

---

SERİ

**B**

CİLT

**57**

SAYI

**2**

**2007**

---

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

# ORMAN FAKÜLTESİ

## DERGİSİ



F.1

# MDF Üretiminde Kalite Kontrol Diyagramları Yardımıyla Süreç Kontrolü

Tarık Gedik<sup>1\*</sup>, Kadri Cemil Akyüz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği  
Bölümü 61080 Trabzon

\*Tel: 04623774093, Faks: 04623257499, e-posta: [gedikibu@ktu.edu.tr](mailto:gedikibu@ktu.edu.tr)

## Kısa Özet

Rekabetin kızışıyor ve pazarların daralıyor olduğu bir ortamda müşteri ihtiyaçlarını gereği gibi karşılayabilmek, üretim teknolojilerinin ve ürünlerin sürekli kontrolü ile mümkündür. Bu süreçte Kalite ve Kalite kontrol uygulamaları, işletmeleri bir adım öne çıkarabilecektir. Orman ürünleri sanayi alanında levha ürün grubu içerisinde önemli bir ağırlığa sahip olan MDF üretimi çalışma amacıyla incelenmiştir. Bu alanda iki önemli üretici firmanın eğilme, yüzeye dik çekme direnci, yoğunluk, 24 saat suda bekleme sonucu kalınlığına şişme oranı değerleri örneksel bazda incelenmiş ve kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Yapılan değerlendirme sonucunda Fabrika 2'nin verilerinin Fabrika 1'den daha iyi yani üretim süreçlerin kontrol altında olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** MDF, süreç kontrol, kontrol diyagramı

## Process Control with the Assistance of Quality Control Diagrams in MDF Production

### Abstract

Satisfying client demands as needed is possible by controlling continuously production technologies and products in an environment, where competition increases and markets become difficult. In this process, quality and quality controls applications could discover the enterprises. MDF production, possessing an important portion in panel product group

**in forest products industry was examined. As a result of study, data of plant 2 were better than Plant 1, namely it was determined that the processes were kept in control.**

**Key words:** MDF, process control, control figure

## 1. Giriş

Küresel rekabet şartları ile mücadele edebilmede önem düzeyini arttıran üretim teknolojisi, kaliteye ve kalite iyileştirme süreçlerine çok daha fazla önem veren bir yapılanmaya bürünmüştür. İşletmeler artık, belirli bir kalite seviyesinde üretim yapmak ve bu kalite seviyesini sürekli olarak iyileştirmek zorunda olduklarını kavramışlardır. Tarihsel süreç içerisinde önceleri sadece üretim yapma düşüncesinde olan işletmeler artık bu üretimlerini kişilerin algılayacak olduğu ve gereksinim duyduğu kalite seviyesine göre düzenlemek zorundadırlar.

Bir ürün ya da hizmet hakkında müşteri ya da kullanıcıların yargısı olup, beklentiler ve gereksinimlerin karşılanmasına olan inançların ölçüsü (Bozkurt, 1995) olarak tanımlanan kalite kavramına karşın onun tamamlayıcısı niteliğinde olan kontrol, bir karşılaştırma olarak kabul edilir ve mevcut olan durumun planlanan ya da olması gereken durumla karşılaştırılması suretiyle farkın tespit edilmesi ve bu farkın ortadan kaldırılması olarak tanımlanır (Süzek, 2000).

Kalite kontrol ise süreç içerisinde kalite etkinliğini azaltacak program ya da tedbirleri alarak kaliteye hâkim olma anlamında kullanılabilir (Bircan ve Özcan, 2003).

Bir prosesi sürekli denetleme ve prostedeki değişkenliği kontrol altına almada kullanılan bir kalite kontrol metodu olan istatistiksel kalite kontrol ise, müşteri şartlarının yerine getirilip getirilmediğine ve sürecin kendi ürettiği değişkenlik sınırları içinde olup olmadığına karar vermede bir araç olarak kullanılmaktadır. İstatistiksel kalite kontrol sürecin kontrol altında olup olmadığını tespit eder, ancak sürecin kontrol dışı olmasına ait nedenleri ortaya koyamaz. Bu noktada İstatistiksel kalite kontrol, bir uyarı sistemi olarak çalışmaktadır. Sürecin gerek "merkezi konumu" gerekse "yayılımı" açısından kontrol altında olup olmaması farklı parametreler açısından ifade edilebilir (Kolarik, 1995):

İstatistiksel teknikler, süreçlerde gözlenen değişkenlikleri belirlemeye çalışır. İstatistik, imalat sisteminde görülen bir aksaklık veya kontrolsüzlük sonucunda mamul özelliklerinde standartlardan sapmaları ortaya çıkaracaktır. Bunun için çeşitli sorular sorulur (Kartal, 1999) Bu sorular ve cevaplar yardımıyla kalite iyileştirme çalışmalarında kullanılan istatistiksel teknikler etkin olarak kullanılabilirler.

İstatistiksel tekniklerin kaliteyi iyileştirdiği, geliştirdiği, verimliliği arttırdığı ve maliyetleri düşürdüğü bilinmektedir. İstatistiksel teknikler; karmaşık süreçleri analiz ederek, bunlar arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini ortaya çıkarmakta ve kalite iyileştirme

faaliyetlerini kolaylaştırmaktadır. Nitekim istatistiksel tekniklerin; otomotiv, elektronik, tekstil, sağlık ve gıda gibi çeşitli endüstri dallarında kullanıldığı bilinmektedir (Rungtusanatham, 2000).

Kalite ve süreç iyileştirme çalışmalarında birçok yöntem geliştirilmiştir. Kalite ve süreç iyileştirme çalışmalarında yönetime yardımcı olacak yöntemlerden birisi Deming çevrimidir. İlk olarak W.A.Shewhart tarafından ortaya atılan ve Shewhart olarak bilinen bu teknik, 1950 yılında Japonlar tarafından Deming çevrimi olarak yeniden isimlendirilmiştir. Deming çevrimi: "Planla-Yap-Doğrula-Karar ver", süreçlerinden oluşmaktadır (Bozkurt, 1998).

