklendiği, birkaç bölümden oluşan yapıya hazır beton santrali denir. Yapısal olarak ve çeşitli gereksinimlerden dolayı birkaç çeşit beton santrali bulunmaktadır (TS 12165, 1997).

Düşey yapıdaki hazır beton santralleri.

Düşey santraller isimlerinden de anlaşılacağı üzere, agregaların karıştırma ekipmanlarının üst kısmındaki karıştırma kulelerinde bulunduğu ve bu karıştırma kulelerinden serbest bir şekilde düşerek cebri karıştırıcıya ulaştığı şekilde tasarlanan santrallerdir. Bu santraller mobil olarak kullanılamaz ve yalnızca sabit bir şekilde üretim yapabilmektedir. Bu tür santrallerdeki üretim kapasitesi cebri karıştırıcıya bağlı olmakla birlikte 50-130 m³ arasında olabilmektedir (Özsöylev, 1992). Şekil 4’de örnek bir düşey hazır beton santrali görülmektedir.



Şekil 4. Örnek bir hazır beton üretim tesisi (EBS, 2022).

Yatay yapıdaki hazır beton santralleri.

Yatay santral tipinde üretim için gerekli malzeme çeşitli silo tiplerinde depolanabilir. Kullanılan silo tipleri genellikle sıra silolar, yıldız tipi silolar veya yüksek silolardır. Depolanmış malzeme yapılan tartım işleminden sonra gerektiği kadarıyla belirli bir taşıma sistemi veya aracıyla cebri karıştırıcıya ulaştırılır ve üretime başlanır. Bu tür santrallerdeki kapasite 50-110 m³ arasında değişiklik gösterir (Demiryürek, 2007; Özsöylev, 1992).

Mobil üretim yapan hazır beton santralleri.

Bu santraller yatay yapıdaki beton üretim santrallerine dâhildir. Mobil olduklarında yani bir bölgede kalıcı olmadıklarından ve sürekli şantiye yoğunluğuna göre yer değiştirdiklerinden kurulum ve söküm işlemi oldukça az masraflı ve hızlı olacak şekilde tasarlanmıştır. Mobil üretim yapan santrallerde malzeme stoku üretilen beton kapasitesi kadar yapılır ve bu stok genellikle sıra silo sistemi kullanılmaktadır. Bu tür santrallerin üretim kapasitesi ise 50-110 m³/saat olarak değişebilmektedir. Mobil üretim tesislerinin birçok olumlu özelliği bulunmaktadır örneğin; mobil santraller genellikle betonun kullanılacağı şantiye sahası içerisine kurulur bu da betonun taşınmasındaki maliyeti oldukça aşağıya çeker. Bunun haricinde yine şantiye içerisinde olması hazır betonun taşınması sırasında yaşanacak olası sorunların önüne geçmiş olur (Demiryürek, 2007). Şekil 5’de örnek mobil hazır beton santrali görülmektedir.



Şekil 5. Mobil hazır beton tesisi (GM. 2022).

Hazır Beton Üretimi

Hazır betonu diğer betonlardan ayıran en önemli husus, hazır betonun modern santrallerde bilgisayar kontrolüyle üretilmesidir. TS En 206'da hazır beton nitelikleri belirlenmiştir (THBB, 2022). Hazır beton başlıca yaş ve kuru olmak üzere iki sistemde üretilir. kuru sistemde su en son taşıma aşamasında eklenmektedir. Öncelikli olarak betonu oluşturan diğer malzemeler bir mikser ile birlikte karıştırılır. Yapılan bu karıştırma işleminin ardından elde edilen karışım beton taşıyıcı mikserli kamyonlara yüklenir. Kamyon inşaat sahasına gelene kadar araçta bulunan su ile birlikte araçtaki kuru karışımı birleştirir ve mikseri yardımıyla bu karışımı beton harcına dönüştürür (Demiryürek, 2007).

Uzun mesafelerde ya da trafik gibi problemlerin yaşanabileceği durumlarda kullanılır. Uzun mesafe giderken yaşanabilecek su kaybı ayrışma gibi problemlerin yaşanmasını önler. Ayrıca hızlı priz alan betonların üretiminde etkilidir. İnşaat sahasına giderken yapılan su verme işlemi ile kuru karışım beton halini almaya başlar. Bu durumun önlenbilmesi için kuru sistem kullanılır (Düzci, 2017).

Bir diğer sistem olan yaş sistemde ise hazırlanan kuru karışım ile su taşıyıcı kamyonu ulaşmadan hazır beton harcı olur. Harç taşıyıcı kamyonu aracın gideceği mesafe göz önüne alınarak belli miktarda karıştırılır ve mikserli kamyonu aktarılır. Mikserli kamyon bu harcı inşaat sahasına kadar mikseri ile karıştırarak hazırlar ve inşaat sahasında beton döküme hazır hale gelir. Bu yöntem genellikle en fazla kullanılan yöntemdir (Düzci, 2017). Yaş sistem çoğunlukla kullanılmakla beraber iletimin hızlı olabileceği durumlarda etkilidir. Uzun yol ya da sıkışık trafik gibi problemlerin yaşanmayacağı durumlarda kullanılır.

Malzemelerin Tartımı ve Santrale Aktarılması

Bunker sistem.

Bunker sistemde; agregalar özelliklerine göre ayrıldıktan sonra otomasyon yardımıyla ihtiyaç olan bölümden alınıp tartılır ve bant konveyörler yardımıyla santral içine aktarılır. Son zamanlarda kurulan santrallerde Yıldız Tip santrallere nazaran otomasyon ve insan gücüne daha az ihtiyaç duyulması sebebiyle bu sistemi tercih edilmektedir (Gültekin, 2020).

Yıldız tip santraller.

Daha çok eski santrallerde kullanılmakta olan Yıldız tip santraller yeni tip santrallere göre daha yavaş ve insan gücüne daha bağlıdır. Otomasyon yönünden zayıftır dolayısıyla homojen değerler ortaya daha nadir çıkarılır.

Beton Santrallerinde PLC Otomasyon Sistemi

Günümüzde her alanda hızla gelişen teknoloji, hazır beton üretim tesislerinde de oldukça önemli, iş kolaylaştırıcı ve kalite arttırıcı yönde etkiler yapmaktadır. Gün geçtikçe gelişen otomasyon sistemleri santrallerdeki birçok işi kolaylaştırdığı gibi hata oranını da en az seviyeye indirmeye çalışmaktadır.

PLC otomasyon sistemi, kontrol devreleri ve kumandayı gerçeklemeye uygun olarak iletişim arabirimler ve giriş çıkış birimleri ile donatılmış, kontrole uygun bir sistem programı olarak adlandırılan bilgisayardır (Coşkun, Saygın, ve Dursun, 2008). Tarihsel gelişim olarak incelendiğinde, ticari olarak ilk PLC'yi 1969 yılında Modicon adlı bir firma geliştirmiştir. Bu yıllarda geliştirilmesinin amacı, röleli kumanda devrelerinden vazgeçilmesi ve artık onların yerine PLC'lerin kullanılmasıydı. Bu yıllarda ilk kez endüstriyel bazda kullanılan PLC sistemi başarıya ulaştıktan sonra artık orta ve büyük maliyetli ve yüksek performanslı olarak büyük şirketlerce (Siemens, Toshiba, Omron) üretilip yaygınlaştırılmaya başlanmıştır (Bekar, 2009).

Santralde Karışım ve Transmiklere Yüklenmesi

Önceden temin edilerek santral içerisinde depolanan malzemeler üretim için gerekli miktarlarda taşınarak, aktarılarak hazır beton karışımı yapılır. Yapılan bu karışım olabildiğince homojenize olduktan sonra kullanılabilir vaziyete geldiğinde transmikserlere yüklenmeye başlanır. Tesis içerisinde yapılan hazır beton üretimi transmikser kapasitelerinden fazla olduğundan üretilen üretim miktarına göre birden fazla transmiklere yüklenir. Bu yükleme işlemi hazır beton üretim tesisinin mikserindeki taze beton bitene kadar devam eder. Transmiklere yükleme işlemi bittikten sonra yükleme ağzı ve çevresinde kalan beton taze durumdayken yıkanarak temizlenmesi sağlanır. Yıkanan kısımdan çıkan taze beton kalıntıları ve yıkama suyu tekrar bir sonraki üretime karışım suyu olarak katılabilir. Bu durum un gerçekleşmesi için yıkanan bu atık su geri dönüşüm havuzları adı verilen kısma aktarılmalıdır (Gültekin, 2020).

Hazır Beton Tesisi Genel Bakım

Genel anlamda bakım tanımlanacak olursa, herhangi bir sistem ya da ekipmanın düzenli ve istikralı bir biçimde çalışabilmesi için yapılan ayarlamalar, temizlikler ve parça değişimleri gibi birçok durumu kapsayan çalışmalardır. Bu çalışmayı yapacak olan çalışanda sistem yada ekipman için herhangi bir uzmanlık beklenmese de genel manada yapılacak olan çalışmaya hakim olması beklenilir. Bakımlar genellikle yapılan sistem yada ekipman özelinde belirli periyotlarda yapılır. Yapılan tüm bu çalışmalar bakım olarak düzenli olarak raporlanır (URL-2, 2021).

Yukarıda verilen özet tanımlamadan sonra hazır beton santrallerinin bakımına değinilecek olunursa, bu bakım genellikle iki basamaktan oluşmaktadır. Bu iki basamağın ilki neredeyse her üretimden sonra üretim içinde görev alan santral kısımlarında uygulanan, hareketli kısımlarda yağlama, üretim anında görülen teknik arızaların giderilmesi, taşıyıcı ve hammaddenin üretim anında geçtiği tüm kısımlardaki temizlik ve elektronik kısımlarda, enerji ünitelerindeki bakımların yapılmasını kapsar. Bu kısa süreli ve büyük sorun teşkil etmeyen bakımlara basit bakımlar denir. Basit bakımı hazır beton santrallerindeki yetkili kişiler yapmaktadır. Basit bakım her üretim bitiminde, birkaç günde bir veyahut haftalık olarak yapılabilir. Bakımın ikinci basamağı ise kapsamlı bakım olarak adlandırılır. Bu basamakta santral içindeki endüstriyel makinelerde oluşan büyük çaplı arızalar, parça söküm ve takım işleri gibi büyük çaplı sorunlar çözülür. Kapsamlı bakım arızanın oluştuğu zamanlarda ya da uzun periyotlar sonunda, makinelerin teknik servislerince yapılır (Gültekin, 2020).

Yukarıda anlatılanlara ek santralde yapılması gereken birkaç temizlik işini örneklendirilmiştir:

- Hazır beton üretim tesisindeki hammaddelerinin naklini sağlayan araç ve gereçlerin, taşıyıcı bant sistemlerinin madde ile temas eden yerlerinin temizliği,
- Üretilen hazır beton karışımının boşaltıldığı kısmın, santral potasının temizliği,
- Geri dönüşüm maddelerinin toplandığı ve hazır beton üretiminde kullanılan karma suyunun depo edildiği kısmın temizliği,
- Hazır beton tesisleri içinde bulunan ve bazı deneyler ve incelemelerin yapıldığı tesis laboratuvarlarının temizliği (Durğun, 2019).

Farklı Ülkelerdeki Beton Kalite Kontrol Sistemleri

Bu bölümde İtalya, İsveç, Almanya ve Japonya ülkelerinde kalite kontrol sistemleri kısaca açıklanmıştır.

İtalya’da kalite kontrol sistemleri.

İtalya’da, üretilen betonların kaliteleri Kalite Sertifikası adı verilen bir belge ile belirlenmektedir. Bu belge beton alıcısının, temin ettiği betonların kalitelerini tekrardan kontrol etmemesi ve gerekli tüm bilgilere ulaşabilmesi için beton üreticisi tarafından tüketiciye sunulan bir belgedir. Bu kalite ispatı, tamamen tarafsız bir şekilde gerekli testleri yapan ve standartlara uygunluğunu kontrol eden SVQ (Malzeme Kalite Kontrol Birimi)’dur (Çelik, & Eren, 1993).

İtalya’da SVQ’dan prefabrik elemanlar imal eden ve satan, bunun yanında en önemlisi de beton üretilen potansiyel müşterilerine ürettikleri betonların kalitelerini ispatlamak isteyen tesisler yararlanır. Burada SVQ üretilen betonun karakteristik dayanımının sapma sınırları içinde olup olmadığını kontrol eder.

İtalya’daki kalite kontrol sistemi SVQ’nun hizmet aşamaları aşağıdaki gibidir.

- İlk kontrol hazır beton üretim tesisi ekipman ve sistemlerine yapılır. Yetersiz bir sonuca varılırsa daha önceden verilmiş olan SVQ sertifikası iptal edilir. Bu kontrol senede azami olarak bir defa yapılması zorunludur.
- Üretimdeki genel standart sapma hesabı için testler yapılır. Bu testler bir ay içinde 100 adet olmalıdır. Bir aylık süreç içinde alınan 5 adet numuneye adet başı 20’şer test yapılarak basınç dayanım değerleri toplanan örneklerin standart sapmaları ve ortalama değerleri bulunur. Tüm bu hesaplamaların sonunda toplam standart sapma hesaplanır.
- Son olarak tüm bu testlerin yapıldığı üretici kurum haberdar edilmeden, onların açıldığı karakteristik mukavemet değerleri ile test sonuçlarında bulunanlar karşılaştırılır ve uygun olup olmadığı kontrol edilir. Bu karşılaştırma bir ay içinde alınan 20 test için yapılır (Çelik, & Eren, 1993).

İsveç kalite kontrol sistemleri.

Burada, beton ve beton ürünleri “İsveç Prefabrik Beton Konseyi” adlı bir oluşum tarafından denetlenmektedir. Bu denetleme iki ayrı şekilde yapılır. Çok

sıklıkla yapılmayan dış kontroller ve üreticiler tarafından yapılan ve diğer duruma göre daha sıklıkla uygulanan iç kontrollerdir (Magnusson, 1979).

İsveç'te uygulanan bina yasası uyarınca, yerel denetimler bölgelerindeki malzeme ve çalışma uygunluklarını kontrol etmekle sorumludur ve bunların olması gerektikleri düzeylerde ve standartlarda olup olmadığını kontrol etmektedirler. Her ne kadar bu şekilde olması gerekliyse de ülke genelinde bölge bazlı bu kontroller oldukça zordur. Bundan dolayı bu beton imalatçıların denetimiyle ilgili tam anlamıyla gelişmiş ve bölgesel dolmayıp ülke genelini kapsayan kalite kontrol sistemi kurulmuştur. Bu genel sistem denetlediği ve uygunluğuna onay verdiği imalatçılara ürünlerin kalitelerinin alıcılar tarafından daha kolay anlaşılması amacıyla bir işaret(sembol) vurulur. Bu (Ψ) sembolün bulunduğu ürünler kullanım alanlarında tekrar kontrol edilmez. Kontrol şekli, bu konsey tarafından görevlendirilen yetkili kişinin numuneleri laboratuvarlarda test etmesiyle gerçekleşir. Bu konsey uygunluklarına karar verdiği ve sembolü astıkları firmaların isimlerini her 2 yılda bir halk ile paylaşır (Çelik, & Eren, 1993).

Almanya kalite kontrol sistemleri.

Almanya'da kalite kontrol birkaç standart ve birkaç sınıf içinde yapılmaktadır. Bu standartlardan ikisi DIN1045 Ve DIN1084'tür (Weber, 1990). Bu standartlar haricinde kalite kontrolü BI (class B25) ve BII (class B35) sınıfları için yapılmaktadır (Çelik, & Eren, 1993).

Bu iki sınıftan class B25 için sadece şantiyede iç kalite kontrolü yapılmaktadır. Class B35 içinse şantiyede hem prefabrik yapısal elemanlar hem de hazır beton ve türevlerini içine alan iç ve dış kalite kontrolleri yapılmaktadır. Bu kontroller için aşamalar Alman Standartları Enstitüsü 1045'te anlatılmıştır (URL-4, 2022).

DIN (Alman Standartları Enstitüsü) 1045'te bahsedildiği üzere tüm imalatçılar yahut müteahhitler (yüklenici), gerekli eğitimini en iyi şekilde almış ve bunu belgelerle kanıtlayan bir beton mühendisinin bulunduğu, sürekliliği olan bir beton test merkeziyle çalışmalıdır. Bu enstitü kalıcı olarak bir test merkeziyle çalışılmasında üretim uygunluğu, gerekli standartlarda olunması ve kaliteli malzeme kullanılması gibi asgari düzeydeki gerekliliklerin sağlanmasını amaçlamıştır. Bunlar iç kalite kontrolü olarak adlandırılır ve bu kontroller yılda azami olarak 2 sefer yapılarak dış

kontrol merkezleri tarafından denetlenmesi sağlanmalıdır. Tesisler yapılan bu dış kontrol merkezi denetimlerinin raporlarını 5 yıl saklanmakla yükümlüdür. Yapılan bu denetimlerde kullanıcı yani yüklenici dış kontrol merkezini kendisi seçmekte serbesttir (Öz-Alp, 1998).

Japonya kalite kontrol sistemleri.

Japonya’da ilk beton üretimi ve beton tasarımı için oluşturulan standartlar 1929-1931 yıllarında oluşturulmuştur (Perincek, Duran, & Kirtay, 2008). Bu standartlar JSCE (Japonya İnşaat Mühendisleri Odası) ve AIJ (Japon Mimarlar Odası) ortak çalışmalarıyla oluşturulmuştur. Bu yıllardan yaklaşık 20 yıl sonra ilk hazır beton kullanımı gerçekleşen ülkede bu gelişme üzerine 1953 yılında ilk Japon Endüstriyel Standardı hazırlanarak bu güne kadar geliştirilip kullanılmıştır (Dibi, 2010).

2.Dünya savaşı ile Amerika’da kalite kontrol kavramı üzerine çalışmalar başlamasına rağmen bilim adamlarının çalışmaları eterince rağbet görmemiş ve Japon bilim adamlarının ve firmalarının da bu konuya ilgili olması, gelişime açık olması, firmaların çalışanlara ön ayak olması bu konuda beyin göçüne neden olmuştur.

Ülke genelinde 1960’larda inşaat sektörü bir anda çok hızlı bir şekilde gelişmeye başladığından inşaat sektöründe bir anda kaliteli eleman sıkıntısı yaşanmaya başlamıştır. Yaşanan bu sorundan sonra Japon Beton Enstitüsü kendi bünyesinde eleman yetiştirme kararı almış ve büyük değişime ön ayak olmuştur.. Bu süreç sonunda ülkedeki mimar ve mühendis odaları, beton santrallerinde bu kaliteli elemanların çalıştırılmasını zorunlu kılmıştır. Çalıştırılan bu kalifiye elemanlar sayesinde yapılan üretim malzeme, sistem vb. kısımlar sürekli bir kalite halinde olmuştur (Çelik, & Eren, 1993).

JIS (Japon Endüstri Standardı) A5308 Japonya’da hazır beton için kalite kontrolü yapmaktadır (Çakıroğlu, 2019). Bu standart içerik olarak hazır beton üretiminde kullanılacak malzemeler, üretimin karışma oranları, hazır beton sınıfları ve üretimden sonra yükleme, taşıma test etme gibi birçok konuda bilgi vermektedir. Bu standartta göre hazır beton kalitesi, kullanıcıya gönderilen araç içinden alınan (henüz boşaltım yapılmamışken) numuneden kontrol edilir. Boşaltım yapıldıktan sonra üretici hiçbir mesuliyet kabul etmez tüm sorumluluk kullanıcıya ait olur. Burada yapılan testler kullanıcıya gönderilen her 150 m³ beton için uygulanır. Bu uygulamalar basınç

mukavemet deneyi başta olmak üzere, gerekli olduğu düşünölen durumlarda da çökme deneyi ile kullanıma sunulan betondaki hava miktarı testleri yapılır (Çakıroğlu, 2019).

Standartlardaki mukavemet değerlerinde beton üretilip üretilmediğı, yapılan her test için yani 150 m³ için alınan numuneye uygulanan deneylerin standart sapmalarının değerlendirilip karara varılmasıyla belli olmaktadır. Ancak az miktarda beton alan kullanıcıların deney sayısı az olacağından standart sapmanın doğruluk payı da tartışılır durumda olmaktadır. Bundan dolayı yapılan deney sayısı üretici ve alıcı arasında yapılan anlaşma ile artırılabilir ve standart sapmanın doğruluk oranı da bu şekilde yükseltilebilir. Yani her 150 m³'te bir kez yapılan test üretici isterse daha küçük oranlarda da yapıla bilinecektir (Dibi, 2010).

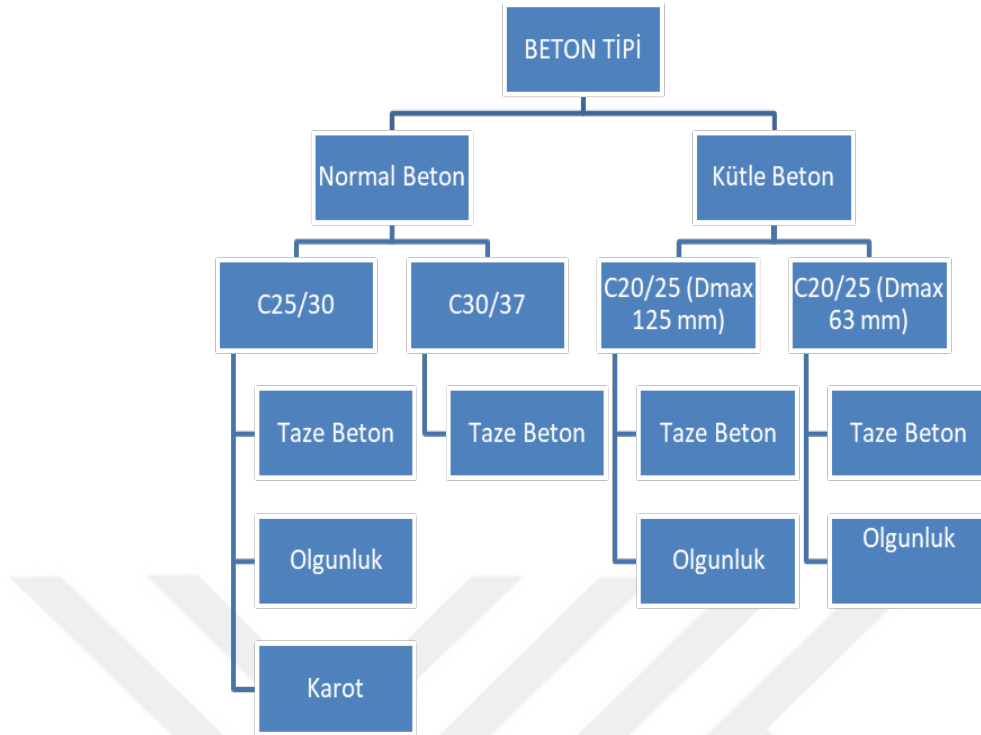
Hazır Beton Kalitesi ve Kalite Kontrolü

Hazır beton standartları.

Bu bölümde hazır betonda bulunması gereken standartlara yer verilmiştir.

Basınç dayanımı.

Hazır betonda sınıflandırma, betonun basınç dayanımlarına göre yapılmaktadır. Basınç dayanımı, TS 3068'de uyarıldığı şekilde yapılan deneyler sonucu bulunur. Bu deneylerde boyutları 150 mm çap ve 300 mm boyu olan standart silindir kullanılır ve bu silindirin içerisindeki 28 günlük hazır beton kullanılır. Betondaki karakteristik basınç dayanımı (fck), denenecek olan silindir numuneden genellikle %10 düşük olma olasılığı bulunan değerdir. Bazı durumlarda gerektiğinde basınç dayanımı 150 mm(milimetre)' lik küp numunelerle yapılan deneylerle de hesaplanır (TS 3068, 2000). Şekil 6'de beton tiplerine ait basınç dayanımların belirlenmesindeki yöntemler verilmiştir.



Şekil 6. Beton tiplerine ait basınç dayanımların belirlenmesindeki yöntemler (Deşik, 2019, s. 30).

Çekme dayanımı.

Hazır betonda yapılan eksenel çekme deneyleri sonucunda beton sınıfları için çekme dayanımları hesaplanır. Deneyler sonucunda ortalama çekme dayanımı olarak adlandırılan f_{ctm} ve karakteristik çekme dayanımı olan f_{ctk} elde edilir. Bu f_{ctk} yani betonun karakteristik eksenel çekme dayanımı (2.1) formülasyon ile hesaplanabilmektedir (TS 3068, 2000).

$$f_{ctk} = 0,35 \cdot \sqrt{f_{ck}} \text{ (MPa)} \quad (2.1)$$

Bunun haricinde çekme dayanımı silindir yarma deneyleri ve eğilme deneylerinden de elde edilebilir. F_{ctk} bu deneylerden, silindir yarma deneyinden gelen çekme dayanımını 1,5'e bölerek ve eğilme deneylerinden gelen çekme dayanımının 2,0'a bölünerek hesaplanır (TS 3068, 2000).

