

## Cam Sektöründe Müşteri Şikayetlerindeki Hata Oranlarına Pareto ve HTEA Uygulaması

İrem DÜZDAR<sup>1\*</sup>, Tuğçe ÖZDEMİR CİHAN<sup>2\*</sup>

### Öz

Kalite iyileştirme, bir işletmenin ürün veya hizmet kalitesini artırmaya yönelik süreçleri ifade eder. Bu süreçte hataların nedenleri ve etkileri analiz edilerek önleyici tedbirler geliştirilir. Pareto analizi, en fazla soruna yol açan az sayıdaki unsuru belirlemek için kullanılan bir istatistiksel tekniktir ve kalite iyileştirme çalışmalarında öncelikli hataların tespitinde önemlidir. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) ise hataların tanımlanması, etkilerinin değerlendirilmesi ve önlenmesi amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Cam üretim sektöründe faaliyet gösteren Düzce Cam San. ve Tic. A.Ş., müşteri şikayetlerine dayalı kalite iyileştirme sürecinde Pareto analizi ve HTEA tekniklerinden faydalanmıştır. Bu süreçte, hataların türleri, nedenleri ve etkileri detaylı olarak incelenmiş, önleyici tedbirler uygulanmıştır. Sonuç olarak, hata oranı azalırken müşteri memnuniyeti artmış ve firmanın rekabet gücü yükselmiştir. Bu çalışmalar, cam üretim sürecinin verimliliğini artırırken sektör için örnek teşkil edecek bir kalite yönetimi modeli sunmuştur. Ayrıca, müşteri odaklı yaklaşımıyla sektördeki genel kalite standartlarının geliştirilmesine ve rekabet avantajının artırılmasına katkı sağlamıştır. Bu kapsamda, Düzce Cam San. ve Tic. A.Ş.'nin kalite iyileştirme çalışmaları, sektördeki firmalar için değerli bir rehber niteliği taşımaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** HTEA, Kalite İyileştirme, Pareto Analizi, Cam Üretimi.

## Application of Pareto and FMEA to the Defect of Customer Complaints in the Glass Industry

### Abstract

Quality improvement refers to processes aimed at enhancing the quality of a company's products or services. This process involves analyzing the causes and effects of errors and developing preventive measures. Pareto analysis is a statistical technique used to identify a small number of factors causing the most significant issues and is critical for determining priority errors in quality improvement efforts. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), on the other hand, is a method used to identify, evaluate, and prevent the potential effects of errors. Düzce Cam San. ve Tic. A.Ş., operating in the glass manufacturing sector, utilized Pareto analysis and FMEA techniques in its quality improvement process, which was based on customer complaints. In this process, the types, causes, and effects of errors were thoroughly examined, and preventive measures were implemented. As a result, the error rate decreased, customer satisfaction improved, and the company's competitive strength increased. These efforts not only enhanced the efficiency of the glass production process but also presented a quality management model that serves as an example for the sector. Furthermore, with its customer-focused approach, the company contributed to the improvement of general quality standards in the industry and the enhancement of competitive advantages. In this context, the quality improvement initiatives of Düzce Cam San. ve Tic. A.Ş. offer valuable guidance for other companies in the sector.

**Keywords:** FMEA, Quality Improvement, Pareto Analysis, Glass Manufacturing.

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Düzce, Türkiye, [iremduzdar@gmail.com](mailto:iremduzdar@gmail.com)

<sup>2</sup>Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Düzce, Türkiye, [tugcee1508@gmail.com](mailto:tugcee1508@gmail.com)

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author

**Geliş/Received:** 08.03.2023

**Kabul/Accepted:** 18.09.2024

**Yayın/Published:** 15.12.2024

## 1. Giriş

Günümüz cam sanayisinde müşteri odaklılık olmak firmanın önceliği olarak kabul edilmektedir. Bu durum, müşterilerin talep ettikleri mal veya hizmeti tam zamanında ve tam miktarda, müşterilerin istediği yerde sunabilmekle mümkündür. Bundan dolayı kalite yönetimi, cam sanayinde sorunsuz bir şekilde devam etmesi gereken en önemli rollerden birini üstlenmektedir. Kalite yönetimi, bir işletmenin ürün veya hizmetlerinin kalitesini artırma ve müşteri beklentilerini olumlu yönde karşılama sürecidir. Bu süreçte, hataların nedenlerini anlamak ve önlemek için çeşitli tedbirler alınmalıdır (Akın, 2005). Bu noktada, Pareto analizi gibi istatistiksel teknikler kullanılarak, hangi hataların daha çok sorun yarattığı belirlenir. Pareto analizi, kalite iyileştirme sürecinde öncelikli olarak çözümlenmesi gereken hataları belirlemek için kullanılan etkili bir tekniktir. Ayrıca, Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) gibi teknikler de kalite yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır. HTEA, bir sistemin veya sürecin hatalarını tanımlama, etkilerini belirleme ve önleme konusunda yardımcı olan bir tekniktir. Bu analizler sayesinde olası sorunlar önceden belirlenerek çözüm süreci hızlandırılır ve kalite iyileştirme sağlanır. Bundan dolayı, günümüz cam sanayinde müşteri odaklı olmak ve kalite yönetimi ile çalışarak, müşteri beklentilerini karşılayan ve sorunsuz şekilde ürün veya hizmet sunan firmaların önceliği haline gelmiştir (Akın, 2005).

Müşterilere kaliteli ürün ya da hizmet sunmak için, olası sorunları önceden görebilmek ve engellemek çok önemlidir. HTEA gibi bir analiz yöntemi, sorunların ne derece önemli olduğunu belirleyip, onları daha oluşmadan önce ortadan kaldırmaya yardımcı olur. Bu teknik, üretim, sistem ve hizmet alanlarında kullanılabilir ve diğer yöntemlere kıyasla daha basittir. Cam sektöründe bu yöntemin kullanılması da bu çalışmanın bir örneğidir (Çevik ve Aran ,2009).

İlk olarak, müşteri geri bildirim formları incelenerek şikayetler belirlenmiştir. Bu şikayetler, ürün veya hizmetlerin kalitesizliğin hangi alanlarda olduğunu göstermiştir. Ardından pareto analizi ve eş zamanlı mühendislik teknikleri kullanılarak hataların etkileri incelenerek bu analizde hataların çoğunun belirli bir azınlıkta nedenlerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu adımlar sayesinde sorunlar öncelik sırasına konulmuş ve hangi sorunların ne kadar etkili olduğu belirlenmiştir. Daha sonra, Pareto analizi sonuçlarına dayanarak HTEA tekniği uygulanmıştır. Son olarak, cam üretimi yapan bir fabrikada üretim sürecinde HTEA yöntemi kullanılmış ve olası hatalar, etkileri ve önlenmesi gereken nedenleri detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. Bu adımlar, müşteri şikayetlerinden başlayarak, analiz tekniklerinin kullanımını ve elde edilen sonuçların belirli bir süreçte nasıl sonuçlandığı göstermektedir (Düzgüner, 2002; Filiz, 2023).

HTEA (FMEA), istatistiksel proses kontrol yöntemlerinden biridir ve çeşitli sektörlerde başarıyla uygulanmaktadır. HTEA' nın temel amacı, işletmelerin farklı bölümlerinde veya projelerinde görev alan uzman çalışanların bir araya gelerek belirli kurallar çerçevesinde ekip

çalışması yapmalarını sağlamaktır. Bu yöntem, tasarım, proses, bakım ve diğer üretim aşamalarında ortaya çıkabilecek hataları önceden belirleyerek önlem almaya olanak tanır. Böylece işletmeler, verimliliklerini artırabilir, ürün veya hizmet kalitelerini yükseltebilir ve müşteri memnuniyetini maksimize edebilirler. Ayrıca, bu süreçlerin başarılı bir şekilde yönetilmesi sayesinde maliyetlerin düşürülmesi ve işletmelerin karlılığının artırılması mümkün hale gelir. HTEA (FMEA) uygulaması, işletmelerin operasyonel süreçlerini daha güvenilir ve verimli hale getirerek rekabet avantajı elde etmelerini sağlar. Bu yöntem, karmaşık sistemlerdeki hata potansiyellerini tespit etmek ve gidermek için kritik bir rol oynar. İş güvenliği ve ürün kalitesi gibi önemli alanlarda olası riskleri azaltarak işletmelerin sürdürülebilirliğini artırır (Goicoechea ve Fenollera, 2012).