İstatistiksel yöntemler arasında kullanım alanının genişliği ve sonuç verimliliği açısından en çok tercih edilen bir diğer teknik ise "Ishikawa'nın Yedi Temel Aracı" dır. "Ishikawa'nın Yedi Temel Aracı"; çetele tablosu, sınıflandırma, histogram, pareto analizi, balık-kılçık diyagramları, serpilme ve kontrol çizelgeleri, şeklinde sıralanmaktadır (Kaya ve Ağa, 2004).

Yapılan tüm analizlerde işlemin geçerliliği seçilecek olan örnek büyüklüğü ve bunun doğru olarak belirlenmesinden geçmektedir. Örnek büyüklüğü en uygun bir şekilde tespit edilemezse örnekleme hatası ortaya çıkmaktadır. Örnek genişliği büyüdükçe örnekleme riski azalmakta ancak maliyetler artmaktadır Bu nedenle en az riskle ve en az maliyetle örnek genişliği seçilmeli ve örnekleme riski matematiksel olarak tahmin edilmeye çalışılmalıdır (Olgun, 1994). Bu amaçla geliştirilmiş formüller yardımıyla örnekleme hatasının tahminiyle ilgili olarak alt ve üst kontrol sınırları hesaplanabilir (Gedik, 2005).

Üretimden belirli ve eşit zaman aralıklarında alınan örneklerden elde edilen ölçüm değerlerinin zaman içerisindeki değişimleri kontrol grafikleri yardımıyla gösterilir. Bir kontrol grafiği esas olarak üç çizgi ihtiva eder. Bunlar; merkez çizgisi, üst kontrol limiti ve alt kontrol limitidir. Kalite özelliğinin ortalama değeri merkez çizgisi ile temsil edilir. Merkez çizgisi aynı zamanda hedeflenen değer olarak da ifade edilir. Kontrol limitleri ise öyle belirlenir ki, eğer üretim kontrol altında ise, örnek noktalarının hemen hemen hepsi bu çizgiler arasında düşecektir. Kontrol limitleri ve merkez çizgisi zaman eksenine paralel doğrularla gösterilirler (Kartal, 1999).

Kontrol grafiklerinin oluşturulması ve prosesin ne düzeyde kontrol altında bulunduğu incelenmesine yönelik literatürde farklı istatistiksel yöntemler yardımıyla birçok çalışma yapılmış ve gerek kontrol kartlarının optimal tasarımı (Jaraiedi, and Zhuang, 1991) ve gerekse kontrol limitlerinin eldesine çalışılmıştır (Hamurkanoğlu, ve Çalışkan, 2006). Yıldırım ve Kartal (2002) tarafından yapılan çalışmada otokorelasyonlu verilerin kontrol şemalarına uygulandığında ortaya çıkan sorunlar açıklanmaya çalışılmıştır. Durman ve Pakdil (2005) tarafından yapılan çalışmada bulaşık makinesi üreten bir firmanın, iç gövde üretim hattında üretimin spesifikasyon ve kontrol limitleri içinde olup olmadığını izlemek amacıyla tasarlanan sistemin kuruluşu incelenmiştir. Arıcıgil Çılan (2005) tarafından yapılan çalışmada; elde edilen kalite kontrol diyagramlarının istatistik proses kontrolünde en sık kullanılan araçlardan biri olduğu vurgulanmaktadır. Kaya ve Ağa (2004) tarafından yapılan çalışmada prosesin

kontrol altında olup/olmadığının belirlenmesinde tek başına X kontrol diyagramlarının yeterli olmadığı, X-R diyagramlarının beraber oluşturulması ve eş zamanlı değerlendirilmesinin daha sağlıklı sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Firuzan ve Ayvaz (2005) tarafından yapılan çalışmada örnekleme sırasında yapılan hatalar ve kaynakların boşa harcanmasını önlemek amacıyla paket program kullanılmıştır. Rahim (1989) tarafından yapılan çalışmada, X -R kontrol kartlarının kullanımında tasarım parametrelerinin ekonomik tasarımını ele almıştır. Yapılan çalışmada tespit edilebilir hata nedeni sayısını bir ile sınırlandıran süreç modelini varsaymıştır.

Kontrol kartlarında kontrol dışı durum olup olmadığını tespit etmek için 4 kriter kontrol edilmektedir. Sorulardan herhangi birine evet cevabı alınıyorsa kontrol dışı durum var demektir. Bu kriterler şu şekilde sıralanmaktadır:

- Kontrol limitleri dışına düşen nokta var mı?
- Merkez çizginin alt ya da üst yanında toplanmış ardı ardına 9 nokta var mı?
- Sürekli artarak ya da azalarak birbirini izleyen 6 nokta var mı?
- Bir artış bir düşüş göstererek birbirini izleyen 14 nokta var mı? (Kolarik, 1995 ve Montgomery 2001)

Kontrol grafiğinde işlenen noktalar, kontrol sınırları arasında kalacak şekilde uzayıp gidiyorsa prosesin kontrol altında olduğu farz edilir ve herhangi bir müdahaleye ihtiyaç duyulmaz. Ölçüm değerlerini temsil eden bu noktalar arasında genellikle bir değişim gözlenir. Bu değişim sistematik bir eğilim göstermedikçe ve kontrol sınırlarını taşmadıkça sistematik bir hatanın varlığına işaret etmez. İncelenen kalite özelliğinin doğal değişkenliği ve küçük örnekler almadan kaynaklanan değişimler normal karşılanır. Ancak, kontrol grafiğine işaretlenen noktaların tamamı kontrol sınırları içinde kalsa bile, eğer bu noktalar sistematik bir eğilim gösteriyorlarsa prosesin kontrol dışına çıkmış olabileceğinden şüphelenilebilir (Olgun, 1994).

