


# Kontrplak üretiminde istatistiksel proses kontrol uygulamaları

## Statistical process control applications in plywood manufacturing

Merve YILMAZ<sup>1</sup> , Erkan Sami KOKTEN<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye.  
merveylmzzz78@gmail.com, erkansamikokten@karabuk.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 03.03.2022  
Kabul Tarihi/Accepted: 10.05.2023

Düzeltilme Tarihi/Revision: 28.03.2023

doi: 10.5505/pajes.2023.59844  
Araştırma Makalesi/Research Article

### Öz

Ahşap, uygun taşıma kapasitesi, sürdürülebilir kaynaklardan elde edilmesi ve işlenmesindeki kolaylık gibi nitelikleri nedeniyle endüstride yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Kontrplaklar, ahşap kaplamaların basınç altında bir yapıştırıcı ile birleştirilmesi sonucu üretilen ahşap panellerdir. Kontrplaklar mobilya ve inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, kontrplak üretim sürecinde meydana gelen hatalar istatistiksel proses kontrol yöntemleri ile analiz edilmiştir. Öncelikle çetele tablosu oluşturulmuştur. Bu çizelgeden elde edilen veriler ile kalite kontrol grafiklerinden kusurlu oranı p-kontrol grafiği oluşturulmuştur. p-kontrol grafiği incelenerek sürecin hedeflenen kalite düzeyinde olup olmadığı araştırılmıştır. Ek olarak, beyin fırtınası tekniği ile bilgiler toplandıktan sonra ağaç diyagramı ve neden-sonuç diyagramı oluşturulmuştur. Ayrıca alınan önlemlerin süreçte iyileşme sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek amacıyla 2. aşamada süreçten 15 günlük daha veri toplanmıştır ve p-kontrol grafiği oluşturulmuştur. Yapılan bu araştırma ile kontrplak üretim süreci hataları ve olası nedenleri analiz edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** İstatistiksel proses kontrol, Çetele tablosu, Ağaç diyagramı, p-şeması, Neden-Sonuç diyagramı, Kontrplak.

### Abstract

Wood is a widely used material in industry due to its sufficient load-carrying capacity, obtaining from sustainable sources and easiness in its processing, etc. Plywood is a wood panel manufactured from layers of wood veneer and combined under pressure with an adhesive. Plywood panels are widely used in the furniture and construction industry. In this study, the nonconformities during the plywood production process are analyzed using statistical process control methods. First, check sheet are created. p-quality control chart is created using this data. p-control chart is evaluated to investigate whether the process provides the desired quality level. In addition, the tree diagram and the cause-effect diagram are created after the information obtained by brainstorming technique. Also, in order to control the improvements in the process, an additional data including 15 days of data were collected in the 2nd Stage and a p-control chart was created. In this research, the nonconformities of plywood production process and their possible causes are analyzed.

**Keywords:** Statistical process control, Check sheet, Tree diagram, p-chart, Cause-Effect diagram, Plywood.

## 1 Giriş

Son yıllarda yenilenebilir kaynaklardan elde edilen ve çevre dostu bir malzeme olarak tanımlanan yonga levha, lif levha ve kontrplak gibi ahşap esaslı levhalar artan bir ilgi görmektedir. Bu malzemeler, kaplamalar ya da ahşap parçacıkların uygun basınç ve sıcaklıkta çeşitli yapıştırıcılar yardımıyla birbirine birleştirilmesiyle üretilmektedir. Düşük değer ve kalitedeki odunlar ile diğer malzemelerin birleşmesi sonucu ortaya çıkan kompozit malzemeler sayesinde kıt olan orman kaynaklarının daha verimli kullanımı sağlanmaktadır. Günümüzde birçok alanda ve birçok çeşitte ahşap esaslı levhalar kullanılmaktadır [1]. Kontrplak; düzgün çap ve genişliklerdeki ağaç gövdelerinin soyulması, kesilmesi sonrasında liflerinin birbirine ters olacak şekilde üst üste katmanlar halinde tutkallanması ve yüksek basınç altında preslenmesi ile oluşan dayanıklı, ince ve esnek panel malzemedir. Liflerinin birbiri tersine gelecek şekilde katmanlaştırılması malzemeye dayanım kazandırmaktadır. Kontrplaklar genel olarak dirençli olması ve yeterli fiziksel özelliklere sahip olması nedeniyle yapısal amaçlar için tercih edilmektedir. Kontrplaklar mobilya endüstrisinde, dış cephe kaplamalarında, inşaat kalıplarında, küçük tekne ve gemi yapımında kullanılmaktadır [2]. Kontrplak üretim süreci ilk olarak, gelişim döngüsünün sonuna gelmiş belirli türdeki ağaçların kesimi ile başlar. Tomruklar formu düzgün, silindirik ve soymaya müsait olmalıdır. Ülkemizde kontrplak üretiminde

daha çok kavak, kayın ve çam gibi yerli türler kullanılmaktadır. Prosesin ilk aşaması gövdenin mekanik olarak kabuktan ayrılması ile başlar. Bu işlem torna makinesinin bıçakları ile gövde arasındaki sarmal hareket sayesinde gerçekleştirilir. Soyma işleminden sonra tomruklar kesme makinesinde makaslar vasıtası ile kesilir. Kesilen malzemeler, kurutma fırınında rutubet içeriği %10-12 olacak şekilde kurutulur [3]. Kurutmadan çıkan malzemeler, tutkal makinesi vasıtasıyla tutkallanır. Her bir malzeme birbiri üzerine eklenecek üretilen olan kontrplak kalınlığına göre katmanlar oluşturulur. Bu dizimi yaparken malzemenin lifli yapısının birbirine dik olacak şekilde yerleştirilmesi kontrplağın dayanımını artırmaktadır. Tutkallanmış malzemeye önce soğuk pres, ardından sıcak pres uygulanır. Sıcak preste işlem basıncı ve sıcaklığı kontrplağın kalınlığına göre değişmektedir. Son olarak preslemeden çıkan malzeme ebatlama birimine gelir ve belirli ebatlarda kesilir. Kalite muayenesi yapılan ürünler uygun şekilde kalite sınıflarına ayrılır. Günümüz rekabet ortamında işletmeler, varlıklarını sürdürebilmeleri için ürün ve hizmetlerini kalite kavramı çerçevesinde şekillendirmesi gerekmektedir. Kalite, ürün veya hizmetin iyi olup olmadığına müşterinin verdiği karardır. Bu nedenle işletmeler müşteri memnuniyeti açısından kusurlu ürün üretimini ortadan kaldırmayı amaçlamalıdır [4]. Bu çalışmada, kontrplak üretim sürecinde meydana gelen hatalar kalitenin iyileştirilmesi amacıyla istatistiksel proses kontrol yöntemleri

\*Yazışılan yazar/Corresponding author

ile analiz edilmiştir. Çetele tablolarından elde edilen bilgiler ile sürecin hedeflenen kalite düzeyinde olup olmadığı kalite kontrol grafiklerinden kusurlu oranı  $p$ -kontrol grafiği ile araştırılmıştır. Ağaç diyagramı ve neden-sonuç diyagramı oluşturularak kontrplak üretim süreci hataları ve olası nedenleri analiz edilmiştir. Ek olarak, alınan önlemlerin süreçte iyileşme sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek amacıyla 2. aşamada süreçten 15 günlük daha veri toplanmıştır ve  $p$ -kontrol grafiği oluşturulmuştur.