Çökme değeri.

Kullanılacak olan taze betondaki önemli özelliklerden biri işlenebilirliktir. Bu özellik taze betonun kıvam sınıflarıyla genellikle doğru orantılı olarak artmaktadır. Beton standardı olan TS EN 206'ya göre S1, S2, S3, S4, S5 olarak adlandırılan 5 adet

kıvam sınıfı bulunmaktadır. Bu kıvam sınıfları kendi içerisinde çökme, sıkıştırılma ve yayılma sınıfları olarak karşılaştırılır (Deşik, 2019). Bu karşılaştırma sınıflarının taze beton için en önemlisi çökme yani çökme değeridir. Çökme değeri yapılan çökme deneyi sonucunda mm (milimetre) olarak bulunur. Deney kısaca özetlenirse, kullanılacak olan taze beton çökme hunisi içerisine 3 kademe halinde sırası ile doldurulur ve her dolumda şişleme uygulanır. En üst seviyesine kadar doldurulan huninin yüzeyi mala yardımıyla düzeltilir. Son olarak huni yavaşça yukarı yönde çekilir ve taze betonun kendi ağırlığı ile çökmesi sağlanır. Çöken kısım ölçülür ve bu değere çökme (slump) değeri denir. Şekil 7’de örnek çökme deneyi görseli görülmektedir.



Şekil 7. Örnek çökme deneyi (Deşik, 2019, s.26).

Kür havuzu ve ısı izleme.

Kür havuzu beton numunelerinin 7. ve 28. gün içerisinde kaldığı ve kontrolünün termostatlı bir rezistans mekanizmasıyla yapıldığı bir havuzdur (Gönen, 2012). Şekil 8’de örnek bir kür havuzu görülmektedir.



Şekil 8. Küp numunelerin bekletildiği kür havuzu. (URL-3)

Sertleşmiş Beton Özellikleri

Bu başlık altında sertleşmiş durumdaki betonun önemli özellikleri ele alınacaktır. Bu özelliklerden bazıları şunlardır; dayanım, rötre (büzülme), geçirimsizlik ve su emmedir.

Dayanım.

Betonda dayanım tanım olarak açıklanacak olursa, üstüne gelen her türden mekanik yükün sebep olabileceği şekil değiştirme ve kırılmaya karşı göstereceği en yüksek dirence beton dayanımı denir. Bu yük altında kırılmaya yol açan ve sayısal olarak gösterilen veriye gerilme adı verilir. Yüklemin oluşturacağı gerilme türüne göre dayanım isimlendirilmesi yapılmıştır. Bu isimlendirme kayma, çekme, eğilme ve basma dayanımlarıdır. Bunlar haricinde tekrarlayan yüklerin etkisinde şekil değiştirme veya kırılma yaşıyorsa buna gösterilen dirence de yorulma dayanımı adı verilmiştir (Öztok, 2008). Beton dayanımında rol oynayan başlıca unsurlar, çimento hamurunun dayanımı, kullanılan agregaların dayanımı ve bu iki bileşen arasında oluşan bağın dayanımıdır (Öztok, 2008).

Basma dayanımı.

Betonda ki basma dayanımı bir eksenli basma yükünün etkimesiyle oluşan en yüksek kırılma gerilmesi olarak tanımlanmaktadır. Basma dayanımı sertleşmiş betonun özellikleri arasında önemli bir yere sahiptir ve betonun sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Sertleşmiş betonun belirli dayanımda olmasının yanı sıra, yeterli dayanıklılığı göstermesi, su geçirimsizliğinin az olması ve hacim sabitliği gibi diğer bazı özelliklere de sahip olması ile ilgilidir. Bu özelliklerin her biri çok önemli olmakla beraber betonarme yapılarda büyük önem arz eden taşıma gücü güvenliğini de basma dayanımı belirler (TS EN 12390-3 2003). Tablo 2’de TS EN 206 - 1 / Nisan 2002’ye göre normal ve ağır beton için basma dayanım sınıfları gösterilmiştir.

Eğme ve çekme dayanımı.

Betonda çekme dayanımı, çekme oluşturabilecek kuvvetler betona etkiğinde meydana gelen kırılma ve şekil değiştirmelere karşı gösterilecek en yüksek gerilme değeri veya bu kuvvete direnebilme kabiliyeti olarak adlandırılır (Denneman, Kearsley, ve Visser, 2011). Genellikle doğrudan çekme, yarmada çekme, eğilmede (üç veya dört nokta yükleme) çekme testleri gibi tek eksenli doğrudan veya dolaylı çekme test düzenekleri kullanılarak belirlenmektedir. Doğrudan tek eksenli çekme testi daha doğru ve güvenilir sonuçlar sağlasa da, dolaylı testler (silindir yarma ve eğilmede çekme testleri) doğrudan tek eksenli çekme deneyinin yapma zorluğu nedeniyle, çimento temelli malzemelerin çekme dayanımını belirlemek için yaygın olarak kullanılır (Mallat ve Alliche, 2011). Bir diğer dayanım çeşidi olan basma dayanımından 0.8-0.11 kat daha küçüktür. Oldukça küçük olan bu değerler esasen betonun çekme dayanımına katılmadığı ve bu etkideki taşıma gücüne katkı sağlamadığı varsayılmaktadır (Öztok, 2008).

Rötre (büzülme).

Rötre bir diğer adıyla büzülme, betonun çeşitli sebeplerden dolayı içerisinde bulunan suyun uzaklaşarak azalması veya tamamen bitmesinden dolayı beton hacminde yaşanan küçülmeye denir (Erdoğan, 2003). Farklı nedenlerden dolayı betondan uzaklaşan su, betonun iç kısmında iç gerilmelere ve boyutsal kararlılığın değişimine neden olur (İlhan, 2018). Meydana gelen bu gerilmeler betonun çekme dayanımını geçerse eğer betonda çatlakların meydana gelmesine neden olurlar (Holt,

& Leivo, 2004). Bu nedenden dolayı betonun büzülme ve sebep olacağı  atlaklıklar kaliteli bir beton üretimi sürecinde dikkat edilmesi gereken önemli bir unsurdur (Topçu, & Canbaz, 2007).

Tablo 2. TS EN 206- 1 / Nisan 2002'ye Göre Normal ve Ağır Beton   in Basınç Dayanımları

Basma Dayanım Sınıfı	En düşük Karakteristik Silindir dayanımı $f_{ck,sil}$ N/mm ²	En düşük karakteristik K�p Dayanımı $f_{ck, k�p}$ N/mm ²
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

Betonun büzülmesini (rötre) ;  imento hamurunun boşluk oranı, kaç yıllık olduğu, hidratasyon derecesi, su/ imento oranı, k r sıcaklığı,  imento içeriği, su içeriği, kimyasal ya da mineral katkıların miktarları ve özelikleri, agrega içeriği, agrega granülometrisi, agrega elastiklik özellikleri, agrega hacim-yüzey oranı, agrega kil içeriği, hafif agregalar, bağıl nem, kuruma derecesi ve zamanı gibi koşullar etkilemektedir (ACI 209.1R 2005).

Dört farklı büzülme(rötre) sınıfı vardır. Bunlar; kuruma büzülmesi, hidratasyon büzülmesi, karbonlaşma büzülmesi ve plastik büzülmedir.

Kuruma büzülmesi.

Kuruma büzülmesi (rötre), sertleşmiş betondaki suyun buharlaşması sonucu oluşan b z lmeye denir. Bu büzülme betonun üretimini izleyen ilk günler ba lar ve 5-

6 ay süreyle devam eder. Bundan dolayı kuruma büzülme betonun hem ilk dökümünde hem de uzun vadede oluşan büzülmedir (Neville, 1990).

Jel yapıda olan sertleşmiş çimento hamuru, katı taneciklerin soğurduğu (adsorpladığı) su molekülleri, bu tanecikleri bir arada tutan, bağlayan elektrostatik kuvvetleri oluştururlar. Soğurma(adsorbe) su tabakası inceldikçe taneleri birbirine doğru çeken kuvvetler artmakta, su tabakası kalınlaştıkça azalmaktadır. Jel halindeki çimento hamurunun kuruması sonucu, önce en ince boşluklardaki su buharlaşmakta, bu boşluklara jel suyu akımı başlamakta ve daha sonra bu su da kısmen buharlaşmaktadır. Sonuçta su tabakası incelerek ve taneler yaklaşarak hacim azalmaktadır (İlhan, 2018).

Dökümünden sonra beton çevre şartlarına bağlı olarak ısı dengesini sağlayana kadar çevresiyle ısı alış verişinde bulunur. Eğer yüzeydeki ısı, betonun iç ısısından az ise içerideki su ısı dengesini sağlayan kadar buharlaşır. Ortamın rutubeti, betonun kendi rutubetinden daha az ise, buharlaşma rutubetin fazla olduğu taraftan az olduğu tarafa devam edecektir. Bunun sonucunda betonda mikroskobik boyutta büzülme meydana gelir, bu olaya “kuruma büzülmesi” denir (Kadıoğlu, 2006). Çimento ve agrega özellikleri, su/bağlayıcı (s/b) oranı, agrega türü, sıcaklık, nem, rüzgâr hızı vb. etmenler kuruma büzülmesini etkilemektedir. Kuruma büzülmesinin ana mekanizmasını yüzey gerilimi ve kapiler gerilme oluşturur (İlhan, 2018).

Hidratasyon büzülmesi.

Genel anlamda hidratasyon büzülmesinin sebebi dökülen betonun içindeki suyun az olmasından kaynaklanır. Azalan su miktarı hidratasyon reaksiyonuna yetemeyecek seviyeye geldiğinde kılcal(kapiler) bölgelerdeki buhar basıncı azalır ve hidratasyon yavaşlar. Bu tepkimelerden sonra oluşan hidrate jel daha önce mevcut olan hidrate çimento jelinden su emerek betonun içten kurumasını sağlar Buda büzülmeye sebep olur. Bu olay en çok geçirimsizliği düşük olan çimentolarda gerçekleşmektedir (Öztok, 2008).

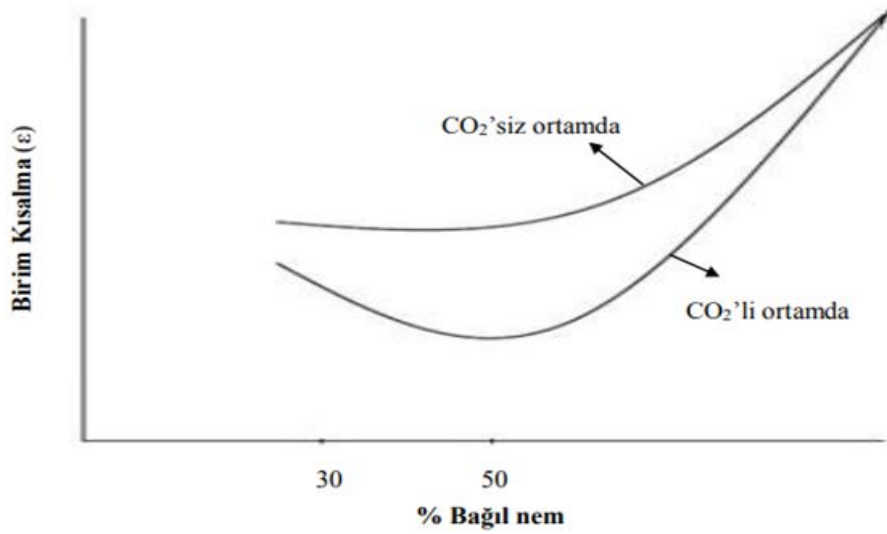
Karbonatlaşma büzülmesi.

Çimento hamurunda bulunan Ca(OH)_2 'in ve atmosferde bulunan CO_2 'in tepkimeye girmesi sonucu oluşan büzülme çeşidine ‘Karbonatlaşma Büzülmesi’ denir (Öztok, 2008). Bu büzülme sonucu diğer büzülme türleri gibi su ve ağırlık kaybı olmaz

aksine ağırlık artışı bile söz konusu olabilir (Kadioğlu 2006). Plastik haldeki beton, bünyesinde bulunan Ca(OH)_2 sayesinde yüksek alkali derecesine sahiptir. Daha sonra beton bünyesine giren sular Ca(OH)_2 'i çözer ve dolayısıyla betonun alkali derecesi düşer. Eriyik hale gelen Ca(OH)_2 kılcal hareket sayesinde beton yüzeyine yükselir ve atmosferde bulunan CO_2 ile tepkimeye girer. Söz konusu tepkime sonucunda CaCO_3 oluşur (ACI 209.1R 2005).



Denklemden de görüldüğü gibi, reaksiyon sonucu CaCO_3 'a ilaveten su da oluşur. Meydana gelen bu suyun beton yüzeyinden buharlaşması sonucu karbonatlaşma büzülmesi gerçekleşir. Ancak tepkime sonunda bir miktar su buharlaşsa da oluşan CaCO_3 hacim artışına neden olur. CaCO_3 sonucu oluşan hacim artışı ve oluşabilecek korozyon riski bir takım boyutsal değişikliğe neden olabilir. Karbonatlaşma büzülmesini, karbondioksitli ve karbondioksit siz ortam şartlarında bağıl nemin etkisiyle gösterdiği davranış şekil 6'da gösterilmiştir (Verbeck, 1968).



Şekil 9. CO_2 'li ve CO_2 'siz ortamda beton numunesinin bağıl nem etkisiyle birim boy değişimi (Verbeck, 1968).

Plastik büzülme.

Taze betonun yerine yerleştirilmesinden sonraki birkaç saat içerisinde betonda plastiklik henüz kaybolmamış iken meydana gelen ve beton yüzeyinde yer alan

büzülme türüdür. Taze betonun yüzeyinde örümcek ağı gibi gelişigüzel yönlerde uzanan çatlaklar meydana gelen çatlaklara “plastik büzülme çatlakları” denilmektedir. Plastik büzülme çatlağı betonun tarihi kadar eski bir problemdir. Yaklaşık olarak 50 yıldır bu konuyla ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Plastik büzülme asıl nedeni beton yerleştirildikten sonra agreganın dibe doğru çökmesiyle suyun yüzeye doğru çıkması ve beton yüzeyindeki buharlaşma hızının terleme hızından daha yüksek olmasıdır. Genel olarak kat döşemesi veya köprü tabliyesi gibi sığa, rüzgara, çevresel etkenlere maruz kalan geniş beton yüzeylerde meydana gelir. Bu nedenle, betonun göstereceği plastik büzülme miktarı büyük ölçüde betonun sıcaklığına, havanın sıcaklığına, göreceli (relatif) nem miktarına ve rüzgar hızına bağlıdır. Yüzey plastik büzülmeden dolayı çatladığında oluşan bu çatlaklar dış etkenler için bir kanal haline gelir. Oluşan bu çatlaklardan zararlı gazların ve sıvı solüsyonların girişini hızlanarak uzun sürelerde kalıcılığı (durabiliteyi) ve yapının kullanım ömrünü düşürür (Türkmenoğlu, 2015).

Geçirimsizlik ve su emme.

Taze beton sertleştikten sonra emebileceği belli bir miktarda su vardır. Emilebilecek bu su, sertleşmiş betonun dayanımını ve dış etkilere, fiziksel ve kimyasal olarak betona yıkıcı etkide bulunacak durumlara dayanıklılığını etkilemektedir. Betondaki su emme ve geçirimsizlik özellikleri sertleşmiş betonun içindeki boşlukların artmasıyla beraber artar. Sertleşmiş betonda bulunan en önemli boşlukların başında, çimento hamuru içinde bulunan hidrate jel boşlukları ve özel amaçla hava sürüklenmiş beton içinde bulunan hava kabarcıklarıdır (Özalp, Şengül, & Taşdemir, 2015).

Su emme.

Beton sertleştikten sonra içerisindeki boşlukların tümü su ile dolu olmadığında boş kalan kısımlar dolana kadar nemli ortamlardan içindeki boşluklara su almaya devam etmektedir. Bu olay tüm boşluklar su ile doluncaya kadar devam etmektedir. Sertleşmiş durumdaki betonda boşlukların bulunmasının birçok sebebi vardır. Bu boşlukları etkileyen bazı etmenler şöyledir, beton harcındaki agrega cinsi, karışımdaki su/ çimento oranı, betona bakım şartları vb. gibi çok fazla durum bulunmaktadır. Sertleşmiş betondaki bu su emme olayı, betonun dayanım ve dayanıklılığını olumsuz yönde etkiler (Öztok, 2008).

Geçirimlilik.

Sertleşmiş olan betonda bulunan boşluklardan, yüzeye temas eden bazı gaz ve sıvılar geçebilmektedir. Bu geçiş, geçen maddenin basınç ve derişim farklılığından kaynaklanmaktadır. Bu tür betonlara geçirimli beton adı verilmektedir. Geçirimli betonlarda boşluklardan içeri sızan bazı gaz veya sıvılar zamanla betonun özelliklerinde değişime sebep olur ve olumsuz yönde etkiler. Geçirimlilik betonun dayanıklılık özelliğini doğrudan etkilemektedir. Özellikle sıvılarda temas halinde bulunan beton ve betonarme yapılarda geçirimlilik özelliğinin düşük olması beklenmektedir (Kandil, 2014).

Bazı geçirimlilik azaltıcı uygulamalar aşağıda sıralanmıştır (Öztok, 2008).

- Çimento karışımına katılacak karma suyunu olabildiğince temiz olarak kullanmak.
- Karışım içindeki agregaların geçirimliliği az olan sınıflardan seçilmesine özen göstermek.
- Geçirimliliği olumlu etkileyici kimyasal katkıları kullanılmalıdır.
- Taze beton döküldüğünde dikkatlice sıkıştırılmalıdır.
- Karışımında kullanılan tüm hammaddeler olabildiğince kaliteli seçilmelidir.

Betonda dayanıklılık (Durabilite).

Dayanıklılık (Durabilite), genelde çevreden gelen ve betonu yıpratıcı özelliğe sahip zararlı etkilere karşı koyabilme direnci olarak tanımlanmaktadır (Öztok, 2008).

Betonun dayanıklılığı ile betonun geçirimliliği arasında doğru orantılı bir ilişki vardır. Betonun geçirimsizliği arttıkça dayanıklılığı artar. Betonun dayanıklılığını geliştirme üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde geçirimsiz yani boşluksuz beton üretilmesi üzerine çalışıldığı görülmektedir. Bu nedenle alan yazında çoğu zaman dayanıklılık eşittir geçirimsizlik olarak vurgulanmıştır (İlhan, 2018; Kandil, 2014; Öztok, 2008).

Beton içerisinde meydana gelen zararlı reaksiyonlar betonda gözenek oranının artmasına, yumuşamaya ve bu nedenle geçirimliliğin düşmesine sebep olur. Geçirimliliğin düşmesi ise dayanıklılığı azaltır. Betonda kimyasal tepkimeler ve zamanla bozulmaya neden olan zararlı iyon veya molekül halindeki maddeler genellikle çevreden taşınır. Ancak bazı durumlarda bu zararlı maddeler betonun kendi

bünyesinde de bulunabilir. Bu durumda zararlı maddelerin betonda tepkimeye girecekleri noktalara ilerlemeleri gerekir. Madde transferinin olmaması durumunda zararlı tepkimeler gerçekleşmez. Bu taşınım hızı çoğunlukla çok yavaş olmasından dolayı zararlı reaksiyonlar uzun süreler sonunda ortaya çıkabilir. Bu hızı etkileyen en önemli unsurun başında sıcaklık gelir. Betonda gelişen kimyasal reaksiyonlar fiziksel etkilerin ve biyolojik etkilerin de bu sürece dâhil olması ile hızlanır ve her bir etki ilerleyen zamanla birlikte birbirini tetikler (Baradan, Yazıcı, & Ün, 2010).

Betonda Kalite Denetimi

Her geçen gün hazır beton sektöründe yaşanan büyüme, beraberinde kalite kavramını da getirmektedir. Hazır beton üretimi yapan firma sayısı arttıkça rekabet artmakta ve bu rekabette daha kaliteli ürün üretimini zorunlu kılmaktadır. Her ne kadar rekabet kaliteyi arttırsa da kusursuz denilecek ürünler halen tam anlamıyla üretilmemekte ve üretilen hazır betonların çoğunda problemler yaşanmaktadır. Yaşanan bu sorunların önüne geçilmek için ülkenin büyük kısmında santraller denetleyiciler tarafından denetlenmekte, yetersiz işçilik ve kalitesiz malzeme ile yapılacak üretilere izin verilmemektedir. Yapılan bu denetlemeler günümüzde önemli bir kısmı kapsasada, yakın geçmişte inşa edilen, kalitesiz ve kötü işçilikle taşıyıcı sistemi yapılan binalar ufak çaplı depremlerde bile ciddi can ve mal kaybına neden olabilmektedir (Ayalp, 2008).

Hazır beton ve hazır betonla ilgili ürünleri denetlemek adına 1996 yılında Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB), Kalite Güvence Sistemini (KGS) kurmuştur (Özkul, Uçar, Şaşmaz, ve Yanpınar, 2011). KGS sektör içinde tarafsız şekilde yaptığı belgelendirme sayesinde, kaliteli beton ve betonarme ürün üretilmesini sağlamış ve bu sayede ülkemizin içinde bulunduğu depremsellik gerçeğini bir nebze hafifletmek adına önemli bir adım atmıştır. Her ne kadar bu şekilde kaliteyi artırıcı bir belgelendirme yapılsa da henüz bu durum zorunlu kılınmamıştır. Zorunlu olmayan bu belgeyi birçok hazır beton üreticisi alarak kaliteli beton ürettiklerini tescillese de günümüzde birçok hazır beton santrali kalitesiz beton üretilip piyasaya sunmaya devam etmektedir (Düzci, 2017).

Hazır beton santralleri denetleyiciler tarafında yılda en az 2 sefer denetlenir. Sistem ve ürün üzerinden yapılan bu denetlemeler olumlu sonuçlanırsa tesis , 'Kalite Güvence Sistemi Uygunluk Belgesi' almaya hak kazanır (Gönen, 2012). Bu 2

denetlemeden biri olan sistem denetlenmesi sırasında tesis içinde çalışan personellerin iş için eğitim düzeyleri, yapılan işteki deneyimleri ve organizasyon şeması denetçiler tarafından kontrol edilir (Özkul, Taşdemir, Tokyay, ve Uyan, 2004). Bunun dışında hazır betonun hammaddelerinin standartları, kullanım ve saklama koşulları denetlenir. Üretilen betonlara uygulanan deneylere ve sonuçlarına bakılarak, TS 11222 koşullarında olması gereken değerlerle kıyaslanır ve analizler değerlendirilir. Yine bu denetleme sırasında tesis içerisindeki ekipmanların bakımları, kalibrasyon ve ayarları incelenir. Kısaca kusursuza yakın beton üretebilmek için birçok inceleme ve denetleme yapılır. Yapılan bu denetleme sadece hazır beton üretim tesisiyle sınırlı kalmamaktadır. Denetlenen tesisten hazır beton temin ederek kullanan 3 kullanıcıdan en az ikişer numune alarak, bu numunelerin standartlara uygunlukları kontrol edilir (Ayalp, 2013).

Yapı Üretim ve Denetimindeki Birimler

Dünya üzerinde herhangi bir şeyin üretimi birçok halkadan oluşan bir zincire benzetilmektedir. İnşaat sektöründe de bu zincir yine birçok halkanın birbirine bağlanmasıyla oluşmakta ve kalitede bu zincirin kusursuz bir işleyiş içinde olmasıyla yakalanır. Üretim zincirinin son halkası kullanıcıdır ve kalite kullanıcının en çok arzuladığı kısımdır. İnşaat sektöründe bir yapı yapılabilmesi için zincirin ilk halkası yapılacak olan işi bir yüklenicinin üstlenmesidir. Zincirin diğer halkaları ise sırası ile gerekli denetleyici kurumların yapılan işi denetlemesi, bu kurumları da gerekli bakanlıkların denetlemesidir. Gerekli denetlemeler en iyi şekilde ve tarafsız biçimde yapıldığında son halkadaki kullanıcı kaliteli bir işin ortaya çıktığını görmektedir (Ayalp, 2008).