Çevik ve Aran (2009) tarafından yapılan bu çalışmada, kalite iyileştirme sürecinde HTEA tekniği incelenmiştir. HTEA tekniği; sistem, tasarım, proses ve teknik servis konularında hataların sonuçları ortaya çıkmadan tanımlamayı ve gidermeyi veya en azından kullanıcı üzerindeki etkisini ortadan kaldırmayı amaçlayan bir mühendislik tekniğidir. Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) yönteminin kalite iyileştirme süreçlerinde nasıl kullanıldığını ve bu yöntemin piston üretiminde nasıl uygulandığını incelemektedir. Makale, FMEA'nın teorik temellerini, uygulama adımlarını ve bu analiz sayesinde elde edilen sonuçları detaylı bir şekilde ele alarak, piston üretimindeki hata türlerinin belirlenmesi ve önlenmesi sürecini anlatmaktadır (Çevik ve Aran, 2009).

Bu çalışma, cam sanayisinde kalite yönetimi süreçlerinin müşteri odaklılığını artırmada nasıl kullanılabileceğini ve bu süreçlerin firmanın rekabet gücüne olan katkılarını detaylı bir şekilde incelemek amacı ile yapılmıştır. Çalışma, pareto analizi ve Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) gibi kalite iyileştirme tekniklerinin pratik uygulamalarını ve bu tekniklerin müşteri şikayetlerini azaltmada, ürün kalitesini iyileştirmede nasıl etkili olduğunu göstermeyi hedeflemektedir. Aynı zamanda, cam üretim süreçlerinde ortaya çıkan kalite sorunlarının kök nedenlerini belirlemek ve bu sorunlara yönelik alınacak önlemleri sunarak, sektörde faaliyet gösteren firmalara rehberlik etmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, makale hem akademik bilgiye katkı sağlamakta hem de pratik uygulamalarda kullanılabilecek stratejiler sunarak, sektördeki profesyonellere değerli bir kaynak olmayı hedeflemektedir.

## **2. Materyal ve Metot**

### **2.1. Pareto Analizi**

Pareto analizi, verileri tasnif ederek karar alma sürecini daha mantıksal şekilde kolaylaştırır. Bu analizde, Pareto grafikleri kullanılarak bilgi daha düzenli hale getirilir. İtalyan iktisatçı ve sosyolog Vilfredo Pareto, prensibini ekonomik olarak ortaya koyarak ve işletmelerdeki incelemelerine

dayanarak, %20 sebebin %80 sonucu etkilediğini öne sürmüştür. Bu kurala göre, sebeplerin büyük bir kısmı sonuçların büyük bir kısmını oluştururken, geri kalanı çok daha az etkilidir (Musubeyli Erginel, 1999)

Maliyetlerin büyük bir kısmının sadece birkaç nedenden kaynaklandığı durumlarda veya servetin çoğunluğunun az bir kesimin elinde olduğu durumlarda, Pareto kuralı devreye girer. Bu kavram literatürde "80-20" ya da "90-10" kuralı olarak da adlandırılır ve çeşitli alanlarda uygulanabilir. Örneğin, bir işletmede maliyetlerin büyük bir yüzdesi, çalışanların sadece küçük bir kesiminden kaynaklanabilir. Benzer olarak, toplumda servetin büyük bir kısmı sadece nüfusun küçük bir bölümünün elinde olabilir. Bu kural, pareto grafiği olarak da bilinen ABC analizi ile daha görsel hale getirilebilir. Bu analiz, önceliklerin tespit edilmesi ve temel ayırım metodu olarak kullanılır. Pareto grafiği, kalite kontrol süreçlerinde hatalı parçaların ve hata çeşitlerinin tespit edilmesinde kullanılarak, kalite kontrol elemanlarına bir rehber olarak yön vermeyi amaçlar. Bu sayede, çalışanların emeklerinin en verimli şekilde ve daha verimli alanlarda yoğunlaştırılması sağlanır böylelikle doğru kararlar alınarak gerekli tedbirler alınır. Sonuç olarak, bu prensip, kaynakların etkin kullanımını teşvik ederek işletmelerin ve süreçlerin verimliliğini arttırmayı hedeflemektedir (Huang ve ark., 2000; Musubeyli Erginel, 1999).

Pareto grafiği, karmaşık ürünlerde tolerans limitlerini düşürmek için etkili bir analiz aracıdır. Bu grafik, farklı mamullerin üretim hatalarının veya maliyetlerin ne kadarını oluşturduğunu göstererek, hangi parçaların maliyet açısından önemli olduğunu belirler. Bu sayede, kontrol çalışmaları öncelikli olarak önemli parçalar üzerinde yoğunlaşırken, diğer parçalar için daha az ve sıkı kontroller yapılabilir. Pareto analizi, hata oranlarına göre yapıldığında, birkaç belirgin hata türünün toplam hataların büyük bir kısmını oluşturduğunu ortaya koyar (Akın, 2005; Musubeyli Erginel, 1999).

## 2.2. Hata Türü Etkileri Analizi (HTEA)

HTEA (Hata Türü ve Etkileri Analizi), bir sistemin veya sürecin içinde bulunan yüzlerce hata türü yerine, en büyük etkiyi gösterecek olan ve sisteme en fazla zarar veren hataları belirlemede kullanılan bir yöntemdir. Öncelikle, sürecin veya sistemin içinde meydana gelen hataların çok sayıda çeşidi olabilir. Bunlar arasında bazıları diğerlerine göre daha büyük etkiye sahiptir. HTEA, bu farklı hata türlerini analiz ederken, sistemin genel verimliliğine, kalitesine ve işleyişine en fazla etkiyi verecek olan hataları öncelikli hale getirir. Bu şekilde, sınırlı kaynaklar daha öncelikli olan ve en büyük etkiyi sağlayan hata türleri üzerinde yoğunlaştırılabilir (Quality Control Circles, 1984).

HTEA, olası riskleri önceden tahmin ederek hataları önlemeye odaklanan etkili bir analiz yöntemidir. Bu yöntem, bir hatanın meydana gelmesi durumunda ortaya çıkacak sorunun, müşteri

gibi etkilenen bir taraf olarak değerlendirilmesine dayanır. HTEA çalışması, belirlenen tüm hatalar için olasılık, etki ve tespit edilebilirlik gibi faktörlerin tahmin edilmesiyle gerçekleştirilir. HTEA, ürün tasarımı ve montaj süreçlerindeki değişkenlikleri kontrol altına almak veya ortadan kaldırmak için güçlü bir kalite aracıdır. FMEA ise, geçmiş deneyimler ve endişeler üzerine inşa edilerek olası hataları analiz etmeye yönelik bir mühendislik düşüncesinin özeti niteliğindedir. HTEA, ürün geliştirme ve imalat planlamasında, kalite güvencesinde, entegre bir risk analizi ve hata önleme metodudur. Amacı ise ürün geliştirme ve imalat planlamada kaliteyi sorgulamak ve geliştirmektir. (Quality Control Circles, 1984; Yılmaz 1997).