Çalışmanın ikinci bölümünde konu ile ilgili literatürde yer alan çalışmalara değinilmiştir. Üçüncü bölümde istatistiksel proses kontrol kavramına ve  $p$ -kontrol grafiğine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde kontrplak üretim süreci ile ilgili bilgiler verilerek süreçte sıklıkla karşılaşılan hata türlerine değinilmiştir. Ayrıca ilgili üretim süreci  $p$ -kontrol grafiği, neden sonuç ve ağaç diyagramları ile analiz edilmiş ve çalışma bulguları tartışılmıştır. Çalışmanın beşinci bölümü olan sonuçlar bölümünde bulgular sonuçlara bağlanarak gelecek çalışmalar ve ilgili üretim alanında faaliyet gösteren firmalara öneriler sunulmuştur.

## 2 Literatür taraması

Literatürde kalite iyileştirme amacıyla istatistiksel proses kontrol uygulamalarından yaygın olarak yararlanılmaktadır. İstatistiksel proses kontrol yöntemleri tek başına kullanılabildiği gibi problemi analiz etmek ve kaynağına inmek amacıyla bir arada da uygulanabilmektedir. Ala ve İkiz (2015), yaptıkları çalışmada doküman işletmesinde meydana gelen hataları pareto analizi ve  $p$ -kontrol grafiği ile incelemişlerdir. Pareto analizi ile en fazla gözlenen hatalar belirlenmiş ve alınabilecek önlemlere değinilmiştir.  $p$ -kontrol grafiği ile sürecin seyri izlenmiştir [5]. Duran ve Çetindere (2012), bir konfeksiyon işletmesinde üretilen elbisenin üretim sürecinde meydana gelen hataları öncelikle çetele tablosu ile incelemiş ardından hatalara ilişkin pareto analizi gerçekleştirmişlerdir. Hata nedenleri ise neden-sonuç diyagramı ile incelenmiştir. Hataların kaynağı gruplandırma tekniği ile tespit edilmiştir.  $p$ -kontrol grafiği kullanılarak sürecin kontrol altında olup olmadığı analiz edilmiştir. Çalışmada, emek yoğun bir işletme olması nedeniyle en fazla hatanın insan kaynaklı olduğu sonucuna varılmıştır [6]. Ertuğrul ve Özçil (2014) çalışmalarında bir tekstil firmasının üretim sürecini  $p$  kusurlu oran grafiği ve  $p$ -Cusum kümülatif toplam grafiği ile incelemişlerdir. İki yöntem sonucunda farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Çalışmada, her iki yöntemin birlikte kullanılmasının daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır [7]. Ata ve diğ.(2020), çalışmalarında bir tekstil firmasında denim kumaşların yıkama bölümünde meydana gelen hataları istatistiksel kalite kontrol yöntemleri ile incelemişlerdir. 25 günlük veriler ışığında 53 adet hata türü belirlenmiş ve pareto analizi ile önceliklendirilmiştir. Meydana gelen hatalar için neden-sonuç diyagramı oluşturulmuştur. Ardından  $p$ -kontrol grafiği ile sürecin seyri izlenmiştir [8]. Mayang ve diğ. (2016), yaptıkları çalışmada tekstil firmasında meydana gelen hatalar için pareto analizi gerçekleştirerek en çok hatanın hammaddeden kaynaklandığını tespit etmişlerdir. Hataların kök nedenlerine inmek için neden-sonuç ve ağaç diyagramları kullanılmıştır. Sonrasında kalite kontrol grafiği ile üretim sürecinin kontrol altında olup olmadığı incelenmiştir [9]. Bir başka çalışmada, Awaj ve diğ. (2013) şişe üreten bir işletmede üretim hatalarını pareto analizi, neden-sonuç diyagramları ve  $p$ -kontrol grafiği ile başarılı bir şekilde incelemişlerdir [10]. Üretim süreçlerinde kusurlu oranı  $p$ -kontrol grafiklerine,

mamulün kusurlu veya kusursuz gibi nitelendirmeleri söz konusu olması durumunda başvurulabilmektedir. Kırık (2017) ev tekstili üreten bir konfeksiyon işletmesinin üretim hattında meydana gelen hataları 6 aylık bir süreçte pareto analizi ile incelemiştir. En fazla gözlemlenen üç tür hata için beyin fırtınası gerçekleştirerek neden sonuç diyagramı oluşturmuştur. Sürecin kusurlu oranı açısından kontrol altında olup olmadığını analiz etmek için  $p$ -kontrol grafiğinden yararlanmıştır [11]. Zasadzien (2014) otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin alüminyum dövme üretim sürecinde oluşan kusurları, oluşum yerlerini ve nedenlerini analiz etmek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada kalite araçlarından yararlanmıştır. Hata türü ve etkileri analizi (HTEA) ve kusur maliyetlerine dayanarak kusur hiyerarşisi oluşturmuş ve en önemli kusurlar için iyileştirme önerileri sunmuştur [12]. Idris ve diğ. (2021) kahve poşeti imalatında meydana gelen fire oranlarının azaltılması amacıyla beyin fırtınası, neden sonuç diyagramı, pareto analizi ve  $p$ -kontrol grafiğinden yararlanmışlardır. Çalışma sonucunda, hataların makinelerden ve niteliksiz işgücünden kaynaklandığını tespit etmişlerdir [13]. İslam ve diğ. (2013) tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin dikiş bölümü için üretim kalitesini arttırmak ve yeniden işlemleri en aza indirmek amacıyla bir dizi araçlar geliştirmişlerdir [14]. Turgut (2022) otomotiv sektöründe gerçekleştirdiği çalışmada hurda ve yeniden işlenen ürün miktarını azaltmak amacıyla altı sigma metodolojisi uygulamıştır. Neden sonuç diyagramı, histogram ve pareto gibi teknikleri kullanarak üretimin iyileştirilmesini amaçlamıştır [15].