Ülkemizde 1999 yılında yaşanan Marmara deprem sonrasında ilk olarak güvenli yapı denetimi gereksinimi nedeniyle 595 sayılı Yapı Denetimi Hakkında Kanun Hükmünde Kararname ile 10.04.2000 tarihli 595 sayılı Yapı Denetimi Kanunu çıkarıldı. Bundan bir buçuk yıl sonra söz konusu kanun yürürlükten kaldırılarak yerine 29.06.2001 tarihinde 4708 sayılı Yapı Denetimi Hakkında Kanun getirildi. Bu mevzuat ilk çıktığında 19 pilot ilde uygulanmaya başlamıştı, daha sonra yaygınlaştırılarak 01.01.2011 yılında Türkiye'deki bütün illeri kapsayacak şekilde Bakanlar Kurulu kararıyla yürürlüğe girdi. Ayrıca 4708 sayılı Yapı Denetimi Kanunu ve ilgili yönetmeliklerine aykırı davranılarak oluşturulan suçları, hataları tespit etmişse

proje müelliflerini, proje ve uygulama denetçisi mimarları, fenni mesulleri ve kontrol elamanları ile ilgili dosyaları Mimarlar Odası Genel Merkezi'ne göndererek kendi mevzuatımız açısından da değerlendirilmesi ve soruşturulmasını talep edilebiliyor (Mimarlar Odası Ankara, 2022).

Beton Santralleri Kalite Kontrol

Kalite kavramı insanların ve sistemlerin "hata yapması" ve "mükemmele ulaşma isteği" gerçeğinden ortaya çıkmıştır. Latince nasıl oluştuğu anlamına gelen "Qualis" kelimesinden türemiş ve "Qualitas" kelimesiyle ifade edilmiştir. Kalite, bir mal ya da hizmetin belirli bir ihtiyacı karşılayabilme yeteneklerini ortaya koyan karakteristiklerin tümüdür. Bir ülkenin kalkınmışlık düzeyinin en gerçekçi kanıtı, ürettiği mal ve hizmetin kalitesidir. Kalitenin birçok farklı tanımı vardır: Kalite bir önlemdir, kalite müşterinin tatminidir, kalite verimlilik, kalite esnekliktir, kalite etkin olmaktır, kalite optimizasyondur, kalite bir programa uymaktır (Kasap, 2006). Kalite bir süreçtir, kalite bir yatırımdır ve kalite kusursuzluk arayışına sistemli bir yaklaşımdır (TSE, 1997).

Beton santrallerinde süreç (proses) kontrol yöntemleri.

Bir ürünün tüketicisini memnun etmesi ve onun beklentilerini en doğru biçimde karşılaması için ürünün üretim aşamasında sürdürülen kontrol işlemi olarak tanımlanan kalite kontrolü sürecinin temelinde, üretimin planlanması aşamasında belirlenen kalite standartlarına üretim işlemleri süreci, öncesinde ve sonrasında ne kadar uyulduğunun incelenmesi ve gözlenmesi yatar (Sabuncuoğlu, Tokol, & Sabuncuoğlu, 1995).

Kalite kontrol.

M.Ö 1450 yıllarında Eski Mısırda telden yapılan şakül vasıtasıyla taş blokların dikliği kontrol edilmekteydi. Sanayi devrimine kadar genel olarak işi yapan ustalar malın kalitesinin sorumluluğunu almaktaydı. 1502 yılında ise tarihteki ilk tüketici kanunu olarak geçen Kanunname-i İhtisab-ı Bursa da satılan malların belirli bir kalite standardı taşıması gerektiği belirtilmiştir. Ahilik Teşkilatında ise kalitesi bozuk mal satıldığı takdirde birlikten ihraç gibi birtakım cezalar verilmiştir. Papucunu dama atmak deyimide buradan gelmektedir. Sanayi devriminden 1. Dünya savaşına kadar

büyüyen tezgahlar daha karmaşık üretim sistemleri fazla çalışan istihdam edilmesi ile birlikte ürün kalitesini üretime nezaret eden kişinin denetlemesi ve sorumlu tutulması gereğini doğurdu. 1. Dünya savaşı ile birlikte patlamayan bombaların artması sık sık bozulan savaş araçlarının oluşturduğu kayıpların önlenmesi için son kontrol sistemi geliştirildi buda maliyetleri 2-3 katına kadar artırdı (Gedik, 2003).

1924 yılında Dr. Walter Shewart Bell Laboratuvarında Kontrol Çizgisi kavramını bulmasıyla ileri derecede ölçme teknikleri ve istatistiksel yöntemlere giriş yapılmıştır. 1950 de W.Edwars Derming in Japonyoda bu metotları uygulamasından sonra 1924 de rağbet görmeyen bu methotlar diğer ülkelere de kullanılmaya başlanmıştır (Ishikawa, 1995). Bu teknik sonraki yıllarda Deming , Juran, Feigenbaum ve İshikawa tarafından geliştirilmiştir (Çay, 2006).

1951 yılında Amerikada “Kalite Kontrol El Kitabı” nı yayınlayan J.M Juran ise 1954 de Japonya ya gitmiştir. 1960 da Mc GREGOR x -y teoremini ortaya atmıştır. 1961 de ise Feigenbaum'un Toplam Kalite Yönetimi kitabını basması kalitede farklı bir boyut açmıştır. Ünlü elektronik firması Mitsubishi 1972 de Kalite Fonksiyonu Geliştirilmesi yöntemlerini kullanmaya başlamıştır. 1982 de Deming Kalite, Üretim ve Rekabeti adlı eserini yayınlanmasının akabinde Taguchi'nin "deneylerin tasarımı" Harvard Business Review de yayınlanmıştır. 1986 de ise Deming'in "Krizden Çıkış" kitabının en çok satan olduktan sonra 1987 de ISO 9000 (Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu) kalite yönetim sistemlerinin ilk serisi ortaya çıkmıştır (Yanaşık, 2015). Bu standart ISO 9000, ISO 9002, ISO 90033 olarak 3 farklı kısımdan oluşmaktaydı. 1988 de Avrupa Kalite Yönetim Vakfı kurulmuştur.1989 da Kalite Mühendisliği dergisi ortaya çıkmaktadır. Mühendislik fakültesi litaratürüne istatistiksel yöntemler, süreç analizi ve geliştirilmesi 1995 de dahil olmuştur. 2000'lerin başında ISO 9000:2000 standardının yayınlanmıştır (Yanaşık, 2015).

Kalite kontrol bir işin belli standartlar içinde yapılıp yapılmadığının tespitidir. Kalite kontrol, kalite gereklerinin sağlanması için kullanılan uygulamalar, teknikler ve faaliyetler olup müşteri ihtiyaçlarını en ekonomik bir şekilde karşılamak için üretimin belirli kalite standartlarına göre yapılarak mal ve hizmet kalitesinin devamlılığını sağlama işlemi olarak tanımlanabilir (Halis, 2008; Tekin, 1999). Bir diğer tanımda ise kalite kontrol, herhangi bir iş için gerekliliklerin belirli tolerans aralıkları içinde olarak yapıla bilinip, yapılamadığı durumlarının kontrolüdür şeklinde tanımlanmıştır

(Gunning, 1983). Neville (1990) yılında anlana özgü olarak yaptığı tanımda ise, kalite kontrolü, belirli bir dayanım seviyesinde olması gereken betonun ölçülmüş en alt ve olması gereken ortalama dayanım değerleri arasındaki farkı kontrol eden sistem olarak tanımlar. Bu tanımlamalara bağlı olarak, hazır beton karışımı içindeki malzemelerin özelliklerinde yaşanan değişimlerin kontrolü ve bu betonun dayanımı ile işlenebilirliğini etkileyen olayların (betonun yerleştirilmesi, kür uygulanması, sıkıştırılması vb.) kontrolü olarak da tanımlama genişletilmiştir (Laptalı, & Güner, 2003).

Tüm bu kalite kontrol yapılmasının esas amacı da hazır beton karışımlarının minimum değişiklik göstermesini sağlamak ve hazır beton için öngörülen şartnameye olabildiğince uygun beton üretmektir. Çelik ve Eren (1993) yaptıkları çalışmada beton dayanımının (mukavemet) kalite kontrolünün sağlanabilmesi için uygulanması gereken önemli hususları belirtmişlerdir. Bu hususlar;

- Üretilen her betondan küp numuneler alınarak basınç mukavemetlerinin ölçülmesi gereklidir.
- Ölçüm sonuçlarını sistematik bir şekilde kontrol ederek analiz yapılması sağlanmalıdır.
- Yapılan analiz sonuçları doğrultusunda karışımlar en kaliteli olacak şekle yeniden düzenlenmelidir.

ISO 9000 15 Kasım 2008 de Kalite Yönetim Sistemi – Şartları Standardı olarak TSE tarafından REVİZE VE TERCÜME EDİLEREK TS EN ISO 9001 adı ile 19.03.2009 tarihinde yayınlanmıştır. 2015 in Eylül ayında ISO 9001 tekrar revize edilmiştir (Yazıcıoğlu, 2019).

Modern Proses Kontrol kavramları ve yöntemleri ilk olarak 1920'li yıllarda Dr. Walter A. Shewhart tarafından ortaya çıkarılmış ve geliştirilmiştir. Onun 1931 yılında yayınladığı “Economic Control of the manufactured product” (İmal Edilen Ürün Kalitesinin Ekonomik Kontrolü) adlı eser bu konuda sağlam temeller atmış ve etkin yöntemler ortaya koymuştur ki, günümüzde de geçerliliğini aynen korumaktadır (Yavuz, 2010).

İstatistiksel kalite kontrolü, en az maliyetle, zamanında ve doğru veri üretmektir. İstatistiksel kalite kontrol tekniklerinin uygun kullanımı, örneklem dışı hata büyüklüklerinin kontrolüne yardımcı olmaktadır. İstatistiksel kalite kontrolü,

birçok bilimlerde özellikle istatistik konularında verilerin toplanması aşamasında büyük bir paya sahiptir. Kalite kontrolde ana amaç, en az maliyetle doğru veri üretip, süreci takip etmek ve sonuçları doğru yorumlayabilmektir (Chandra, 2001).

Her geçen gün artan tüketici ihtiyaçları ve bu ihtiyaçlara paralel ilerleyen üretim büyüklüğü denetlemeye dayalı bir sistemin uygulanmasını bazı zamanlarda imkânsızlaştırmakta, kimi zaman ise yüksek maliyeti nedeniyle farklı çözümler aramaya itmektedir (Kasap, 2006). Bu çözümlerin başında ise istatistik temelli çözümler gelmektedir. Bu yöndeki ilk gelişme W.A Shewhart'ın uyguladığı kontrol şemaları ile Dodge ve Romig'in geliştirdiği örnekleme muayene sistemleri olmuştur. Genel olarak istatistiksel kalite kontrolü, yararlı bir pazara sahip bir ürünün ekonomik olarak üretilmesine yönelik tüm süreçlerde istatistik yöntem ve tekniklerinin işe koşulması olarak tanımlanmaktadır. (TSE, 1984).

Bu bölümde istatistiksel kalite kontrol yöntemlerinden bazıları detaylı olarak açıklanacaktır.

Kontrol grafikleri.

Kontrol grafikleri yardımı ile sürecin kontrol altında olup olmadığı takip edilerek kontrol dışı durumlarda sinyal veren sürecin tekrar kontrol altına alınması sağlanır.

Kontrol grafikleri kısaca ÜKL(üst kontrol limiti) ,OD (merkezi çizgi) ve AKL (alt kontrol limiti) den oluşmaktadır.

$$\text{ÜKL} = \mu_0 + L\sigma$$

$$\text{AKL} = \mu_0 - L\sigma$$

$$\text{OD} = \mu_0$$

σ : Standart sapma L: Kontrol Limit Katsayısı μ_0 : Süreç ortalaması (Montgomery, 1992) .

Shewart yöntemi.

1930'larda Walter A. Shewart tarafından öne atılan bu kontrol grafiği yönteminde, herhangi bir üretim yapılırken bu üretimin her aşamasında değişime uğradığı görüşünü savunmaktadır. Bu değişimlerin sebeplerini anlamak içinde bazı

basit teknikler kullanılabileceğine vurgu yapmıştır. Bu teknikler, üretim aşamasındaki üründen numune alma ve analizleme çalışmaları yapma vb. örneklendirilebilir (Kasap, 2006).

Genel kabule göre bir üründe kalitenin, o üretimdeki her üründe değişiklik gösterebilir ve kalite genel anlamda ikiye ayrılır. Ancak Shewart kalitenin subjektif olduğunu savunmuştur. Ayrıca Shewart'a göre yukarıda bahsedilen teknikler ve benzerlerinin yapılma sıklığı arttırılırsa bazı avantajların öne çıkabilir. Aşağıda maddeler halinde oluşabilecek avantajlardan kısaca bahsedilmiştir (Aktan, 2000).

- İlk üründen sonra kalite maliyetleri azalır,
- Ürünün alıcılar tarafından reddedilme oranı azalır,
- Üretim miktarından maksimum fayda elde edilir,
- Tüm ürünlerde aynı kaliteye ulaşılır,
- Dolaylı kalite ölçülme durumlarda tolerans limitleri azalır.

Shewart'a göre işleyen bir sürece müdahale edip etmemenin zamanı o süreci kontrol altında tutmayı sağlamaktadır. Herhangi bir görev yerine getirildiğinde belirli sınırlar oluştuğunu savunan Shewart, bu sınırlar dışına çıkılmadığı sürece müdahalenin gerekmediğini yalnızca bu sınırlar aşıldığında müdahale edilmesi gerektiğini söylemektedir. Kalite açısından bu durum incelendiğinde yapılan işin gidişatını izlendiğinde ve yukarıda bahsedilen sınırların dışına çıkıldığı görüldüğünde kalitesizleşme yaşanmakta ve bu duruma müdahale gerekmekte olduğu savunulmaktadır (Westgard, Barry, Hunt, & Grot, 1981).

μ ortalamaya sahip, standart sapması σ olan bir anakitleden n birimlik örnekler alındığında; mevcut örneklerin dağılımı $\mu_{\bar{x}} = \mu$ ve $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ ile normal olan dağılıma uygun olduğu görülür. Bu iki değer (σ ve μ) bilinmekte ise yukarıda da bahsedilen ana kitleden alınmış olan rastgele bir örnekleme ait olan ortalamanın $1-\alpha$ güven seviyesindeki sınırları aşağıdaki denklem ile bulunur. Denklemdeki – ve + durumlar alt ve üst kontrol sınırlarını ifade eder (Kurt, 2018).

$$\mu \pm Z_{\sigma/2} \sigma_{\bar{x}} = \mu \pm Z_{\sigma/2} \left[\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right] \quad (2.3)$$

Genellikle yapılan uygulamalarda μ ve σ sayısal olarak değerleri bilinmemektedir. Bu sebepten ötürü yapılacak olan tahminler için alınan örneklemeler,

sürecin kontrol altında bulunduğu zaman dilimlerinden seçilmektedir. Yapılacak olan tahminlerin tutarlılığı açısından azami sayı 20-25 örneklemden alınan değerlerden tahmin yapılmasıdır (Montgomery, 1992).

Genel süreç ortalaması için farazi bir açıklama aşağıdaki gibidir.

M adet örneklemden n sayıda gözlem yapılmış olsun. Bu n sayıdaki gözlem tahmin için yeterli sayıda olduğu varsayılmaktadır. Bu tahminleri yapmada genelde 4,5 ya da 6 gibi örnek hacimleri kullanılmaktadır. Bu şekilde küçük örneklem hacimlerinin seçilme sebebi bazı durumlardaki örnekleme maliyetlerinin fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bu gibi küçük alt grupların oluşturulması bu maliyeti aşağı çekmektedir. $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots, \bar{x}_m$ Rastgele örneklerle ait ortalamalar olduğu düşünüldüğünde, genel süreç ortalaması aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanır.

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3 + \dots + \bar{x}_m}{m} \quad (2.4)$$

Bu formülden de görüldüğü gibi genel süreç ortalaması ($\bar{\bar{x}}$), $\bar{x}$ grafiğinde orta çizgi olarak kullanılır (Walpole, & Myers, 1989).

$\bar{x}$ grafiklerinde kontrole yardımcı sınırları belirlemede standart sapma ve σ 'nın tahminlerinede ihtiyaç duyulur. M adet örnekleme ait standart sapma veya ranjlar kullanılarak σ tahmini yapılabilir (Kasap, 2006).

Shewart'ta $\bar{x}$ ve R kontrol grafikleri.

Değerleri bilinen herhangi bir veri için hesaplanan en az ve en fazla değer arasındaki fark ranj (R) yani açıklık diye tabir edilir. Herhangi bir n genişliğinde olan ve ölçüm değerleri $x_1, x_2, \dots, x_n$ olarak bilinen örneklemin açıklığı aşağıdaki formül yardımıyla bulunur.

$i=1, 2, \dots, n$ olmak üzere

$$R = \max(x_i) - \min(x_i)$$

Herhangi bir normal dağılım göstermiş ana kitleden alınmış örnekleme ait açıklık ve o örnekleme ait standart sapma arasında $W = R/\sigma$ bağıntısı vardır. Tesadüfi W değişkeni nispi açıklım (ranj) olarak adlandırılır. Bu tesadüfi değişken W'nin ortalaması d_2 'dir ve bu w dağılımının parametreleri ifade edilen n'nin fonksiyonlarından biridir (Kasap, 2006).

Açıklıkları sırasıyla $R_1, R_2, \dots, R_m$, m adet örneklem için ortalama açıklık ;

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} \quad (2.5)$$

Bundan dolayı σ 'nın tahmin edicisi $\hat{\sigma} = \bar{R} / d_2$ ile ifade edilir.

Nispeten küçük olan örneklem büyüklükleri için, açıklık metodu, alışılmış kareli örneklem varyansı olan s^2 'nin tahmini kadar güçlü bir tahmin yapabilir (Oktay, 1998).

Yukarıda da verildiği gibi hesaplamalar yapılarak değerler kullanılırsa $\bar{x}$ kontrol grafiklerinin parametreleri aşağıda bulunan formüllerdeki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned} \text{Üst Kontrol S.} = \text{ÜKS} &= \bar{x} + \frac{3}{d_2 \sqrt{n}} \bar{R} \\ \text{Orta Değer} = \text{OD} &= \bar{x} \end{aligned} \quad (2.6)$$

$$\text{Alt Kontrol S.} = \text{AKS} = \bar{x} - \frac{3}{d_2 \sqrt{n}} \bar{R}$$

şeklinde bulunan bu formüllerde $A_2 = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}}$ alınır ise;

$$\begin{aligned} \text{ÜKS} &= \bar{x} + A_2 \bar{R} \\ \text{OD} &= \bar{x} \end{aligned} \quad (2.7)$$

$$\text{AKS} = \bar{x} - A_2 \bar{R}$$

şeklinde basit halini alır. Burada A_2 hesaplamadaki örneklem hacmini bir fonksiyonu olmaktadır (Champ, & Jones, 2004).

R grafikleri, kontrol grafiklerinin üstünde işaretlenen örneklem açıklıklarıyla süreç değişkenliklerinin izlenip kontrol edilebildiği grafiklerdir. Bu grafiklerin parametreleri adlandırılacak olunursa $\bar{R}$ orta çizgi olarak belirlenecektir. Kontroller için belirlenen sınırların tespiti için ise σ_R 'nin tahmin edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. İlgilenilen kalite karakteristiğinin normal bir dağılım gösterdiği düşünüldüğünde $\hat{\sigma}_R$ ile ifade edilen değer nispi açıklık formülündeki $W = R / \sigma$ ifadesinden yola çıkılarak bulunur. W'nin standart sapması olan d_3 , n'nin bilinmekte olan bir fonksiyonudur ve bu $W = R / \sigma$ formülünden yola çıkılarak

$$R = W * \sigma \quad (2.8)$$

şeklinde ifade edilebilir (Berenson, Levine, & Krehbiel, 1992).

R'nin standart sapması da gerekli formülasyonlar sonucunda;

$$\sigma_R = d_3 \sigma \quad \text{olarak bulunur (Kasap, 2006).} \quad (2.9)$$

σ 'nın sayısal değeri olarak bilinmemesinden dolayı σ_R değeri;

$$\sigma_R = d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (2.10)$$

formülünden tahmin edilmektedir. Bu formülasyonlar sonucunda yeni oluşan, R grafiği parametreleri aşağıdaki gibidir.

$$\left. \begin{aligned} \text{ÜKS} &= \bar{R} + 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \\ \text{OD} &= \bar{R} \\ \text{AKS} &= \bar{R} - 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} \end{aligned} \right\} \quad (2.11)$$

Burada kullanılacak olan D_3 ve D_4 değerleri;

$$D_3 = 1 - 3\frac{d_3}{d_2} ; D_4 = 1 + 3\frac{d_3}{d_2} \quad (2.12)$$

şeklinde. Bu eşitlikler sonucunda esas ve sade $\bar{R}$ parametreleri;

$$\left. \begin{aligned} \text{ÜKS} &= \bar{R}D_4 \\ \text{OD} &= \bar{R} \\ \text{AKS} &= \bar{R}D_3 \end{aligned} \right\} \quad (2.13)$$

şeklinde ifade edilir (Işığışık, 2012).

Shewart $\bar{X} - s$ kontrol grafikleri.

$\bar{X}$ ve R kontrol grafikleri en çok kullanılan kontrol grafiklerden biridir. Buna rağmen örnek sayısı 10 ' dan büyük olduğu durumda değişim aralığının etkinliği ve güvenilirliği azaldığından dolayı R kontrol grafiği yerine S kontrol grafiği tercih edilir (Kartal, 1999).

Örnek birim sayısının yükselmesi karşısında σ 'nın tahmin edicisi olarak R'nin etkinliği s'ye göre hızla düşmektedir. Örnek hacim büyüklüğünün $n \geq 10$ olduğu durumlarda ve örnekler içinde yer alan birimlerin homojen olmaması halinde $\bar{X}$ -s kontrol grafiği kullanılmaktadır. Alt grup sayısı $n \geq 10$ olduğunda s'nin hatası R'ye göre daha küçük olmaktadır. Ayrıca n büyüdükçe uç değerlerin gözlenme olasılığı artmaktadır ve bu uç değerlerden s daha az etkilenmektedir (Gitlow, Oppenheim, & Oppenheim, 1995; Gümüsoğlu, 2000).

Bu sebeplerden dolayı bu çalışmada da $\bar{X}$ ve R kontrol grafikleri yerine $\bar{X}$ -s grafikleri tercih edilmiştir

$\bar{X} - s$ kontrol grafikleri, örnek ortalaması ($\bar{X}$) ve örnek standart sapması (s) haricinde $\bar{X} - R$ kontrol grafiklerine çok benzemektedir ve takip edilen aşamalar $\bar{X} - R$ kontrol grafikleriyle aynıdır.

Her biri n adet gözlemden oluşan m adet örnekten i. örneğin standart sapması S_i ($S_1, S_2, \dots, S_m$) olarak gösterilse m adet standart sapmanın ortalaması;

$$\bar{S} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_m}{m} \quad (2.14)$$

örnek standart sapması ise;

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.15)$$

eşitliği ile ifade edilir (Montgomery vd., 2011). $\frac{s}{c_4}$ istatistiği σ 'nın güvenilir bir tahmincisidir. Böylece, s grafiğinin parametreleri kontrol sınırları;

$$\begin{aligned} \bar{UDS} &= \bar{S} + 3 \frac{\bar{S}}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} = \bar{S} \left(1 + \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} \right) \\ MD &= \bar{S} \end{aligned} \quad (2.16)$$

$$\bar{LDS} = \bar{S} - 3 \frac{\bar{S}}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} = \bar{S} \left(1 - \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} \right)$$

şeklinde yazılır, kontrol sınırlarının bu şekilde hesaplanması yerine;

$$\begin{aligned} &\bar{S} \left(1 + \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} \right) \\ &\bar{S} \left(1 - \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} \right) \end{aligned} \quad (2.17)$$

dönüşümleri kullanılarak standart sapmaya ilişkin kontrol sınırları pratik olarak;

$$\begin{aligned} \bar{UDS} &= B_4 \bar{S} \\ OD &= \bar{S} \end{aligned} \quad (2.18)$$

$$ADS = B_3 \bar{S}$$

formülleri ile elde edilir. Burada yer alan B_4 ve B_3 değerleri yine örnek büyüklüğünün bir fonksiyonu olup örneklem hacmine göre değişen sabit katsayılarıdır (Walpole, & Mayers, 1989; Işığışok, 2012).

$\bar{x}$ grafiğinin kontrol sınırları belirlenirken ise μ 'nün tahmincisi olarak $\bar{\bar{x}}$ değeri σ 'nın eğilimsiz (yansız) tahmincisi olarak da $\frac{\bar{s}}{c_4}$ değeri kullanılırsa $\bar{x}$ grafiğinin parametreleri;

$$\begin{aligned} \bar{UDS} &= \bar{\bar{x}} + 3 \frac{\bar{s}}{c_4 \sqrt{n}} \\ OD &= \bar{\bar{x}} \end{aligned} \quad (2.19)$$

$$ADS = \bar{\bar{x}} - 3 \frac{\bar{s}}{c_4 \sqrt{n}}$$

şeklinde elde edilir. Üst ve alt kontrol sınırlarının bu şekilde hesaplanması yerine;

$$A_3 = 3 \frac{\bar{s}}{c_4 \sqrt{n}} \quad (2.20)$$

dönüşümü kullanılırsa ortalamalara ilişkin kontrol sınırları;

$$\begin{aligned} \bar{UDS} &= \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{s} \\ OD &= \bar{\bar{x}} \end{aligned} \quad (2.21)$$

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

formülleri ile hesaplanabilir (Kurt,2018).