Hata Türü, ürün veya hizmetin istenen fonksiyonunu yerine getirememesi veya müşterinin ihtiyaç ve isteklerine uymamasıdır. Hata Nedeni, tasarım veya proses uygulamasında yapılan hatalardan kaynaklanır. Hata Etkisi, müşterinin memnuniyetini veya güvenliğini olumsuz etkileyen durumlardır. FMEA Elemanı, incelenen konuları ifade eder. Ortaya Çıkma (O), hatanın oluşma olasılığıdır ve 1-10 arasında derecelendirilir. Ağırlık (A), hatanın müşteri üzerindeki etkisini değerlendirir ve 1-10 arasında derecelendirilir. Saptama (S), mevcut kontrollerin hatayı tespit etme yeteneğini gösterir ve 1-10 arasında derecelendirilir. Risk Öncelik Sayısı (RÖS), bu üç değer çarpımından elde edilen bir değerdir (Özcan, 2001; Yılmaz, 1997).

HTEA tekniğinin amaçları, ürün veya proseste oluşabilecek hata türlerini, etkilerini ve kritiklik derecelerini kararlaştırmak, ürün veya proseste oluşabilecek potansiyeli yüksek hataları önceden belirleyerek bu hataların oluşmasını engellemek, nihai ürünün müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşıladığından emin olmak için, planlanan imalat ve montaj prosesleriyle bağlantılı olarak bir ürünün tasarım karakteristiklerini analiz etmek; potansiyel hata türleri belirlendiğinde, onları ortadan kaldırmak için düzeltici önlemleri almak veya sürekli bir şekilde onların oluşma potansiyellerini azaltmak ve böylece ürünün geliştirilmesini sağlamak; montaj veya imalat prosesi için sistemin dayandığı neden ve ilkeleri de dokümanete etmek şekilde sıralanabilir (Özcan, 2001).

Riskli durumlarda ya da yüksek maliyetli hatalar söz konusu olduğunda, güvenlikle ilgili parçalarda veya fonksiyonlarda şu durumlarda HTEA uygulanır: yeni ürün veya proses geliştirilirken, yeni teknoloji, malzeme veya prosesler kullanılırken, önemli tasarım veya proses değişiklikleri yapıldığında, mevcut ürünlerin yeni alanlarda kullanıldığında, kalite açısından yüksek risk taşıyan problemler parçalar veya proseslerde uygulanır (Özcan, 2001).

### 3. Uygulama

#### 3.1. Uygulama Aşamaları

Bu çalışmada cam üretiminde ki kalite sınıflarına değinilmiştir. Kalite sınıflarını belirler iken Kesim Bölüm sorumlusu, Kalite Güvence Sorumlusu, Satış Ve Pazarlama Sorumlusu ve Araştırma Ve İş Geliştirme Mühendisleri görev almıştır. Müşteriden gelen talepleri satış ve pazarlama ekibimiz tarafından detaylandırılıp listelenmiştir. Ve bu listeye göre araştırmalar yapılarak o aylarda kalite sınıfları kesim bölümünde bulunan ISRA cihazı ile detaylandırılarak, mikroskop cihazı ile dahada ölçeklendirilmiştir. Böylelikle belirlenen zaman zarfında oluşan tüm hatalar göz önünde bulundurulmuştur.

Bu hataların nelerden oluştuğunu, boyutlarını, hangi sınıfta yer aldığını, aldığı sınıfın ana nedenlerini ve bu nedenlerin iyileştirme süreçleri incelenmiştir. Genel hatalara önce pareto analizi uygulaması yapılarak bu sonuçlara göre en önemli hatalar belirlenmiştir. Bu hatalara HTEA uygulaması yapılarak hatalar önceliklendirilmiştir. Bu öncelik listesine göre iyileştirmeler yapılmıştır. Bu iyileştirmeler detaylandırılarak RÖS derecesi düşürülmeye çalışılmıştır.

#### 3.2. Uygulamanın Yapıldığı İşletmenin Tanıtımı

Düzce Cam; cam işleme ve lojistik konusundaki uzun yıllar boyunca edindiği tecrübelerini birleştirerek 2005 yılında Düzce 2. OSB'de kurulmuştur. 2010 yılında ilk float hattını 2016 yılında ise ikinci float hattını devreye alarak düz cam üretimine başlamıştır. Düzce Cam, iki float hattıyla yılda 500.000 ton düz cam üretim kapasitesine sahiptir. Düzce Cam, 3 ile 12 mm arasında düz cam kalınlıklarını üretmektedir. 2012 yılında Ayna ve Lamine Cam hatlarını, 2018 yılında da Kaplamalı Cam hattını devreye almıştır.

Yılda 4.500.000 m<sup>2</sup> Ayna, 2.500.000 m<sup>2</sup> Lamine ve 6.000.000 m<sup>2</sup> Kaplamalı cam üretim kapasitesine sahiptir. Düzce Cam toplam 500 kişiyi istihdam etmektedir.

#### 3.3. Proses Açıklamaları

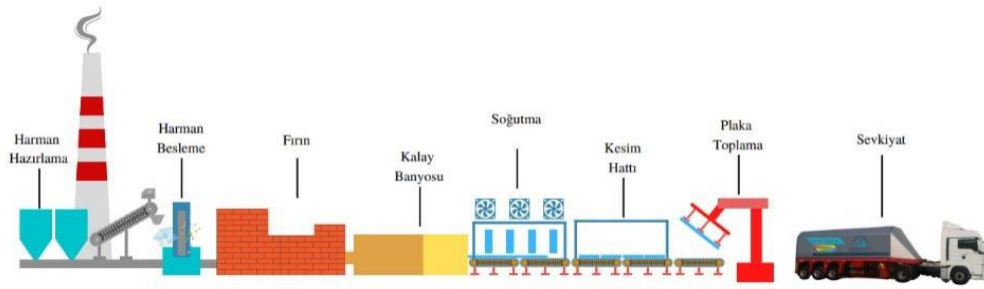
Harman Dairesi: Cam üretiminde kullanılacak olan hammaddeleri stoklandığı ve cam reçetesine göre fırın bölümüne gönderildiği yerdir.

Fırın Bölümü: Düz cam üretiminde işletmenin kalbi olan fırında, harman 1600°C'de ergitilmektedir.

Kalay Banyosu: Fırından kalay banyosuna geçen ergimiş cam, kalay banyosunda yüzdürülerek cam plakalar elde edilmektedir.

Soğutma Bölümü: Kalay banyosundan çıkan cam şerit, özel sıcaklık parametreleri ile soğutularak kesme hattına doğru gönderilen bölümdür.

Kesim Bölümü: Soğutma bölümünden çıkan cam şeridinin otomatik olarak istenilen ebatlarda kesilmesi sağlanan bölümdür. Toplanan plakalar doğrudan kullanılabildiği gibi kaplama, lamine, ayna gibi ikincil işlemlerle nihai mamul haline de getirilmektedir. Şekil 1’de düz cam üretim proseslerinin şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Düz cam üretim akış şeması

### 3.4. Düzce Cam Fabrikasında Pareto Analizi Uygulaması

Düzce Cam fabrikasında düz cam üretiminde camda oluşan hatalar üretim kaybına neden olmaktadır. Bu hataların hepsi aniden ortadan kaldırılamaz. Bundan dolayı hata türlerine öncelik vermek gereklidir. Hangi hatalara öncelik verilmesi gerektiğinin tespiti için pareto tekniğinden faydalanılır. Bu teknik sayesinde hatalar sınıflandırılarak hatalar üzerinde çalışmalara ağırlık verilir.

Düzce Cam Fabrikasında son 3 ayda meydana gelen hata grupları ve hata yüzdeleri Tablo 1’deki gibi olduğu tespit edilmiştir.

Cam genel olarak 5 hata grubuna sahiptir. Bunlar:

A1 Kalite Cam: 3 adet 1. sınıf hata içeren camdır. Ayna camı olarak kullanılır.

A2 Kalite Cam: 5 adet 1. sınıf hata, 2 adet 2. sınıf hata içeren camdır. Otomotiv camı için kullanılır.