Üretim verimliliği ve kalitesini arttırmak için yapılan uygulamalar, özellikle emek yoğun işletmelerde önemli bir yere sahiptir. Birçok sektörde, özellikle tekstil, otomotiv ve gıda gibi sektörlerde istatistiksel kalite kontrol teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Kontrplaklar, mobilya, inşaat ve tekne imalatı gibi alanlarda önemli bir malzeme olarak kullanılmaktadır. Ahşap, yenilenebilir ancak kısıtlı doğal kaynaklardan elde edilen çevre dostu bir malzemedir. Orman ürünleri endüstrisinde kalitenin iyileştirilmesi ve verimliliğin artırılması sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Bu çalışmada, bir kontrplak üretim sürecinde, ağaç diyagramı, neden-sonuç diyagramı ve  $p$ -kontrol grafiği gibi istatistiksel proses kontrol yöntemleri kullanılarak kalitenin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, süreçte yapılan aksiyonların etkilerini belirlemek için 2. aşamada süreçten 15 gün daha veri toplanmış ve  $p$ -kontrol grafiği revize edilmiştir.

## 3 İstatistiksel proses kontrol

Kalite kavramı genel olarak, müşteri istek ve ihtiyaçlarını karşılayabilmektir. İstatistiksel kalite kontrol ise üretim sürecinin sürekli olarak kontrol altında tutulması, olağan dışı durumlar varsa fark edilmesi ve kök nedenlerinin tespit edilerek ortadan kaldırılmasını ifade eder [16]. İkinci dünya savaşı sonrası dönemde seri üretime geçişin önemi artarken, üretim sürecinin kalite kontrolünün sağlanmasında matematiksel yöntemlere gereksinim duyulmuştur. Shewhart üretimin her aşamasında değişkenliklerin ve sapmaların varlığından söz etmiş ve bu değişkenliklerin giderilebilmesi için sürecin izlenip kontrol edilmesi gerektiğini vurgulamıştır [17].

İstatistiksel proses kontrolünde "Muhteşem Yedili" olarak da adlandırılan yedi temel araçtan yararlanılmaktadır. Kullanılan yedi temel kalite aracı şunlardır;

1. Sınıflandırma (Gruplandırma),
2. Çetele tablosu,
3. Histogram,
4. Pareto analizi,
5. Neden-Sonuç diyagramları,
6. Serpilme Diyagramları
7. Kontrol Grafikleri.

Sınıflandırma, tek başına kullanımında yeterli olmayan ve her yöntem için yararlanılabilen genel bir yaklaşımdır. Verileri değişkenlik kaynaklarına göre sınıflara ayırır, kaydeder ve işler. Çetele tabloları, bir veri toplama aracıdır. Çetele diyagramı olarak da adlandırılan bu tablolarda gözlemlenen olaylar basit puanaj veya sembolik şekillerle ifade edilir. Bu sayede olayların veya hataların meydana gelme sıklıkları hakkında araştırmacıya bilgi sağlar. Histogramlar gruplandırılmış bir grup verinin dikdörtgen sütunlar halinde gösterilmesidir. Sütunların yatay yönü dağılım aralıklarını, yüksekliği ise o sınıfa ait olan veri sayısını yani frekanslarını temsil eder [18]. 80-20 kuralı olarak da bilinen pareto analizi adını İtalyan iktisatçı Vilfredo Pareto tarafından almıştır. Bu prensibe göre proseste kaynaklanan hataların %80'i, proses problemlerinin %20'sinden dolayı oluşmaktadır. Pareto analizi, hataların tanımlanmasında ve hangi sorunların çözümüne öncelik verilmesi gerektiğinde yardımcı olan bir kalite aracıdır. Balık kılıcı olarak da adlandırılan neden sonuç diyagramı, bir süreçte meydana gelen hatanın veya nedenleri ve sonuçları arasındaki ilişkinin basit bir şekilde kurulmasını sağlar. Problemin kök nedenlerine inilir bu sayede olayların içeriği üzerine ekibin odaklanmasına olanak tanır [17]. Dağılım diyagramları olarak da adlandırılan serpilme diyagramları, iki farklı değişkenin birbiri ile ilişkisini tanımlamak için kullanılır. Değişkenin biri yatay eksen de diğeri dikey eksen de yer alır. Her iki değişkenin kesiştiği noktalar koordinatta ifade edilir.

Kontrol diyagramları ile bir süreçte meydana gelen varyasyonların genel ya da özel nedenlerden kaynaklanma durumu kontrol edilir. Üretim sürecinin istenilen kalite standartları ve sınırlarında devamlılığının ölçülmesi amacıyla kullanılır. Kontrol grafiklerinin ilk uygulaması 1924 yılında W. Shewhart tarafından gerçekleştirilmiştir. Kontrol grafikleri belirli bir zaman aralığında süreçten alınan veriler ile oluşturulur. Grafikte Üst Kontrol Limiti (ÜKL), Alt Kontrol Limiti (AKL) ve Orta Çizgi (OÇ) yer almaktadır. Orta çizgi gözlem değerlerinin ortalamasını, üst ve alt kontrol limitleri ise ortalamaya eşit uzaklıklarda bulunan çizgilerdir [6]. Gözlem değerlerinin üst ve alt kontrol limitleri dışına çıkması durumunda sürecin kontrol altında olmadığı ve özel nedenlerden kaynaklı değişkenliğin olduğu anlaşılır. Sonraki süreçte sapmalara neden olan bu değişkenliğin nedenleri araştırılır.

### 3.1 p-kontrol grafiği

Nitel kontrol grafiklerinden olan p-kontrol grafiği kusurlu mamullerin oranını araştırmaktadır. p-grafiklerinin temelinde binom dağılımı vardır. Bu grafiklerde ancak örneklem büyüklüğünün çok fazla olduğu durumlarda normal dağılıma yaklaşılmaktadır. Nitel kontrol grafikleri genel olarak, nicel kontrol grafiklere göre daha az masraflı ve ayrıntılıdır. p-kontrol grafiğinde yalnızca ürünün kusurlu ve kusursuz olma durumu kayıt edilmektedir [20]. Belirli periyotlarda üretimden belirli hacimli örnekler alınır. Grafikteki orta çizgi ortalama kusur oranını ifade etmektedir. Grafikte limitlerin dışında bir durumun olmasının yanında limitler içerisinde bulunan noktaların hareketi de önem taşımaktadır. Meydana gelen

varyasyonun özel bir durumunun olup olmadığını araştırmak için bazı testler yapılmaktadır. Bunların belirlenmesi durumunda sürecin kontrol altında olmadığı tespit edilerek özel nedenler araştırılmaktadır. Yapılan testlerden bazıları;

- Merkez çizginin  $\pm 3\sigma$  dışında bir veya daha fazla nokta var mı?
- Merkez çizginin aynı yönünde sıralanmış olan 9 ardıl nokta var mı?
- Sürekli artan veya sürekli azalan 6 ardıl nokta var mı?
- Bir artıp bir azalan şekilde ilerlemiş 14 nokta var mı? [19].

Standartların belli olması durumunda çizilecek olan p-kontrol grafiğinin üst kontrol (ÜKL) ve alt kontrol (AKL) limitleri Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 yardımı ile hesaplanmaktadır;

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

$$\text{AKL} = p - 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} \quad (2)$$

Eşitlikte yer alan  $p$ , kusur oranını ifade ederken  $n$  ise örneklem hacmini ifade etmektedir [21]. Standartların belli olmaması durumunda çizilecek olan p-kontrol grafiğinin üst ve alt limitleri Eşitlik 3 ve Eşitlik 4 yardımı ile hesaplanmaktadır;

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

$$\text{AKL} = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (4)$$

p-kontrol grafikleri yalnızca sabit örneklem hacmi için değil değişken örneklem hacmi için de çizilebilmektedir. Bu durumda her bir örneklem için kontrol limitleri ayrı hesaplanmaktadır. Paydadaki  $n$  değeri her bir alt grup için esas alınır. Her gözlem değeri için  $\bar{p}$  değeri toplam kusurlu sayısının toplam muayene edilen ürün sayısına oranını ifade etmektedir. Üst ve alt kontrol limitleri ise Eşitlik 5 ve Eşitlik 6 yardımı ile hesaplanmaktadır;

$$\text{ÜKL} = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (5)$$

$$\text{AKL} = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (6)$$

## 4 Uygulama

Bu çalışmada, Karabük ilinde faaliyet gösteren bir işletmede kalite iyileştirme amacıyla değişken hacimli örneklem büyüklüğüne sahip p-kontrol grafiği, çetele tablosu, ağaç ve neden-sonuç diyagramlarından yararlanılmıştır. Yurt içi ve yurt dışı satışı bulunan bu fabrikada kavak, kayın ve çam kontrplak üretimi yapılmaktadır. İşletmede pazar günleri tatil olup diğer günler üç vardiya şeklinde çalışılmaktadır. Süreçten toplanan veriler 25 ve 15 gün olmak üzere toplam 40 günlük bir süreci kapsamaktadır. Çetele tablosu ile toplanan veriler ile Minitab

17.0 programında  $p$ -kontrol grafiği oluşturulmuş ardından kontrol dışına çıkan durumlar için çalışanlar ve yöneticiler ile beyin fırtınası tekniği uygulanarak kök nedenler tespit edilmiştir. Hataların olası nedenlerini ortaya koyabilmek için ağaç diyagramı hazırlanmış daha sonra en çok hataya sebebiyet veren tutkal ve pres hataları için neden-sonuç diyagramları oluşturulmuştur. Çalışmanın başlangıcında süreçten veri toplamak amacı ile çetele tablosu hazırlanmıştır. Kalite kontrol birimi için hazırlanan çetele tablosu örneği Tablo 1'de verilmiştir. Çalışanlar üretilen parçanın kontrolünü yaptıktan sonra kusur var ise çetele tablosuna sembolik şekillerle not etmektedir. Süreçte tutkallama, ebatlama ve presleme kusurları olmak üzere üç tür hataya rastlanmaktadır.

Tablo 1. Üretim sürecine ilişkin çetele tablosu.

Table 1. Check sheet for the manufacturing process.

Tarih:	25 Ekim		
Bölüm:	Kalite	Hata Takip Çizelgesi	
Sorumlu Kişi			
Ürün Adı:			
Hata Türü	Çetele	Toplam Kusur Sayısı	
Tutkal	//////////	15	
Presleme	//////////	16	
Ebatlama	////	4	

Üretim sürecinde meydana gelen tutkallama, ebatlama ve presleme kusurlarına ilişkin bazı örnek görüntüler ve açıklamaları Şekil 1'de verilmiştir.

AÇIKLAMA	KUSURLU ÜRÜN GÖRÜNTÜSÜ	AÇIKLAMA	KUSURLU ÜRÜN GÖRÜNTÜSÜ
Malzeme yama işleminin doğru yapılmaması		Yeterince pres basılmamış malzeme	
Pres tepisine malzeme koyulurken alt parça tepsiye takılmış.		Presleme esnasında malzeme kayması	
Malzemenin nemli olmasından dolayı tutkal tutmamış.		Nemli malzemenin tutkalının tutmaması	

Şekil 1. Süreçte meydana gelen kusurlar.

Figure 1. Defects in the process.

İşletmenin faaliyet gösterdiği 25 iş günü için toplanan veriler çetele tablosundan elde edilerek Tablo 2'de sunulmuştur.

Kontrplak üretim sürecinden toplanan 25 günlük veriler değişken örneklem hacmine sahip olması nedeniyle, her bir örnek için üst kontrol limiti ve alt kontrol limiti Eşitlik 5 ve Eşitlik 6 kullanılarak hesaplanmıştır.

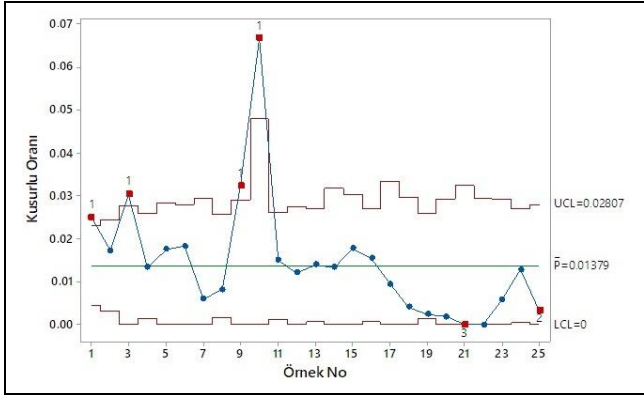
Tablo 2. Kusurlu oranı  $p$ -kontrol grafiği verileri.

Table 2. The proportion of defective items  $p$ -control chart data.

Örnek No (Gün)	Örnek Hacmi (adet)	Kusur Sayısı	Kusurlu Oranı
1	1400	35	0.0250
2	1100	19	0.0173
3	625	19	0.0304
4	825	11	0.0133
5	570	10	0.0175
6	600	11	0.0183
7	495	3	0.0061
8	850	7	0.0082
9	525	17	0.0324
10	105	7	0.0667
11	800	12	0.0150
12	660	8	0.0121
13	715	10	0.0140
14	375	5	0.0133
15	450	8	0.0178
16	710	11	0.0155
17	315	3	0.0095
18	480	2	0.0042
19	825	2	0.0024
20	510	1	0.0020
21	355	0	0.0000
22	495	0	0.0000
23	505	3	0.0059
24	700	9	0.0129
25	600	2	0.0033

Tablo 2'de yer alan üretim hacimleri ve kusur sayıları kullanılarak Minitab 17.0 programında  $p$ -kontrol grafiği oluşturulmuş ve Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'deki  $p$ -kontrol grafiğine göre birinci, üçüncü, dokuzuncu ve onuncu gözlem değerleri üst kontrol limitini aşmıştır. Bu durumda sürecin kontrol altında olmamasının nedenleri araştırılmalıdır. Sürecin kontrol dışına çıkmasının olası nedenleri, önlem alınabilmesi amacıyla neden-sonuç ve ağaç diyagramları yardımıyla araştırılmıştır. Ayrıca on altıncı gözlemden sonra altı gözlem değeri artışı olarak azalmıştır ve toplam dokuz gözlem değeri orta çizginin altında kalmıştır. Kusurlu oranı kontrol grafiklerinde orta çizgi ortalamayı temsil etmektedir. Süreçte orta çizginin altına düşen gözlem değerleri için kusurlu oranının düşük olduğu söylenebilir. Dolayısıyla bu gözlem değerlerine tekabül eden günlerde sürecin kusurlu ürün üretim oranı düşüktür. Bu durumda kalitede bir iyileşme söz konusu olabileceğinden iyileşmenin nedenleri araştırılmalıdır. Bu gibi durumlarda kayıt formları, neden-sonuç diyagramları ve ağaç diyagramları gibi yöntemler hatanın kaynağına ulaşabilme adına kullanıcıya yol gösterebilmektedir. Buna göre, kalite ekibi ile gerçekleştirilen beyin fırtınası sonucunda kusurlu ürün üretim oranındaki azalmanın ilgili günden sonra işletmenin kalite kontrol biriminde farklı bir yöntem uygulanmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Ürünlerin hangi vardiyada üretildiğinin tespiti amacıyla her vardiya için farklı bir renk belirlenmiş ve paketler üzerine boya ile işaretlenmiştir. Bunun sonucunda kusurlu ürün üretiminin gerçekleştiği vardiyalara geri bildirim sağlanmıştır.

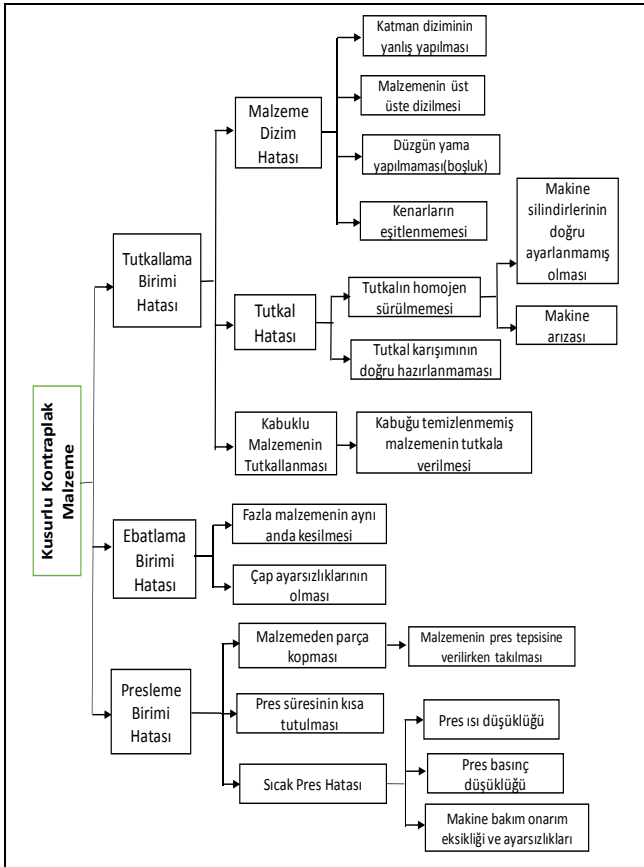




Şekil 2. Kontrplak üretim sürecine ilişkin değişken örneklem hacmine sahip p-kontrol grafiği.

Figure 2. p-control chart with variable sample size of the plywood manufacturing process.

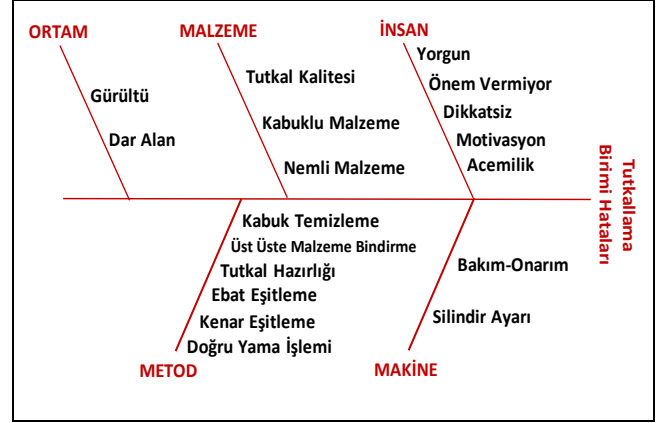
Sürecin kontrol dışına çıkma nedenlerini araştırmak için ağaç diyagramı ve neden-sonuç diyagramı oluşturulmuştur. Her iki yöntemin temelinde beyin fırtınası tekniği yatmaktadır. Oluşturulan ağaç diyagramı Şekil 3'te verilmiştir. Ağaç diyagramlarının oluşturulma amacı kusurlu mamul üretimine sebep olan tüm faktörleri tek bir çerçevede görebilmek ve problemin kök nedenlerine inebilmektir. Bu diyagramlar oluşturulurken öncelikle ana problem not edilir ve ilgili problemin oluşmasına sebep olan diğer alt nedenler dallandırılır.



Şekil 3. Kusurlu malzeme üretimine ilişkin ağaç diyagramı.

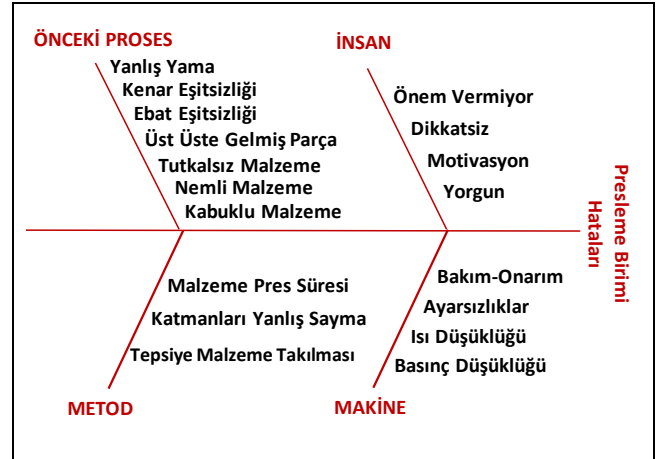
Figure 3. Tree diagram of defective material production.

En çok hatanın gözlemlendiği tutkal ve pres hataları için neden-sonuç diyagramları oluşturulmuştur ve sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5'te sunulmuştur. Tutkallama biriminde meydana gelen hataların ana nedenleri olarak 5 ana başlık oluşturulmuştur; insan, makine, malzeme, metot ve ortam. Hataya sebebiyet verecek tüm ana ve alt nedenler işletme çalışanları ve yöneticiler ile birlikte belirlenmiştir.



Şekil 4. Tutkallama birimine ilişkin neden-sonuç diyagramı.

Figure 4. Cause-effect diagram for the adhesive unit.



Şekil 5. Presleme birimine ilişkin neden-sonuç diyagramı.

Figure 5. Cause-effect diagram for the pressing unit.

Çalışanların yorgun olması, yaptıkları işe zaman zaman önem vermiyor ve hızlı aksiyon alabilme adına dikkatsiz davranıyor olması insan faktörünün hataları arasındadır. Diğer önemli başlık ise metottur. Emek yoğun bir işletme olmasından dolayı makineye malzeme verirken kabukların temizlenmemiş olması, üst üste veya boşluk bırakarak malzeme diziminin yapılması, ebat ve kenar eşitsizliğinin yapılması yine insan hatasından kaynaklanan sorunlardır. Ortamın gürültülü olması tutkal makinesinin başında ve sonunda bulunan çalışanların birbirleri ile iletişimini güçleştirmektedir. Tutkallanmış malzemeyi dizen çalışanlar, parça veya bütün malzemeye ihtiyaç duyduğunu makine başındaki çalışana yüksek sesle söylemek zorundadır. Bu sürecin hızlı ilerlemesi gerektiğinden ve ortamın gürültülü olmasından kaynaklı olarak iletişim kopukluğu yaşanabilmektedir. Makine kaynaklı hatalara bakıldığında silindir ayarlarının doğru yapılmaması tutkalın homojen bir şekilde sürülmemesine neden olmaktadır. Hazırlanan tutkalın kalitesinin iyi olmaması, soyma-kesme biriminden kabuklu malzemenin gelmesi ve kurutmadan nemli malzemenin tutkala

gelmesi de hatalı ürün üretimine neden olmaktadır. Nemli malzemenin olması tutkallamadan bir önceki birim olan kurutmadan kaynaklanmaktadır. İşe yeni başlamış veya malzemenin nemli olduğunu iyi bir şekilde ayırt edemeyen çalışanlar nemli malzemeyi tutkallamaya verebilmektedir. Kurutmadan çıkan nemli malzeme tutkala gelmeden önce fark edilmişse nem ölçer yardımıyla nemi ölçülmektedir. İstenilen nem aralığına ulaşmamış malzeme tekrar kurutmaya gönderilmektedir. Gözden kaçırılan malzeme sıcak pres sonrası istenilen düzeyde yapışmayacak ve katmanlar arasında ayrışma meydana gelecektir.

Presleme birimindeki hataların ana nedenlerinden birinin önceki proses kaynaklı olması, tutkal hatalarının malzemenin ancak sıcak prestan geçtikten sonra anlaşılmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin; tutkaldaki yama işleminin düzgün yapılamıyor olması prestan çıkan malzemenin içerisinde yer yer boşluklar oluşmasına neden olmaktadır. Kenar eşitliğinin düzgün yapılmaması yine prestan çıkan malzemenin kayma yapmasına neden olmaktadır. Dolayısı ile presleme biriminden kusurlu çıkan her bir kontrolün genelde tutkal biriminden kaynaklandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca malzemenin pres tepsilerine dizilirken hızlı hareket edilmesi en alt kattaki parçanın tepsiye takılarak kırılmasına neden olmaktadır. Makinede ısı ve basınç düşüklüğü ise malzemenin birbirine yeterince kenetlenememesine neden olmaktadır. Bu durumlara örnek Şekil 1'de yer almaktadır.

Alınan önlemlerin süreçte iyileşme sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek amacıyla 2. aşamada süreçten 15 günlük daha veri toplanmıştır ve  $p$ -kontrol grafiği oluşturulmuştur. Tablo 3'te kusurlu oranı  $p$ -kontrol grafiği için alınan 15 günlük veriler verilmiştir. Tablo 3'te yer alan üretim hacimleri ve kusur sayıları kullanılarak Şekil 6'daki  $p$ -kontrol grafiği oluşturulmuştur.

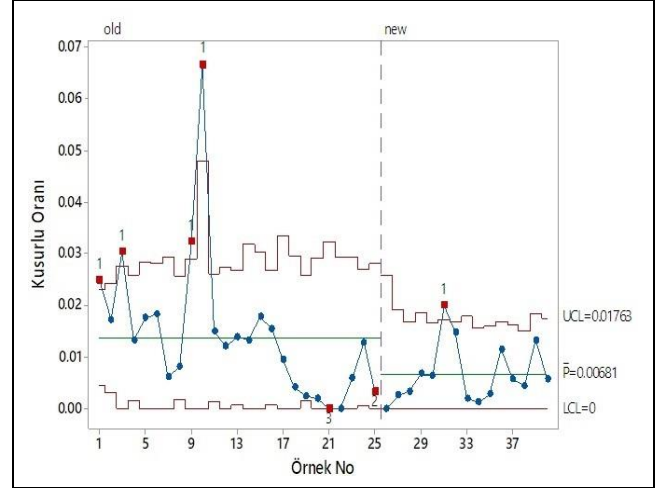
Tablo 3. 15 günlük üretim ve kusurlu mamul sayısı (2. Aşama).