Cusum (Kümülatif Toplam) yöntemi.

Cusum yöntemi Shewart kontrol grafiklerinin örneklem ortalamalarındaki küçük ve sürekli kaymalardaki duyarsızlığı nedeniyle, Shewart kontrol grafiklerine alternatif olarak geliştirilen dört grafik türünden birisidir (Özçil, 2014).

Cusum tanım olarak bakıldığında, zamanın üzerinde ardışık olarak yapılan işlemler serisinin nihayetinde bulunan değişkenin grafiksel bir biçimde gösterilmesidir (Healy, 1987). Türkçeye çevrildiğinde anlamı kümülatif toplam tekniğini ifade etmektedir. Bu teknik ilk olarak 1954 yılında Page tarafından savunulmuş ve ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra CUSUM tekniklerini geliştirmek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. 1959 yılında Barnard CUSUM grafiklerinin sayısal verilere uygulanabilen V maskesi kavramını ortaya koyarak, bu grafiklerin bir İKK aracı olması için önemli yol kat etmesinde etkili olmuştur. Bununla birlikte Ewan, Kemp, Lucas, Johnson ve Leone gibi diğer bilim adamları da bu metodu geliştirme yolunda önemli çalışmalarda bulunmuşlardı (Oktay , 1994) .

Cusum prosedürleri proses ortalamasındaki küçük değişimleri hızlı bir şekilde tespit etmesinden dolayı "ilk defada doğruyu yap!" felsefesini benimseyen işletmelerde daha tutarlı sonuçlar sağlayan proseslerdir. "Dikkat edilmesi gereken alanlar tespit edilmelidir" düşüncesine sahip işletmelerde de tutarlı, sonuçlar sağlamaktadır.

Bu grafiğin ilk amacı, üretimi yapılan ürünlerin elverişsiz olanlarının oranı ile performansını ortaya koymaktır. Ortaya çıkan bu performansın herhangi bir anında (performansın kabul gördüğü), Cusum eğrisi genellikle yatay çizgi ile tam üst üste çakışık ya da yatay çizginin yukarısında yer alır. Bunun tam tersi durum düşünüldüğünde yani performansın yetersiz olduğu anlarda, Cusum eğrisi yukarı doğrultuda bir eğimle hareket eder ve grafikte bir karar aralığı belirlemiş olur. Bu şekilde grafik üzerinden elverişsiz üretim seviyesi belli olmuş olur (Oktay, & Özçomak, 2001).

Cusum kontrol grafikleri, örneklem ortalamalarının belirli bir hedef veya standart değerden sapmalarının kümülatif toplamı ile zaman dönemini koordinat sistemi içinde görüntülemektedir. Cusum kontrol grafikleri, küçük süreç kaymalarını belirlemek için birkaç örneklemdeki bilgiyi birleştirmeleri nedeniyle Shewhart grafiklerinden daha üstündür (Kurt, 2018). Bu üstünlük özellikle, $n=1$ örneklem hacminde daha etkilidir. Cusum grafiğindeki noktaların yapısı Shewhart grafiklerinde kullanılan kontrol sınırlarından daha etkilidir. Bu nedenle Cusum grafiğinde orta çizgi ve kontrol sınırları hesaplanmamaktadır (Sarkadi, & Vincze, 1974; Işığışok, 2012).

Cusum grafiklerin de yatayda bulunan eksen yapılan gözlemleri, dikeyde doğrultudaki eksen ise kümülatif değerleri göstermektedir. Dikey doğrultudaki eksen ölçeklendirme yapılırken üç farklı yöntem başvurulabilir. İlk ve normal yöntemde; bilinen kümülatif değerler ortalamasının standart sapmasına bölünmesi ile bulunan sayısal verilere göre ölçeklendirme yapmaktır. Bu yolda dezavantaj oluşturan durum ise her kümülatif değerın bölünmesiyle oluşan zaman kaybı ve işlem kalabalığıdır. Bir diğer ikinci yöntem ise; yatay doğrultudaki eksen de bulunan her bir aralığa karşılık dikeyde $1/\sigma_x$ hesaplamasından gelecek sayısal değer kadar aralığa bölmektir. Bu yöntemin dezavantajı ise grafiğin boyutunu büyütüyor olmasıdır. Üçüncü ve son yöntem ise en kolay ve kısa yöntem olarak görülen ölçeklendirme yöntemidir. Bu yöntem de k yani 1 ve 2 arasında daha fazla 2'ye yakın olan seçilmesi kaydıyla standart

hata seçilir. K seçildikten sonra yatayda belirlenen aralık değerine karşılık dikeyde de aynı sayıda aralık ve k değerinde aralıklar alınır. $K\sigma_x$ grafiğe uygun yuvarlak rakamlar alınır yapılacak ölçeklendirme daha rahat ve iyi olmaktadır (Kurt, 2018).

Cusum grafiklerinin sağladığı avantajlara genel olarak bakıldığında;

- Grafiğin eğimindeki değişmelere bakılarak süreç ortalamasında ortaya çıkan değişimlerin tespiti kolaydır.
- Cusum grafikleri ile süreç ortalamasındaki sapmanın hangi örnek ile başladığı tespit edilebilir.
- Cusum grafikleri süreç ortalamasındaki küçük çaplı kaymaları daha hızlı bir şekilde tespit etmekte ve sürecin düzeltilmesi konusunda bilgi sağlamaktadır. Süreç ortalamasındaki 0.5σ ile 2σ 'lık kaymaları tespit etmede standart kontrol grafiklerinden daha etkili sonuçlar vermektedir.
- Cusum kontrol grafikleri gelecekteki proses ortalaması hakkında kısa dönemli tahminler yapılmasına imkan tanır.

Cusum kontrol grafiklerinin bir diğer avantajı ise sonradan elde edilen sonuçların prosesteki değişme hakkında karar vermeyi kolaylaştırmasıdır (Ewan, 1963; Oktya, & Özçomak, 2001; Kurt, 2018).

Bu tür kontrol grafikleri çizimlerinde bilinmesi gereken, i'inci değer de dahil olmak üzere bu değere kadar kümülatif toplam değerleri olan S_i değerleri; örneklemdeki hedef değerlerin sapmalarının farkının kümülatif olarak toplanması esasına dayanmaktadır. Aşağıdaki formülde $n \geq 2$ genişliğindeki örneklemlerin toplandığı ve $\bar{x}_j$ 'nin j'inci örneklem aritmetik ortalaması olduğunun ifade edildiği ve μ_0 'ın da hedef değer olduğunun kabul edildiği varsayılmıştır. Örneklem numarasının i olduğu düşünülen Cusum kontrol grafiği aşağıdaki formül yardımıyla hazırlanacaktır (Kasap, 2006).

$$S_i = \sum_{j=1}^i (\bar{x}_j - \mu) \quad (2.22)$$

Cusum grafikleri Shewart'a göre süreçlerde yaşanan kaymaların tespitinde daha başarılıdır. Bunun sebebi de Cusum' un farklı örneklemlerden aldığı bilgileri bir bütün halinde birleştirerek kullanmasıdır. Aynı mantıkta düşünüldüğünde Cusum grafikleri $n=1$ genişliğindeki örneklerin kullanılması ve $n=1$ hacimsel alt grupların

alınarak bilgisayar ortamında tarandığı durumlarda çok daha doğru ve tutarlı sonuçlar vermektedir (Kasap, 2006).

Belirlenen bir süreçte gelişen şeylerin kontrol altında olup olmadığını anlamak için Cusum grafikler kullanılabilir. Bu durum esnasında bazı gidiş yolları kullanılmaktadır. Bu kontrol grafikleri genellikle hedef değer olarak tabir edilen μ_0 'dan iki yön içinde kaymaların olabileceği düşünülerek hareket edilir. Bu tür her iki yönde de kaymaların yaşandığı kontrol grafiklerinde iki yönlü Cusum kontrol grafikleri denilmektedir. Bu durum çok fazla gelişmemektedir ve genel itibarıyla Cusum kontrol grafikleri tek yönlü hareketler için tespit yapmaktadır. Tek yönlü grafikler de;

$$S_i = \sum_{j=1}^i [\bar{x}_j - (\mu_0 + K)] \quad (2.23)$$

bulunan değerler grafikler üstünde işaretlenir.

Bu formüldeki K, genel olarak hedef değer olarak tabir edilen μ_0 ile

$\mu_1 = \mu_0 + \Delta$ arasında seçilir. Seçilen bu değer genelde kabul edilmeyen kalite seviyesine ya da $\Delta/2$ 'ye denk olmaktadır. Bazı durumlarda S_i değeri sıfırın altına düşmektedir. Bu durum olduğunda sıfırın altındaki bu değer sıfıra yuvarlanarak kullanılır yani $\mu_1 > \mu_0$ olacak şeklinde bir evrimle gerçekleşir (Kasap, 2006).

V maskesi yöntemi.

Devam eden süreçte hedeflenen belli bir değerden pozitif ve negatif yönde kaymalar meydana gelebilmektedir. Cusum kontrol grafiğinde süreç ortalamasında meydana gelebilecek kaymaların kontrol dışı olup olmadığının tespiti için ilk kez 1959 yılında Barnard tarafından ortaya konulan “V maskesi” tekniği kullanılır.

V maskesi, kontrol dışı noktaların tespit edilmesi amacıyla Cusum grafiklerine tamamlayıcı olarak kullanılan bir yöntemdir. Cusum grafiğindeki kümülatif toplam değerleri, V maskesinin kolları arasında kalıyorsa sürecin kontrol altında olduğu, eğer V maskesinin kollarının dışına kayan değerler varsa sürecin kontrol dışına çıktığı söylenebilir (Oktay, & Özçomak, 2001).

Cusum kontrol grafiği parametreleri;

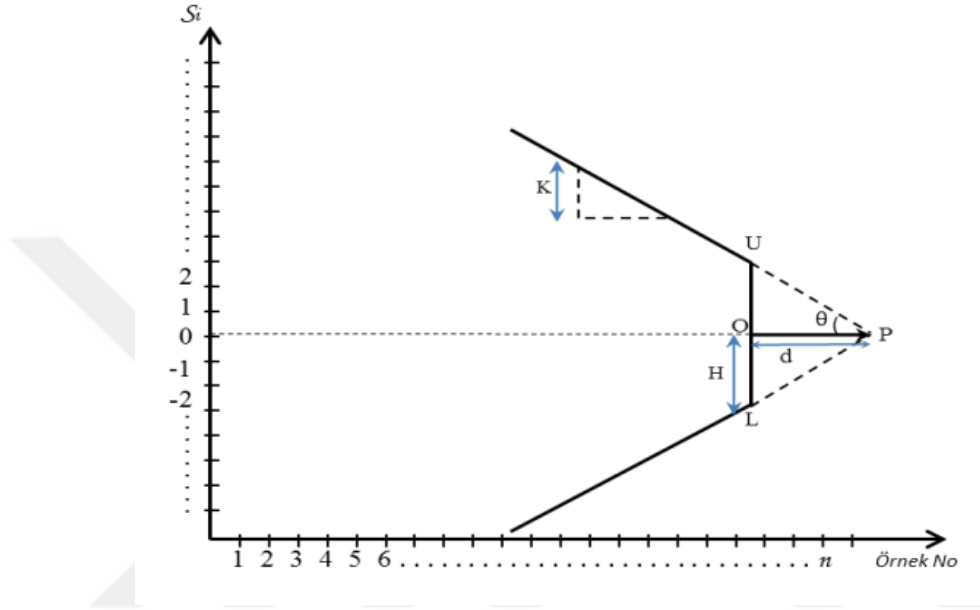
$S_i = i$ 'nci kümülatif değer, $x_j = j$ 'inci örneğin aritmetik ortalaması ve μ_0 da hedeflenen değer olarak alınırsa,

$$S_i = \sum_{j=1}^i (\bar{x}_j - \mu_0) \quad (2.24)$$

şeklinde hesaplanır. Bu değerleri Cusum grafiklerinde kullanmak için eşitlik;

$$S_i = (x_i - \mu_0) + S_{i-1} \quad (2.25)$$

şekline dönüştürülmektedir (Montgomery, 2005; Osanaiye, & Talabi 1989).



Şekil 10: Standart V Maskesi

Şekil 10'da standart bir V maskesi görülmektedir. Cusum çizelgesine V maskesini yerleştirmek için;

1. Son Cusum değeri S_i , O noktasına yerleştirilir.
2. Yatay eksene paralel olacak şekilde O noktasından d uzaklıkta bir P noktası belirlenir. Bu nokta V maskesinin tepe noktasını oluşturmaktadır.
3. O-P doğru parçasıyla θ açısı yapacak şekilde P noktasından başlayarak iki çizgi çizilir. Bunlara maskenin kolları denir.
4. Tüm $S_1, S_2, \dots, S_i$ kümülatif toplam değerleri V maskesinin iki arasında kalıyorsa süreç kontrol altındadır. Herhangi bir kümülatif toplam değeri V maskesinin kolları dışında kalırsa süreç kontrol dışıdır.

Grafiklendirilen her yeni noktaya genel kullanımda V maskesi uygulanır yani her yeni örneklem ilavesinde maske yeniden düzenlenir. V maskesinin performansı d uzaklığı ve θ açısı ile belirlenir (Çolak, 2007).

Eğer $\bar{x}_i$ 'nin standart sapması $\sigma_{\bar{x}}$ ile gösterirsek, süreç ortalamasında bir kayma yok iken bir kaymanın olduğu neticesine varma ihtimalini α ve gerçekte bir kayma var iken bunu tespit edememe olasılığını β ile gösterilirse ve her iki olasılığın da uygun bir düzeyde tutulması gerektiği kabul edilirse; Δ değeri, süreç ortalamasında meydana gelen kaymayı gösterir (Oktay, 1998).

V Maskesi parametreleri;

$$d = \left(\frac{2}{\delta^2}\right) \ln \frac{1-\beta}{\alpha} \quad (2.26)$$

Ve

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta}{2A} \right) \quad (2.27)$$

eşitliği ile hesaplanır. Formülde yer alan δ ise;

$$\delta = \frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \quad (2.28)$$

şeklinde hesaplanır. Eğer β değeri ihmal edilecek kadar küçük ise

2.26 nolu eşitlik;

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} \quad (2.29)$$

şeklinde yeniden düzenlenir (Montgomery, 2005).

Bu bilgilere göre;

$$\tan \theta = \frac{\Delta}{2A} = \left(\frac{\delta \sigma_{\bar{x}}}{2 \cdot (2 \sigma_{\bar{x}})} \right) = \frac{\delta}{4} \quad (2.30)$$

şeklinde veya K değerinin örnek aralık başına V maskesi kollarının eğimini vermesi ve A'nın Cusum ölçeğinde $A = 2 \cdot \sigma_{\bar{x}}$ eşit olması nedeniyle,

$$\tan \theta = \frac{K}{A} = \left(\frac{k \sigma_{\bar{x}}}{2 \sigma_{\bar{x}}} \right) = \frac{k}{2} \quad (2.31)$$

şeklinde yazılabilir ve Eşitlik 2.22 ile Eşitlik 2.23'ten;

$$\frac{k}{2} = \frac{\delta}{4} \Rightarrow k = \frac{\delta}{2} \quad (2.32)$$

Veya,

$$K = k \sigma_{\bar{x}} = \frac{\delta}{2} \sigma_{\bar{x}} = \frac{\Delta}{2} \quad (2.33)$$

denklemleri elde edilir (Ncube, & Woodall, 1984). Diğer bir ifade ile;

$$\tan \theta = \frac{H}{A.d} = \left(\frac{h\sigma_{\bar{x}}}{(2\sigma_{\bar{x}}).d} \right) = \frac{h}{2d} \quad (2.34)$$

şeklinde yazılabilir. Buradan;

$$h = 2d.\tan \theta \quad (2.35)$$

hesaplanır veya;

$$H = 2d\sigma_{\bar{x}}.\tan \theta \quad (2.36)$$

eşitliği elde edilir (Cavill, & Ricketts, 1974).

Ewma yöntemi.

S.W Roberts 1959 yılında üstel ağırlıklı hareketli ortalamaları geliştirmiş ve Geometrik hareketli ortalamalar olarak adlandırmıştır. 1986 yılında J.S Hunter 1987’ de S.V Croderve 1990 da J.M Lucas ile M.S Saccucci’ nin çalışmaları Robert’in çalışmalarının devamı olmuştur (Kurt 2018).

Küçük değişimlerin takibinde diğer kontrol grafiklerine (Cusum vb) oranla oluşturulması ve uygulanması daha kolaydır. Ewma grafiklerinin performansı, diğer kümülatif toplam grafiklerinin performansına eşitlik derecesinde oldukça yakındır. Ewma grafiği, Geçmiş performans verilerinden yola çıkılarak izlenen iş durumunun değişkenlerinin veya verilerinin takip edildiği bir kalite kontrol yöntemidir. Ewma kontrol grafiği rasyonel alt gruplara bireysel olarak odaklanan diğer yöntemlerden farklı olarak önceki tüm veri gruplarını üstel ağırlıklı hareketli ortalamasının takibini yapar ve verileri geometrik azalan düzende ağırlıklandırır (Alagöz, 2019).

Ewma kontrol grafikleri grafiklenme de Shewart kadar kolay bir yöntem olduğundan ewma diyagramları küçük kaymaları tespit etmede Shewhart kontrol diyagramlarına iyi bir alternatiftir. Ewma aynı zamanda bir sonraki gözlemi tahmin etmek içinde kullanılabilir (Ege, 2000).

Ewma kontrol grafikleri yalnızca süreç kontrolünde değil, zaman serilerinin analizlerinde ve tahminlerinde de kullanılabilirler. Ewma genel olarak tüm geçmiş ve mevcut verilerin ağırlıklandırılmış ortalaması olarak değerlendirilebilir. Alt örnek hacminin 1 olduğu durumlarda ideal sonuç verir. Normallik varsayımına karşı duyarsızdır (Yılmaz, 2012).

Aşağıda bu grafiklerin fonksiyonel tanımlanması yapılmıştır (Kasap, 2006).

$$z_{t+1} = z_t + \lambda e_t = z_t + \lambda(\bar{x}_t - z_t) \quad (2.37)$$

Burada ;

z_{t+1} ile ifade edilen t+1 zamanındaki tahmini değerdir.

$\bar{x}_t$ ile ifade edilen t zamanında ölçülen değerdir.

z_t ile ifade edilen t zamanındaki tahmini değeridir.

$e_t = \bar{x}_t - z_t$ ile ifade edilen t zamanında ölçülen hatadır.

λ sembolü ise 0-1 arasında bulunan bir küçültme katsayısıdır.

Aşağıda sunulan iki formül ise tahmini üstel ağırlıklı hareketli ortalama değerinin hesaplanması esnasında kullanılmaktadır (Crowder, 1987).

$$z_t = \lambda \bar{x}_t + (1 - \lambda)z_{t-1} \quad (2.38)$$

$$z_{t-1} = \lambda \bar{x}_{t-1} + (1 - \lambda)z_{t-2} \quad (2.39)$$

Grafik üstüne işaretlenecek ilk Ewma değeri yani t=1 zamanında bulunan ilk örnek değer orta çizgi üstünde yer almaktadır. Bu durum Roberts tarafından 1959 yılında uygulanmıştır.

Ewma'ya göre z_{t_0} ana kadar alınan tüm örnek değerlerin ortalamalarıdır. Bu durumun doğruluğunu kanıtlamak için 2. formülün eşitlikten sonraki kısmındaki z_{t-1} değeri silinerek yerine 3. formülün eşitlik sonrası

$$\lambda \bar{x}_{t-1} + (1 - \lambda)z_{t-2} \quad (2.40)$$

yazılarak yeni bir Ewma formülü bulunmuş olur (Kasap, 2006).

$$z_t = \lambda \bar{x}_t + (1 - \lambda)[\lambda \bar{x}_{t-1} + (1 - \lambda)z_{t-2}] \quad (2.41)$$

$$z_t = \lambda \bar{x}_t + \lambda(1 - \lambda)\bar{x}_{t-1} + (1 - \lambda)^2 z_{t-2} \quad (2.42)$$

Bu formüller gerekli düzenlemeler yapıldığında;

$$z_t = \lambda \sum_{j=1}^{t-1} (1 - \lambda)^j \bar{x}_{t-j} + (1 - \lambda)^t z_0 \quad (2.43)$$

formülü elde edilir ve burada z_{t-j} ve $j = 1, 2, \dots, t$ olarak ifade edilir.

$\lambda(1 - \lambda)^j$ ağırlıkları, örneklem ortalaması yaşıyla orantılı bir şekilde geometrik azalmaktadır ve bununla beraber bu ağırlıkların toplamı;

$$\lambda \sum_{j=1}^{t-1} (1 - \lambda)^j = \lambda \left[\frac{1 - (1 - \lambda)^t}{1 - (1 - \lambda)} \right] = 1 - (1 - \lambda)^t \quad (2.44)$$

eşitliğinden sonra 1'e eşit bulunur.

Eğer x_t gözlem bulguları σ^2 varyanslı bundan bağımsız rastgele değişkenler ise z_t 'nin varyansı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır (Kasap, 2006).

$$\sigma_{zt}^2 = \frac{\sigma^2}{n} \frac{\lambda}{2 - \lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2t}] \quad (2.45)$$

Ewma kontrol grafiklerinin sınırları bulunurken aşağıdaki formüller kullanılmaktadır (Montgomery, 2005).

$$\text{ÜKS} = \bar{\bar{x}} + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{2 - \lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2t}]} \quad (2.46)$$

$$\text{OÇ} = \bar{\bar{x}} \quad (2.47)$$

$$\text{AKS} = \bar{\bar{x}} - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\lambda}{2 - \lambda} [1 - (1 - \lambda)^{2t}]} \quad (2.48)$$

Verilerin sürekliliği Ewma kontrol grafiklerinin doğru sonuçlara ulaşabilmesi için en önemli etkidir. Bununla birlikte durağan olamayan herhangi bir çerçevede sonraki değerlerin tahmini de Ewma ile yapılabilir. Ayrıca en yaygın kullanımı tahmin yapılmasında ve zaman serilerinde kullanımıdır. Ewma kontrol grafiği incelenen kalite karakteristiğinin dağılımının durumuna göre doğru sonuçlar verir. Her zaman diliminde gözlem yapılması, yapılan gözlemlerinde normal sonuçlar vermesi bu kontrol grafiğinin uygun sonuçlara varmasını sağlar (Montgomery, & Johnson, 1976).

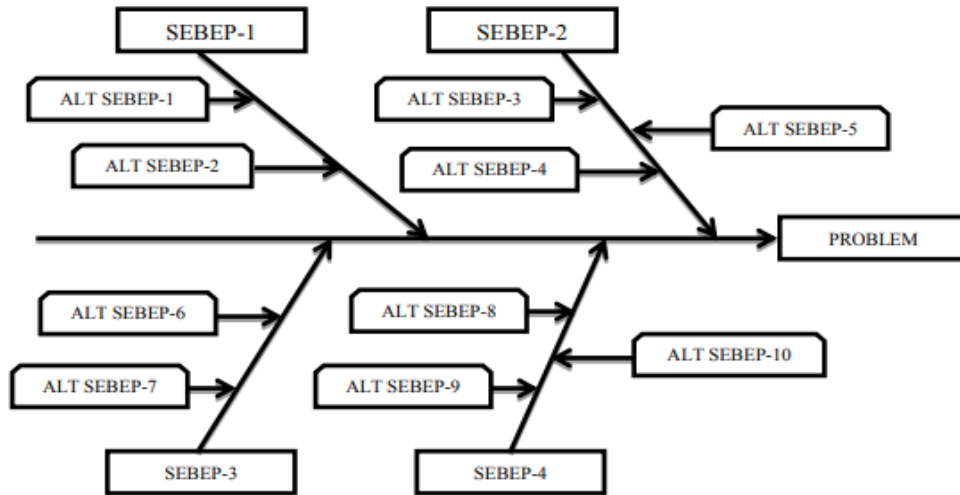
Sebep sonuç diyagramı (balık kılçığı diyagramı).

Prosesi oluşturan Sebep ve sonuç zincirinde yapıyı oluşturan faktörler arasında sistematik bir şekilde ilişki belirlenebilir. Bu ilişkiyi oluşturan komplike sorunları çözen, sebepler arasındaki ilişkiyi sade ve kolay bir şekilde ortaya çıkaran Sebep - sonuç diyagramıdır (Çay, 2006).

