Araştırma Makalesi

İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜ TEKNİKLERİ ÜZERİNE BİR PARFÜM ÜRETİM HATTINDA ÖRNEK UYGULAMA ÇALIŞMASI

Berk Kemal GÜZEL†, Mustafa KÖKSAL††

† İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

†† İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

berkkemalguzel@gmail.com, mkoksal@ticaret.edu.tr

0000-0002-9037-2187, 0000-0001-6026-9798

ÖZET

İstatistiksel Süreç Kontrolü (İSK), mevcut sürecin izlenmesine ve iyileştirme çalışmalarının yürütülmesine imkan tanır. Süreçteki arızaların ve hataların tespiti ve çözümü için çetele, gruplandırma, Pareto analizi, histogram, balık kılçığı diyagramı, serpilme (korelasyon) ve kontrol diyagramları gibi yedi temel teknik kullanılır. Bu çalışmada, kozmetik sektöründe çeşitli kategorilerde ürünlerin üretimini gerçekleştiren bir işletmenin parfüm üretim hattında İSK tekniklerinin uygulanması incelenmiştir. İyileştirme çalışmalarına başlamadan önce, işleri kolaylaştırmak amacıyla parfüm hattının genel kuşbakışı çizimi ve iş akış diyagramı hazırlanmıştır. Ardından, üretim sürecinde ortaya çıkan arıza tiplerinin ve sebeplerinin belirlenmesi için düzenli veri toplama amacıyla çetele oluşturulmuştur. Öncelikli arıza nedenlerine odaklanmak için Pareto analizi yapılmıştır. İşletmede, arızaların başlıca nedenlerini belirlemek için balık kılçığı diyagramı oluşturulmuştur. Arıza sayısının dağılımının normal olup olmadığını kontrol etmek için histogram kullanılmıştır ve en sık tekrar eden hata tipleri arasındaki etkileşimi belirlemek için korelasyon diyagramları oluşturulmuştur. Sürecin kontrol altında olup olmadığını belirlemek için çetele tablosundan elde edilen verilerle kusurlu ürün yüzdeleri için p kontrol diyagramı oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kontrol Diyagramları, Korelasyon Katsayısı, Kozmetik Sektörü, İstatistiksel Süreç Kontrolü, Pareto Diyagramı

CASE STUDY BASED ON STATISTICAL PROCESS CONTROL TECHNIQUES ON A PERFUME MANUFACTURİNG LINE

ABSTRACT

Statistical Process Control (SPC) enables monitoring of the current process and facilitates improvement efforts. Seven fundamental techniques such as check sheets, grouping, Pareto analysis, histograms, fishbone diagrams, scatter (correlation) plots, and control charts are utilized for detecting and resolving errors and defects in the process. This study examines the application of SPC techniques in the perfume production line of a company that manufactures products in various categories within the cosmetic sector. To facilitate improvement efforts, an overview diagram and workflow diagram of the perfume line were prepared before initiating improvement activities. Subsequently, a check sheet was created to collect regular data for identifying types and causes of defects in the production process. Pareto analysis was conducted to focus on primary causes of defects. A fishbone diagram was developed to identify the main causes of errors in the company. Histograms were used to determine whether the distribution of defects was normal, and correlation diagrams were created to assess interactions between the most frequently occurring error types. A p control chart was constructed to determine whether the process was under control by using data obtained from the check sheet for defective product percentages.

Keywords: Control Diagrams, Correlation Coefficient, Cosmetics Sector, Statistical Process Control, Pareto Diagram

Geliş/Received	**:**	**xx.xx.xxxx**
Gözden Geçirme/Revised	**:**	**xx.xx.xxxx**
Kabul/Accepted	**:**	**xx.xx.xxxx**

1. GİRİŞ

Günümüzde işletmeler, karmaşık ve dinamik pazar koşullarında rekabet avantajı elde etmek ve sürdürmek için sürekli olarak süreçlerini gözden geçirmekte ve iyileştirmektedir. Bu süreçlerin etkin bir şekilde yönetilmesi ve kalitenin sürekli olarak sağlanması, işletmelerin başarısı için kritik öneme sahiptir. İşletmeler, müşteri memnuniyetini artırmak, maliyetleri düşürmek ve verimliliği artırmak amacıyla süreçlerini optimize etmeye çalışmaktadır. Ancak, karmaşık üretim hatlarında ve ürünlerdeki artan varyasyonlar nedeniyle, süreçlerde hataların ve kusurların ortaya çıkması kaçınılmazdır. İşte bu noktada, İstatistiksel Süreç Kontrolü (İSK) yöntemleri devreye girmekte ve yardımcı olmaktadır.

İSK, süreçlerin istikrarını izlemek, kontrol altında tutmak ve kaliteyi sürekli olarak iyileştirmek için kullanılan bir dizi araç ve tekniktir. Bu teknikler, süreçlerdeki varyasyonları analiz etmeyi, hataları belirlemeyi ve kaliteyi sürekli olarak artırmayı sağlar.

İSK'nın temel araçlarından biri olan kontrol diyagramları, süreçlerdeki varyasyonları izlemek ve kontrol altında tutmak için kullanılan güçlü bir araçtır. Kontrol diyagramları, süreçteki önemli değişiklikleri tanımlamak, hataları tespit etmek ve kalite sorunlarını çözmek için kullanılır. Özellikle, uygulama çalışmasının yapıldığı kozmetik endüstrisi gibi hassas ve karmaşık üretim hatlarında, kontrol diyagramları, süreçlerin izlenmesi ve hataların belirlenmesi açısından hayati öneme sahiptir. Parfüm üretim hattında gerçekleştirilen bu çalışma, İSK tekniklerinin kozmetik üretim süreçlerinde nasıl kullanılabileceğini ve bu tekniklerin işletmenin kalite performansını artırmak için nasıl etkili bir şekilde kullanılabileceğini incelemektedir. Parfüm üretim sürecindeki hataların belirlenmesi ve çözümü, müşteri memnuniyeti, marka itibarı ve işletmenin rekabet gücü açısından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, İSK'nin etkin bir şekilde uygulanması, işletmenin rekabet gücünü artırmak, kalite standartlarını yükseltmek ve sürdürülebilir bir başarı elde etmek için hayati bir adımdır. Bu çalışma, parfüm üretim hattında İSK'nın nasıl kullanılabileceğini, bu tekniklerin işletmenin kalite performansını nasıl iyileştirebileceğini ve kozmetik endüstrisinde İSK'nın önemini ayrıntılı olarak ele alacaktır.

Günümüzde, kalite ve ilgili konularda bir kavram birliğinin eksikliği çeşitli mesleki alanlarda, endüstride ve günlük yaşantımızda belirgin bir şekilde görülmektedir. Örneğin, bir kişi kaliteli bir ürünü, mamulünün fiyatının yüksekliğiyle ilişkilendirirken, başka bir kişi bu terimi ürünün sağlamlığıyla ilişkilendirebilir. Aynı şekilde, bir fabrikanın laboratuvarında çalışan bir teknisyen, malzeme dayanıklılığına yönelik bir test yaparken, bu eylemi kalite kontrolü olarak algılayabilir. Kalite kontrol sistemlerinin etkin bir şekilde kurulması ve uygulanması, işletmedeki her seviyeden personelin kavramlar konusunda birleşmesiyle mümkün olur (Kobu, 2010).

Kalite kontrolü konusundaki titiz çalışmalara rağmen, mamul mallarda bazı yapım hatalarının ortaya çıkması kaçınılmaz olabilir. Bu durumda, üretim birimi yöneticisi ve kalite kontrol uzmanları, hata olasılığını azaltmaya çalışırken aynı zamanda bazı hususlara da dikkat etmelidirler. Özellikle, üretim sürecindeki her adımda kalite standartlarının titizlikle izlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, üretim ekipmanlarının düzenli bakımının yapılması ve çalışan personelin sürekli eğitilmesi de önemlidir. Bu şekilde, üretim hatalarının en aza indirilmesi ve kalitenin sürekli olarak sağlanması mümkün olabilir. (Can, 2001).

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde İstatistiksel Süreç Kontrolü konusu üzerinde geçmiş yıllarda yapılan çalışmaların literatür taraması yapılmıştır. Literatür taraması için 2010 yılı sonrası yapılan yerel ve uluslararası çalışmalar ele alınmıştır.

Şahin (2013) çalışmasında, üretim sürecindeki değişkenliğin sebeplerini araştırmış ve bu değişkenliğin hesaplanmasında süreç yeterlilik göstergeleri olan C_p ve C_{pk} detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Bu çalışma kapsamında, bu tekniklerin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla bir tekstil işletmesinde örnek uygulama gerçekleştirmiştir.

Gejdo, (2015) çalışmasında, İstatistiksel süreç kontrolünün seçilmiş araçlarının uygulanmasıyla sürekli kalite iyileştirmesi sağlanmasına odaklanmaktadır. Bu araçların avantajı, hatalara ve düşük kaliteye neden olan süreçlerin etkilerini belirleyebilmeleridir. Yetenek endeksi, histogram, DMAIC modeli ve kontrol diyagramları gibi araçlar, süreçteki anormal değişkenliği güvenilir bir şekilde belirleyebilir ve bu şekilde kalite iyileştirmesine katkıda bulunabilir. Makalede histogramlar ve Shewhart kontrol diyagramları aracılığıyla işlem sırasında sistemsel etkilerin ve dolayısıyla süreçlerdeki doğal olmayan değişkenliğin ortaya çıkarılması işlenmektedir.

Atalay ve Kılıç (2016) çalışmalarında, 21.09.2011 tarihinde BOTAŞ petrol işletmesinde meydana gelen vinç kazasını incelemişlerdir. Yapılan inceleme kapsamında, mobil vinç kazasının olası nedenleri, neden-sonuç analizi olarak bilinen balık kılçığı diyagramı kullanılarak belirlenmiş ve kazanın tekrarlanmaması için alınması gereken önlemler vurgulanmıştır.