Table 3. 15-day production volume and number of defective products (2<sup>nd</sup> Stage).

Örnek No (Gün)	Örnek Hacmi (adet)	Kusur Sayısı	Kusurlu Oranı
26	165	0	0.0000
27	385	1	0.0026
28	590	2	0.0034
29	440	3	0.0068
30	630	4	0.0063
31	550	11	0.0200
32	605	9	0.0149
33	495	1	0.0020
34	770	1	0.0013
35	715	2	0.0028
36	605	7	0.0116
37	700	4	0.0057
38	900	4	0.0044
39	450	6	0.0133
40	520	3	0.0057

Çalışmanın ikinci bölümünde süreci takiben elde edilen 15 günlük verilere göre, pres ve tutkal hattındaki hatalar için alınan tedbirler ve kalite kontrol birimince çalışana sağlanan geri dönüşler ile sürecin kusurlu ürün üretim oranı azaltılmıştır. Ortalama kusurlu oranını temsil eden orta çizgi aşağı inmiştir. Şekil 6'da 2. aşamada yalnızca otuz birinci

gözlem değeri üst kontrol limitini aşmıştır. Kayıt formlarından ilgili günde pres hattında çalışanın sağlık problemleri nedeni ile işine bir süre ara verdiği ve yerine üretimin aksamaması adına diğer birimlerden geçici çalışan görevlendirildiği tespit edilmiştir. Geçici çalışanın bu birimdeki faaliyetler hakkındaki yetersiz bilgisi ve tecrübesizliği nedeniyle pres hatalarının arttığı söylenilebilmektedir.



Şekil 6. Kontrol plak üretim sürecine ilişkin  $p$ -kontrol grafiği (2. Aşama).

Figure 6.  $p$ -control chart of the plywood manufacturing process (2<sup>nd</sup> Stage).

## 5 Sonuçlar

Bu çalışmada Karabük ilinde orman ürünleri endüstrisinde faaliyet gösteren küçük ölçekli bir işletmede istatistiksel kalite kontrol teknikleri uygulanmıştır. Çalışmada, kalite iyileştirme amacıyla değişken hacimli örneklem büyüklüğüne sahip  $p$ -kontrol grafiği, kontrol çizelgeleri, ağaç ve neden-sonuç diyagramlarından yararlanılmıştır. Ayrıca alınan önlemlerin süreçte iyileşme sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek amacıyla 2. aşamada süreçten 15 günlük daha veri toplanmıştır ve  $p$ -kontrol grafiği oluşturulmuştur.

Çalışmanın ilk bölümünde sürecin kontrolünü sağlamak amacıyla 25 günü kapsayan çetele tabloları hazırlanmıştır. Süreçte temel olarak, tutkallama, ebatlama ve presleme kusurları olmak üzere üç tür hataya rastlanmıştır. Çetele tabloları tarih, sorumlu kişi, ürün adı, hata türü ve toplam kusur sayısı kayıt altına alınacak şekilde tasarlanmıştır. İlk aşamada çizilen  $p$ -kontrol grafiğine göre dört gözlem değerinin üst kontrol limitini aştığı ve sürecin kontrol altında olmadığı tespit edilmiştir. Bu aşamada ardışık dokuz gözlem değeri orta çizginin altında kalmıştır ve bu gözlem değerlerine karşılık gelen günlerde sürecin kusurlu ürün üretim oranının düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durumda kalitede olası bir iyileşme olabileceği araştırılmıştır. Sürecin kontrol dışına çıkmasının olası nedenleri, önlem alınabilmesi amacıyla neden-sonuç ve ağaç diyagramları yardımıyla ele alınmıştır. İşletmenin emek yoğun bir işletme olmasının neticesi olarak insan faktöründen kaynaklı hataların çoğunlukta olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın 2. aşamasında 15 günlük veriler ile çizilen  $p$ -kontrol grafiğine göre ortalama kusurlu oranını temsil eden orta çizginin aşağı yönlü hareket ettiği gözlenmiştir. Buna göre, pres ve tutkal hattındaki hatalar için alınan tedbirler ve kalite kontrol birimince çalışana sağlanan geri dönüşler ile sürecin kusurlu ürün üretim oranı azaltılmıştır. 2. aşamada geçici

çalışan görevlendirilmesi nedeniyle yalnızca bir gözlem değeri üst kontrol limitini aşmıştır. Bu gibi durumlar için, birden fazla birimden görev alabilmelerini sağlamak amacıyla çalışanlara çapraz eğitim verilebilmektedir.

Bu çalışma sonucunda kontrplak üretimi yapan bir işletmenin üretim süreci izlenmiş ve hatalara sebebiyet veren ana ve alt nedenler tespit edilmiştir. İnsan faktörünün ön plana çıktığı bu üretim sürecinin neden-sonuç analizleri neticesinde aslında en fazla kusurun presleme hattından değil tutkallama hattından kaynaklandığı gözlenmiştir. İşletme çalışanlarının malzeme diziminde dikkatsiz davranışları, kabuklu malzeme temizleme esnasında özensiz davranışı, kenar ve ebat eşitlemesinde hata yapması, yoğun çalışma ortamından dolayı yorgun olması gibi nedenler önemli etkenler olarak belirlenmiştir. Kusurlu ürün üretimine önlem almak amacıyla işletme çalışanlarına yönelik geri dönüşlerin yapılması üretim sürecinin büyük ölçüde kontrol altına alınmasını sağlamıştır. Literatürde, orman endüstrisinde yapılmış benzer bir çalışmanın olmaması nedeniyle bu çalışma, ileriki süreçlerde bu sektörde yapılacak olan çalışmalara temel oluşturabilmektedir. Araştırma sürecine dahil olan işletme ve benzer faaliyetlerde bulunan diğer işletmelerin, bu çalışmanın bulguları ile kendi üretim süreçlerinin takibini ve kontrolünü yapabilmesi beklenmektedir. Kusurlu ürün üretim oranı açısından ulaşılan kalite seviyesinin devamlılığını sağlamak ve bu sayede maliyetleri azaltmak amacıyla süreçte *p*-kontrol grafiğinin sürekli kullanımı önerilmektedir.

## 6 Conclusions

In this study, statistical quality control techniques were applied in a small-scale facility operating in the forest products industry in Karabuk. This study used a *p*-control chart with variable sample size, check sheets, tree and cause-effect diagrams for quality improvement. Also, 15 days of data were collected in the 2nd Stage in order to control the improvements in the process, and a new *p*-control chart was created.