A3 Kalite Cam: 8 adet 1. sınıf hata, 6 adet 2. sınıf hata, 1 adet 3. sınıf hata içeren camdır. İhracat edilen camlar için kullanılır. Lamine cam yapımında kullanılır.

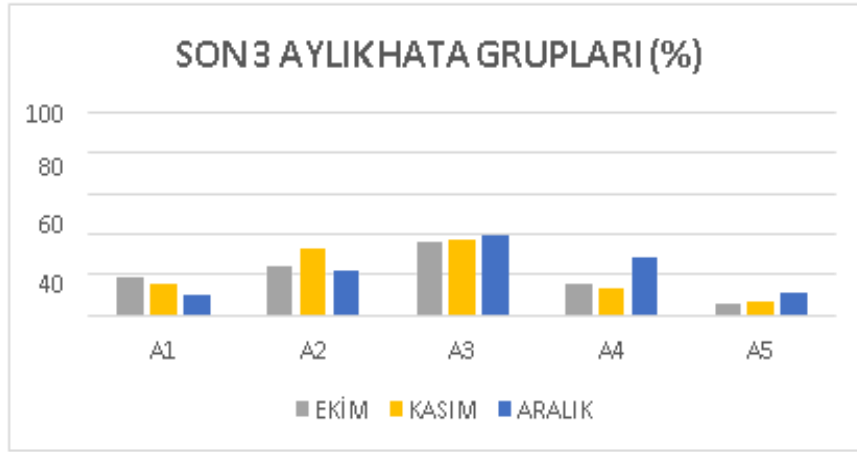
A4 Kalite Cam: 16 adet 1. sınıf hata, 10 adet 2. sınıf hata, 10 adet 3. sınıf hata içeren camdır. İç piyasada kullanılan camdır. Pencere yapımında kullanılan camlardır.

A5 Kalite Cam: 16 adet 1. sınıf hatadan, 10 adet 2. sınıf hatadan ve 10 adet 3. sınıf hatadan daha fazla hata içeren camdır. Sera camı olarak kullanılır.

**Tablo 1.** Fabrikadaki Son 3 Aylık Hata Gruplarının Gösterildiği Tablo

Hata Grupları /Aylar	A1	A2	A3	A4	A5
Ekim.22	18,5	24,4	35,5	15,8	5,80
Kas.22	15,4	32,7	37,6	13,4	7,20
Ara.22	9,70	21,9	39,6	28,3	10,5

Hata gruplarını sütun grafiğine dönüştürdüğümüz zaman görsel olarak da en çok hata A3 hata grubunda görüldüğü görülmektedir. Sonra sırasıyla A2, A4, A1 ve A5 hata grupları takip etmektedir. Bu grafiği Şekil 2’de görülebilmektedir.

**Şekil 2.** Fabrikadaki Son 3 Aylık Hata Gruplarının Gösterimi

Proseste kaynaklanan hata grupların analizini daha iyi yapabilmek için Tablo 1’deki verilerin alınması teknik açıdan daha doğru sonuç vereceği için veriler Şekil 2’deki gibi sütun grafiğine çevrilmiştir.

Cam yüzeyindeki hataların sınıfını, boyutunu ve yerini optimizasyon bilgisayarına bilgi veren cihaz ISRA’ dır. Şekil 3’te gösterilen ISRA cihazında hatanın şiddeti ve büyüklüğü belirlenmektedir. Sonrasında camın kalitesi (A1, A2, A3, A4, A5) belirlenmektedir. Hata sınıflarının boyutları Tablo 2’de verilmiştir

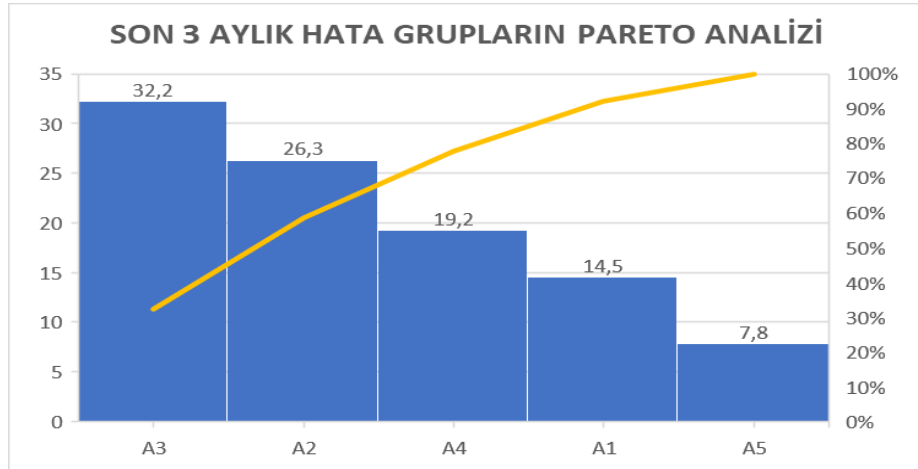




Şekil 3. ISRA Cihazı

Tablo 2. Hata sınıflarının boyutları

0. Sınıf	0,0-0,7 mm
1. Sınıf	0,7-1,2 mm
2. Sınıf	1,2-1,7 mm
3. Sınıf	1,7-4,0 mm
4. Sınıf	4,0-8,0 mm
5. Sınıf	8,0-... mm



Şekil 4. Son 3 Aylık Hata Grupların Pareto Analizi

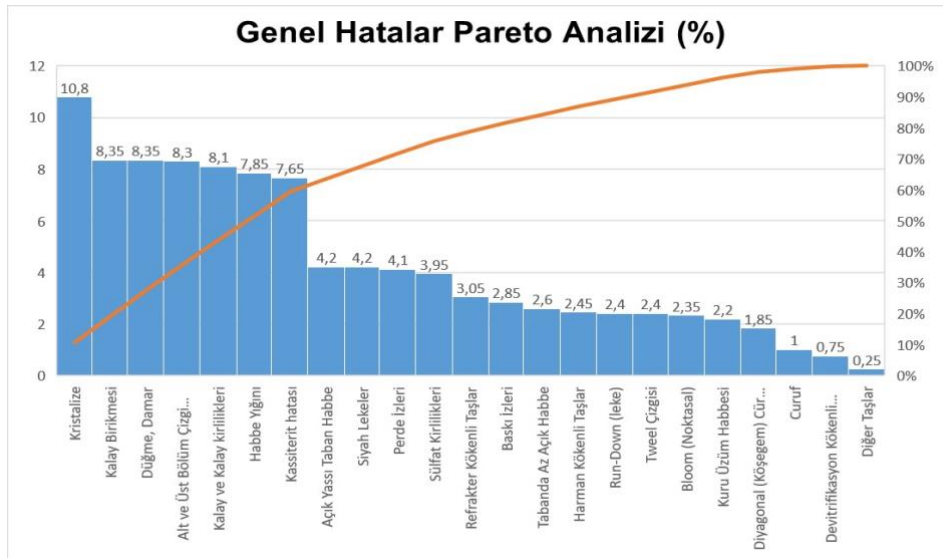
Son 3 aylık hata gruplarına pareto analizi uygulanmış hali Şekil 4'teki gibidir. Şekil 4'te görüldüğü üzere düz cam üretiminde camda oluşan en çok hata %32,2 ile A3 grubu hatadır. A3, A2 ve A4 hata gruplarının toplamı ise %77,7'dir. Bu durumda A3, A2 ve A4 hata gruplarının incelenmesi gerekmektedir.

Düzce Cam Fabrikasında son 3 ayda ISRA cihazında oluşan hatalar ve hata yüzdeleri Tablo 4'te verilmiştir.

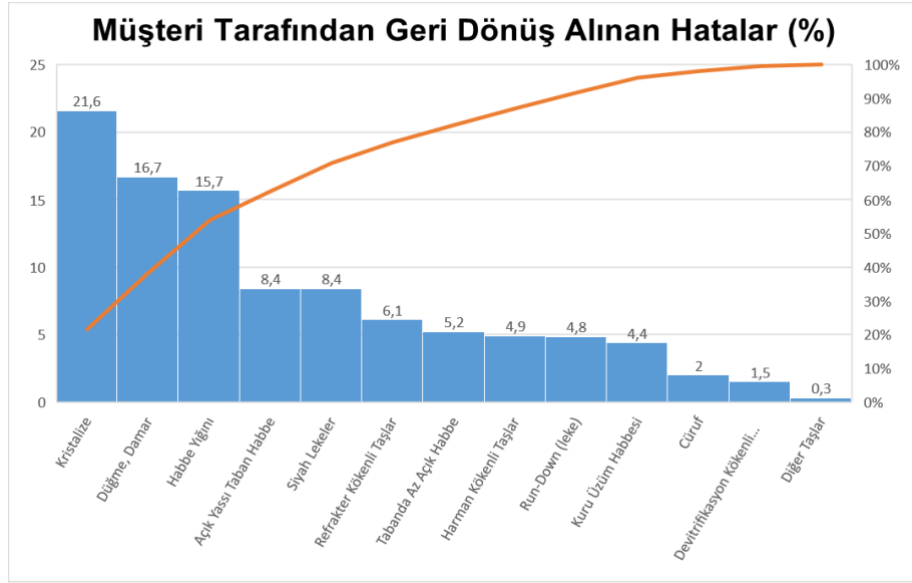
**Tablo 3.** Genel Hata Türleri ve Yüzdeleri

Genel Hata Türleri	%
Kristalize	10,8
Kalay Birikmesi	8,35
Düğme, Damar	8,35
Alt ve Üst Bölüm Çizgi Hatası	8,30
Kalay ve Kalay kirlilikleri	8,10
Habbe Yığılı	7,85
Kassiterit hatası	7,65
Açık Yassı Taban Habbe	4,20
Siyah Lekeler	4,20
Perde İzleri	4,10
Sülfat Kirlilikleri	3,95
Refrakter Kökenli Taşlar	3,05
Baskı İzleri	2,85
Tabanda Az Açık Habbe	2,60
Harman Kökenli Taşlar	2,45
Run-Down	2,40
Tweel Çizgisi	2,40
Bloom (Noktasal)	2,35
Kuru Üzüm Habbesi	2,20
Diyagonal (Köşegen) Cüruf Hatası	1,85
Cüruf	1,00
Devitrifikasyon Kökenli Taşlar	0,75
Diğer Taşlar	0,25

Düzce Cam Fabrikasında son 3 ayda ISRA cihazından alınan hataların pareto analizi Şekil 5'te verilmiştir

**Şekil 5.** Genel Hatalar Pareto Analizi

Müşteri geri bildirimleri incelendiğinde hataların pareto analizi Şekil 6'daki gibidir.



Şekil 6. Müşteri Tarafından Geri Dönüş Alınan Hatalar

Grafik yorumu; müşteri tarafından geri dönüş yapılan hataları pareto analizine göre incelediğimizde kristalize, düğme damar, habbe yığılı, açık yassı taban habbe, siyah lekeler ve refrakter kökenli taşların tüm hatalara oranı %76,9 oranı elde edilmiştir. Odaklanılacak hata türleri bunlardır. Bu hataların kısa tanımları aşağıdaki gibidir.

### 3.5. HTEA Uygulaması

HTEA uygulaması genellikle 5 aşamadan oluşmaktadır:

- İşletmenin genel yapısının, ürünün özelliklerinin ve üretim süreçlerinin kapsamlı bir analizini içerir. Burada, süreçlerin ve ürünün özelliklerinin tam bir anlayışını geliştirmek amaçlanır.
- Süreçte ortaya çıkan hataların, bu hataların nedenlerinin, etkilerinin ve mevcut kontrol mekanizmalarının belirlenmesi: Bu aşama, süreç içerisindeki hataların detaylı bir şekilde incelenmesini içerir. Hangi hataların, ne tür koşullarda, hangi nedenlerle ortaya çıktığı ve bu hataların süreci veya ürünü nasıl etkilediği gibi unsurların tespiti ve analizi yapılır.
- Hataların ortaya çıkma sıklığı, tespit edilme zorluğu ve etki derecesine göre değerlendirilerek Risk Öncelik Sayısı'nın (RÖS) hesaplanması: Bu aşama, hataların ortaya çıkma sıklığı, bu hataların ne kadar kolay tespit edilebildiği ve bu hataların süreç veya ürün üzerindeki etkisi gibi kriterlere dayalı olarak Risk Öncelik Sayısı'nın belirlenmesini içerir.
- Hataların RÖS'e göre önceliklendirilmesi ve hangi hataların ne tür önlemler gerektirdiğinin belirlenmesi: Burada, belirlenen RÖS değerlerine dayanarak hangi hataların öncelikli olarak ele alınması gerektiği ve bu hataların nasıl önlemler gerektirdiği detaylı bir şekilde incelenir.

• Önerilen önlemlerin uygulanmasından sonra yeniden ortaya çıkma sıklığı, tespit edilme zorluğu ve etki derecesinin yeniden değerlendirilmesi ve yeni RÖS değerlerinin hesaplanması: Bu aşama, önerilen önlemlerin uygulanmasından sonra süreçte meydana gelen değişikliklerin, hataların tekrar ortaya çıkma olasılığı, tespit edilme zorluğu ve etki derecesi gibi kriterler üzerinden yeniden değerlendirilmesini içerir. Bu değerlendirme, yeni RÖS değerlerinin hesaplanmasıyla sonuçlanır ve süreçteki iyileşmelerin etkinliğini gözlemlemek için kullanılır (Zebedin, 1998).

### 3.5.1. Başlangıç Çalışmaları

HTEA kapsamında cam imalatının tamamı belirlenmiştir. Cam üretiminde ürettiği ürünlerde yakalayacağı kalite ve üretim verimliliği ile rekabet gücünü arttırmayı hedeflemektedir.

Cam üretiminde aranan özellik; dayanıklılık ve dünya standartlarına uygun olan bir üretim kalitesidir. Bundan dolayı firma, üretimde kaliteye ulaşmak ve oluşturulan kalite yönetim sisteminin işleyecek halde olmasını sağlamak için gerekli çalışmaları yapmaktadır.

Daha önce de bahsedildiği üzere HTEA bir ortak ekip çalışmasıdır. Araştırmaya konu olan firmada gerçekleştirilen çalışmanın ekip üyeleri şunlardır:

- HTEA Ekip Üyeleri,
- Kalite Güvence Sorumlusu,
- Kesim Sorumlusu
- Satış ve Pazarlama Sorumlusu,

### 3.5.2. Olasılık Puanı (Ortaya Çıkma Sayısı) Hesabı

Ortaya çıkma sayısını belirlemek için 10'luk derecelendirme skalası kullanılmıştır. Değerler belirlenirken mümkün olduğu kadar geçmiş verilerden destek alınmaya çalışılmış, ortaya çıkma sayısı ağırlık değerleri ekipteki üyeler tarafından belirlenmiştir (Tablo 4).

**Tablo 4.** Olasılık Puanı (Ortaya Çıkma Sayısı) (Derecelendirme: 1-10) 1: Çok Düşük, 10: Çok Yüksek

Hatalar	Derecelendirme
Kristalize	8
Habbe Yığını	6
Düğme Damar	5
Açık Yassı Taban Habbe	4
Refrakter Kökenli Taşlar	2
Siyah Leke	3

### 3.5.3. Saptanabilirlik Puanı Hesabı

Saptanabilirliği belirlemek üzere 10'luk derecelendirme skalası kullanılmıştır. Değerler belirlenirken olabildiğince geçmiş verilerden yararlanılmaya çalışılmış, saptana bilirlik değerleri ekipteki üyeleri tarafından belirlenmiştir (Tablo 5).

**Tablo 5.** Saptanabilirlik Puanı (Derecelendirme: 1-10) 1: Çok Düşük 10: Çok Yüksek

Hatalar	Derecelendirme
Kristalize	4
Habbe Yığını	9
Düğme Damar	6
Açık Yassı Taban Habbe	8
Refrakter Kökenli Taşlar	5
Siyah Leke	3

### 3.5.4. Şiddet Puanı Hesabı

Şiddet puanını saptayabilmek üzere 10'luk derecelendirme skalası kullanılmıştır. Değerler belirlenirken olabildiğince geçmiş verilerden yararlanılmaya çalışılmış, şiddet puanı değerleri ekipteki üyeleri tarafından belirlenmiştir (Tablo 6).

**Tablo 6.** Şiddet Puanı (Derecelendirme: 1-10) 1: Çok Düşük 10: Çok Yüksek

Hatalar	Derecelendirme
Kristalize	6
Habbe Yığını	4
Düğme Damar	5
Açık Yassı Taban Habbe	3
Refrakter Kökenli Taşlar	7
Siyah Leke	9

### 3.5.5. Risk Öncelik Sayısı Hesabı

Ekip üyeleri tarafından ortaya çıkma, saptama ve ağırlık değerleri belirlenen hatalar RÖS (Risk Öncelik Sayısı) değerlerine göre aşağıda tabloda sıralanmıştır. Tablodan da görüldüğü üzere ilk üç sırada bulunan hatalar diğerlerinden bariz bir şekilde ayrılmaktadır. Öncelikli olarak bu hatalar için önlemler belirlenmelidir. RÖS değeri hesaplanırken Denklem (1) "Çarpma ile RÖS Hesabı" kullanılmıştır. (Tablo 7)

$$RÖS = \text{Olasılık Puanı} \times \text{Saptanabilirlik Puanı} \times \text{Şiddet Puanı} \quad (1)$$

HTEA genel uygulama,  $RÖS \geq 100$  olan hatalar için öncelikli olarak önlem almaktır.

**Tablo 7. RÖS**

Sıra No	Hatalar	RÖS
1	Kristalize	216
2	Habbe Yığılı	192
3	Düğme Damar	150
4	Açık Yassı Taban Habbe	96
5	Refrakter Kökenli Taşlar	81
6	Siyah Leke	70

Bu sonuçlara göre, önlem saptamak ve önlemleri uygulamak için hazırlanan plan şu şekildedir:

1. Aşamada Önlem Uygulanacak Hatalar:

- Habbe Yığılı
- Kristalize
- Düğme – Damar

2. Aşamada Önlem Uygulanacak Hatalar:

- Açık Yassı Taban Habbe
- Siyah Leke
- Refrakter Kökenli Taşlar

Yukarıda verilmiş olan hatalar için belirlenen önlemler uygulanmaya alındıktan sonra bu önlemler RÖS üzerinde beklenen oranda düşme sağlanacaktır. Amaç, sürekli iyileştirme ile istenilen kalite seviyesine ulaşmaktır. Birinci aşamada ele alınması gereken hatalar için öngörülen önlemler aşağıda açıklanmıştır.

Habbe Yığılı; yapılan FMEA analizi sonucunda RÖS değeri fazlasıyla yüksek olan habbe yığılı hatasının ve habbe yığılından oluşan hatanın RÖS değerini düşürmek için, saptama olasılığını düşürmek hedeflenir. Fırın kaynaklı bubbling denilen yani camın bünyesinde gözle görülmeyen küçük habbecikler var ise bunlar parlayan yıldız gibi görünürler. Yani afinasyonla alakalı gaz habbecikleri cam eriğinin içerisinde atılması lazım, eğer atılmaz ise bu şekilde habbecikler meydana gelir ve gerekli homojenizasyonu sağlayamaz. Bazı habelerin gözle bile fark edilmesi çok zordur. Habbeler kenar aydınlatma dediğiniz karanlık oda testlerinden biriyle fark edilir. Mevcut hat üstü gözlemleri ve laboratuvar kontrollerinde tespit edilmesi zor olan ve aynı zamanda gözle görülemeyecek hataların tespiti için kullanılır. Düzgün ince bir ışık demeti (20 watt gücünde florasan ampul) cam numunenin (80x40) her iki kenarında geçirilerek yandan aydınlatma yapılır ve laboratuvar ışıkları kapatılır. Yanlardan sızan ışık demeti ile bütün hatalar parlar ve daha çabuk tespit edilir. Daha iyi sonuç alabilmek için florasan ampul gücünü 40 watt kadar yükselterek ışığı yansıtıcı yeşil bir zemin kullanıldı. Böylelikle habbe yığılı hatası azaltılarak cam kalitesi artacak ve bu konudaki müşteri şikayetlerinin ortadan kalmasına yardımcı olacaktır.

Kristalize; bu hatanın tespit edilememesi sonucunda cam kalitesinin düşmesi nedeniyle olasılığı yüksektir. Ayrıca bu hatadan kaynaklı firma sık sık sorun yaşamış ve müşteri şikayetleri ile karşı karşıya kalmıştır. Bu hata kuru üzüm veya kuru üzüm görünüşe sahiptir. Bu hemen hemen donmuş gibidir ve yüzey buruşuk gözükebilir. Buruşukluğun sebebi, habbedeki gazın normalden farklı kompozisyonlara sahip olmasındandır. Bu da habbe yüzeyinin buruşuk olmasına neden olur. Ayrıca habbenin şekillenmesi için ani soğutma oranına ihtiyacı vardır. Bu yüzden fırının arayüzündeki olağandışı hareketi bu hatanın oluşmasına neden olabilir. RÖS puanını düşürmek için olasılık puanını düşürmemiz gerekmektedir. Bunu göz önüne alarak fırın arayüzünde bulunan fanlara ekleme yaparak habbe gaz sıcaklığı daha kontrollü tutuldu. Bu sayede hatanın RÖS değeri düşürüldü.

Düğme Damar; FMEA analizi sonucundan sonra RÖS değeri fazla yüksek bulunan düğme damar hatasının ve düğme damardan oluşan hatanın RÖS değerini düşürebilmek için, saptama olasılığını düşürmek amaçlanmıştır. Homojenite yetersizliği ile ortaya çıkarlar. Cam harmanını oluşturan bileşimlerin yetersiz ve düzensiz sıcaklıklar nedeniyle eriyememesi ve tam bir karışımın sağlanamamasından meydana gelirler. Araştırma merkezi tarafından yapılan araştırmada çoğunluğunun Alümina içeren refrakterlerin korozyonundan oluştuğu belirtilmiştir. Taştan düğmeye düğmeden de damara dönüştüğü saptanmıştır. Fırında 1. Porttan 6. porta kadar alevli bölge bulunur. 5. porta kadar 3'er enjektör 6. portta 1 tane enjektör vardır. Enjektörlerden püskürtülen yakıt, portların bağlı bulunduğu rejeneratörlerden gelen yakma havası ile karışmaktadır ve yanma olayı gerçekleşmektedir. RÖS değerini düşürmek için bu yakma havasını taşıyan sistemde iyileştirme yapılarak giriş-çıkış sıcaklıkları sabit tutulmuştur.

#### **4.. Bulgular ve Tartışma**

Quality Control Circles başlıklı seminer notları, kalite kontrol çemberlerinin organizasyonel gelişim ve kalite yönetimi süreçlerinde nasıl kullanılabileceğini anlatır. Bu seminerde, kalite kontrol çemberlerinin temel kavramları, işleyiş yöntemleri ve şirket içindeki problemlerin çözümünde nasıl etkili olabilecekleri üzerine bilgiler sunulur. Kalite kontrol çemberlerinin, çalışanların katılımını teşvik ederek kalite sorunlarını tanımlama, çözme ve sürekli iyileştirme sağlama yolları tartışılır. Ayrıca, bu çemberlerin işletmelerde kalite kültürünü nasıl geliştirebileceği ve örnek uygulamalarla bu süreçlerin nasıl yönetilebileceği ele alınır. Musubeyli Erginel, N. çalışması ürün üzerinde ortaya çıkmış olan veya çıkması muhtemel olan hataların daha önceden belirlenmiş olması ve hataların ortaya çıkma olasılığını, şiddetini ve tespit edilebilirliğini göz önünde bulunduran risklerinin hesaplanması, Hata Türü ve Etkileri Analizine göre belirlenmiştir. Hatalara karşılık olarak gelen kalite karakteristikleri belirlenmiştir. Kalite Evi Metodu kullanılmış olup hatalar ile kalite karakterleri arasındaki ilişki dereceleri belirlenmiş, kalite karakterlerinin ağırlıklı önem dereceleri hesaplanmıştır.

Kalite karakterleri birbirleri arasında olan etkileri, rakiplerin hatalar ile ilgili durumları ve ağırlıklı önem dereceleri göz önüne alınarak önemli kalite karakterlerinin belirlenmesi, bu sistematik çerçevede ele alınmıştır.

Zebedin, H. çalışmasında HTEA'nın karmaşık otomotiv uygulamalarında etkili bir şekilde konuşlandırılması, analiz edilen sistemin karmaşıklığı, sistem hiyerarşisi içinde farklı seviyelerde ve doğası gereği birbirine bağlı mühendislik disiplinleri arasında bir dizi uyumlu bağlantılı olduğunu anlatmıştır. Bu zorlukları ele almak için bu belgede sunulan yaklaşım, entegre bir Sistem Mühendisliği yaklaşımı içinde HTEA'ların gelişimini destekleyen yapılandırılmış bir Hata Modundan Kaçınma (FMA) çerçevesine dayanmaktadır. Çerçevenin etkinliği, bir dizel egzoz son işlem sisteminin geliştirilmesine odaklanan bir vaka çalışması aracılığıyla gösterilmektedir. Bu örnek olay incelemesi, işlev analizi için yapılandırılmış FMA çerçevesinin, fonksiyonel gereksinimlerin ve kritik parametreler kademesinin net dikey entegrasyonu ile birbirini izleyen sistem seviyelerinde geliştirilen bir dizi kapsanabilir, yapılandırılmış. DFMEA aracılığıyla DFMEA dağıtımını kolaylaştıran karmaşık disiplinler arası sistemlerin etkili bir şekilde ayrışmasını desteklediğini göstermektedir. Makalede ayrıca, yaklaşımın mühendislik disiplinleri ve etki alanlarında dağıtımını nasıl desteklediği, tasarım ve üretim faaliyetleri arasındaki bilgi akışının bütünlüğünü sağlama yöntemi tartışılmaktadır.

Goicoechea ve Fenollera'nın 2012 tarihli makalesi, otomotiv endüstrisinde kalite yönetim sistemlerinin uygulanmasını ve bu sistemlerin sektördeki etkilerini inceler. Makalede, otomotiv sektöründe kaliteyi sağlamak için kullanılan çeşitli kalite yönetim yöntemleri, standartlar ve iyileştirme teknikleri detaylandırılır; özellikle ISO 9001 gibi kalite standartlarının sektördeki rolü ve bu standartların nasıl uygulandığı örneklerle açıklanır. Kalite yönetim sistemlerinin, üretim süreçlerinin iyileştirilmesi, müşteri memnuniyetinin artırılması ve genel iş performansının yükseltilmesindeki önemi vurgulanır. Çalışmada kalite yönetimdeki ürün ve hizmetlerin kalitesinden ve her zaman toplam iş sürecinin her aşamasında ki faaliyetlerin birleşik sonucundan bahsetmektedir. Yanı sıra ilişkilerin ve karşılıklı bağımlılıkların, uygunsuzlukların oluşmasını önlemek için uygun önlemlerin belirlenmesi için planlama ve önleme faaliyetlerine öncelik verilmesini anlatmaktadır.

Akın'ın (2005) "Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) ve Bir Uygulama" başlıklı makalesi, FMEA yöntemini ve bu yöntemin bir uygulamasını ele almaktadır. Makale, FMEA'nın teorik temellerini, adım adım nasıl uygulanacağını ve bir örnek uygulama ile pratikte nasıl kullanıldığını açıklamaktadır. Bu analiz yöntemi ile hataların belirlenmesi, değerlendirilmesi ve önlenmesi süreçleri detaylandırılmakta ve FMEA'nın kalite iyileştirme çalışmalarındaki rolü vurgulanmaktadır. Çalışmada, ürün ve süreçte var olan ve olabilecek hatalara karşı önlem almak için yapılan bir yöntem olarak HTEA çalışmıştır. Bu yöntem, sürecin eylemi ve emniyeti açısından hataların etkisini ve



bunları önlemenin safhalarını saptamaya yarayan sistematik bir yaklaşımdır. Hataların ürüne yansımadan önlem alınmasını sağlamayı amaçlar.

HTEA, hataların etkisi görmeden önce tespit edip zararları daha aza indirmeye yardımcı olan bir kalite iyileştirme tekniğidir. Çok sayıda faydası olması nedeniyle günümüzün modernleşmiş işletmeleri tarafından yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Quality Control Circles, 1984). Bu çalışmada otomotiv sektöründe üretim yapan ve metal işleme işleri ile uğraşan bir firmada yapılan HTEA çalışması verilmiştir. Uygulama olarak pul, yay vb. ürünlerin üretim prosesinin alt prosesleri olan hammadde ve yardımcı malzeme kabulü, giriş kalite kontrol, stoklama ve ara sevkiyatlar ile ambalajlama süreçlerini kapsamaktadır. Uygulama sonucunda, olası hata türleri ve etkilerini önlemeye dönük aksiyon önlemleri belirlenmiş ve böylece hammadde ve yardımcı malzeme kabulü, giriş kalite kontrol, stoklama ve ara sevkiyatlar süreçlerinde %52,6'lık ambalajlama sürecinde ise %54,3'lük bir kalite iyileştirilmesi sağlanmıştır. Çalışmanın hata ile karşılaşan veya aktif hatalara karşı önlemler almayı amaçlayan işletmelere ve çalışanlara yürütecekleri çalışma sırasında katkı sağlanması beklenmektedir.

Huang, Shi ve Mak'ın (2000) "Failure mode and effect analysis (FMEA) over the WWW" başlıklı makalesi, Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) yönteminin internet üzerinden nasıl uygulanabileceğini ele almaktadır. Makale, FMEA'nın çevrimiçi platformlarda kullanımının nasıl yapılacağını, bu yaklaşımın avantajlarını ve üretim süreçlerinde hata tespit ve önleme konusundaki etkinliğini incelemektedir. Ayrıca, FMEA'nın web tabanlı uygulamalarının işletmelere nasıl katkı sağladığını ve bu metodun dijitalleşme sürecindeki rolünü tartışmaktadır. Çalışmada hata modu ve etki analizi (HTEA) etkili ürün geliştirme için resmi tekniklerden birisi olarak bahsetmiştir. Temel amacı, tasarım ve geliştirmenin ilk aşamalarında bunları tanımlayarak ve uygun önlemleri alarak mümkün olduğunca çok olası başarısızlıktan kaçınmaktır. Bağımsız HTEA yazılım paketleri piyasada ticari olarak mevcuttur. Ekip çalışması için sınırlı destek sunarlar. Bu makale, internet / intranetlerde HTEA hizmetleri sağlamak için World Wide Web (WWW) teknolojisini kullanmayı önermektedir. Sonuçta ortaya çıkan web tabanlı HTEA sistemleri kurulum veya bakım gerektirmez, ancak uzaktan ve eşzamanlı erişim ve dolayısıyla daha iyi ekip çalışması sunar.