Çakırkaya ve Acar (2016) çalışmalarında, öncelikle İstatistiksel Süreç Kontrolü tekniklerini detaylı bir şekilde açıklamışlardır, daha sonra hataların önem derecelerini belirlemeye yardımcı olan Pareto Analizi üzerinde durarak, Pareto analizinin, problemin teşhis ve analizinde son derece etkili bir teknik olduğu vurgulamışlardır. Çalışmanın

uygulama bölümünde, bir üretim hattında meydana gelen hatalar belirlenmiş ve bu hatalar Pareto Diyagramı kullanılarak tekrarlanma sıklığı üzerinden analiz edilmiştir.
Yılmaz ve Ersöz (2018) çalışmalarında, bir havacılık ve uzay fabrikasında üretilen A400M Kargo tipi askeri uçağa ait iskelet gövde parçasının bir yıllık üretim miktarından belirli bir örneklem miktarı alınarak hata oranları tespit edilmiş ve hataların kaynağı bulunarak mevcut standartlara uyup uymadığı belirlenmiştir.
Ilgın ve ark., (2016) çalışmalarında, makinelerden alınan ölçümlerin analizinde kalite kontrol diyagramları ve süreç yeterlilik indeksini kullanan bir kestirimci bakım bilgi sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistemde, bir makineden alınan muayene değerleri sisteme girildiğinde, bu değerlerle oluşturulan kalite kontrol diyagramında bir örüntü tespit edilirse, bir uyarı mesajı verilmektedir. Geliştirilen sistem bir paketleme fabrikasında uygulanmış ve plansız makine duruşlarından kaynaklanan maliyetlerde önemli bir düşüş sağlanmıştır.
Akyurt, (2020) çalışmasında, endüstriyel ekmek üretimi yapan bir işletmenin üç fabrikasındaki 10 hatta üretilebilen 300 gram ambalajsız normal ekmek ürünü için istatistiksel süreç kontrol teknikleri ve kontrol diyagramları kullanarak üretim hatlarını incelemiştir. Her hat için pişirme sürecinden sonra örneklem alınmış ve pişmiş ürün gramajı ölçülmüştür. Hatların kendi içinde kontrol altında olup olmadığı kalite kontrol diyagramları yardımıyla değerlendirilmiştir. Ayrıca fabrikalar ve hatlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olup olmadığını belirlemek için varyans analizi (Anova) uygulanmıştır. Kontrol dışındaki süreçlerde meydana gelen hataların nedeni araştırılarak alınması gereken tedbirler tespit edilmiştir.
Carvalho ve ark., (2021) çalışmalarında, idari hastane veri tabanlarında veri kalitesi sorunlarının kök nedenlerini belirlemek için sistematik bir inceleme yapmışlardır Yapılan inceleme kapsamında, potansiyel kök nedenler belirlenmiş ve bu nedenler Ishikawa (Balık Kılçığı) diyagramı modeli kullanılarak personel, malzeme, yöntem, makine, görev ve yönetim kategorilerine göre sınıflandırılmıştır. Elde edilen sınıflandırma sonucunda, veri kalitesi sorunlarının çoğunlukla personel kategorisiyle ilgili olduğu ve bu sorunların hastane belgelerinin kalitesi ile finansal teşvikler gibi diğer kategorilerde de önemli yer tuttuğu bulunmuştur. Makale, bu kök nedenlerin bir kataloğunu sunarak veri kalitesini iyileştirme amacı taşımaktadır.
Bayhan ve ark., (2022) çalışmalarında, istatistiksel kalite kontrolü üzerine yapılan geçmiş araştırmaları özetlemeyi ve incelenen çalışmaları gözden geçirmişlardir. DergiPark ve TR Dizin gibi arama motorlarında "istatistiksel kalite kontrolü", "istatistiksel süreç kontrolü" ve "istatistiksel süreç kontrolü" anahtar kelimeleriyle yapılan literatür araştırmasının sonuçlarına dayanarak, makalelerin yıllara ve dergilere göre dağılımını incelemişlerdir. Çalışma kapsamında derlenen makalelerin tam listesini sunmuşlar ve bu makalelerin pratik çözüm çalışmalarından oluştuğunu ve üretim işletmelerinde yapılan uygulamalara odaklandığını belirtmişlerdir.
Parlakyiğit, (2022) çalışmasında, istatistiksel süreç kontrolü çalışması yapmak amacıyla bir tekstil işletmesinde, apre işlemine tabi tutulan %70 pamuk ve %30 keten içeren bir gömleklik kumaş türünü incelemeye almıştır. Öncelikle, seçilen kumaşa açma, yakma, yıkama, kurutma, ramözde kimyasal apre (silikon yumuşatıcı, buruşmazlık ve su iticilik), kalandırma, kondense ve sanfor işlemleri uygulanmıştır. Bu süreç kontrolleri sırasında toplam 1343 kontrol gerçekleştirilmiş ve 31 uygunsuzluk tespit edilmiştir. Pareto analizi yapıldığında, bu uygunsuzlukların çoğunun kumaşın yaş beklemesi sonucu meydana geldiği, diğerlerinin ise rotasyonlardaki dönmeme problemi, kamara ısı problemleri ve dikkatsizlik sonucu yırtılma olduğu belirlenmiştir.
Salacinski ve ark., (2023) çalışmalarında, kalite yönetiminde son derece önemli bir konu olan süreçleri izleme ve hataları teşhis etmenin önemini vurgulamış ve ardından kontrol grafikleri olarak adlandırılan araçları kullanarak süreci kontrol altına almayı ele almıştır.
Megahed ve ark., (2024) çalışmalarında, yapay zeka modellerinin özellikle de ChatGpt gibi modellerin, İstatistiksel Süreç Kontrolü (İSK) uygulamaları, öğrenme ve araştırmalarını nasıl devrimleştirebileceğini ve bu araçların henüz gelişme aşamasında olduğunu ve kolayca yanlış kullanılabileceğini veya yanlış anlaşılabileceğini öne sürmüşlerdir. Gelişmekte olan yapay zeka modellerinin genel bir özetini sunarak, özellikle ChatGPT'nin İSK uygulamaları, öğrenme ve araştırmalarla ilgili temel kavramları açıklama ve kod sağlama yeteneğini araştırmışlardır. Yapılandırılmış ipuçlarına verilen yanıtları inceleyerek, sonuçların avantajlarını ve sınırlamalarını vurgulamışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Şirket Tanımı

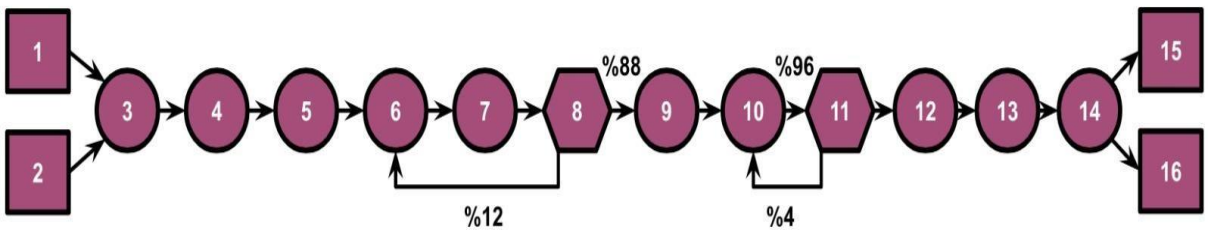
Uygulama yapılan işletme kozmetik sektöründe, parfüm, oje, ruj, kolonya ve maskara gibi geniş ürün yelpazesine sahip olup, İstanbul Avrupa yakasında yer alan tesislerinde üretim faaliyetlerini yürütmektedir. Firma kuruluş tarihi olan 1992 yılından itibaren yurt içi ve yurt dışı piyasalara ürün sunmakla birlikte aynı zamanda kendi sektöründeki firmaların alt tedarikçiliğini yapmaktadır. Sabit zamanlı vardiya ile çalışan firmada parfüm hattında 13; toplam da ise 220 personel bulunmaktadır.

3.2. Veri Toplama Süreci

Parfüm üretim hattında üretim sürecinin öncesinde, esnasında veya sonrasında ortaya çıkan hatalar ve sebepleri üzerine yapılan çalışma için veriler Nisan 2022 ve Eylül 2022 arası 6 aylık süre zarfında her bir hafta için toplam 1000 adet ve beş mesai günü için de her gün için toplam 200 adet olacak şekilde rastgele örnek alınmıştır. Alınan çıktılar üzerinden önce kusurlu ürün sayısı hesaplanmış. Devamında ise kusur tipleri tanımlanarak kümülatif yüzde üzerinden analiz edilmiştir. Uygulama çalışmasına geçilmeden önce ise parfüm hattının kuşbakışı teknik çizimi yapılmış ve parfüm üretim sürecinin iş akış diyagramı oluşturulmuştur. Daha sonra ise uygulama çalışması için toplanan verilerden çetele elde edildikten sonra, istatistiksel süreç kontrol tekniklerinden; gruplandırma, pareto analizi, balık kılçığı diyagramı, korelasyon diyagramı ve histogram ve de ölçülemeyen özellikler için kullanılan p kontrol diyagramı kullanılmıştır. Çalışma boyunca yapılan bütün analizler için Minitab programı kullanılmıştır.

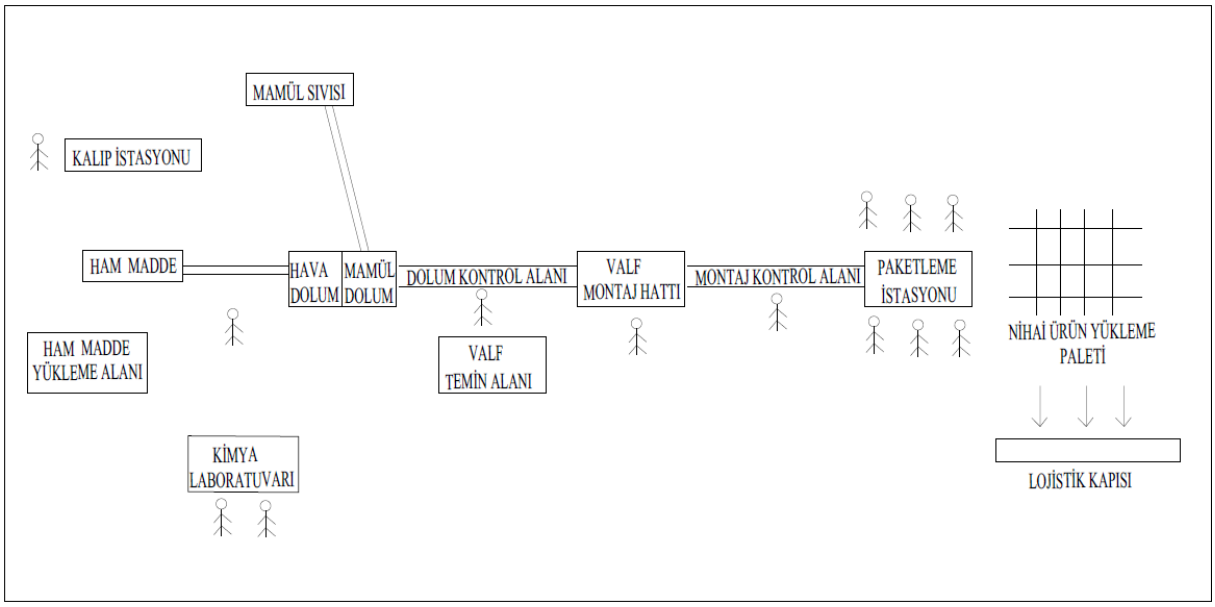
3.3. İş Akış Diyagramı ve Kuşbakışı Çizim