Bu çalışmada orman ürünleri sanayinde ve bağlantılı birçok sektörde önemli bir kullanım düzeyine ve dış ticarete orman ürünleri alanında etkili bir ağırlığa sahip olan MDF' nin ( Medium Densitiy Fiberboard, Orta Yoğunlukta Liflevha) üretim sürecinde kalite kontrol diyagramları yardımıyla kontrol grafiklerinin oluşturulması amaçlanmış ve bu alanda faaliyet gösteren iki önemli üretici işletme çalışma amacıyla seçilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2. 1. Materyal

Çalışma, Türkiye'de sektöründe söz sahibi iki işletmede üretilen MDF ürünlerinin son muayene sonucunda eğilme direnci, yüzeye dik çekme direnci, yoğunluk, 24 saat suda bekleme sonucu kalınlığına şişme oranı değerleri dikkate alınarak kontrol grafikleri hazırlanmıştır.

Çalışmada kullanılan müesseselerden birinde sürekli pres kullanılırken, diğerinde 8 katlı pres kullanılmaktadır. Her iki işletme de günde üç vardiya çalışmaktadır. Her iki işleme içinde bir vardiyada üretilen MDF plakası sayısı ortalama olarak 1200 adettir.

Her iki işletme için de; MDF üretim hattında her gündüz vardiyasında, üretim esnasında rasgele zamanlarda olmak üzere 50cmX210cm boyutunda MDF levhası alınmaktadır. Bu MDF levhası yapılacak olan fiziksel ve mekanik testler için standartlarda belirtilen uygun boyutlarda kesilmiştir. Yoğunluk için MDF levhası 10cmX10cm kare kesitli deney örneklerine ayrılmaktadır. Bu ayırım esnasında yapılan kesişte karşılıklı kenarlar paralel, komşu kenarlar dik ve kenarlar düzgün olacak şekilde bir kesiş yapılmaktadır. Deneyden önce deney numuneleri kondisyonlanmaktadır. Yoğunluk için 10cmX10cm'lik deney numunesinin ağırlığı 0,1 g hassasiyetle ölçülmekte ve hacimde 0,1 cm<sup>3</sup> hassasiyetle ölçülerek, yoğunluk = ağırlık/hacim eşitliği yardımı ile tespit edilmektedir.

## 2. 2. Yöntem

Çalışmada kullanılan örneklere ait fiziksel ve mekanik testler için numune almada TS 64 standardına uyulmaktadır. Eğilme direncinin ölçülmesi için deney örneği; genişliği ortalama 75 mm, uzunluğu ise en az kalınlığının 25 katı + 50 mm olacak şekilde alınmaktadır. Universal test cihazı yardımıyla eğilme değerleri tespit edilmektedir.

Çekme direnci 18mmx50mmx50mm boyutlarında deney örneklerinin levha yüzeylerine dik olarak yapılmaktadır. Bu örnekler tutkal yardımı ile ortalama 25 mm kalınlığındaki deney örneği ile aynı alana sahip yardımcı masif ağaç malzemeye tutturulmakta ve bu masif ağaçlar yardımıyla universal test cihazı ile ölçümler yapılmaktadır.

MDF üretiminde fiziksel ve mekanik testler için TS 64-5'de yer alan eğilme direnci, levha yüzeyine dik çekme direnci, 24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme oranı için standart değerleri ve testler için uygulanan standart deney metodları Tablo 1'de gösterilmiştir (TSE 64-5).

Tablo 1. Kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhaların özellikleri

Özellik	Deney metodu	Birimi	Kalınlık (mm)								
			1,8-2,5	2,5-4	4 - 6	6 - 9	9 - 12	12-19	19-30	30-45	45<
Kalınlığına şişme 24h	EN 317	%	45	35	30	17	15	12	10	8	6
Yüze dik çekme dayanımı	EN 319	N/mm <sup>2</sup>	0,65	0,65	0,65	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50
Eğilme Dayanımı	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	23	23	23	23	22	20	18	17	15
Eğilme Elastikiyet Modülü	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	-	-	2700	2700	2500	2200	2100	1900	1700

Fiziksel ve mekaniksel testler yardımı ile 2 MDF fabrikasında üretilen MDF'lerin eğilme direnci, yüze dik çekme direnci, yoğunluk ve 24 saat suda bekleme sonucu kalınlığına şişme oranı değerlerine ait kontrol grafikleri hazırlanmıştır. Bu grafikler hazırlanırken kullanılan bu değerler TS 64 standardında belirtildiği gibi olması istenmektedir. Bu nedenle her iki müessesede de TS 64'e uygun olarak üretimin yapılması için gerekli şartlar sağlanmakta ve ürünlerde bu standarda uygun olarak üretilmektedir. Bu standart değerleri baz alınarak elde edilen ölçüm değerleri SPSS paket programında iki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi olan independent-t testi yardımıyla karşılaştırılmıştır. Kontrol grafikleri değerleri hesaplanmış ve excel programı ile grafiklerin oluşturulması yapılmıştır. Bu formüllere ait katsayı değerleri için kontrol diyagramı katsayıları tablosundan yararlanılabilir.

### 3. Bulgular

Yapılan ölçümler sonucunda laboratuvar sonuçlarından elde edilen kümülatif toplam, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. İki fabrika için MDF'nin bazı fiziksel özellik değerleri

İstatistik Değer	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )		Eğilme (N/mm <sup>2</sup> )(Mpa)		Çekme (N/mm <sup>2</sup> )		Kalınlığına Şişme (%)	
	1. Fabrika	2. Fabrika	1. Fabrika	2. Fabrika	1. Fabrika	2. Fabrika	1. Fabrika	2. Fabrika
Σ Toplam	72395	74147,13	2923,30	33986,89	64,28	643,14	852,78	831,54
Ortalama	723,95	741,4713	29,23	339,8689	0,64	6,4314	8,53	8,3154
Standart Sapma	27,93	10,067	3,57	35,720	0,10	0,512	3,55	1,802

Tablo 2'deki verilerden yararlanarak her iki fabrika içinde 18mmX210cmX280cm ölçülerindeki MDF'lere ait yoğunluk, eğilme direnci, çekme direnci ile 24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme değerlerine ait kontrol grafikleri hazırlanmıştır. Elde edilen ölçüm değerleri kullanılarak gerekli hesaplamalarla kontrol grafikleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Bu hesaplama ile elde edilen Üst Kontrol Limiti (ÜKL), Alt Kontrol Limiti (AKL) ve Merkez Çizgisi (MÇ) değerlerine göre üretim esnasında meydana gelebilecek limit dışına çıkma olaylarında derhal üretime müdahale edilmelidir. Eğer üretim bu sınırlar arasında kalıyorsa üretim düzgün olarak yapılmaktadır denilebilmektedir. Üretimin bu belirlenen sınırlar içinde kalması demek bozuk parça oranının, kusurlu parça oranının, iskartanın, standart dışı ürünün ve benzerlerinin en az seviyede gerçekleştiğini göstermektedir.