Bu diyagram ilk olarak Kaoru ISHIKAWA tarafından 1943 yılında kullanılmıştır. Yalnızca kalite kontrol uygulamalarında değil , başta problem çözme teknikleri olmakla beraber birçok alanda kolaylı sağlamaktadır. Balık kılçığı diyagramı

ortaya çıkan problemleri meydana getiren ana ve alt nedenlerin belirlenmesinde kullanılır. Bir sürecin temel faaliyetlerini belirleme ve gerektiğinde iyileştirme yapmak içinde tercih edilebilir (Güneş, 2009).

Diyagram temel olarak sebep ve sonuç olarak iki kısımdan oluşur. Ana kılçık olarak problem yazıldıktan sonra ana kılçığa temel kılçıklar olarak kısaca 5M diye tabir edilen ana konusu Man (insan), Machine (makine), Medium (çevre), Material (malzeme), Method (metot) olan problemler yerleştirilir. Son zamanlarda Management (yönetim) ile Measurability (ölçülebilirlik) ana konulu iki başlık daha eklenmiştir. Beyin fırtınası veya diğer analiz yöntemleri kullanılarak bu temel faktörlere etki eden faktörler ve parametreler bulunduktan sonra en uygun yerlere yerleştirilir (Besceli, 2006).



Şekil 11. Sebep sonuç diyagramı gösterilmiştir. (Heizer, & Render, 2001; Besceli, 2006,s. 25).

Literatür Özeti

Hazır beton/ çimento sektörü yapım üretimine malzeme tedarik eden en önemli sektörler arasındadır. Önemi üretim hacminin yanı sıra, tedarik edilen malzemenin yapı kalitesine direk etkisi ile ilgilidir. Üretici, zamanında teslimat ve düşük maliyet gibi müşteri isteklerinin yanında standartlara uygun üretim yapmak zorundadır. Sistematik yaklaşılmadığı sürece kalitenin maliyeti işletmeye yüksek olmaktadır. Bunun yanında ISO 9000 gibi kalite yönetim sistem uygulamaları sonucunda kalite maliyetlerinin üretim maliyetlerine oranı sürekli düşmektedir. Kalite maliyet analizi

ve kalite performans değerlendirmesi bu konuda işletmelere yol gösterici metotlardır. Bu makalede öncelikle kalite maliyet kategorileri, kalite maliyet analizi ve kalite performans değerlendirilmesi konuları açıklanacaktır. Daha sonra ülkemizde hazır beton/imento sektöründe büyük üretim hacmi olan bir reticinin ISO 9000 kalite yönetim sistemi uygulamaları dahilinde kalite maliyet analizi ve performans değerlendirilmesi yapılacaktır (Oral Laptalı Güner, 2003). Beton, kum, çakıl, imento ve su karışımından oluşur. Bileşiminden anlaşılacağı gibi beton seramik türü malzeme sayılır ve yapılarda büyük ölçüde kullanılır. Değişik büyüklükte kum, çakıl ve kırma taştan oluşan agrega iskeleti hidrolik imento hamuru yardımı ile birbirlerine bağlanarak sağlam ve dayanıklı bir kütleye dönüşür. Bu kütlede bağlayıcı madde olarak kullanılan imento; su ile karıştırılınca işlenebilir, plastik bir kıvam alır. Su ile tepkimeye girerek bağlayıcılık özelliği kazanır. Agrega, imento ve su karıştırılıp kalıp içine yerleştirilir ve karışım zamanla sertleşir (Onaran, 2006).

İstatistiksel Proses (Süreç) Kontrolü (İPK) řu şekilde tanımlanabilir: Bir retim sürecine ait değişkenlikleri kontrol altına almada ve süreci kararlı bir halde tutmada tercih edilen etkili bir kalite kontrol aracıdır. İPK istatistik veri tabanına dayalı tekniklerin kullanıldığı bir yöntem olarak bilinir (Akın, 1996). İPK bir başka açıdan da bir işletmede üretilen ürünleri kontrol etmek yerine ürünlerden belli kurallar dâhilinde numuneler olarak bütün hakkında bir varsayım için kullanılan etkili bir kalite kontrol aracıdır. Üretim sürecinde etkin olan bütün parametrelerin tamamını da İPK içinde yer almaktadır (Durman, & Pakdil, 2005). İPK şemaları ile son çalışmalar ve bilgiler Montgomery (2012) tarafından özetlenmiştir.

Süreç yeterlilik analizi, süreç yeterlilik indekslerini kullanarak kontrol grafiğinde elde edilen sonuçların performansının değerlendirilmesidir. Süreç yeterliliği, istatistiksel olarak da bir sürecin ne kadar değiştiğini kontrol limitleri ile belirler. Cp ve Cpk indisleri literatürde yaygın olarak kullanılır. Cp indisi, süreç limitleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılır. Cpk indisi, süreç ortalamasının yerinin alt ve üst kontrol limitlerini esas alınarak hesaplanır (Montgomery, 2012; Kotz, & Johnson, 2002). Cp ve Cpk indisleri hesaplanırken alt ve üst kontrol limitleri, standart sapma ve ortalama gibi değerler kullanılarak hesaplanır (Kane, 1980). Cp indisinde yer alan 6σ değeri ise doğal tolerans limiti olarak bilinir (Kahraman ve Kaya,

2009). Cp ve Cpk değerlerinin 1,33 değerinde veya bu değerden yüksek olması halinde ise sürecin yeterli olduğu yorumu yapılır (Zeyveli, & Selalmaz, 2008).

Xbar-S kontrol grafikleri, süreç ortalamasının ve proses değişkenliğinin kontrol altında olup olmadığını belirlemede kullanılmaktadır. X kontrol grafiği ortalamadan, S kontrol grafiği ise işletmedeki niceliksel verilerin, işletme ölçüm ortalamasına göre sapmalarını gösterir. Kümülatif toplam (Cumulative Sum) kontrol grafiği (Cusum veya CSCC), Shewart kontrol grafiklerinin örneklem ortalamalarındaki küçük ancak sürekli kaymalara karşı duyarsızlığı nedeniyle, bu grafiklere alternatif olarak geliştirilen dört grafik türünden birisidir (Ertuğrul, & Özçil, 2015). Bu sayede V maskesi ile üretim sürecinin kontrol sınırları belirlenmektedir. Basit Ewma kontrol grafikleri yaklaşık olarak Cusum kontrol grafikleri ile eşdeğer etkiye sahiptir. Zaman serileri tahmini için yaygın olarak aynı teknolojiyi kullanmalarına rağmen her ikisi de henüz çok popüler değildir. Bu grafik türü özellikle etkili küçük alt grup büyüklüğünde düzenlenen bireysel grafik türleri için uygundur (Cusum grafiklerinde olduğu gibi) (Dan, 1999). Ewma kontrol grafikleri, süreç kontrolünün dışında zaman serilerinin analizinde ve tahminlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Ewma, tüm geçmişin ve mevcut gözlemin ağırlıklandırılmış ortalaması olarak düşünülebilmektedir. Bu nedenle normallik varsayımına karşı duyarsızdır ve alt örnek hacminin bire eşit olduğu durumlar için de idealdir (Yılmaz, 2012).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Materyal ve Method

Bu çalışmada; bir beton santralinden temin edilen 15*15*15 cm'lik küp numunelerin 7-28 günlük basınç dayanımları (MPa) kullanılmıştır. Örnek bir numune alım çalışması Şekil 12'de verilmiştir. Bu çalışmada elde edilen veriler (Tablo 3, 4) Shewart (X-bar ve S), Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalamalar (Ewma), Kümülatif Toplam (Cusum) kontrol grafikleri kullanılarak hazır beton santrallinin proses kontrolünün analizi yapılmıştır. Elde edilen veriler öncelikle ilk 30 günlük değerleri üzerinden çalışılmış hatalar görüldükçe veri seti artırılarak daha kapsamlı analizlere yer verilmiştir. Bunun nedeni olarak literatürde genel olarak elde edilen veri setinin tamamı kullanılarak istatistiksel proses kontrol (İPK) çalışmalarına rastlanmakta ancak bu tez çalışmasında kademeli bir İPK ile daha kontrollü bir proses kontrol çalışmasına gidilmiştir. İstatistiksel Proses Kontrol grafiklerinin elde edilmesinde Minitab 18 paket programı kullanılmıştır.



Şekil 12. 15*15*15 cm lik küp numune alım çalışmasından bir kesit (URL-4)

Tablo 3: 7 Günlük Dayanım Verileri

NUMUNE NO	Basınç Dayanımı (MPa)		
	1	2	ORT
1	63,30	64,20	63,70
2	62,20	59,70	60,90
3	61,80	64,70	63,20
4	61,10	59,70	60,40
5	55,50	53,80	54,60
6	50,40	49,60	50,00
7	48,00	48,40	48,20
8	50,20	52,00	51,10
9	52,10	53,00	52,50
10	56,30	55,40	55,80
11	65,40	65,60	65,50
12	56,50	57,80	57,10
13	51,90	52,00	51,90
14	60,10	60,50	60,30
15	61,40	60,20	60,80
16	56,00	55,20	55,60
17	52,80	51,90	52,30
18	52,60	53,90	53,20
19	53,10	52,40	52,70
20	50,50	50,40	50,40
21	53,00	51,30	52,10
22	59,20	58,40	58,80
23	41,80	45,90	43,40
24	50,80	44,85	47,80
25	49,50	47,30	48,40
26	53,20	51,80	52,50
27	55,10	55,00	55,00
28	46,40	47,20	46,80
29	48,30	50,70	49,50
30	54,70	50,80	52,70
31	55,20	54,30	54,70
32	58,80	58,40	58,60
33	55,40	57,50	56,50
34	51,60	52,40	52,00
35	53,60	52,80	53,20
36	50,00	51,80	50,90
37	56,90	54,30	55,60
38	49,50	50,30	49,90
39	58,30	58,70	58,50
40	57,50	59,70	58,60

41	55,00	55,50	55,20
42	48,30	47,90	48,10
43	48,70	50,90	49,80
44	50,60	46,40	48,50
45	46,00	44,20	45,10
46	53,00	53,60	53,30
47	42,00	41,90	41,90
48	48,90	49,90	49,40
49	47,70	47,10	47,40
50	47,90	46,80	47,30
51	56,80	57,10	56,90
52	57,20	56,30	56,70
53	52,60	53,00	52,80
54	50,80	50,70	50,70
55	40,60	42,70	41,60
56	52,80	53,70	53,20
57	52,50	53,80	53,10
58	54,70	55,10	54,90
59	52,80	53,10	52,90
60	49,60	51,50	50,50

Tablo 4: 28 Günlük Dayanım Verileri

NUMUNE NO	Basınç Dayanımı (MPa)		
	1	2	ORT
1	69,70	70,30	70,00
2	69,25	69,00	69,10
3	67,50	67,10	67,30
4	67,10	65,00	66,00
5	62,60	62,20	62,40
6	56,80	55,10	55,90
7	51,30	53,80	52,50
8	57,00	57,50	57,10
9	61,20	60,40	60,80
10	59,40	60,80	60,10
11	69,40	69,20	69,30
12	71,20	70,50	70,80
13	58,10	58,30	58,20
14	71,70	61,70	66,70
15	61,30	65,10	63,20
16	59,70	63,00	61,35
17	58,10	58,30	58,20
18	60,10	60,40	60,20
19	57,90	62,00	60,00
20	66,50	62,80	64,60
21	56,30	58,50	57,40
22	63,40	61,30	62,30

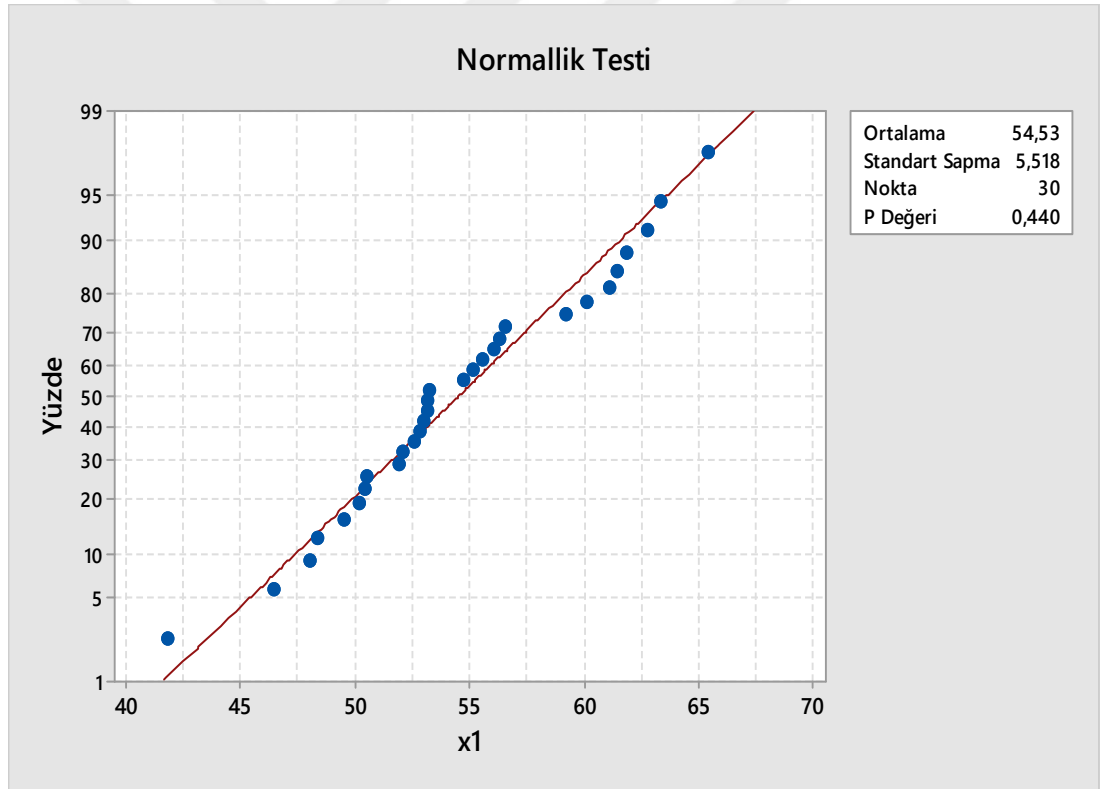
23	52,60	50,70	51,60
24	62,40	53,25	57,80
25	54,00	53,80	53,90
26	53,80	65,00	59,40
27	52,50	64,70	58,60
28	55,20	52,10	53,60
29	54,70	53,60	54,10
30	59,90	57,30	58,60
31	61,10	57,00	59,00
32	64,60	62,80	63,70
33	59,90	57,30	58,60
34	60,10	60,30	59,10
35	57,40	57,00	57,20
36	60,50	58,90	59,70
37	63,60	61,10	62,30
38	54,80	55,30	55,00
39	63,60	62,20	62,90
40	68,10	66,80	67,40
41	57,80	61,10	59,40
42	51,10	53,50	52,30
43	51,20	50,80	51,00
44	53,20	54,30	53,75
45	55,90	53,00	54,40
46	61,50	62,90	62,20
47	47,20	47,10	47,15
48	57,00	57,40	57,20
49	53,10	52,10	52,60
50	55,20	51,80	53,50
51	65,30	63,50	64,40
52	65,20	62,80	64,00
53	57,90	59,60	58,70
54	57,90	57,60	57,70
55	51,80	49,20	50,30
56	60,20	58,50	59,30
57	56,00	52,20	54,10
58	59,70	57,20	55,95
59	59,50	57,00	58,20
60	55,70	54,30	55,00

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

Bulgular ve Yorum

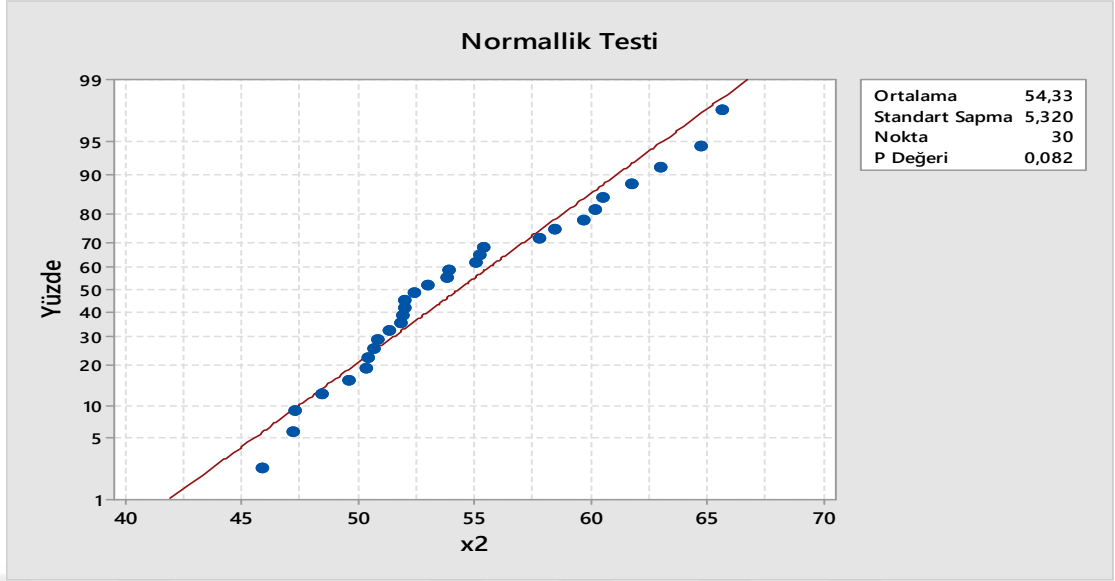
Şekil 13, 14’ de istatistik proses kontrol sürecine başlamadan önce 7 günlük basınç dayanımı verilerinin Normal Dağılıma uygun olup olmadığı Minitab 18 programı yardımı ile yapılan Anderson–Darling normallik testi ile ortaya konulmuştur.

Şekil 13’deki grafiğe bakıldığı zaman noktaların ortalama çizgisinin etrafında toplanması sürecin normal dağılıma uygun olduğunu kanıtlar niteliktedir. Söz konusu şekil incelendiğinde P değeri (0,440), 0.05 (%95güvenilirlik düzeyi) değerinden büyük olduğu için süreç normal dağılıma uygun olarak kabul edilerek istatistiksel proses kontrol (İPK) çalışmalarına geçilmiştir.



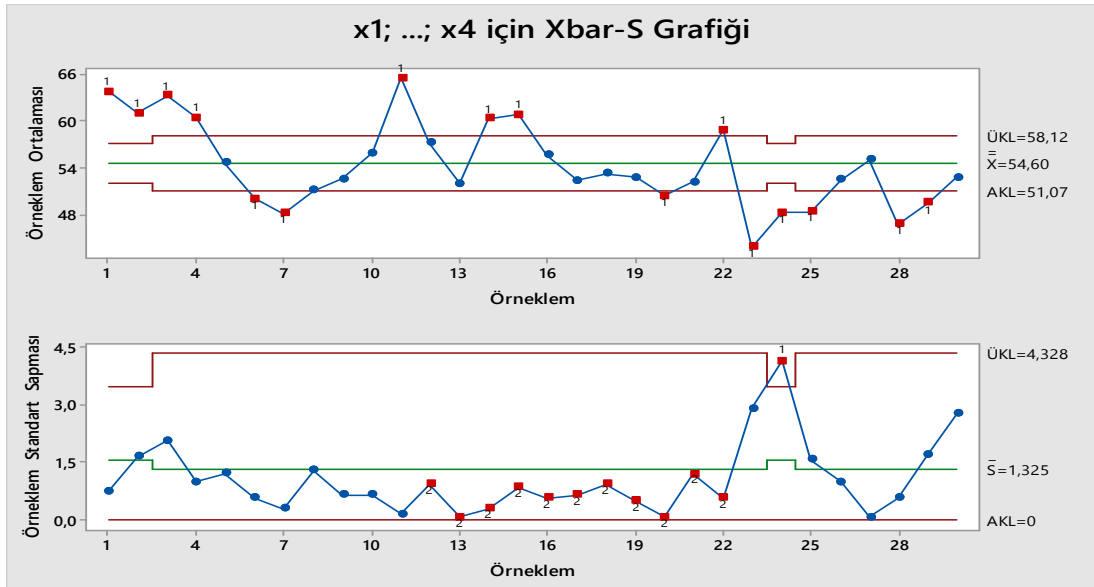
Şekil 13: 30 gün boyunca toplanan verilerin, 7 günlük basınç dayanımlar için x1 değerlerine göre normallik testi.

Şekil 14 incelendiğinde ise P değerinin 0,082 olduğu görülmekte bu değer 0.05’den (%95güvenilirlik düzeyi) büyük olması nedeni ile normal dağılıma uygun olarak kabul edilmiştir.



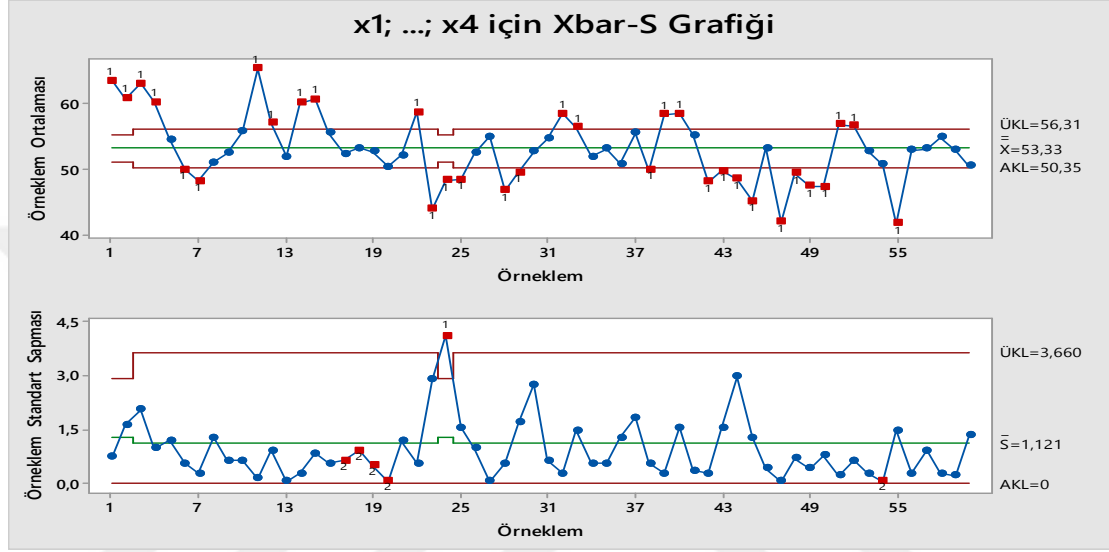
Şekil 13: 30 gün boyunca toplanan verilerin, 7 günlük basınç dayanımlar için x_2 değerlerine göre normallik testi.

Şekil 15 değerlendirildiğinde Ortalama (X) grafiğinde on altı noktanın Üst Kontrol Limiti (ÜKL) ve Alt Kontrol Limiti (AKL)'nin dışında olduğu görülmektedir. Bununla birlikte diğer noktaların Orta Değer (OD) çizgisinin etrafında bulunduğu görülmektedir. Standart sapmanın grafiği incelendiğinde ise bir noktanın ÜKL'nin dışında olduğu diğer değerlerin OD çizgisinin etrafında seyrettiği tespit edilmiştir. Ancak dokuz noktanın art arda OD çizgisinin altında kaldığı görülmektedir. Bu ise sürecin biraz sıkıntılı olduğuna işaret etmektedir.



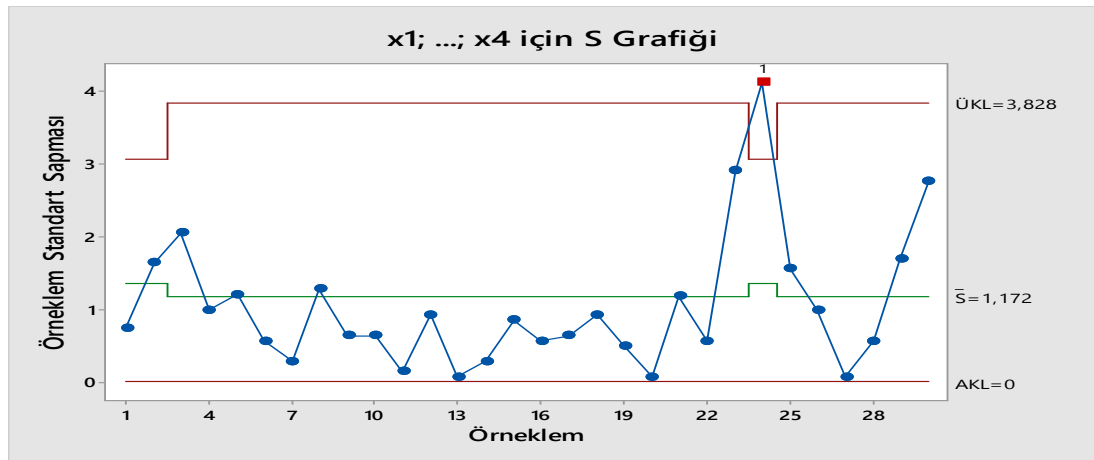
Şekil 14: 30 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının Xbar-S yöntemine göre kontrol grafiği.