Mevcut parfüm üretim hattında bir seri süreç iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır. Bunlardan biri parfüm üretim sürecini çalışan, makine ve malzeme açısından verimli hale getirmektir. Buna göre ilk adım, mevcut süreç için iş akış şeması hazırlanmasıdır. Katılım gösterilen süreç iyileştirme çalışmaları ile parfüm üretimi gözlemlenmiş ve faaliyet süreci başından sonuna kadar izlenmiştir. Sürecin 16 basamağı aşağıdadır:
1. Kalıplar Konveyör (Taşıyıcı) sistemine yerleştirilir.
2. Laboratuvar ortamında hazırlanan parfüm sıvısı (Mamul) tüp üzerinden makineye bağlanır.
3. 1. ve 2. Adımlar tamamlandıktan sonra boş parfüm şişeleri kalıplara yerleştirilir.
4. Makine ve Konveyör sistemleri eş zamanlı olarak çalıştırılır.
5. Boş parfüm şişelerine tozlanmayı önlemek için ilk önce hava yüklemesi yapılır.
6. Hava yüklenen boş parfüm şişeleri parfüm sıvısı (Mamul) ile doldurulur.
7. Çalışan parfüm şişelerinin doluluğunu kontrol eder.
8. Şişe yeterince dolu değilse (Ortalama %12 oranında yaşanmaktadır.) 6. Ve 7. Adımlar tekrarlanır.
9. Parfüm kapağı (Valf) takılır.
10. Çalışan parfüm kapağının parfüm şişesine tam monte olup olmadığını kontrol eder.
11. Parfüm kapağı tam monte değilse (Ortalama %4 oranında yaşanmaktadır.) 10. Adım tekrarlanır.
12. Parfüm şişesinin kapak kısmına koruyucu yüzük takılır.
13. Hazırlanan parfüm şişeleri ambalajlanmak üzere paketleme alanına taşınır.
14. Paketleme alanına gelen şişeler önce paketleme işlemi yapılarak teslimata hazır hale getirilir, daha sonra yığın haline getirilerek taşıma paletine yüklenir.
15. Lojistik birimine gönderilir.
16. Depo birimine gönderilir.



Şekil 1. Parfüm Hattı İş Akış Diyagramı

Hazırlanan iş akış diyagramı vasıtası ile şirket yönetimi her adımı analiz etme, sürece değer katan ve iyileştirme ihtiyacı olan adımları belirleme imkânı elde etmiştir.



Şekil 2. Parfüm Hattı Kuşbakışı Çizimi

Yukarıda verilen parfüm hattı kuşbakışı teknik çiziminde görüldüğü üzere mevcut hatta; iki kişi laboratuvar alanında, mamul hazırlanma aşamalarından, bir kişi kalıp istasyonu görevlisi olarak hem kalıpların bakımından hem de mamul sıvısının kontrolünden, bir kişi hem hammadde yerleştirmeden ve hava dolumundan, bir kişi dolum kontrolden, bir kişi valf montajından, bir kişi valf montajının kontrolünden, iki kişi nihai ürün paketleme işleminden ve dört kişi nihai ürün yüklemeden sorumlu olmak üzere toplam on üç (13) kişi çalışmaktadır.

3.4. Hata Tiplerinin Tanımlanması ve Sınıflandırılması

Parfüm üretim sürecinin her aşaması izlenerek elde edilen verilere göre üretim öncesinde, esnasında veya sonrasında tespit edilen hatalar Kırık kapak, silik yazı, kırık kenar, hatalı boyama, eksik dolum, kırık taban, boya lekeli, hatalı kalıp ve eksik yazı olmak üzere 9 farklı türde sınıflandırılmıştır. Aşağıda her bir hata tipi kısaca tanımlanmıştır.

1. Kırık Kapak: Üretim esnasında en sık karşılaşılan hata tipi olan kırık kapak hatasının büyük oranda iş akışında belirtilen sürecin 5. Aşaması olan hava dolum aşamasında gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Firma farklı tip parfüm şişeleri üretmekte olduğu için her bir yeni parti üretime geçilmeden önce makine sertlik ayarı kalibre edilmektedir. Her parfüm şişesine göre optimum düzeyde ayar yapılmadığı durumlarda bu kusur tipinde artış gözlemlenmiştir.
2. Silik Yazı: En sık ikinci hata tipi olan silik yazı hatası parfüm şişelerinin yazı yazılamayacak şekilde kusurlu olması sonucu ortaya çıkmaktadır. Kusurlu şişeler üretime başlamadan fark edilip geri dönüşüme yollanmaktadır. Eğer bu tip şişelerin kusurlu olduğu gözden kaçar ve üretime dahil edilirse hem hammadde hem de mamul (parfüm sıvısı) israf edilmiş olur. Çalışanlar bu konuda bilgilendirilmiştir.
3. Kırık Kenar: Üretime başlamadan fark edilen bu hata tipinin ortaya çıkma sebebi kesin olarak tespit edilememektedir. Fakat yapılan beyin fırtınası çalışmaları sonucunda; parfüm şişelerinin koli halinde taşınırken alabileceği hasarlara bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu hata tipinin İş akış diyagramında 14. Adım olan taşıma paletine yükleme işlemi esnasında ortaya çıkabileceği konusunda çalışanlar bilgilendirilmiştir.
4. Hatalı Boyama: Sadece renkli tip şişelerde gözlemlenebilen bu hata türü Laboratuvar ortamında şişelere boyama işlemi uygulanırken yapılmaktadır. Örneğin kırmızı olması gereken şişe, turuncu renge boyanabilmektedir. Boyama işlemi geri alınıp telafi edilemeyen bir işlemdir. Bu yüzden hatalı şişeler geri dönüşüme iletilmektedir.
5. Eksik Dolum: İş akış diyagramında 7. Adım olan doluluk kontrolü adımında oluşacak çalışan dikkatsizliğinden kaynaklanır. Dolum kontrolden sorumlu çalışan eğer tam dolu olmayan şişeyi 8.Adım olan valf montaj adımına gönderirse kusurlu ürün oluşur. Çünkü takılan valfin demonte edilebilmesi mümkün değildir.
6. Kırık Taban: Kalıp seçim sürecinde hata yapılması durumunda makine aşınmaları meydana gelmektedir. Bu aşınma şişelerin tabanını delerek kusur oluşturmaktadır. Kalıp İstasyonu çalışanı parfüm şişesinin taban çevresi ölçümünde hata yapması sonucu ortaya çıkmaktadır.
7. Boya Lekeli: Şişe üzerinde herhangi bir noktada oluşan bir boya lekesi olması durumudur. Ortaya çıkma sebebi ve sonrasında yapılacakları kısmında 2 numaralı silik yazı hata tipiyle tamamen benzerlik göstermektedir.
8. Hatalı Kalıp: Üretime başlamadan şişelere konveyör boyunca eşlik edecek kalıp seçimi yapılır. Her tip şişenin boyutlarıyla eşleşen kalıpları mevcuttur. Hatalı kalıp seçilmesi durumunda hem şişeler de kırılma hem de makine de aşınma meydana gelir.

9. Eksik Yazı: Laboratuvar ortamında kaynaklanan bir hatadır. Tasarlanan şişe modeli üzerinde yazılması gereken etiketlerin eksik veya yanlış yazılma sonucu ortaya çıkar. Laboratuvar çalışma ortamının aydınlatma açısından ergonomik olmaması bu hata tipini tetiklemektedir.

4. UYGULAMA ÇALIŞMASI

4.1. Çetele Tablosu

Çetele, veri toplamak ve toplanan verileri düzenli bir şekilde kaydetmek için kullanılan formların genel adıdır. Çetele tablosu üretim sürecinden elde edilen verilerin işlenmesi ve görselleştirilmesi amacıyla kullanılan, üretim faaliyetlerinde her bir aşamanın süreç performansını analiz etmek için kullanılan önemli bir tablodur. Bu tablolar, üretim hattındaki her bir bileşenin veya sürecin performansını ayrıntılı olarak izlemek, sorunlu alanları belirlemek ve iyileştirme fırsatlarını tanımlamak için kullanılır. Üretim verilerinin çetele tablosu aracılığıyla sistematik bir şekilde kaydedilmesi, yöneticilere ve çalışanlara süreçlerin performansını değerlendirme ve sürekli iyileştirmeye yönelik adımlar atma konusunda imkan sağlamaktadır.

Bu çalışma için hazırlanan çetele tablosu parfüm hattından elde edilen veriler baz alınarak oluşturulmuştur. Hazırlanan tablo için Nisan – Eylül 2022 arası altı (6) aylık dönem boyunca her beş (5) iş günü 100 adet olacak şekilde rassal olarak veri toplanmıştır.