Burada bulduğumuz kontrol sınırları aslında istatistikî güven sınırlarıdır. Evrenin parametreleri belli olmadığından geçmiş verilerden yararlanarak "k" sayıdaki ardışık ölçümde elde edilen "p" değerlerinin aritmetik ortalaması olan " $\bar{p}$ " değeri yardımıyla MÇ, ÜKL ve AKL'ni her bir fiziksel değer için ayrı ayrı şu şekilde belirlenmiştir.

$$\text{ÜKL}_{\text{yoğunluk}} = \bar{x} + 3\sigma_x = 723,95 + 3 \times (27,93) = 807,74$$

$$\text{MÇ}_{\text{yoğunluk}} = \bar{p} = \frac{\sum p}{k} = \frac{72395,0}{100} = 723,95 \quad \text{ve standart sapması} = 27,93$$

$$\text{AKL}_{\text{yoğunluk}} = \bar{x} - 3\sigma_x = 723,95 - 3 \times (27,93) = 640,16$$



$$\text{ÜKL}_{\text{eğilme1}} = \bar{x}' + 3\sigma'_x = 29,23 + 3 \times (3,57) = 39,94$$

$$\text{MÇ}_{\text{eğilme1}} = \bar{p} = \frac{\sum \bar{p}}{k} = \frac{2923,30}{100} = 29,23 \text{ ve standart sapması} = 3,57$$

$$\text{AKL}_{\text{eğilme1}} = \bar{x}' - 3\sigma'_x = 29,23 - 3 \times (3,57) = 18,52$$

$$\text{ÜKL}_{\text{çekme1}} = \bar{x}' + 3\sigma'_x = 0,64 + 3 \times (0,10) = 0,94$$

$$\text{MÇ}_{\text{çekme1}} = \bar{p} = \frac{\sum \bar{p}}{k} = \frac{64,28}{100} = 0,64 \text{ ve standart sapması} = 0,10$$

$$\text{AKL}_{\text{çekme1}} = \bar{x}' - 3\sigma'_x = 0,64 - 3 \times (0,10) = 0,34$$

$$\text{ÜKL}_{\text{şişme1}} = \bar{x}' + 3\sigma'_x = 8,53 + 3 \times (3,55) = 19,18$$

$$\text{MÇ}_{\text{şişme1}} = \bar{p} = \frac{\sum \bar{p}}{k} = \frac{852,78}{100} = 8,53 \text{ ve standart sapması} = 3,55$$

$$\text{AKL}_{\text{şişme1}} = \bar{x}' - 3\sigma'_x = 8,53 - 3 \times (3,55) = -2,12 \text{ negatif olduğundan "0" alınmalıdır.}$$

Fabrika 2 için yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen kontrol grafikleri değerleri ise;

$$\text{ÜKL}_{\text{yoğunluk2}} = \bar{x}' + 3\sigma'_x = 741,47 + 3 \times (10,06) = 771,65$$

$$\text{MÇ}_{\text{yoğunluk2}} = \bar{p} = \frac{\sum \bar{p}}{k} = \frac{74147,13}{100} = 741,47 \text{ ve stan. sapması} = 10,06$$

$$AKL_{yoğunluk2} = \bar{x}' - 3\sigma'_x = 741,47 - 3 \times (10,06) = 711,29$$

$$ÜKL_{eğilme2} = \bar{x}' + 3\sigma'_x = 339,86 + 3 \times (35,72) = 447,02$$

$$MC_{eğilme2} = \bar{p} = \frac{\sum \bar{p}}{k} = \frac{33986,89}{100} = 339,86 \text{ ve standart sapması} = 35,720$$

$$AKL_{eğilme} = \bar{x}' - 3\sigma'_x = 339,86 - 3 \times (35,72) = 237,70$$

$$ÜKL_{çekme2} = \bar{x}' + 3\sigma'_x = 6,43 + 3 \times (0,51) = 7,96$$

$$MC_{çekme2} = \bar{p} = \frac{\sum \bar{p}}{k} = \frac{643,14}{100} = 6,43 \text{ ve standart sapması} = 0,512$$

$$AKL_{çekme2} = \bar{x}' - 3\sigma'_x = 6,43 - 3 \times (0,51) = 4,90$$

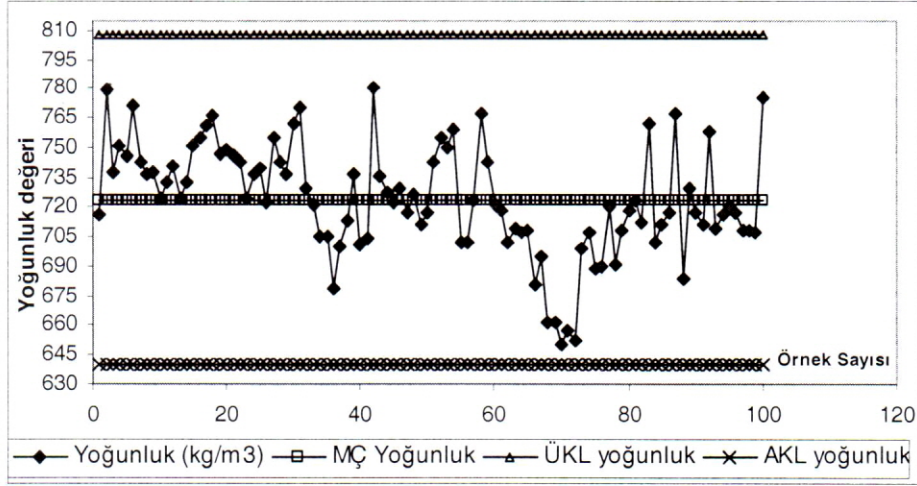
$$ÜKL_{şişme2} = \bar{x}' + 3\sigma'_x = 8,31 + 3 \times (1,80) = 13,71$$