Düzgüner'in (2002) "Ürün geliştirme sürecinde önleyici kalite güvence: FMEA metodu ve bu metodun bir sanayi işletmesindeki uygulaması" başlıklı yayımlanmamış yüksek lisans tezi, ürün geliştirme sürecinde kullanılan önleyici kalite güvence yöntemlerinden biri olan Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) metodunu ele almaktadır. Tez, FMEA'nın teorik temellerini, uygulama adımlarını ve bu metodun bir sanayi işletmesindeki pratik uygulamasını inceleyerek, ürün kalitesini artırma ve hataları önleme süreçlerini detaylandırmaktadır. Çalışmada kalite iyileştirme sürecinde HTEA tekniği incelenmiştir. Bu tez, ortaya çıkabilecek HTEA konusunu anlatmak ve bu tekniğin bir Otomotiv sektöründe uygulaması hakkında detaylı bilgi vermek amacıyla yazılmıştır. Yapılmış olan

uygulamada hedeflenen bu tekniğin sektöre uygunluğu ve kazandırdığı, uygulama sırasında eksik olan hususların incelenmesi ve yapılması gerekenlerin ortaya çıkmasıdır.

Bir HTEA analiz çalışması, şu hususları yapmak için başlanmış bir ekip çalışması olarak tanımlanır. Ürünün tasarım ve üretimiyle ilgili olarak oluşabilecek hata türleri ve etkilerinin tanınması ve değerlendirilmesi, çıkabilecek hatanın meydana gelme olasılığını azaltacak veya ortadan kaldıracak eylemlerin belirlenmesi ve bu işlemlerin yazılı hale getirilmesini esas almıştır.

Çevik, O., & Gamze, A. R. A. N. (2009) tarafından yapılan bu çalışmada kalite iyileştirme sürecinde HTEA tekniği incelenmiştir. HTEA tekniği; sistem, tasarım, proses ve teknik servis konularında hataların sonuçları ortaya çıkmadan tanımlamayı ve gidermeyi veya en azından kullanıcıdaki etkisini ortadan kaldırmayı amaçlayan bir mühendislik tekniğidir. Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) yönteminin kalite iyileştirme süreçlerinde nasıl kullanıldığını ve bu yöntemin piston üretiminde nasıl uygulandığını incelemektedir.

Makale, FMEA'nın teorik temellerini, uygulama adımlarını ve bu analiz sayesinde elde edilen sonuçları detaylı bir şekilde ele alarak, piston üretimindeki hata türlerinin belirlenmesi ve önlenmesi sürecini anlatmaktadır.

## 5. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma, cam sanayisinde kalite yönetimi süreçlerinin müşteri odaklılığı artırmak ve ürün veya hizmet kalitesini iyileştirmek amacıyla nasıl uygulandığını incelemiştir. Çalışma kapsamında kullanılan pareto analizi ve Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) gibi teknikler, kalite iyileştirme süreçlerinde etkili araçlar olarak belirlenmiştir. Öncelikle, müşteri geri bildirimleri ve formları incelenmiş ve bu veriler üzerinden ürün veya hizmetlerdeki kalite sorunları belirlenmiştir. Pareto analizi kullanılarak, en yaygın ve en büyük etkiye sahip hataların belirlenmesi sağlanmıştır. Daha sonra, HTEA teknikleriyle bu hataların kök nedenleri ve etkileri detaylı olarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara dayanarak, belirlenen kritik hataların çözümü için iyileştirme önlemleri alınmıştır. Örneğin, fırın kaynaklı bubbling ile ilgili olarak, gaz habbeciklerinin cam erginden uzaklaştırılması için laboratuvar testleri ve gözlem yöntemleri geliştirilmiştir. Benzer şekilde, kristalize veya düğme damar gibi hatalar için de fırın kontrolleri ve sıcaklık düzenlemeleri gibi teknik iyileştirmeler yapılmıştır. Pareto yönetimi ile genel hatalar üzerinde fırın hatalarının oranlar belirlenerek çalışmalar sonucunda 6 adet kısıt belirlenmiştir. Bu 6 adet kısıta HTEA uygulaması yapılarak RÖS değeri hesaplanmıştır. Bu RÖS değerlerini düşürmek için işletmede iyileştirmeler yapılmıştır. Böylelikle yaptığımız iyileştirmeler sonucunda son 3 aydan sonraki ay değerlendirmeler incelenmiş olup hataların gelme oranları ve müşteri şikayetleri dikkate alınmıştır. Kesim bölüm sorumlusu ve kalite

güvence sorumlusunun çıktıklarına göre şikayetlerin ve hataların yaklaşık olarak %8,7 azaldığı gözlenmiştir.

Bu çalışma, kalite iyileştirme süreçlerinde kullanılan analiz tekniklerinin etkinliğini göstererek, cam sanayisindeki firmaların rekabet gücünü artırmaya ve müşteri memnuniyetini yükseltmeye yönelik önemli bir adım olmuştur. İlerleyen süreçlerde, bu analizlerin düzenli olarak tekrarlanması ve sürekli iyileştirme çabalarının sürdürülmesi, şirketlerin kalite standartlarını sürekli olarak yükseltmelerine olanak sağlayacaktır.

### **Teşekkür**

Bu çalışmada veriler konusunda desteklerini hiç esirgemeyen Düzce Cam San. ve Tic. A.Ş. firmasına ve anketime katılan çalışanlarına teşekkür ederiz.

### **Yazarların Katkısı**

Tüm yazarlar bu çalışmaya eşit miktarda katkıda bulunmuştur.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar arasında herhangi çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

### **Kaynaklar**

- Akın, H. B. (2005). Hata türü ve etkileri analizi (FMEA) ve bir uygulama. *Öneri Dergisi*, 6(24), 271-278. <https://doi.org/10.14783/maruoneri.680987>
- Çevik, O., ve Aran, G. (2009). Kalite iyileştirme sürecinde hata türü etkileri analizi (FMEA) ve piston üretiminde bir uygulama. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 8(16), 241-265.
- Düzgüner, E. (2002). *Ürün geliştirme sürecinde önleyici kalite güvence: FMEA metodu ve bu metodun bir sanayi işletmesindeki uygulaması* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Kayseri: Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Filiz, A. (2023, January 25). Hata türü ve etkileri analizi. [www.bilgiyonetimi.org/cm/](http://www.bilgiyonetimi.org/cm/)
- Goicoechea, I., ve Fenollera, M. (2012). Quality management in the automotive industry. *DAAAM International Scientific Book*, 51(1), 619-632.
- Huang, G. Q., Shi, J., ve Mak, K. L. (2000). Failure mode and effect analysis (FMEA). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 16(8), 603-608.

- Musubeyli Erginel, N. (1999). *Ürünün önemli kalite karakteristiklerinin belirlenmesinde tasarım hata türü ve etkileri analizi ile kalite evinin birlikte kullanılması. Endüstriyel Kalite Kontrolü. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları No:3425.*
- Quality Control Circles. (1984). Yönetim Geliştirme Merkezi Seminer Notları. İstanbul [www.bilgiyonetimi.org/cm/pages/mklgos.php?nt=654](http://www.bilgiyonetimi.org/cm/pages/mklgos.php?nt=654)
- Özcan, S. (2001). İstatistiksel proses kontrol tekniklerinden pareto analizi ve çimento sanayiinde bir uygulama. *CÜ İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 2(2), 151-174.*
- Yılmaz, A. (1997). *Hata türü ve etkileri analizi (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- Zebedin, H. (1998). FMEA from the standpoint of an engine developer: The practical application of a design-related FMEA and evaluation in an FMEA database. *Qualität und Zuverlässigkeit, 43(7), 826-828.*