Tablo 1. Hata Çetele Tablosu

Hata/Hafta	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**Toplam**
Kırık kapak	45	57	26	39	35	21	54	37	44	51	19	26	43	38	63	35	42	45	33	62	45	34	29	28	28	986
Silik yazı	7	11	4	0	0	9	4	3	5	6	0	5	14	8	0	0	7	5	1	0	4	0	2	6	6	101
Kırık kenar	0	0	4	1	3	10	5	5	2	1	0	0	0	9	4	2	6	0	7	14	3	1	0	3	3	85
Hatalı boya	3	0	7	1	0	0	0	0	5	6	4	0	1	3	2	4	0	0	0	1	5	6	6	3	3	64
Eksik dolum	1	2	0	0	0	2	1	3	4	0	1	0	0	4	0	1	1	1	0	1	0	0	0	2	2	26
Kırık taban	2	5	0	1	0	3	1	2	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	1	2	0	0	1	0	0	23
Boya lekesi	0	0	0	0	0	3	2	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	17
Hatalı kalıp	1	1	0	0	2	3	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	14
Eksik yazı	2	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	11
Toplam	61	76	41	42	40	52	70	52	60	65	24	34	59	62	72	44	56	55	42	81	58	42	53	39	47	**1327**

Nisan 2022 – Eylül 2022 arası 6 aylık dönemde gerçekleştirilen süreç iyileştirme çalışmaları sonucunda hazırlanan hata çetele tablosu aracılığıyla her bir hata tipinde ortaya toplam hata sayısı ve parfüm hattı genel toplam hata sayısı bulunmuştur. Buradan elde edilen veriler aracılığıyla parfüm üretim hattının toplam hata oranı aşağıdaki hesaplama yapılarak yüzdelik olarak hesaplanmıştır.

$$Hata\ Oranı = \left(\frac{1327}{2500}\right) \times 100 = \%5.3 \quad (1)$$

4.2. Pareto Diyagramı

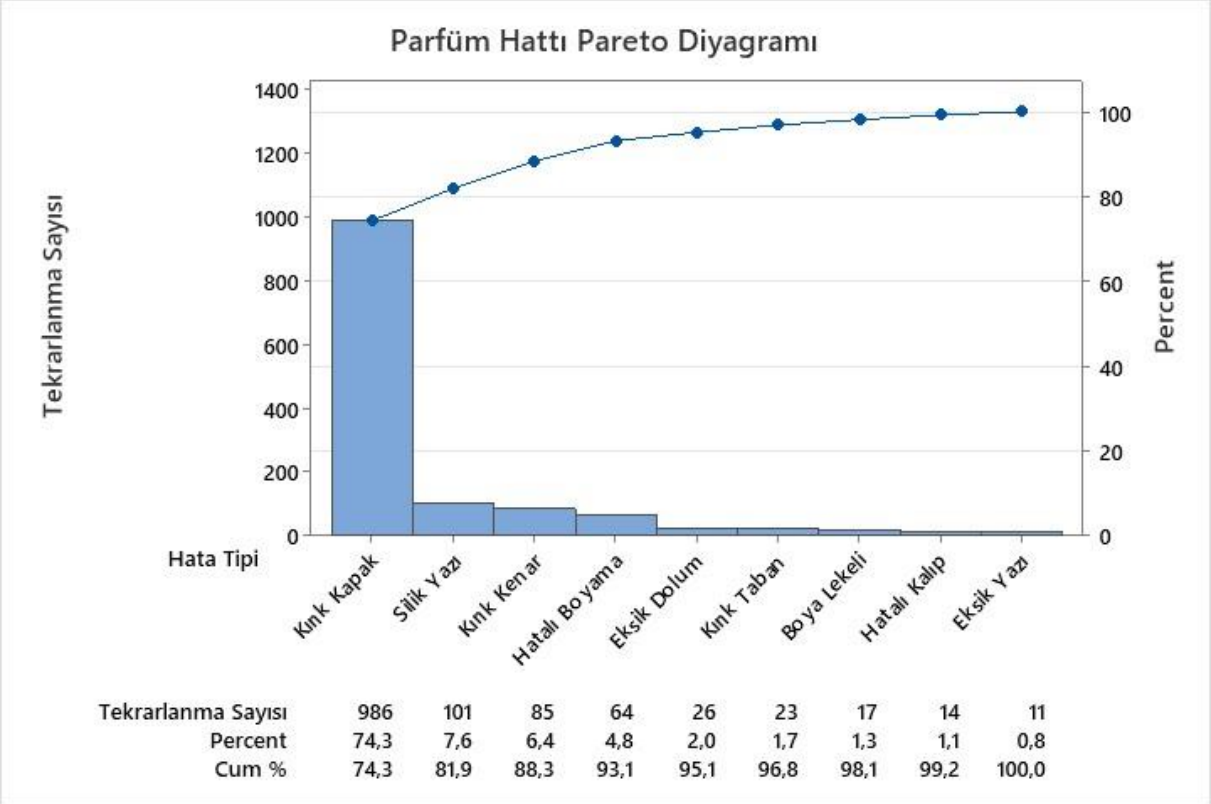
Pareto analizi, bir sistem veya süreçteki en etkili sık tekrar eden hata tiplerini belirlemek amacıyla kullanılan istatistiksel bir tekniktir. Bu analiz, Pareto prensibi olarak da bilinen ve bir süreçte ortaya çıkan hataların %80'i giderildiği zaman süreçteki bütün hataların giderileceği düşüncesi ile yapılan Pareto analizi literatürde 80/20 kuralı olarak da bilinmektedir, yani bir sonucun %20'sinin genellikle sonucun %80'ini oluşturduğu varsayımıyla işler.
Pareto analizi hazırlama sürecinde, ilk olarak veriler toplanır ve analiz edilir. Ardından, en önemli etkilerin belirlenmesi için veriler genellikle sıralanır ve yüzdelik olarak kümülatif toplam hesaplanır. Bu analiz, sayesinde ortaya çıkan hataların tekrarlanma sıklığına göre sıralanması ve hangi hata tipinde daha fazla süreç iyileştirme çalışması yapılması gerektiği ortaya konmaktadır.

Çetele tablosundan elde edilen verilere göre, hataların sınıflandırılması ve büyükten küçüğe doğru kümülatif yüzde üzerinde sıralanması tablo 2'de gösterilmiştir. Tabloda hatalar, azalan sırayla yukarıdan aşağıya doğru listelenmiştir.

Tablo 2. Hata Sıralama Tablosu

Hata Tipi	**Sıklık**	**Kümülatif Yüzde**
Kırık Kapak	986	74,30
Silik Yazı	101	7,61
Kırık Kenar	85	6,41
Hatalı Boyama	64	4,82
Eksik Dolum	26	1,96
Kırık Taban	23	1,73
Boya Lekeli	17	1,28
Hatalı Kalıp	14	1,06
Eksik Yazı	11	0,83
Toplam	**1327**	**100**

Aşağıdaki hata tipleri pareto diyagramında elde edilen bilgilere göre sıralamadaki ilk 2 hata olan kırık kapak ve silik yazı hataları toplam hataların yüzde seksenden fazlasını (%81,91) oluşturmaktadır. Buna göre, bu iki hata tipinin minimize edilmesi durumunda hatalar büyük oranda giderilecektir.

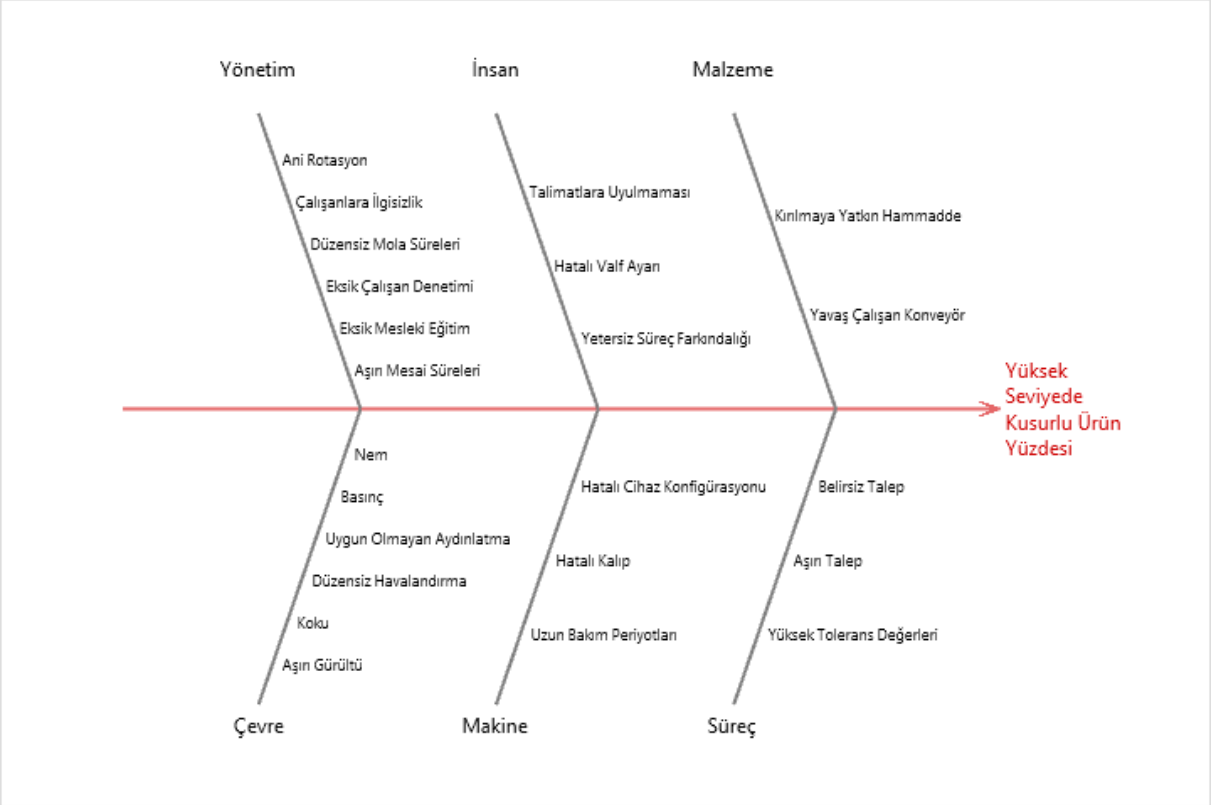


Şekil 3. Hata Tipleri Pareto Diyagramı

4.3 Balık Kılçığı Diyagramı

Kalite standartlarındaki problemleri tanımlamak ve eksik kalınan yerlere odaklanılmasını sağlayan bir başka kalite aracı da Balık Kılçığı, Ishikawa veya neden-sonuç diyagramıdır. Bu diyagram, belirli bir hatanın, kusurun veya arızanın kök nedenlerine inebilmek, bu nedenlerin alt nedenlerini tanımlamak ve göstermek için kullanılır. Bu diyagram, belirli bir soruna etki eden tüm faktörlerin nedenlerini bir şekil üzerinde göstermek amacıyla oluşturulur. (Ishikawa, 1976) Bu diyagram şekil olarak, bir balığın kılçığına benzediği için genellikle "Balık Kılçığı Diyagramı" olarak anılmaktadır.