$$MC_{şişme2} = \bar{p} = \frac{\sum \bar{p}}{k} = \frac{831,54}{100} = 8,31 \text{ ve standart sapması} = 1,80$$

$$AKL_{şişme2} = \bar{x}' - 3\sigma'_x = 8,31 - 3 \times (1,80) = 2,91$$

Excel yardımıyla yapılan hesaplamalar sonucunda kontrol grafikleri aşağıdaki gibi çizilmiştir.

—Yoğunluk Değerleri (Fabrika 1)

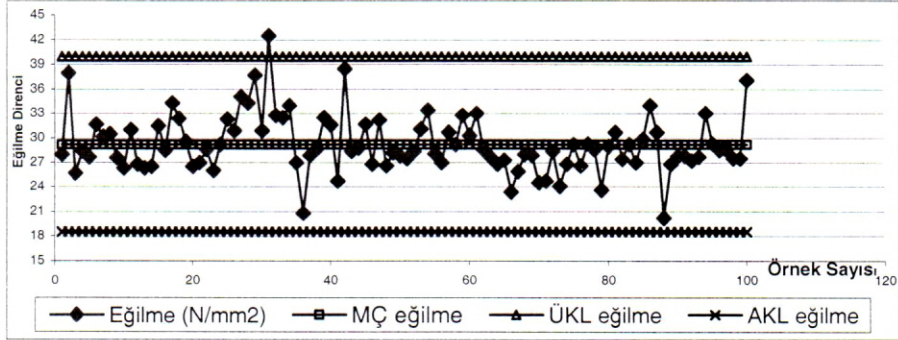


Şekil 1. Yoğunluk değerlerine göre hazırlanmış X kontrol grafiği

Şekil 1'deki değişimlerin sistematik bir değişim olmadığı görülmektedir. Buda üretimde sistematik bir hatanın olmadığını göstermektedir. Yine grafikte kontrol sınırları içinde kalan tüm noktaların varlığı sistematik bir eğilim olmadığını, bazılarının merkez çizgisi üstünde bazılarının ise merkez çizgisinin altında olması da sistematik bir eğilimin olmadığını göstermektedir. Sonuç olarak prosesin kontrol dışına çıkmadığı söylenebilir.

Şekil 1'de 60-80. örnekler arasında merkez çizgisinden AKL'ne doğru bir kaymanın olduğu görülse de normalden fazla sapmanın oluşmadığı ve prosese müdahale ile sorunsuz üretimin devam ettiği söylenebilir.

—Eğilme Direnci Değerleri (Fabrika 1)

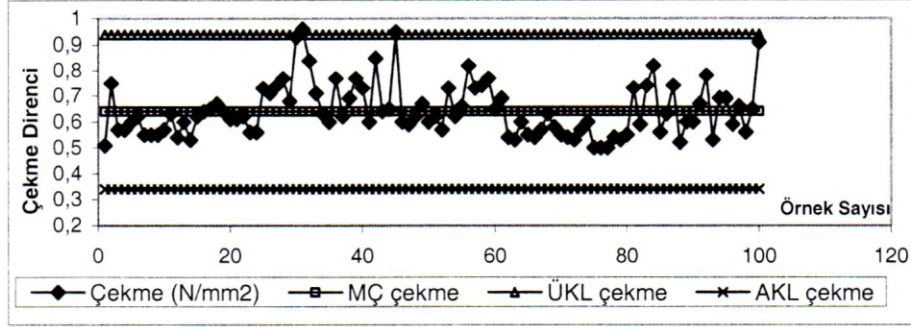


Şekil 2. Eğilme direnci değerlerine göre hazırlanmış X kontrol grafiği

Eğilme direnç değerleri için hazırlanan X kontrol grafiğinin incelenmesi ile üretilen MDF levhalarının eğilme dirençlerinde bir değer kontrol limitleri dışına çıkmış olduğu görülmektedir. Üretim esnasında yapılan müdahale ile hata ortadan kaldırılmış ve üretimin kontrol limitleri arasında kalması sağlanmıştır.

Aslında kontrol grafiğine bakıldığında neredeyse tüm verilerin merkez çizgisi etrafında toplandığı söylenebilir. 31 numaralı örnek göz önüne alınmazsa geriye kalan değerlere bakarak eğilme direnci için fabrika 1 standartlara uygun bir üretim yapmaktadır denilebilir.

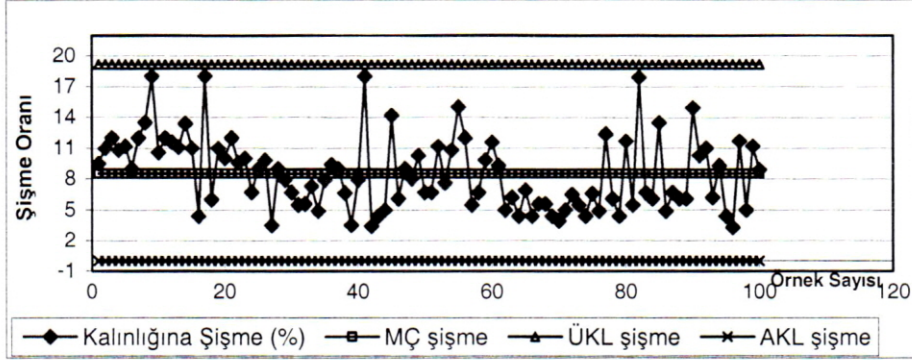
—Yüzeye Dik Çekme Direnci Değerleri (Fabrika 1)



Şekil 3. Yüzeye dik çekme direnç değerlerine göre hazırlanmış X kontrol grafiği

Eğilme direnç değerlerinde olduğu gibi yüzeye dik çekme direnç değerlerinde de 30-42 arasındaki örneklerde kontrol limitleri arasında bir oynama olmakta ve iki değer üst kontrol limiti dışına çıkmaktadır. Bunun sebebi bulunmalıdır. Her iki değerinde aynı örnekler etrafında üst kontrol limitlerini aşan değer içermesi ölçümün yapıldığı esnadaki üretim şartlarının ne olduğunun tespiti ile daha sonraki üretimlerde bu üretim şartlarının ortaya çıkarılmaması gerekmektedir.

