ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KALİTE İYİLEŞTİRMEDE HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ VE BİR ÜRETİM SÜRECİNDE UYGULAMA

Çağlar YAYLALI

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet PEKER

2008, 116 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Ahmet PEKER
Yrd. Doç. Dr. Ahmet BABALIK
Yrd. Doç. Dr. Yakup KARA

Günümüzde küresel ısınmanın sonuçlarından biri olarak ortaya çıkan yer altı sularının ve sulama sularının azalması, ülkemiz tarım sektörünü yer altı sularının kullanımında, vahşi sulama yöntemlerinden, damla sulama sistemleri ile sulamaya sevk etmeye başlamıştır. Bu durumda yabancı üreticilerinde sektöre girerek pazarda yer almak istemeleri sonucu oluşan rekabet ortamında daha kaliteli ve daha düşük maliyetli ürünlerin üretilmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Çalışma, Hata Türü ve Etkileri Analizinin damla sulama borusu ve bu borularda kullanılan damlalıkların üretim prosesinde, oluşabilecek olası hata türlerinin ortaya çıkarılması ve bu hataların etkilerinin araştırılarak, önceliklerinin belirlenerek gerekli önlemlerin alınması sonucunda hata etkilerinin azaltılması amacı ile yapılmıştır.

Bu sayede olası hataların müşteriye ulaşmadan önlenmesine ve müşteri memnuniyetinin maksimum seviyeye getirilmesine çalışılmıştır.

Bu araştırmada dört adet üretim prosesinde oluşabilecek olası hata türleri ve bu hataların etkileri ortaya çıkarılarak, bu hataların meydana gelmeden önlenmesi için gerekli

önleyici faaliyetler uygulanmaya çalışılmıştır. İncelenen üretim proseslerinde toplam 49 adet olası hata türü belirlenmiş ve bu hata türlerinden 11 tanesinin RÖS değeri hesaplanarak RÖS değeri 40'ın üzerinde olan altı adet hata türü için gerekli önleyici faaliyetler gerçekleştirilmiştir.

Uygulanan önleyici faaliyetler sayesinde altı adet hata türünün tümünün RÖS değeri 40'ın altına düşürülmüştür.

Anahtar Kelimeler: HTEA, Hata Türü ve Etkileri Analizi, RÖS

ABSTRACT

MASTER THESIS

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS AT QUALITY IMPROVING AND AN APPLICATION ON PRODUCTION PROCESS

Çağlar YAYLALI

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet PEKER

2008, 116 Page

Jury: Prof. Dr. Ahmet PEKER
Asist.Prof.Dr. Ahmet BABALIK
Asist.Prof.Dr. Yakup KARA

Because of decreasing Ground –water and irrigation water which have been one of the results of the global heating nowadays, the country has begun to orient agriculture sector towards blob irrigation system instead of savage irrigation system for using ground water. In this instance because foreign producer has wanted to rank with in the market, exigency of producing more high in quality and less price product has turned up at rivalry conditions.

The purpose of the present study is to show up potential failure modes, search for effects of these failures and take precautions according to precedences on the process of producing dropper which is used at blob irrigation tube using failure mode and effects analysis.

In this way at this study it was worked about preventing failures and increasing customer satisfaction.

In this study, potential failure modes that will happen at 4 production processes and effects of those failures were found and preventive acrivities were tried to apply before these failures happened. At researching production processes 49 potential failure modes were determined and RPN value of 11 these failure modes were calculated and necessary preventive activities were realized for 6 failure modes that RPN value were over 40.

RPN value of 6 failure modes were reduced under 40 by epplying preventive activities.

Key Words: FMEA, Failure Mode and Effect Analysis, RPN

1. GİRİŞ

Günümüzde küresel ısınmanın sonuçlarından bir tanesi olarak ortaya çıkan yeraltı sularının ve sulama sularının azalması, ülkemiz tarım sektörünü yeraltı sularının kullanımında, vahşi sulama yöntemlerinden, damla sulama sistemleri ile sulamaya sevk etmeye başlamıştır. Bu durumda, yabancı üreticilerin de sektöre girerek pazarda yer almak istemeleri sonucu oluşan rekabet ortamında, daha kaliteli ve daha düşük maliyetli ürünlerin üretilmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA), müşteri kavramı bulunan bütün sektörlerde gerek ürün gerekse hizmet kalitesisin artırılmasında hataların ortaya çıkarılarak bu hataların müşteriye ulaşmadan önlenebilmesi amacıyla geliştirilmiş bir tekniktir. Bu çalışmanın amacı damla sulama borularının üretimi esnasında ortaya çıkabilecek hataların tespit edilerek, ISO 9001 2000 Kalite Yönetim Sistemi faaliyetleri kapsamında önleyici faaliyetler gerçekleştirilmesi ve hataların müşteriye yansımadan bertaraf edilmesidir.

Bu çalışmada öncelikle HTEA yapılacak prosesler belirlenmiştir. Bu belirlemede etkileyici olan en önemli faktörlerden birisi, tarımsal sulamada kullanılan damla sulama borularının son yıllarda kullanımının zorunluluk haline gelerek artması ve bu doğrultuda üretim için yapılan yatırımların büyüklüğüdür. Bu yatırımlardan birisi de, Konya'da kurulu olan çiftçi iştirakli bir Damla Sulama Boru Fabrikasıdır. Fabrikanın kuruluş amaçlarından bir tanesi de ülkemizde hissedilmeye başlanan su sıkıntısının çözümleri arasında yer almak ve tarım sektörüne katkıda bulunabilmektir.

Damla sulama sistemlerinin hatasız bir şekilde son kullanıcıya ulaştırılması hem tarımda verimliliğin artması hem de müşteri memnuniyeti açısından önemli bir husustur. Müşteriye hatasız ürün gönderilebilmesi için bu sistemlerin üretim sürecindeki hataların, daha ortaya çıkmadan önce alınacak önlemlerle giderilmesi olduğu bir gerçektir. Bu hataların önlenmesi, kalitenin artırılması açısından önemli olduğu kadar, firma prestijinin ve imajının artırılması ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi açısından da son derece önemlidir.

Fabrikada HTEA çalışmasının uygulama başlangıcında HTEA yapılacak prosesler belirlendikten sonra bu çalışmayı gerçekleştirecek olan bir beyin fırtınası ekibi kurulmuştur. Bu ekibin üyeleri üretimde çalışan mühendis ve ustabaşları ile kalite ve pazarlama birimlerinde çalışan mühendislerden seçilmiştir. Damla sulama borusu üretim sürecinde oluşabilecek hataların belirlenmesi amacıyla HTEA ekibi tarafından beyin fırtınası yöntemi ve balık kılçığı diyagramları kullanılmıştır.

Belirlenen hatalardan hangisinin etkisinin daha güçlü olduğunu saptayabilmek için her bir hatanın Risk Öncelik Sayısı (RÖS) değerleri belirlenmiştir. Belirlenen RÖS değerlerine göre öncelikle önlem alınması gereken hatalar ortaya çıkarılmış ve bu hatalar için önleyici faaliyetler başlatılmıştır. Önleyici faaliyetler sonucunda yine aynı teknikler kullanılarak bu hataların etkileri ve yeni RÖS değerleri bulunmuş ve HTEA çalışmalarından önceki değerler ile karşılaştırılarak yapılan çalışmanın etkinliği değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Araştırmanın giriş bölümünde, yapılan çalışmanın amacı ve içeriğinden bahsedilmiştir. Kaynak araştırması bölümünde HTEA konusunda şimdiye kadar yapılmış olan çalışmalarla ilgili literatür taraması yapılmış ve bu araştırmalarda elde edilen bulgular açıklanmıştır. Materyal ve Metot bölümünde ise çalışmanın yapıldığı yer ve çalışma metodolojisi hakkında bilgi verilmiştir. Araştırma sonuçları ve tartışma bölümünde araştırma sonuçlarına yer verilmiştir. Sonuç ve öneriler bölümünde ise, araştırma sonuçlarının genel bir özeti verilerek ileriki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Hata Türü ve Etkileri Analizi

HTEA, bir ürün ya da süreçte bilinen veya meydana gelebilecek hataların, önceki deneyimler ya da teknolojiler kullanılarak belirlenmesi ve bu hataların önlenmesi için yapılan bir planlamadan oluşan analitik bir tekniktir (Besterfield ve ark, 1999; Söylemez, 2006).

HTEA, tasarım ve geliştirme aşamalarında hataları önlemek için kullanılan etkin bir araçtır (Mizuno ve Akao, 1994 ; Söylemez, 2006).

Bu yöntem, hataların etkisini ve bunları önlemenin adımlarını saptamaya yarayan sistematik bir yaklaşımdır. HTEA güvenilirlik mühendisliğinin bir parçası olarak ürün ve süreç hatalarını analiz eder (Mizuno ve Akao, 1994; Söylemez, 2006).

Doğru bir şekilde uygulanan HTEA, uygulayıcıya sistemde, tasarımda, süreç ve hizmette yer alan risklerin azaltılmasını sağlayacak yararlı bilgiler sunar. Dolayısıyla HTEA güvenilirlik güvencesini sağlayan bir tekniktir (Şen ve ark, 1999; Söylemez, 2006).

2.2. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Tarihçesi ve Türleri

HTEA önce ABD'de 1950'li yılların başında uçuş kontrol sistemlerinin kontrolünde kullanılmaya başlanmış ve 1960'dan sonra havacılıkta sistemli olarak uygulanmıştır. NASA tarafından 1960-1965 yılları arasında aya insan indirme (APOLLO) projesinde denenmiştir. HTEA ile ilk olarak, NASA tarafından uzay uygulaması için meydana getirilen aracın, istenilen güvenilirlik karakteristiklerine sahip olmasını sağlayacak yöntem geliştirilmiştir. Apollo projesinde, aya insan indirecek ürünün tek ve çok pahalı olması nedeniyle, herhangi bir parça veya sistemin arıza yapmaması istenmekte idi. Bunu sağlamak için HTEA uygulanarak

projede mevcut sistemlerin yedeğinin alınması zorunluluğu ortadan kalkmıştır (Çiğdem, 1994; Söylemez, 2006).

HTEA yine 1965-1970 yılları arasında ABD'de Silahlı Kuvvetlerde kullanılmıştır. Endüstride ilk kullanım Japon NEC firması tarafından başlatılmış, daha sonra otomotiv ve tekstil sektöründe yaygın uygulama alanı bulabilmiştir. Hata Türleri ve Etkileri Analizi disiplini, ABD ordusunda geliştirilmiştir. Hata Türleri Etkileri ve Riskleri Analizi Üzerine Prosedürler olarak adlandırılan askeri prosedür MIL-P-1629, 9 Kasım 1949 tarihinde başlatılmıştır (Anonim,1980). Sistem ve donanım hatalarının etkilerinin belirlenmesi için güvenilir bir değerlendirme tekniği olarak kullanılmıştır. Hatalar görev başarısına ve personel/donanım güvenliğine etkilerine göre sınıflandırılmıştır. Bu, modern imalat sisteminin yapısına uymamaktadır. Günümüzde tüketici malları üreten imalatçılar müşteri güvenliği ve memnuniyeti gibi yeni öncelikler belirlemişlerdir.

1980 yılında FORD tarafından otomotiv sektöründe HTEA uygulamasına geçilmiş, sistemde değişiklik yapılarak çok karmaşık olan askeri uygulama basitleştirilmiştir. 1985 yılından itibaren FORD uygulaması ile benzer şekilde FIAT şirketinde de uygulanmaya başlanmıştır (Juran ve ark, 1980; Söylemez, 2006).

1988 yılında Uluslararası Standartlaştırma Örgütü, iş yönetimi standartları üzerine ISO 9000 serisini ortaya çıkarmıştır. ISO 9000 standardının gerekleri işletmeleri, tüketicinin istekleri, gereksinimleri ve beklentileri doğrultusunda Kalite Yönetim Sistemleri geliştirmeye itmiştir. ISO 9000'in otomotiv sektöründeki karşılığı olan QS 9000, bu alanda faaliyet gösteren firmalar kalite sistemlerini standartlaştırma çabasına sokmuştur. Bunun için otomotiv sektöründeki firmalar, hata türleri ve etkileri analizini de içeren İleri Ürün Kalite Planlaması (Advanced Product Quality Planning - APQP) uygulamakta ve Kontrol Planı oluşturmaktadır. Şubat 1993'te Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (AIAG) ve Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu (ASQC), endüstri çapında Hata Türü ve Etki Analizi standardı oluşturmuştur. Bu standart HTEA yapısı, QS 9000 standardının geliştirilmesinde işbirliği yapan Chrysler, Ford ve General Motors şirketleri tarafından kabul edilmiştir ve desteklenmektedir (http://www.fmeca.com).

HTEA tekniğinin ilk ortaya çıktığı zamanlarda Legg, mühendisleri bilgilendirme çalışmaları yapmıştır (Legg, 1978; Aran, 2006).

Kara-Zaitri ve ark. (1992) de önem derecelerinin belirlenmesinde mühendislere yardım etmiştir Gilchrist (1993) ise, HTEA'da maliyet analizini de içeren bir model önermiştir (Aran, 2006).

Kasa ve Boran (1993), çalışmalarında HTEA tekniğinin Toplam Kalite Yönetimi'ndeki yerine değinmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, hatanın oluşum nedenlerine inerek, ortaya çıkışını önlemek, dolayısıyla kusursuzluğu hedeflemenin en akılcı çözüm olduğunu öne sürmüşlerdir. Stamadis (1995), çalışmasında tasarım ve proses HTEA'da değerlendirme için kullanılacak yöntemlerin seçim kriterlerini incelemiştir. Ben-Daya ve Abdul (1996), önerilen bu modeli eleştirmiş ve geliştirilmiş yeni bir model önermiştir. Yılmaz (1997), çalışmasında HTEA uygulamalarında karşılaşılan güçlükleri ele almıştır. Elektrik sistemleri üzerine HTEA'nın uygulamaları Price ve ark. (1997) tarafından yapılmıştır. Çevresel risklerin değerlendirilmesi üzerinde ise Vandenbrande (1998) çalışmıştır. Musubeyli (1999), ürünün önemli kalite karakteristiklerinin belirlenmesinde tasarım hata türü ve etkileri analizi ile kalite evinin birlikte kullanılması konulu bir çalışma yapmıştır. Çok sayıda parça içeren ürünlerin hata türlerinin önceliklendirilmesinde bu yaklaşımın kullanılmasıyla, iyileştirme faaliyetlerinin hızlı başlaması sağlanmış olup, servis oranlarında kısa sürede düşüş gözlenmiştir. Bolat (2000), çalışmasında HTEA'nın yararları üzerinde durmuştur (Aran, 2006).

2.2.1. Sistem HTEA

Sistem HTEA'da hedef, operasyonel (etkinlik ve performans) faktörler ile ekonomik faktörler arasında uygun bir denge tanımlamak ve oluşturmaktır. Bu hedefe ulaşmak için sistem HTEA; müşterinin belirlenmiş ihtiyaç, istek ve beklentileri dikkate alınarak yapılmalıdır. Sistem HTEA tasarım ve ilk konsept belirlemede sistem ve alt sistemlerin analiz edilmesinde kullanılır. Bir sistem HTEA çalışması sistem yetersizliklerinden kaynaklanan sistemin fonksiyonları arasındaki potansiyel hata türlerine odaklanır. Sistemler arası ilişkileri ve sistemin elemanlarını da kapsar (Stamadis, 1995; Aran, 2006).

2.2.2. Tasarım HTEA

Tasarım HTEA, ürünlerin üretim kararı verilmeden önce uygulanır. Tasarımdaki hatalardan dolayı hizmet veya imalat aşamalarında ortaya çıkabilecek olası ürün hata şekillerini ele alır. Tasarım bütünlüğünü sürekli kılmak amacı doğrultusunda, tasarım aşaması dışında imalatta, montajda, donanımda ve müşterinin kötü kullanımından dolayı üründe oluşacak tasarımla ilgili sorunları tanımlar. Bu teknik ile sistem veya bileşenlerin güvenilirlik riskleri yazılı hale getirilir, her hata türünün etkisi analiz edilir ve düzeltici faaliyetler yani tasarım değişiklikleri tanımlanır (Yılmaz, 1997). Kısacası tasarımda mümkün olan tüm hataların belirlenmesi ve fiziksel olarak tanımlanması aşamasıdır (Düzgüner, 2002; Aran, 2006).

2.2.3. Proses HTEA

Proses HTEA, imalat ve montaj süreçlerini analiz etmede kullanılır. Proses veya montaj yetersizliklerinden kaynaklanan hata türleri üzerinde odaklanır.

HTEA sonucu, proseste yapılan iyileştirmeler, bu tekniğin aynı zamanda proses geliştirme yaklaşımı olarak tanımlanmasını sağlar. Proses HTEA, kusursuz ürünler üretmek için analizcilere montaj ve imalat proseslerinde kullandıkları makineleri, aletleri, prosesleri ve insan gücünün etkilerini analiz ederek, imalat proseslerini değerlendirebilme yani zayıf noktalarını belirleme olanağını verir (Yılmaz,1997). Donanım hataları, çalışanların hataları, uygun olmayan malzeme ve yöntemlerin kullanımı sonucu oluşan hatalar proses HTEA ile ürün üretime girmeden önce belirleneceğinden kusurları düzeltmek kolay olacaktır. Ancak, makine, malzeme, insan, yöntem, ölçme ve çevre olarak tanımlanan üretim bileşenleri arasında etkileşimlerin olması proses HTEA'nın daha zor ve zaman alıcı olarak tanımlanmasına neden olmaktadır (Stamadis, 1995; Aran, 2006)

2.2.4. Servis HTEA

Müşteriye servis henüz ulaşmadan analiz edilmesinde yardımcı olur. Bu analizin uygulanmasıyla; geliştirme faaliyetleri arasında önceliklendirme yapılması ve değişiklik için açıklamaların kaydedilmesi sağlanır. İş akışının, sistem ve proses analizinin etkin bir şekilde yapılmasında, işteki hataların ve kritik önemli işlerin belirlenmesinde ve kontrol planlarının oluşturulmasında yol göstermesi gibi avantajlar sağlar. Analizin uygulanmasıyla sistem ve prosesi takip etmek için liste oluşturularak, potansiyel kritik veya önemli iş ve proseslerin RÖS ile ağırlıklandırılmış listesi yardımıyla sınırdaki potansiyel servis ile ilgili hataların yok edilmesinin sağlanması mümkün olmaktadır (TÜV Südwest FMEA Seminer Notları, 2002; Aran, 2006).

2.3. Hata Türü ve Etkileri Analizi'nin Kalite Sistemi İçindeki Yeri

Güvenilirlik (öngörülen kalitenin ve bağlı olduğu sistemin oluşturulması ve sürekliliğinin sağlanması) ürün kalitesinin en önemli kriteri olmasının yanında, müşteri tatmini açısından da çok önemli göstergedir (Şimşek, 2000; Yılmaz, 2000).

Güvenilirlik bir aletin veya sistemin verilen bir zaman süresi boyunca ve verilen çalışma koşulları altında, kendisinden beklenen işlevleri uygun bir şekilde yerine getirmesi olasılığıdır (Anonim, 1972). Tanımdan da anlaşılacağı gibi güvenilirlik ürünlerin veya sürecin önemli bir özelliği ve müşteri tatminini sağlamakta etkisi çok fazla olan bir faktördür. Müşteriler kullandıkları ürünün hizmet süresinin uzun ve aynı zamanda sorunsuz bir süreç olmasını istemektedirler. Ürünler karmaşık hale geldikçe, geleneksel tasarım yöntemleriyle düşük hata oranlarını elde edebilmek güçleşmektedir (Şimşek, 2000; Söylemez, 2006).

Bu nedenle ürünün veya sürecin güvenilirliğini sağlamak için atılacak adım, ortaya çıkabilecek olan hataların türlerini ve bunların ürün ya da sürece etkilerini

belirleyebilecek bir risk analizinin yapılması ve kurulacak veya kurulmuş olan bir sürecin güvenilirliğinin kontrol altına alınmasıdır. Risk analizinde eski ve yeni anlayışlar problem, kayıplar ve güvenilirlik açısından Tablo 2.1'de karşılaştırılmıştır (Yılmaz, 2000).

Tablo 2.1. Risk analizinde eski ve yeni anlayışın karşılaştırması

Eski Anlayış	**Yeni Anlayış**
Problem Çözümü	Problemin Önlenmesi
Kayıp Maliyetlerin Çıkarılması	Kayıpların Önlenmesi
Güvenilirliğin Hesaplanması	%100 Güvenilirlik

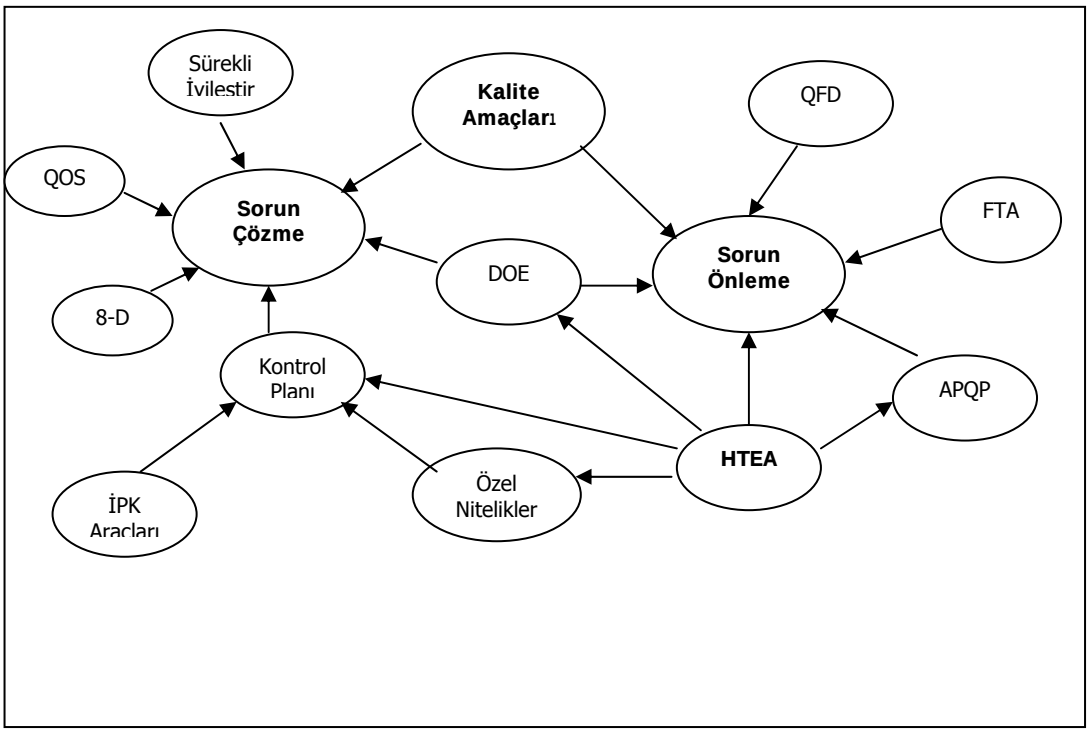
HTEA, riskleri tahmin ederek hataları önlemeye yönelik güçlü bir analiz tekniğidir. Hatanın ortaya çıkması ile doğacak problemin müşteri gibi algılanması ilkesine dayanmaktadır. HTEA çalışmasında belirlenen bütün hatalar için olasılık, şiddet ve saptanabilirlik tahmini yapılmaktadır (Akın, 1998; Söylemez, 2006).

Bir ürünün güvenilirliğini sağlamak için; bir güvenlik programının geliştirilmesi, tedarikçi firmaların izlenmesi ve kontrol edilmesi, bir hata raporlama sisteminin oluşturulması, uygun hata analizlerinin yapılması, düzeltici faaliyetlerin yürütülmesi, hata arama sisteminin yapılandırılması, HTEA'nın tam olarak uygulanması gerekmektedir.

Başarılı bir HTEA uygulaması (Akın,1998; Söylemez, 2006) :

- Her hatanın nedenlerini ve etkenlerini belirler,
- Potansiyel hataları tanımlar,
- Olasılık, şiddet ve saptanabilirliğe bağlı olarak hataların önceliğini ortaya çıkarır,
- Sorunların izlenmesini ve düzeltici faaliyetlerin yapılmasını sağlar.

Hata Türleri ve Etkileri Analizi, ürünlerin ve süreçlerin geliştirilmesinde öncelikli olarak hata riskinin ortadan kaldırılmasına odaklanan ve bu amaçla yapılan faaliyetleri belgelendiren bir tekniktir.



Şekil 2.1. Hata türü ve Etkileri Analizinin kalite sistemi içerisindeki yeri (Yılmaz, 2000)

2.4. Hata Türü ve Etkileri Analizi'ne Başlama Süreci

HTEA, bilinen veya potansiyel problemlerin eliminasyonu ile müşteri memnuniyetini maksimize eden bir metodolojidir. Bunu gerçekleştirmek için HTEA mümkün olduğunca erken, hatta bütün gerçekler ve bilgiler mevcut değilken başlatılmalıdır. HTEA sahip olduklarınla yapabileceğinin en iyisini yap fikri üzerine odaklanır (Stamadis, 1995; Söylemez, 2006).

Açık olarak, HTEA programı aşağıdaki durumlarda başlatılmalıdır (Stamadis, 1995; Söylemez, 2006).

- Yeni sistemler, tasarımlar, ürünler veya süreçler tasarlanırken,

- Mevcut sistem, tasarım, ürün, süreç veya servisler için yeni uygulamaları yapılırken,
- Mevcut sistem, tasarım, ürün, süreç veya servisler için sebeplerine bakılmaksızın değişikliğe gidilirken,
- Mevcut sistem, tasarım, ürün, süreç veya servislerin geliştirilmesi düşünüldüğü zaman.

HTEA, sürekli gelişim yolunun haritasıdır. Bu özelliği ile HTEA sistem fikrinden üretim ve servise kadar her aşamada başlatılabilir.

HTEA başladıktan sonra yaşayan bir doküman olur. Sürekli gelişimin gerçek bir dinamik aracıdır. Başlangıç aşamasına bağlı değildir. Sistem, tasarım, süreç veya servis süreçlerinin gelişimi için kullanılır. Sürekli olarak gerektikçe güncellenmelidir.

2.5. Hata Türü ve Etkileri Analizi'nin Amaçları

HTEA, öncelikli olarak ürün ve süreç geliştirme üzerine eğilen, disiplinli bir tasarım gözden geçirmedir. HTEA tekniğinin öncelikli amaçları şunlardır (Gül, 2001; Aran, 2006)).

- Ürün veya süreçte oluşabilecek potansiyel hataları önceden belirleyerek bu hataların oluşmasını engellemek,
- Nihai ürünün müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşıladığından emin olmak için, planlanan imalat ve montaj süreçleriyle bağıntılı 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,
- Montaj veya imalat süreci için, sistemin dayandığı neden ve ilkeleri de yazılı hale getirmek.

Titizlikle uygulandığı durumlarda, bir HTEA; süreç geliştirilmesinde mühendislerin düşüncelerini (deneyim ve geçmişteki problemlere dayanarak, mantık

örgüsü içerisinde yalnız gidebilecek her birimin analizini içeren) özetlemek şeklinde tanımlanabilir.

2.6. Hata Türü ve Etkileri Analizi'nin Uygulayıcılara Sağladığı Faydalar

HTEA ile elde edilen bilgiler tasarımda, üretim sürecinde değişiklikler yapma, kullanılan malzemeyi değiştirme, kalite kontrol ve kalite muayene ölçütlerini tekrar gözden geçirme gibi kararların verilmesinde kullanıldığından, yöntem karar verme aracı olarak da değerlendirilir. HTEA aşağıdaki fonksiyonların gerçekleştirilmesini sağlar (Boyacıoğlu, 1998; Söylemez, 2006):

- Ürün, süreç ya da hizmette hataların oluşturacağı en küçük bir zararın bile oluşumunun engellenmesini sağlamak için hata türlerini sistematik olarak gözden geçirir,
- Ürün, süreç, hizmeti ya da bunların fonksiyonelliğini etkileyebilecek her türlü hatayı ve bu hataların etkilerini tanımlar,
- Tanımlanan bu hatalardan hangilerinin ürün, süreç ya da hizmet operasyonlarında daha kritik etkilerinin olduğunu belirler. Bu yüzden meydana gelebilecek en büyük hasarı ve hangi hata türünün bu hasarı üretebileceğini tanımlar,
- Montajda, montaj öncesinde, üründe ve süreçte hataların oluşum olasılığını ve bunların nerelerden kaynaklanabileceğini (tasarım, süreç, vb.) belirler,
- Diğer kaynaklardan elde edilmesi mümkün olmayan hata oranlarını ve türlerini tanımlayarak gerekli muayene programlarının kurulmasını sağlar,
- Güvenilirliğin deneysel olarak test edilebilmesi için gerekli muayene programlarının kurulmasını sağlar,
- Bir ürün için değişikliklerin olabilecek etkilerini tanımlar,
- Yüksek riskli bileşenlerin nasıl güvenilir hale getirilebileceğini tanımlar,
- Montaj hatalarının olabilecek kötü etkisinin nasıl giderilebileceğini tanımlar.