Balık Kılçığı diyagramının çizimi, aşağıdaki adımları içermektedir:
1. İncelenecek problemi veya arızayı tanımlamak.
2. Analiz ekibini oluşturmak ve beyin fırtınası ile muhtemel nedenleri keşfetmek.
3. Ana omurgayı, yani balığın merkez çizgisini çizmek.
4. Potansiyel nedenlerin ana kategorilerini belirlemek ve bunları merkez çizgisine bağlamak.
5. Olası nedenleri belirlemek ve bu nedenleri ana kategorilere dahil etmek, gerekirse yeni kategoriler oluşturmak.
6. Sorun giderici tedbirler almak. (Montgomery, 2009)



Şekil 4. Parfüm Üretim Hattı İçin Hazırlanan Balık Kılçığı Diyagramı

Başta, en yüksek seviyede kusurlu ürün çıkmasına sebep olan, aynı zamanda 1(bir) numaralı hata tipi olarak tanımladığımız kırık kapak tipi hatanın ve diğer hata tiplerinin nedenlerinin araştırılması için Parfüm Hattı Teknik Bölüm Sorumlusu, Üretim Hattı Genel Sorumlusu, Makine Bakım Sorumlusu ve parfüm hattından iki personelin, yardımlarıyla şekildeki balık kılçığı diyagramı hazırlanmıştır.
Şekil üzerinden yola çıkılarak kusurlu ürün yüzdesinin altı temel sebebi üzerinde beyin fırtınası gerçekleştirilmiştir. Bu altı temel sebep; Süreç, Malzeme, İnsan, Çevre, Makine ve Yönetim ana başlıkları altında incelenmiştir.
Malzeme: Parfüm üretimi için tedarik edilen cam şişelerin kırılgan yapısı, parfüm makinesi üzerinde kalıp ve cam şişe taşınması işlemlerinde kullanılan konveyör sisteminin olması gerekenden yavaş çalışması malzeme ana başlığı altında kusurlu oranını tetiklemektedir.
Süreç: Parfüm üretim sürecini doğrudan etkileyen başlıklardan birisi de taleptir. Üretim sürecinde mutlak verimlilik elde etmek istendiği zaman talebin firma kapasitesine uygun ve belirli olması gerekmektedir. Çoğunlukla kapasite sınırlarını zorlayan ve tahmin etmesi zor olan talep parfüm birimi çalışanlarının mevcut süreç hakkında analiz ve beyin fırtınası çalışmaları yürütmesini engellemektedir.
İnsan: Parfüm üretim hattında bazı çalışanların yapılan işe ve yürütülmekte olan sürece yeteri kadar hâkim olmadığı bununla beraber kurumun getirmiş olduğu talimatları önemsemedikleri bu yüzden de istenilen verimle çıktı üretemedikleri saptanmıştır. Buna bağlı olarak montaj süreci esnasında valf olarak da bilinen parfüm kapağı ayarının hatalı yapılma oranında artış gözlenmiştir.
Çevre: Parfüm üretim alanının aydınlatılma renginin hatalı olması sebebiyle boyalı şişe üretimi esnasında renk ayrımı doğru yapılamamaktadır. Ayrıca aşırı gürültü, sağlığa zararlı kokular ve düzensiz havalandırma mevcut çalışma ortamının ergonomik olmadığını gösterir. Ayrıca önlenemeyen basınç ve nem çalışan verimini minimize etmektedir.
Makine: Parfüm üretimini gerçekleştiren makinelerin bakım periyotlarının daha sık yapılması gerektiği, yanlış

kalıp seçimi yapıldığında ise makinenin aşınma oranının arttığı ve başka bir parti ürüne geçildiğinde makine baskı konfigürasyon ayarının yapılmadığı saptanmıştır. Bu sebeple yönetimin yazılımsal konularda teknik desteğe başvurması gerektiği sonucuna varılmıştır.
Yönetim: Parfüm üretim çalışanlarının daha fazla denetlenmesi ve yapılan işin teknik kısımlarında mesleki ve teorik eğitimlere tabi tutulması gerektiği ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca haftalık toplam mesai sürelerinin sektör ortalamasından yukarıda olması ve ilgisizlik mental anlamda çalışan motivasyonunu doğal olarak verimliliği de düşürmektedir. Son olarak; her ne kadar parfüm hattı çalışanları sürece yeteri kadar hakim olmasalar da kusurlu-kusursuz ürünü ayırt edebilmektedirler. Fakat talebin yoğun olduğu dönemlerde düzensiz mola saatleri sebebiyle başka birimlerden çalışanlar parfüm hattına rotasyon yapılmaktadır. Bu yüzden de aslında gerçekte kusurlu olmayan ürünler kusurlu zannedilip hurdaya ayrılmaktadır. Üst yönetimi bunu önlemek adına mola sürelerini düzenlemeli ve ani rotasyonlardan kaçınmalıdır.
Maliyetler her zaman üst yönetimin ilgilendiği bir konu olmuş, maliyetlerin düşürülmesi, savurganlığın azaltılması, işlerin basitleştirilmesi, verimliliğin artırılması için çok sistem ve yöntem geliştirilmiştir. Zaman, yani üretimin gereken yer ve zamanda yapılabilmesi konusunda da çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. MRP sistemleri ana üretim planı (master production schedule) ve malzeme listelerini (bill of materials) kullanarak hangi ekipmana, ne kadar parçaya ihtiyaç duyulacağını ve hangi işçinin kullanacağını belirler. Her bir ürünün ne kadar zamanda hangi makinelerde işleneceği ve işçiliklerin ne olacağı hesaplanır. Çok hassas olan bu süreçte bir makine örneğin haftada 5 gün, günde 2 vardiya (16 saat) çalıştırılacaksa, haftada 80 saat standart hızda kaliteli ürün elde edilecek demektir. Buradaki makine arızası gibi bir olumsuzluk üretimi ve dolayısıyla siparişin teslimini geciktirecektir. Bu durumda aşağıdaki maliyetlerin ortaya çıkması söz konusudur.
1. Fazla mesai işçilik maliyetleri,
2. Fazla bakım işçilik maliyetleri,
3. Makine ekipmanı çalıştıracak ilave alet-edevat harcamaları,
4. Üretim programının yeniden yapılması için harcanan ilave zaman maliyetleri,
5.Müşterilere siparişlerin gecikeceğinin bildirilmesi için gerekli ilave zaman.
Tüm bu fazladan ortaya çıkan giderlerin ciddi bir bakım planlaması yapılarak aşılması mümkündür. (Köksal, 2015)

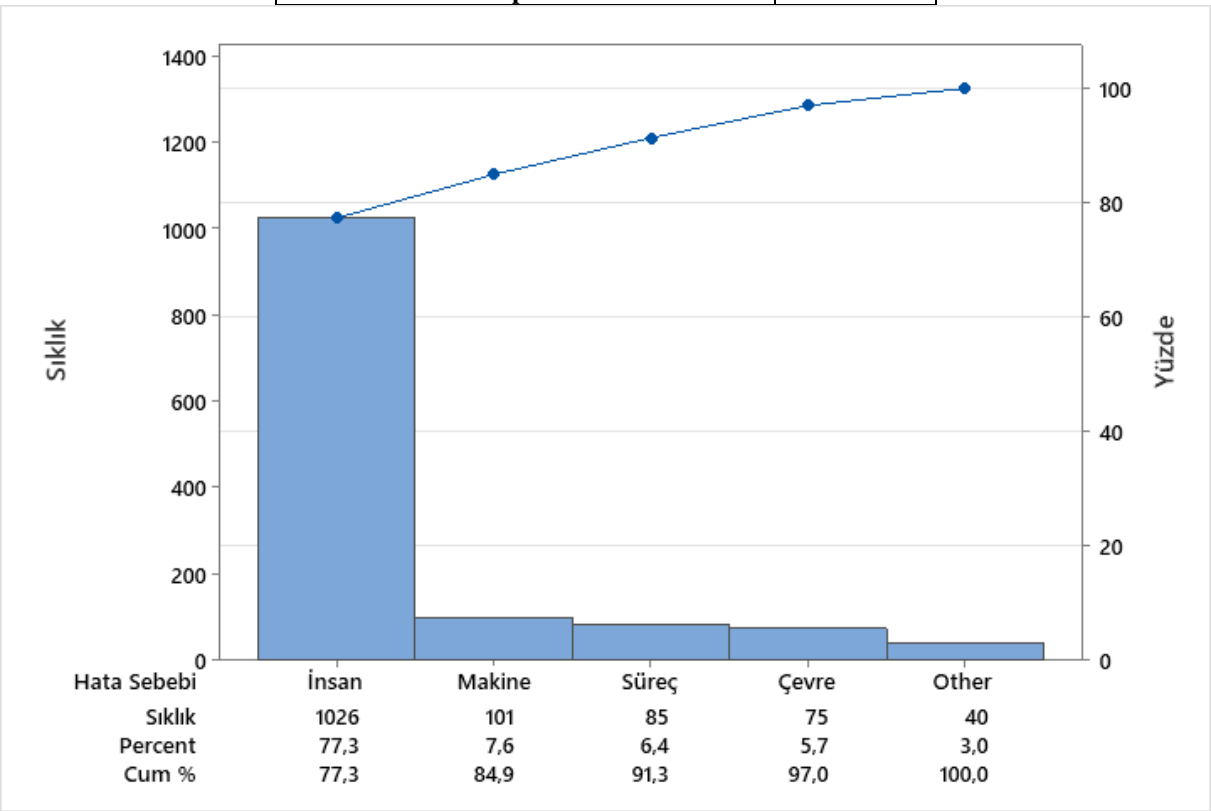
4.4. Gruplandırma

Gruplandırma, mevcut bilgilerin belirli kategorilere ve özelliklere göre sınıflandırılma işlemidir. Bu şekilde, bilgilerin sınıflara ayrılması, daha kolay karşılaştırılabilir ve değerlendirilebilir hale gelir. Gruplandırma, özellikle sorunların önlenmesi amacıyla etkili bir yöntem olarak kullanılır. Ayrıca, bir sorunu parçalara ayırarak her bir parçayı ayrıntılı olarak inceleme sürecini ifade eder. Gruplandırma aynı zamanda sorunların kaynaklarının belirlenmesi ve olumlu değişikliklerin nedenlerinin incelenmesinde faydalı bir araçtır. Belirli malzeme, operatör veya makine gibi etkilerin incelenmesinde kullanılan basit bir istatistiksel süreç kontrol tekniğidir.
Gruplandırma tekniği, verilerin daha anlaşılır hale getirilmesini sağlar. Örneğin, işletmedeki üretim hatalarını kaynaklarına göre sınıflandırmak, sorunun kaynağını belirlemeyi kolaylaştırır. Bu teknik, diğer istatistiksel süreç kontrolü tekniklerinin temelini oluşturmak için verilerin düzenlenmesine yardımcı olur. Bu Teknik her ne kadar tek başına yeterli olmasa da diğer istatistiksel yöntemlerle birlikte kullanıldığında yürütülen süreç iyileştirme çalışmalarından daha verimli sonuçlar elde edilmesine yardımcı olmaktadır. (Akın, 1996)
Gruplandırma tekniği kullanılarak uygulama yapılan işletmede meydana gelen üretim hataları sınıflandırıldığında, Tablo 3'te sunulan bulgulara ulaşılmıştır.