## —24 saat Bekletme Sonucu Kalınlığa Şişme Değerleri (Fabrika 1)



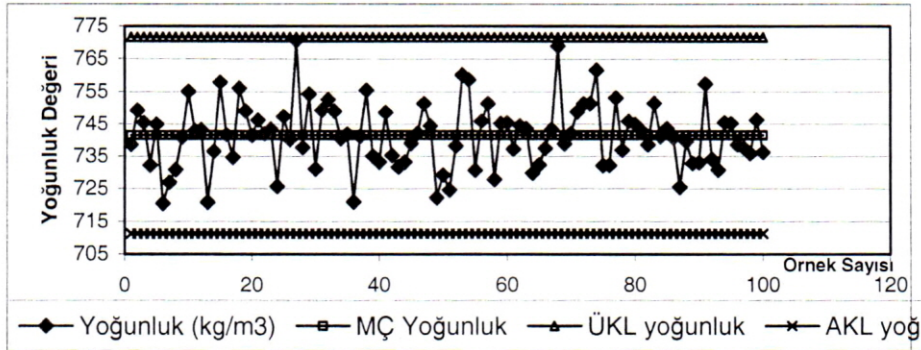
Şekil 4. 24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme oranlarına göre hazırlanmış X kontrol grafiği

Elde edilen X kontrol grafiği incelendiğinde aslında değerlerin ağırlıklı olarak merkez çizgisi etrafında toplanması üretimin standartlara göre yapıldığını göstermektedir. 24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme için elde edilmiş bu X kontrol grafiğinde 4 değer üst kontrol limitine yakın çıktığı görülse de limitleri aşmadığı tespit edilmiştir.

Elde edilen veriler ışığında üretim esnasında ekstrem bir durum olmaması halinde üretime müdahale edilmesine gerek yoktur.

Şekil 4'de görülen azda olsa MÇ'den sapmalar sistematik olarak meydana gelmemektedir. Bu durum üretimin sistematik bir hata içermediğini göstermektedir.

## —Yoğunluk Değerleri (Fabrika 2)



Şekil 5. Yoğunluk değerlerine göre hazırlanmış X kontrol grafiği

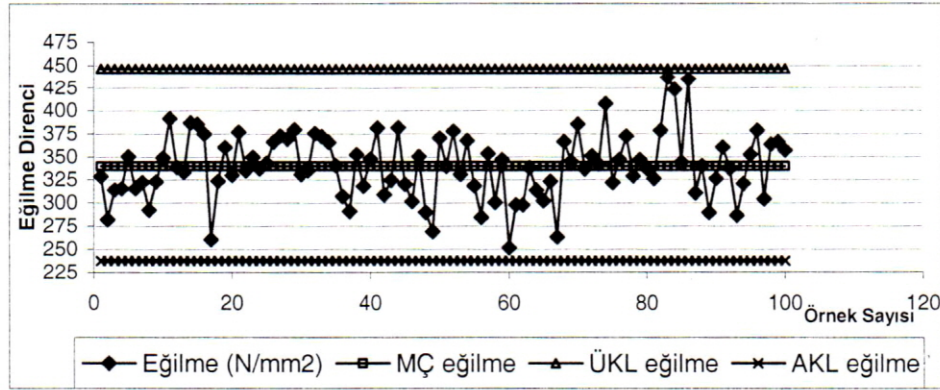
Şekil 5'den anlaşıldığı üzere, aslında ölçülen yoğunluk değerleri, kontrol sınırları arasında kalacak şekilde uzayıp gitmektedir. Ancak 68. numune ile 27. numune üst kontrol sınırında yer alır. Burada bu iki değeri takip eden üretimlerde üretim değerleri kontrol dışına çıkmamıştır. Bu, üretim prosesinin kontrol altında olduğunu ve ekstrem bir durum olmadığı taktirde herhangi bir müdahaleye gerek olmadığını göstermektedir.

Şekil 5'de meydana gelen değişimlerin sistematik bir değişim olmadığını görülmektedir. Bu durum üretimde sistematik bir hatanın olmadığını gösterir. Yine, grafiğe bakıldığında kontrol sınırları içinde kalan tüm noktaların varlığında da, sistematik bir dalgalanmanın olmamasının yani, değerlerden bazılarının merkez çizgisi üstünde bazılarının ise merkez çizgisinin altında olması sistematik bir dalgalanmanın olmadığını göstermektedir. Bu da prosesin kontrol dışına çıkmadığını göstermektedir.

Şekil 5'de 27 ve 68. numunelerdeki örneklerde ÜKL'ne doğru bir sapmanın olduğu görülse de prosese müdahale ile sonraki üretimde sorunsuz üretimin devam ettiği söylenebilir.

Yoğunluk için oluşturulan bu X kontrol grafiklerinde görüldüğü üzere değerlerin sürekli olarak kontrol limitleri arasında kalması; yoğunluk değerinin sabit tutulabildiğini gösterir. Bunun anlamı da ağırlık ve hacmin hesaplanmasında kullanılan ölçüm değerlerinin MDF üretiminde her zaman aynı sağlanabildiğini göstermektedir.