Şekil 16 incelendiğinde Ortalama (X) grafiğinde otuz iki noktanın Üst Kontrol Limiti (ÜKL) ve Alt Kontrol Limiti (AKL)’nin dışında olduğu görülmektedir. Standart sapma grafiğine bakılacak olursa yalnızca iki noktanın üst ve alt limit sınırında olduğu görülmekte ancak art arda dokuz noktanın OD çizgisi altında seyretmesi sonucu prosesin irdelenmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.



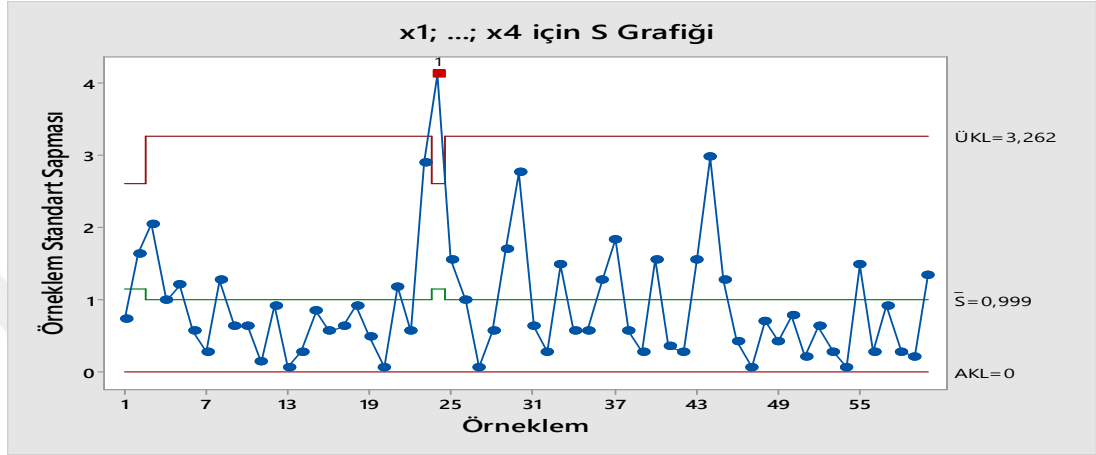
Şekil 15: 60 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının Xbar-S yöntemine göre kontrol grafiği.

Şekil 17 ‘de önceki grafiklere göre çok daha olumlu bir sonuç ile karşılaşılmış olup yalnızca 24 numaralı değerin ÜKL dışında olduğu görülmüştür. Geriye kalan değerlerin ÜKL ve AKL arasında bulunduğu için S grafiklerinin kullanılabilirliği ön plana çıkmaktadır.



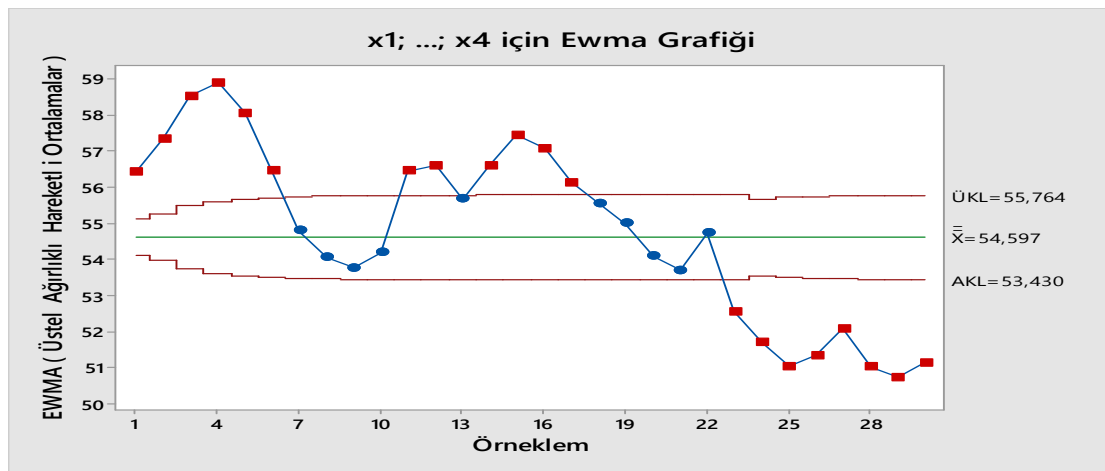
Şekil 16: 30 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının S Chart yöntemine göre kontrol grafiği.

Şekil 18’de yalnızca 24 numaralı noktada test hata vermiştir. Numune sayısı artırılarak tekrar 7 günlük basınç dayanımları S Chart yöntemine tabi tutulduğunda test tekrar 24 numaralı noktada hata vermiştir. Teste tabi tutulan diğer 59 nokta testin kontrol altında olduğunu göstermektedir. Tek bir noktada karşılaşılan hatanın operatörden veya çevresel şartlardan kaynaklı olduğu düşünülmektedir.



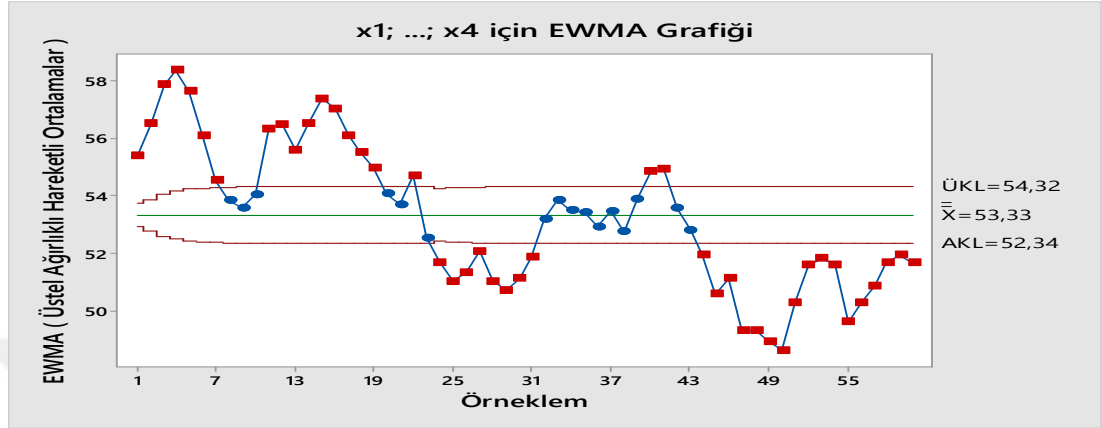
Şekil 18: 60 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının S Chart yöntemine göre kontrol grafiği.

Şekil 19 ‘da on iki adet değer $\bar{X}$ üstünde, sekiz adet verinin AKL altında olduğu görülmektedir. OD ‘nin $\bar{X}$ ve AKL ile arasında çok az fark olması küçük değişimlerin dahi fark edilmesi Ewma grafiklerinin S Grafiklerinden daha hassas olmasını ve daha küçük farkları tespit edebildiğini kanıtlar niteliktedir. İnşaat alanında kalite kontrol açısından bu derece küçük değişimler incelenmediğinden dolayı literatüre katkıda bulunulmuştur.



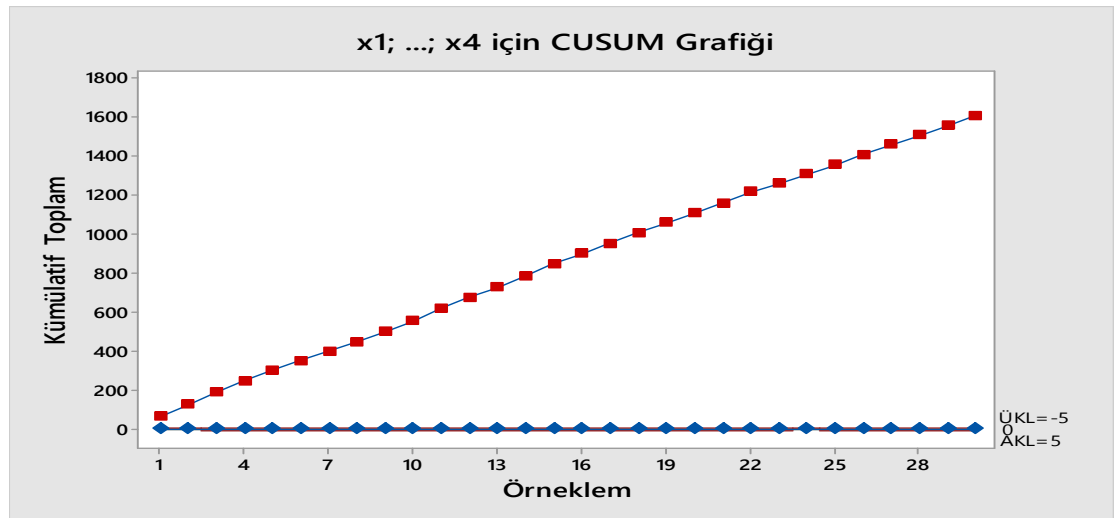
Şekil 17: 30 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının Ewma yöntemine göre kontrol grafiği.

Şekil 20 ‘de numune sayısı artırılıp Şekil 19’deki çalışma tekrarlanmış sonuç olarak verilmiştir. Burada ÜKL, OD ve AKL arasındaki makasın dar olduğu izlenmektedir. Bunun bir sonucu olarak da noktaların dışarda seyrettiği izlenmektedir. Buradan da Ewma yönteminin hassasiyet derecesinin farkı ortaya çıkmıştır.



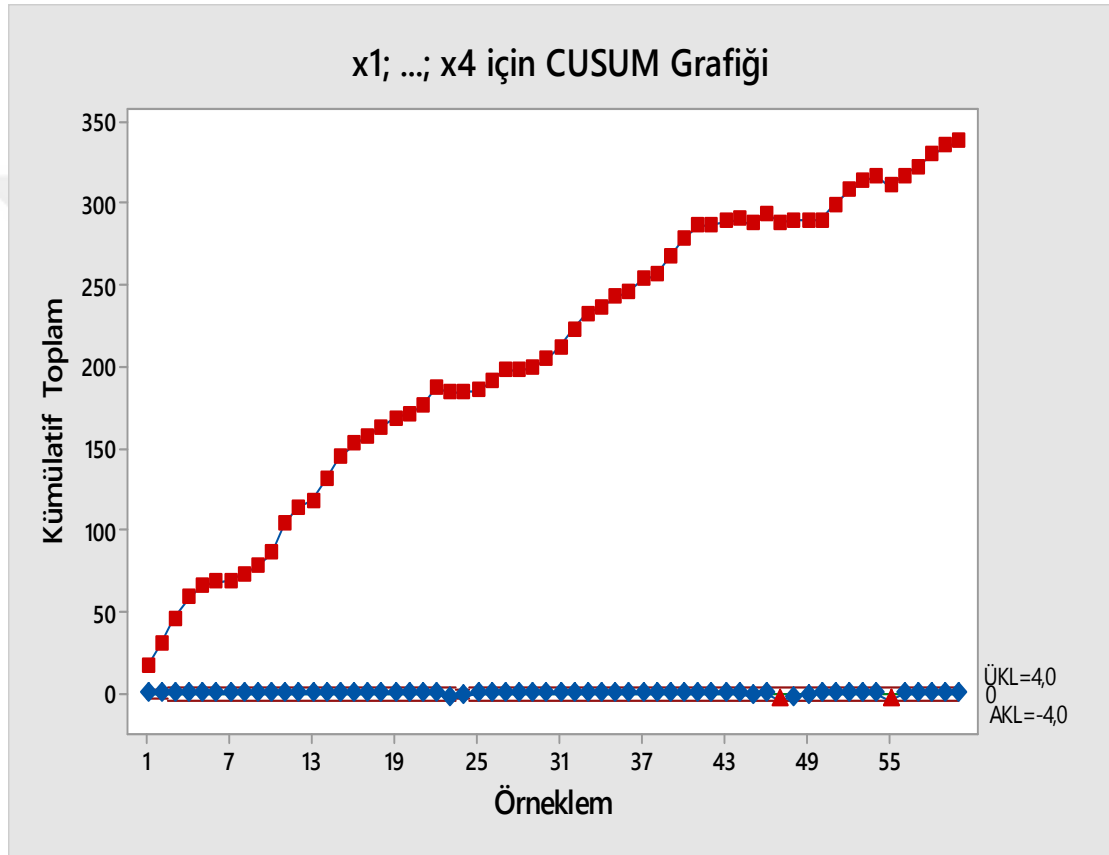
Şekil 18: 60 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının Ewma yöntemine göre kontrol grafiği

Şekil 21 ‘de görüldüğü üzere tüm noktalar kontrol dışındadır. Cusum eğrisi genellikle yatay çizgi ile tam üst üste çakışık ya da yatay çizginin yukarısında yer alır. Bunun tam tersi durum düşünüldüğünde yani performansın yetersiz olduğu anlarda ise Şekil 21’ de görüldüğü gibi ‘Cusum eğrisi’ yukarı doğrultuda bir eğimle hareket eder. Kümülatif toplam değerleri tamamen ÜKL (Üst Kontrol Noktası) ve AKL (Alt Kontrol Noktası) dışında kaldığı için süreç Cusum yöntemine göre kontrol dışında görülmektedir.



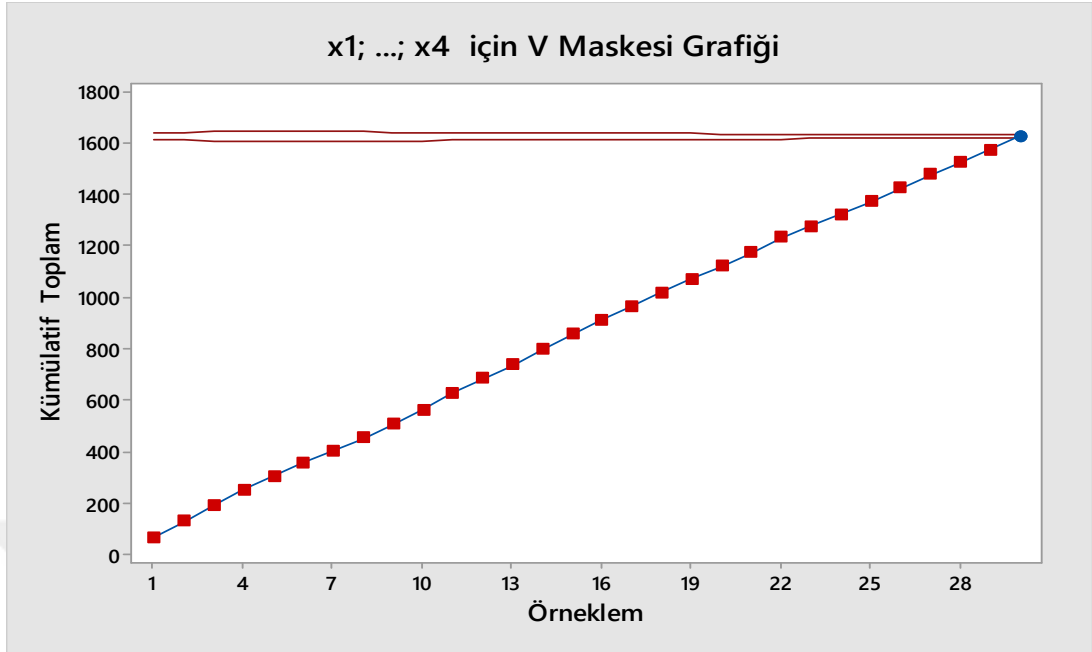
Şekil 19: 30 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının Cusum yöntemine göre kontrol grafiği.

Şekil 22 ‘de numune sayısının artırılması test de değişikliğe neden olmamıştır. Tekrar tüm noktalar ÜKL ve AKL dışında kalmıştır. Numune sayısının artırılmasına rağmen tekrar Şekil 21’ e benzer bir grafikte karşılaşılmaması süreçte genel olarak aksaklıkların devam ettiğini, karşılaşılan hataların bir sürelik olmadığını gösterir niteliktedir. Bununla birlikte beton üretimi gibi çok karmaşık bir prosesin analizinde Cusum grafiklerinin küçük değişimleri yakalamasından dolayı tercih edilmesinde hassasiyet gösterilmesi gerektiği düşünülmektedir.



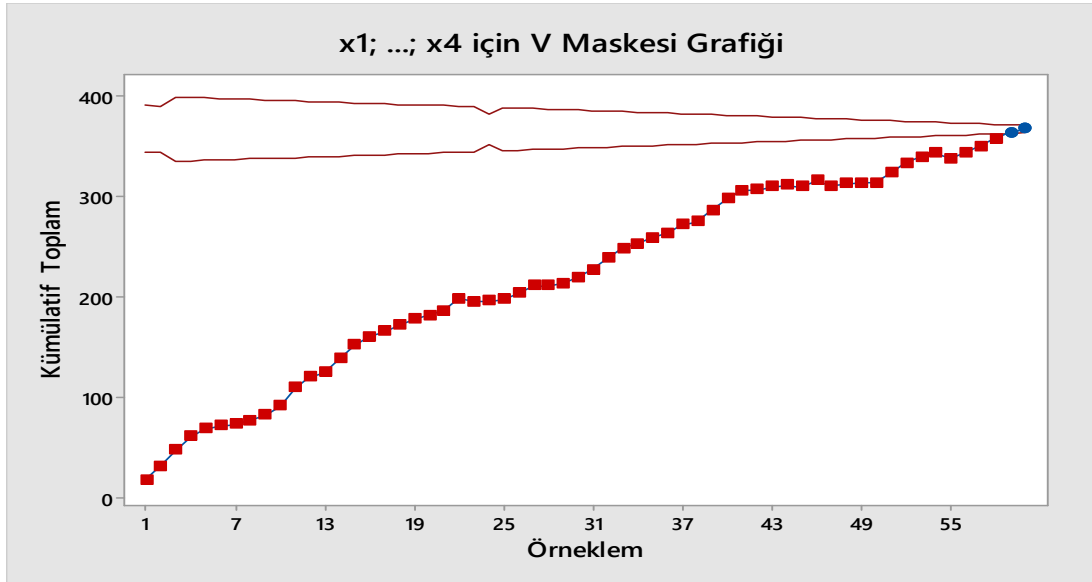
Şekil 20: 60 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının Cusum yöntemine göre kontrol grafiği.

Şekil 23 ‘de Cusum analizinin bir versiyonu olan V maskesinin kolları (0: Orta çizgi ile kol arasındaki açı) fazlasıyla daraldığından 30. değer hariç kümülatif toplam değerleri kolların dışında kalmıştır. Bu da yukarıda belirtildiği üzere söz konusu proses için çok hassas bir çalışma olarak ortaya çıkmaktadır.



Şekil 21: 30 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının V-Maskesi yöntemine göre kontrol grafiği

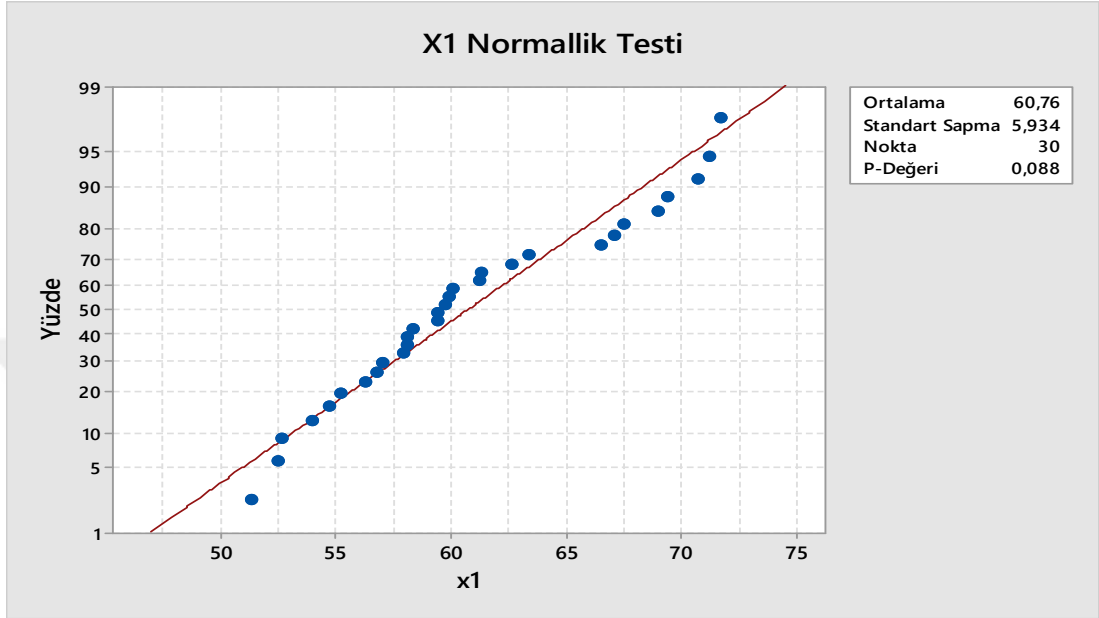
Şekil 24 'de numune sayısının artırılması ile birlikte V maskesinin kolları (θ : Orta çizgi ile kol arasındaki açı) biraz daha genişlemiştir ancak kümülatif toplam değerlerinin kollara uzak oluşu nedeniyle test iki nokta hariç hata vermiştir.



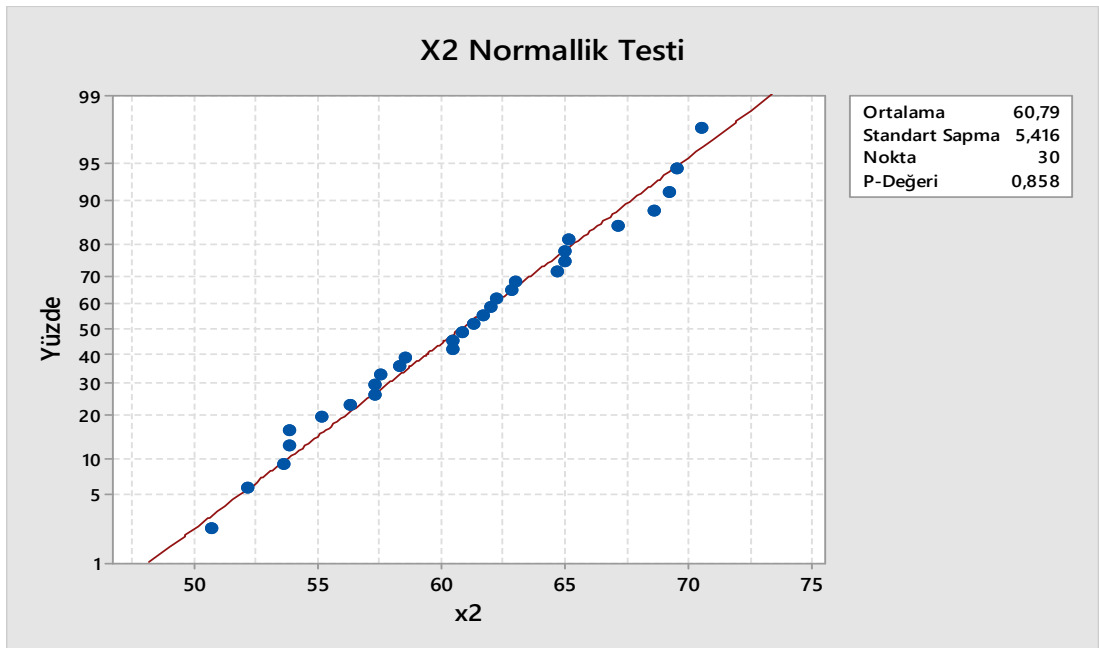
Şekil 22: 60 gün boyunca toplanan verilerin 7 günlük basınç dayanımlarının V-Maskesi yöntemine göre kontrol grafiği.

Basınç dayanımının 28 günlük değerleri için yapılan çalışmanın ilki yine Normallik testi ile başlamıştır. Şekil 25 ve 26'da veri dağılımlarının normal dağılıma

sahip olup olmadığı Minitab 18 programı yardımı ile yapılan Anderson–Darling normallik testi ile ortaya konulmuştur. P değeri 0,858 olduğu için ve $\alpha=0.05$ (%95güvenilirlik düzeyi) değerinden büyük olduğu için süreç normal dağılıma uygun kabul edilip sürece İPK analizlerine geçilmiştir.

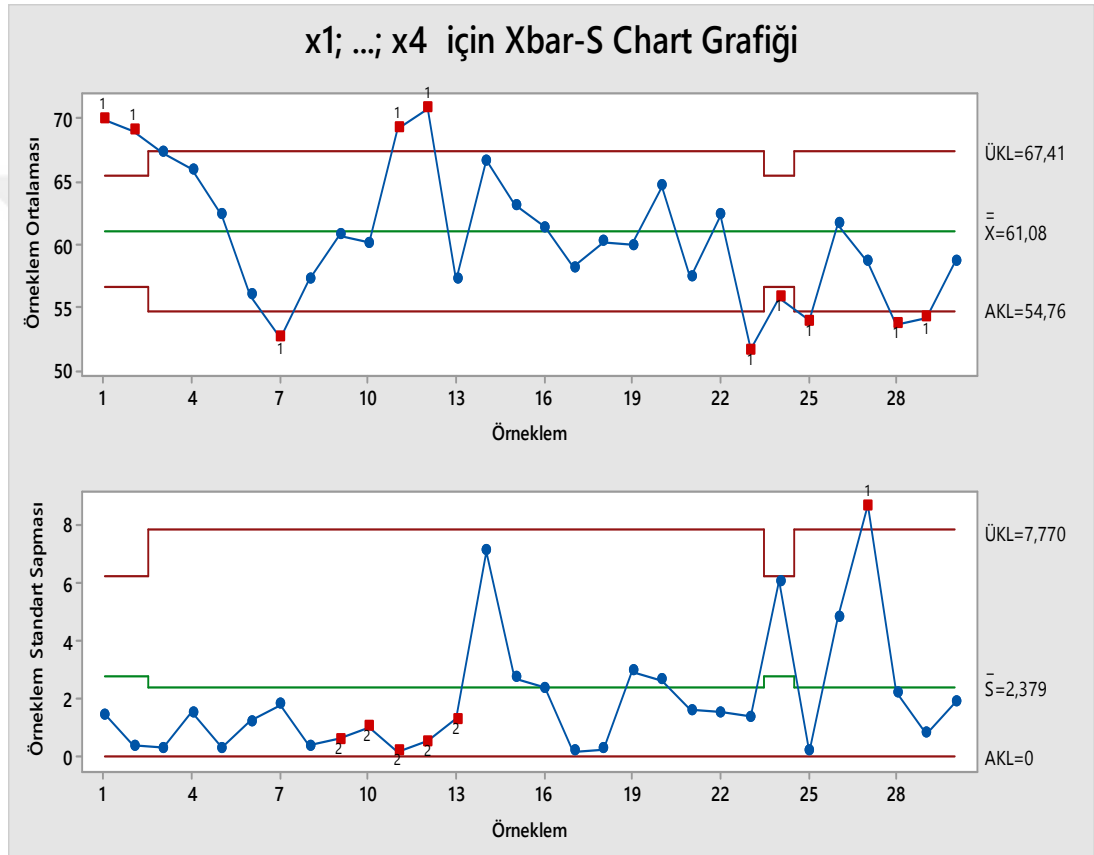


Şekil 23: 30 gün boyunca toplanan verilerin, 28 günlük basınç dayanımının x1 değerlerine göre normallik testi.



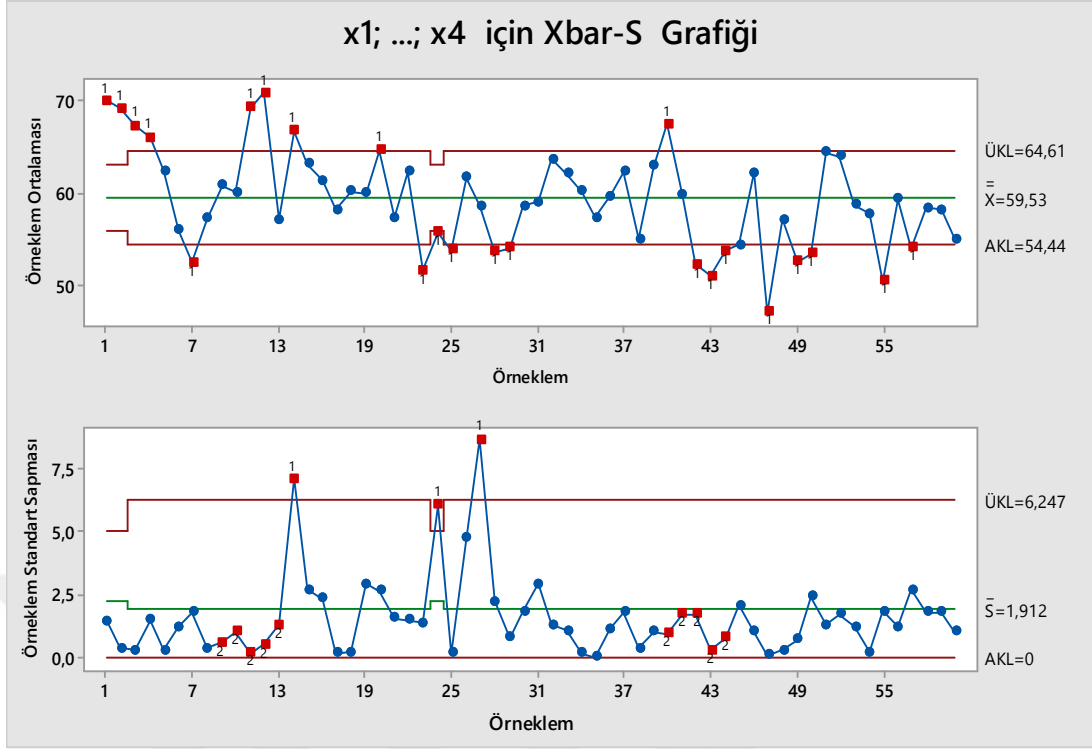
Şekil 24: 30 gün boyunca toplanan verilerin, 28 günlük basınç dayanımının x2 değerlerine göre normallik testi

Şekil 27 incelendiğinde Ortalama (X) grafiğinde on noktanın Üst Kontrol Limiti (ÜKL) ve Alt Kontrol Limiti (AKL)’nin dışında olduğu görülmeye rağmen ardışık altı noktada azalma görüldüğü için 7. noktada test hata vermiştir. Art arda dokuz noktada ise standart sapmanın altında kaldığı için 9, 10, 11, 12, 13 numaralı noktalarında kontrol dışında olduğu söylenebilir. Standart sapmanın grafiği incelendiğinde ise otuz numuneden yalnızca altı tanesi ÜKL ve AKL’nin dışında olduğu görülmektedir.



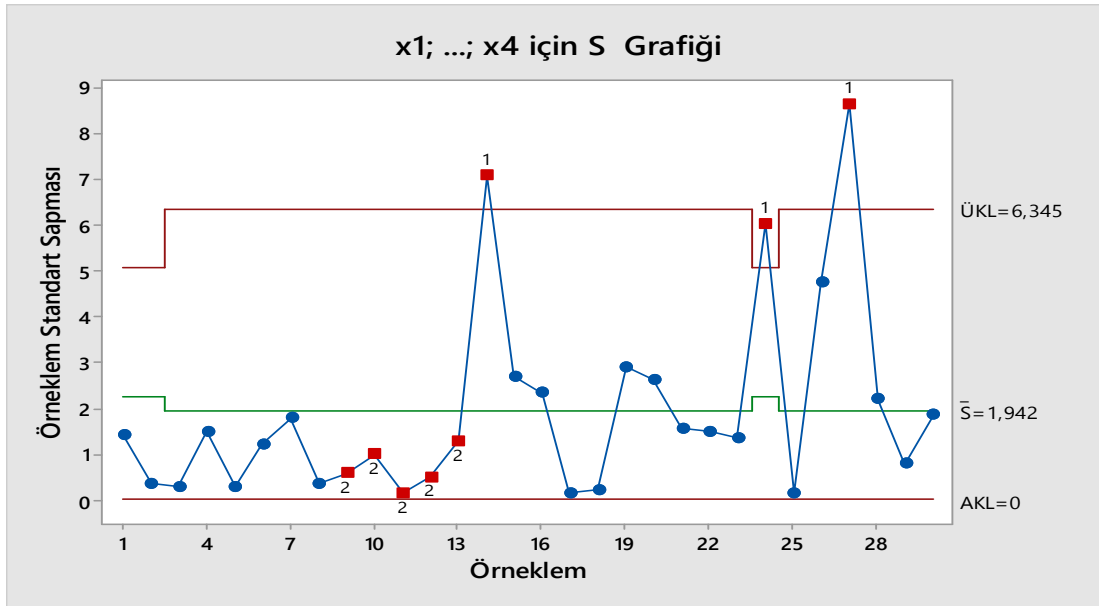
Şekil 25: 30 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının X bar- S yöntemine göre kontrol grafiği.

XBar-S yöntemine göre çizilen Şekil 28'deki grafik önceki XBar-S grafiklerine göre daha az noktanın kontrol dışında olduğunu görülmektedir. 28 günlük dayanım sonuçlarının Xbar-S yöntemi baz alındığında 7 günlük dayanım sonuçlarına göre daha isabetli sonuçlar vermesi, zamanla betonda ki dayanım sonuçlarının iyileşmesinin bir göstergesi olarak düşünülmektedir.



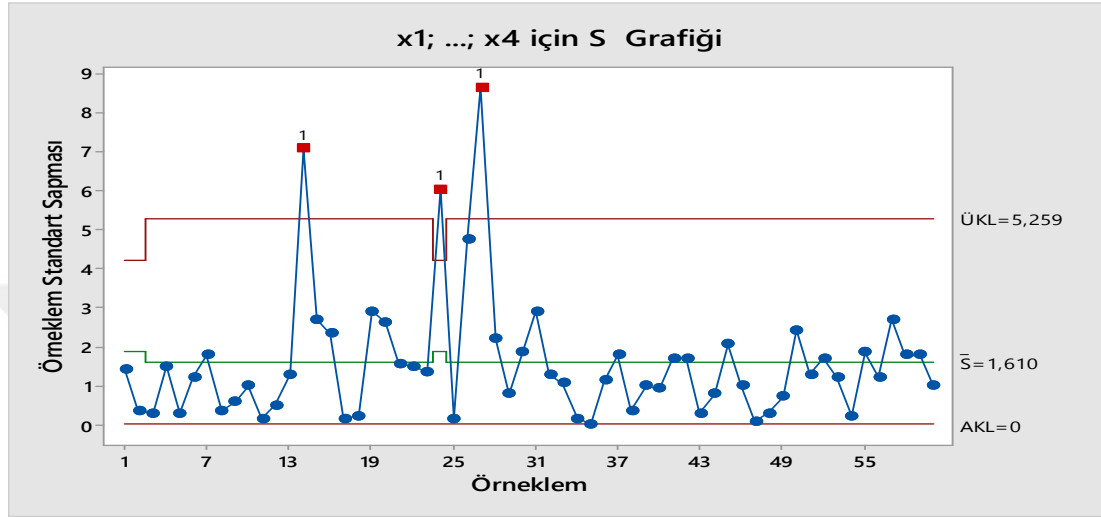
Şekil 26: 60 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımları

Şekil 29 irdelendiğinde hata veren noktaların 14; 24; 27 olduğu görülmektedir. Ardışık 9 noktanın aynı bölgede kalması sonucu 9; 10; 11; 12; 13 noktaları da hatalı kabul edilmiştir. Yapılan testlerde genel olarak S grafiklerinin Xbar S'e göre olumlu sonuçlar verdiği ve bu çalışmaya daha uygun olduğu gözlemlenmiştir.



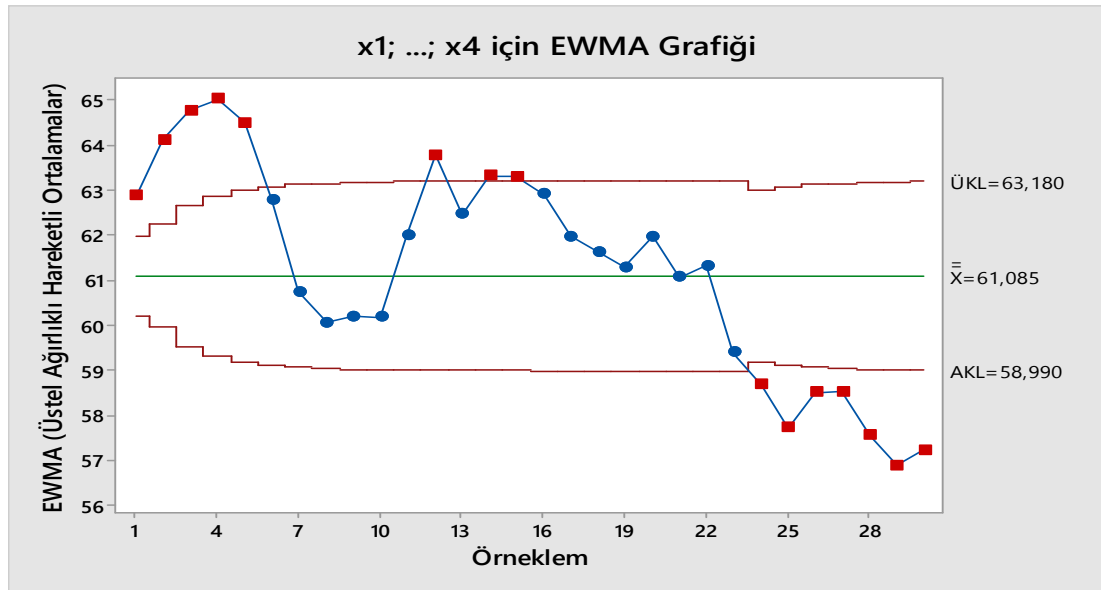
Şekil 27: 30 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının S Chart yöntemine göre kontrol grafiği.

Şekil 30’da hata veren noktalar yalnızca 14; 24; 27’dir. Şekildeki grafik daha az numune ile yapılan Şekil 29’daki grafiğe göre daha az noktada hata vermiştir. Buda numune sayısının artırılmasının olumlu sonuçlarını göz önüne sermektedir. Numune sayısının artırılması ile sürecin iyileşmesi numune alınan numunelerin doğru değerlendirilmesinin de önemini vurgular niteliktedir.



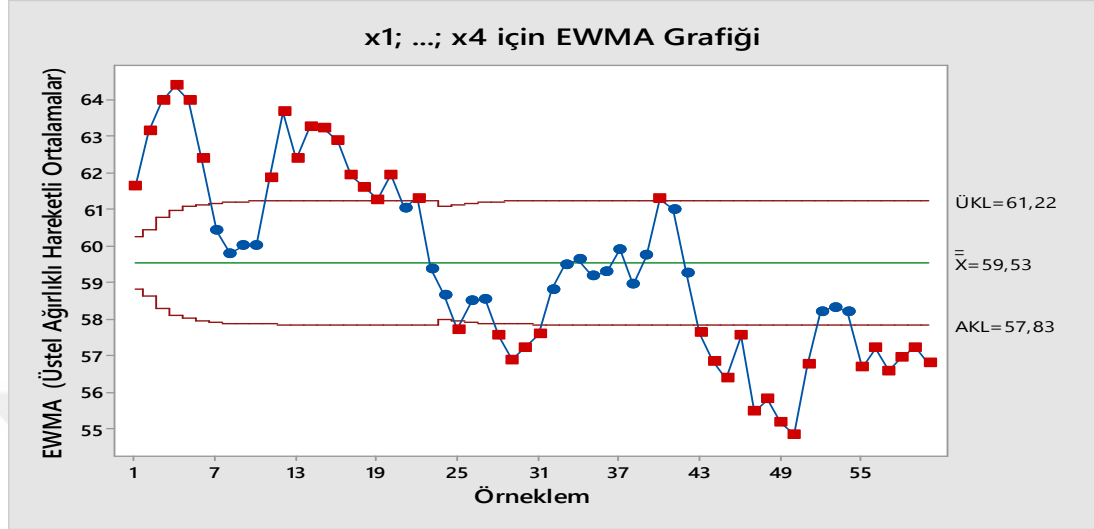
Şekil 28: 60 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının S yöntemine göre kontrol grafiği.

Şekil 31’deki 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 14, 15, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 noktalar AKL ve ÜKL dışında kalmıştır. Ancak dışarıda kalan numuneler alt ve üst limitlere yakın noktalardadır.



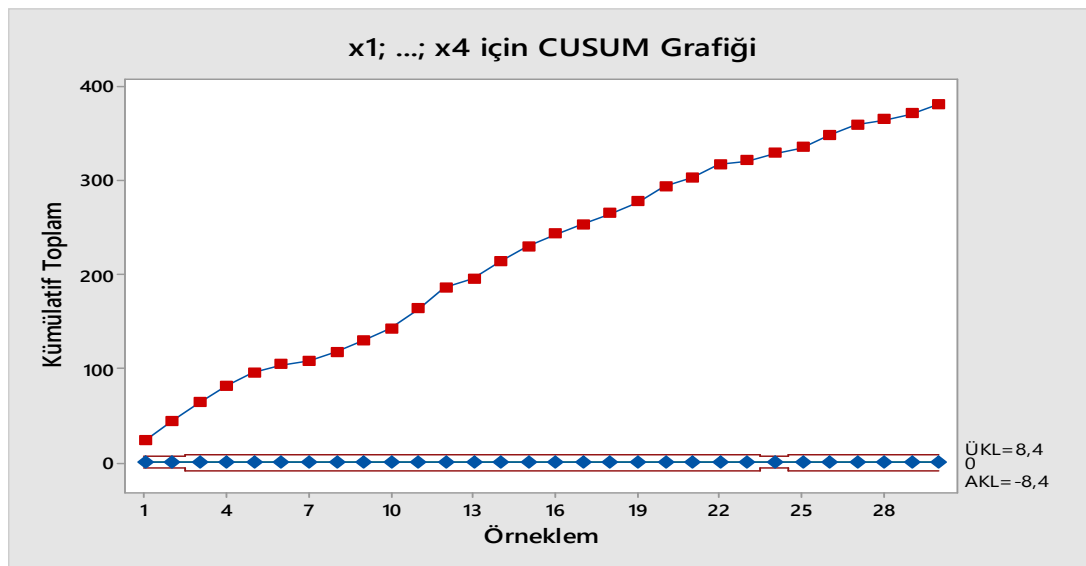
Şekil 29: 30 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının Ewma yöntemine göre kontrol grafiği.

Şekil 32’de 60 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının Ewma yöntemine göre kontrol grafiği görülmektedir. Burada Şekil 31’e kıyasla kontrol sürecin kontrol dışına doğru ilerlediğini gösterir niteliktedir.



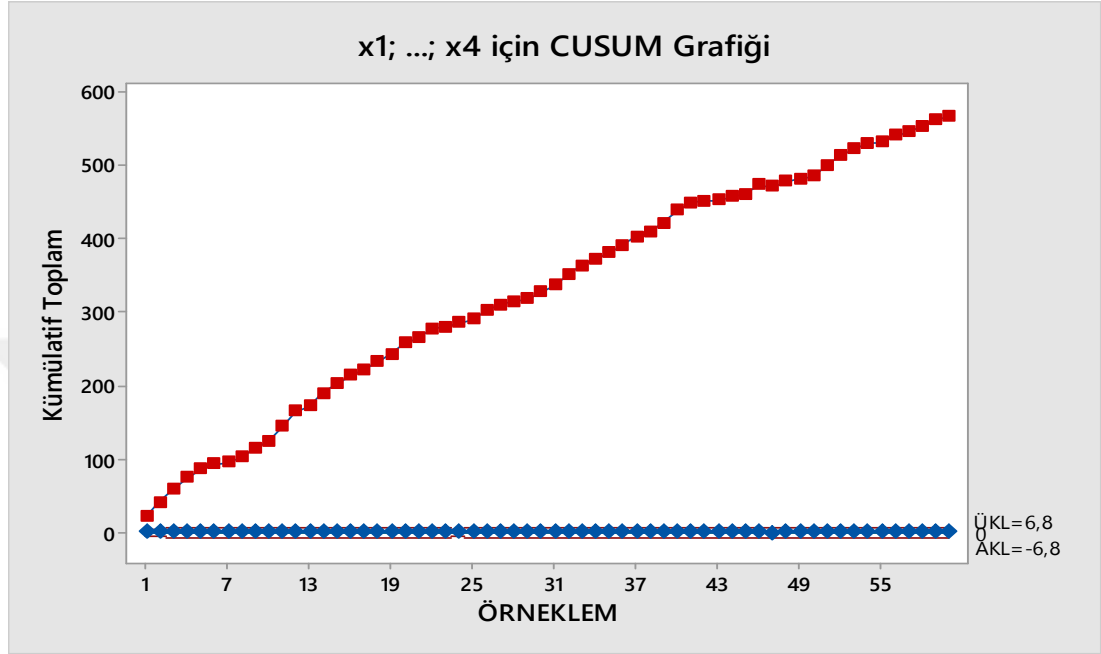
Şekil 30: 60 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının Ewma yöntemine göre kontrol grafiği.

Şekil 33’de numunelerin tamamı ÜKL (Üst Kontrol Noktası) ve AKL (Alt Kontrol Noktası) dışında kaldığı görülmektedir. Süreç Cusum yöntemine göre kontrol dışında görülmesine rağmen önceki grafiklerde görüldüğü üzere yalnızca Şekil 33 den yola çıkılarak tamamen kontrol dışındadır denilemez.



Şekil 31: 30 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının Cusum yöntemine göre kontrol grafiği.

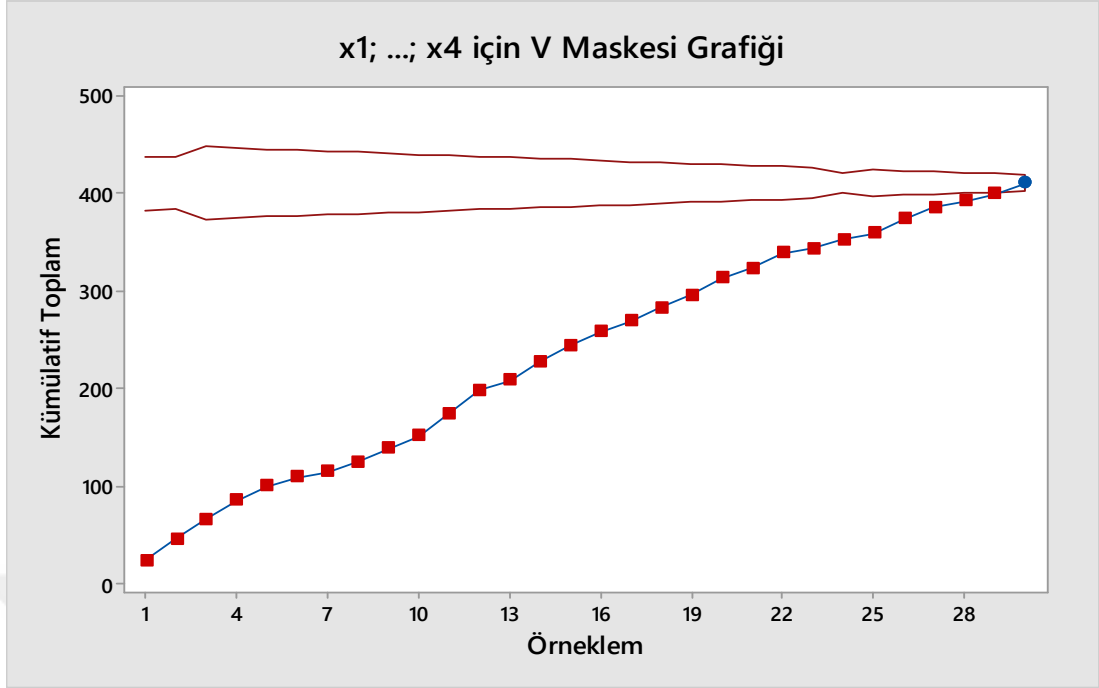
Şekil 21, 22, 33, 34 ‘e bakarak Şekil 34’ün Cusum yöntemlerinde neredeyse tüm numunelerde hata gözlemlenmiştir. Cusum yönteminin daha özgül olması, küçük değişimleri yakalaması gibi sebeplerden dolayı beton santrallerinde uygulanmasının zor olduğu özellikle bu süreç için uygun olmadığı gözlemlenmiştir.



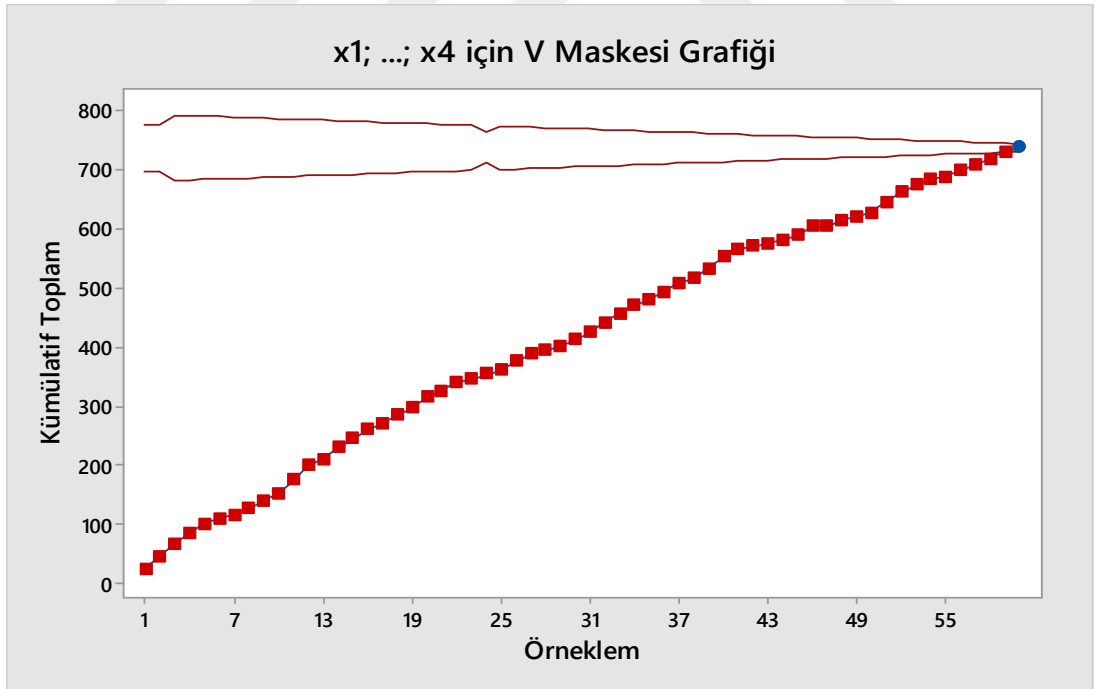
Şekil 32: 60 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının Cusum yöntemine göre kontrol grafiği.

Cusum grafiğindeki kümülatif toplam değerleri, V maskesinin kolları arasında kalıyorsa sürecin kontrol altında olduğu, eğer V maskesinin kollarının dışına kayan değerler varsa sürecin kontrol dışına çıktığı söylenebilir. Şekil 35’de görüldüğü üzere kümülatif toplam değerleri V maskesinin kolları dışında kaldığından V maskesi yöntemine göre sürecin kontrol dışında olduğu görülmektedir.

Şekil 36’da görüldüğü üzere kümülatif toplam değerleri V maskesinin kolları dışında kaldığından sürecin V maskesi yöntemine göre kontrol dışında olduğu görülmektedir. V maskesi, kontrol dışı noktaların tespit edilmesi amacıyla Cusum grafiklerine tamamlayıcı olarak kullanılan bir yöntem olduğundan Şekil 23, 24, 35, 36 ‘ya bakılarak V- mask yönteminin de Cusum grafikleri için beton kalite denetiminde çok uygun olamadığı, özellikle bu süreç için uygulanamayacağı tespit edilmiştir.



Şekil 33: 30 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının V Maskesi yöntemine göre kontrol grafiği.



Şekil 34: 60 gün boyunca toplanan verilerin 28 günlük basınç dayanımlarının V-Mask yöntemine göre kontrol grafiği.

BEŞİNCİ BÖLÜM

Sonuçlar ve Öneriler

Bu tez çalışması kapsamında öncelikle, hazır beton, hazır beton bileşenleri ve hazır beton santrallerinin yapısından bahsedildikten sonra hazır betonun özelliklerinden hazır betonun kalitesine geçiş yapılmıştır. Bu kapsamda kalite kontrolün ana unsurları olan kontrol grafiklerinden Shewart (Xbar-S), Ewma, Cusum istatistiksel proses kontrol (İPK) tekniklerinden detaylıca bahsedilmiştir. Daha sonra ise Meteryal ve Metod verilmiş ve Bulgular kısmında ise elde edilen grafikler ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Yapılan İPK çalışmalarında öncelikle beton santralinden elde edilen numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarına (MPa) Normallik (Normality) testi uygulanmış bunun sonrasında Shewart (Xbar-S), Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalamalar (Ewma), Kümülatif Toplam (Cusum) kontrol grafikleri çizilerek elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde Alt Kontrol Limitleri (AKL) ve Üst Kontrol Limitleri (ÜKL) dışında kalan noktaların dikkate değer olduğu gözlemlenmiştir. S grafiklerinde ise sonuçlar X Chart, Cusum, Ewma, V mask yöntemlerinden daha iyi sonuçlar vermiştir. Bununla birlikte genel olarak standart sapmaların kontrol sınırları içinde kaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca S Chart grafiklerinin büyük kapasitede üretim yapan işletmeler için daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Cusum kontrol grafikleri, küçük süreç kaymalarını belirlemek için birkaç örneklemedeki bilgiyi birleştirmeleri nedeniyle Shewhart grafiklerinden daha üstün olması beton santrali gibi sürecin zor olduğu sektörlerde kullanımının doğru olmadığı sonucunu getirmiştir. Ewma grafiklerinin küçük değişimlerin takibinde diğer kontrol grafiklerine (Cusum vb) oranla oluşturulması ve uygulanması daha kolay olduğu gözlenmiştir. Yapılan testlerde Ewma grafikleri özellikle Cusum ve V mask grafiklerinden daha olumlu sonuçlar vermiştir. Bu çalışmada için bir yorum yapmak gerekirse; genel olarak Ewma grafiklerinin Cusum ve Vmask grafiklerinden daha kullanışlı olduğu görülmüştür.

Bu kapsamda özellikle basınç dayanımında ani düşüşlerin, düzensizliğin görüldüğü günlerdeki üretimlerde kimyasal ya da mineral katkıların miktarları ve cinslerinin kontrol edilip bu katkıların yanlış kullanılmasının basınç değerlerini

etkileyip etkilemediğinin tespit edilmesi ve tesisteki numunelerin su/çimento oranı, kür havuzunun sıcaklığı, agrega granül metrisi, agrega kil içeriği, nem oranı, çimento hamurunun kuruma derecesi, boşluk oranı gibi etkenlerin devamlı kontrol edilmesi gerektiğini söylemek mümkündür. Belirlenen standart sapmalar ve hataların giderilmesi için çevresel faktörler dışında içsel faktörler olan; operatör, mikser şoförü, numune alan personelin çökme değerlerini doğru tespiti, genel olarak üretimde emeği olan tüm personelin iş alanı ile ilgili eğitimlerinin tamamlanması gibi insanla alakalı faktörlerin gözden geçirilmesi önerilmektedir. Kalite kontrol aşamasında, hatalı numunelerdeki hata sebeplerinin Balık Kılçığı Diyagramı kullanılarak tespiti ve Minitab programının üretim tesislerinde kullanımı kalite grafikleri ve durumların yorumlanması açısından kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Akakın, T., Kılıncı, C., Işık, A., & Zengin, H. (2013). Hazır Beton Sektörü ve Beton Kullanımındaki Gelişmeler. *Hazır Beton Dergisi*, 116, 66-72.
- Akboğa, Ö. (2011). *Hazır Beton Sektörünün İş Güvenliği Açısından Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden Edinilmiştir.(Tez No:285062)
- Akın, B. (1996). *İşletmelerde istatistik proses kontrol, İPK Teknikleri*. İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi.
- Aktan, C. C. (2000). *Yönetimde Rönesans ve Kalite Devrimi*. Ankara: Topyöv Yayınları.
- Anonim. (2019). *Japan Housing Finance Agency*. 03 29, 2022 tarihinde Japan Housing Finance Agency: <https://www.jhf.go.jp/english/index.html> adresinden alındı
- Ayalp, G. (2013). *Türk İnşaat Sektöründe Grup Davranışı ve Grup Yönetimi*. (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden Edinilmiştir.(307736)
- Bekar, G. (2009). *Hazır Beton Santrali Otomasyonu*.(Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden Edinilmiştir.(245594)
- Berenson, M., Levine, D. M., & Krehbiel, T. C. (1992). *Basic business statistics: concepts and applications* (5th Edition b.). Prentice Hall Inc.
- Besceli, İ. (2006). *Süreçlerle yönetim ve bir uygulama* (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden Edinilmiştir. (189962)
- Bozkurt, İ. (2019). *Hazır Beton Sektöründe İki Firmanın Risk Değerlendirmesinin İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden Edinilmiştir. (600933)
- Cavill, I., & Ricketts, C. (1974). Automated quality control for the haematology laboratory. *Journal of Clinical Pathology*, 757-759.
- Champ, C. W., & Jones, L. A. (2004). Designing phase I- X charts with small sample sizes. *Quality and Reliability Engineering International*, 497-510.
- Chandra, M. J. (2001). *Statistical quality control*. CRC Press.
- Coşkun, İ., Saygın, A., & Dursun, M. (2008). Matris Konverter Uygulaması. *Politeknik Dergisi*, 11(3), 193-198.
- Çakıroğlu, F. (2019). *Günümüz az katlı konut yapılarında ahşap konstrüksiyonlu yapı sistemlerinin yönetmelikler açısından karşılaştırılması Türkiye-Japonya örneği* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden Edinilmiştir. (605173)
- Çay, S. (2006). *Kalite Geliştirme Tekniklerinin Talaşlı İmalatta Uygulanabilirliği*. (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden Edinilmiştir. (185201)
- Çelik, T., & Eren, Ö. (1993). Değişik Ülkelerdeki Hazır Beton Kalite Kontrol Sistemleri. 3. *Ulusal Beton Kongresi* (s. 13-26). İMO Yayını, İstanbul.

- Çolak, T. (2007). *İstatistiksel Süreç Kontrolü ve Uygulamalar* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden Edinilmiştir. (212609)
- Dan, T. (1999). *Statistical Quality Control - A Loss Minimization Approach, Series On Applied Mathematics* (10 b.). Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- David, H. (2013). The Global Cement Report 10th Edition. *International Cement Review*, (s. 8).
- Demir, İ. (2016). *Siirt Yöresinde Farklı Santrallerde Üretilen Betonların Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden Edinilmiştir. (432840)
- Demirdöğen, M., & Çetinyokuş, S. (2021). Deprem Bölgesinde Bulunan Bir Hazır Beton Santralinde Risk Değerlendirmesi. *İSG Akademik*, 3(1), 79-98.
- Demiryürek, E. (2007). *Türkiye'de Hazır Beton Sektörü ve Sektördeki Büyüme* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden Edinilmiştir. (223273)
- Denneman, E., Kearsley, E. P., & Visser, A. T. (2011). Splitting tensile test for fibre reinforced concrete. *Materials and structures*, 44(8), 1441-1449.
- Deşik, F. (2019). *Betonun Basınç Dayanımı - Numune Biçim, Boyut İlişkisi ve Ağırlıklı Olgunluk Yöntemiyle Tahmini*. (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.(544154)
- Dibi, E. (2010). *Finansal Tabloların Bağımsız Denetiminde Kalite Kontrol Sistemi Ve Türk Denetim Firmalarındaki Uygulamalar* (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.(273808)
- DIN. (2022, 03 07). *Alman Standartları Enstitüsü*. DIN Standards Committee Building and Civil Engineering: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/nabau/publications/wdc-beuth:din21:109266613> adresinden edinilmiştir.
- Doğan, A., Batur, S., Özer, A. E., Dingil, S., & Geçmez, Z. (2011). Boyabat barajı ve hes projesi kütle betonu karışım bileşenleri ve tasarımı. *Hazır Beton Kongresi Bildirileri*, (s. 417). İstanbul.
- Durğun, B. (2019). *Hazır Beton Üretim Tesislerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Model Önerisi*. (Yüksek Lisans Tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir (600499).
- Durman, B. M., & Pakdil, F. (2005). İstatistiki proses kontrol uygulamaları için bir sistem tasarımı. *VII Ekonometri Kongresi*. İstanbul.
- Düzci, E. (2017). *Hazır Beton Santrallerinde ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sistemleri ve Uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (483496)
- EBS. (2022, 03 21). *Elkon Beton Santralleri*. Elkon Beton Santralleri: <https://www.elkon.net> adresinden edinildi.
- Ege, Ö. (2000). EWMA kontrol kartının Shewhart ve CUSUM kontrol kartları ile karşılaştırılması: Simulasyon denemesi. *DEÜ, İİBF Dergisi*, 15(1), 125-132.

- Erdoğan, T. Y. (2003). *Beton*. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yayını
- Ergün, A. (1998). Bantlı Konveyörler Hesap ve Konstrüksiyon Esasları. *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayın*, s. 17-18.
- Ertuğrul, İ., & Özçil, A. (2015). Kalite Kontrol Grafiklerinden “Shewart, Cusum ve Ewma” nın Bir Üretim İşletmesinde Uygulanması. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 17(28), 14-26.
- Ewan, W. D. (1963). When and how to use CUSUM charts. *Technometrics*, 12.
- Gitlow, H. S., Oppenheim, A., & Oppenheim, R. (1995). *Quality Management: Tools and methods for improvement*. USA: Irwin inc.
- GM. (2022, 03 21). *GENERAL MAKİNA*. GENERAL MAKİNA: <https://www.general-makina.com.tr> adresinden alındı
- Gönen, B. C. (2012). *Hazır Beton Üretiminde Kaliteyi Etkileyen Parametrelerin Spss Yöntemiyle İncelenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi.) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi’nden edinilmiştir.(332268)
- Gunning, J. G. (1983). *Concrete Technology*. Londra : Logman Group Limited.
- Gültekin, Ö. (2020). *Hazır Beton Üretim Santrallerinin Üretim Sürecindeki İş Güvenliği Önlemlerinin İncelenmesi ve Sistemik Bir Model Oluşturulması*, (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi’nden edinilmiştir (624065)
- Gümüsoğlu, Ş. (2000). *İstatistiksel Kalite Kontrolü ve TKY araçları*. İstanbul: Beta Yayınevi.
- Güner, A. (2018). *Hazır Beton Santrallerinde Oluşan Çamur ve Atıksuyun Tekrar Kullanımı*, (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi’nden edinilmiştir.(521464)
- Halis, M. (2008). *Toplam Kalite Yönetimi & ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemleri*. İstanbul.
- Healy, J. D. (1987). A Note on multivariate CUSUM procedures. *Technometrics*, 29(4), 409-412.
- Heizer, J., & Render, B. (2001). *Operations Management*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Holt, E., & Leivo, M. (2004). Cracking risks associated with early age shrinkage. *Cement and Concrete Composites*, 26(5), 521-530.
- Hüner, İ. (2006). *Çimento silosunun statik ve dinamik analizleri*. (Yüksek Lisans Tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi’nden edinilmiştir (182834).
- İlhan, M. (2018). *Kuruma Büzülme Engelleyici Katkı ve Lif Kullanımının Çimentolu Sistemlerin Taze Hal, Mekanik ve Bazı Durabilite Özelliklerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi’nden edinilmiştir.(496286)
- Işığışok, E. (2012). *Toplam Kalite Yönetimi bakış açısıyla İstatistiksel Kalite Kontrol*. Bursa: Ezgi Kitap Evi.

- Kadioğlu, T. (2006). Rötire Azaltıcı Katkı Maddeleri. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.(222653)
- Kahraman, C., & Kaya, İ. (2009). Fuzzy process capability indices for quality control of irrigation water. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 23(4), 451-42.
- Kandil, U. (2014). *Uçucu Kül Ve Silis Dumanı İçeren Betonların Geçirimsizlik Özelliklerinin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir (374799)
- Kane, V. E. (1980). Process capability indices. *Journal of Quality Technology*, 18(1), 41-52.
- Karakule, F. (2003). Türkiye Beton Birliği ve Hazır Beton Sektörü. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 2003(4), 99-101.
- Karakule, F., & Akakın, T. (2005). Hazır Beton Sektörünün Gelişimi. *Deprem Sempozyumu*, (s. 845-856).
- Karakule, F., Akakın, T., & Uçar, S. (2004). Türkiye'de ve Dünyada Hazır Beton Sektörü. *Proceedings of concrete congress*, (s. 1-14).
- Kartal, M. (1999). *İstatistiksel Kalite Kontrolü*. Sivas: Şafay Yayınevi.
- Kasap, E. (2006). *Shewhart, Cusum ve Ewma Kalite Denetimi Grafiklerinin Bir Üretim Sürecinde Kullanılması*, (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.(185587)
- Kotz, S., & Johnson, N. (2002). Process capability indices-a review 1992-2000. *Journal of Quality Technology*, 34, 2-19.
- Kurt, R. (2018). *İstatistiksel Süreç Kontrolünde Shewhart, Cusum ve Ewma Kontrol Kartları İle Yapay Sinir Ağlarının Bütünleşik Kullanımı: Bir Orman Endüstri İşletmesinde Uygulama*, (Doktora Tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.(487889)
- Laptalı, O. E., & Güner, E. (2003). Kalite Maliyetleri Hazır Beton-Çimento Sektöründe Bir Uygulama. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 47-49.
- Magnusson, I. (1979). Quality Checking of Factory Made Concrete Products in Sweden. 2, 265-272.
- Mallat, A., & Alliche, A. (2011). Mechanical investigation of two fiber-reinforced repair mortars and the repaired system. *Construction and building materials*, 25(4), 1587-1595.
- MEB. (2020). Hazır Beton Üretimi Eğitim. *İnşaat Teknolojisi*. içinde
- Mimarlar Odası Ankara. (2022, 01 14). *Basın Birimi Açıklamaları*. 04 02, 2022 tarihinde marlar Odası Ankara Şubesi - Yapı Denetim Kanunu, güvenli yapı üretimi ve denetimi için acilen ıslah edilmelidir: <http://www.mimarlarodasiankara.org/index.php?Did=12003> adresinden alındı
- Montgomery, D. (2012). *Introduction to statistical quality control* (7 b.). Hoboken, NJ, John Wiley & Sons.

- Montgomery, D. C. (1992). The use of statistical process control and design of experiments in product and process improvement. *IIE transactions*, 24(5), 4-17.
- Montgomery, D. C. (2005). *Introduction to Statistical Quality Control* (Fifth Edition b.). United States of America: John Wiley And Sons Inc.
- Montgomery, D. C., & Johnson, L. A. (1976). *Forecasting and time series analysis*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Ncube, M. M., & Woodall, W. H. (1984). A combined Shewhart-Cumulative score quality control chart. *Applied Statistics*, 33(3), 259-265.
- Neville, A. M. (1990). Properties Concrete. *Logman Scientific & Technical*, 3.
- Oktay, E. (1994). *Shewhart, Cusum ve Ewma Kontrol Grafiklerinin Erzurum Şeker fabrikasına uygulaması üzerine bir deneme*. (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir(310077)
- Oktay, E. (1998). *Kalite kontrol grafikleri*. Erzurum: Şafak Yayınevi.
- Oktay, E., & Özçomak, M. S. (2001). CUSUM kontrol grafikleri ve bir uygulama. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 5((1-2)), 361-387.
- Onaran, K. (2006). *Malzeme Bilimi* (10. Baskı b.). Bilim Teknik Yayınevi.
- Oral Laptalı, E., & Güner, E. (2003). Kalite Maliyetleri - Hazır Beton / Çimento Sektöründe Bir Uygulama. *TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri*(428).
- Özalp, F., Şengül, Ö., & Taşdemir, M. A. (2015). Kür Koşulları ve Tecrit Malzemesinin Betonun Geçirimlilik ve Mekanik Özelliklerine Etkisi. *Hazır Beton*, 69-74.
- Öz-Alp, Ş. (198). Standart, Standartkalıştırma ve Türkiye'deki Durum. *Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Dergisi*, 4(1), 79-91.
- Özçil, A. (2014). *Shewhart, CUSUM ve EWMA Kontrol Grafiklerinin Bir Üretim İşletmesinde Uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.(364681)
- Özkan Karakaya, E. (2016). *Hazır Beton Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Risklerinin Değerlendirilmesi*.(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi). Ankara: T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.
- Özkul, H., Taşdemir, M. A., Tokyay, M., & Uyan, M. (2004). *Meslek Liseleri İçin Her Yönü İle Beton*. İstanbul: Türkiye Hazır Beton Birliği Yayını.
- Özkul, M. H., Uçar, S., Şaşmaz, Ç., & Yanpınar, H. (2011). Türkiye'de Hazır Betonda Kalite Denetimleri. *Türkiye Hazır Beton Birliği-Hazır Beton Dergisi*, 77-84.
- Özsöylev, T. (1992). *Hazır Beton ve Ekipmanları*. İstanbul: Hazır Beton Üreticileri Derneği.
- Öztok, E. (2008). *Hazır Beton Tesisinde En Uygun Nitelik Denetim Düzeyinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (233271)

- Perincek, S. D., Duran, D., & Kirtay, E. (2008). Dünyada Kalite Kontrol ve Toplam Kalite Kontrol Uygulamaları (Bölüm I). *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 18(2), 83-88.
- Sabuncuoğlu, Z., Tokol, T., & Sabuncuoğlu, Z. (1995). *İşletme II: Fonksiyonel analiz*. Rota Ofset.
- Şimşek, O., & Yardımcı, A. (2021). Hazır Betonda Santral Çıkışı ile Şantiye Teslimindeki Beton. *Politeknik*, 24(3), 973-981.
- Tekin, M. (1999). *Toplam Kalite Yönetimi*. Konya: Kuzucular Ofset.
- THBB, T. (2022, 02 16). *Türkiye Hazır Beton Birliği Dünyada Sektör*. Türkiye Hazır Beton Birliği: <https://www.thbb.org/sektor/dunyada-sektor/> adresinden alındı
- Topçu, I. B., & Canbaz, M. (2007). Effect of different fibers on the mechanical properties of concrete containing fly ash. *Construction and Building Materials*, 21(7), 1486-1491.
- TS 12165. (1997). *İnşaat Makinaları – Beton Santrali*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 3068. (2000, 02). *TÜRK STANDARDI*. 03 07, 2022 tarihinde iibh: http://www.iibh.org/kijun/pdf/Turkey_06.pdf adresinden alındı
- TSE. (1985). TS 802 Beton Karışımı Hesap Esasları. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- TSE. (1997). *TS-EN – ISO 9000 Kalite Kitapçığı*. Ankara.
- URL-1. (2022). *BetonSA*. 03 20, 2022 tarihinde BetonSA Hazır Beton: <http://www.betonsa.com.tr/bilgibankasi/hazir-beton/> adresinden alındı
- URL-2. (2021). *Atık Betonların Geri Kazanılması*. 02 10, 2022 tarihinde Çevre Taş: <http://www.cevretas.com/index.php?page=urundetay&uid=2> adresinden alındı
- Van Oss, H., & Padovani, A. C. (2003). Cement manufacture and the environment part II: environmental challenges and opportunities. *Journal of Industrial ecology*, 7(1), 93-126.
- Verbeck, G. J. (1968). Field and laboratory studies of the sulfate resistance of concrete. In Performance of concrete resistance of concrete to sulfate and other environmental conditions. *Thorvaldson symposium*, 113-124.
- Walpole, R. E., & Myers, R. H. (1989). *Probability and statistics for engineers and scientists* (4th Edition b.). Macmillan Publishing Company.
- Yanaşık, M. (2015). *Çok Taraflı İnşaat Projelerinde Kalite Yönetim Sistemi Kurulumu Önerisi*, (Doktora Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.(389357)
- Yardımcı, A. (2005). *Santral Çıkışı ile Şantiye Şartlarında C 20/25 ve C 25/30 Hazır Beton Mukavemetinin Karşılaştırılması*, (Yüksek Lisans Tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (196604).
- Yavuz, S. (2010). Kalite kontrolünde istatistiksel tekniklerin yeri ve önemi. *Verimlilik Dergisi*, 1, 23-43.

- Yazıcıoğlu, O. K. (2019). *İnşaat Sektöründe Proje Kalite Kontrol ve Kalite Güvence Yönetimi ve Bir Uygulama Örneği*, (Yüksek Lisans Tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (550020)
- Yıldırım, H. (2007). Betonda akışkanlaştırıcı katkı kullanımında istenen şartlar. *Yapı Kimyasalları Dergisi*, 1, 60-64.
- Yılmaz, H. (2012). *Çok Değişkenli İstatistiksel Süreç Kontrolü: Bir Hastane Uygulaması*, (Yüksek Lisans Tezi) Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (323750)
- Zeyveli, M., & Selalmaz, E. (2008). İstatistiksel proses kontrol tekniklerinin zincir imalatı yapan bir işletmede uygulanması. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 3-45.
- Westgard , J. O. & Barry, P. L& Hunt, R. (1981) *CLIN. CHEM.* 27/3, 493- 501 A *Multi-Rule Shewhart Chart for Quality Control in Clinical Chemistry*

ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin ÖZTÜRK Yılında doğdu yılında Refika AKSOY İlk Okulundan, ... yılında Ümitköy Anadolu Lisesinden mezun oldu. yılında Karadeniz Teknik Üniversitesini kazandıktan sonra Trabzon'a yerleşmiştir. yılından itibaren Ankara ve Trabzon'da kamu projelerinde şantiye şefi olarak görev almıştır. yılından bu yana Mühendislik ve Mimarlık üzerine uygulama ve danışmanlık hizmeti vermektedir. yılında başladığı lisans üstü öğrenimine Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda devam etmektedir.