Tablo 3. Hataların Ana Sebebine Göre Gruplandırılması

Hata Sebebi	Hata Tipi	Sıklık	Kümülatif Toplam
İnsan	Kırık kapak	986	1026
	Hatalı kalıp	14	
	Eksik dolum	26	
Malzeme	Boya lekeli	17	40
	Kırık taban	23	
Çevre	Hatalı boya	64	75
	Eksik yazı	11	

Makine	Silik yazı	101	101
Süreç	Kırık kenar	85	85
Toplam			**1327**



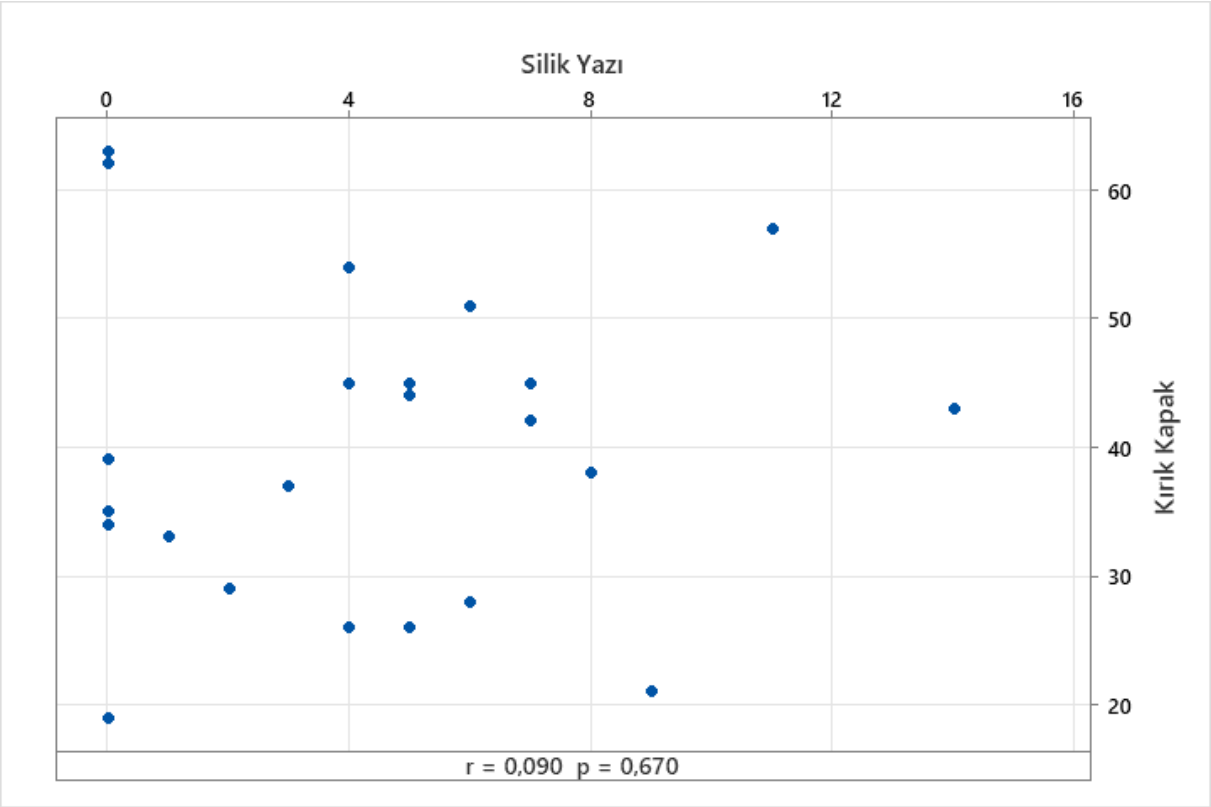
Şekil 5. Gruplandırma Çalışmasından Elde Edilen Verilere Ait Pareto Diyagramı

Parfüm üretim hattında yapılan 6 aylık iyileştirme çalışmaları sonucunda, ortaya çıkan hataların gruplandırılması yapılmış ve bu hataların Balık kılçığı diyagramında gösterilen temel nedenlerden, en çok insan, makine ve süreç kaynaklı olduğunu belirlenmiştir.

4.5. Serpilme Diyagramı ve Korelasyon Değerleri

Serpilme diyagramı, iki değişken arasındaki ilişkiyi göstermek ve aralarında korelasyon olup olmadığını belirlemek için kullanılan bir grafik aracıdır. Eğer bir ilişki varsa, bu diyagram mevcut korelasyonun gücünü ve yönünü gösterir.

Kırık Kapak hata tipi ile Silik Yazı hata tipi arasındaki ilişkinin derecesini ve yönünü belirlemek için korelasyon yöntemini uyguladığında yukarıdaki sonuçlar elde edilir. Tablodaki sonuçlar analiz edildiğinde Kırık Kapak ile Silik Yazı arasındaki ilişki değerinin 0,090 olmasına bağlı olarak; her ne kadar iki hata tipi de malzeme ana başlığı altında meydana gelmiş olsa da bu iki hata tipinin arasındaki etkileşimin yok denecek kadar az olduğu görülmektedir. Sonuç olarak bu iki hata tipi de insan kaynaklı ortaya çıkmış olmalarına rağmen bir tanesinin kontrol edilmesinin diğerine bir faydası olmayacağı sonucuna varılmıştır.
Kırık Kapak hata tipi ile Silik Yazı hata tipi arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için yaptığımız analizde, elde ettiğimiz p değeri 0,670 olarak bulunmuştur. Bu p değeri, ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlememize yardımcı olur. Eğer p değeri 0,05'ten küçükse, bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve rastlantısal olmadığını gösterir. Ancak, bizim örneğimizde elde ettiğimiz p değeri 0,670 olduğundan, bu değer 0,05'ten büyüktür. Bu durumda, Kırık Kapak ile Silik Yazı arasındaki ilişkinin rastlantısal olduğunu ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığını söyleyebiliriz. Sonuç olarak, p değerinin yüksek olması, iki değişken arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığını göstermektedir. Bu durumda, Kırık Kapak ile Silik Yazı arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını ve bu iki hata tipi arasında herhangi bir ilişkinin bulunmadığını söyleyebiliriz.



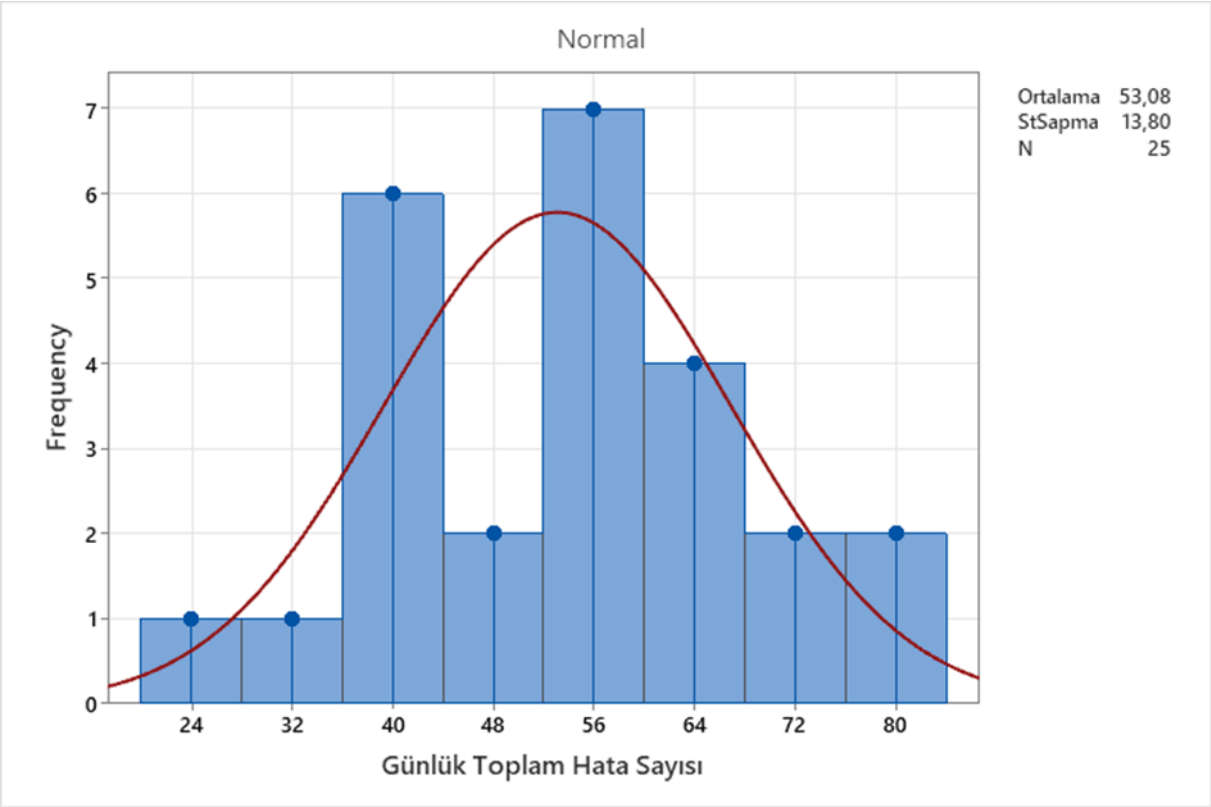
Şekil 6. Kırık Kapak ile Silik Yazı Hata Tipleri Arasındaki Serpilme Diyagramı

Tablo 4. Kırık Kapak ile Silik Yazı Hata Tipleri Arasındaki Korelasyon Değerleri

Örnek 1	Örnek 2	N	Korelasyon	%95 GüvenAr ρ	P-Değeri
Silik Yazı	Kırık Kapak	25	0,090	(-0,317; 0,468)	0,670

4.6. Histogram

Histogram, istatistiksel süreç kontrolünde kullanılan bir araçtır ve değişkenlerin dağılımını grafiksel olarak gösterir. Veriler, frekans dağılımı kullanılarak belirli bir değeri sınıflara ayırılarak ve her sınıfa ait değerler artan veya azalan büyüklük sırasına göre sunulur. Bu şekilde, bir değişkenin dağılım şekli hakkında bilgi edinmek ve veri setinin özelliklerini anlamak mümkün olur (Kazmiersky, 1995).
İstatistiksel kalite kontrol diyagramları uygulamadan önce elde edilen verilerin normal dağılıma uygunluğu kontrol edilmelidir. Histogram bu kontrol işleminin yapılmasına olanak sağlar.
Toplanan veriler ışığında günlük toplam hata sayısına ait Histogram elde edilmiştir. Histogram bize dağılımın normal olduğu, değişkenliğin az olmasına rağmen ortalama değerlerin üst limite yaklaşma riskinin var olduğu; buna bağlı olarak gelecek dönemlerde kusurlu oranının artabileceği konusunda fikir vermektedir.