—Eğilme Direnci Değerleri (Fabrika 2)

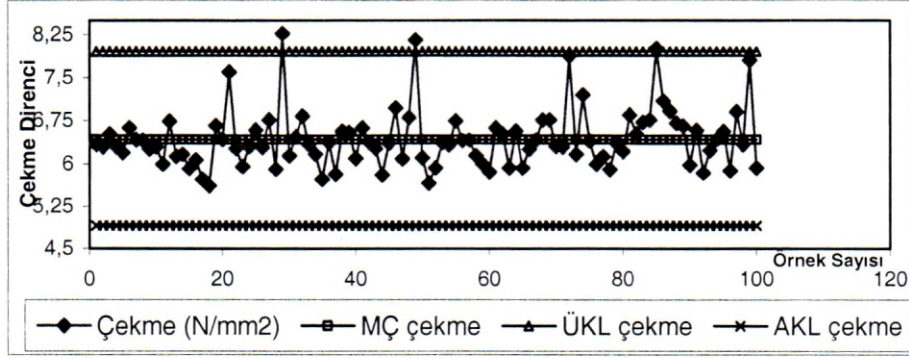


Şekil 6. Eğilme direnci değerlerine göre hazırlanmış X kontrol grafiği

Eğilme direnci için hazırlanan bu X kontrol grafiğine göre üretimin kontrol limitleri arasında yapıldığı genel olarak görülebilmektedir. 83-86 numaralı kontrol numunelerinde elde edilen ÜKL'ne yakın değerler burada yapılan üretimde bir sapmanın olduğunu gösterse de daha sonraki üretimlerde hatalı üretimin olmaması ve kontrol limitleri arasında kalması prosesin düzgün işlediğini göstermektedir.

Şekil 6'da 17, 60 ve 67 numaralı eğilme değerlerinde de AKL'ne yakın değerlerin elde edilmesi ve 60'dan sonraki birkaç numunenin alt kontrol limitine doğru sonuçlar vermesi üretime yapılan müdahale ile kontrol altına alınmış ve üretimde bir hatanın meydana gelmediği görülmüştür.

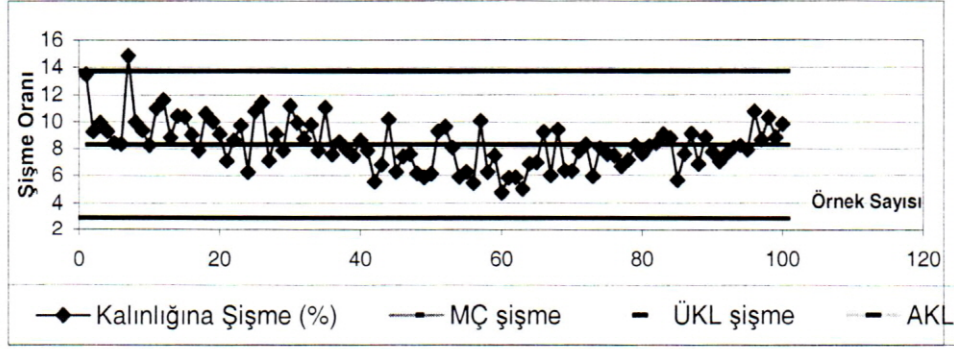
—Yüzeye Dik Çekme Direnci Değerleri (Fabrika 2)



Şekil 7. Yüzeye dik çekme direnç değerlerine göre hazırlanmış X kontrol grafiği

Yüzeye dik çekme değerlerinin incelenmesiyle yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen X kontrol grafiğine bakıldığında birkaç tane değer ÜKL'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu değerlerde olan numuneler dışındaki diğer ölçüm sonuçlarının bulunan MÇ ekseninin sağında ve solunda olması üretimin düzgün işlediğini göstermektedir. ÜKL'nin üstünde bulunan bu değerler aslında kabul edilebilir durumdadır. Çünkü müşterilerin istediği aslında yüzeye dik çekme değerlerinin yüksek olmasıdır. Burada da bulunan bu değerlere bakılarak hepsinin kabul edilebilir bir seviyede olduğu görülmüştür.

—24 saat Bekletme Sonucu Kalınlığa Şişme Değerleri (Fabrika 2)



Şekil 8. 24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme oranına göre hazırlanmış X kontrol grafiği

Şekil 8'e bakıldığında prosesin kontrol altında olduğunu ve üretim değerlerinin belirlenen limitler arasında kaldığını söyleyebiliriz. Grafikte sistematik bir dalgalanmanın olmadığını görmekteyiz. Bu da üretimde sistematik bir dalgalanmanın olmadığını göstermektedir.

Hazırlanan bu X kontrol grafikleri yardımıyla üretimin standartlara uygun olarak yapıldığı söylenebilir. Grafiklerde meydana gelen MÇ'den sapmalar sistematik olmamaktadır. Sistematik olmayan bu sapmalar kontrol altında tutulabilmekte ve üretimin sistematik bir hata içermediğini göstermektedir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Ölçülemeyen şey değerlendirilemez ve iyileştirilemez; bu nedenle ölçüm ve ölçüm değerleri kullanılarak yapılan istatistik, kalitenin iyileştirilmesinde vazgeçilmez parçalardır.

İstatistiksel proses kontrol uygulamalarında müşteri ön plandadır. Amaç gerek iç gerekse dış müşteri taleplerinin en ekonomik şekilde karşılanmasıdır. Bu nedenle tüm istatistiksel proses kontrol araçları tek kriter kullanır; müşteri spesifikasyonları (müşteri özel istekleri). İç müşterilerin spesifikasyonu, kendisinden bir işlem basamağı sonraki sürecin spesifikasyonlarını belirtilirken, dış müşterilerin spesifikasyonları son ürünün kullanıcılarının spesifikasyonlarını belirtmektedir. İstatistiksel proses kontrol terimindeki "kontrol" kelimesi, aslında tüm süreç çıktılarının müşterinin önceden belirlediği spesifikasyon limitleri içinde olmasını güvence altına almaktadır. Müşterinin belirlediği spesifikasyonlar dışında kalan tüm veriler "Hata" olarak kabul edilmektedir.