In the 1st Stage of the work, check sheets for 25 days were prepared to ensure process control. Three types of nonconformities were determined in the process, namely adhesive, sizing and pressing defects. The check sheets have been designed to record the date, responsible person, product name, type of defect, and the total number of defects. According to the *p*-chart created in the 1st Stage, it was determined that four observation values exceeded the upper control limit, indicating that the process was out of control. In this stage, it was determined that the proportion of nonconforming items was low on the days corresponding to nine sequential observation values below the middle line. In this case, a possible improvement in quality was investigated. The possible causes of nonconformities in the process were addressed using cause-effect and tree diagrams in order to prevent them. As the facility is a labor-intensive industry, it has been determined that the nonconformities originating from the human factor are in the majority. In the second stage of the study, a *p*-control chart was created based on 15-days of data, and it was observed that the middle line representing the average nonconforming units moved downward. Accordingly, the proportion of nonconforming items was reduced through feedback related to defects. In the 2nd Stage, only one observation value exceeded the upper control limit due to the assignment of temporary employees. Employees can be provided cross-training to work in multiple units in such cases.

As a result of this study, the production process of a plywood manufacturing facility was considered, and the primary and sub-reasons causing defects were determined. As a result of the cause-and-effect analyses, it was observed that most defects were caused not by the pressing unit but by the adhesive unit. Carelessness in material arrangement, cleaning of bark, and size equalization, as well as a busy work environment, have been determined as significant factors. Encouraged feedback has significantly contributed to controlling the production process and preventing nonconforming item manufacturing. Since no similar study has been conducted in the forest industry in the literature, this study can help studies in the future. It is expected that the enterprises engaged in similar activities will be able to control their production processes with the findings of this study. The permanent use of *p*-control charts is recommended to ensure the continuity of the quality level and to reduce costs.

## 7 Yazar katkı beyanı

Bu çalışmada, Merve YILMAZ literatür taraması, sürecin analiz edilmesi, verilerin toplanması, analizlerin yapılması, makale yazımı ve yorumlama; Erkan Sami KÖKTEN fikrin oluşturulması, yöntemin belirlenmesi, modelin oluşturulması, analizlerin yapılması, bulgu ve sonuçların yorumlanması, makale yazımı ve son kontrolü konularında katkı sağlamıştır.

## 8 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

"Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur". "Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır".

## 9 Kaynaklar

- [1] İstek A, Özlüsoyulu İ, Kızılkaya A. "Türkiye ahşap esası levha sektör analizi". *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 132-138, 2017.
- [2] Aras U, Kalaycıoğlu H. "Wood based composites and application areas". *International Refereed Journal of Engineering and Sciences*, 6, 120-136, 2016.
- [3] Ferretti I. "Optimization of the use of biomass residues in the poplar plywood sector". *Procedia Computer Science*, 180, 714-723, 2021.
- [4] Kısaoğlu DÖ. "Orta büyüklükte bir dokuma işletmesinde istatistiksel proses kontrol sistemi: 1. kumaş hatalarının kontrolü". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(3), 291-301, 2010.
- [5] Ala DM, İkiz Y. "Dokuma üretimi süresince oluşan kumaş hatalarının belirlenmesine yönelik istatistiksel bir araştırma". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(7), 282-287, 2015.
- [6] Duran C, Çetindere A. "Konfeksiyon sanayiinde faaliyet gösteren bir işletmede istatistiksel proses kontrol teknikleri ile ürün hatalarının analiz edilmesi". *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 233-254, 2012.
- [7] Ertuğrul İ, Özçil A. "The Application of "p" and "p-cusum" charts into textile sector in the statistical quality control process". *Tekstil ve Konfeksiyon*, 24(1), 9-14, 2014.
- [8] Ata S, Yıldız M, Durak İ. "Statistical process control methods for determining defects of denim washing process: a textile case from Turkey". *Tekstil ve Konfeksiyon*, 30(3), 208-219, 2020.

- [9] Mayang N, Koeswandi T.A., Yulianti S. "The analysis of quality control in garment company using statistic in controlling product". *Advances in Economics, Business and Management Research*, 15, 254-258, 2016.
- [10] Awaj Y, Singh A, Amedie W. "Quality improvement using statistical process control tools in glass bottles manufacturing company". *International Journal for Quality Research*, 7(1), 107-126, 2013.
- [11] Kırık B. Bir Konfeksiyon İşletmesindeki Son Kontrol Hatalarının İstatistiksel Yöntemlerle Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye, 2017.
- [12] Zasadzien M. "Using the pareto diagram and fmea (failure mode and effects analysis) to identify key defects in a product". *Management Systems in Production Engineering*, 4(16), 153-156, 2014.
- [13] Idris N, Sin T, İbrahim S, FadZliramli M, Ahmad R. "A case study of coffee sachets production defect analysis using pareto analysis, p-control chart and ishikawa diagram". *Intelligent Manufacturing and Mechatronics Conference*, Perlis, Malaysia, 20 June 2021.
- [14] Islam M, Khan AM, Khan MR. "Minimization of reworks in quality and productivity improvement in the apparel industry". *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 1(4), 2305-8269, 2013.
- [15] Turgut M. Otomotiv Sektöründe Altı Sigma Metodolojisi ile Yeniden İşlenen Ürün Miktarının Azaltılması. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, 2022.
- [16] Kaya İ, Engin O. "Kalite iyileştirme sürecinde yapay zekâ tekniklerinin kullanımı". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(1), 103-114, 2005.
- [17] Başaran N. Kalite İyileştirmede İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinden Pareto Analizi ve Gıda Sektöründe Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2010.
- [18] Yıldırım H, Karaca E. "Üretim sürecinde istatistiksel proses kontrol (İPK) uygulamaları ve elektronik sektörde bir inceleme". *Öneri Dergisi*, 10(39), 77-87, 2013.
- [19] Özcan S, Aykanat Z. "Tam yağlı katı yoğurt üretiminde süt yağ oranının istatistiksel kalite kontrol grafikleri ile incelenmesi". *Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergisi*, 34(34), 109-130, 2017.
- [20] Ertuğrul İ, Karakaşoğlu N. "Kalite kontrolde örneklem büyüklüğünün değişken olması durumunda p kontrol şemalarının oluşturulması". *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(10), 65-80, 2006.
- [21] Montgomery DC. *Statistical Quality Control*. 7<sup>nd</sup> Ed. New York, USA, Wiley, 2009.