Şekil 7. Günlük Toplam Hata Sayısına ait Histogram

4.7. P Kontrol Diyagramı

Kontrol diyagramlarının temeli, Walter Shewhart tarafından 1920'li yıllarda Bell Laboratuvarlarında yapılan çalışmalara dayanmaktadır. Shewhart, süreçlerde ortaya çıkan değişkenliğin istikrarını izlemek ve kontrol altında tutmak için kontrol diyagramlarını geliştirmiştir.
Kontrol diyagramları, mevcut sürecin kontrol durumunun görsel olarak açıklanmasını sağlayan bir istatistiksel süreç kontrolü aracıdır. Belirli zaman aralıklarında süreçten alınan değerlerden yola çıkarak, sürecin yapısı ve işleyişi hakkında bilgi veren kontrol grafikleri oluşturulur. Bu grafikler, üst kontrol sınırı, alt kontrol sınırı ve orta çizgi olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır. Orta çizgi, farklı dönemlerde süreçten alınan değerlere ilişkin gözlem değerlerinin ortalamasını ifade etmektedir. Üst ve alt kontrol limit noktaları ise, bu gözlem değerlerinden hesaplanan ve orta çizgiye eşit uzaklıkta olan sınırlardır. (Işığıçok, 2004)
Değerler alt ve üst kontrol limitleri içinde kaldığı sürece, süreç kontrol altındadır. Ancak kontrol limitlerinin altında, üstünde veya üzerinde değerler varsa, süreç kontrol altında değildir. Bu durumda, sürecin düzeltilmesi için sapmalara neden olan hata kaynaklarının araştırılması gerekmektedir. (Montgomery, 1990)
Değişkenler (variables) ve özellikler (attributes) olmak üzere 2 farklı sayılabilir ve ölçülebilir veri tiplerine uygun olacak şekilde kontrol grafikleri oluşturulabilir. Bu çalışma en yüksek sıklıkta tekrar eden hata tipinin yüzde olarak oranı şeklinde olması nedeniyle özelliklere ilişkin kalite kontrol diyagramlarından hata oranının yüzdesel olarak hesaplanmasıyla oluşturulan p diyagramının oluşturulması gerektiği saptanmıştır.
P kontrol diyagramı oluşturulma sürecinde kullanılan sembollerin anlamları ve matematiksel formüller aşağıda ifade edilmiştir;

N= Örneklem hacmini
P = Örneklemdeki ortalama hatalı ürün oranını
Akl = Alt kontrol limit değerini
Ükl = Üst kontrol limit değerini
Z= Standart sapma katsayısını göstermektedir. (%99,73 limiti için 3 alınmıştır)

$$P = \frac{Toplam\ hata}{Toplam\ Örneklem} \quad (2)$$

$$Akl = p - z\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (3)$$

$$Ükl = p + z\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (4)$$

(Ertuğrul & Karakaşoğlu, 2006). Üretimi tamamlanan her bir hafta için 1000 adet olacak şekilde örnek alınmıştır. Buna göre her bir haftadaki 5 iş gününe eşit yaymak amacıyla her gün 200 adet örnek alınmıştır. Bir çalışma günü öğleden önce ve sonra olmak üzere 2 periyoda bölünmüştür. Her periyotta 100 adet örnek alınmıştır. Bu örnek alma planı, 10 farklı partide gerçekleştirilmiştir. Toplam örneklem büyüklüğü 25000dir.

Tablo 5. Kırık Kapak Kontrol Diyagramı İçin Hata Oran Değerleri

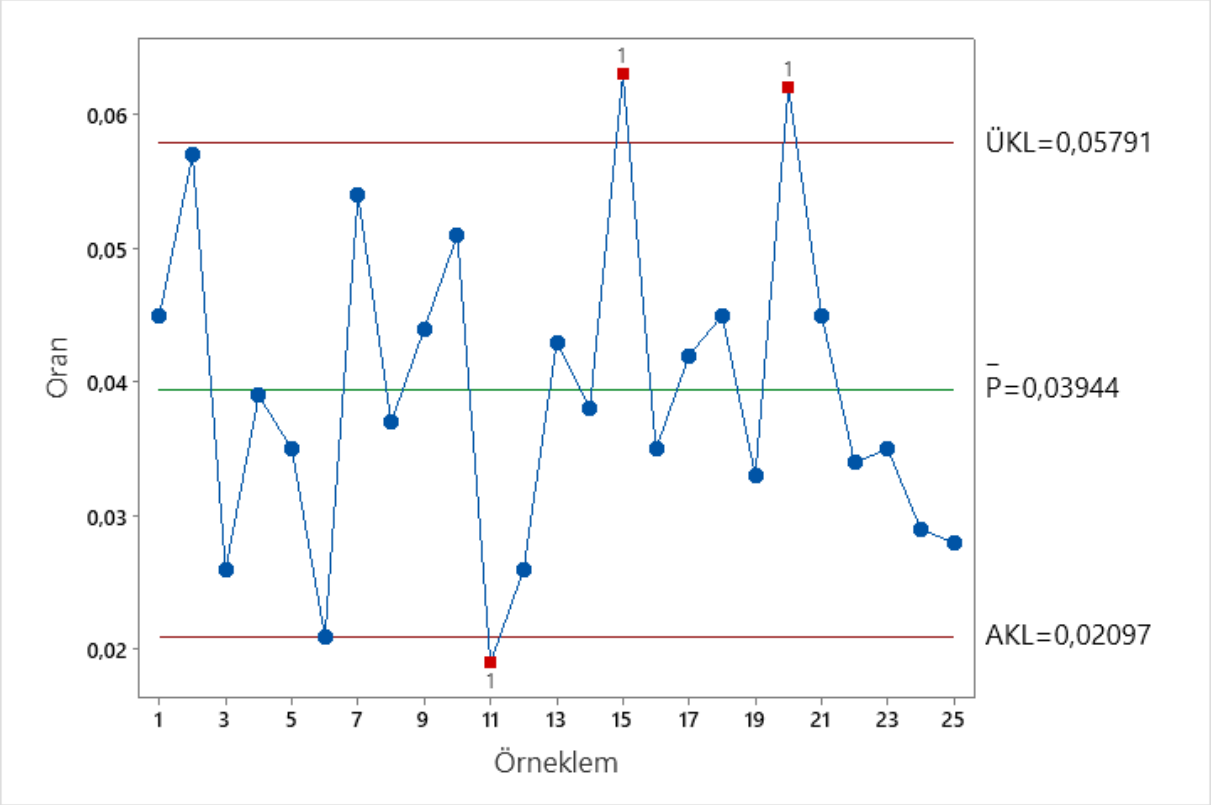
İş Haftası	Kırık Kapak Sıklığı	Örneklem	Hata Oranı
1	45	1000	0,045
2	57	1000	0,057
3	26	1000	0,026
4	39	1000	0,039
5	35	1000	0,035
6	21	1000	0,021
7	54	1000	0,054
8	37	1000	0,037
9	44	1000	0,044
10	51	1000	0,051
11	19	1000	0,019
12	26	1000	0,026
13	43	1000	0,043
14	38	1000	0,038
15	63	1000	0,063
16	35	1000	0,035
17	42	1000	0,042
18	45	1000	0,045
19	33	1000	0,033
20	62	1000	0,062
21	45	1000	0,045
22	34	1000	0,034
23	35	1000	0,035
24	29	1000	0,029
25	28	1000	0,028
Toplam	**986**	**25000**	**0,03944**

Tablo 6. Sık Kullanılan Z Değerleri

İstenen Kontrol Limiti (%)	Z Değeri (istenen güven düzeyi için gerekli olan standart sapma)
90,0	1,65
95,0	1,96
95,45	2,00
99,0	2,58
99,73	3,00

Süreç İyileştirme çalışmasını kapsayan Nisan-Eylül arası 6 aylık dönem boyunca, 25 iş haftası için 1000'lik rassal örnek seçilerek dikkatlice izlenmiş ve bu örnekler içinde en sık meydana gelen hata tipi olan kırık kapak hatası

toplam sayısı Tablo 1'deki çetele tablosundan alınmıştır ve buna bağlı olarak hata oranı yukarıdaki gibi tablo haline getirilmiştir.



Şekil 8. Günlük Toplam Kırık Kapak Hata Tipine Ait P Kontrol Diyagramı

4.8. Araştırma Bulguları Ve Sonuçlar

Üst kontrol limiti 0,0579, alt kontrol limiti 0,020 buna bağlı olarak da orta çizgi değeri 0,394 olarak hesaplanmıştır. Grafik yorumlandığında; 15 ve 20 numaralı değerlerin üst ve 11 numaralı değerin ise alt kontrol limitlerinin dışına çıktığı; 2 numaralı değerin üst limite çok yakın olduğu; 6 numaralı değerin alt kontrol limit değerinin üzerinde olduğu; 1-4, 5-9 ve 18-21 numaralı değerler arasında ardışık olarak düzensiz davranış olduğu tespit edilmiştir.
Sonuç olarak mevcut süreçte kontrolü bozan özel sebeplerin varlığından söz edilmektedir. Uygun düzeltici ve önleyici önlemler alınarak sürecin istikrarlı hale getirilmesi ve kontrol sınırlarının alt ve üst limit değerlerinin içinde yer alması sağlanmalıdır.
Elde edilen kontrol diyagramından anlaşılacağı gibi 11, 15 ve 20 numaralı iş haftalarında gereğinden fazla hatalı ürün çıktığı fark edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda bu iş haftalarında mevcut hatta kontrol edilemeyen sebeplerden ötürü rotasyon yapıldığı öğrenilmiştir. Farklı birimlerden çalışanların parfüm hattına geçmesi sonucu istenmeyen sonuçlar elde edilmesine yol açmıştır. Balık-Kılçığı diyagramı aracılığı ile bu sorun ve ortaya çıkarttığı sonuçlar firma yönetimine bildirilmiştir.
Yapılan süreç iyileştirme çalışmaları sonucunda mevcut alt ve üst kontrol limit değerleri gelecek dönemler için bir standart oluşmasını sağlamıştır. Firmamız bu limit değerlerinin düzenli olarak kontrol edilmesi ve limitlerin dışına çıkıldığı zaman sürece müdahale edilmesi konusunda bilgilendirilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz üretim sektöründe artan işçilik ve hammadde maliyetlerinden ötürü katı bir rekabet süregelmektedir, bu rekabette öne geçebilmenin tek yolu ise kalitedir. Kalite, bir işletmenin başarısında belirleyici bir faktördür. Kaliteli ürünler sunmak, müşteri memnuniyetini artırır, marka değerini yükseltir ve uzun vadeli müşteri bağlılığı sağlar. Bu nedenle, firmaların kalite kontrol süreçlerine ve hata tiplerinin azaltılmasına önem vermesi kritiktir. Kalite kontrolünün iyileştirilmesi, üretim süreçlerinde verimliliği artırır, atıkları azaltır ve maliyetleri düşürür. Aynı zamanda, kaliteli ürünlerin pazara sunulmasıyla birlikte rekabet avantajı elde edilir ve pazarda lider konuma gelmek mümkün olur. Dolayısıyla, günümüzün dinamik iş ortamında hayatta kalmak ve başarılı olmak için kalite odaklı bir yaklaşım benimsemek kaçınılmazdır. Bu yüzden bütün işletmeler kendi belirledikleri kalite