Kalite yaklaşımında amaç hata kaynaklarını bulmak ve hatayı meydana gelmeden önce önlemek olduğu için istatistiksel bilgiler önem kazanmaktadır. Yalnızca istatistiksel bilgileri toplamak yeterli değildir, yorumlamak da çok önemlidir. Bu yüzden toplanan verilerle elde edilen bilgiler arşivlenmelidir. Her iki müessesede de laboratuarda yapılan testler sonucunda elde edilen deney sonuçları düzenli olarak arşivlenmekte, haftalık ve aylık olarak değerlendirilmektedir.

18 mm kalınlıkta MDF'ler üzerinde istatistiksel proses kontrolüne bağlı olarak yapılan çalışmada; iki müesseseden alınan verilerde yoğunluk, yüzeye dik çekme direnci, eğilme direnci ve 24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme değerleri incelenerek, X kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Kalınlık değerleri incelenerek tek katlı örnekleme planı, çalışma karakteristiği eğrisi, çıkan ortalama kalite eğrisi ve ortalama toplam muayene sayısı eğrisi ile ilgili uygulamalar yapılmıştır.

Bütün veriler göz önüne alındığında ülkemizde bu alanda ön planda olan iki ayrı işletme incelenmiştir. İnceleme sonucunda bu iki fabrikada üretilen 18 mm kalınlıktaki MDF'ler için üretimin standartlara uygun olarak yapıldığını söyleyebiliriz. Üretim esnasında her iki işletmede de prosesler her zaman kontrol altında tutulmakta ve üretimde kontrol edilmektedir.

Elde edilen veriler ışığında üretim esnasında ekstrem bir durum olmaması halinde üretime müdahale edilmesine gerek yoktur. Grafiklerde görülen MÇ'den sapmalar sistematik olarak meydana gelmemektedir. Bu durum üretimin sistematik bir hata içermediğini göstermektedir.

Her iki işletmenin sonuçları ele alındığında her iki işletmenin ürünlerinin istenen kalite ve standartlarda olduğu görülmektedir. Her iki fabrikanın kalınlık değeri, yoğunluk, eğilme ve yüzeye dik çekme dirençleri ile 24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme değerlerini kıyaslamak için SPSS paket programında iki ortalama arasındaki farkın önemlilik testi olan Independent-t testi yapılmıştır. Bu test sonuçlarına göre kalınlık değeri, yüzeye dik çekme direnci ve 24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme değerleri arasında iki fabrikanın ürettiği ürünler açısından bir farkın olmadığı bulunurken, yoğunluk ve eğilme direnci değerlerine göre iki fabrika arasında %95 güvenle bir farklılık çıkmıştır ve Fabrika 2'nin verilerinin Fabrika 1'den daha iyi olduğu görülmüştür.

## Kaynaklar

- Arıcıgil Çılan, Ç., 2005.** Kalite Kontrol Diyagramlarında Varsayımların Sağlanması ve Cam Sanayinde Bir Uygulama, VII. Ulusal Ekonomi ve İstatistik Sempozyumu, 2005, İstanbul.
- Bircan, H ve Özcan, S., 2003.** Excel Uygulamalı Kalite Kontrol, Yargı Yayınevi, Yayın No: 98-2003, Ankara.
- Bozkurt, R. ve Odaman, A., 1995.** ISO 9000 Kalite Güvence Sistemleri, MPM Yayınları, Yayın No 549, Ankara.

- Bozkurt, R., 1998.** Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No: 630, Ankara.
- Durman, B.M., ve Pakdil, F., 2005.** İstatistikî Proses Kontrol Uygulamaları İçin Bir Sistem Tasarımı, VII. Ulusal Ekonomi ve İstatistik Sempozyumu, İstanbul.
- Firuzan A.R., ve Ayvaz, Y.Y., 2005.** SHEWHART Kontrol Kartlarında (Çizelgesinde) Tasarım Parametrelerinin Seçimi Üzerine Bir Uygulama, CBÜ İİBF Yönetim Ve Ekonomi Dergisi, Cilt:12, Sayı: 1, S1-10, Manisa.
- Gedik, T., 2005.** Orta Yoğunlukta Lif Levha (MDF) Üretiminde Kalite Kontrol, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Trabzon
- Hamurkanoğlu, C., ve Çalışkan, D., 2006.** Gamma Dağılımı İçin Ağırlıklandırılmış Varyans Yöntemine Dayalı Kontrol Kartları, *İAS 2006*, Ankara.
- Jaraiedi, M., ve Zhuang, Z., 1991.** Determination of optimal design parameters of X charts when there is a multiplicity of assignable causes. *Journal of Quality Technology*. 23(3).
- Kartal, M., 1999.** İstatistiksel Kalite Kontrolü, Şafak Yayınları, Erzurum.
- Kaya İ., ve Ağa, A., 2004.** Kalite İyileştirme Sürecinin Yedi Temel Aracı Ve Motor-Traktör İmalatı Yapan Bir İşletmede Uygulanması. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. Sayı: 11, Konya.
- Kolarik, W. 1995.** *Creating Quality*, Mc-Graw Hill, Singapore.
- Montgomery, D.C. 2001.** Introduction to Statistical Quality Control. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Olgun, B., 1994.** Kalite Kontrol ve Kalite Kontrolde Kullanılan İstatistikî Yöntemler ve Uygulama, M.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Rahim, M. A., 1989.** Determination of optimal Design Parameters of Joint X and R Charts. *Journal of Quality Technology*. Vol 21, No 1.
- Rungtusanatham M., 2000.** "The Quality and Motivational Effects of Statistical Process Control". *Journal of Quality Management*. 4(2).
- Süzek, M., 2000.** Tek Aşamalı Nitel ve Nicel Kabul Örnekleme Planlarına Çeşitli Yaklaşımlar ve Uygulamaları, HÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- TS 64-5, 1997.** Lif Levhalar – Özellikler Bölüm 5: Kuru İşlem Levhaları (MDF), T.S.E., I. Baskı, Ankara.
- Yıldırım, F., ve Kartal, İ., 2002.** Otokorelasyonlu verilerde istatistiksel kalite kontrol şemalarının hazırlanması. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*. Ekim-Kasım-Aralık, 13(4).