Yukarıdaki mühendislik avantajlarının yanı sıra ayrıca Hata Türleri ve Etkileri Analizi tekniği kullanmanın getirdiği genel anlamdaki avantajlar aşağıda sıralanmıştır (Yılmaz, 2000; Söylemez, 2006).

- Hizmet veya ürünlerin kalitesini ve güvenilirliğini arttırır,
- Şirket imajını arttırır,
- Rekabet avantajını arttırır,
- Müşteri tatminini arttırır,
- Ürün geliştirme zaman ve maliyetini azaltır,
- Tasarım geliştirme faaliyetlerinde bir öncelik sağlar,
- En uygun sistem tasarımını seçmekte kolaylık sağlar,
- Gelişim isteği doğurur,
- Organizasyonun kültürünü arttırır.

2.7. Hata Türü ve Etkileri Analizi'nin Uygulandığı Durumlar

Bir HTEA'nın uygulanmasını gerektiren durumlar aşağıda kısaca açıklanmıştır (Düzgüner, 2002; Aran, 2006).

- Emniyet, güvenlik ile ilgili parça ve fonksiyonlar söz konusu olduğunda,
- Ağır ve yüksek maliyet ile sonuçlanabilecek hata durumlarında,
- Yeni ürün veya proses geliştirmelerinde,
- Yeni teknoloji, malzeme ve proseslerde,
- Önemli tasarım ve proses değişikliklerinde,
- Mevcut ürünün yeni uygulama alanlarında,
- Kalite açısından yüksek risk beklentisi olan problemli parça ve proseslerde uygulanmaktadır.

2.8. Hata Türü ve Etkileri Analizi Uygulamasından Önce Dikkat Edilecek Hususlar

HTEA uygulamalarına katılacak ekip üyeleri, oturum öncesinde metoda ait temel bilgiler ile uygulamanın adımları konusunda bilgilenmeleri gerekmektedir. Bu bilgilendirme için, ilk HTEA oturumu öncesinde yaklaşık bir-iki saat arasında bir zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Metot konusunda uzman bir kişi, HTEA tekniği konusunda genel bir bakış açısı sunar ve uygulamanın doğru bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar (Düzgüner, 2002; Aran, 2006).

Hataların etki ve sebeplerini ortaya koymak için yapılan analiz sırasında da yine bazı tahminler ve kabuller söz konusu olacaktır. Çalışmanın ana hedefi problemlerin kullanıcılara ulaşmadan çözümlenmesi olduğundan bu kısımda yapılacak tahmin ve kabuller olayın bütününün verimi açısından son derece önemlidir (Yazgaç, 1993; Aran, 2006).

HTEA tekniği, diğer risk analizi teknikleri gibi, girdi olarak sayısal verilere (olasılık, şiddet, keşfedilebilirlik) ihtiyaç duyar. Ancak pek çok durumda hazır veri mevcut değildir veya mevcut veriler yeterli ve güvenilir değildir. Bu durumda, çoğu kez sayısal veriler uzman yargısına başvurularak tahmin edilmektedir. Onlu skalada puanlamada katılımcıların konu ile ilgili bilgi seviyesi ve deneyimleri nedeniyle ciddi sapmalar olmakta, uzlaşım güçlüğü yaşanabilmektedir (Stamadis, 1995). Kişiler değerleri sayısal olarak ifade etmekten çok, niteliksel olarak ifade etme eğilimindedir. Yani çoğu kez, bu yolla elde edilen veriler sayısal değildir. Uzman yargısına dayanılarak elde edilen bilgiler, niteliksel olma özelliğinden dolayı, bir dile ait sözcükler ve deneyimler (az, çok az gibi) ile ifade edilen bulanık bilgilerdir. Bu terimler belirsizlikten çok, kötü tanımlanmış ifadeler olmaları nedeniyle kesin olmama halini arttırmaktadır. Bu tür dilsel ifade bulan faktörlerin, olasılık kullanan yöntemler ile doğrudan incelenmesi mümkün olmamaktadır. Ayrıca olasılık puanı 2, şiddet puanı 8, keşfedilebilirlik puanı 3 olan bir hata türü, bu değerleri sırasıyla 4, 4, 3 olan bir hata türüyle aynı risk önceliğine sahip olabilmektedir (RÖS=2x8x3=4x4x3). Bu iki eksikliğin giderilebilmesi için, HTEA'nın bulanık

kümeler yaklaşımıyla ele alınması çeşitli kaynaklarda önerilmektedir (Öndemir ve ark., 2004; Aran, 2006).

2.9. Hata Türü ve Etkileri Analizi'nde Uygulamalarındaki Güçlükler

HTEA uygulamalarında bazı güçlükler ile karşılaşılabilmektedir. HTEA uygulamalarında karşılaşılan güçlüklerin başlıcaları şunlardır (Yılmaz, 1997; Aran, 2006).

- Veri kaynaklarının olmaması veya eksik olması,
- Ortak bir standart olmamasından dolayı kavram kargaşası,
- Yönetim ve organizasyonda yer alan kişilerin yöntemin kullanılmasına isteksizlik duymaları.

Bu yöntemin uygulanmasında karşılaşılan en büyük güçlük veri eksikliğinden kaynaklanmaktadır. HTEA ile ilgili bütün bilgilerin etkin bir şekilde girildiği ve idare edildiği veri tabanlarının olmaması uygulamayı güçleştirir ve sağlıklı sonuçlar alınmasını önler.

Yöntemin iki temel olumsuzluğu söz konusudur. Birincisi, hataların önlenmesine yönelik iyileştirmelerin saptanmasında yapılan değerlendirmenin kısmi subjektifliğidir. Şiddet, olasılık ve keşfedilebilirlik kriterlerindeki puanlama kuralları, uygulama yapan bir kuruluştan bir diğerine göre değiştiğinden, HTEA'daki risk öncelik göstergesi hesaplama yönteminin doğal bir subjektiflik taşıdığı konusunda hemfikir olunmuştur (Kara-Zaitri ve Flemming, 1997; Aran, 2006). Diğeri ise saptama önleme bölümlerinin bazı uygulamalarda birbirlerinden kopuk kalmalarıdır. Uygulamada çözümler öncelik belirleme grubundan bağımsız başka gruplara havale edilmekte, bu durum çalışmanın bütünlüğünü bozarak etkinliğini azaltmaktadır (Dale ve Shaw, 1990; Aran, 2006).

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda HTEA tekniğine çeşitli eleştiriler getirilmiştir. Bu eleştirilerden başlıcası uygulama sonucunda aynı RÖS değerine sahip hata türleri oluşabilmesidir. Böyle bir durumda klasik HTEA yaklaşımının

önerdiği sıralama önceliği kaynakların gereksiz yere sarf edilmesine yol açabilir. Eleştirilerden bir diğeri, yöntemde risk faktörlerinin ağırlıklarının eşit kabul edilmesi ve önemlerinin farklı olabileceğinin ihmal edilmesidir. Ayrıca verilerin olmadığı durumlarda teknik, risk faktörlerini sayısallaştırmada yetersiz kalabilmektedir (Pillay ve Wang, 2003; Aran, 2006).

HTEA'nın tekniğinden kaynaklanan bu problemleri gidermek için bulanık mantık yaklaşımından yararlanılmaya başlanılmıştır (Price ve Taylor, 2001; Pillay ve Wang 2003; Aran, 2006).

2.10. Hata ve Hata Sınıflandırması

Hata orkideler arasında yetişen yaban otuna benzer. Hatanın ortaya çıkışı, yaban otunun yetişmesi gibi doğal bir olaydır. Hatanın tanımı hakkında evrensel bir uyuşma yoktur. Kişilere göre farklı şekillerde tanımlanır. Örneğin 100.000 km'lik kullanımdan sonra patlayan bir araba lastiği, şanssız araba sürücüsü için bir hata iken, lastik üreticisi için bir başarı olabilir. Hata kısaca, tanımlanan işlevleri yerine getirme kabiliyetindeki kayıp olarak tanımlanabilir. Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu (ISO)'nun yapmış olduğu hata tanımları aşağıdaki gibidir (Anonim 1983; Koru, 2006):

- Birimin, istenen işlevini yerine getirmek için işlevsel kabiliyetinin bitimi,
- Belirlenen limitlerle istenen işlevini yerine getirmek için sistem veya sistem bileşeninin yeterli olmayışı,
- Program isteklerinden, programın uygulamadaki sapması.

Hata ile ilgili yapılan çalışmalar, yaklaşımlar açısından;

- Niceliksel yaklaşımlar,
- Nedensel yaklaşımlar olmak üzere iki kısımda toplanır (Stamadis, 1995; Koru, 2006).

Hataların nicelik yönünden incelendiği niceliksel yaklaşımda güvenilirlik analizi çalışmaları söz konusudur. Hataların niceliksel gösterimi, hatanın daha iyi

anlaşılmasını sağlar. Bu, istenen durumdan sapma miktarının sayı ile gösterilmesi veya hatanın olasılık düzeyinde tanımlanmasıyla yapılabilir.

Nedensel yaklaşımda, hata nedenlerini, bunların hata şeklinin ortaya çıkışındaki etkilerini belirleme, ortadan kaldırmak veya en aza indirgemek hedeflenir.

Son yıllarda, hata konusunda yapılan çalışmaların daha çok sıfır hata seviyesine ulaşmak için, niçin hatalı olduğunu belirleme üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Ancak sistem analistleri, mühendisler, tasarımcılar ve yöneticilerin kullanabilecekleri ürün veya sistemler için bir standart hata sınıflandırmasının gerçekleştirilmesi amacıyla yapılmış bir çalışma yoktur.

Kaynaklarda farklı şekillerde sınıflandırılan hatalar, genel olarak şu şekilde sınıflandırılabilir;

- Meydana geldiği aşamaya göre,
- Sonuçlarına göre,
- Zamana göre,
- Nedenlerine göre.

2.10.1. Meydana geldiği aşamaya göre hatalar

- Tasarımla ilgili hatalar, işlemsel zorlanmanın dayanıklılığı aştığı zaman ortaya çıkan hatalardır.
- Üretimle ilgili hatalar, tasarım özellikleri üretim sürecindeki faktörlerde bozulduğu zaman ortaya çıkan hatalardır.
- Kullanımla ilgili hatalar, normal çalışma ömrü esnasında aşırı işlemsel zorlama veya bakımla ilgili sorunlardan kaynaklanan hatalardır.

2.10.2. Sonuçlarına göre hatalar

Sonuçlarına göre hatalar MIL-STD 1629A' da aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. (Koru, 2006)

- Felaket getirici hatalar, ölüme ve sistem üzerinde çok büyük hasara yol açan hatalardır.
- Kritik hata, ciddi yaralanma, büyük mal kaybı ve sistem üzerinde büyük hasara neden olan hatalardır.
- Küçük hata, küçük yaralanma, küçük mal kaybı veya küçük sistem hasarına neden olan hatalardır.
- Çok küçük hata, yaralanmaya, mal kaybına, sistem hasarına neden olmayan planlanmamış bakım ve tamir gerektiren hatalardır.

2.10.3. Zamana göre hatalar

a) Ani hatalar

Ürün veya hizmetin, zorlanması sonucu işlevlerini aniden kaybederek yerine getirememesi durumudur. Bu tür hata, kullanım süresinden ve kullanım şartlarından bağımsız olarak ortaya çıkar. Örneğin, yerdeki keskin bir nesne sonucu otomobil lastiğinin patlaması olayı, lastik ve otomobilin her ikisinin durumdan bağımsız olarak gerçekleşmiş bir durumdur.

b) Kademeli hatalar

Aşınma ve eskimenin etkilerinin bir araya gelmesiyle zamanla ortaya çıkan hatalardır. Ürün veya sistemin zamanla fonksiyonunu yerine getirme yeteneğinin kaybolması veya çıktının azalması şeklinde kendini gösterir. Kademeli hatalar aynı zamanda, ani hataları etkileyen hatalardır.

c) Nedenlerine Göre Hatalar

Hataların bir diğer sınıflandırması, ürünün hatalı olmasına yol açan hata nedeni kaynaklarına göre yapılabilir. Ürün esaslı hata nedenlerine göre bir sınıflandırma şu şekilde yapılabilir;

- İnsandan kaynaklanan hatalar,
- Malzemeden kaynaklanan hatalar,
- Makineden kaynaklanan hatalar,
- Yöntemden kaynaklanan hatalar,
- Ölçme yöntemlerinden kaynaklanan hatalar,
- Yönetimden kaynaklanan hatalar.

Hataların en önemli kaynağı insandır. Birçok nedenden dolayı sonucu insan hatalı davranır. İnsan hatalarının nedenlerinin belirlenmesi makine ve malzemeye göre daha zordur. Bunun nedeni ise insanın psiko-sosyal bir varlık olmasıdır. Psikolojik, fizyolojik ve sosyal faktörler insanların işleme, muayene ve test etme gibi çeşitli üretim aşamalarında hatalı olmasına neden olacaktır.

2.11. Risk ve Hata Değerlendirme Yöntemleri

En genel tanımı ile risk, idrak edilmekte olan spesifik bir tehlikenin gerçekleşme olasılığı ve tehlikenin sonuçlarını kapsayan bir kavramdır. Risk değerlendirme ise, tehlike potansiyeli bulunan maddelerle ilgili her türlü bilimsel bilginin düzenlenmesi ve analiz edilmesine yönelik sistematik bir yaklaşımdır (Andaç, 2002).

Faaliyete geçmiş veya geçmek üzere olan bir süreçte veya işletmede önemli olan; sürecin, işletmenin, çalışan işçilerin ve ürünün güvenliğini sağlamaktır. İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemi çerçevesinde yapılan risk analizleri sürecin güvenilirliğini böylelikle de ürünün güvenilirliğini sağlar. Ürün güvenilirliği ise firmaya müşteri tatmini ve güvenilirliğini getirir. Bu güvenilirliği sağlamak amacı ile bir işletmedeki tüm süreçlerde ortaya çıkabilecek olan hataların türlerini ve bunların ürün, işçi ya de sürece etkilerini belirleyebilecek bir risk analizinin yapılması

gerekmektedir. Bir risk ile karşı karşıya kalındığında ilk önce yapılması gereken şey o riski oluşturacak kaynak olayı ve riskin etkilerini belirlemektir. Böylece riski tanımak daha kolaylaşır ve riske karşı ne gibi önlemler alınacağı daha rahat bir şekilde ortaya konulabilir.

Ayrıca kötü belirlenmiş risklerin daha başka risklerin doğmasına neden olacağını belirtmekte fayda vardır.

Risk değerlendirme aşağıdaki sorulara cevap vermektedir:

1. Tehlikeler nelerdir?
2. Potansiyel etki ve sonuçlar nelerdir ve bunlar kabul edilebilir midir?
3. Bu etki ve sonuçların meydana gelme olasılıkları nedir?
4. Riskin kabul edilebilir durumunun devam ettirilebilmesi için kontrol ve koruma çalışmaları yeterli midir?

Bir fabrika veya tesisin risk değerlendirmesinde iki temel risk analizi yöntemi mevcuttur. Bunlar;

1. Kantitatif yöntemler
2. Kalitatif yöntemlerdir.

Kantitatif risk analizi, riski hesaplarken sayısal yöntemlere başvurur. Kantitatif risk analizinde tehdidin olma ihtimali, tehdidin etkisi gibi değerlere sayısal değerler verilir ve bu değerler matematiksel ve mantıksal metotlar ile süreç edilip risk değeri bulunur.

Risk=hatanın olma ihtimali (likelihood) X tehdidin etkisi (impact)

Formülü, kantitatif risk analizinin temel formülüdür.

Diğer temel risk analizi yöntemi ise kalitatif risk analizidir. Kalitatif risk analizi riski hesaplarken ve ifade ederken nümerik değerler yerine yüksek, çok yüksek gibi tanımlayıcı değerler kullanır.

Risk analizi metodolojileri, risk analizi sürecinin matematiksel işlemler ve yorumlarının yapıldığı çekirdek kısımdır. Belli başlı risk metodolojileri aşağıdaki gibidir (Ergör, 2003; Koru, 2006):

- Risk Haritası,
- Başlangıç Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis-PHA),
- İş Güvenliği Analizi (Job Safety Analysis-JSA),
- Olursa Ne Olur?(What if..?),

- Kontrol Çizelgeleri Kullanılarak Birincil Risk Analizi (Preliminary Risk Analysis (PRA) Using Checklists),
- Birincil Risk Analizi (Preliminary Risk Analysis-PRA),
- Risk Değerlendirme Karar Matris Metodolojisi (Risk Assessment Decision Matrix),
- Tehlike ve İşletilebilme Çalışması Metodolojisi (Hazard and Operability Studies-HAZOP),
- Tehlikeli Derecelendirme İndeksi (DOW index, MOND index, NFPA index),
- Hızlı Derecelendirme Metodu (Rapid Ranking, Material Factor),
- Hata Ağacı Analizi Metodolojisi (Fault Tree Analysis- FTA),
- Olası Hata Türleri ve Etkileri Analizi Metodolojisi-HTEA/OHTEA (Failure Mode and Effects Analysis- Failure Mode and Critically Effects Analysis-HTEA/FMCEA),
- Güvenlik Denetimi (Safety Audit),
- Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis-ETA),
- Neden-Sonuç Analizi (Cause-Consequence Analysis).

Bu metotları birbirinden ayıran en önemli farklar, risk değerini bulmak için kullandıkları kendilerine has metotlardır.

2.12. Problem Çözme Teknikleri

Problem çözme aşamalarında ilk aşama problemin doğru ve gerçekçi bir şekilde tanımlanmasıdır. Bu aşamadan sonra artık problemi yaratan kaynak nedenler belirlenerek analiz edilmeli ve çözüme yönelik adımlar atılmalıdır.

Dolayısıyla ikinci aşamadan sonra problemin çözümünü etkili kılmak için uygulama yöntemi ve kuralları belirlenmiş çeşitli teknikler kullanmak zorundayız. Bu teknikleri kullanarak karşılaştığımız problemleri daha tarafsız, sayısal ve görsel bilgiye dayalı olarak analiz edebiliriz ve daha kesin ve etkili çözümler elde edebiliriz.

Problem çözme teknikleri, işlevlerine göre Fikir Üretme Teknikleri ve Analiz Teknikleri olarak iki grupta toplanır. (Taptık ve ark., 1998; http://www.polater.com.tr)

2.12.1. Fikir üretme teknikleri

Problemi tanımlamak, fikir üretmek ve karar almak amacıyla grup çalışmaları sırasında kullanılan teknikler şunlardır;

- Beyin fırtınası,
- Sebep-sonuç diyagramı

2.12.1.1. Beyin fırtınası

Bütün tekniklerin kullanımında fikir üretmek, geliştirmek ve karar almak için kullanılan bir araçtır.

Beyin fırtınası, tekniği herhangi bir konuda fikir ve çözüm üretmek ve karar almak amacıyla grup çalışmalarında kullanılan en etkili yöntemdir.

Bu teknik, belirli sayıda bir katılımcı ile gerçekleştirilir. Belirli kurallar uygulanır ve katılımcıların yeni ve yaratıcı fikirler üretmesi hedeflenir.

Bu teknikle bütün fikirler toplanıncaya kadar herhangi bir değerlendirme yapılmaz. Her fikir saygındır ve fikir üretme ortamında herkes eşittir.

Bu teknik böylece eleştirel yargının sınırlamalarını ortadan kaldırır. Sıkılganlık, önyargılı eleştirme, baskı kurma, eleştirilme endişesi veya baskı altında ezilme gibi duygusal eğilimleri aşarak yaratıcı düşünceyi özendirir. Böylece yaratıcı düşünceleri ararken duygusallık ve akılcı olmayan davranışlar, beyin fırtınası tekniğinin getirdiği demokratik ve disiplinli ortamda dizginlenmiş olur.

Beyin fırtınası tekniği, problemin basit olarak tanımlanabildiği durumlarda çok etkili olarak kullanılabilir. Eğer problem karmaşık ve çok yönlü bir problem ise o

zaman problemin kısımlara ayrılması ve her birinin ayrı oturumlarda tartışılması gerekir.

2.12.1.1.1. Beyin fırtınası uygulama süreci

Beyin fırtınası toplantı düzeninde gerçekleştirilir ve aşağıdaki kurallar uygulanır:

1) Görüşülecek konu seçilir ve tahtaya yazılır. Seçilen konunun bütün katılımcılar tarafından doğru anlaşılması çok önemlidir. Bu nedenle seçilen konu açık ve kesin bir dille ifade edilir,

2) Toplantı konusu problem belirleme ise, grup üyeleri olası problemler için önerilerde bulunurlar. Konu, bilinen bir problemi çözümlemek ise, üyeler çözüm önerirler,

3) Gruptaki her üye sırayla söz alarak fikir belirtir. Her söz alışta sadece bir fikir açıklanır,

4) Fikirler, kısa ve özlü olarak iletilir,

5) İlgili konuda aklına bir fikir gelmeyen üye pas geçer,

6) İletilen bütün fikirler herkesin görebileceği bir yere kaydedilir,

7) Fikirler belirtildiğinde üzerinde kesinlikle tartışılmaz. Ancak iletilen fikir anlaşılamadıysa açıklama talep edilebilir,

8) Bütün fikirler ortaya konulduktan sonra herkes pas geçince ilk tur oylamaya geçilir. Fikirler tek tek oylanır, üyeler istedikleri her öneriye oy verebilirler,

9) İlk tur oylama sonucu en çok oy alan öneriler daire içine alınır ve bu fikirler üzerinde tartışılır. Yine tüm üyeler pas geçince ikinci tur oylamaya geçilir,

10) İkinci tur oylamada üyeler sadece bir öneriye oy verebilir. Bu oylama sonucunda öneriler önem sırasına göre belirlenmiş olur.

2.12.1.1.2. Beyin fırtınasında temel ilkeler

- Katılımcı sayısı

Beyin fırtınası uygulamasında katılımcı sayısı 6 ile 8 kişi arasında olabilir. Katılımcı sayısının az olması, yeni fikirlerin üretilmesi olanağını sınırlar. Bununla birlikte sayının fazla olması da toplantı süresini uzatır ve toplantı hâkimiyetini sağlamayı güçleştirir.

- Kurallara bağlılık

Beyin fırtınası, belirli bir disiplin gerektirir. Uygulama sürecinin adımları titizlikle uygulanmalıdır. Ancak bu disiplin katılık içinde olmamalı, yapıcı, zevkli ve eğlenceli bir atmosfer içinde uygulanmalıdır.

- Önerilerin alınması ve yaratıcılığı teşvik

Yaratıcı düşünceler ancak uygun ortamda geliştirilebilir. Bu nedenle kişiler zorlanmamalı, sadece teşvik edilmelidir. Kimi öneriler aşırı iyimser hatta fantezi bile olsa kesinlikle alaycı tavır alınmamalı, fikirler eleştirilmemelidir. Özellikle farklı, ilginç fikirlerin gelmesi için benzetmeler yapılır, çağrışım ve anımsatma yoluyla başka bağlantıların kurulması sağlanır.

- Rehberlik

Gruba beyin fırtınası sırasında rehberlik edecek bir kişi belirlenir. Rehber, beyin fırtınası uygulaması süresince akışı yönetir. Rehber, fikirlerin sırayla gelmesini izler, gelen fikirlerle ilgili herhangi görüş belirtmez ve katılımcıların rahatça görebileceği bir tahtaya veya panoya yazar. Sadece gerekmesi halinde iletilen fikri açık ve anlaşılır yazmak için fikri iletenden onay alarak kısaltma veya düzenleme yapabilir.

2.12.1.1.3. Beyin fırtınası uygulamalarında yapılan hatalar

Beyin fırtınası uygulamalarında yapılan temel hatalar şunlardır;

- Bireysel baskınlıklar

Demokratik ve fikirsel üretimde eşitlik ortamı sağlanmazsa, baskın kişi ve yöneticilerin etkisinde kalınabilir. Bu durumda yaratıcı ve özgün fikirler üretilemez. Baskın kişinin dediği olur.

- Kurallara uyulmaması

Tekniğin kurallarına uyulmaması durumunda verimli ve etkili bir sonuç çıkamayabilir.

- Yaratıcı ortamın oluşmaması

Toplantıda yaratıcı ortamın sağlanmaması ve teşvik edilmemesi durumunda sadece bilinen fikirlerle yetinilir. Bu nedenle,

Zaman baskısı yaratılmamalıdır

Fikirlerin tartışılmasına engel olunmalıdır

Rahat ve huzurlu bir ortam sağlanmalıdır.

- Rehberin uygun ortamı sağlayamaması

Rehberin yeterli yetkinlikte olmaması durumunda tekniğin tam olarak uygulanamaması, grubun baskın olması ve çalışmayı istediği yöne götürmesi mümkündür. Rehber, beyin fırtınası tekniğini bilen ve olaylara tarafsız yaklaşabilen bir kişi olmalıdır. Aynı zamanda grubu yönlendirebilmeli ve grubu yeni fikirler için teşvik edebilmelidir.

- Toplantı düzeninin oluşmaması

Düzenli ve ciddi bir toplantı düzeni sağlanmazsa kargaşa ve dağınıklık oluşur. Zaman kaybı, sıkıntı ve güvensizlik doğar.

- Kısır tartışma

Fikirleri hemen yargılama ve sabit fikirli olma durumunda fikir üretme çabası, katkısı olmayan tartışmalara dönüşebilir. Ana konudan sapmalar ve farklı konularda tartışmalar doğabilir.

Beyin fırtınası tekniği, fikir üretme ve geliştirme amacıyla kullanılabilecek sosyal bir tekniktir. Fikir yürütme sırasında katılımcıların dinleme ve ifade etme odaklı iletişim yeteneklerini geliştirmesi sağlanır. Aynı zamanda da analiz ve değerlendirme disiplininin oluşması ve geliştirilmesinde çok etkili bir tekniktir. Fikir ve düşüncelerin rahat ve özgür bir ortamda kurallara uygun olarak ifade edilmesi

katılım, paylaşım ve etkileşimin pekişmesini sağlar (Rawlinson, 1995;Taptık ve ark., 1998)

2.12.1.2. Sebep - Sonuç diyagramı

Sebep-sonuç diyagramı problem çözme ve proses geliştirmede çalışan takımların en önde gelen yardımcılarından birisidir. Bu araç, tanımlanan proseslerde söz konusu problemler veya geliştirme fırsatları ile öngörülen sebepler arasındaki bağların doğru ve eksiksiz olarak ortaya çıkarılmasına olanak verir.

Sebep-sonuç diyagramının amacı problemlerin ve/veya proseslerin anlaşılırlığını farklı bir bakış açısı ile ele alarak sağlamaktır. Sebep-sonuç diyagramı, prosesteki her adım için veya her problem için genel sebeplerden yola çıkarak en yakın sebepten en uzaktaki sebebe kadar tüm ayrıntılarının sergilenmesine olanak verir. Böylece proseslerin iç dünyası sergilenir.

Sebep-sonuç diyagramı olası sebepleri sonuç ile ilişkilendirmekte ve tanımlamakta kullanılan bir kalite aracıdır. Görünüşünden dolayı balık kılçığı diyagramı ve/veya 1943 yılında bu aracı ilk geliştiren kişi olan Tokyo Üniversitesi profesörlerinden Kaoru Ishikawa'nın adıyla Ishikawa diyagramı olarak da adlandırılır.

Ishikawa'ya göre "Kalite eğitim ile başlayıp eğitim ile sona erer." Bu yaklaşım Ishikawa'nın kalite felsefesinin temel prensibini özetlemektedir. Bir prosesi geliştirmek için proses ve onun çıktıları hakkında yeterli ve gerekli bilgiye sahip olmak gerekir. Bu amaca ulaşmak için yegâne ve en önemli araç sebep-sonuç diyagramlarıdır.

Sebep-sonuç diyagramı sistematik ve planlı bir yol izlendiğinde kolaylıkla oluşturulabilir. Bu amaca yönelik olarak;

a) Problem veya ele alınan durum için genel, özel küçük veya büyük sebepler doğru ve eksiksiz tanımlanmalıdır.
b) Sonuçlara katkıda bulunan ve ölçülebilir sonuçları ortaya çıkaran temel sebepler veya anahtar noktalar belirlenmelidir.

c) Ek veri istenen anahtar sebepler tanımlanmalıdır.

Sebep-sonuç diyagramının hazırlanmasında aşağıdaki adımları izlemek gerekir.

1. Analiz edilen problem açık olarak tanımlanmalı ve herkes tarafından anlaşıldığından emin olunmalıdır. Takım konu ile ilgili uzmanlardan oluşmalıdır.

2. Sayfanın ortasında soldan sağa, sağ tarafta kutu içinde problem (sonuç, etki) yer alacak şekilde ana kılçık çizilir. Sonuca etki eden değişik kategoriler bu ana kılçık üzerine, yine kutu içinde olacak şekilde çizilir. Belirlenen diğer sebepler küçük kılçıklar olarak temel kılçıklara eklenir.

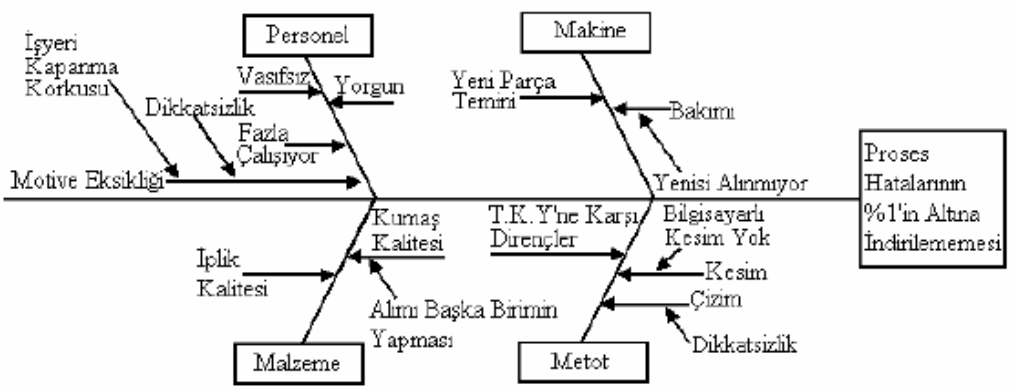
3. Temel kılçıklar 7M (Man: İnsan, Machine: Makine, Medium: Çevre, Material: Malzeme, Metot: Yöntem, Management: Yönetim, Measurability: Ölçülebilirlik) kullanılır veya beyin fırtınası uygulanarak daha uygun olanları bulunur. Başlıkların mantıklı olması önemlidir.

4. Beyin fırtınası veya diğer analiz yöntemleri kullanılarak sebepler bulunur. Sebepleri kısa tanımlar haline getirmek gerekir. Sebepleri diyagrama yerleştirmek için iki temel yol vardır. Birincisi hiçbir kategoriye bağlı kalmadan beyin fırtınası ile sebepleri sıralamak sonra diyagrama yerleştirmek, ikincisi ise kategorilere bağlı olarak sebepleri sıralamak ve yerine yerleştirmektir.

5. İlk kılçıktan başlayarak sebepleri eklenir ve diğer kılçığa geçilir. Sebepleri ve alt sebepleri sıralarken “Bu niçin oldu?” veya “Buna ne sebep oldu?” sorusu sorulmalıdır.

Sebep-sonuç diyagramları kalite tekniklerinin uygulanmasında oldukça yaygın olarak kullanılan kalite araçlarından biri olmakla birlikte güncel yaşamda problemlerin kolay çözümüne yönelik olarak da kullanılabilir. Önemli olan etki eden sebepleri doğru belirlemek ve sınıflandırmaktır.

Problemi oluşturan kaynak nedenlerin doğru ve eksiksiz olarak ortaya çıkarılmasına olanak sağlar (Taptık ve ark., 1998; Şamur, 2005).



Şekil 2.2. Örnek bir sebep sonuç diyagramı (Bircan ve Gedik 2003)

2.12.2. Analiz teknikleri

Problemi ölçümlerle analiz etmek, ilişkileri değerlendirmek ve sayısal sonuçların görsel analizini yapmak amacıyla kullanılan teknikler şunlardır;

2.12.2.1. Pareto analizi

İnsan genellikle birçok problemle karşı karşıyadır. Bu doğal bir durumdur ve çevremizde meydana gelen olayların bir sonucudur.

Bu gelişmeler karşısında çok yönlü sorumluluk ve görevlerimizi yerine getirme düşüncesinden hareketle bu problemleri aynı anda çözme eğilimi ile şekillenen bir arzuya kapılırız. Ancak doğru olan davranış öncelikle en önemli, en büyük ve maliyeti yüksek problemi çözmektir.

Bir problemi çözmeye karar verdiğimizde görürüz ki, söz konusu problemin birçok nedeni vardır. Ancak bu nedenlerden bazıları çok önemli, bazıları ise anlamsızdır.

Pareto diyagramı problemin veya gelişmelerin, olayların, koşulların değişik nedenlerinin göreceli frekansını görüntülemek için kullanılan bir çubuk diyagramıdır. Bu diyagramlarda problemler veya problemlerin nedenleri anlamları çerçevesinde, yani sıralı olarak, alan genlikte soldan sağa düzenlenerek görüntülenir.

Bu görüntüleme hem önemli nedenleri tanımlamaya, hem de bu nedenlerin frekanslarını tek tek ve/veya kümülatif frekans olarak göstermeye olanak sağlar.

Problemlerin nedenleri genellikle Pareto prensibine uygundur. Pareto prensibi problemlerin büyük bir kısmının genellikle birbiri ile bağlantılı az sayıdaki, ancak baskın nedenden kaynaklandığını ifade eder. 80:20 kaidesi olarak da adlandırılan bu prensip, sonuçların yaklaşık % 80'inin bir problemin nedenlerinin yaklaşık % 20'sine bağlı olarak ortaya çıktığını savunur.

Bu yaklaşımı ilk kez 19. yüzyılda İtalyan Sosyal bilimcisi ve ekonomist Wilfredo Pareto'nun sebep faktörlerdeki eşitsizliğin araştırılmasına yönelik çalışmasında saptadığı sonuçlara dayanmaktadır.

Pareto prensibi ilk kez Joseph Juran tarafından 1950 yılında tanımlandı. Juran çalışmaları sırasında "kalite kayıplarının kötü dağılımını belirledi" ve bu uzun isim yerine, aynı yaklaşımı daha önce ortaya koyan Pareto'ya izafeten prensip Pareto Prensibi olarak tanımlandı.

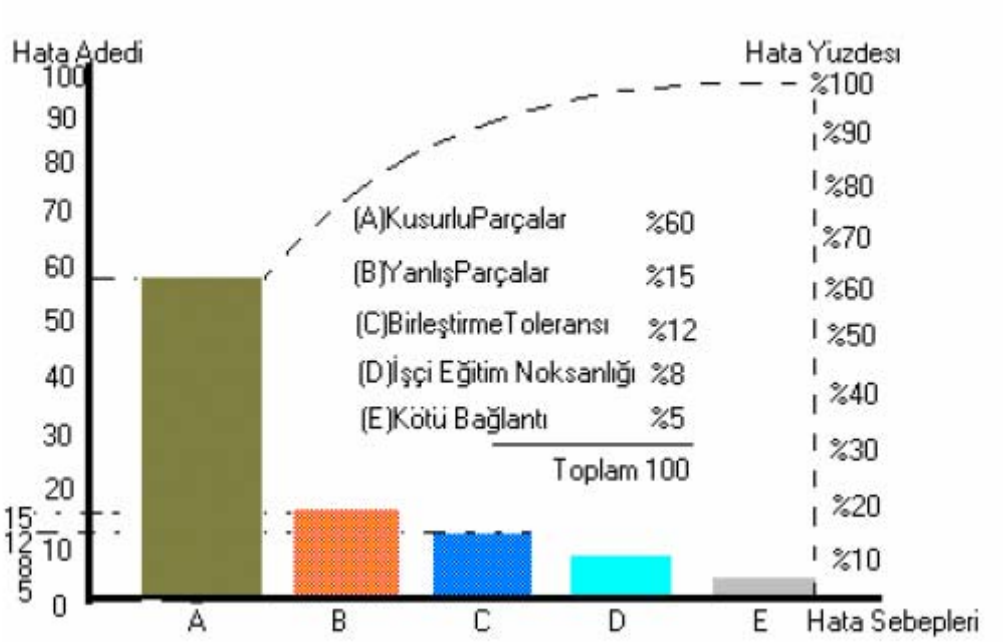
Juran daha sonra bu prensibin kalite teknolojileri de dahil olmak üzere hayatın pek çok alanı için geçerli olduğunu gösterdi. Ancak 1975 yılında 1The Non-Pareto Principle; Mea Culpa" (Pareto Dışı Prensip; Günahım) adlı ve Pareto ismini geri aldığını anlatan makalesini yayınladı, ancak Pareto prensibi terimi kaldı.

Bu kaidenin problem nedenlerini ifade etmedeki anlamı: Az sayıdaki büyük nedenin, çok sayıdaki küçük nedenden ayrılmasıdır (Seperating the " vital few" from "trivial many").

Kantitatif bir anlatımla, problemlerin % 80'i makinelerin, hammaddelerin ve işlem operatörlerinin, % 20'sinden kaynaklanmaktadır. Bir başka örnek mali varlığın % 80'inin, halkın % 20'si tarafından kontrol edildiğini göstermektedir. Son olarak bir üretim sürecinde ortay çıkan hurda veya ilave işçilik maliyetinin % 80'i olası nedenlerin % 20'sinden kaynaklanmaktadır.

Kalite teknolojilerinde Juran buna " birkaç hayati nedenin" % 20'si demiştir. Nedenlerin geri kalanını ise "birçok önemsiz" olarak adlandırmıştır.

Ancak Juran ve diğer meslektaşları zamanla anlamışlardır ki, üretim aşamasında önemsiz hiçbir problem yoktur ve tüm problemler yönetimin dikkatini çeker. Bu nedenle Juran " birçok önemsizi", "birçok faydalı" olarak değiştirmiştir. Ancak isimleri ne olursa olsun Pareto prensibi bugün için geçerli olan kalite araçlarının en güçlülerinden birisidir (Taptık ve ark. ,1998; Şamur, 2005).



Şekil 2.3. Pareto grafiği örneği (Dewar 1989; Özcan 2003)

2.12.3. Problem çözme tekniklerinin yararları

Problem çözme aşamalarında kullanabileceğimiz tekniklerin yararları şunlardır (Taptık ve ark. ,1998):

1) Karar alma

Bu teknikler, karar almamızı kolaylaştırır. Aldığımız kararın dayanaklarını biliriz ve daha kesin ve güvenli oluruz.

2) Analiz etme

Problemi analiz ederken belirli modeller ve şablonlar üzerinden hareket ederiz ve kaynak problemi yaratabilecek bütün unsurları sayısal ve görsel bilgiler yardımıyla doğru değerlendirebiliriz.

3) Yaratıcılığı geliştirme

Bu teknikler, mantıksal düşünceden yararlanır. Bununla birlikte yaratıcı düşünceyi de teşvik ederek farklı bakış açılarının ve görüşlerin problem çözümüne katkısını sağlar.

4) Katılımı sağlama

Bu tekniklerin önemli bir bölümü grup çalışmasına, katılımcıların görüş ve fikirlerini iletmelerine ve paylaşmalarına olanak sağlar.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Araştırma Konya'da yerleşik Damla Sulama boruları üreten bir işletmede gerçekleştirilmiştir.

İşletmede üretilen damla sulama borularının ve bu borularda kullanılan damlalıkların, proses aşamasında meydana gelebilecek olası hatalar ve bu hataların gerek maliyet gerekse müşteri memnuniyetinde oluşturacağı etkiler araştırılmıştır. Meydana gelebilecek hataların önlenebilmesi için gerekli önleyici faaliyetler ISO 9001 2000 kalite yönetim sistemi süreci içerisinde gerçekleştirilerek, hataların oluşma olasılıkları en küçüklenmeye yapılmaya çalışılmıştır.

Damla sulama boruları Yüksek Yoğunluklu Polietilen Plastik (YYPP) hammadde kullanılarak üretilmektedir. Bu hammaddeler yurtiçi ve yurtdışından temin edilmektedir.

Damla sulama borusu üretimi ekstrüder makine ile boru çekme makinesinden oluşan üretim hattında yapılmaktadır. Mevcutta iki adet boru çekme hattı bulunmaktadır. Bu hatlardan bir tanesinde yuvarlak damla sulama borusu, diğerinde yassı damla sulama borusu üretilmektedir.

Yuvarlak damla sulama borularında kullanılan yuvarlak damlalıklar ve yassı damla sulama borularında üretilen yassı damlalıklar enjeksiyon makinelerinde üretilmektedir.

Yuvarlak damla sulama boruları cidar kalınlıklarına göre 0,9 mm, 1,0 mm ve 1,1 mm olarak üç sınıfa ayrılmaktadır. Boruların dış çapları hepsinde aynı olmakla beraber iç çapları cidar kalınlıklarına göre değişmektedir. Yuvarlak borularda kullanılan damlalıklar 2 lt/h ve 4 lt/h debili olmak üzere iki çeşittir. Bu damlalıklar enjeksiyon makinelerinde kalıp içerisine plastik enjeksiyon yöntemi ile üretilmektedir.



Resim 3.1. Yuvarlak damlalık örnekleri

Yuvarlak damla sulama boruları debi çeşidi olarak ayrıldığı gibi damla aralıkları olarak ta ayrılmaktadır. Üretim standart damla aralıklarında yapılabildiği gibi müşteri isteğine göre özel sipariş alınarak ta standartlar dışında da üretilebilmektedir.



Resim 3.2. Yuvarlak damla sulama borusu örneği

Yassı damla sulama boruları cidar kalınlıklarına göre 0,20 mm, 0,25 mm, 0,30 mm, 0,40 mm ve 0,45 mm olarak 5 sınıfa ayrılmaktadır. Boruların dış çapları hepsinde aynı olmakla birlikte cidar kalınlıklarına göre iç çapları değişmektedir. Yassı borularda kullanılan damlalıklar 1,0 lt/h, 1,6 lt/h ve 2,0 lt/h debili olmak üzere 3 çeşittir. Bu damlalıklarda yuvarlak damlalıklar da olduğu gibi enjeksiyon makinelerinde kalıp içerisine plastik enjeksiyon yöntemi ile üretilmektedir.



Resim 3.3. Yassı damlalık örnekleri



Resim 3.4. Yassı damla sulama borusu örneği

3.2. Metod

3.2.1. HTEA metodolojisi

Genel olarak bakıldığında HTEA tekniğinde olası hatalar tanımlanır. Her bir olası hatanın nedenleri belirlenir, müşteri üzerindeki etkileri değerlendirilir, uygulanan kontroller gözden geçirilir, düzenleyici faaliyetler önerilir ve bunların uygulanması izlenir.

Hata önceliklerini belirlemede yardımcı üç bileşen vardır:

- Ortaya çıkma (O)
- Ağırlık (A)
- Saptama (S)

Ortaya çıkma, hatanın sıklığını; ağırlık, hatanın ciddiyetini (etkisini); Saptama, hatayı ürün müşteriye ulaşmadan tespit etme yeteneğini gösterir. Bu bileşenlerin değerlerini belirlemede pek çok yöntem vardır. Alışılmış yöntem, nümerik skalaların (risk ölçüt tablosu) kullanımıdır (Yılmaz, 1997; Durhan, 2006).

Bu aşamada bir HTEA projesine ne zaman ve hangi şartlar altında başlanılması gerektiği sorusu akla gelebilir. Daha önce de belirtildiği üzere HTEA bilinen veya potansiyel problemlerin ortadan kaldırılması ile müşteri memnuniyetini arttırmayı amaçlayan bir metodolojidir. Bunu gerçekleştirmek için HTEA mümkün olduğunca erken, hatta bütün gerçekler ve bilgiler mevcut değilken başlatılmalıdır. HTEA'yı

uygulayan kişiler bütün bilgilerin toplanmasını beklememelidir. Çünkü bütün veri ve bilgilere hiçbir zaman sahip olunamaz (Yılmaz, 1997; Durhan, 2006).

Bu noktada akla gelen bir başka soruda bir HTEA çalışmasının ne zaman sona erdirileceğidir. Normal olarak HTEA yapılan sistem, tasarım, proses veya hizmet var oldukça HTEA devam eder. Sadece sistem, tasarım, ürün, proses veya servisin sona erdirilmesi veya sürdürülmesi kararı verildiğinde HTEA son bulur.

HTEA uygulamasının sonlandırılacağı bazı durumlar aşağıda sayılmıştır (Stamadis, 1995; Durhan, 2006):

- Sistem HTEA, bütün donanımın belirlendiği ve tasarımın son şeklini aldığı noktada,
- Tasarım HTEA, üretime geçişin kesin tarihi saptandığında,
- Proses HTEA, bütün proseslerin belirlendiği, değerlendirildiği ve bütün kritik ve anlamlı karakteristiklerin kontrol planlarına taşındığı anda,
- Servis HTEA, sistem tasarımı ve bireysel görevlerin tanımlandığı, değerlendirildiği ve bütün kritik ve anlamlı karakteristiklerin kontrol planlarında adreslendiği zaman sona erdirilmesi düşünülebilir.

Hata Türü ve Etkileri Analizi uygulamasıyla standart bir uygulama süreci henüz yoktur. Çoğunlukla her işletme kendi organizasyon yapısına göre ve isteklerine göre bir uygulama süreci oluşturmuş ve bunu izlemektedir (Stamadis, 1995; Durhan, 2006).

Uygulama süreçlerindeki farklılıklara rağmen genel bir HTEA prosedürü şu şekilde verilebilir (Pillay ve Wang, 2003; Durhan, 2006):

i. Sistemin tam olarak çalıştığında ne yapması gerektiği tam olarak bilinmelidir,
ii. Bileşenleri daha iyi anlayabilmek için sistem alt sistemlere veya parçalara bölünmelidir,
iii. Şemalar, akış diyagramları ve benzeri tablolar kullanılarak sistemin bileşenleri ve bu bileşenler arasındaki ilişkiler belirlenmelidir,
iv. Her sistem parçası için tam bir bileşen listesi oluşturulmalıdır,
v. Sistemi etkileyebilecek operasyon el ve çevresel faktörler

belirlenmelidir. Bu faktörlerin tek tek bileşenlerin performanslarını nasıl etkilediği belirlenmelidir,

vi. Her bileşene ait hata türü ve bu hata türlerinin sistem parçalarını, alt sistemleri ve tüm sistemi nasıl etkilediği belirlenmelidir,

vii. Her hata türü için tehlike derecesi (ağırlık) saptanmalıdır (bunun için pek çok kalitatif sistem geliştirilmiştir),

viii. Hata türünün ortaya çıkma ve saptanabilme ihtimali tahmin edilmelidir. Somut istatistiksel verilerin olmadığı durumlarda bu ihtimal kalitatif yöntemlerle saptanabilir,

ix. Ortaya çıkma, ağırlık ve saptanabilme değerleri belirlendiğinde her hata türü için Risk Öncelik Sayısı (RÖS) hesaplanabilir,

x. RÖS değerine bakılarak önlem alınması gereken hata türleri kararlaştırılmalıdır,

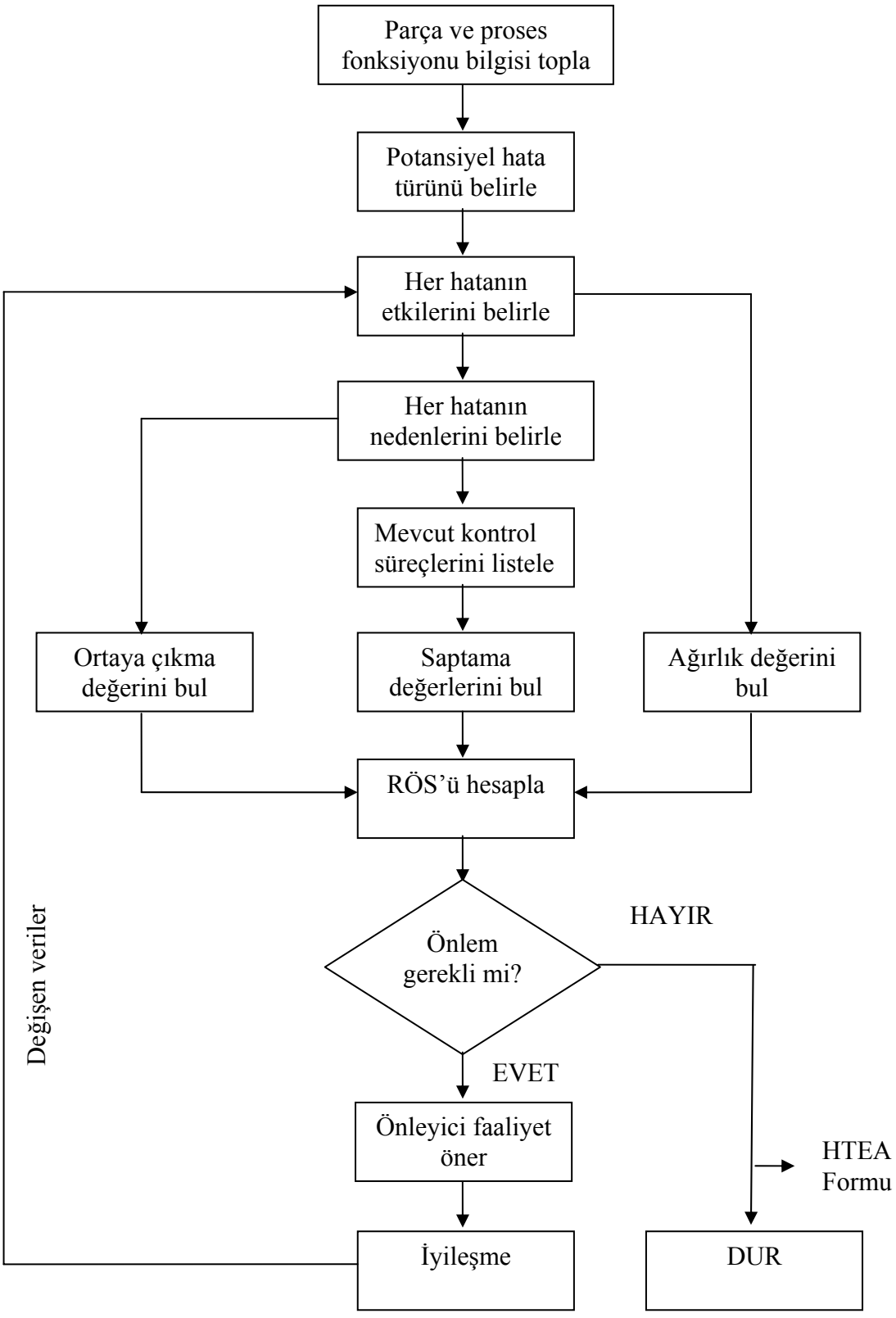
xi. Sistem performansını arttırmak için hata türü ile ilgili çözüm önerileri geliştirilmelidir.

Bu öneriler iki kategoriye ayrılır.

Önleyici Faaliyetler: Bir hata durumunun önüne geçmek amaçlanır.

Düzeltici Faaliyetler: Hata ortaya çıktığında kayıpları en aza indirmek amaçlanır.

xii. Analiz özetlenir. Bunun için HTEA formları kullanılır.



Şekil 3.1. HTEA Süreci (Pillay ve Wang, 2002; Durhan, 2006)

En genel haliyle yöntem beş ana adımda toplanabilir:

- Başlangıç çalışmaları,
- Olası hata türü, nedenleri, etkileri ve hatayı saptamak için kullanılan mevcut kontrollerin belirlenmesi,
- Ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerleri belirlenerek risk öncelik sayılarının belirlenmesi,
- Risk öncelik sayılarının sıralanarak önlem alınacak hataların ve önlemlerin belirlenmesi,
- Belirlenen önlemlerin uygulanması,
- Yeni RÖS değerlerinin hesaplanması.

Bu adımlar aşağıda açıklanmıştır (Durhan, 2006).

3.2.1.1. Başlangıç çalışmaları

Başlangıç çalışmaları HTEA uygulaması öncesinde yapılması gereken hazırlıklardan oluşur. Bu aşama üç başlıkta incelenebilir.

- HTEA kapsamının belirlenmesi,
- HTEA takımının kurulması,
- HTEA yapılacak sistem, tasarım, proses veya servisin incelenmesi.

3.2.1.1.1. HTEA Kapsamının belirlenmesi

Çalışmanın başında HTEA‘nın sınırları ve amacı tam olarak belirlenmelidir. Bunun yazılı bir doküman hazırlanıp buna incelenecek sistem, tasarım, proses veya servis hakkında bilgilerde eklenebilir. Kapsam belirlenirken ayrıca HTEA takımının sorumluluklarını da ortaya konmalıdır. HTEA takımı oluşturulduktan sonra da HTEA kapsamı ile ilgili değişikliklere gidilebilir (Kaiser, 2002; Durhan, 2006).

Daha önce de belirtildiği gibi bir HTEA çalışmasına başlamak için sistem, ürün veya proses için aşağıdaki durumlardan birinin gerçekleşmiş olması gerekir (Kaiser, 2002; Durhan, 2006).

- Hâlihazır tasarımlar veya prosesler değiştirildiğinde
- Hâlihazır tasarımlar veya prosesler için yeni uygulamalara başlanacağında
- Hâlihazır tasarım veya proseslerde önemli hatalar görüldüğünde
- Yeni prosesler veya ürünler tasarlanması durumunda.

HTEA çalışmalarında dikkat edilmesi gereken önemli bir husus uygulama alanını çok büyük tutmak yerine küçük birkaç parçaya bölmektir. Böylece daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

Dikkat edilmesi gereken diğer bir husus mevcut durumun ve ulaşılmak istenen hedef değerin sayısal olarak tanımlanmasıdır. Bu şekilde değerlendirme aşamasında önemli kolaylıklar sağlanabilir.

3.2.1.1.2. HTEA Ekibinin kurulması

HTEA bir takım çalışmasıdır ve tek başına gerçekleştirilemez. Yöntemin grup yerine tek bir kışı tarafından uygulanması durumunda, analizin tamamlanarak bilgilerin HTEA tablolarında yer alması sağlanabilmesine rağmen değerlendirmelerde yanlışlık ortaya çıkabileceğinden istenmez (Kaiser, 2002; Durhan, 2006).

Her HTEA çalışması için takımlar özel olarak belirlenir. takımlar çapraz fonksiyonlu ve çok disiplinli olmalıdır. HTEA takımı oluşturulurken çok çeşitli bakış açıları ve tecrübelerin bir araya getirilmesi amaçlanır (Kaiser, 2002; Durhan, 2006).

HTEA çalışmasında (Yılmaz, 1997; Durhan, 2006);

- HTEA konusunda uzman, takımı koordine etmekten sorumlu bir takım lideri olmalıdır,
- Takım elemanları incelenen süreci en iyi bilenlerden seçilmelidir,
- Takım elemanlarına tam zamanında eğitim verilmelidir,

- Grubu oluşturan üye sayısı yeteri kadar fikir üretebilecek ve konunun dağılmasına fırsat vermeyecek büyüklükte, örneğin 5 ila 8 kişi arasında olmalıdır,
- Olumlu sonuçların alınabilmesi için üst yönetimden kişilerin de grupta yer alması sağlanmalıdır.

HTEA ekibinin amacı aşağıda kısaca açıklanmıştır (Düzgüner, 2002; Durhan, 2006):

- Mümkün olan en erken zamanda tüm ilgili bölümlerin birlikte ve eşzamanlı çalışması,
- Daha geniş bir bilgi ve tecrübe birikiminin kullanılması,
- Yeni fikirlerin arttırılması,
- Erteleme yerine, yerinde ve zamanında hızlı bir şekilde kararların alınması,
- Alınan kararların daha geniş katılımlı ortamda mutabakat sağlanması,
- Bölümler arası işbirliğinin geliştirilmesi ve teşvik edilmesi.

HTEA kapsamında analız edilecek her bir eleman için en az bir ekip üyesi mevcuttur. Bu üyeler (Anonim, 1998):

- Olayın geçmişi hakkında rapor verebilen,
- Elemanın teknik detaylarını bilen,
- Mümkün hataları istenen fonksiyona bağlı olarak tanıyan veya tahmin edebilen kimselerden oluşur.

Genel kural olarak ekipte yer alması gereken birimler:

- Ürün geliştirme,
- İmalat,
- Montaj,
- Satış,
- Ürün (kalite) güvenilirliği ve emniyeti.

3.2.1.1.3. HTEA yapılacak sistem, tasarım, proses veya servisin incelenmesi

HTEA projelerinin başarıya ulaşabilmesi için incelenen ürün veya sistem hakkında ayrıntılı bilgiye ulaşılmalıdır. Bu amaçla HTEA yapılacak konu ayrıntılı olarak incelenir.

İlk olarak ürün veya sistemin fonksiyonları, çalışma ve üretim şekli belirlenir. Tüm önemli fonksiyon ve işletim şartları, müşteri teknik şartnameleri ve tasarım unsurları dikkate alınarak tanımlanır. Ürün ömrü ve ürünün yeniden değerlendirilmesine kadar ki tüm safhalar göz önünde bulundurulur (Düzgüner, 2002; Durhan, 2006).

Ürünün fonksiyonunu ve özellikleri ne kadar iyi tanımlanırsa, mümkün hata türleri de o kadar iyi belirlenebilir veya tanımlanabilir. Bu nedenle, sistem ve çevre şartları konusunda (ısı, toz, titreşim vs.) ayrıntılı bilgiler gerekmektedir (Anonim,1996).

3.2.1.2. HTEA yapılan sistem, tasarım, proses veya serviste yer alan hatalara yönelik çalışmalar

Başlangıç çalışmaları bittiğinde HTEA'nın kapsamı, HTEA'yı yapacak kişiler ve HTEA yapılacak konu hakkında ayrıntılı bilgi elde edilmiş olur. Bu aşamadan sonra sıra HTEA yapılacak konuda yer alan hatalarla ilgili kısımlara gelmiştir. Bu kısım aslında çoğu zaman inceleme kısmı ile iç içe girmiş durumdadır. Daha sonraki aşamalara önemli ölçüde etki edeceğinden bu aşama titizlikle ele alınmalıdır (Stamadis, 2003; Durhan, 2006).

Bu alt başlık altında;

- Olası hata türlerinin belirlenmesi,
- Olası hata etkilerinin belirlenmesi,
- Olası hata nedenlerinin belirlenmesi,
- Olası hataları saptamak için yapılan kontrollerin belirlenmesi konuları

incelenecektir.

3.2.1.2.1. Olası hata türlerinin belirlenmesi

Bu aşamada, parçadan talep edilen fonksiyon veya karakteristiklerin karşılanmaması durumlarına neden olabilecek, fonksiyonların yerine getirilememe şekli ve çeşitleri tanımlanır. Hata türünün ihtimal olarak ortaya çıkacağı, ancak ortaya çıkmasının mecbur olmadığı varsayılır (Düzgüner, 2002; Aran, 2006).

Olası hata türleri saptanırken cevap aranan sorulardan bazıları şöyle sıralanabilir (Yılmaz, 1997; Aran, 2006):

- Sistem, tasarım proses veya servis ile ilgili olası sorunlar nelerdir?
- Parçanın belirlenen şartları karşılayamadığı durumlar nelerdir?
- Öngörülen mühendislik özelliklerini hiç göz önüne almadan, müşterinin itiraz edebileceği düşünülen herhangi bir unsur var mıdır?
- Bir sonraki veya daha sonraki operatör neyi kötü olarak değerlendirecektir?
- Son kullanıcı (müşteri) neyi kabul edilmez olarak tanımlayacaktır?

HTEA takımının olası hata türlerini belirlemek için kullanabilecekleri diğer bir yaklaşım, ürün veya sistemin performans, bütünlük, istenildiği zaman kullanıma hazır olma, güvenilirlik, dayanıklılık, faydalı ömür, estetik gibi özelliklerin birkaçına veya hepsine sahip olma durumu önceden belirlendiğinde bunun gerçekleşip gerçekleşmediğini belirlemek olabilir. Olması istenen ancak gerçekleşmeyen özellik hatayı gösterecektir. Başlangıç olarak da benzer parçalar için geçmişte yapılan HTEA çalışmalarının, kalite raporlarının dayanıklılık ve güvenilirlik sorunlarının, ömür testlerinin ve beyin fırtınası çalışmalarının incelenmesi ve yapılması uygundur (Gül, 2001; Aran, 2006).

Hata türlerini belirlemek için (Yılmaz, 1997; Aran, 2006);

- Müşteri şikâyet raporları,

- Test raporları,
- Garanti verileri,
- Güvenilirlik analizi sonuçları,
- Benzer ürün ve sistem bilgileri,
- Benzer ürünler için daha önceden yapılmış HTEA çalışmaları sonuçları,
- Simülasyon çalışmaları sonuçları

gibi kaynaklardan sağlanan bilgilerden yararlanılır.

Genel olarak dört hata türü arasında ayrım yapılabilmektedir. Birinci ve ikinci tip hatalar ile daha çok karşılaşılmaktadır. Üçüncü ve dördüncü tipler birçok HTEA'larda atlanılmaktadır (Anonim, 1998):

1.Tip Hata - Fonksiyon Yok: Sistem veya tasarım hiç çalışmıyor, devre dışı veya hiç beklenmedik bir olay meydana geliyor,

2.Tip Hata - Düzensiz Fonksiyon: Tatmin etmeyen fonksiyon performansı söz konusudur. Spesifikasyonların bazıları veya belirli bir adedini karşılıyor, ancak tüm talep edilen özellikler veya sıfatları karşılamıyor. Bu kategoriye düzensiz (çok kuvvetli) fonksiyonlar ile zaman içerisinde düşen fonksiyon performansı da dâhildir,

3. Tip Hata - Belirli Bir Süre Devre Dışı Kalan fonksiyon: Talepleri karşılıyor ancak çevresel (sıcaklık, nem v.s) faktörler nedeni ile zamanla fonksiyonların belirli bir kısmının veya tümden kaybedilmesi söz konusudur. Mümkün olan bu tür hatalarda fonksiyonun tekrar tekrar devre dışı kalması söz konusudur. Sistem veya tasarım belirli bir süre eksiksiz çalışıyor, sonra çalışmıyor daha sonra tekrar çalışıyor,

4. Tip Hata - İstenilmeyen/Ön Görülmeyen Fonksiyon: Birçok elemanlar arasında etkileşim söz konusudur. Elemanlar ayrı ayrı incelendiğinde doğru ve tam olarak çalışmakta, ancak ürünün veya prosesin toplam performansına, istenmeyen etkilere neden olmaktadır. Her bir elemana ait performansların kombinasyonu toplam performansın tatmin olmamasına ve dolayısıyla istenilmeyen bir fonksiyona neden olur.

Olası hata türlerine örnek olarak aşağıdakiler verilebilir (Düzgüner, 2002; Aran, 2006):

- Kırılma
- Kısa devre (elektrik)
- Yeterli güç sağlanamaması
- Gürültü

- Renk uyumsuzluğu
- İşlememe
- Titreme
- Kesintili işleme,
- Düşük düzeyde işleme
- Açık devre (elektrik)
- Deforme olma
- Korozyona uğrama
- Açılmama
- Kapanmama
- Aşınma
- Delinme
- Sıkışma
- Hızın ayarlanamaması

3.2.1.2.2. Olası hata etkilerinin belirlenmesi

Daha önce de belirtildiği üzere olası hata etkisi, müşterinin yaşayabileceği hoşnutsuzluk ve tehlike oluşturabilecek durumlardır. Müşteri, bir sonraki işlem, izleyen işlemler veya son kullanıcıdır. HTEA uygulamalarında müşteri genellikle son kullanıcı olarak düşünülmektedir. Olası hata etkisi, hatanın ortaya çıkması durumunda, müşterinin neyin farkında olacağını gösterir. Kısaca, hata ile karşılaşan müşterinin tepkisini, yani olası hatayla karşılaştığında oluşan sonuçları tanımlar.

Bu aşamada "Hata türü hangi mümkün etki veya sonuçları doğurur?" sorusu sorulur. Etkiler bir hatadan dolayı ortaya çıkan olaylar zincirleridir. Aşağıda hata etkilerinden kimin veya nelerin etkilenebilecekleri kısaca sıralanmıştır (Anonim, 1998):

- Konsept ve tasarım,
- Sistem veya parça,
- Bir üst sistem veya parça,
- Nihai ürün (örn: otomobil),
- Müşteri,
- Yasal talimatlar ve güvenlik.

Hata etkileri tanımlanırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir (Düzgüner, 2002; Aran, 2006):

- Bütün hata etkilerinin mümkün olduğunca tam ve doğru bir şekilde belirlenmesi,

- Fonksiyonun en üst seviyeye (sistem, araç, çevre) olan etkilerinin tanımlanması,
- Hata etkilerinin müşterinin fark edebileceği (tatmin olmama/rahatsız olma) şekilde tanımlanması,
- Etkiler zincirinin (örn: parça-grup-sistem) sonradan anlaşılabilecek şekilde tanımlanması.

Mümkün etkiler izleyen sorular yardımıyla tespit edilebilir (Düzgüner, 2002; Aran, 2006).

- Bu hatalar izleyen hususlara ne tür etkilere neden olabilir?
- Alt komponentlerin çalışmasına, fonksiyonuna ve durumuna ne tür etkileri olabilir?
- Üst yapı grubunun çalışmasına, fonksiyonuna ve durumuna ne tür etkileri olabilir?
- Sistemin çalışmasına, fonksiyonuna ve durumuna ne tür etkileri olabilir?
- Ürünün performansına ve güvenliğine ne tür etkileri olabilir?
- Ürünün performansına ve güvenliğine ne tür etkileri olabilir?
- Müşteriler neler görür, hisseder veya fark adarlardı ne tür etkileri olabilir?
- Yasal kanunların tutulmasına ne tür etkileri olabilir?

Parça, alt sistem ve sistem aralarında hiyerarşik bir yapı olduğuna dikkat edilmelidir. Örneğin, bir parça kırılabilir. Bu ise montaj parçalarında vibrasyona neden olabilir ve sonuç olarak da sistem fonksiyonlarının belirli bir süre devre dışı kalmasına neden olabilir. Belirli bir süre devre dışı kalan fonksiyon ise aracın performansının düşmesine sonuç olarak da müşteri tatminsizliğine neden olur. Amaç, ekibin bilgi ve tecrübe birikimine uygun olarak hatalara ait etkileri önceden görülebilmesidir (Düzgüner, 2002; Aran, 2006).

Olası hata etkisi, "Bu hata türü ortaya çıkarsa ne tür sonuçlara yol açar?" sorusuna cevap aranarak saptanır. Olası hata etkilerini saptamada kullanılan kaynaklardan bazıları şöyle sıralanabilir (Stamadis, 1995; Aran, 2006):

- Müşteri şikâyetleri,
- Garanti verileri,
- Benzer ürün için yapılmakta olan veya yapılmış HTEA sonuçları,
- Güvenilirlik verileri,

- İlgili deney çalışmalarının sonuçlarından elde edilen veriler.

Olası hata etkilerine örnekler aşağıdaki gibidir (http://www.altisigma.com):

- Gürültü,
- Arızalanmaya yatkınlık,
- Kazaya yatkınlık,
- Kötü görünüş,
- Aşırı çaba isteme
- İmaj kaybı
- Tekrar kullanılamama,
- Yanlış işlem
- Müşteri memnuniyetsizliği,
- Yaralanma veya ölüm
- Tamir edilemeyen işlem
- Uyumsuzluk
- Düşük performans
- Fonksiyonun yerine getirilememesi
- Kesintili işlem
- Yasalara aykırı durum

3.2.1.2.3. Olası hata nedenlerinin belirlenmesi

Hatanın nedeni, sonuçta bir hata türüne neden olacak, tasarım zayıflığının bir göstergesi şeklinde tanımlanır (Gül, 2001).

Çok yönlü ekibin HTEA uygulaması içerisinde en önemli görevi hata sebeplerinin analizidir. Tecrübeye dayalı ve özellikle de yeni hata sebeplerinin eksiksiz bir şekilde belirlenmesi ve listelenmesi HTEA tekniğinin önleyici olması yönünden önemlidir (Düzgüner, 2002; Aran, 2006).

Olası hata nedenlerini belirlemek için "Olası hata türüne yol açabilecek nedenler nelerdir?" sorusuna yanıt aranır.

Olası hata nedenleri belirlenirken şu hususlar dikkate alınmalıdır (Stamadis, 1995; Aran, 2006).

- Bir hata nedeni bir veya birden fazla hata türüne yol açabilir.
- Birden fazla hata nedeni tek bir hata türüne yol açabilir.
- Bir hata nedeni bir veya birden çok faktörün bir araya gelmesi sonucu ortaya çıkabilir.

Hata nedenlerinin belirlenmesinde;

- Balık kılçığı diyagramı, (3M + 1İ) yöntemi (makine, malzeme, metot ve

insan) yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu yöntemlerin dışında, geçmiş dönem kayıtlarının yer aldığı veri bankaları, hata ağacı analiz tekniği, global 8D raporları, blok diyagramları, yaratıcılık yöntemleri de hata nedenlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Düzgüner, 2002).

Çalışmamızda hata nedenlerini belirlerken Balık kılçığı Diyagramı ve 3M + 1İ yöntemleri kullanılmıştır.

Mümkün hataların her birisine ait sebepler beyin fırtınası yardımı ile belirlenebilir. İzleyen sorular sebeplerin belirlenmesinde yardımcı olabilir (Anonim, 1998).

- Hatanın oluşmasına neler etki eder?
- Fonksiyonların yerine getirilememesi durumu ile hangi şartlarda karşılaşılır?
- Teknik spesifikasyonların karşılanmaması durumu nasıl ortaya çıkar?
- İstenilen fonksiyonun yerine getirilememesine neler neden olabilir?
- Karşılıklı olarak birbirine etki eden elemanların uyumsuz veya yanlış kombine edilme ihtimali nedir?
- Elemanların tam olarak birlikte çalışması için hangi spesifikasyonlar etkilidir?

Hata nedenlerine örnekler aşağıdaki gibidir (http://www.altisigma.com):

- Aşırı yüklenme,
- Aşırı zorlanma,
- Dengesizlik,
- Uygun olmayan tasarım ömür kabulü,
- Uygun olmayan bakım,
- Makine ayarsızlıkları,
- Operatör hatası,
- Kötü çevre koşulları,
- Yanlış malzeme seçimi,
- İşgücünün eğitim yetersizliği talimatları,
- Yanlış tanımlanmış malzeme kalınlıkları.

3.2.1.2.4. Mevcut kontrollerin belirlenmesi

Mevcut kontroller HTEA çalışması yapıldığı sırada söz konusu hata türünün ortaya çıkmasını veya müşteriye ulaşmasını önlemek için kullanılmakta olan mekanizmalardır. HTEA çalışmasında düşünülmesi gereken kontroller sadece olası hata türünün saptanabilme derecesini bulmada katkıda bulunacak kontrollerdir. Bir hatanın ortaya çıkmasını önlemek veya azaltmak için yapılan kontroller ortaya çıkma derecesini bulmada katkı sağlarlar (Stamadis, 1995; Aran, 2006).

Bu kontroller genellikle istatistiksel proses kontrol (İPK) proses sonrası muayene ve testler ve mastar kontrolü şeklinde yapılabilir. Proses kontrolü öncelikle hatanın oluşmasını önlemeyi, hata sebebini bularak düzeltici faaliyeti başlatmayı ve hata türünü ortaya koymayı planlamaktadır (http://www.altisigma.com).

Mevcut kontroller bulunurken "Bu hata türü nasıl saptanmaktadır?" ve "Bu hata türü nasıl fark edilmektedir?" sorularına cevap aranmaktadır (Düzgüner, 2002; Aran, 2006).

İşletmelerde yapılan ağırlık, boyut kontrolleri, çalışırlık testleri, kaçak kontrolleri, gözle muayeneler vb. önlemler mevcut kontrollere örnek gösterilebilir.

3.2.1.3 Hata türlerinin değerlendirilmesi

Olası hata türleri, etkileri, nedenleri ve mevcut kontroller belirlendikten sonra sıradaki süreç hata türlerinin kritikliklerine göre değerlendirilmesidir. Bilindiği üzere HTEA eldeki kaynakları en etkili biçimde kullanmayı amaçlar. Bu amacına da bütün hatalarla bir anda mücadele etmek yerine hataları işletme için bir öncelik sırasına koyarak ulaşır. HTEA uygulaması devam ettikçe ve hataların zaman içinde öncelikleri değiştikçe nihai amaç olan kusursuzluğa yaklaşılır.

Değerlendirme için her bir olası hatanın risk esasına göre kritiklikleri belirlenir. MIL-STD 1629A'da kritiklik "Hata türünün ortaya çıkma sıklığının sonuçlarının göreli ölçüsüdür" şeklinde tanımlanmaktadır. Kritiklik Sayısı, risk

faktörlerinin olasılık değerleri kullanılarak hesaplanır. Ancak uygulamada işlem kolaylığı sağlamak amacıyla kritiklik, olasılıksal bir değer yerine sayısal büyüklük olarak ifade edilir. Risk öncelik Sayısı adı verilen bu sayı, hata ortaya çıkma ve bulunabilirlik risk faktörlerinin olasılık ile ve ağırlık risk faktörünün sözel olarak tanımlanan değerlerine belirli aralıkta yer alan sayılar atanıp matematiksel işlem uygulanması sonucu bulunur. Risk öncelik Sayısının bir değeri veya anlamI yoktur sadece hataların kritiklik yönünden göreceli olarak karşılaştırılmasını ve sıralanmasını sağlar (Yılmaz, 1997; Aran, 2006).

İlerleyen bölümlerde hata türlerinin değerlendirilmesinin alt başlıkları olarak,

- Ortaya çıkma,
- Ağırlık,
- Saptama,
- Risk öncelik sayısı,

konuları ele alınmaktadır.

Ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerleri belirlenirken kullanılacak yöntem HTEA yapılacak sistem, tasarım, proses veya servisin durumuna göre seçilir. Tasarım ve proses HTEA yapılırken değerlendirmede kullanılacak yöntemlerin seçiminde yararlanılabilecek faktörler ve seçim kriterleri Tablo 3.14‘de verilmiştir.

Tablo 3.1. Tasarım ve Proses HTEA'da değerlendirme için kullanılacak yöntemlerin seçim kriterleri (Stamadis, 1995; Aran, 2006).

Eğer	Kullanılan	Seçim
Tasarım diğer tasarımlara benzer ise veya elimizde geçmişe ait veriler varsa	Benzer tasarımlardan elde edilen veriler veya geçmişe ait veriler; güvenilirlik verileri, mevcut dağılımlar, matematiksel modeller, simülasyon	Mevcut veriler ve/veya proses yetenek oranI (Cpk)
Tasarımın veya benzerlerinin hata kayıtları mevcutsa	Güvenilirlik, tasarım ve gerçek dağılımlara dayanan geçmiş veriler, matematiksel modeller, simülasyon, kümülâtif veriler ve/veya hata oranları	Mevcut veriler ve/veya kümülâtif hata sayıları
Tasarım yeni ise ve/veya sayısal veriler mevcut değilse	Takım yargısı	Subjektif kriterler, takımda uzlaşma sağlama
Eğer	Kullanılan	Seçim
Proseste istatistiksel proses kontrol uygulanıyorsa	İstatistiksel veriler, güvenilirlik verileri, proses yeteneği, mevcut dağılımlar, matematiksel modeller, simülasyon	Mevcut veriler ve/veya proses yetenek oranI (Cpk)
Proses diğer proseslere benzer veya geçmişe ait veriler mevcutsa	Geçmişe ait veriler ve benzer sistemlerin verileri, güvenilirlik verileri, proses yeteneği, mevcut dağılımlar, matematiksel modeller, simülasyon	Mevcut veriler ve/veya proses yetenek oranI (Cpk)
Hatalarla ilgili geçmiş veriler varsa	Güvenilirlik, tasarım ve gerçek dağılımlara dayanan geçmiş veriler, matematiksel modeller, simülasyon, kümülâtif veriler ve/veya hata oranları	Mevcut veriler ve/veya kümülâtif hata sayıları
Proses yeniyse ve/veya mevcut sayısal hiçbir veri yoksa	Takım yargısı	Subjektif kriterler, takımda uzlaşma sağlama

3.2.1.3.1. Ortaya çıkma değerlerinin belirlenmesi

Hatanın ortaya çıkma ihtimali, dikkate alınan sebeplerin bir sonucu olarak, hata önceden keşfedilmeden müşteri veya kullanıcıda hangi ihtimalle ortaya çıkacağını gösterir (Düzgüner, 2002; Aran, 2006).

Ortaya çıkma değerini belirlemek için iki farklı yaklaşım vardır (Stamadis, 1995):

- Birinci yaklaşım, bir hata türü (veya hata nedeni) için ortaya çıkma değerini belirlemektir.
- İkinci yaklaşım, ortaya çıkma değeri hata nedeni ile onun sonucunda ortaya çıkan hata türünün ilişkilendirilmesi ile bulunur. Neden oluşursa, hata türünün de oluşacağı esas alınır. Bu değer, sözü edilen iki olasılık değerinin çarpımından bulunur.

Daha önce de belirtildiği gibi HTEA uygulamalarında ortaya çıkma değeri

olasılık olarak belirlenmez. Bunun yerine kullanılan sistem ortaya çıkma ihtimali için çeşitli olasılık aralıkları oluşturmak ve ortaya çıkma değerini bu tabloda yer alan derecelere göre belirlemektir (Pillay ve Wang, 2002; Aran, 2006).

Hata türünün ne sıklıkta oluşabileceği hesaplanarak olasılık bir ile on değerleri arasında derecelendirilir. Grup üyelerinin bilgi birikimi ve tecrübelerine göre derecelendirme yapılır. Hata türünün oluşma sıklığı dikkate alınır ve olasılık derecelendirme tablosu kullanılır. Benzer bir proses varsa, buradaki istatistik bilgilerden yararlanılır (www.altisigma.com). Tablo 3.2'te Ortaya çıkma derecelendirme tablosu görülmektedir.

Tablo 3.2. Ortaya çıkma derecelendirme tablosu (Düzgüner, 2002; Aran, 2006)

Ortaya çıkma İhtimali	Derece	Hata İhtimali (İşgünü olarak)
Neredeyse hiç	1	<1:1500000
Düşük	2	1:150000
Orta	3	1:15000
	4	1:2000
	5	1:1000
	6	1:200
Yüksek	7	1:100
	8	1:50
Çok yüksek	9	1:20
	10	1:10

Yukarıda bir örneği verilen tablo sek törel olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bazen derecelendirmede 1 -10 skalası yerine 1-5 skalası veya başka skalalar da kullanılmaktadır.

Hata nedeninin ortaya çıkma değerleri istatistiksel yöntemlerden ve benzer ürünlerden yararlanarak belirlenir. Her bir hata nedeninin, hata türünün

oluşmasındaki katkısı ise varyans analizi, Taguchi teknikleri, Bayes analizi gibi istatistiksel yöntemlerle veya benzer ürünlerin verilerden yararlanılarak belirlenebilmektedir. Somut verilerin olmaması durumunda grup üyelerinin deneyimlerinden faydalanılır ve ortaya çıkma değerlerini kestirmeleri istenir (Stamadis, 1995; Aran, 2006). Sonuç olarak bu aşamanın sonunda her bir hata için kullanılan skalaya göre bir ortaya çıkma değeri saptanmış olur.

Ortaya çıkma ihtimali değerlendirilmesinde, ekipte birliğin sağlanması için, hep aynı değerlendirme kriterleri kullanılmalıdır. Ürün ömrü boyunca mümkün hata oranI öngörülen parçanın, alt sistemin veya sistemin ürün ömrü boyunca beklenen hata sayısı esas alınır. Belirlenen ortaya çıkma ihtimali değeri sadece değerlendirme ölçeği ile birlikte değerlendirilebilir ve bu değer ortaya çıkma ihtimali hakkında direkt olarak nümerik bir açıklama vermez (Düzgüner, 2002; Aran, 2006).

3.2.1.3.2. Ağırlık değerlerinin belirlenmesi

Ağırlık, olası hata etkisinin müşteriye yansıyan sonuçlarının değerlendirilmesidir. Hata ağırlığı etkiye karşılık gelir ve aralarında doğrusal bir ilişki vardır. Hatanın etki düzeyi arttıkça ağırlık da artar. Ağırlık derecesini belirlemek için kullanılan veri kaynakları hata etkisini belirlemede kullanılanlarla aynıdır (Yılmaz, 1997; Aran, 2006).

Yapılan çalışmanın amacı hata türlerinin doğurabileceği sonuçları, niteliksel bir ölçü ile değerlendirebilmektir. Sonuç olarak her bir hata türü doğurabileceği kayıplara göre sınıflandırılmış olur. Kayıplar sistemin hasar görmesi, fonksiyonunu yitirmesi, can kaybı, yaralanma şeklinde ortaya çıkar. Kayıp miktar ve çeşitleri, hata etkisinin derecesini belirler. Etki derecelerini belirlemek için aynı zamanda sistemin girdi ve çıktılarındaki kayıpları esas alan tanımlar da kullanılabilir (Stamadis, 1995; Aran, 2006).

Müşteriye olan etkisi açısından hatanın etkisi bir ile on arasında derecelendirilir. Bu dereceler hata türlerinin etkisiyle bağlantılıdır. Ürün tasarımı üzerinde yapılacak değişikliklerle müşteri yönünden şiddet derecelendirilmesi

yapılabilir (http://www.altisigma.com). Tablo 3.3'de ağırlık derecelendirme tablosu görülmektedir.

Tablo 3.3. Ağırlık derecelendirme tablosu (Düzgüner, 2002; Aran, 2006)

Ağırlık (Müşteriye Etki)	Derece
Neredeyse Hiç	1
Çok Önemsiz	2
Önemsiz	3
Orta	4 5 6
Yüksek	7 8
Çok Yüksek	9 10

Yukarıda bir örneği verilen tablo sektörel olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bazen derecelendirmede 1-10 skalası yerine 1-5 skalası veya başka skalalar da kullanılmaktadır.

Bu aşamanın sonunda her bir hata türü etkisine göre bir ağırlık derecesi ile eşleştirilmiş olur.

3.2.1.3.3. Saptama değerinin belirlenmesi

Saptama, mevcut kontrollerin hatanın bulunarak müşteriye ulaşmasını engelleme derecesidir. Olası hata türünün, bir sonraki aşamada veya son müşterinin kullanımı esnasında ortaya çıkacağı varsayıldığından, öngörülen saptama önlemlerinden geçmiş olması gerekir. Bu nedenle, saptama ile ilgili olasılık değeri, ortaya çıktığı varsayılan hata nedeninin ya da şeklinin müşteriye ulaşabilme olasılığı olarak tanımlanır (Yılmaz, 1997; Aran, 2006).

Hataların saptanmasında, hata türlerinin veya sebeplerinin ortaya çıkacağı ve hatalı parça veya ürünlerin bir sonraki birime iletilmesi veya sevk edilmesinin ancak hata keşfedici önlemlerle azaltılabileceği varsayılır (Düzgüner, 2002; Aran, 2006).

Saptama değeri,

- Analiz edilen birimlerin benzerlerinden,
- Geçmiş dönem verilerinden,
- Ürün iç denetlemelerinden,
- Somut veri olmayan durumlarda grup üyelerinin deneyimlerinden yararlanılarak bulunur.

Burada hata, sanki oluşmuş gibi varsayılmakta ve mevcut kontrol olanaklarıyla hata türüne sahip olan parçanın sevkini önleme olanağı derecelendirilmektedir. Burada da yine bir ile on arasında derecelendirme uygulanır (www.altisigma.com). Tablo 3.4'te Saptama derecelendirme tablosu verilmiştir.

Tablo 3.4. Saptama derecelendirme tablosu (Düzgüner, 2002; Aran, 2006)

Saptanabilirlik	Derece
Çok Yüksek	1
Yüksek	2 3
Orta	4 5
Az	6 7
Çok Az	8 9
Neredeyse İmkânsız	10

Yukarıda bir örneği verilen tablo sektörel olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Bazen derecelendirmede 1 -10 skalası yerine 1- 5 skalası veya başka skalalar da kullanılmaktadır.

3.2.1.3.4. Risk öncelik sayılarının hesaplanması

Risk öncelik sayısı (RÖS), belirlenen ortaya çıkma (O), ağırlık (A) ve saptama (S) değerlerinin çarpılması sonucu elde edilen bir değerdir (Anonim, 1998).
Risk Öncelik Sayısı (RÖS)=Ortaya Çıkma Değeri(O)XAğırlık Değeri(A)X Tepsi edilebilirlik değer(T)

RÖS değerinin hesaplanmasında, sözel veya olasılıksak olarak tanımlanan risk faktörlerinin belirli bir sayı aralığında atanan değerleri alınır. RÖS ile her bir hata türü (nedeni) için riskler tanımlandığından en büyük RÖS'ye sahip olandan başlayarak uzun dönemde ortadan kaldırılması kısa dönemde en aza indirilmesi için alınacak düzeltici önlemler belirlenir (Aydın, 2006; Aran, 2006).

Değişik uygulamalarda RÖS değerini hesaplamak için farklı risk faktörlerinin de kullanıldığı görülmüştür. Ancak RÖS değeri hesaplanırken vazgeçilemeyecek iki risk faktörü ortaya çıkma ve ağırlıktır. Bir HTEA çalışmasında, grup üyeleri önceliklerin oluşturulmasında bu iki faktör dışında başka faktörleri de göz önünde bulundurmak isteyebilir. Bu faktörler şunlar olabilir (Stamadis, 1995; Aran, 2006):

- Hatanın müşteri beklentilerindeki etkisi,
- Hatanın iç maliyetlerdeki etkisi,
- Çalışanların tecrübesiz olma olasılığı,
- Hatanın işletmenin diğer proseslerindeki etkisi.

Faktörler saptandıktan sonra RÖS değerinin hesabında kullanılacak yöntem yine ekip tarafından belirlenebilmektedir.

3.2.1.3.5. HTEA formlarının hazırlanması

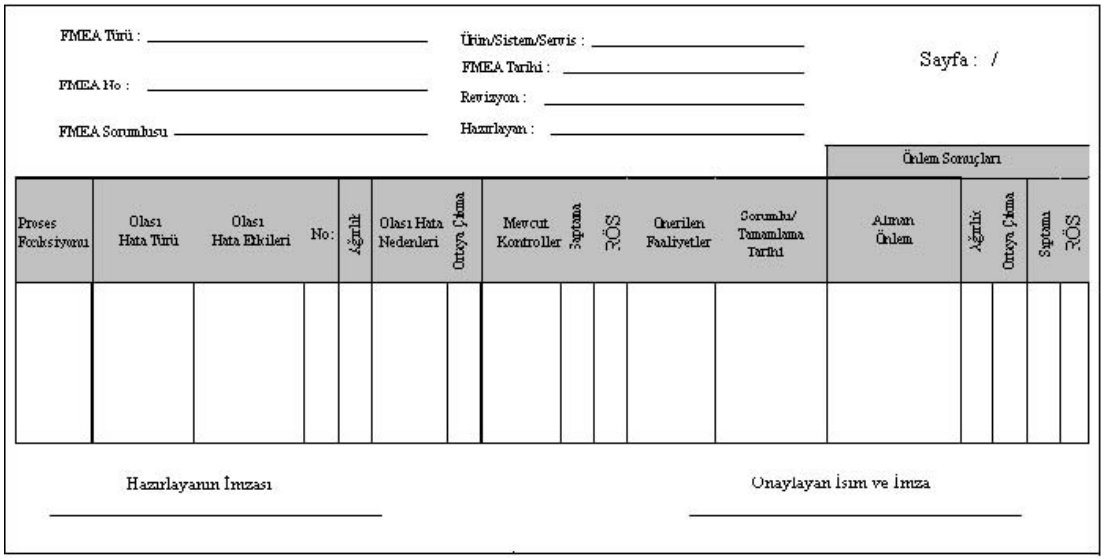
HTEA çalışmasında elde edilen bilgileri düzenli olarak tutabilmek ve HTEA sürecini kolaylaştırmak için HTEA formlarından yararlanılır. HTEA formlarında,

* HTEA türü * Hazırlayanın adı *Ağırlık

*HTEA no‘su	*Proses Fonksiyonu	*Ortaya çıkma
*HTEA sorumlusu	*Olası hata türü	*Saptama
*Ürün/Sistem/servis adı	*Olası hata etkileri	*RÖS
*HTEA tarihi	*Olası hata nedenleri	*Önerilen faaliyetler
*Revizyon no	*Mevcut kontroller	*Önlemlerin sonuçları

gibi başlıklar bulunur.

Örnek bir HTEA formu Şekil 3.13.’de verilmiştir .



Şekil 3.1. HTEA Formu Örneği (Scipioni ve ark, 2002; Aran, 2006)

3.2.1.4. Risk öncelik sayısının değerlendirilmesi

Risk öncelik sayıları bulunduktan sonra hatalar bu değere göre sıralanır. Sonuç olarak hatalar kritikliklerine göre sıralanmıştır. Bu aşamadan sonra,

- RÖS değerleri değerlendirilerek önlem alınacak hata türleri ve
- Alınacak önlemler belirlenir.

3.2.1.5. Önlem alınacak hata türlerinin belirlenmesi

RÖS değerleri belirlenip hata türleri buna göre sıralandıktan sonra cevap verilmesi gereken soru öncelikleri belirlenmiş bu hatalardan hangileri için önlem alınmalıdır? sorusudur. Bu amaçla uygulanan yöntemlerden bir tanesi RÖS değerleri için sınıf aralıkları oluşturarak bu sınıflar için bir histogram çizmektir. Böylelikle RÖS değerlerinin hangi aralıklarda yoğunlaştığı ve RÖS değerlerinin bariz olarak ayrıldığı noktalar belirlenebilir. Daha sonra bu ayrımlara göre öncelikli olarak önlem alınması gereken hata türleri saptanır.

Anonim (1998), HTEA uygulamalarında RÖS değerlerine göre düzeltici önlem alma kararları şu ölçütlere göre yapılmaktadır;

- RÖS < 40 ise önlem almaya gerek yoktur.
- 40 ≤ RÖS ≤ 100 önlem alınmasında fayda vardır.
- RÖS > 100 ise mutlaka önlem alınması gerekir.

Renault'da yapılan uygulamalarda ise RÖS > 100 olan hatalar düzeltici önlem alınması gereken risk taşıyan hatalardır. 100'ün üzerindeki en büyük değer en fazla risk taşıyacağından öncelikle ele alınacak hatayı verir.

Uygulamalarda RÖS ile ilgili rastlanan durumlardan biri de farklı hataların aynı RÖS değerine sahip olmasıdır. Aynı RÖS değerine sahip iki veya daha fazla hata varsa, öncelikle ağırlığı ve sonra da saptama değeri yüksek olan ele alınmalıdır. Ağırlığı yüksek olan hata önceliklidir, çünkü bu değer hatanın etkisini göstermektedir. Saptama, ortaya çıkma değerinden daha önemlidir çünkü burada söz konusu olan hatanın müşteriye ulaşmasıdır. Müşteriye ulaşan hatalara, sık ulaşan hatalardan daha öncelikli olarak yaklaşılmalıdır (Stamadis, 1995; Aran, 2006).

3.2.1.6. Önlemlerin uygulanması

Önlemlerin uygulamaya konması, HTEA'nın dinamik aşamasını oluşturur. Hata Türü ve Etki Analizi önleyici faaliyetleri dikkate almaktadır; hatalar gerçekleştikten sonra müşteri tatminini sağlamaya ya da kalite belgesi almaya yönelik faaliyetleri içermemektedir (Yılmaz, 2000; Aran, 2006). Öncelikle önlemleri uygulayacak kişiler ve bunları ne kadar sürede uygulamaya koyacakları belirlenir. Daha sonra öngörülen önlemlerin yeterli etkinlikte uygulamaya alınıp alınmadıkları belirlenir. Önlemlerin devreye alınması çok önemlidir. Bu aşamada kritik RÖS değerleri ortadan kaldırılıncaya kadar çözümler incelenir ve değerlendirilir. RÖS değerinin istenilen düzeylere düşürülmesi hedefine ulaşıldığında yeni RÖS değerlerini bulmak, bazı durumlarda da ortaya çıkabilecek yeni hata türlerini saptamak için yeni bir HTEA uygulamasına başlanabilir.

Düzeltici önlemler, olası hata türlerini veya nedenlerini ortadan kaldırmak ya da olumsuz etkilerini minimize etmek için tasarım, üretim süreci, malzeme, üretim yöntemi gibi çeşitli unsurlarda yapılacak iyileştirme faaliyetleridir (Usuğ, 2002; Aran, 2006). Düzeltme önlemlerinin hangi hatalar için öncelik taşıdığını belirleyebilmek amacıyla HTEA hataların meydana gelme, şiddet, keşfedilebilirlik değerleri ile RÖS değerleri kullanılır (Ulusoy, 1996; Aran, 2006).

4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Çalışmamızda yapılan araştırmalar ve ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki ana başlıklar altında incelenmiştir.

- Başlangıç çalışmaları,
- Olası hata türü, nedenleri, etkileri ve hatayı saptamak için kullanılan mevcut kontrollerin belirlenmesi,
- Ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerleri belirlenerek risk öncelik sayılarının belirlenmesi,
- Risk öncelik sayılarının sıralanarak önlem alınacak hataların ve önlemlerin belirlenmesi,
- Belirlenen önlemlerin uygulanması,
- Yeni RÖS değerlerinin hesaplanması.

Bu adımlar aşağıda açıklanmıştır.

Başlangıç çalışmaları

Bu çalışmada başlangıç çalışmaları HTEA uygulaması öncesinde yapılması gereken hazırlıklardan oluşmuştur. Bu aşama üç başlıkta incelenmiştir.

- HTEA kapsamı belirlenmiş,
- HTEA takımı kurulmuş,
- HTEA yapılacak sistem, tasarım, proses veya servis incelenmiştir.

HTEA Kapsamının belirlenmesi

Araştırmada HTEA uygulanacak olan bölümler üretim prosesleri içinde seçilen damlalık üretim prosesi ve damla sulama boruları üretim proseslerinden oluşmaktadır. HTEA çalışması, bu üretim proseslerinin hepsi için ayrı ayrı uygulanmaya çalışılmıştır. HTEA uygulaması yapılan prosesler aşağıda belirtilmiştir.

- Yassı damlalık üretim prosesi,
- Yuvarlak damlalık üretim prosesi,

- Yassı damla sulama borusu üretim prosesi,
- Yuvarlak damla sulama borusu üretim prosesi

Yapılan HTEA uygulamasının kapsamında söz konusu proseslerde üretilen yarı mamül ve ürünlerde ortaya çıkan veya çıkabilecek önemli hatalar incelenmeye çalışılmıştır.

HTEA Ekibinin kurulması

HTEA bir takım çalışması olduğu için, yaptığımız çalışma için oluşturduğumuz HTEA ekibi, HTEA çalışması yapılacak olan üretim proseslerinde çalışan ustabaşları, mühendisler ve firmanın pazarlama departmanında çalışan satış mühendislerinden kurulmuştur. Oluşturduğumuz HTEA ekibinde;

- Yassı damlalık üretim ustabaşısı,
- Yuvarlak damlalık üretim ustabaşısı,
- Yassı damla sulama borusu üretim hattı ustabaşısı,
- Yuvarlak damla sulama boru üretim hattı ustabaşısı,
- Üretim Şefi (Ziraat Mühendisi),
- Vardiya Mühendisi (Kimya Mühendisi),
- Satış Mühendisi (Ziraat Mühendisi),
- Kalite Kontrol Mühendisi (Endüstri Mühendisi),

bulunmaktadır.

HTEA ekibinin bu şekilde oluşturulmasının sebebi çapraz fonksiyonlu bir tartışma ortamı oluşturulmak istenmesinden kaynaklanmaktadır. Yani; çalışmamızda hata türlerinin müşterilere olan etkilerini ortaya çıkarmak ve bu hata türlerinin sebeplerini bularak gerekli önlemlerin belirlenmesi söz konusu olduğu için son kullanıcılar müşteriler olduğu gibi, üretim prosesi içerisinde birbirinin müşterisi olan birimler de bulunmaktadır. Yassı ve yuvarlak damla sulama borusu üretim hatlarının müşterisi son kullanıcı olduğu gibi, yassı ve yuvarlak damlalık üretim prosesinin müşterisi de yassı ve yuvarlak damla sulama üretim hatlarıdır.

HTEA yapılacak prosesin incelenmesi

Yaptığımız HTEA çalışmasında hem bitmiş ürün olan yassı ve yuvarlak damla sulama borularının üretim prosesindeki olası hatalar incelenmiş hem de bu ürünlerin üretiminde kullanılan yassı ve yuvarlak damlalıkların üretim prosesindeki olası hata türleri incelenmeye alınmıştır.

Damla sulama boruları HDPE (Yüksek Yoğunluklu Polietilen) plastik hammadde kullanılarak üretilmektedir. Bu hammaddeler yurtiçi ve yurtdışından temin edilmektedir.

Damla sulama borusu üretimi extrüder makine ile boru çekme makinesinden oluşan üretim hattında yapılmaktadır. Mevcutta iki adet boru çekme hattı bulunmaktadır. Bu hatlardan bir tanesinde yuvarlak damla sulama borusu, diğerinde yassı damla sulama borusu üretilmektedir. Bu hatlarda üretilen her çeşit boru için makine hızları, makine ısı ayarları farklı olup hat sorumluları tarafından yapılmaktadır.

Yuvarlak damla sulama borularında kullanılan yuvarlak damlalıklar ve yassı damla sulama borularında üretilen yassı damlalıklar enjeksiyon makinelerinde üretilmektedir. İşletme bulunan enjeksiyon makinelerinin altı tanesinde damlalık üretimi yapılmaktadır. Yapılan üretim planlarına göre bu makinelerin her birisine yassı ve yuvarlak damlalık kalıpları bağlanabilmektedir. Enjeksiyon makineleri bilgisayar kontrollü olup her makinede her damlalık çeşidi için yapılmış olan programlar yüklenmiştir. Her kalıp için makine ısı ve ilerleme ayarları farklıdır. Bu programlar ustabaşları tarafından yapılabilmekte ve ayarları üretim esnasında üretim durumuna ve üretilen parçalardaki hatalara göre operatörler tarafından değiştirilebilmektedir.

Damla sulama borularında ortaya çıkabilecek hataların belirlenebilmesi için hazırlanan kalite planlarında hangi noktalarda ne çeşit kontrollerin yapılacağı ve bu kontrollerde ölçülecek değerler toleransları ile beraber belirtilmiştir.

HTEA yapılan sistem, tasarım, proses veya serviste yer alan hatalara yönelik çalışmalar

Bu alt başlık altında;

- Olası hata türleri,
- Olası hata etkileri,

- Olası hata nedenleri,
- Olası hataları saptamak için yapılan kontroller,

belirlenmiştir.

Olası hata türlerinin belirlenmesi

Olası hata türlerinin belirlenmesi aşamasında kurulan HTEA ekibi ile beyin fırtınası çalışması yapılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda yassı damlalık, yuvarlak damlalık, yassı damla sulama borusu ve yuvarlak damla sulama borularında oluşabilecek hatalar tartışılmıştır. Beyin fırtınası çalışması aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır.

Öncelikle kurulan HTEA ekibine problem çözme tekniklerinden beyin fırtınası yöntemi anlatılarak ekip nasıl bir çalışma yapılacağı yönünde aydınlatılmaya çalışılmıştır.

a) Yassı damlalıklarda olası hata türlerinin belirlenmesi

Öncelikle yassı damla sulama borularında kullanılan yassı damlalıklarda ve yassı damlalık üretim prosesinde oluşabilecek hata çeşitleri ekip üyeleri tarafından her üye sırayla söz alarak her üye pas deyinceye kadar devam ederek, fikir belirtilmiştir. Her söz alışta sadece bir hata belirtilmiştir. Her üye pas dedikten sonra birinci tur oylamaya geçilmiş ve belirtilen hatalar ekip üyeleri tarafından önemliliklerine göre oylanmıştır. Belirtilen bu hatalar ve birinci tur oylama sonucunda her hata türünün aldığı oy sayısı ve bu oyların sıralanmış Tablo 4.1'de belirtilmiştir.

Tablo 4.1. Yassı damlalıklarda olası hatalara 1. tur oylamada verilen oylar ve bu oylara göre hataların sıralanmış şekli

Sıra No	Olası Hata Türleri	Oy		
		Sayısı	Oranı (%)	
5	Kontrol yetersizliği	8	10	
6	Su sıcaklığı	8	10	
15	Yanlış kalıp seçimi	8	10	
10	Formu bozuk damlalık	7	9	
13	Makinede sabit operatör çalışmaması	7	9	84%
14	Eleman yetersizliği	7	9	
3	Operatör hatası	6	8	
11	Damlalık filtre hatası	6	8	
8	Hammadde karışım oranı	5	6	
12	Yağlı damlalık	5	6	
7	Su basıncı ayarsızlığı	4	5	
9	Mekanik makine hatası	4	5	16%
1	Program hatası	3	4	
4	Ortam Isısı	2	3	
2	Damlalığın sabitte kalması	0	0	
	TOPLAM OY SAYISI	80		

Bu sıralamaya göre oy sayısı 5 ve daha büyük olan hata türlerinin ikinci tur oylamaya katılması uygun görülmüştür.

İkinci tur oylamaya geçilmeden önce birinci tur oylamada belirtilen hata türlerinin büyük bir kısmının hata türünden daha ziyade hataların sebepleri olduğu ekip üyelerine anlatılmaya çalışılmıştır. Daha sonra ikinci tur oylamaya geçilmiştir. birinci tur oylamada toplamda oyların % 84'ünü alan hata türleri ikinci tur oylamada her üyenin sadece bir kez oy kullanması ile yapılmıştır. ikinci tur oylamada olası hataların aldığı oy sayıları ve sıralanmış hali Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Yassı damlalıklarda olası hatalara 2. tur oylamada verilen oylar ve bu oylara göre hataların sıralanmış şekli

Sıra No	Olası Hata Türleri	Oy	
		Sayısı	Oranı (%)
4	Formu bozuk damlalık	5	63
8	Damlalık filtre hatası	2	25
10	Yağlı damlalık	1	13
1	Kontrol yetersizliği	0	0
2	Su sıcaklığı	0	0
3	Yanlış kalıp seçimi	0	0
5	Makinede sabit operatör çalışmaması	0	0
6	Eleman yetersizliği	0	0
7	Operatör hatası	0	0
9	Hammadde karışım oranı	0	0
	TOPLAM OY SAYISI	8	

İkinci tur oylama sonucunda oluşan oy oranlarına göre HTEA ekibinin üzerinde durması gereken yassı damlalıklarda oluşabilecek hata türleri belirlenmiştir. Bu hata türleri ;

Hata Türü :	Hata Açıklaması :
Formu bozuk damlalık hatası	:Damlalıklarda form bozukluğunun meydana gelmesi
Dramlalık filtre hatası	:Damlalıklarda filtre hatasının oluşması
Yağlı damlalık hatası	:Damlalıkların üretim aşamasında yağlanması

Şeklinde sıralanmışlardır.

b) Yuvarlak damlalıklarda olası hata türlerinin belirlenmesi

Yuvarlak damlalıkların üretiminde ortaya çıkan hataların belirlenebilmesi için yapılan beyin fırtınası oturumda ekip üyeleri tarafından dile getirilen hata türleri ve birinci tur oylama sonucunda her hata türünün aldığı oy sayıları ve hataların oy sayılarına göre sıralanmış hali Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Yuvarlak damlalıklarda olası hatalara 1. tur oylamada verilen oylar ve bu oylara göre hataların sıralanmış şekli

Sıra No	Olası Hata Türleri	Oy		
		Sayısı	Oranı (%)	
3	Filtre tıkanması	8	29	82%
5	Formu bozuk Damlalık	8	29	
7	Yağlı damlalık	4	14	
1	Kalıp dolmaması	3	11	
6	Damlalık filtre hatası	3	11	18%
4	Hammadde karışım oranı	2	7	
2	Damlalık yapışması	0	0	
	TOPLAM OY SAYISI	28		

Tablo 4.4. Yuvarlak damlalıklarda olası hatalara 2. tur oylamada verilen oylar ve bu oylara göre hataların sıralanmış şekli

Sıra No	Olası Hata Türleri	Oy	
		Sayısı	Oranı (%)
1	Filtre tıkanması	5	63
2	Formu bozuk damlalık	3	38
3	Yağlı damlalık	0	0
4	Kalıp dolmaması	0	0
	TOPLAM OY SAYISI	8	

İkinci tur oylama sonucunda oluşan oy oranlarına göre HTEA ekibinin üzerinde durması gereken yuvarlak damlalıklarda oluşabilecek hata türleri belirlenmiştir. Bu hata türleri ;

Hata Türü	: Hata Açıklaması	:
Filtre tıkanması	: Damlalıklardaki filtrenin tam olarak açık olmaması	
Formu bozuk damlalık	: Damlalıklar meydana gelen şekil bozukluğu	

c) Yassı damla sulama borularında hata türlerinin belirlenmesi

Yassı damla sulama borularının üretiminde ortaya çıkan hataların belirlenebilmesi için yapılan beyin fırtınası oturumda ekip üyeleri tarafından dile getirilen hata türleri ve 1. tur oylama sonucunda her hata türünün aldığı oy sayısı ve bu oylara göre hataların sıralanmış hali Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5. Yassı damla sulama borularında olası hatalara 1. tur oylamada verilen oylar ve bu oylara göre hataların sıralanmış şekli

Sıra No	Olası Hata Türleri	Oy		
		Sayısı	Oranı (%)	
1	Damlalıkların yapışmaması	8	12	83%
4	Vakum Hatası (Çap Hatası)	7	11	
7	Deliğin kayması	7	11	
5	Hammadde Karışım Hatası	6	9	
3	Cidar kalınlığı farkı	5	8	
9	Akış Debisi Hatası	5	8	
15	Extruder kafasının pislik dolması	5	8	
2	Boru üzerinde benek oluşması	4	6	
11	Yırtık boru	4	6	
14	Soğutma suyunun kirli olması	4	6	
10	1 ruloda 3'ten fazla ek olması	3	5	17%
12	200 metrede 1 delik olmama hatası	3	5	
13	Kirli hammadde	3	5	
6	Deliklerde Çapak hatası	1	2	
8	Hatalı Damlalık Mesafesi	1	2	
	TOPLAM OY SAYISI	66		

Bu sıralamaya göre oy sayısı dört ve daha büyük olan hata türlerinin ikinci tur oylamaya katılması uygun görülmüştür.

Daha sonra ikinci tur oylamaya geçilmiştir. Birinci tur oylamada toplamda oyların % 83'ünü alan hata türleri ikinci tur oylamada her üyenin sadece bir kez oy kullanması ile yapılmıştır. İkinci tur oylamada hatalara verilen oy sayıları ve hataların bu oylara göre sıralanmış hali Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. Yassı damla sulama borularında olası hatalara 2. tur oylamada verilen oylar ve bu oylara göre hataların sıralanmış şekli

Sıra No	Olası Hata Türleri	Oy	
		Sayısı	Oranı (%)
1	Damlalıkların yapışmaması	2	25
3	Deliğin kayması	2	25
5	Vakum hatası (Çap Hatası)	2	25
6	Akış debisi hatası	2	25
2	Cidar kalınlığı farkı	0	0
4	Hammadde karışım hatası	0	0
7	Extruder kafasının pislik dolması	0	0
8	Boru üzerinde benek oluşması	0	0
9	Yırtık boru	0	0
10	Soğutma suyunun kirli olması	0	0
	TOPLAM OY SAYISI	8	

İkinci tur oylama sonucunda oluşan oy oranlarına göre HTEA ekibinin üzerinde durması gereken yassı damla sulama borularında oluşabilecek hata türleri belirlenmiştir. Bu hata türleri ;

Hata Türü	: Hata Açıklaması	:
Damlalıkların Yapışmaması	:Damlalıkların boru içerisine sağlıklı bir şekilde yapışmaması	
Deliğin kayması	:Damla deliğinin istenilen yerde olmaması	
Vakum Hatası (Çap Hatası)	:Boru iç ve dış çapının standartlar dışında olması	
Akış debisi hatası	:Akış debisinin standartların dışına çıkması	

Şeklinde sıralanmışlardır.

d) Yuvarlak damla sulama borularında olası hata türlerinin belirlenmesi

Yuvarlak damla sulama borularının üretiminde ortaya çıkan hataların belirlenebilmesi için yapılan beyin fırtınası oturumda ekip üyeleri tarafından dile getirilen hata türleri ve birinci tur oylama sonucunda her hata türünün aldığı oy sayısı ve hataların oy sayılarına göre sıralanmış hali Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Yuvarlak damla sulama borularında olası hatalara 1. tur oylamada verilen oylar ve bu oylara göre hataların sıralanmış şekli

Sıra No	Olası Hata Türleri	Oy		
		Sayısı	Oranı (%)	
10	Akış Debisi Hatası	8	16	
8	Deliğin kayması	7	14	
6	Hammadde Karışım Hatası	6	12	
4	Vakum Hatası (Çap Hatası)	5	10	78%
3	Cidar kalınlığı farkı	4	8	
5	Eksik metrajlı rulo	4	8	
11	Yanlış Etiketli rulo	4	8	
2	Boru üzerinde benek oluşması	3	6	
12	Boru üzerinde çizgi oluşması	2	4	
1	Damlalıkların yapışmaması	2	4	22%
7	Deliklerde Çapak hatası	2	4	
9	Hatalı Damlalık Mesafesi	2	4	
	TOPLAM OY SAYISI	49		

Bu sıralamaya göre oy sayısı dört ve daha büyük olan hata türlerinin ikinci tur oylamaya katılması uygun görülmüştür.

Daha sonra ikinci tur oylamaya geçilmiştir. Birinci tur oylamada toplamda oyların % 83'ünü alan hata türleri ikinci tur oylamada her üyenin sadece bir kez oy kullanması ile yapılmıştır. İkinci tur oylama sonucu belirlenen oy sayıları ve hataların bu oy sayılarına göre sıralanmış hali Tablo 4.8'de verilmiştir

Tablo 4.8. Yuvarlak damla sulama borularında olası hataların 2. tur oylama sonucunda aldığı oylara göre sıralanmış şekli

Sıra No	Olası Hata Türleri	Oy	
		Sayısı	Oranı (%)
1	Akış Debisi Hatası	4	50
2	Vakum Hatası (Çap Hatası)	3	38
3	Cidar kalınlığı farkı	1	13
4	Deliğin kayması	0	0
5	Hammadde Karışım Hatası	0	0
6	Eksik metrajlı rulo	0	0
7	Yanlış Etiketli rulo	0	0
	TOPLAM OY SAYISI	8	

İkinci tur oylama sonucunda oluşan oy oranlarına göre HTEA ekibinin üzerinde durması gereken yuvarlak damla sulama borularında oluşabilecek hata türleri belirlenmiştir. Bu hata türleri ;

Hata Türü	: Hata Açıklaması :
Akış Debisi Hatası	:Akış debisinin standartlar dışına çıkması
Vakum (Çap) Hatası	:Boru iç ve dış çapının standartlar dışına çıkması

Şeklinde sıralanmışlardır.

Olası hata etkilerinin belirlenmesi

Uygulamamızda belirlenen olası hata türlerinin etkileri Tablo 4.9'da gösterilmiştir.

Tablo 4.9. Tespit edilen hata türleri ve bu hataların etkileri tablosu

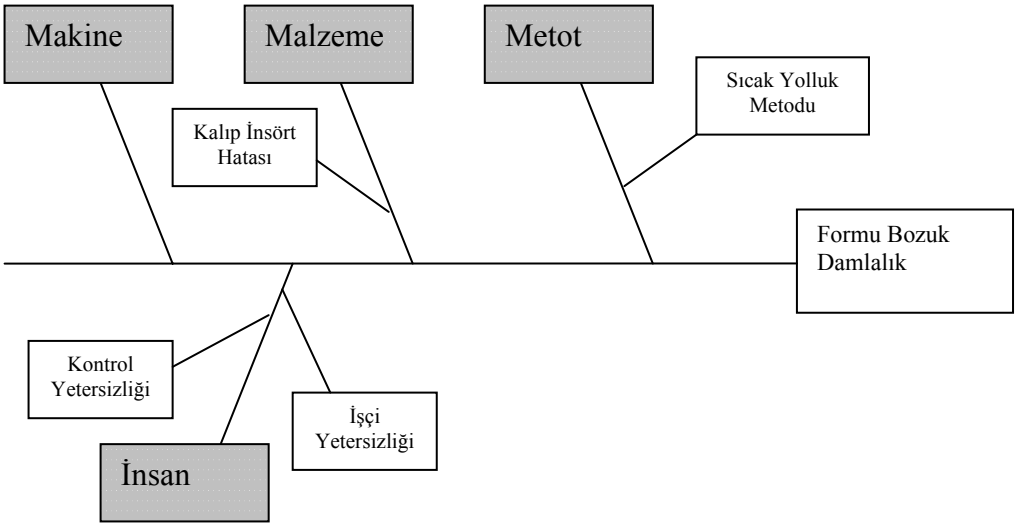
Hatanın Oluştuğu Bölüm	**Hata Türü**	**Hata Etkileri**
Yassı Damlalık Üretim Prosesi	Formu Bozuk Damlalık	Formu bozuk damlalık üretilmesi ve bu damlalıkların yassı damla sulama borusu üretim hattında kullanılması sonucu boru hattında kopmaların meydana gelmesi ve üretim kaybı ile fire artışının ortaya çıkması.
	Damlalık Filtre Hatası	Üretilen damlalıklarda oluşabilecek filtre hatası sonucu üretilen yassı damla sulama borularının kalite planında belirtilen debi standartlarının dışına çıkması ve bu sayede hatalı boru üretimi yapılması
	Yağlı Damlalık	Damlalıkların üretim esnasında yağlanması sonucu bu damlalıkların damla sulama borularında kullanılması sonucu damlalıkların boruya iyi yapışmaması ve borularda kalite planında belirtilen debi standartlarının dışına çıkılması ve bu sayede hatalı boru üretimi yapılması
Yuvarlak Damlalık Üretim Prosesi	Filitre tıkanması	Üretilen damlalıklarda oluşabilecek filtre tıkanması sonucu üretilen yassı damla sulama borularının kalite planında belirtilen debi standartlarının dışına çıkması ve bu sayede hatalı boru üretimi yapılması
	Formu Bozuk Damlalık	Formu bozuk damlalık üretilmesi ve bu damlalıkların yuvarlak damla sulama borusu üretim hattında kullanılması sonucu boru hattında kopmaların meydana gelmesi ve üretim kaybı ile fire artışının ortaya çıkması.
Yassı Damla Sulama Üretim Prosesi	Damlalık Yapışmaması	Damlalıkların yapışmaması sonucu borularda debi hatasının oluşması ve bu hataların müşteriye ulaşması sonucu damla sulama borularının kullanım amacı olan su tasarrufu ve bitkilerde dengesiz sulama sonucu oluşan verim kayıpları
	Vakum Çap Hatası	Damla sulama borusu üretim prosesi kalite planında belirtilen boru çapı standartlarının dışında boru üretilmesi sonucu borularda debi hatasının oluşması ve bu hataların müşteriye ulaşması sonucu damla sulama borularının kullanım amacı olan su tasarrufu ve bitkilerde dengesiz sulama sonucu oluşan verim kayıpları
	Delik Kayması	Damla sulama borularında damlamanın sağlandığı deliğin uygun yerde açılmaması sonucu damlamanın sağlıklı olmaması ve boruların kullanım amacını yerine getirememesi
	Akış Debisi Hatası	Damla sulama borularında oluşabilecek debi hatası sonucu bitkilere gereğinden çok su verilmesi veya az su verilmesi sonucu bitkilerde verim kaybının yaşanması
Yuvarlak Damla Sulama Üretim Prosesi	Akış Debisi Hatası	Damla sulama borularında oluşabilecek debi hatası sonucu bitkilere gereğinden çok su verilmesi veya az su verilmesi sonucu bitkilerde verim kaybının yaşanması
	Vakum Çap Hatası	Damla sulama borusu üretim prosesi kalite planında belirtilen boru çapı standartlarının dışında boru üretilmesi sonucu borularda debi hatasının oluşması ve bu hataların müşteriye ulaşması sonucu damla sulama borularının kullanım amacı olan su tasarrufu ve bitkilerde dengesiz sulama sonucu oluşan verim kayıpları

Olası hata nedenlerinin belirlenmesi

Çalışmamızda tespit edilen olası hata türlerinin nedenlerinin belirlenmesinde ekip üyelerinin görüşleri alınarak sebep sonuç (balık kılçığı) diyagramlarından faydalanılmıştır.

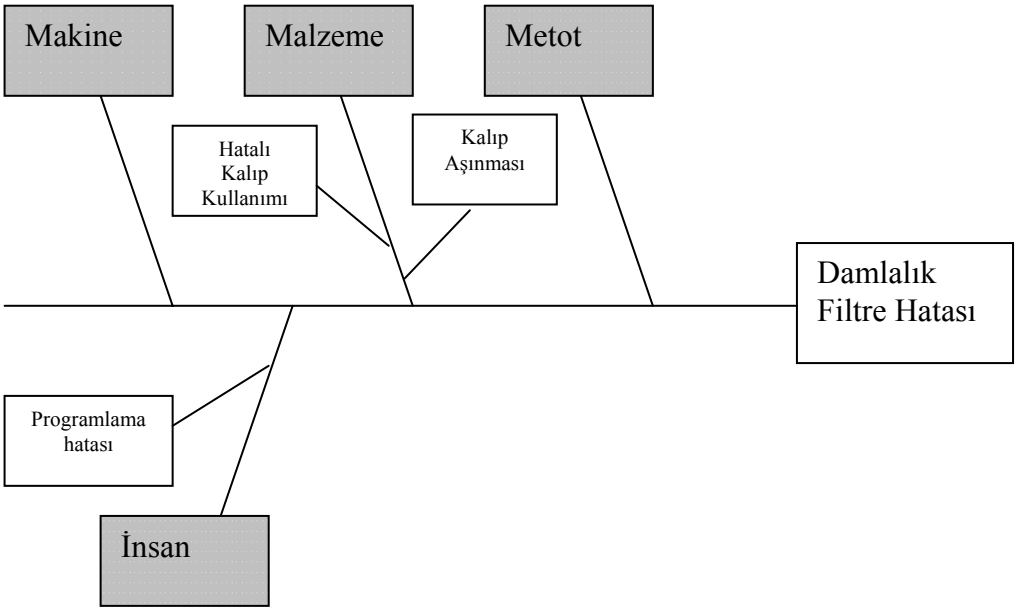
a) Yassı damlalıklarda olası hatalar için sebep sonuç diyagramları

Formu bozuk damlalık hata nedenleri



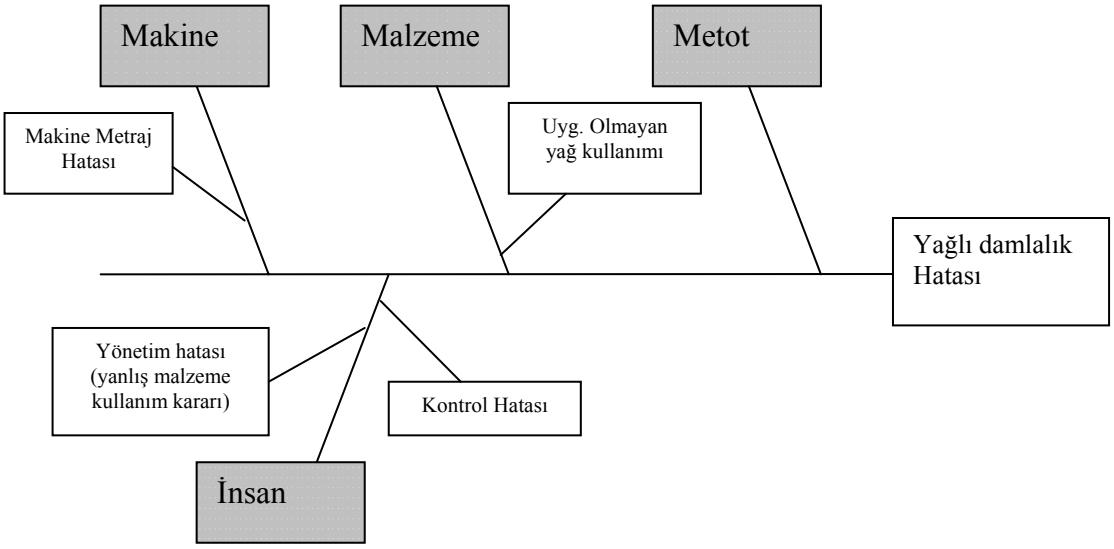
Şekil 4.1. Yassı damlalıklarda formu bozuk damlalık hata nedenleri balık kılçığı diyagramı

Damlalık filtre hatası hata nedenleri



Şekil 4.2. Yassı damlalıklarda damlalık filtre hatası hata nedenleri balık kılçığı diyagramı

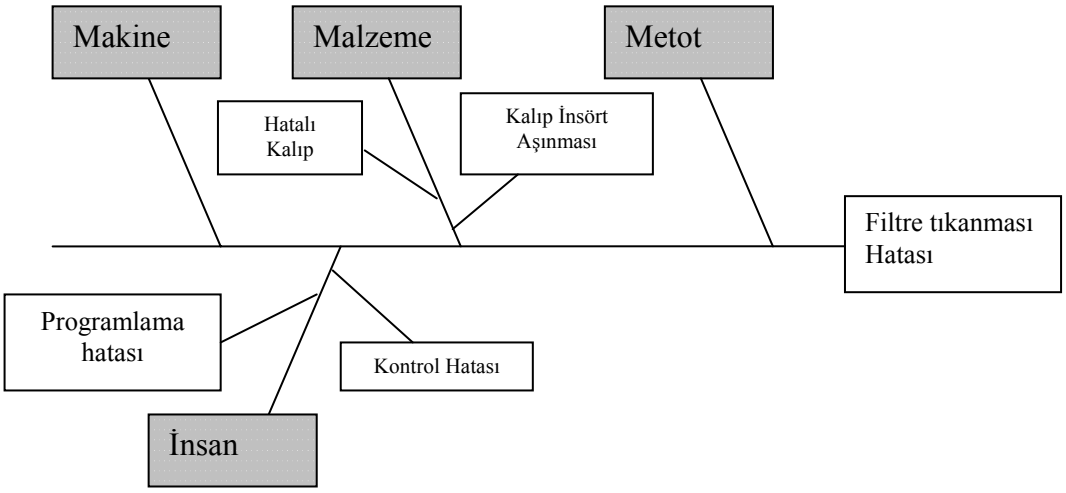
Yağlı damlalık hata nedenleri



Şekil 4.3. Yassı damlalıklarda yağlı damlalık hata nedenleri balık kılçığı diyagramı

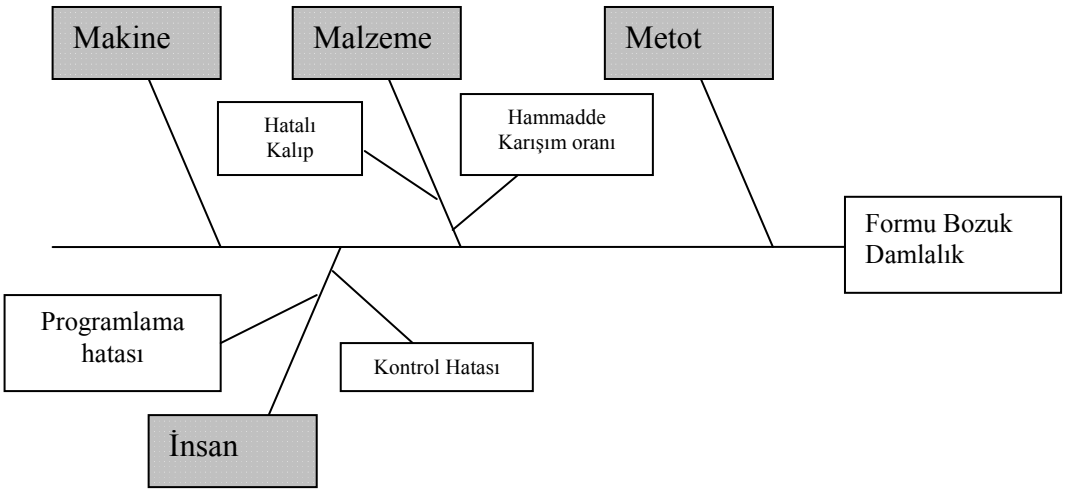
b) Yuvarlak damla sulama borularında olası hatalar için sebep sonuç diyagramları

Filtre tıkanması hatası



Şekil 4.4. Yuvarlak damlalıklarda filtre tıkanması hata nedenleri balık kılçığı diyagramı

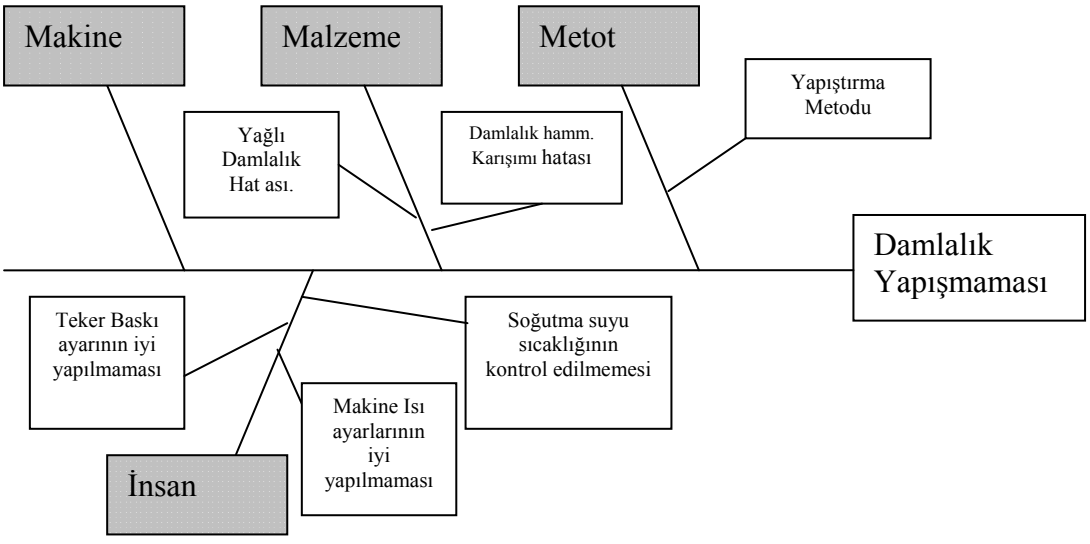
Formu bozuk damlalık hatası



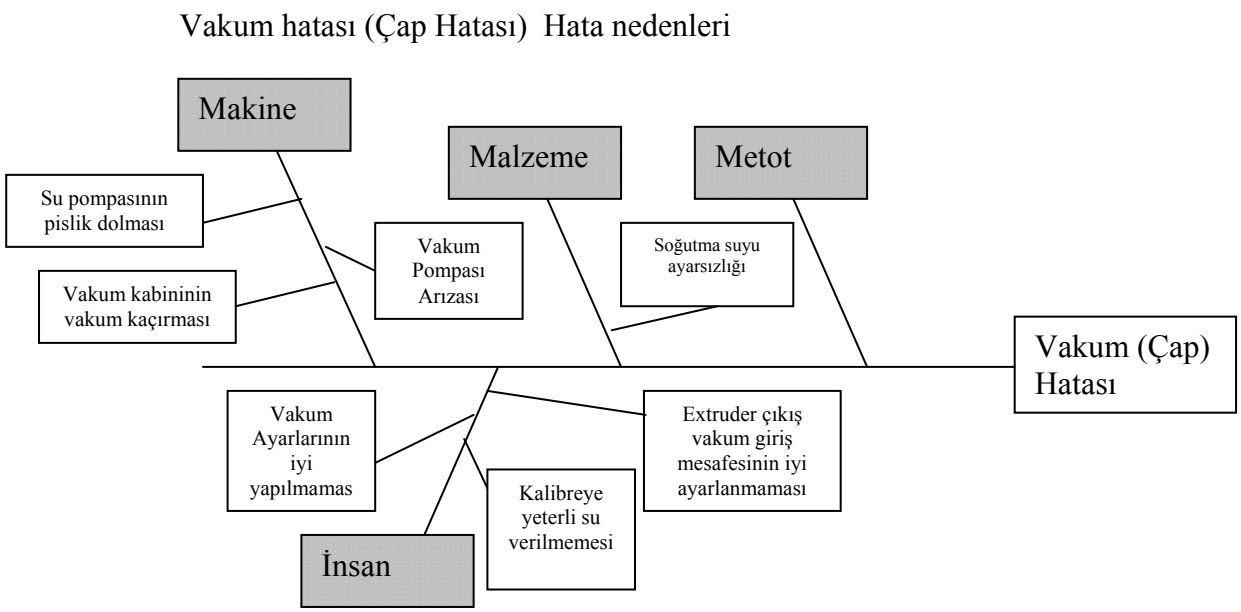
Şekil 4.5. Yuvarlak damlalıklarda formu bozuk damlalık hata nedenleri balık kılçığı diyagramı

c) Yassı damla sulama borularında olası hatalar için sebep sonuç diyagramları

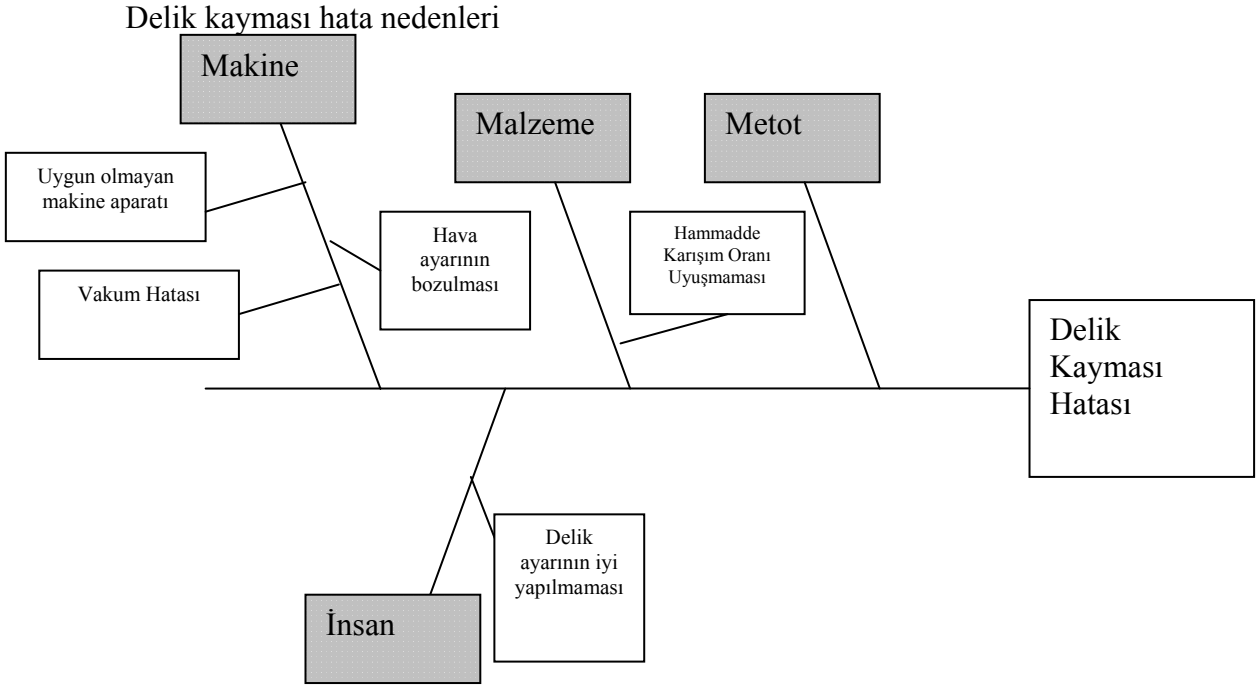
Damlalık Yapışmaması Hata nedenleri



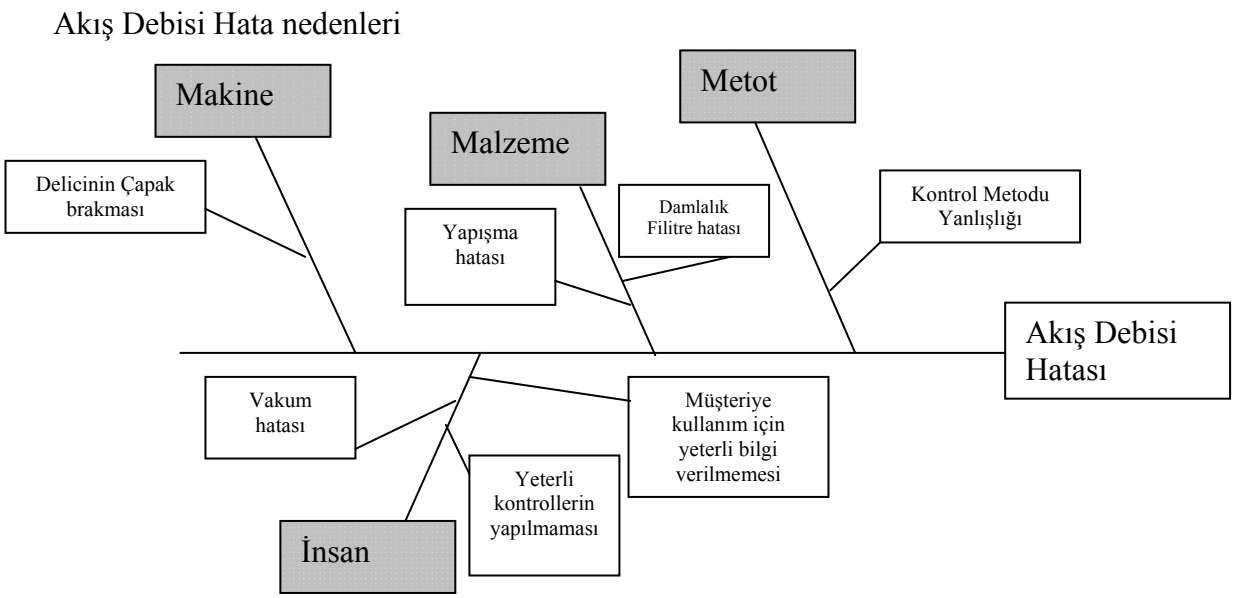
Şekil 4.6. Yassı damla sulama borularında damlalık yapışmaması hata nedenleri balık kılçığı diyagramı



Şekil 4.7. Yassı damla sulama borularında Vakum (çap) hatası hata nedenleri balık kılçığı diyagramı

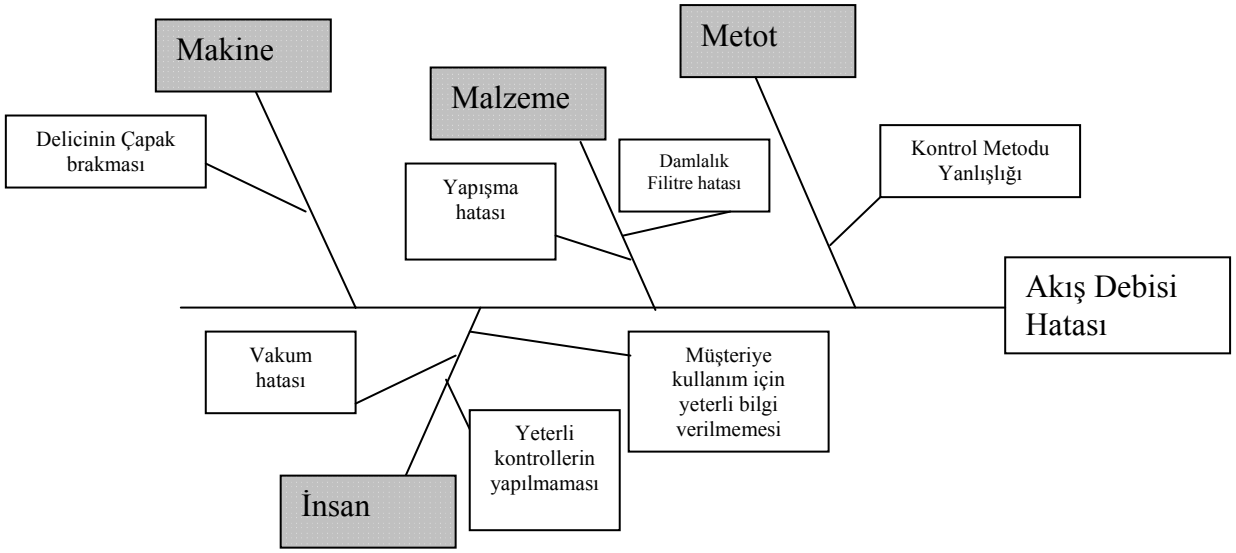


Şekil 4.8. Yassı damla sulama borularında delik kayması hata nedenleri balık kılçığı diyagramı



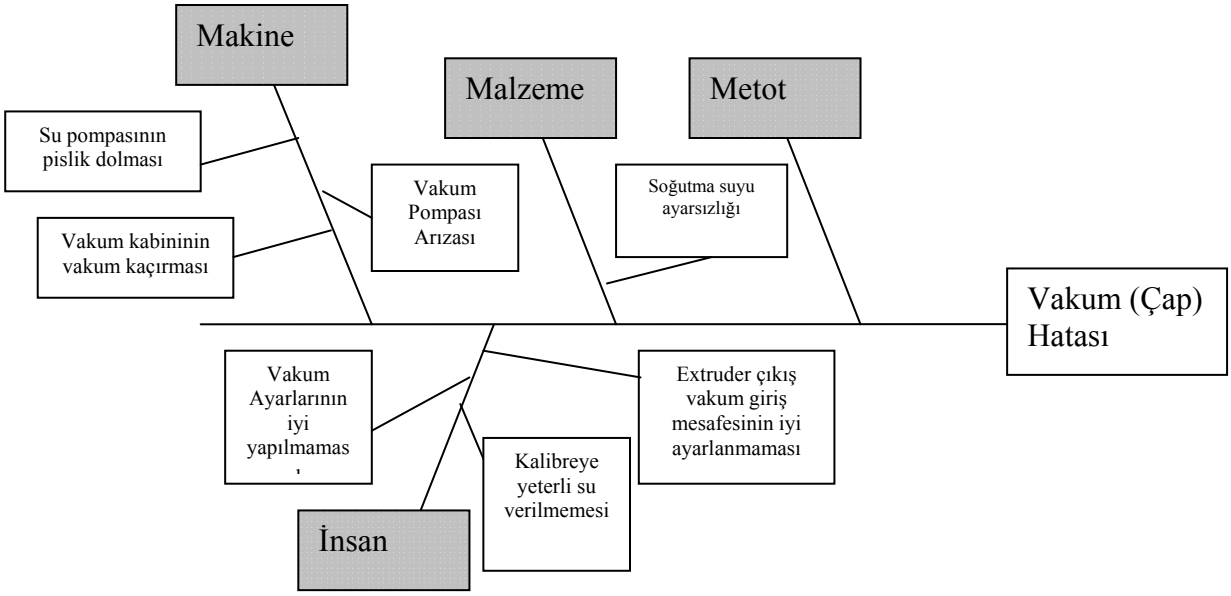
Şekil 4.9. Yassı damla sulama borularında akış debisi hata nedenleri balık kılçığı diyagramı

d) Yuvarlak damla sulama borularında olası hatalar için sebep sonuç diyagramları



Şekil 4.10. Yuvarlak damla sulama borularında akış debisi hata nedenleri balık kılçığı diyagramı

Vakum (Çap) Hatası Hata nedenleri



Şekil 4.11. Yuvarlak damla sulama borularında Vakum (Çap) Hatası hata nedenleri balık kılçığı diyagramı

Mevcut kontrollerin belirlenmesi

İşletmede hataların tespit edilebilmesi amacı ile yapılan kontroller aşağıda belirtilmiştir.

a) Yassı damlalık üretiminde yapılan mevcut kontroller

Yukarıda nedenleri belirlenen olası hata türlerinin proses aşamasında tespit edilebilmesi için aşağıdaki kontrol yöntemleri kullanılmaktadır.

Tablo 4.10. Yassı damlalıklarda hata türü saptama yöntemleri tablosu

Olası Hata Türü Saptama Yöntemleri Tablosu			
Olası Hata Türleri	**Formu Bozuk Damlalık**	**Damlalık Filtre Hatası**	**Yağlı Damlalık**
Kontrol Yöntemleri	Gözle Kontrol	Gözle Kontrol	Gözle Kontrol
	Elle Kontrol	--	Elle Kontrol

b) Yuvarlak damlalık üretiminde yapılan mevcut kontroller

Yukarıda nedenleri belirlenen olası hata türlerinin proses aşamasında tespit edilebilmesi için aşağıdaki kontrol yöntemleri kullanılmaktadır.

Tablo 4.11. Yuvarlak damlalıklarda hata türü saptama yöntemleri tablosu

Olası Hata Türü Saptama Yöntemleri Tablosu		
Olası Hata Türleri	**Filitre tıkanması hatası**	**Formu bozuk damlalık**
Kontrol Yöntemleri	Gözle Kontrol	Gözle kontrol
	--	Elle Kontrol

c) Yassı Damla Sulama boru üretiminde yapılan mevcut kontroller

Yukarıda nedenleri belirlenen olası hata türlerinin proses aşamasında tespit edilebilmesi için aşağıdaki kontrol yöntemleri kullanılmaktadır.

Tablo 4.12. Yassı damla sulama borularında hata türü saptama yöntemleri tablosu

Olası Hata Türü Saptama Yöntemleri Tablosu				
Olası Hata Türleri	**Damlalık Yapışmaması**	**Vakum Hatası**	**Delik Kayması**	**Akış Debisi Hatası**
Kontrol Yöntemleri	Gözle Kontrol	Çap kontrol çubuğu ile kontrol	Gözle Kontrol	Akış debisi kontrol cihazı
	Elle Kontrol	--	Bilgisayarlı makine ile kontrol	--
	Akış Debisi Kontrolü	--	--	--

d) Yuvarlak damla sulama boru üretiminde yapılan mevcut kontroller

Yukarıda nedenleri belirlenen olası hata türlerinin proses aşamasında tespit edilebilmesi için aşağıdaki kontrol yöntemleri kullanılmaktadır.

Tablo 4.13. Yuvarlak damla sulama borularında hata türü saptama yöntemleri tablosu

Olası Hata Türü Saptama Yöntemleri Tablosu		
Olası Hata Türleri	**Akış Debisi Hatası**	**Vakum Hatası**
Kontrol Yöntemleri	Akış debisi kontrol cihazı	Çap kontrol çubuğu ile kontrol

Hata türlerinin değerlendirilmesi

Hata türleri değerlendirilirken her hata türü için aşağıdaki parametreler belirlenmiştir.

- Ortaya çıkma değerleri,
- Ağırlık değerleri,
- Saptama değerleri,
- Risk öncelik sayısı,

Ortaya çıkma değerlerinin belirlenmesi

Tablo 3.2 deki skalada da görüldüğü gibi olası hata türlerinin ortaya çıkma ihtimalleri sayısal değerlerin sözel değerlere karşılık getirilmesi ile 1'den 10'a kadar derecelendirilmiştir.

Bu skalaya göre olası hata türlerinin ortaya çıkma değerleri ekip üyelerinin oyları ile aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

a) Yassı damlalık üretimindeki olası hataların ortaya çıkma olasılık değerleri

Tablo 4.14. Yassı damlalıklarda olası hata türü ortaya çıkma değerleri tablosu

Olası Hata Türleri Ortaya Çıkma Değerleri			
Ekip Üyeleri Dereceleri	Formu bozuk damlalık hatası	Damlalık filtre hatası	Yağlı damlalık hatası
1. Üye	8	1	4
2. Üye	8	1	2
3. Üye	8	1	3
4. Üye	7	3	4
5. Üye	9	1	3
6. Üye	8	1	2
7. Üye	8	3	2
8. Üye	5	5	5
TOPLAM	**61**	**15**	**20**
ORTALAMA	**7,62**	**1.87**	**2.5**

b) Yuvarlak damlalık üretimindeki olası hataların ortaya çıkma olasılık değerleri

Tablo 4.15. Yuvarlak damlalıklarda olası hata türü ortay çıkma değerleri tablosu

Olası Hata Türleri Ortaya Çıkma Değerleri		
Ekip Üyeleri Dereceleri	Filitre tıkanması hatası	Formu bozuk damlalık
1. Üye	1	2
2. Üye	1	2
3. Üye	1	2
4. Üye	2	2
5. Üye	2	3
6. Üye	2	2
7. Üye	1	2
8. Üye	2	3
TOPLAM	**12**	**18**
ORTALAMA	**1,5**	**2.25**

c) Yassı damla sulama borusu üretimindeki olası hataların ortaya çıkma olasılık değerleri

Tablo 4.16. Yassı damla sulama borularında olası hata türü ortay çıkma değerleri tablosu

Olası Hata Türleri Ortaya Çıkma Değerleri				
Ekip Üyeleri Dereceleri	Damlalık Yapışmaması	Vakum Hatası	Delik Kayması Hatası	Akış Debisi Hatası
1. Üye	4	1	4	1
2. Üye	1	3	4	1
3. Üye	3	2	4	2
4. Üye	4	1	4	2
5. Üye	2	7	7	4
6. Üye	5	1	2	5
7. Üye	3	1	5	2
8. Üye	4	3	4	5
TOPLAM	**26**	**19**	**34**	**22**
ORTALAMA	**3.25**	**2.37**	**4.25**	**2.75**

d) Yuvarlak damla sulama borusu üretimindeki olası hataların ortaya çıkma olasılık değerleri

Tablo 4.17. Yuvarlak damla sulama borularında olası hata türü ortay çıkma değerleri tablosu

Olası Hata Türleri Ortaya Çıkma Değerleri		
Ekip Üyeleri Dereceleri	**Akış Debisi Hatası**	**Vakum Hatası**
1. Üye	3	4
2. Üye	4	5
3. Üye	3	3
4. Üye	5	6
5. Üye	2	4
6. Üye	4	5
7. Üye	3	4
8. Üye	5	6
TOPLAM	**29**	**37**
ORTALAMA	**3.62**	**4.62**

Ağırlık değerlerinin belirlenmesi

Olası hata türlerinin müşteriye etkileri Tablo 3.3 deki skala kullanılarak belirlenmiştir. Burada müşteri olarak tüm üretim prosesi içerisinde yassı damlalıkların kullanıldığı yassı damla sulama borusu üretim hattı kabul edilmiştir. Yassı damlalıklarda oluşabilecek hataların boru üretim hattını nasıl ve hangi şiddetle etkileyebileceği aşağıdaki skalaya göre ekip üyeleri tarafından derecelendirerek belirlenmiştir.

a) Yassı damlalıklarda olası hata türlerinin ağırlık dereceleri

Tablo 4.18 Yassı damlalıklarda olası hata türleri ağırlık dereceleri tablosu

Olası Hata Türleri Ağırlık Dereceleri			
Ekip Üyeleri Dereceleri	Formu bozuk damlalık hatası	Damlalık filtre hatası	Yağlı damlalık hatası
1. Üye	10	1	5
2. Üye	10	1	3
3. Üye	10	1	10
4. Üye	10	1	3
5. Üye	10	1	6
6. Üye	10	1	6
7. Üye	10	1	2
8. Üye	10	1	3
TOPLAM	**80**	**8**	**38**
ORTALAMA	**10**	**1**	**4.75**

b) Yuvarlak damlalıklarda olası hata türlerinin ağırlık dereceleri

Tablo 4.19 Yuvarlak damlalıklarda olası hata türleri ağırlık dereceleri tablosu

Olası Hata Türleri Ağırlık Dereceleri		
Ekip Üyeleri Dereceleri	Filitre tıkanması hatası	Formu bozuk damlalık
1. Üye	10	10
2. Üye	10	10
3. Üye	10	10
4. Üye	10	10
5. Üye	10	10
6. Üye	10	10
7. Üye	10	10
8. Üye	10	10
TOPLAM	**80**	**80**
ORTALAMA	**10**	**10**

c) Yassı damla sulama borularında olası hata türlerinin ağırlık dereceleri

Tablo 4.20. Yassı damla sulama borularında olası hata türleri ağırlık dereceleri tablosu

Olası Hata Türleri Ağırlık Dereceleri				
Ekip Üyeleri Dereceleri	Damlalık Yapışmaması	Vakum Hatası	Delik Kayması Hatası	Akış Debisi Hatası
1. Üye	10	2	10	5
2. Üye	10	10	10	6
3. Üye	6	4	8	7
4. Üye	10	10	10	4
5. Üye	7	10	10	1
6. Üye	9	10	8	5
7. Üye	9	10	10	4
8. Üye	8	9	9	6
TOPLAM	**69**	**65**	**75**	**38**
ORTALAMA	**8.62**	**8.12**	**9.37**	**4.75**

d) Yuvarlak damla sulama borularında olası hata türlerinin ağırlık dereceleri

Tablo 4.21. Yuvarlak damla sulama olası hata türleri ağırlık dereceleri tablosu

Olası Hata Türleri Ağırlık Dereceleri		
Ekip Üyeleri Dereceleri	**Akış Debisi Hatası**	**Vakum Hatası**
1. Üye	5	8
2. Üye	7	10
3. Üye	7	6
4. Üye	4	10
5. Üye	2	9
6. Üye	5	10
7. Üye	6	8
8. Üye	6	9
TOPLAM	**42**	**70**
ORTALAMA	**5.25**	**8.75**

Saptama değerinin belirlenmesi

Çalışmamızda ekip üyeleri tarafından Tablo 3.4 deki skalaya göre belirlenen saptama değerleri aşağıdaki gibidir.

a) Yassı damlalıklarda olası hata türlerinin saptanabilirlik dereceleri

Tablo 4.22. Yassı damlalıklarda olası hata türleri saptanabilirlik dereceleri

Olası Hata Türlerinin Saptanabilirlik Dereceleri			
Ekip Üyeleri Dereceleri	Formu bozuk damlalık hatası	Damlalık filtre hatası	Yağlı damlalık hatası
1. Üye	4	1	10
2. Üye	4	5	5
3. Üye	4	10	10
4. Üye	5	2	7
5. Üye	4	5	1
6. Üye	4	5	5
7. Üye	5	2	10
8. Üye	5	10	1
TOPLAM	**35**	**40**	**58**
ORTALAMA	**4.37**	**5**	**7.25**

b)Yuvarlak damlalıklarda olası hata türlerinin saptanabilirlik dereceleri

Tablo 4.23. Yuvarlak damlalıklarda olası hata türleri saptanabilirlik dereceleri

Olası Hata Türlerinin Saptanabilirlik Dereceleri		
Ekip Üyeleri Dereceleri	Filitre tıkanması hatası	Formu bozuk damlalık
1. Üye	1	3
2. Üye	2	3
3. Üye	1	2
4. Üye	3	3
5. Üye	5	4
6. Üye	2	2
7. Üye	1	3
8. Üye	2	2
TOPLAM	**17**	**22**
ORTALAMA	**2.12**	**2.75**

c)Yassı damla sulama borularında olası hata türlerinin saptanabilirlik dereceleri

Tablo 4.24. Yassı damla sulama borularında olası hata türleri saptanabilirlik dereceleri

Olası Hata Türlerinin Saptanabilirlik Dereceleri				
Ekip Üyeleri Dereceleri	Damlalık Yapışmama Hatası	Vakum (Çap) Hatası	Delik Kayması Hatası	Akış Debisi Hatası
1. Üye	1	1	1	1
2. Üye	1	1	1	1
3. Üye	1	2	1	2
4. Üye	1	1	1	1
5. Üye	3	2	2	3
6. Üye	1	2	1	3
7. Üye	2	1	2	2
8. Üye	2	2	3	5
TOPLAM	**12**	**12**	**12**	**18**
ORTALAMA	**1.15**	**1.15**	**1.15**	**2.25**

d)Yuvarlak damla sulama borularında olası hata türlerinin saptanabilirlik dereceleri

Tablo 4.25. Yuvarlak damla sulama borularında olası hata türleri saptanabilirlik dereceleri

Olası Hata Türlerinin Saptanabilirlik Dereceleri		
Ekip Üyeleri Dereceleri	**Akış Debisi Hatası**	**Vakum Hatası**
1. Üye	1	1
2. Üye	1	1
3. Üye	2	2
4. Üye	1	1
5. Üye	3	2
6. Üye	3	2
7. Üye	2	1
8. Üye	5	2
TOPLAM	**18**	**12**
ORTALAMA	**2.25**	**1.5**

Risk öncelik sayılarının hesaplanması

Ekip üyeleri tarafından belirlenen ağırlık dereceleri, ortaya çıkma olasılıkları ve saptanabilirlik derecelerine göre hesaplanan RÖS değerleri hazırlanan HTEA formlarında belirtilmiştir. RÖS değerleri hesaplanırken aşağıdaki formül dikkate alınmıştır.

Risk Öncelik Sayısı (RÖS)=Ortaya Çıkma Değeri(O)XAğırlık Değeri(A)X Tepsi edilebilirlik değer(T)

Risk öncelik sayısının değerlendirilmesi

Tablo 4.26. RÖS değerleri tablosu

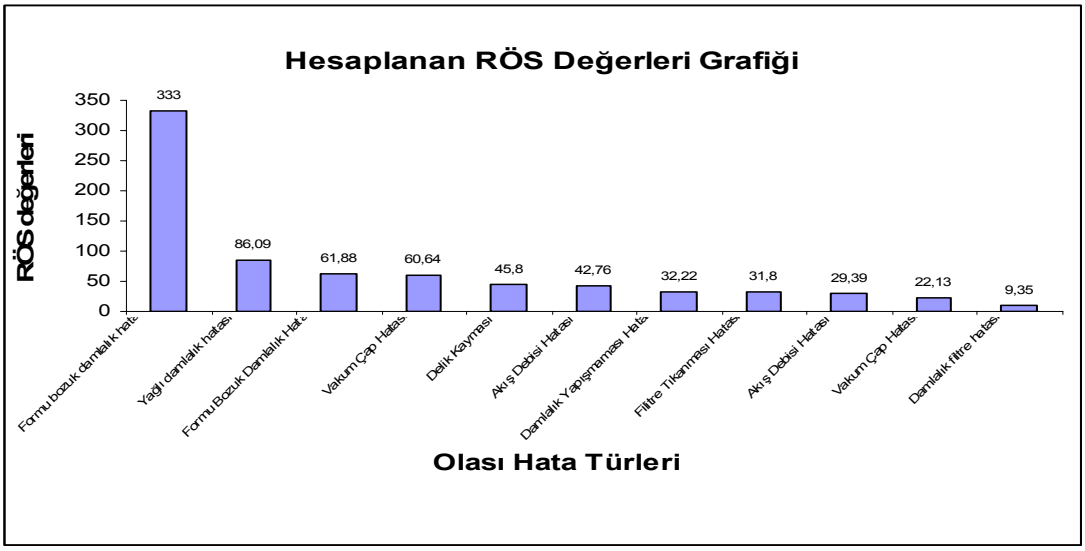
Proses	Olası Hata Türü	Hesaplanan RÖS Değerleri
Yassı Damlalık Üretim Prosesi	Formu bozuk damlalık hatası	333
	Damlalık filtre hatası	9,35
	Yağlı damlalık hatası	86,09
Yuvarlak Damlalık Üretim Prosesi	Filitre Tıkanması Hatası	31,8
	Formu Bozuk Damlalık Hatası	61,88
Yassı Damla Sulama Borusu Üretim Prosesi	Damlalık Yapışmaması Hatası	32,22
	Vakum Çap Hatası	22,13
	Delik Kayması	45,8
	Akış Debisi Hatası	29,39
Yuvarlak Damla Sulama Borusu Üretim Prosesi	Akış Debisi Hatası	42,76
	Vakum Çap Hatası	60,64

Önlem alınacak hata türlerinin belirlenmesi

Belirlenen hata olasılıkları, hata etkisi değerleri ve saptanabilirlik değerlerine göre hesaplanan RÖS değerleri Tablo 4.26'da verilmiştir. Hesaplanan RÖS değerlerinin sıralaması ve oranları Tablo 4.27'de tablo olarak Şekil 4.12'de grafik olarak görülmektedir.

Tablo 4.27. RÖS Değerlerinin sıralanması ve oranları

Proses	Olası Hata Türü	Hesaplanan RÖS Değerleri	RÖS Oranları	
Yassı Damlalık Üretim Prosesi	Formu bozuk damlalık hatası	333	44,10%	83,46%
Yassı Damlalık Üretim Prosesi	Yağlı damlalık hatası	86,09	11,40%	
Yuvarlak Damlalık Üretim Prosesi	Formu Bozuk Damlalık Hatası	61,88	8,20%	
Yuvarlak Damla Sulama Borusu Üretim Prosesi	Vakum Çap Hatası	60,64	8,03%	
Yassı Damla Sulama Borusu Üretim Prosesi	Delik Kayması	45,8	6,07%	
Yuvarlak Damla Sulama Borusu Üretim Prosesi	Akış Debisi Hatası	42,76	5,66%	
Yassı Damla Sulama Borusu Üretim Prosesi	Damlalık Yapışmaması Hatası	32,22	4,27%	16,54%
Yuvarlak Damlalık Üretim Prosesi	Filitre Tıkanması Hatası	31,8	4,21%	
Yassı Damla Sulama Borusu Üretim Prosesi	Akış Debisi Hatası	29,39	3,89%	
Yassı Damla Sulama Borusu Üretim Prosesi	Vakum Çap Hatası	22,13	2,93%	
Yassı Damlalık Üretim Prosesi	Damlalık filtre hatası	9,35	1,24%	



Şekil 4.12. Hesaplanan RÖS Değerleri Grafiği

Yaptığımız HTEA çalışmasında RÖS değerleri 40 ve üzerinde olan olası hata türleri için önlem alınmasının uygun olacağı Tablo 4.28'deki oranlardan ve HTEA ekibinin geçmiş tecrübelerinin doğrultusunda karar verilmiştir.

Buna göre önlem alınacak olası hata türleri ve RÖS değerleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 4.28. Önlem alınacak olası hata türleri tablosu

Proses	**Olası Hata Türü**	**Hesaplanan RÖS Değerleri**
Yassı Damlalık Üretim Prosesi	Yağlı damlalık hatası	86,09
	Formu Bozuk Damlalık Hatası	333
Yuvarlak Damlalık Üretim Prosesi	Formu Bozuk Damlalık Hatası	61,88
Yassı Damla Sulama Borusu Üretim Prosesi	Delik Kayması	45,8
Yuvarlak Damla Sulama Borusu Üretim Prosesi	Akış Debisi Hatası	42,76
	Vakum Çap Hatası	60,64

Önlemlerin uygulanması ve yeni RÖS değerlerinin hesaplanması

Önlem alınacak olası hata türleri belirlendikten sonra bu hata türleri için uygulanan önlemler HTEA formlarında belirtilmiştir.

Uygulanan önlemlerden sonra yeniden belirlenen ortaya çıkma değerleri ve saptanabilme değerleri Tablo 4.29'da gösterilmiştir.

Yeniden belirlenen ortaya çıkma ve saptanabilirlik değerlerine göre hesaplanan yeni RÖS değerleri Tablo 4.30'da gösterilmiştir.

Tablo 4.29. Yeniden belirlenen ortaya çıkma ve saptanabilirlik değerleri tablosu

Proses Adı	Yassı Damlalık Üretim Prosesi						Yuvarlak Damlalık Üretim Prosesi			Yassı damla Sulama Borusu Üretim Prosesi			Yuvarlak Damla Sulama Borusu Üretim Prosesi					
Olası Hata Türü	**Yağlı damlalık hatası**			**Formu Bozuk Damlalık Hatası**			**Formu Bozuk Damlalık Hatası**			**Delik Kayması**			**Akış Debisi Hatası**			**Vakum Çap Hatası**		
	Ortaya Çıkma Değerleri	**Ağırlık Değerleri**	**Tespit Edilebilirlik Değerleri**	**Ortaya Çıkma Değerleri**	**Ağırlık Değerleri**	**Tespit Edilebilirlik Değerleri**	**Ortaya Çıkma Değerleri**	**Ağırlık Değerleri**	**Tespit Edilebilirlik Değerleri**	**Ortaya Çıkma Değerleri**	**Ağırlık Değerleri**	**Tespit Edilebilirlik Değerleri**	**Ortaya Çıkma Değerleri**	**Ağırlık Değerleri**	**Tespit Edilebilirlik Değerleri**	**Ortaya Çıkma Değerleri**	**Ağırlık Değerleri**	**Tespit Edilebilirlik Değerleri**
1.Üye	2	5	6	6	10	2	1	10	3	3	10	1	2	5	1	3	8	1
2. Üye	1	3	3	5	10	3	2	10	3	2	10	1	3	7	1	4	10	1
3.Üye	2	10	5	5	10	4	1	10	1	3	8	1	1	7	2	3	6	2
4. Üye	2	3	4	5	10	3	2	10	3	4	10	1	3	4	1	4	10	1
5. Üye	2	6	1	6	10	2	2	10	2	5	10	2	1	2	2	4	9	1
6. Üye	1	6	4	6	10	3	2	10	1	2	8	1	4	5	2	3	10	2
7. Üye	1	2	6	5	10	4	2	10	2	4	10	1	3	6	2	2	8	1
8. Üye	3	3	1	3	10	4	2	10	2	3	9	2	4	6	3	4	9	1
Toplam	14	38	30	41	80	25	14	80	17	26	75	10	21	42	14	27	70	10
Ortalama	**1,75**	**4,75**	**3,75**	**5,13**	**10,00**	**3,13**	**1,75**	**10,00**	**2,13**	**3,25**	**9,38**	**1,25**	**2,63**	**5,25**	**1,75**	**3,38**	**8,75**	**1,25**

Tablo 4.30.Yeniden hesaplanan RÖS değerleri tablosu

Proses	**Olası Hata Türü**	**Hesaplanan Yeni RÖS Değerleri**
Yassı Damlalık Üretim Prosesi	Yağlı damlalık hatası	31,17
	Formu Bozuk Damlalık Hatası	160,57
Yuvarlak Damlalık Üretim Prosesi	Formu Bozuk Damlalık Hatası	37,19
Yassı Damla Sulama Borusu Üretim Prosesi	Delik Kayması	38,07
Yuvarlak Damla Sulama Borusu Üretim Prosesi	Akış Debisi Hatası	24,12
	Vakum Çap Hatası	36,91

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmada HTEA ekibi tarafından beyin fırtınası yöntemi ile yassı ve yuvarlak damla sulama borularının mamül ve yarımamül üretim proseslerinde oluşabilecek olası hata türleri ve bu hataların etkileri ortaya çıkarılarak, bu hataların meydana gelmeden önlenmesi için gerekli önleyici faaliyetler uygulanmaya çalışılmıştır. İncelenen üretim proseslerinden yassı damlalık üretim prosesinde 15 adet olası hata türü belirlenmiş, HTEA ekibi tarafından yapılan oylama sonucu bu hata türlerinden üç tanesinin önem derecesine göre RÖS değerlerinin hesaplanmasına karar verilmiştir. Yuvarlak damlalık üretim prosesinde toplam yedi adet olası hata türü belirlenmiş yapılan oylama sonucu bu hata türlerinden iki tanesinin önem derecesine göre RÖS değerlerinin hesaplanmasına karar verilmiştir. Yassı damla sulama borusu üretim prosesinde toplam 15 adet olası hata türü belirlenmiş yapılan oylama sonucu bu hata türlerinden dört tanesinin önem derecesine göre RÖS değerlerinin hesaplanmasına karar verilmiştir. Son olarak yuvarlak damla sulama borusu üretim prosesinde toplam 12 adet olası hata türü belirlenmiş yapılan oylama sonucu bu hata türlerinden iki tanesinin önem derecesine göre RÖS değerlerinin hesaplanmasına karar verilmiştir.

Çalışmada toplam olarak 11 adet olası hata türünün RÖS değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan RÖS değerleri içerisinde RÖS değeri 40 ve yukarı olan olası hata türleri için önleyici faaliyetlerin başlatılmasına karar verilmiştir. Bu karar verilirken hem ekip üyelerinin tecrübelerine dayanarak belirtmiş olduğu fikirler hem de Tablo 4.27 ile Şekil 4.12 göz önüne alınmıştır. Belirlenen bu hata türleri Tablo 4.28 de gösterilmiştir.

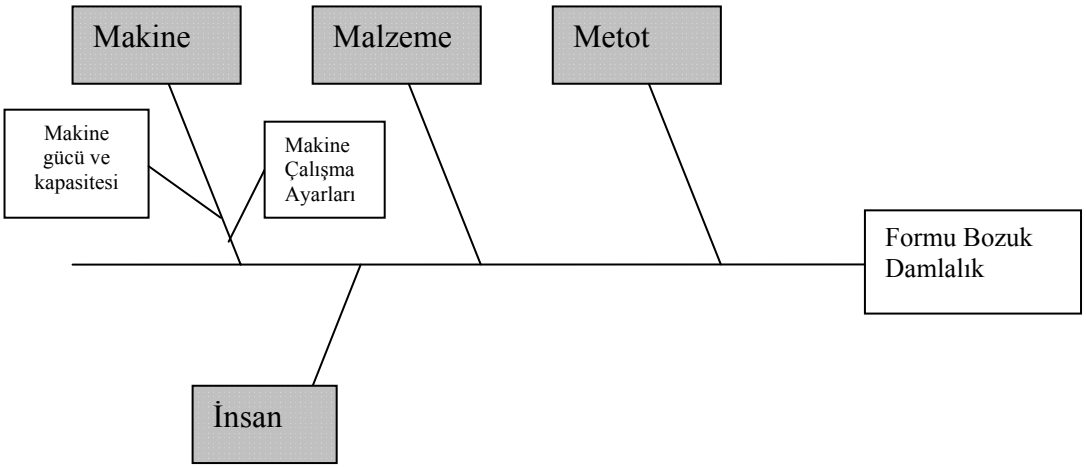
Hesaplanan RÖS değerlerine göre yassı damlalıklarda ortaya çıkabilecek olası hatalar, 333 RÖS değeri ile formu bozuk damlalık hatası ve 86,09 RÖS değeri ile yağlı damlalık hatasıdır. Formu bozuk damlalık hatası RÖS değeri hesaplanan hata türleri içerisinde en büyük RÖS değerine sahip olanıdır. RÖS değerinin yüksek çıkmasının en önemli nedeni ise bu hata türünün şiddetinin maksimum değerde olduğundan kaynaklanmaktadır. Bu sebeple alınacak önlemler arasında ilk öncelik verilecek hata, formu bozuk damlalık hatası olmuştur.

Yuvarlak damlalık üretim prosesinde ortaya çıkabilecek hata türleri arasında da yassı damlalıklarda olduğu gibi formu bozuk damlalık hatasının RÖS değeri 61,88 dir. RÖS değerinin diğer hata türlerine göre yüksek çıkmasındaki en büyük etken bu hatanın şiddetinin de maksimum seviyede olmasıdır.

Bu iki üretim prosesinde aynı tür hatanın RÖS değerlerinin yüksek çıkması, formu bozuk damlalık hatasını bütün damla sulama borusu üretim proseslerini etkilediği anlamına gelmektedir. Yani damla sulama borusu üretim proseslerinin damlalık üretim proseslerinin birer müşterisi olarak kabul edilecek olursa, damlalık üretim proseslerinde oluşabilecek formu bozuk damlalık hatası üretimi önemli derecede etkileyebilecek hatalar olarak görülebilmektedir.. Bu sebeple öncelik olarak damlalık üretim proseslerinde oluşabilecek hatalardan başlamak üzere RÖS değeri 40'ın üzerinde olan hata türleri için gerekli önlem alınmıştır.

RÖS değeri en yüksek (333) olan yassı damlalık üretim prosesinde ortaya çıkabilecek formu bozuk damlalık hatasının RÖS değerini düşürebilmek için hata olasılığını (hatanın ortaya çıkma derecesini) ve hatanın tespit edilebilirlik değerinin düşürülmesine karar verilmiştir. Çünkü olası hatanın etkisi hata ortaya çıktığı anda yine aynı olacaktır. Hata olasılığı değerini düşürebilmek için mevcut imkânlarda kalıp maçalarının (insörtlerinin) için yedekler yaptırılarak her hafta başlangıcında çalışan maçalar (insörtler) yedekleri ile değiştirilerek çıkan insörtlere haftalık bakımlar ve gerekli tadilatlar yapılmaya başlamıştır. Tespit edilebilirlik değerini düşürebilmek için ise, kalite planlarında değişikliğe gidilerek kontroller sıklaştırılmıştır. Mevcut imkanların dışında kontrolleri artırabilmek için yeni personel istihdamı sağlanmış ve her iki makineyi bir operatörün kontrol etmesi sağlanarak, olası hatanın tespit edilebilirlik değerinin düşürülmesine çalışılmıştır. Bu çalışmaların ardından HTEA ekibi yeniden toplanarak alınan önlemler sonucunda yeni RÖS değerlerinin oluşturulması için yeni hata olasılıklarını ve yeni tespit edilebilirlik değerlerini belirlemiştir. Bu toplantı sonucunda elde edilen olasılık ve tespit edilebilirlik değerleri ile yeniden hesaplanan RÖS değeri 160,57 olarak belirlenmiştir. Hesaplanan yeni RÖS değeri, hatanın ortaya çıkma olasılığının düşürülmesi ve tespit edilebilirlik olasılığının artırılabilmesi alınan önlemlerin istenen düzeyde olmadığını göstermektedir. Yapılan çalışmanın amacına ulaşabilmesi için RÖS değerinin 40'ın altında olması gerekmektedir. İstenilen RÖS

değerini elde edebilmek için HTEA ekibi yeni oturumlarla hata olasılığı için yeni bir beyin fırtınası çalışması yapmıştır. Fakat bu çalışmadan önce HTEA ekibinin bünyesinde değişiklikler meydana gelmiştir. İşten ayrılan üretim şefinin yerine Fabrika Müdürü dâhil edilmiştir. Yenilenen HTEA ekibi ile yapılan toplantılarda daha önce belirlenmiş olası hata nedenlerinden başka, aşağıda sebep-sonuç diyagramında belirtilen hata nedenleri belirlenmiştir. Belirlenen yeni olası hata nedenleri Şekil 5.1'deki sebep sonuç diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Yassı damlalıklarda yeniden belirlenen olası hatalar için sebep sonuç diyagramları

Belirlenen bu olası hata nedenleri yapılacak olan yeni enjeksiyon makine alımlarını teknik açıdan değişikliğe uğratmıştır. Bu doğrultuda yassı damlalık üretimi için alınacak olan yeni makineler mevcut makinelerden farklı olarak çalışma prensibi makasla itmeli olanlar yerine, daha yüksek maliyetli olmasına rağmen pistonla itmeli makineler tercih edilmiştir. Bu makineler, mevcut makinelere oranla daha seri ve daha hızlı çalışma niteliğine sahip makinelerdir. Bu makinelerin alınması ve kullanmaya başlanmasından sonra makine ayarlarında düzenlemeler yapılmıştır. Yani makine çevrim süreleri ve bu çevrim sürelerini etkileyen sıcaklık, açma kapama süreleri ve soğutma süreleri uygun değerlere ayarlanarak ve standart hale getirilmiştir. Ayrıca enjeksiyon makinelerinde kullanılan soğutma suyunun sıcaklık ayarlarının yapıldığı su soğutma makinelerinde de yeni yatırımlar yapılarak boru

hatlarında kullanılan soğutma suyunun sıcaklıklarının ayarlandığı su soğutma makineleri ortak kullanımdan çıkarılmıştır. Yani enjeksiyon makineleri ve boru hatlarında ayrı ayrı su soğutma cihazları kullanılmaya başlanmıştır.

Bütün alınan bu önlemler dışında formu bozuk damlalıkların tespit edilebilirlik olasılığını artırmak için yeni alınacak olan yassı damla sulama boru üretim hattında son teknolojiye yatırım yapılarak, damlalıkların üretim prosesine girdiği noktada kullanılan damlalık havuzlarında hatalı damlalığı ayırt ederek proses dışına iten sistem tercih edilmiştir. Bu sayede düşük olasılıkla dahi üretilerek yapılan kontrollerden kaçarak bir sonraki üretim prosesine ulaşan hatalı damlalıklar, boru üretimine girmeden tespit edilerek kullanımının önlenmesi amaçlanmıştır.

Yapılan bu yatırımlardaki revizyonlar gerçekleştirilerek formu bozuk yassı damlalık hatası için hata olasılığı ve tespit edilebilirlik değerlerinin düşürülmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmalar yapıldıktan sonra HTEA ekibi tarafından belirlenen yeni hata olasılıkları ve tespit edilebilirlik değerleri ile bu değerlerle hesaplanan yeni RÖS değeri Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Yassı damlalıklarda yeniden belirlenen olası hata türü ortaya çıkma değerleri, tespit edilebilirlik değerleri ve RÖS değeri tablosu

Proses Adı	Yassı Damlalık Üretim Prosesi			
Olası Hata Türü	**Formu Bozuk Damlalık Hatası**			
	Ortaya Çıkma Değerleri	**Hata etkisi**	**Tespit Edilebilirlik Değerleri**	**RÖS**
1.Üye	2	10	2	
2. Üye	1	10	2	
3.Üye	3	10	1	
4. Üye	1	10	2	
5. Üye	2	10	2	
6. Üye	3	10	1	
7. Üye	2	10	2	
8. Üye	2	10	2	
Toplam	16	80	14	
Ortalama	**2,00**	**10,00**	**1,75**	**35**

Yassı damlalık üretim prosesinde tespit edilen olası hata türlerinden RÖS değeri 40'ın üzerinde ola hata türü yağlı damlalık hatası ortaya çıkma olasılığını düşürebilmek olası hata nedenlerini ortadan kaldırabilmek için uygun olmayan malzeme (makine yağı) kullanımı yönetim kararı ile değiştirilerek daha kaliteli yağ kullanımına başlanmıştır. Ayrıca hatanın tespit edilebilirlik olasılığını artırmak için kalite planlarında değişiklik yapılarak her 250 baskıda bir numune alınması ile kontrollerin artırılması sağlanmıştır. Alınan bu tedbirler sonrasında yeniden belirlenen ortaya çıkma değerleri ve tespit edilebilirlik değerleri ile hesaplanan yeni RÖS değeri 40'ın altına düşürülerek hedefe ulaşılmıştır.

Yuvarlak damlalık üretim prosesinde tespit edilen olası hatalardan RÖS değeri 40'ın üzerinde olan akış debisi hatası ve vakum çap hatasının ortaya çıkma değerleri ve tespit edilebilirlik değerlerini düşürmek için hata nedenlerine göre gerekli önlemler alınarak RÖS değerlerinde hedefe ulaşılabilmiştir.

Yassı damla sulama borusu ve yuvarlak damla sulama borusu üretim proseslerinde belirlenen olası hata türlerinden RÖS değeri 40'ın üzerinde olan hata türleri için de gerekli önlemler alınarak RÖS değerlerinde hedeflenen rakamın altına düşülmüştür.

Damla sulama borusu ve damlalık üretim proseslerinde 49 çeşit olası hata türü belirlenmiştir. Ekip üyeleri tarafından bu hata türlerinin 11 tanesinin incelenmesine karar verilmiştir. 11 çeşit hatanın RÖS değerleri belirlenerek altı tanesi için önleyici tedbirler alınarak RÖS değerlerinin hedeflenen değere çekilmesine çalışılmıştır. Alınan tedbirler ile altı çeşit hatadan beş tanesinin RÖS değeri ilk alınan önlemlerle hedeflenen RÖS değerinin altına çekilmiştir. bir çeşit hatanın RÖS değeri ise alınan tedbirlerle hedeflenen değere çekilememiştir. Bu hata türünün RÖS değerini hedeflenen değere çekebilmek için önemli düzeyde yatırımlar yapılmıştır.

RÖS değerlerine göre inceleme altına alınarak önleyici tedbirler alınan hata türlerinin hepsinde RÖS değeri hedeflenen değere çekilerek çalışmada büyük oranda başarı sağlanmıştır.

Sonuç olarak işletmede 333 gibi yüksek bir RÖS değerine sahip olan formu bozuk damlalık hatası operatörlerin eğitimi, kontrollerin sıklaştırılması, yeni personel alımı gibi düzenlemelere gidilerek önce 160'a daha sonra yapılacak olan yeni makine ve teçhizat yatırımlarında karar değiştirilerek daha üstün teknoloji ve ek makine

yatırımları yapılması sayesinde 35 gibi son derece düşük RÖS değerine indirgenmiştir. Bu araştırmada HTEA uygulamasının üretimde olası hataların ortadan kaldırılmasında yöntemlerde yapılacak değişiklikler üzerinde etkili olduğunu ortaya koyduğu gibi yönetimlerin olası proses hatalarını önlemek için makine ve teçhizat yatırımına gitmeleri yönünde cesaretlendirici bir tarafının da olduğunu göstermiştir.

6. KAYNAKLAR

Anonim, 1998. FMEA Training Handbook, Version-2., Ford Motor Company.

Anonim, 1996, VDA, Quality Management in the Automotive Industry, Quality Assurance Before Series Production.

Anonim, 1983. "Standart Glossary of Software Engineering Terminology" The Institute of electrical and Electronic Enginers, .

Anonim, 1980. Military Standart Procedures for Performing a Failure Mode Effect and Criticality Analiysis", Departmentof Defence, Washington D.C.

Anonim, 1972. EOQC, "European Organization for Quality Control 3rd Edition", Glossary, Rotterdam.

Akın, B., Vedat E., Canan Ç., 1998. Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.

Andaç, M., 2002. " Risk Analiz Yönetimi", İSG, Mayıs-Haziran.

Aran, G., 2006. Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü Etkileri Analizi (FMEA) ve Bir Uygulama, Gaziosmanpaşa Üniv. Sosyal Bilimler Ens. Yüksek Lisans tezi, Tokat.

Aydın, Ö.Ö., 2006. "Kalitede Mükemmellik İçin: Hata Türü ve Etkileri analizi (FMEA)" (http://www.ikademi.com/showthread.php?p=816)

Ben-Daya, M. And R. Abdul 1996. " A Revised Failure Mode And Effects Analysis Model", International Journel of Quality and Reliability Management.

Besterfield, D. H., Besterfield, C., Besterfield, G., Besterfield, M. 1999. Total Quality Management 2nd Ed., Prentice Hall, New Jersey.

Bircan, H., Gedik, H., 2003. Tekstil Sektöründe İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri Uygulaması Üzerine Bir Deneme. C.Ü.İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 4, Sayı 2, Sivas.

Bolat, T., 2000. Toplam Kalite Yönetimi (Konaklama İşletmelerinde Uygulanması), Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.

Boyacıoğlu, B., 1998. Hata Etkileri Analizi – FMEA, Elginkan Vakfı Eğitim Semineri.

Çiğdem,S., 1994. "Hata Türü ve Etkileri Analizi", Koç Holding A.Ş. Eğitim ve Geliştirme Merkezi, İstanbul.

Dale, B. G. Shaw, P., 1990. Failura Mode and Effects Analysis in the U. K. Motor Industry (A State-of-the-art Study)", Quality and Reliability Engineering International.

Devar, Donald L., 1989. Kalite Çemberleri Eğitim El Kitabı, Türkiye Şişe Cam Fabrikaları A.Ş., İstanbul.

Durhan, D., 2006. Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) ve bir Uygulama, Gazi Üniv. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Düzgüner, E., 2002. Ürün Geliştirme Sürecinde Önleyici Kalite Güvence: FMEA Metodu Ve bu metodun Bir sanayi İşletmesindeki Uygulaması, yayınlanmamış, yüksek lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.

Ergör, 2003., "Çevresel ve Mesleksel Risk değerlendirme", DEÜTF Halk sağlığı AD Ulusal Toksikoloji ve Klinik Toksikoloji Sempozyumu, İzmir.

Gilchrist, W., 1993. Modelling Failure Modes and Effects Analysis, İnternational Journal of Quality and Reliability Management, Bradford.

Gül, B., 2001. Kalite Yönetiminde Hata Türü ve Etkileri Analizi, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Juran J.M., Gyra, M., 1980. "Quality Planning and Analysis", Mc Graw Hill Inc. USA.

Kara-Zaitri C., A. Keller and P. Fleming 1992. "A Smart failure Mode And Effect Analysis Package", Proc. Annual Reliability and Maintainability Symposium.

Kara-Zaitri, C., Fleming, P.V., 1997. "Applications of Fuzzy Inference Methods to Failure Modes Effects and Criticality Analysis". International Conference on Safety And Reliabilty.

Kara-Zaitri C., A. Keller and P. Fleming (1992), " A Smart Failure Mode And Effect Analysis Package", Proc. Annual Reliability and Maintainability Symposium, p.414-421.

Kasa, H., Boran,S., 1993. "FMEA ve Toplam Kalite yönetimi için Önemi" YA/EM93 Yöneylem Araştırması Endüstri Mühendisliği 15. Ulusal Kongresi " Küreselleşme Ve Türk Endüstrisi" Bildiriler kitabı.

Koru, E., 2006. Otomotiv Yan Sanayinde Süreç Hata Türleri ve Etkileri Analizi ve Bir Uygulama, Uludağ Üniv. Sosyal Bilimler Ens. Yüksek Lisan Tezi, Bursa.

Legg, J.M., 1978. Computurized Approach For Matrix-form FMEA, IEE Transactions on Reliability.

Mizuno, S., Akao, Y.,1994. QFD: The Customer-Driven Approach to Quality Planning and Deployment, Asian Productivity Organization, Tokyo.

Musubeyli, E.N., 1999. Ürünün Önemli Kalite Karakteristiklerinin Belirlenmesinde Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizi ile Kalite Evinin Birlikte Kullanılması, yayınlanmış doktora tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Öndemir, Ö., Şen, C.G., Baraçlı, H., 2004. "Hata türü ve Etkileri Analizinde Bulanık Mantık Yaklaşımının Kullanılabilirliği", Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği-XXIV Ulusal Kongresi, Gaziantep-Adana.

Özcan, S., 2003. İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinden Pareto Analizi ve Çimento Sanayinde Bir Uygulama, C.Ü., İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 2, Sayı 2, Sivas.

Pillay, A., Wang, J., 2003. "Modified Failure Mode And Effect Analysis Using Approximate Reasoning", Reliability Engineering and System Afety, .

Price C.J., Snooke, N., Pugh, D.R., Hunts, J.E., Wilson, M.S., 1997. "Combining Functional And Scructural Reasoning For Safety Analysis of Electrical Designs", The Knowledge Engineering Review.

Price, C. J., Taylor, N.S., 2001., "Automated Multiple Failure FMEA". Reliablity Engineering and System Safety.

Rawlinson, G., 1995. Yaratıcı Düşünme ve Beyin Fırtınası, , Rota yayınları.

Scipioni, A., Saccarola, G., Centazzo, A., Arena, F., 2002. "FMEA Methodology Design, Implementation And Integration With Haccp System In a Food Company", Food Control.

Söylemez, C., 2006. Hata Türü ve Etkileri Analizi İş Güvenliği Uygulaması, Gazi Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,. Ankara.

Stamadis, D. H., 1995. Failure mode And Effects Analysis- FMEA from Theory To Execution, ASQC Quality Pres, Wisconsin.

Stamadis, D.H., 1995. Failure Mode and Effects Analysis: FMEA from Theory to Execution, ASQC Quality Press, Milwaukee.

Stamadis, D. H., 2003. "Failure mode and effects analysis- FMEA from theory to execution", ASQC Quality Pres, Wisconsin.

Şamur, M.S., 2005. Otomotiv Servislerinde FMEA ve FTA Hata Önleme Tekniklerinin Uygulanması, Yüksek Lisan Tezi, Marmara Üniv. Fen Bilimleri Ens.,İstanbul.

Şen, A., Deveci, İ., Yenigöl F., Gürkaynak, Y., 1999. Bir Sistem Tasarımında KFG, HMEA ve Güvenilirlik Tekniklerinin Tasarım Güvencesi Amacı ile Kullanılması, 4. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, Antalya.

Şimşek, M., 2000. Sorularla Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemleri, Alfa Basım Yayım Ltd. Şti., İstanbul.

Taptık, Y., Keleş, Ö., 1998. Kalite Savaş Araçları, KalDer yayınları.

Ulusoy, G., 1996. FMEA Eğitim Notları. Erkunt Sanayi A.Ş., Ankara.

Usuğ, C., 2002. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA) Ve Üretim Ve Hizmet Sektörü Uygulamaları, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Vandenbrande, W.W., 1998. How to Use FMEA To Reduce The Size Of Your Quality Toolbox, Quality Progress.

Yazgaç, E., 1993. Toplam Kalite, Koç Holding Malzeme ve İkmal Koordinatörlüğü, İstanbul.

Yılmaz, A. 1997. Hata Türü ve Etkileri Analizi, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yılmaz, B. S., 2000. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi: hata türü ve etki Analizi, Vol.2, No.4, .

"TÜV Südwest FMEA Seminer Notları" 2002- İstanbul, 10 Ağustos 2006. (http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=print&sid=28)

http://www.polater.com.tr

Kaiser Permanente, (2002)"FMEA team instruction guide", 47-56

http://www.altisigma.com

EK-1

YASSI DAMLALIK ÜRETİM PROSESİ HTEA FORMU

Ürün/Parça No:	■ Proses HTEA	□ Tasarım HTEA		HTEA Ekibi	Üretim Şefi	Tarih
					Kalite Kontrol Mühendisi	
	HTEA No: 001	Ürün Adı: Yassı Damlalık			Vardiya Mühendisi	
					Satış Mühendisi	
	Revizyon No:	Bölüm Adı: Enjeksiyon Makineleri			Yassı Damla Sulama Boru Hattı Ustb.	02.11.2007
					Yuv. Damla Sulama Boru Hattı Ustb.	
					Yassı Damlalık Üretim Ustabaşı	
					Yuvarlak Damlalık Üretim Ustabaşı	

Fonksiyon Birim	Olası Hata Türü	Olası Hata Etkisi	Olası Hata Nedeni	Mevcut Durum					Önerilen Düzeltici Önlemler	Tarih	Düzeltilmiş Durum				
				Kontrol Yöntemi	O	A	T	RÖS			Alınan önlemler	O	A	T	YENİ RÖS
	Formu bozuk damlalık hatası	Formu bozuk damlalık üretilmesi ve bu damlalıkların yassı damla sulama borusu üretim hattında kullanılması sonucu boru hattında kopmaların meydana gelmesi ve üretim kaybı ile fire artışının ortaya çıkması.	Kalıp İnsört Hatası	Gözle Kontrol	7,62	10	4,37	333		10.11.2007	Kalıp insörtleri için yedek insörtler yapılarak her hafta başlangıcında insörtler değiştirilmiştir. Çıkan insörtlerde aşınma kontrolleri yapılarak gerekli bakımlar ve tadilatlar yapılmaya başlanmıştır.	5,13	10	3,13	160,569
			Sıcak Yolluk Metodu												
			Kontrol yetersizliği	Elle Kontrol						10.11.2007	Kalite planlarında düzeltmeler yapılarak kontroller sıklaştırılmıştır.				
			İşçi Sayısı yetersizliği							20.11.2007	İşçi sayısı artırılarak her iki makineye 1 operatör verilmiştir.				
	Damlalık filtre hatası	Üretilen damlalıklarda oluşabilecek filtre hatası sonucu üretilen yassı damla sulama borularının kalite planında belirtilen debi standartlarının dışına çıkması ve bu sayede hatalı boru üretimi yapılması	Hatalı Kalıp Kullanımı	Gözle Kontrol	1,87	1	5	9,35							
			Kalıp Aşınması												
			Programlama Hatası												
	Yağlı damlalık hatası	Damlalıkların üretim esnasında yağlanması sonucu bu damlalıkların damla sulama borularında kullanılması sonucu damlalıkların boruya iyi yapışmaması ve borularda kalite planında belirtilen debi standartlarının dışına çıkılması ve bu sayede hatalı boru üretimi yapılması	Makine Metraj Hatası	Gözle Kontrol	2,5	4,75	7,25	86,09		12.11.2007	Makine ayarlarının yapılması ve kontrolleri konusunda operatörlere eğitim verildi.	1,75	4,75	3,75	31,17
			Uygun olmayan yağ kullanımı							10.11.2007	Yüksek kaliteli yağ kullanılmaya başlandı				
			Yönetim hatası (Yanlış Malzeme kullanım kararı)	Elle Kontrol						07.11.2007	Kaliteli yağ kullanımı konusunda yönetim kararı alındı				
			Kontrol Hatası							10.11.2007	Kalite planlarında değişiklik yapıldı.. her 250 baskıda bir numune alınarak kontroller yapılmaya başlandı.				

EK-2

YUVARLAK DAMLALIK ÜRETİM PROSESİ HTEA FORMU

Ürün/Parça No:	■ Proses HTEA	□ Tasarım HTEA		HTEA Ekibi	Üretim Şefi	Tarih
					Kalite Kontrol Mühendisi	
	HTEA No: 002	Ürün Adı: Yuvarlak Damlalık			Vardiya Mühendisi	
	Revizyon No:	Bölüm Adı: Enjeksiyon Makineleri			Satış Mühendisi	02.11.2007
					Yassı Damla Sulama Boru Hattı Ustb.	
					Yuv. Damla Sulama Boru Hattı Ustb.	
					Yassı Damlalık Üretim Ustabaşı	
					Yuvarlak Damlalık Üretim Ustabaşı	

Fonksiyon Birim	Olası Hata Türü	Olası Hata Etkisi	Olası Hata Nedeni	Mevcut Durum					Önerilen Düzeltici Önlemler	Tarih	Düzeltilmiş Durum				
				Kontrol Yöntemi	O	A	T	RÖS			Alınan önlemler	O	A	T	YENİ RÖS
	Filitre Tıkanması Hatası	Üretilen damlalıklarda oluşabilecek filtre tıkanması sonucu üretilen yassı damla sulama borularının kalite planında belirtilen debi standartlarının dışına çıkması ve bu sayede hatalı boru üretimi yapılması.	Hatalı Kalıp	Gözle Kontrol	1,5	10	2,12	31,8							
			Kalıp İnsört Aşınması												
			Programlama Hatası												
			Kontol Hatası												
	Formu Bozuk Damlalık Hatası	Formu bozuk damlalık üretilmesi ve bu damlalıkların yuvarlak damla sulama borusu üretim hattında kullanılması sonucu boru hattında kopmaların meydana gelmesi ve üretim kaybı ile fire artışının ortaya çıkması.	Hatalı Kalıp	Gözle Kontrol	2,25	10	2,75	61,88		10.11.2007	Üretimde kullanılacak kalıplar üretime başlanmadan önce prototip ürün üretilerek deneme üretimleri yapılacaktır.	1,75	10	2,13	37,19
			Hatalı Hammadde Karışım oranı							12.11.2007	Hammadde karışım oranları konusunda operatörlere geniş çaplı eğitim verildi.				
			Programlama Hatası	Elle Kontrol						15.11.2007	Makine programları standartlaştırılarak yedeklendi. Kalıp değişiminde. Standart programlar kullanılmaya başlandı.				
			Kontol Hatası							10.11.2007	Kalite planlarında düzeltmeler yapılarak kontroller sıklaştırılmıştır.				

EK-3

YASSI DAMLA SULAMA BORUSU ÜRETİM PROSESİ HTEA FORMU

Ürün/Parça No:	■ Proses HTEA	☐ Tasarım HTEA		HTEA Ekibi	Üretim Şefi	Tarih
					Kalite Kontrol Mühendisi	
	HTEA No: 003	Ürün Adı: Yassı Damla Sulama Borusu			Vardiya Mühendisi	
					Satış Mühendisi	
	Revizyon No:	Bölüm Adı: Yassı Damla Sulama Boru Hattı			Yassı Damla Sulama Boru Hattı Ustb.	02.11.2007
					Yuv. Damla Sulama Boru Hattı Ustb.	
					Yassı Damlalık Üretim Ustabaşı	
					Yuvarlak Damlalık Üretim Ustabaşı	

Fonksiyon Birim	Olası Hata Türü	Olası Hata Etkisi	Olası Hata Nedeni	Mevcut Durum					Önerilen Düzeltici Önlemler	Tarih	Düzeltilmiş Durum				
				Kontrol Yöntemi	O	A	T	RÖS			Alınan önlemler	O	A	T	YENİ RÖS
	Damlalık Yapışmaması Hatası	Damlalıkların yapışmaması sonucu borularda debi hatasının oluşması ve bu hataların müşteriye ulaşması sonucu damla sulama borularının kullanım amacı olan su tasarrufu ve bitkilerde dengesiz sulama sonucu oluşan verim kayıpları	Yağlı Damlalık Hatası	Gözle Kontrol	3,25	8,62	1,15	32,22							
			Damlalık Hammadde Karışım Hatası												
			Yapıştırma Metodu	Elle Kontrol											
			Teker Baskı ayarının iyi yapılmaması												
			Makine Isı Ayarlarının iyi yapılmaması	Akış Debisi kontrolü											
			Soğutma Suyu sıcaklığının kontrol edilmemesi												
	Vakum Çap Hatası	Damla sulama borusu üretim prosesi kalite planında belirtilen boru çapı standartlarının dışında boru üretilmesi sonucu borularda debi hatasının oluşması ve bu hataların müşteriye ulaşması sonucu damla sulama borularının kullanım amacı olan su tasarrufu ve bitkilerde dengesiz sulama sonucu oluşan verim kayıpları	Su pompasının pislik dolması	Çap kontrol çubuğu ile kontrol	2,37	8,12	1,15	22,13							
			Pompa Arızası												
			Vakum kabininin vakum kaçırması												
			Vakum pompa arızası												
			Soğutma suyu ayarsızlığı												
			Vakum ayarlarının iyi yapılmaması												
			Kalibreye yeterli su verilmemesi												
			Extruder çıkış vakum giriş mesafesinin iyi ayarlanmaması												
	Delik Kayması	Damla sulama borularında damlamanın sağlandığı deliğin uygun yerde açılmaması sonucu damlamanın sağlıklı olmaması ve boruların kullanım amacını yerine getirememesi	Uygun olmayan makine aparatı kullanımı	Gözle kontrol	4,25	9,37	1,5	59,73		10/11/2007--25/11/2007	Makinenin boru delicilerindeki aparatlar kontrol edilerek uygun olmayan aparatlarda düzenlemeler ve değişimler yapıldı.	3,25	9,37	1,25	38,07
			Vakum Hatası												
			Hava Ayarının bozulması							12.11.07	Makinede çalışma değerleri standartlaştırıldı. Çalışma değerleri ve bu değerlerin kontrolü konusunda operatörlere gerekli eğitimler verildi.				
			Hammamdde karışım oranı uyuşmaması	Bilgisayarlı makine ile kotrol						12.11.07	Hammadde karışım oranları konusunda operatörlere geniş çaplı eğitim verildi.				
			Delik ayarının yapılmaması							12.11.07	Makinede çalışma değerleri standartlaştırıldı. Çalışma değerleri ve bu değerlerin kontrolü konusunda operatörlere gerekli eğitimler verildi.				
	Akış Debisi Hatası	Damla sulama borularında oluşabilecek debi hatası sonucu bitkilere gereğinden çok su verilmesi veya az su verilmesi sonucu bitkilerde verim kaybının yaşanması	Delicinin çapak bırakması	Akış debisi kontrol cihazı	2,75	4,75	2,25	29,39							
			Yapışma Hatası												
			Damlalık Filitre hatası												
			Kontrol metodu yanlışlığı												
			Vakum hatası												
			Yeterli Kontrollerin yapılmaması												
			Müşteriye kullanım için yeterli bilgi verilmemesi												

EK-4

YUVARLAK DAMLA SULAMA BORUSU ÜRETİM PROSESİ HTEA FORMU

Ürün/Parça No:	■ Proses HTEA		□asarım HTEA		HTEA Ekibi	Üretim Şefi	Tarih
						Kalite Kontrol Mühendisi	
	HTEA No:	004	Ürün Adı:	Yuvarlak Damla Sulama Borusu		Vardiya Mühendisi	
						Satış Mühendisi	
	Revizyon No:		Bölüm Adı:	Yuvarlak Damla Sulama Boru Hattı		Yassı Damla Sulama Boru Hattı Ustb.	02.11.2007
						Yuv. Damla Sulama Boru Hattı Ustb.	
						Yassı Damlalık Üretim Ustabaşı	
						Yuvarlak Damlalık Üretim Ustabaşı	

Fonksiyon Birim	Olası Hata Türü	Olası Hata Etkisi	Olası Hata Nedeni	Mevcut Durum					Önerilen Düzeltici Önlemler	Tarih	Düzeltilmiş Durum				
				Kontrol Yöntemi	O	A	T	RÖS			Alınan önlemler	O	A	T	YENİ RÖS
	Akış Debisi Hatası	Damla sulama borularında oluşabilecek debi hatası sonucu bitkilere gereğinden çok su verilmesi veya az su verilmesi sonucu bitkilerde verim kaybının yaşanması	Delicinin çapak bırakması	Akış debisi kontrol cihazı	3,62	5,25	2,25	42,76		20.11.2007	Delici bıçakları kontrol edilerek belirli zaman periyotlarında gerekli değişimler yapılmaktadır	2,63	5,25	1,75	24,12
			Yapışma Hatası							10.11.2007	Kalite planlarında gerekli düzenlemeler yapılarak kontroller artırılmıştır. İlgili makine aparatları belirli periyotlarda kontrol edilmeye başlanmıştır.				
			Damlalık Filitre hatası							10.11.2007	Damlalık üretim prosesinde kontroller kalite planları değiştirilerek artırılmıştır.				
			Kontrol metodu yanlışlığı							10.11.2007	Üretimin her partisinde 3 rulodan numune alınarak açık havada kontrol yöntemi geliştirilmiştir.				
			Vakum hatası												
			Yeterli kontrollerin yapılmaması							10.11.2007	Kalite planlarında gerekli değişiklikler yapılmıştır.				
			Müşteriye kullanım için yeterli bilgi verilmemesi							15/11/2007--- 30/11/2007	Pazarlama departmanı ile görüşülerek borular için kullanım klavuzu hazırlanmış ve müşterilere ulaştırılması konusunda mutabakata varılmıştır.				
	Vakum Çap Hatası	Damla sulama borusu üretim prosesi kalite planında belirtilen boru çapı standartlarının dışında boru üretilmesi sonucu borularda debi hatasının oluşması ve bu hataların müşteriye ulaşması sonucu damla sulama borularının kullanım amacı olan su tasarrufu ve bitkilerde dengesiz sulama sonucu oluşan verim kayıpları	Su pompasının pislik dolması	Çap kontrol çubuğu ile kontrol	4,62	8,75	1,5	60,64			Su pompasında kullanılan filitreler haftada bir kez temizlenerek tıkanmasına izin verilmemektedir.	3,38	8,75	1,25	36,91
			Vakum kabininin vakum kaçırması							12.11.2007	Makinede çalışma değerleri standartlaştırıldı. Çalışma değerleri ve bu değerlerin kontrolü konusunda operatörlere gerekli eğitimler verildi.				
			Vakum pompa arızası								Pompa belirli periyotlarda kontrol edilerek gerekli bakım çizelgesi planı oluşturulmuştur.				
			Soğutma suyunun ayarsızlığı								Su soğutma makineleri için her vardiyada kontrol edilerek su sıcaklıkları kontrol altına alınmıştır.				
			Vakum ayarlarının iyi yapılmaması							16.11.2007	Makinede çalışma değerleri standartlaştırıldı. Çalışma değerleri ve bu değerlerin kontrolü konusunda operatörlere gerekli eğitimler verildi.				
			Kalibreye yeterli su verilmemesi							16.11.2007					
			Extruder çıkış vakum giriş mesafesinin iyi ayarlanmaması							16.11.2007					

EK-5

YASSI DAMLALIK ÜRETİM PROSESİ HTEA FORMU

Ürün/Parça No:	■ Proses HTEA	□ Tasarım HTEA		HTEA Ekibi	Fabrika Müdürü	Tarih
					Kalite Kontrol Mühendisi	
	HTEA No: 001	Ürün Adı:	Yassı Damlalık		Vardiya Mühendisi	
					Satış Mühendisi	
	Revizyon No: 002	Bölüm Adı:	Enjeksiyon Makineleri		Yassı Damla Sulama Boru Hattı Ustb.	05.04.2008
					Yuv. Damla Sulama Boru Hattı Ustb.	
					Yassı Damlalık Üretim Ustabaşı	
					Yuvarlak Damlalık Üretim Ustabaşı	

Fonksiyon Birim	Olası Hata Türü	Olası Hata Etkisi	Olası Hata Nedeni	Mevcut Durum					Önerilen Düzeltici Önlemler	Tarih	Düzeltilmiş Durum				
				Kontrol Yöntemi	O	A	T	RÖS			Alınan önlemler	O	A	T	YENİ RÖS
	Formu bozuk damlalık hatası	Formu bozuk damlalık üretilmesi ve bu damlalıkların yassı damla sulama borusu üretim hattında kullanılması sonucu boru hattında kopmaların meydana gelmesi ve üretim kaybı ile fire artışının ortaya çıkması.	Makine Gücü ve Kapasitesi		5,13	10	3,13	160,6		20.04.2008	Yeni yapılan yatırımlarda teknoloji değişikliğine gidilerek daha güçlü ve daha seri enjeksiyon makinelerinin alınması	2	10	1,75	35
			Makine Çalışma Ayarları							20.04.2008	Hata etkisinin azaltılması için yeni alınan yassı damla sulama boru hattında damlalık havuzlarının hatalı damlalığı eyiklayıcı özellikte olması				
											Kalıp soğutma sularının sabit sıcaklıklarda olabilmesi için enjeksiyon makinelerinin soğutma sistemlerinin diğer makinelerinkinden ayrılması				