standartlarını korumak için düzenli olarak çalışmaktadır. Burada İstatistiksel Süreç Kontrolü araçları hammadde tedarik sürecinden başlayarak, taşıma, tasarım, depolama, üretim, pazarlama, satış ve satış sonrası süreçlerinde her bir sürecin ölçülmesi, izlenmesi, yönetilmesi, kontrol altında tutulması ve geliştirilmesine odaklanmaktadır. Bu yüzden işletmelere İstatistiksel Süreç Kontrolü konusunda bilgili kişileri istihdam etmesi tavsiye edilmektedir.
Bu çalışma kapsamında İstanbul Avrupa yakasında faaliyet gösteren bir kozmetik işletmesinden Nisan-Eylül 2022 tarihleri arasında toplanan veriler incelenip; Yedi Temel İstatistiksek Süreç Kontrol Teknikleri olarak bilinen; Çetele tablosu, Pareto Analizi, Kontrol Diyagramı, Balık-Kılçığı diyagramı, Histogram, Serpilme Diyagramı ve Gruplandırma tekniği açıklanarak parfüm hattı üzerinde örnek uygulama çalışması tamamlanmıştır. Süreç iyileştirme çalışmalarına başlamadan önce mevcut süreci daha iyi anlamak ve iyileştirme çalışmalarını daha verimli yürütmek için parfüm hattının iş akış diyagramı ve kuşbakışı görüntüsü çizilmiştir.
Üretim süreci esnasında sürece katılım gösterilerek ilk olarak üretim süreci öncesinde veya sonrasında farklı nedenlerden dolayı ortaya çıkan hatalar tanımlanmış ve bu 9 (dokuz) hata tipinin nedenleri açıklanmıştır. Daha sonra elde edilen sayılardan yola çıkılarak oluşturulan çetele tablosuna göre %5,3 oranında hata tespit edilmiştir. Bu tabloda gösterilen hataların tekrarlanma sıklığına göre sıralanması Pareto analizi ile gösterilmiştir. Buraya kadar yapılan çalışma sonucunda kırık kapak ve silik yazı hata tiplerinin toplam hataların %80 den fazlasını kapsadığı için bu iki hata tipine daha fazla kafa yorulması gerektiği tespit edilmiştir. Bu iki hata tipi arasında etkileşim olup olmadığı eğer varsa şiddetini ölçmek ve yönünü göstermek amacıyla korelasyon katsayısı hesaplanmış ve serpilme diyagramı hazırlanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar her ne kadar bu iki hata tipi de insan kaynaklı ortaya çıkmasına rağmen aralarındaki etkileşimin yok sayılabilecek kadar küçük ve anlamsız olduğu gösterilmiştir. Hata tiplerinin frekans dağılımlarını gösteren Histogram hazırlanmış ve buradan yola çıkarak hataların dağılımında limitlere yaklaşıldığını ve gelecek dönemlerde önlem alınmaması durumunda hata oranının artabileceği saptanmıştır. En sık tekrar eden hata tipi olan kırık kapak hata tipinin tekrarlanma oranı baz alınarak hesaplanan kontrol diyagramlarından p diyagramı üzerinden analiz edilmesi sonucunda mevcut sürecin kontrol altında olmadığı, kontrol diyagramlarını yorumlama teknikleri üzerinden analiz edilmiştir. Bu analizlere göre üç değer limitlerin dışına taşmıştır, süreç davranışı düzensizdir ve birkaç değer de alt ve üst limitlere çok yaklaşmıştır. Bu hataları analiz etmek amacıyla firmadan birkaç yetkilinin de katılımlarıyla ana ve alt sorunlar üzerinden beyin fırtınası yöntemiyle Balık-Kılçığı diyagramı oluşturulmuştur. Bu teknik sayesinde hatalar altı temel ana başlık altında analiz edilmiştir. Hataların tekrar etme sıklığına göre gruplandırılma adı verilen teknik kullanılmıştır. Buna göre hataların baskın çoğunluğunun insan, makine ve süreç ana başlığı altında ortaya çıktığı vurgulanmıştır.
Çalışmanın sonuçlarına göre, İstatistiksel Süreç Kontrolü teknikleri sayesinde hata tiplerinin tanımlanması, hangi hatanın hangi sıklıkta tekrar etmesi ve hangi hatalara daha çok kafa yorulması gerektiği konusunda firmaya yol gösterilmiştir. Bu sayede firma süreçlerini daha az hata ile sürdürecek ve insan, makine ve süreç kaynaklı ortaya çıkan hatalara daha kolay müdahale edebilecek aynı zamanda mutlak düzeyde kalite ve verimlilik artışı elde edecektir. Ayrıca firmaya süreci daha sık kontrol etmesi, süreç iyileştirme tekniklerini uygulayabilen çalışanları istihdam etmesi ve hammadde kaynaklı hataları azaltmak amacıyla firma içinde bir hammadde kabul örneklem istasyonu kurması önerilmiştir.

KAYNAKLAR

Akın, B., (1996), "Iso 9000 Uygulamasında İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol, Siyasal Kitabevi, Ankara.

Akyurt, İ. Z. (2020). Gıda Sektöründe İstatistiksel Proses Kontrolü: Endüstriyel Ekmek Üretim Tesisi Uygulaması. Erzincan University Journal of Science and Technology, 13(1), 235-257. https://doi.org/10.18185/erzifbed.605670

Atalay, O., & Kılıç, Ö. (2016). Balık Kılçığı Yöntemi ile Mobil Vinç Kazası Olası Nedenlerinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30(1), 73-78. https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.242808

Bayhan, M., Yacan, İ., & Demirel, A. (2022). Üretim Süreçlerinde İstatistiksel Kalite Kontrolü Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma. Yeni Fikir Dergisi, 14(28), 28-35.

Can, H., vd., (2001), "Genel İşletmecilik Bilgileri", Siyasal Kitabevi, 12. Baskı, Ankara.

Carvalho, R., Lobo, M., Oliveira, M., Oliveira, A. R., Lopes, F., Souza, J., Ramalho, A., Viana, J., Alonso, V., Caballero, I., Santos, J. V., & Freitas, A. (2021). Analysis of root causes of problems affecting the quality of hospital administrative data: A systematic review and Ishikawa diagram. *International journal of medical informatics, 156*, 104584. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2021.104584

Çakırkaya, M., & Acar, Ö. E. (2016). BİR ÜRETİM HATTINDA MEYDANA GELEN HATALARIN ÖNEM DERECELERİNİN İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL TEKNİKLERİNDEN PARETO ANALİZİ İLE

BELİRLENMESİ. Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 13(36).
Ertuğrul, İ., & Karakaşoğlu, N. (2006). Kalite Kontrolde Örneklem Büyüklüğünün Değişken Olması Durumunda p Kontrol Şemalarının Oluşturulması. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5(10), 65-80.

Gejdo, P. (2015). Continuous Quality Improvement by Statistical Process Control. Procedia Economics and Finance. 34. 565-572. 10.1016/S2212-5671(15)01669-X.

Ilgın, M. A., Söyler, D., & Sözen, K. (2016). İstatistiksel Süreç Kontrolü Prensiplerini Kullanarak Bir Kestirimci Bakım Bilgi Sisteminin Geliştirilmesi. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 9(2), 55.

Ishikawa, K., (1976). Guide to quality control. By Asian Productivity Organization in Tokyo.

Işığıçok, E., (2004), "Toplam Kalite Yönetim Bakış Açısıyla İstatistiksel Kalite Kontrol", Ezgi Kitabevi Yayınları, 1. Baskı, Bursa.

Kazmierski, T.J. (1995), Statistical Problem Solving in Quality Engineering, McGraw-Hill, New York, NY.

Kobu, B., (2010), "Üretim Yönetimi", Beta Basım A. Ş., 15. Baskı, İstanbul.

Köksal, M., 2015 "Bakım Planlaması", Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Megahed, F. M., Chen, Y. J., Ferris, J. A., Knoth, S., & Jones-Farmer, L. A. (2024). How generative AI models such as ChatGPT can be (mis)used in SPC practice, education, and research? An exploratory study. *Quality Engineering*, *36*(2), 287–315. https://doi.org/10.1080/08982112.2023.2206479
Montgomery, D. C., (1990), "Statistical Quality Control", John Wiley&Sons, Inc., Second Edition, New York.
Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control.* 6th Edition, John Wiley & Sons, New York.

Parlakyiğit, P. (2022). Tekstilde İstatistiksel Proses Kontrol Uygulaması Örneği-Terbiye İşletmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(4), 911-924. https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.1230793
Salacinski, Tadeusz & Chrzanowski, Jarosław & Chmielewski, Tomasz. (2023). Statistical Process Control Using Control Charts with Variable Parameters. Processes. 11. 2744. 10.3390/pr11092744.

Şahin, O. (2013). İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROLÜNDE PROSES YETERLİLİK ANALİZİ VE TEKSTİL SANAYİİNDE UYGULAMA. Atatürk Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi, 27(2), 253-271.

Yılmaz, F., & Ersöz, T. (2018). Kalitenin İyileştirilmesi Amacıyla İstatistiksel Kalite Kontrol Yöntemlerinin Kullanılması Üzerine Havacılık ve Uzay Sektöründe Bir Uygulama. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 7(3), 159-172.

Not: *Bu makale, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı'nda, Prof. Dr. Mustafa Köksal danışmanlığında, Berk Kemal Güzel tarafından yürütülecek olan, "Üretim Sürecinde İstatistiksel Süreç Kontrolü Üzerine Örnek Uygulama Çalışması" başlıklı yüksek lisans tezinin ön çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.*

BEYANLAR

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır.