T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNA DOĞALGAZ İÇ TESİSATI İMALATI İÇİN HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ

Aslıhan DURAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 29.06.2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir

Prof.Dr.Fatih Mehmet BOTSALI	Prof.Dr.Ali ÜNÜVAR	Yrd.Doç.Dr.Orhan ENGİN
(Danışman)	(Üye)	(Üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİNA DOĞALGAZ İÇ TESİSATI İMALATI İÇİN HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ

Aslıhan DURAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof.Dr.Fatih Mehmet BOTSALI

2007, 125 Sayfa

Jüri : Prof.Dr. Fatih Mehmet BOTSALI

Prof. Dr. Ali ÜNÜVAR

Yrd. Doç. Dr. Orhan ENGİN

Bu çalışmada, bina doğalgaz iç tesisatı imalatında oluşması muhtemel uygunsuzlukların ortaya çıkmadan tespit edilerek önlenmesi amacıyla Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA) Yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla doğalgazla ilgili tesisatın imalatı ve kullanımı esnasında oluşması muhtemel hatalar araştırılmıştır. Uygulamayı yürütmek üzere sekiz kişiden oluşan bir HTEA Takımı kurulmuştur. Çalışmada doğalgaz tesisatı tasarımı ve kurulumunda görülmesi muhtemel 82 adet hata türü tespit edilmiştir. Belirlenen hata türlerine ait risk değerlendirme yöntemi: yasal mevzuat kurallarından, konusunda uzman personelin görüşlerinden ve yaygın olarak kullanılan risk analizi çizelgelerinden yararlanılarak belirlenmiştir. Belirlenen risk değerlendirme yöntemi kullanılarak yapılan risk analizi sonucunda, olası tehlikelere ait risk öncelikleri belirlenerek yüksek risk taşıyan tehlikeler belirlenmiş, bu tehlikelerin ortaya çıkmasını önleyecek risk kontrol önlemleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hata Türü ve Etkileri Analizi, Risk Analizi, Risk Değerlendirme, Güvenilirlik, Doğalgaz İç Tesisatı, Emniyet, Doğalgaz Tesisatı.

ABSTRACT

Ms Thesis

FAILURE MODES AND EFFECT ANALYSIS FOR BUILDING NATURAL GAS INTERNAL INSTALLATION

Aslıhan DURAN

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department Of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Fatih Mehmet BOTSALI

2007, 125 Pages

Jury: Prof. Dr. Fatih Mehmet BOTSALI
Prof. Dr. Ali ÜNÜVAR
Assoc. Prof. Dr. Orhan ENGİN

In this study, Failure Modes and Effecs Analysis (FMEA) Technique has been used in order to determine potantial failures in natural gas internal piping system in buildings and prevent occurence of these failure modes. Therefore, potantial failures that might occur in natural gas internal installations have been determined. A team of FMEA with eight members has been established in order to implement FMEA technique. 82 kinds of failure modes has been detected.
A risk assesment methodology has been determined by taking into consideration legal regulatory requirements, recomendations of experts and commonly used risk assesment methodologies. Risk assesment has been carried out by using the determined method. Risk control actions have been determined and implemented against failure modes with high risk priority numbers.

Key Words: Failure Modes And Effect Analysis, Risk Analysis, Risk determination, reliability, Natural Gas internal installation, Safety, Natural Gas Installation.

ÖNSÖZ

Küreselleşen dünyada işletmelerin en büyük sorunlarından birisi, rekabettir. Her geçen gün daha da zorlaşan şartlarda rekabet etmek ve piyasada tutunmak zorunda kalan işletmeler, ayakta kalabilmek için kendilerini hızla geliştirmek zorundadırlar. Bu koşullarda, mevcut sorunları en etkin şekilde ortadan kaldırmaktan ziyade; muhtemel sorunları tespit etmek ve bunlar için önlem alarak ortaya çıkmadan önlenmesini sağlamakla tutunabilmek mümkündür.

Bu bağlamda işletmelerin son yıllarda en çok tercih etmeleri gereken çalışmalardan birisi de Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA) Yöntemi' dir. Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi' nin daha önce doğalgaz iç tesisatı imalatına uygulanmamış olması bu çalışmanın yapılmasına ilham kaynağı olmuştur. Çalışmanın uygulama bölümü Selmak Mühendislik Taahhüt Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi' nde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmam sırasında bana her türlü desteği sağlayan değerli hocam ve danışmanım Selçuk Üniversitesi Teknokenti Yönetim Kurulu Başkanı ve Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Fatih Mehmet BOTSALI' ya, başta Sayın Selman Dağlı ve Sayın Arif Tekeli olmak üzere uygulama sırasında bana her türlü desteği veren Selmak Mühendislik Taahhüt Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi çalışanlarına, özellikle kaynak araştırması ve sayısal değerlendirmeler bölümünde fikirlerini benden esirgemeyen Sayın Makina Yüksek Mühendisi Dilek Nur Özen' e, tüm çalışma boyunca bana rehberlik eden ve değerli fikirlerini paylaşan Sayın Endüstri Yüksek Mühendisi Serkan Kaya' ya ve çalışmalarım sırasında bana maddi manevi destek olan aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ii
ABSTRACT iii
ÖNSÖZ iv
İÇİNDEKİLER v
ŞEKİL LİSTESİ vii
TABLO LİSTESİ viii
1 GİRİŞ 1
2 KAYNAK ARAŞTIRMASI 3
3 MATERYAL VE METOT 12
3.1. Materyal 12
3.1.1. Hata Türleri ve Etkileri Analizi 14
3.1.1.1. Hata Türleri ve Etkileri Analizi İle İlgili Kavramlar 18
3.1.1.2 Mühendislik Uygulamalarında HTEA Yöntemi 20
3.1.1.3 Hata Türleri ve Etkileri Analizi Çeşitleri 22
3.1.1.4 Sistem HTEA 25
3.1.1.5 Tasarım HTEA 25
3.1.1.6 Proses HTEA 26
3.1.1.7 Servis HTEA 27
3.1.1.8 Hata Türü, Etkileri ve Kritiklik Analizi (FMECA) 27
3.1.1.9 HTEA' nın Faydaları ve Uygulamadaki Zorluklar 28
3.1.2 Kalite Fonksiyon Göçerimi Yöntemi 29
3.2 Metot 30
3.2.1 Uygulanacak HTEA Türünün Belirlenmesi 30
3.2.2 Hata Türleri ve Etkileri Analizi Uygulama Süreci 31
4 BİNA DOĞALGAZ İÇ TESİSATI TASARIMI VE ÜRETİMİNDE HTEA UYGULAMASI 33
4.1 Uygulama Giriş 33
4.2 HTEA Uygulama Öncesi Hazırlıklar 33
4.2.1 Mevzuat Araştırması 33
4.2.2 Doğalgaz Kazaları Analizi 34
4.2.3 İş Akış Şemaları 39
4.2.4 Doğalgaz Güvenlik Anketi 45
4.3 HTEA Uygulaması 45
4.3.1 HTEA Toplantıları 45

4.3.2 Hata Türlerinin Belirlenmesi 54
4.3.3 Kontrol Planlarının Oluşturulması 65
4.3.4 Hata Etkisi.....73
4.3.5 Hata Nedeni 73
4.3.6 Değerlendirme.....78
4.3.6.1 Ağırlık.....79
4.3.6.2 Ortaya Çıkma 80
4.3.6.3 Saptama.....81
4.3.7 Risk Öncelik Sayısı (RÖS) 82
4.3.8 İyileştirme 88
5 ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....89
6 SONUÇ VE ÖNERİLER 106
7 KAYNAKLAR.....109
EKLER.....113

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 HTEA' nın Diğer Kalite Teknikleri İle İlişkisi.....20
Şekil 3.2 Tasarım ve Proses HTEA arasındaki ilişki.....24
Şekil 3.3 HTEA Yöntemi Uygulamasına ait İş Akış Şeması.....32
Şekil 4.1 Tasarım İş Akış Şeması.....40
Şekil 4.2 İmalat İş Akış Şeması.....42
Şekil 4.3 İlk HTEA Toplantısı.....48
Şekil 4.4 Tasarım HTEA Sebep Sonuç Diyagramı.....76
Şekil 4.5 Proses HTEA Sebep Sonuç Diyagramı.....78
Şekil 4.6 Tasarım HTEA Pareto Diyagramı.....84
Şekil 4.7 Tasarım HTEA 2. Pareto Diyagramı (Toplam yüzdeler).....84
Şekil 4.8 Proses HTEA Pareto Diyagramı.....87
Şekil 4.9 Proses HTEA 2. Pareto Diyagramı (Toplam yüzdeler).....87

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 HTEA Çeşitleri Arasındaki İlişki....23
Tablo 3.2 Tasarım ve Proses HTEA Karşılaştırması....24
Tablo 4.1 Doğalgaz Kazaları Analizi....34
Tablo 4.2 Doğalgaz Kazaları ve Diğer Kazaların Karşılaştırılması....39
Tablo 4.3 HTEA Takımını Oluşturacak İşletme Çalışanları....46
Tablo 4.4 Tasarım Ekibi....47
Tablo 4.5 Proje Önbilgileri Formu....51
Tablo 4.6 Tasarım HTEA Çalışma Sentezi....52
Tablo 4.7 Proses HTEA Çalışma Sentezi....53
Tablo 4.8 HTEA Matrisi....56
Tablo 4.9 Hata Türleri....57
Tablo 4.10 Prototip Kontrol Planı....66
Tablo 4.11 Kontrol Planı....68
Tablo 4.12 Tasarım HTEA Beyin Fırtınası Çalışması....75
Tablo 4.13 Proses HTEA Beyin Fırtınası Çalışması....77
Tablo 4.14 Ağırlık Derecelendirme Tablosu....80
Tablo 4.15 Ortaya Çıkma Derecelendirme Tablosu....81
Tablo 4.16 Saptama Derecelendirme Tablosu....82
Tablo 4.17 Tasarım HTEA Pareto Diyagramı Değerleri....83
Tablo 4.18 Proses HTEA Pareto Diyagramı Değerleri....86
Tablo 5.1 Tasarım HTEA Tablosu....90
Tablo 5.2 Proses HTEA Tablosu....94
Tablo 5.3 Doğalgaz Güvenlik Anketi Sonuçları (% olarak)....104

1 GİRİŞ

Küreselleşmenin en önemli sonucu ulusal ve uluslar arası piyasalarda kıyasıya bir rekabetin hüküm sürmesini sağlamasıdır. Rekabet şartları özellikle ortama ve duruma göre değişmektedirler. İşletmeler mevcut rekabet şartlarında ayakta kalabilmek ve piyasadaki varlıklarını sürdürebilmek için, kendilerini devamlı yenilemek ve geliştirmek zorundadırlar. Üretimde verimlilik ve kaliteye önem veren, mevcut kaynaklarını daha rasyonel ve verimli bir şekilde kullanan işletmeler kıyasıya rekabet ortamında rakiplerinin bir adım önüne geçmiş olurlar. Son yıllarda birçok işletme bu gerçekten yola çıkarak üretimdeki hataları tespit ederek gidermeyi amaçlayan klasik kalite kontrol yöntemleri yerine olası hataları ortaya çıkmadan önleyebilmek amacıyla kullanılan hata önleyici yöntemlerden birisi olan Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi' ni (HTEA) tercih etmektedirler. Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi (Failure Modes And Effects Analysis) İngilizce olarak FMEA kısaltması ile ifade edilmektedir.

Hata Türleri ve Etkileri Analizi, olası hataların ve bu hataların nedenlerinin önceden belirlenerek olası ortaya çıkmasının önlenmesini sağlayan bir yöntemdir. Böylelikle işletmeler tasarım, üretim, montaj ve hatta servis aşamalarında doğabilecek olası hataları önceden belirleyip, olası hataların ortaya çıkmasını önleyecek kontrol önlemlerini uygulamaya koyarak yüksek güvenilirlikli ve güvenlikli ürünler üretebilirler. Bu çabaların sonucunda emek, zaman ve malzemeden tasarruf ederek maliyetleri düşürüp ürün güvenliği ve güvenirliğini de korudukları için sektördeki konumlarını ve itibarlarını artırmış olacaklardır.

Bu çalışmada Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi' nin bina doğalgaz iç tesisatının tasarımı ve üretiminde kullanılması yolu ile imalatı yapılan tesisatın güvenliğinin ve güvenilirliğinin artırılması amaçlanmıştır. Ülkemizde son yıllarda kullanımı giderek artmakta olan doğalgaz, içinde bulunduğumuz yüzyılın yakıtıdır. Doğalgaz komşularımızdaki rezervlerin zenginliği ve yakınlığı, bolluğu, dünyadaki rezervlerinin petrole göre daha uzun süreyle kullanılabileceği, çevre dostu oluşu, ucuzluğu, kullanım kolaylığı ve yüksek verimi sebebiyle; günümüzde ısınmada,

pişirmede ve sanayide yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde oldukça yeni olan doğalgaz için boru hattı ve bina tesisatı imalatını yapan nitelikli personel konusunda önemli bir darboğaz bulunmaktadır. Günümüzde tüm kontrol önlemlerine rağmen ehil olmayan kişiler bina doğalgaz tesisatı imalatında çalışmaktadır. Bunun yanı sıra, doğalgaz kullanımının ülkemizde henüz yeni bir fenomen oluşu nedeniyle doğalgaz tesisatı tasarımı ve imalatı yapan personelin deneyim eksikliği, istenmeyen kazalara neden olabilmektedir. Bu durum, güvenlik ve güvenilirlik açısından önemli riskler oluşturmaktadır. Bina doğalgaz tesisatı tasarımı ve imalatı aşamalarında yeterli özen gösterilmediği takdirde can ve mal güvenliği açısından önemli kazalar yaşanması olasıdır. Bu nedenle, yapılan çalışmada öncelikle Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi tüm yönleriyle irdelenmiş ve tam olarak anlaşılması sağlanmıştır. Daha sonra da bu yöntem, günümüzün vazgeçilmez enerji kaynağı olan ve kullanımı giderek yaygınlaşan doğalgaz tesisatı imalatına uygulanmıştır. Literatürde, Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi' nin doğalgazlı sistemlere uygulandığı bir örneğe rastlanmamıştır. Bu çalışma ile HTEA Yöntemi' nin bina doğalgaz iç tesisatı tasarımı ve üretimi aşamalarında kullanılması sağlanarak, sistemde meydana gelebilecek potansiyel hatalar ve nedenlerinin önceden tespit edilmesi ve gerekli kontrol önlemleri alınarak bina içi doğalgaz tesisatının güvenliği ve güvenilirliğinin sağlanması amaçlanmıştır.

2 KAYNAK ARAŞTIRMASI

Hata Türleri ve Etkileri Analizi yöntemi çok farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılan bir yöntem olmasına rağmen, literatürde Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi' nin doğalgaz tesisatı imalatına uygulandığı bir çalışmaya rastlanılamamıştır.

Scipioni ve ark. (2001) tarafından yapılan çalışmada, HTEA Yöntemi HACCP sistemi ile bütünleştirilmiş, ürünlerin kalitesini temin etmek için bir araç olarak ve üretim sürecinin işlemsel performansını geliştirmek niyetiyle kullanılmıştır. Bu çalışma bir İtalyan şekerleme endüstrisinde (Elledi SpA) geliştirilmiş olup, dâhili çalışan bir bölüm HTEA ekip üyeleri olarak seçilmiş ve işbirliği içerisinde olmuşlardır. Kâğıt bisküvi üretim serisi (çizgisi) çalışmasına odaklanılmıştır.

Rhee ve Ishii (2003), güvenilirlik ve yararlılığı artırmak için maliyet tabanlı HTEA yöntemini önermişlerdir. Hata Türleri Ve Etkileri Analizi (HTEA), risklerin vuku bulmasından önce tasarım evresinde riskleri azaltan tasarım aracıdır. Birçok endüstrinin (bugünkü HTEA tekniğini kullanmasına rağmen), pek çok sınırlama ve problemleri vardır. Bu çalışmada risk; ortaya çıkma (olasılık), ağırlık (şiddet) ve saptama (keşfedilebilirlik) zorluğunun çarpımı olan Risk Öncelik Sayısı (RPN) (RÖS) cinsinden ölçülmüştür. Şiddet ve saptama zorluğu ölçümü, çok sübjektiftir ve evrensel ölçeği yoktur. Aynı zamanda RPN, tam ölçüm olarak anlamlı olmayan sıra değişkenlerinin çarpımıdır. Çalışmada bu eksiklikler açıklanmış ve maliyet cinsinden riskleri ölçen yeni bir metodoloji (işletme masrafı {yaşam maliyeti} tabanlı HTEA) tanıtılmıştır. İşletme masrafı tabanlı HTEA, belirli bir sistemin bütün toplam işletme masraflarını (yaşam çevrim maliyeti) azaltabilen tasarım alternatiflerini karşılaştırma ve seçme için kullanışlıdır. Çalışmada daha sonra Monte Carlo simülasyonu; saptama zamanı, tamir zamanı, olasılık, gecikme zamanı, arıza süresi ve karmaşık senaryoları modellemelerdeki belirsizlikleri hesaplamak için işletme masrafı tabanlı HTEA' ya uygulanmıştır.

Engin (2001), Talaşlı imalat yapan işletmelerde Hata Türleri Ve Etkileri Analizi (HTEA) Yöntemi' ni uygulamak için bir hazırlık çalışması yapmıştır. Bu

çalışmada Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi' nin sanayide uygulanabilir olması için nasıl bir yol izleneceğini anlatmıştır. Bunun için öncelikle Hata Türleri Ve Etkileri Analizi (HTEA) Yöntemi' ni tanımlamış ve türlerinden bahsetmiştir. Uygulama bölümünde ise üretim hatalarını operasyonlar bazında pareto analizine tabi tutmuştur. Makalesinde pareto analizini kısaca; herhangi bir olaya kuvvetli etki yapan unsurların sayısı genellikle az iken, etkisi az olan azınlığın da ihmal edilmemesi gerektiği şeklinde tanımlamış olan Engin, bu analizin uygulanmasında izlenecek adımları açıklamıştır. Bunun için öncelikle tüm parçaların her bir tezgâhta göreceği işlemlere operasyon numaraları atanır. Belirlenen operasyonlar sebebiyle doğan üretim hataları, kayıp zamanlar ve hurda parça sayıları belirlenir. Operasyonlar, kayıp zamanlarına (tezgâh hazırlık süresi, parça değiştirme süresi, operatör özel ihtiyaç süresi, elektrik kesintisi süresi, gibi…) göre büyükten küçüğe doğru sıralanırlar. Daha sonra kayıp zamanların yüzde hata değerleri hesaplanır ve buna göre kümülâtifleri alınarak etkili operasyonlar belirlenir. Kayıp zamanlar için yapılan pareto analizine göre hata oranı yüksek çıkan operasyon için sebep-sonuç diyagramı çizen Engin, sebep-sonuç diyagramı olarak balık kılçığı (Ishikawa) diyagramını tercih etmiştir. Sebep-sonuç diyagramını çizdiği operasyonun hata nedenini "işçilik hatası" olarak tespit etmiştir. Bu çalışma neticesinde Engin' in ulaştığı sonuç; sebep-sonuç diyagramlarında tespit edilen hata kaynaklarının ortadan kaldırılması için derhal harekete geçilmesi gerektiğidir. Özellikle de tezgâhlarda çalışan operatörler, gerekli ayarları yaptıktan sonra kalite kontrol sorumlularından üretime başlama oluru almadan kesinlikle işe koyulmamalıdırlar. İşletmeler 'israf' olarak nitelendirilen fireleri ve dolayısıyla fire maliyetlerini en aza indirmek için, Hata Türleri Ve Etkileri Analizi Yöntemi' nden yararlanabilirler.

Orta ölçekli bir işletmeye Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA) yöntemini uygulayan Baysal ve Başkan (1999), makalelerinde uygulamayı bire bir anlatmamışlardır. Bir kobide Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi' nin uygulanması durumunda nasıl bir yol izleneceğini, HTEA ekibinin kaç kişiden oluşacağını ve özelliklerini, karşılaşılabilecek sorunları anlatmışlardır. Baysal ve Başkan' a göre Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA), hataları ortaya çıkmadan önlemeye yönelik çok güçlü bir sayısal analiz tekniğidir. HTEA Yöntemi' nin esası, problemlerin müşteri gözüyle analiz edilmesidir. Bunun için bir grup oluşturulur ve

çalışmalar bu grup tarafından sürdürülür. Grup oluşturulurken dikkat edilmesi gereken husus, analiz edilen süreçle ilgili herkesin bu gruba alınmasıdır. Gruptaki kişilerden birisi grup lideri (animatör) seçilir. Üyelerle birlikte toplam kişi sayısı 5-8 arasında değişir. Çalışma süresi iki ayı geçmemelidir. Çalışmanın kesin sınırları çizilmeli, toplantılar periyodik olarak sürdürülmelidir. Çalışmanın sonunda, hataların öncelik sıralarını veren Risk Öncelik Göstergesi (RÖG-RÖS) hesaplanarak, yüksek riskli hata türleri belirlenmiştir. Bu hata türlerine düzeltici/önleyici faaliyet çalışmaları başlatılmasına karar verilmiştir.

Tuncer (2005-a), Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi' ni derinlemesine irdelemiştir. Bu çalışmaya Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi' nin ne anlama geldiğini açıklamakla başlamış; yöntemin tarihsel gelişimi, uygulama alanları, ülkemizde ve başka ülkelerde özellikle hangi sektörlerde kullanıldığı, faydaları, uygulanmasındaki zorluklar gibi konular incelemiştir. Hata Türleri ve Etkileri Analizi' nin bir kalite geliştirme yöntemi olarak tanımlandığı çalışmada; sistem, tasarım, proses ve servis HTEA olmak üzere dört çeşit analizden bahsedilmiştir. Ayrıca Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi' ne kritiklik analizinin de eklenmesi ile oluşan Hata Türleri, Etkileri ve Kritiklik Analizi (FMECA)' dan da bahsedilmiştir. Bu çalışmaya göre bir HTEA uygulaması, kapsamın belirlenmesi ile başlayıp grubun kurulması ile devam eder. Daha sonra HTEA uygulanacak sistem, tasarım, proses veya servis incelenir. Olası hata türleri, olası hata etkileri, olası hata nedenleri ve mevcut kontroller belirlenir. Hata türlerinin değerlendirilmesi bölümünde ise; ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerleri tespit edilerek; bunların kombinasyonundan oluşan Risk Öncelik Sayısı belirlenir. Sonuçlar HTEA formuna yansıtılır ve önlem alınması gereken hata türleri ve alınacak önlemler belirlenir. Çalışma neticesinde, firmaların hatalarını analiz ederek görmeleri ve değerlendirmeleri açısından HTEA Yöntemi' nin büyük önem taşıdığı sonucuna ulaşılmıştır.

HTEA Yöntemi' ni tarım makinaları imalatı yapan bir işletmede uygulayan Tuncer (2005-b), çalışmaya Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi' ni açıklayarak başlamıştır. Bu çalışma ile HTEA Yöntemi endüstride bir uygulama bulmuştur. Uygulamada karşılaşılan zorluklar ve uygulamanın işletmeye sağladığı yararlar, bu çalışmanın en önemli noktalarıdır. HTEA' yı; hatanın, orijinine mümkün olduğunca

yakın aşamasında çözümlenmesi amacıyla kullanılan bir kalite geliştirme tekniği olarak tanımlayan yazar; bunun için hatanın oluşmadan önce önlenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Eğer HTEA çalışması sürerken herhangi bir hata vuku bulursa, hata giderilene kadar prosesin durması veya devam etmesine karar verilir. Böylece daha büyük sorunların doğması ve geri dönülemez zararların açılması engellenmiş olur. İşletmelerde kontrol yoluyla hatayı yakalamak çok da olumlu bir durum değildir. Esas istenen hatanın oluşumunu engellemektir. Bu amaçla kullanılan Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi, diğer pek çok kalite tekniği ile bağlantılı olarak kullanılabilir. Bu çalışma ile HTEA Yöntemi' nin süreç iyileştirmede kullanılabileceği ve bunun için de hangi süreçten başlanması gerektiğini göstereceği kanıtlanmıştır. Ayrıca hata türlerini ortadan kaldırma çalışmalarının en önemli kısmı, elimine etmeye hangi hata türünden başlanacağıdır. Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi hataları risk önceliklerine göre sıralar ve önem durumlarına göre öncelikle hangi hatanın ortadan kaldırılacağını tespit eder. Böylece gereksiz zaman da harcanmamış olur.

Duran ve Özen (2004) Doğalgazlı sistemlerde borular ve sızdırmazlık elemanlarını incelemişlerdir. Bu çalışmada; bina doğalgaz tesisatı tasarımı, üretimi ve kullanımı aşamalarında borulardan ve sızdırmazlık elemanlarından bahsedilmiştir. Ayrıca doğalgaz kullanımı sırasında oluşabilecek hatalardan bahsedilmiştir. Bu çalışmadan, tesisatta doğabilecek hataları önlemek maksadıyla ne gibi bir yol izleneceğinin belirlenmesi için yararlanılmıştır. Doğalgazlı sistemlerde sızdırmazlık için alüminyum folyo bant, sızdırmazlık macunu ve sızdırmazlık vanaları kullanılması önerilmiştir. Çalışmaya göre doğalgaz için polietilen boruların çelik borulardan daha uzun ömürlü ve daha dayanıklı olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Küçükhemek (2002) bir otomotiv sektör kuruluşuna HTEA Yöntemi' ni uygulamıştır. Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi kullanımının en yaygın olduğu sektör, otomotiv sektörüdür. Bu çalışmada HTEA Yöntemi bir otomotiv sektöründe sayısal olarak uygulanmıştır. İnsan hayatını doğrudan etkileyen bir sektör olan otomotiv sektöründe hataların önceden belirlenmesi son derece önem arz etmektedir. Çalışmada Proses HTEA Yöntemi kullanılmıştır. Hataların pek çok farklı nedenlerden kaynaklandığı görülmüştür. Ancak genelde hepsinin özünde operatör hatası/dikkatsizliği yatmaktadır. RÖS değerleri 50' den büyük çıkan hatalar için

beyin fırtınası yapılmış ve neden sonuç diyagramları çizilmiştir. Beyin fırtınası çalışması ile hata nedenleri belirlenmiş ve buna göre düzeltici ve önleyici faaliyetler düzenlenmiştir. Neticede varılan sonuç, düzenlenen düzeltici önleyici faaliyetlerle yeterli RÖS düşüşü sağlanamaz ise yeniden d/ö faaliyetler başlatılacağı ve yapılan kontrollerle gerekli düşüşün sağlanacağıdır.

Veenendaal (2004), yazılımla ilgili denemelerde kullanılan terimleri açıklamıştır. Yazılımla ilgili onlarca terimin açıklandığı bu çalışmaya göre HTEA; hata belirlemek, hatanın mümkün türlerini tanımlamak için analizler ve hata türlerinin meydana gelmelerini önlemeye kalkışmak için sistematik bir yaklaşım olarak tanımlanmıştır. Hata türü ise, hatanın fiziksel veya işlevsel görünüşüdür.

HTEA Yöntemi' ni bir tasarım tekniğini geliştirmek için kullanan Darlington ve Booker (2006), yorgunluk hatasını oldukça karmaşık bir fenomen olarak tanımlamışlardır. Analitik olmayan veya deneysel olmayan analizleri sağlamak için hiçbir eğilim, ilgili verinin etkin sınıflandırılmasına ve yönetimine ihtiyaç duymaz. Bu yaklaşımın objektifliği analitik olmayan bir teknik geliştirmek içindir ki tasarım başlangıcındaki başlangıç özellikleri gizli hatanın detaylarını destekler. Bu çalışma yeni bir tekniğin kalkınmasının ardındaki araştırma metodolojisini açıklamıştır: Direnme Hatası İçin Kavram Tasarımı (CDFR). Bu makale bu çalışmayı Hata Türü ve Etkileri Analizi Yöntemi' nin ışığında yapmıştır.

Seyed-Hosseini ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada mahkeme kararlarının ve laboratuar sonuçlarının değerlendirilmesi için; sistemdeki hataları analiz etmişlerdir. Bu makalede karar alanı oluşturulması ile ilgili etkin bir metodoloji; bir sistemdeki hata türlerini düzeltici hareket olarak, HTEA Yöntemi' nin kullanılması suretiyle geliştirilmiştir. Önerilmiş metodoloji, geleneksel Risk Öncelik Sayısı (RPN)' nin metot ve örneklerinin bazı niteliksel noksanlıklarını kapsayabilir. Bu çalışmada önerilmiş metot, DEMATEL olarak adlandırılmaktadır. Anlamı "mahkemede karar verme ve değerlendirme laboratuarı"dır. Müspet sonuçlar göstermiştir ki DEMATEL Metodu; HTEA' daki hata türlerini optimize etmek için verimli, tamamlayıcı ve atılgan bir yaklaşım olabilir.

Monti ve ark. (2005) HTEA yöntemini, üniversiteye bağlı bir medikal merkezde methicillin dirençli Staph.Aue.'un aktif gözetimini geliştirmek amacıyla kullanmıştır. Çalışma; bir üniversitenin birleşmiş medikal merkezinde 'methicillin

dirençli staphylococcus aureus'u (mrsa) aktif gözetim altında tutmak için, Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi' nin (HTEA) kullanılması olarak uygulanmıştır. Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi (HTEA), zayıflıkların istenilen sonucu nasıl etkilediğini saptamak için ve işlemin her bir hassas aşamasını tanımlamak için yardım eden bir prosedür olarak kullanılmıştır. Bir HTEA, önleyici stratejilerin gelişmelerini kolaylaştırır ve kayıpların ihtimal sebeplerini önemlileştirir ve sınıflandırır. Hastanenin hasta güvenlik komitesi bu çalışmada temel sebep analizlerinin sonucu olarak "erken tanı ve vaktinde MRSA" için HTEA' yı seçmiştir. Yüksek risk hastalarının bölünmesi ve kabul işleminde potansiyel kayıpların tanımı için HTEA Yöntemi kullanılmıştır. Böylece MRSA ile bulaşmış ya da sömürgeleştirilmiş hastaların erken tanısı sağlanır ve zamanında yalıtımının gecikmesi önlenir.

Garcia ve ark. (2005) HTEA Yöntemi' ni belirsiz veri kuşatma analiz yaklaşımı olarak kullanmışlardır. Bu çalışmada, hata türleri arasında öncelik dağılımlarını tespit etmek için bir veri depolama analiz yaklaşımı (hangisinde ki tipik HTEA parametreleri belirsiz gruplar olarak modellenmiştir) sunulmuştur. Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi (HTEA), bir fabrikadaki (atölyedeki) tasarım adımında zayıf noktaları tespit etmek için çok yararlı bir araç olabilir. Ve zayıf noktaların mümkün olduğu kadar erken teşhis edilebilmesi için, HTEA Yöntemi tasarımın başlangıcında kullanılmalıdır. HTEA Yöntemi, bakım görevlerini yönetebilmek için ve daha etkin operasyonel metotları teşhis etmek için oldukça önemlidir. Çalışmanın neticesinde olasılıklı güvenlik değerlendirmeleri bağlamında HTEA Yöntemi' nin çok önemli olduğu vurgulanmıştır.

Yadav ve ark. (2006) bir güvenilirlik ispatı olan "üç boyutlu düşünme" tekniğinin anlaşılmasını HTEA ile sağlamışlardır. Bu makale, HTEA Yöntemi' nin bir bileşeni olan güvenirliği göstermek için gerçekleştirilen kontrol tiplerine karar vermeyi ve sistemin kritik elemanlarını (alt sistem ve bileşenleri) tanımlamak için sistematik yaklaşımı sunar. Sistemi üç boyuta ayrıştırır (fiziksel, fonksiyonel ve zaman gibi) ve her bir adaya sistem seviye güvenirliğini tahsis ederek tasarımda kritik elemanları tanımlar. Sistem seviye güvenirliğinin tahsis edilmesi kritiklik indeksi kullanılarak başarılmıştır. Her bir üye için kritiklik indeksinin sayısal değeri, Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA)' dan ulaşılabilen bilgiye veya önceki bir

sistemden elde edilen garanti verisine dayalı olarak türemiştir. Bu çalışmanın sonucunda; tasarımda kritik noktaları ve test planlarındaki gelişmeleri saptamak için sonraki bilgilerin kullanımının faydaları ortaya çıkmıştır.

Dominiguez-Garcia (2006) HTEA yöntemini bir elektriksel güç şebekesinin güvenliğinin sağlanması çalışmasında kullanmıştır. Bu çalışmada, emniyet (güvenlik) – uygunluk uygulamaları için elektriksel güç ağının güç tedarikinin güvenilirlik ölçümü; HTEA Yöntemi ile yapılmıştır. Makalede yeni otomotiv emniyet-uygunluk sistemlerinin güvenilirliği için yeni metot bilimi sunulmuştur. Birçok sistem seviye HTEA' ları, sistemin farklı hata türlerini tanımlamak için kullanılır ve bir Markov modeli bunların ortaya çıkma olasılığını ölçmek için kurulmuştur.

Price ve ark. (2006), otomotiv endüstrisinde katmanlı otomasyon uygulanan bir elektrikli güvenlik sisteminin güvenilirliğini geliştirmek amacıyla HTEA yöntemini uygulamıştır. Çalışmada, otomatik çevrede otomatikleşmiş elektriksel güvenlik analizlerine katmanlaşmış yaklaşım açıklanmıştır. Bu çalışma, tasarım değişimleri gibi durumlarda bilginin maksimum miktarının yeniden kullanılmasına izin verir. Her bir tasarım değişiminin yan etkilerinin anlaşılabilmesi için tasarımda yapılan değişimlerin sonuçlarını takip etmeye imkân kılar. Tanımlanmış yazılım kabiliyetinin tasarım işlemleri için derin anlamları vardır. Daha önce de, mühendisler, onları desteklemek için otomatikleşmiş tasarım emniyet analizlerine sahip oldukları halde, tasarım işleminde bazı noktalarda "şipşak tasarım emniyet (güvenlik) analizi" geliştirmişlerdi. Bu makalede tanımlanmış işlem ve araç hazırlığı, mühendislerin tasarımın durumunu izlemelerine, her bir değişiminin getirilerini veya götürülerini irdelemelerine ya da tasarıma geliştirmeler uygulamalarına imkân kılmaktadır.

Eti ve ark. (2006) Nijerya endüstrilerinde önleyici bakım çalışmalarının gerçekleştirilmesi ve kalkınmayı analiz etmek için HTEA Yöntemi' ni ele almıştır. Bu çalışma ile Nijerya endüstrisinde önleyici bakım antrenmanlarının geliştirilmesi ve uygulanması sağlanmıştır. HTEA' nın modern yaklaşımını kullanan PM (Preventive Maintenance=Önleyici Bakım)' nin gelişme için metot bilimi, temel-sebep analizleri ve hata-ağacı (fault tree analysis) analizleri sunulmuştur. PM' nin uygulanması bakımda masraf azalmasına ve genel enerji giderlerinin azaltılmasına

sebep olmuştur. PM' nin kullanımı, hazır reaktif bakım prosedürlerinde (Nijerya' da hala yaygın) tercih edilmektedir.

Telefsen (2005) Hastane TB programına HTEA Yöntemi' ni tatbik etmiştir. Birleşik Sağlık Organizasyonlarında Akreditasyon Komisyonu (JCAHO), 2001 yılında (hasta güvenlik yayınlarında yılda bir kez en azından bir hata türü ve etkileri analizini yönetmek için) sağlık organizasyonlarına ihtiyaç duyan bir standart yazmıştır. Fikir, aktif bir şekilde çalıştığı düşünülen prosesi (süreci) seçmek içindir. HTEA Yöntemi ise, potansiyel hata türlerini değerlendirmek için kullanılmıştır. Bu çalışma, bir yedi kampüslü hastane sistemidir. Sağlık koruma hizmetleri için HTEA etkin bir araçtır. Yürürlükteki TB Programı' nı gerçekleştirmek için çok disiplinli bir takım kurulmuştur. Ve potansiyel hatalar, HTEA takımının üyeleri tarafından kritik skor olarak belirtilmektedir. Bu çalışma sonucunda onbir adet potansiyel hata türü tespit edilmiştir. Sonuç olarak medikal merkez, sonuç çıkarma bilgisi için şu anda bir elektronik bilgi ara yüz sistemi kullanmaktadır.

Eti ve ark. (2005), Nijerya endüstrisi üretim sektöründe toplam önleyici bakım uygulaması için HTEA' dan yararlanmışlardır. Bu çalışmada, son zamanlarda fiziksel varlıkların bakım yönetiminde dikkate değer gelişmelerin vuku bulduğundan ve üretken (verimli) sistemlerin en düşük enerji israfı olması maksadıyla kaynaklar meydana getirdiğinden bahsetmektedir. Bu çalışma Nijerya endüstrisi üretim sektöründe TPM' nin gerçekleştirilme yollarını araştırır. Burada TPM, Toplam Verimli Bakım yaklaşımıdır. Ve burada HTEA Yöntemi, ulaşılabilir sonuçları açıklamaktadır. Sistemdeki zayıf noktaları belirlemek için HTEA Yöntemi' nden yararlanılmıştır.

Teoh ve Case (2004) Bilgi modellemesine doğru HTEA çalışması yapmıştır. Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi (HTEA), genellikle kalite geliştirilmesinde ve üretimde risk değerlendirmesinde bir araç olarak kullanılmaktadır. Tasarım ve proses hataları hakkındaki birikmiş bilgiler HTEA tarafından sağlanmaktadır ve gelecekteki tasarım ve üretim için çok kıymetli girdi bilgiler sağlanmaktadır. HTEA modeli, tarihsel bilgiden otomatik HTEA kuşağını seçilir kılmak için fonksiyonel sebep teknikleri tarafından desteklenir. Bu çalışmada HTEA sistemi, dönüşüm tabanlı olarak oluşturulmuştur. Yürürlükteki (geçerli) HTEA raporunu üretmek için metodun yeteneği değerlendirilmiştir.

Michelin ve ark. (2004), SARS (şiddetli solunum sendromları) için son hazırlıklarda ve emniyet yönetimi için yaptıkları risk analizinde HTEA Yöntemi' ni uygulamışlardır. Bu çalışmada giriş boyunca risk puanlamasını teşhis etmek (belirlemek) için ve bu protokollerin iyileştirme fazları için çok disiplinli bir takım oluşturulmuştur. Bu takım altı ay boyunca haftada bir veya iki kez toplanmıştır. Yeni yönergeler ve prosedürler oluşturulmuştur. Enfeksiyon kontrol güvenlik önlemleri ile muvafakat (uyum) sağlamak için yeni bir pozisyon oluşturulmuştur. Ve ayrıca riskin ilave bölgelerini tespit etmek için de bir Hata Türü ve Etkileri Analizi çalışması yürütülmüştür.

3 MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Bu tez çalışmasında materyal olarak Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi kullanılmıştır. HTEA Yöntemi doğalgaz iç tesisatının tasarlanması ve imal edilmesine uygulanmıştır. Bu yöntemle, doğalgaz iç tesisatında görülmesi muhtemel her tür hata belirlenmiş ve risksel öncelik sırasına dizilmişlerdir.

Öncelikle HTEA çalışmalarının sonuçlarını yansıtabilmek için Kalite Toplantı Tutanağı ve Düzeltici/Önleyici Faaliyet Talep Formu (bkz. EKLER) oluşturulmuştur.

Düzenli olarak iki haftada bir yapılan HTEA toplantılarında alınan kararlar, Kalite Toplantı tutanakları' na yansıtılmıştır. Bu toplantılardan birincisinde HTEA Ekibi oluşturulmuştur.

HTEA Ekibi iş ile ilgili kişilerden müteşekkildir ve sekiz üyesi vardır. Ekibin başında Lider (HTEA Animatörü) bulunmaktadır. Bu tez çalışması kapsamındaki HTEA Animatörü Aslıhan Duran' dır.

HTEA Ekibi Beyin Fırtınası Yöntemi' ni kullanarak, doğalgaz iç tesisatı tasarım ve imalatında görülmesi muhtemel hata türlerini belirlemiştir. Daha sonra bu hata türlerinin hangi nedenlerden dolayı ortaya çıkabileceği yine beyin fırtınası yapılarak tespit edilmiş ve elde edilen sonuçlar Balık Kılçığı (Ishikawa Neden-Sonuç Diyagramı) Diyagramı' na aktarılmıştır.

Her bir hata türü için elimine etme çalışması yapmak gereksizdir. Bazı hatalar dikkate alınacak kadar risk taşımıyor olabilir. Yüksek riskli hatalar da kendi içlerinde öncelik sırasına dizilebilirler. Muhtemel hata türünü ortadan kaldırma çalışmalarına, en yüksek risk taşıyan hata türünden başlanmalıdır. Aksi halde çok sık görülmeyen ve basit bir hatayı ortadan kaldırmak için çalışma yapılırken, görülmesi muhtemel

yüksek riskli bir hata ortaya çıkabilir. Böylece zaman, para, itibar gibi firmalar için önemli olan pek çok değerden kayıplar verilir.

Her bir hata türünün taşıdığı riskin sayısal göstergesi Risk Öncelik Sayısı (RÖS)' tür. Risk Öncelik Sayısı üç bileşenden oluşmaktadır. Ağırlık, Ortaya Çıkma ve Saptama olarak adlandırılan bu bileşenler için HTEA toplantılarında derecelendirme tabloları oluşturulmuştur. Bu tablolar literatürdeki HTEA çalışmaları ve HTEA Ekibi' ndeki tecrübeli personelin bilgileri harmanlanarak oluşturulmuştur. HTEA toplantılarında yapılan fikir muhakemeleri sonucu hata türlerine atanan ağırlık değerleri, o hata türünün ortaya çıkması halinde doğuracağı etkiyi temsil etmektedir. Ortaya çıkma değeri, hata türünün ne sıklıkta vuku bulduğu ile ilgilidir. Saptama değeri ise; alınan her tür önleme rağmen hata türünün ortaya çıkması halinde bu ortaya çıkmanın mevcut kontrollerle tespit edilebilirliğini ifade eder.

Bu tez çalışmasında, bu üç bileşenin çarpılması suretiyle elde edilen Risk Öncelik Sayısı (RÖS) kullanılarak hata türleri risksel öncelik sırasına dizilmişlerdir.

Elde edilen Risk Öncelik Sayıları HTEA ekibi tarafından değerlendirilmiştir. HTEA toplantılarında yapılan muhakemeler sonucu Tasarım HTEA çalışmasında $RÖS \geq 20$ olan ve Proses HTEA çalışmasında $RÖS \geq 50$ olan hata türleri için elimine etme çalışmalarının uygulanması kararı alınmıştır.

Risk Öncelik Sayısı yüksek çıkan potansiyel hata türlerine Pareto analizi yapılmıştır. Böylece hangi hata türlerinin öncelik arz ettiği bir de pareto yöntemiyle belirlenmiş ve doğrulanmıştır.

Yüksek risk taşıyan hata türlerinin RÖS değerlerinin düşürülmesi için alınacak kontrol önlemleri HTEA toplantılarında belirlenmiştir. Ardından bu kontrol önlemlerini kimlerin hangi tarihlerde uygulayacağı belirlenmiştir.

Kontrol önlemlerinin uygulanıp uygulanmadıkları ve etkinlikleri bir sonraki HTEA toplantısında değerlendirilmiştir. Ele alınan hata türü için yeterli RÖS düşüşünün sağlanması, çalışmanın amacına ulaşması anlamına gelmektedir. Beklenen düşüş elde edilemedi ise çalışmaya devam edilir. Ancak bu tez

çalışmasında uygulana kontrol önlemleri ile RÖS' lerde yeterli düşüş sağlanmış ve ikinci bir değerlendirmeye gerek kalmamıştır.

Bu tez çalışmasında yapılan HTEA uygulamasında girdi veri olarak kullanılmak üzere oluşturulan Doğalgazda Güvenlik Anketi (bkz. EKLER) tesisatçı firmalara uygulanmıştır. Bu ankette elde edilen sonuçlar, yapılan HTEA uygulamasında elde edilen sonuçlar ile bağdaşmaktadır. Böylece HTEA çalışmasının kendisinden beklenen amaca ulaştığı, doğalgaz iç tesisat imalatı yapan tesisatçı firmalar tarafından doğrulanmış olmaktadır.

3.1.1 Hata Türleri ve Etkileri Analizi

Müşteriye üretim ve hizmet sunan tüm firmalar, mümkün olduğunca hatasız iş yapmak zorundadırlar. Hataları oluşmadan önce önleme amaçlı bir sistem olarak ortaya çıkan Hata Türleri Ve Etkileri Analizi Yöntemi bu noktada firmaların yardımcısıdır. Yöntemin kullanılmasıyla birlikte bir taraftan hatalı ürün miktarı azalacak (mümkünse sıfıra indirilecek), bir taraftan da hatalı ürün maliyeti ve bununla beraber genel imalat maliyeti de azalacaktır.

Hata Türleri Ve Etkileri Analizi Yöntemi' nin esası, muhtemel hataların oluştuğu ve kullanıcıya (kullanıcı genellikle müşteri olarak tanımlanır) ulaştığı varsayıldığı takdirde; kullanıcının bundan ne derece etkileneceğinin tespit edilmesidir. Bu nedenle HTEA çalışmalarında başarıyı yakalayabilmek için, çalışmaya mümkün olduğunca erken başlamak gerekmektedir.

HTEA, hataları vuku bulmadan önce önlemeye yönelik çok güçlü bir sayısal analiz tekniği olup hataları sistemden elimine ederek sistem güvenilirliği arttırır.

Burada Hata Türleri Ve Etkileri Analizi (HTEA) ile ilgili bazı tanımlar vermek yerinde olacaktır:

- Hata Türleri Ve Etkileri Analizi, orijini kalitenin güvenirlik olarak algıladığı roket, uçak ve nükleer santral üretimine dayanan bir metottur (Tuncer 2005).

- Hata Türleri ve Etkileri Analizi; bir ürün, işlem veya hizmette meydana gelebilecek tüm hasar ve hata tiplerinin sistematik analizine dayanarak, bu hasar ve hataları önleme faaliyetlerini içeren bir yöntem olarak ifade edilebilir (Akkurt 2002).
- 1980 yılında yayınlanan ve bu konuda yayınlanmış ilk standartlardan biri olan MIL-STD 1629A (Hata Türü, Etkileri Ve Kritiklik Analizi Uygulaması için Prosedür)' de HTEA' nın genel tanımı "Sistemdeki her bir olası hata türünün, sistemdeki sonuçlarını veya etkilerini belirlemek ve önlemlerine göre her bir hata türünü sınıflandırmak için analiz edildiği bir prosedürdür." şeklinde tanımlanır (Tuncer 2005).
- HTEA; hatanın orijinine mümkün olduğunca yakın aşamasında çözümlenmesi, hata oluşumunun engellenmesi amacıyla kullanılan bir kalite geliştirme yöntemidir (InoTec Web Sitesi 2004).
- Hata Türleri Ve Etkileri Analizi (HTEA) öncelikli olarak ürün ve proses geliştirme üzerine eğilen, disiplinli bir tasarım gözden geçirmedir. Uygulama alanlarına bağlı olarak tasarım, proses, servis ve sistem HTEA olarak ele alınır (Küçükhemek 2002).
- Hata Türleri Ve Etkileri Analizi (HTEA); sistem, tasarım, proses veya serviste oluşabilecek hataların (problemler, yanlışlıklar, riskler, vb…) değerlendirmesini yapan özel bir metodolojidir (Akın 1998).
- HTEA tasarım, proses, sistem ve hizmet ile ilgili bilinen ve/veya olası hataları, yanlışları ve problemleri müşteriye ulaşmadan belirlemeyi, tanımlamayı ve ortadan kaldırmayı amaçlayan mühendislik tekniğidir (Tuncer 2005).
- HTEA, bir mamulde oluşabilecek tasarım ve/veya proses kökenli tüm hata türlerinin sistematik olarak yapılan bir analizidir. Her tür hata/arızanın, müşteri üzerinde oluşturacağı olası etkilere göre analizler yapılır. Ve bu analizlerin hepsi, ürün daha pazara çıkmadan önce; hatta tasarım ve/veya deneme üretimleri sırasında gerçekleştirilir. Böylece herhangi bir hatanın daha oluşmadan önlenmesi sağlanmaktadır (InoTec Web Sitesi 2004).

Hata Türleri ve Etkileri Analizi' nin tarihçesi, ABD ordusu ile başlamaktadır. Sistemlere sağladığı faydalarla zaman içerisinde sektörlerde kendine yer bulup dünyaya yayılmaya başlayan HTEA Yöntemi, Amerikan Ordusu tarafından geliştirilmiştir ve ilk olarak 1950' lerde uçuş kontrol sistemlerinde kullanılmıştır. 1960' lı yıllarda Amerika' nın havacılık sanayisinde sistemli olarak uygulanmaya başlanan yöntem; yine bu yıllarda NASA' nın uzay programlarında kullanılmıştır. Ve daha sonra 70' li yıllarda otomobil sanayinde uygulanmaya başlanmıştır. Bu uygulama ilk olarak sivil sektördeki FORD firması tarafından yapılmıştır.

Avrupa' da 1980' lerde yine otomobil sanayinde uygulanmaya başlanan bu yöntem yeni geliştirilmiş Toplam Kalite Yöntemi' nin bir parçası haline gelmiş ve CAQ ve CIM (Bilgisayar Destekli Bütünleşik İmalat) sistemlerine entegre olmuştur.

HTEA konusunda hazırlanmış ilk prosedür Procedures For Performing A Failure Mode, Effects And Critically Analysis başlığıyla basılan 9 Kasım 1949 tarihli MIL-P-1629' dur. İlk olarak sistem ve donanım hatalarının değerlendirilmesi için kullanılmış bir güvenilirlik saptama tekniğidir. Günümüzde halen ABD silahlı kuvvetlerinin MIL-STD 1629 A kodlu askeri standardıdır (FMECA Web Sitesi, 2004).

HTEA Yöntemi' nin tarihçesi hakkında bazı bilgiler şöyledir:

- 1950' lerde ABD' de uçuş kontrol sistemlerinde,
- 1960' lı yıllarda ABD' nin havacılık sanayisinde,
- 1960–1965 yılları arasında NASA tarafından ay seyahati programlarında kullanılmıştır.
- 1970–1975 yılları arasında ABD uçak sanayisinde kullanılan bu kalite geliştirme yöntemi, bu yıllardan önce uzunca bir süre gizli tutulmuştur.
- 1972 yılında Ford Motor Şirketi bünyesinde kullanılmıştır.
- Yöntem ilk endüstriyel uygulamalarını 1975 yılında bilgisayar üretiminde ve Japon NEC firmasında bulmuştur.
- 1998 yılında Amerika' da "Üç Büyükler" olarak bilinen, ABD' nin üç büyük otomotiv şirketi olan Chrysler, Ford ve General Motors tarafından genel standart olarak kabul edilmiştir.

- HTEA Yöntemi, 1993' ten itibaren AIAG (The Automotive Industry Action Group) ve ASQC (The American Society For Quality Control) tarafından kabul görmüştür.
- HTEA Yöntemi' nin uygulanması günümüzde QS 9000, ISO/TS 16949, ISO 9001:2000 ve diğer Kalite Yönetim Sistemleri için zorunluluk haline gelmiştir.
- Son dönemlerde kullanımı oldukça yaygınlaşan HTEA yöntemi; otomotiv sektörü başta olmak üzere, gıda, metal, deniz taşıtları imalatı, yazılım, nükleer tasarımlar, sağlık sektörü gibi alanlarda kullanılmaya başlanmıştır (Tuncer, 2005).

Hata Türleri Ve Etkileri Analizi' nin günümüzdeki yeri ve önemini kavramakla ve hakkınca uygulamakla, firmaların sektörde tutunabilme kabiliyeti artacaktır. Piyasalardaki rekabet şartlarının zorlaşması ile firmalar yeni arayışlar içerisine girmişlerdir. Firmaların sektörlerinde tutunabilmeleri, ancak sürekli iyileşme ve gelişme ile mümkün olabilecektir.

Hata Türleri Ve Etkileri Analizi ile üretim sırasında ve ürünün son kullanım aşamalarında ortaya çıkabilecek potansiyel hatalar belirlenir. Bu hataların sistemden elimine edilmesiyle sistem güvenilirliği arttırılır.

Bu çerçeveden bakılınca Hata Türleri Ve Etkileri Analizi ekonomik ve sistemsel açıdan firmaların sektörlerinde daha güçlü olarak ayakta kalabilmeleri için önem arz etmekte ve günümüz endüstrisinin vazgeçilmez kalite uygulaması haline gelmektedir.

HTEA Yöntemi günümüzde QS 9000, ISO/TS 16949, ISO 9001:2000 ve diğer Kalite Yönetim Sistemleri için zorunluluk haline gelerek yayılımına devam etmektedir.

3.1.1.1 Hata Türleri ve Etkileri Analizi İle İlgili Kavramlar

HTEA Yöntemi' nde kullanılan çeşitli yardımcı elemanların ve kavramların açıklamalarını vermek, konunun daha iyi anlaşılmasına sebep olacaktır. Kavram açıklamaları, bu tez çalışmasında yapılan literatür araştırmasında edinilen tüm bilgiler harmanlanarak hazırlanmıştır:

- **Hata Türü:** Bir sistemin, kendisinden beklenen fonksiyonları gereği gibi veya hiç yerine getirememesi durumu veya normal olmayan işleyişidir. Hata kategorisi olarak da kullanılmaktadır.
- **Müşteri:** Hata türünden etkilenebilecek son kullanıcı olarak tanımlanır. Son kullanıcı; iç ve dış departmanlar/kişiler/prosesler olabilir.
- **Mevcut Kontroller:** HTEA Yöntemi uygulanırken hatanın ortaya çıkmasını ve müşteriye ulaşmasını önlemek amacıyla düzenlenen çalışmalardır.
- **Fonksiyon:** Bir prosesten veya üründen gerçekleştirmesi beklenen amaçlardır.
- **Hata Nedeni:** Hatanın türünü oluşturabilecek ilk anormallik olarak tanımlanır. Tasarım veya prosesin belli bir elemanının, bir hata türüne yol açabilen faktörüdür.
- **Hata Etkisi:** Hata türü ile bağlantılıdır. Müşterinin yaşayabileceği memnuniyetsizlik ve tehlike doğurabilecek durumlardır. Burada müşteri; bir sonraki işlem, sıradaki işlemler veya son kullanıcı olabilir.
- **Kritiklik:** Hata önceliklerini belirlemede kullanılan ve böylece zaman kaybını engelleyen bir faktördür. Hatanın müşteriye ulaşmadan saptanabilmesi ihtimali ile hatanın ortaya çıkma ihtimalinin çarpılması yoluyla tespit edilir.
- **HTEA Elemanı:** HTEA uygulamasında incelenen konulardır. Hata türleri, hata etkileri, yapılan kontroller, uygulanan faaliyetler buna örnek verilebilir.
- **Ağırlık:** Hata etkisinin müşteri tarafından nasıl algılandığının ifadesidir.

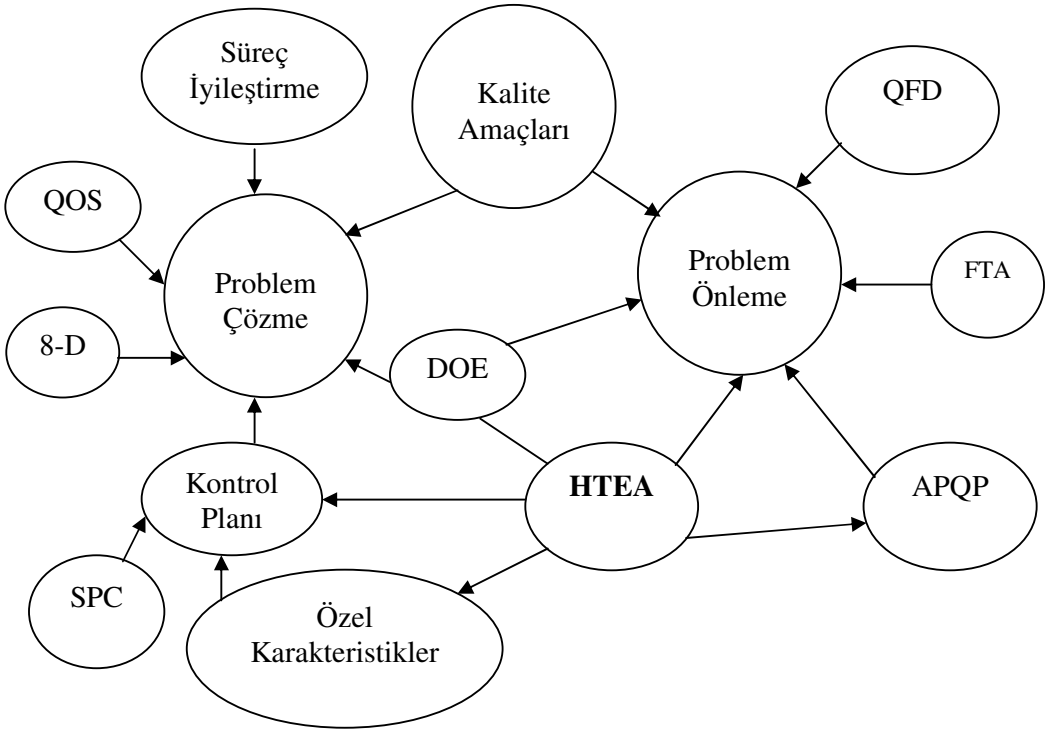
- **Ortaya Çıkma:** Hata nedeninin ne kadar sıklıkta oluştuğunun göstergesidir. Ürünün beklenen ömrü içinde kullanımı sırasında hata türüne yol açmasının ihtimali olarak da tanımlanabilir.
- **Saptama:** Mevcut kontroller sayesinde hatanın bulunarak müşteriye ulaşmasını engelleme derecesidir. Bu tespit; parça veya ürün, üretim veya montaj hattını terk etmeden önce gerçekleştirilmelidir.
- **Risk Öncelik Sayısı:** Belirlenen Ağırlık (A), Ortaya Çıkma (O) ve Saptama (S) değerleri kullanılarak elde edilir ve hata türlerini öncelik sırasına koymada kullanılır.

Hata Türleri Ve Etkileri Analizi, diğer kalite teknikleri ile de ilişkilidir. Tarih boyunca kalite alanında yapılan çalışmaların sürekli iyileşme ve gelişme üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu da ancak geçmişteki sorunları tespit etmek ve gelecekte onların tekrar ortaya çıkmalarını engellemekle olur. İşte Hata Türleri Ve Etkileri Analizi de bu beklentiyi gerçekleştirmek için çalışan bir yöntemdir.

Kalite Yönetim Sistemleri' nin önemli bir parçası olan HTEA Yöntemi' nin diğer kalite teknikleri ile ilişkisi Şekil 3.1' de görülmektedir. Buna göre:

- Deney Tasarımı' nda (Design Of Experiments-**DOE**), belirli bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkenler üzerindeki etkileri belirlenir. Ayrıca bağımsız değişkenler önceden belirlenmiş bir plana göre değiştirilirler. HTEA uygulamalarında Deney Tasarımı; birkaç bağımsız değişkenin veya hata nedenlerinin bileşik etkisinin belirlenmesinde kullanılır.
- Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis-**FTA**), muhtemel normal ve hatalı olayların etkilerinin bileşimlerini yansıtır. Hata nedenleri ve ortaya çıkma olasılıkları Hata Ağacı Analizi ile bulunabilir.
- Kalite Fonksiyon Göçerimi (Quality Function Deployment-**QFD**), fonksiyonlar arası bir takım tarafından yapılan; müşteri girdilerinin tasarım, üretim ve servise kadar iletilmesi olarak tanımlanan bir ürün/hizmet geliştirme sürecidir. Kalite Fonksiyon Göçerimi içinde HTEA, hata önleme aracı olarak kullanılmaktadır.

- Kontrol Planı; ürün, proses veya hizmetler için kalite planlama faaliyetlerinin yazılı özetidir. HTEA Yöntemi kritik karakteristikleri belirleyerek Kontrol Planı için başlangıç noktasını oluşturur.
- İstatistiksel Proses Kontrol (Statistical Process Control-**SPC**), ortaya çıkma ve saptama değerlerini belirleyerek HTEA için hataların saptanmasında kullanılmaktadır.



Şekil 3.1 HTEA' nın Diğer Kalite Teknikleri İle İlişkisi

3.1.1.2 Mühendislik Uygulamalarında HTEA Yöntemi

Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi, tarih boyunca otomotivden yazılıma kadar pek çok mühendislik alanına uygulanmıştır. Özellikle otomotiv sektörü için bir vazgeçilmez olan HTEA Yöntemi' ni, yine bu sektörde üç büyükler olarak bilinen General Motors (GM), Daimler Chrysler ve Ford Motor uygulamıştır. Hatta uygulamakla da kalmayıp 1998 yılında genel standart olarak benimsemişlerdir.

Üç büyüklerin bu çalışmasının ön hazırlığını ise, QS 9000 teşkil etmektedir. Quality System Requirements-9000 olarak adlandırılan bu standart ABD' deki GM, Daimler Chrysler ve Ford Motor tarafından 1994 yılında geliştirilmiştir. QS 9000, bir ortak tedarikçi yeterlilik programıdır. Tedarikçi kuruluşlar için geliştirilmiştir ve tedarikçilerin kendi kalite sistem el kitapçıkları ile değerlendirme kriterlerini bir araya getirmek suretiyle geliştirilmiştir.

QS 9000 Standardı; müşteri memnuniyeti, sürekli iyileştirme, hataları önleme, değişkenliğin azaltılması ve atıkların azaltılması konularına odaklanmış olup otomotiv sektörüne özel bir standarttır. Hataların önlenmesi ve sürekli iyileştirme çalışmaları, üç büyüklerin HTEA Yöntemi' ne geçişinin temelini oluşturmuştur. Ve 1998' de HTEA Yöntemi, QS 9000' in eki olarak kabul edilmiştir.

İlk olarak 1999 yılında yayınlanan ISO/TS 16949 ise; standart değil, teknik spesifikasyondur. Otomotiv sektörü ile ilgilidir. Üç büyükler ISO/TS 16949' u uygulayacaklarını beyan ederken, QS 9000 Standardı' nın 14 Aralık 2006 tarihinde yürürlükten kaldırılmasına karar vermişlerdir. ISO/TS 16949 spesifikasyonu, müşteri tarafından verilen ürünler ve/veya servis parçaları üreten otomotiv tedarik zinciri içindeki tedarikçilere uygulanmaktadır. Yeterlilik, en az 12 aylık performans verisi sunulmasıyla kanıtlanmalıdır. Başta üç büyükler olmak üzere; BMW, Nissan, Fiat, Renault, Volkswagen gibi pek çok otomotiv firması ISO/TS 16949' u uygulamışlardır. Bu spesifikasyon, QS 9000 Standardı' nın devamı niteliğinde olması dolayısıyla; HTEA Yöntemi ile de bağlantılıdır.

HTEA Yöntemi, otomotiv sektöründen başka mühendislik dallarında da uygulama alanı bulmuştur. Bunlara birkaç örnek şöyledir:

- Gıda üretimi yapan işletmelerde HACCP sistemi ile entegrasyonlu olarak kullanılmıştır (Scipioni ve ark., 2001).
- Talaşlı imalat yapan işletmelerde güvenlik ve güvenilirliği artırmak için kullanılmıştır (Engin, 2001).
- Makina imalatı yapan işletmelerde makinaların güvenli kullanımının sağlanması için HTEA Yöntemi tercih edilmiştir (Tuncer, 2005).

- Üç boyutlu düşünme tekniğinin anlaşılmasında (Yadav ve ark., 2006),
- Belirsiz veri kuşatma analizlerinde (Garcia ve ark.,2005),
- Nükleer santrallerde reaktörlerin tehlike analizlerinin yapılmasında (Tuncer, 2005),
- Elektriksel güç şebekelerinin güvenliğinin sağlanmasında (Dominiguez ve ark., 2006),
- Endüstrilerdeki önleyici bakım çalışmalarının gerçekleştirilmesinde (Eti ve ark., 2006),
- Havayolunda yolcu güvenliğinin sağlanmasında,
- Nükleer mühendislik sistemlerinde,
- Metallerin erime güçlüğünün değerlendirilmesinde,
- Bilgi modellemesinde (Teoh ve Case, 2004) ve
- Çeşitli medikal kuruluşlarda (Michelin ve ark., 2004) kullanılmıştır.

3.1.1.3 Hata Türleri ve Etkileri Analizi Çeşitleri

HTEA yöntemi ilk olarak donanıma yönelik olarak yapılmış; zaman içerisinde yaygınlaştıkça proses içindeki olası hatalara da uygulanmaya başlamıştır. Daha sonra da tasarım ve hizmet alanlarına da uygulanmıştır. HTEA Yöntemi kullanıldığı aşamaya göre dört farklı biçimde ortaya çıkmaktadır:

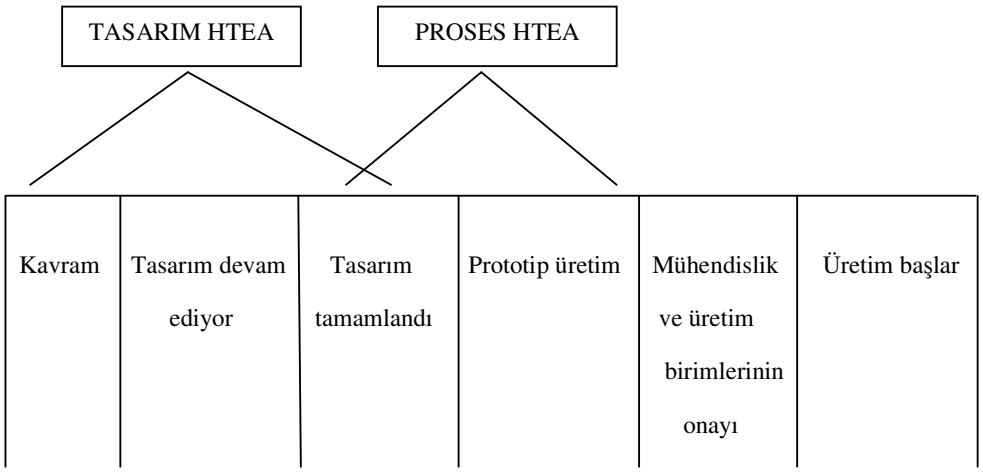
- Sistem HTEA,
- Tasarım HTEA,
- Proses HTEA,
- Servis HTEA.

HTEA çeşitleri arasındaki ilişki Tablo 3.1' de verilmektedir:

Tablo 3.1 HTEA Çeşitleri Arasındaki İlişki

Sistem →	Tasarım →	Proses →	Servis
Bileşenler	Bileşenler	İnsan Gücü	İnsan Gücü/İnsan Kaynakları
Alt Sistemler	Alt Sistemler	Metot	Makina
Ana Sistemler	Ana Sistemler	Makina	Metot
		Malzeme	Malzeme
		Ölçüm	Ölçüm
		Çevre	Çevre
		↓	↓
		Makinalar	İnsan Kaynakları
		Araçlar	Görev
		İş İstasyonları	İş İstasyonları
		Üretim Hatları	Servis Hatları
		Prosesler	Servisler
		Ölçümler	Performans
		Operatör Eğitimi	Operatör Eğitimi
Odak: Sistemdeki hata etkilerini azaltmak.	**Odak:** Tasarımdaki hata etkilerini azaltmak.	**Odak:** Bütün prosesteki (sistem) hata etkilerini azaltmak.	**Odak:** Organizasyondaki hata etkilerini azaltmak.
Hedef: Sistem kalitesini, güvenilirliğini ve korunabilirliğini arttırmak.	**Hedef:** Tasarım kalitesini güvenilirliğini ve korunabilirliğini arttırmak.	**Hedef:** Proses (sistem) kalitesini, güvenilirliğini, korunabilirliğini ve verimliliğini artırmak.	**Hedef:** Kalite, güvenilirlik ve serviste müşteri tatminini arttırmak.

Proses HTEA' da hatanın türleri belirlenirken Tasarım HTEA' daki hata sebeplerinden yararlanılır. Yani Proses HTEA' nın temeli, Tasarım HTEA' dan gelmektedir. Tasarım ve Proses HTEA arasındaki ilişki Şekil 3.2 ile de açıklanabilir:



Şekil 3.2 Tasarım ve Proses HTEA arasındaki ilişki

Uygulamada Tasarım ve Proses HTEA' nın birbirlerine karıştırıldığı görülmüştür. Bu iki HTEA çalışmasının karıştırılmaması için bir karşılaştırma Tablo 3.2' de verilmektedir:

Tablo 3.2 Tasarım ve Proses HTEA Karşılaştırması

TASARIM HATALARI	**PROSES HATALARI**
Boru çapının yanlış **hesaplanması**	Boru çapının yanlış **döşenmesi**
Gaz giriş borusu basıncının yanlış **hesaplanması**	Gaz giriş borusu basıncının yanlış **ayarlanması**
Yanlış alet **belirlenmesi**	Yanlış alet **kullanılması**

3.1.1.4 Sistem HTEA

Sistem eksikliklerinden doğan sistem fonksiyonları arasındaki potansiyel hata türlerini, tasarımın ön aşamalarında sistem ve alt sistemleri analiz etme yoluyla belirler.

Hedef; operasyonel (performans) faktörler ile ekonomik faktörler arasında uygun bir denge tanımlamak ve oluşturmaktır. Bu hedefe ulaşmak maksadıyla Sistem HTEA çalışması; müşterinin belirlenmiş ihtiyaç, istek ve beklentilerini dikkate alarak yapılmalıdır.

Sistem HTEA' nın faydaları (Tuncer 2005-a) şunlardır:

- Risk Öncelik Sayısı' nı tespit ederek hataların önceliklerine göre sıralanmasını sağlar.
- Potansiyel hataların bulunabileceği alanlar daralır.
- Fazlalıkların tespit edilmesine yardım eder.
- Sistem düzeyindeki teşhis prosedürleri için bir temel meydana getirilmesine yardımcı olur.
- En iyi sistem tasarım alternatifinin seçilmesinde rehberlik eder.

3.1.1.5 Tasarım HTEA

Üretime başlanmadan önce ürünlerin analiz edilmesinde ve tasarımdan doğan hata türlerinin tespit edilmesinde kullanılır. Üretime karar verilmeden önce uygulanır.

Tasarım HTEA' da iki yaklaşım söz konusudur. Birinci yaklaşımda sistem ya da ürün bir bütün olarak ele alınır. Ve en alt birime kadar analiz edilir. İkinci yaklaşımda ise parça, bileşen gibi; sistemlerin en alt düzeyindeki birimlerden başlanır. Alt montaj, alt sistem gibi aşamaları geçerek sistemin ya da ürünün en son

seviyesine kadar ilerlenir. Bu yaklaşımlardan hangisinin tercih edileceği, sistemin ve sorunun büyüklüğüne göre belirlenir.

Tasarım HTEA' nın faydalarını (Tuncer 2005-a) şöyle sıralamak mümkündür:

- Tasarım revizyon faaliyetleri ile ilgili öncelikler belirlenir.
- Ürün hataları, ürün tasarım aşamasında iken belirlenir.
- Potansiyel güvenlik konularını belirleyerek ortadan kaldırılmasına yardım eder ve değişiklik için açıklamaları kaydeder.
- Mühim ve kritik özelliklerin belirlenmesine yardım eder.
- Ürünlerle ilgili tasarım ve doğrulama deneyleri sırasında kullanılabilecek bilgiler sağlanır.

3.1.1.6 Proses HTEA

Üretim veya montaj sürecindeki eksikliklerden kaynaklanan hata türlerini yok etmek, üretim ve montaj süreçlerini analiz etmek maksadıyla kullanılır. Kusursuz ürünler üretmek maksadıyla montaj ve imalat süreçlerinde kullanılan makinaları, aletleri, prosesleri ve insan gücünün etkilerini analiz ederek; imalat proseslerini değerlendirebilme ve zayıf noktalarını belirleme olanağını verir.

Proses HTEA' nın faydaları (Tuncer 2005-a) şöyle sıralanabilir:

- Risk Öncelik Sayısını tespit ederek hataların önceliklerine göre sıralanmasını sağlar.
- Kritik ve/veya mühim hata karakteristiklerinin potansiyel listesini elde etmemizi sağlar.
- Süreç yetersizliklerini belirler ve buna göre Düzeltici ve Önleyici Faaliyetler Planı önerir.

- Kritik ve/veya mühim karakteristikleri belirler ve kontrol planları geliştirmeye yardım eder. Değişikliklerin hangi maksatla yapıldığını dokümante eder.
- Düzeltici ve önleyici faaliyetler için öncelik sırasını belirler.
- İmalat veya montaj süreçlerinin analiz edilmesinde yardımcıdır.

3.1.1.7 Servis HTEA

Müşteri hizmetlerini geliştirmek bağlamında Üretim, Kalite Yönetim ve Pazarlama işbirliği ile uygulanan bir yöntemdir. Hizmetler müşteriye ulaşmadan önce hizmetlerin analiz edilmesi amacıyla kullanılır. Sistem veya süreç yetersizliklerinden kaynaklanan hata türleri üzerine odaklanır.

Servis HTEA' nın faydaları (Tuncer 2005-a) şöyle sıralanabilir:

- İş akışının analiz edilmesinde yardımcıdır.
- Sistem ve/veya süreçlerin analiz edilmesinde yardımcıdır.
- İşlem yetersizliklerinin belirlenmesini sağlar.
- İyileştirme çalışmaları için öncelikleri belirler.
- Kritik veya mühim işlemleri belirler ve kontrol planlarının geliştirilmesine yardımcı olur.

3.1.1.8 Hata Türü, Etkileri ve Kritiklik Analizi (FMECA)

HTEA analizine kritiklik kavramı da eklenebilir. Böylece Hata Türleri, Etkileri ve Kritiklik Analizi (FMECA) ortaya çıkar. Muhtemel hata türünün etkileri kritikliklerine göre sınıflandırıldığında, yöntem Hata Türleri, Etkileri ve Kritiklik

Analizi olur. Bu teknikteki kritiklik ifadesi, tedbirlerin hangi hatalardan başlayacağını göstermektedir.

Kritiklik çalışmasında, sistem güvenlik analizi ile bağlantı kurulabilir. Sistem güvenliğinde bütün sistemlerin hatalarının kazaya yol açan hata türleri üzerinde durulmaktadır.

3.1.1.9 HTEA' nın Faydaları ve Uygulamadaki Zorluklar

HTEA çalışmaları belli bir disiplin içerisinde yürütülür ve nihayetlenir ise pek çok fayda doğurur. Bunlardan başlıcaları; firma prestijini olumlu yönde etkilemesi, potansiyel hata türlerinin henüz tasarım aşamasındayken belirlenmesi sonucu tasarımın/üretimin ve montajın hatasız olarak gerçekleştirilebilmesi, hizmet kalitesinin ve ürün kalitesinin artması, firmalar arası rekabette bir adım öne geçirmesi, hizmet ve ürün güvenilirliğini artırması, grup çalışmasını destekleyerek organizasyon kültürünü geliştirmesi, hataları engelleyerek zamandan ve paradan kazandırması, firelerin azalması, risklerin ortadan kaldırılması, müşteri memnuniyetini artırması, optimum sistem tasarımını seçmede yol göstericilik yapması, sonradan yapılması gerekecek değişiklikleri ortadan kaldırarak bunlardan doğacak ek maliyetleri azaltması olarak sıralanabilir.

HTEA uygulamada bazı zorluklarla karşılaşılabilmektedir. Bunlar kısaca; veri kaynaklarının olmaması ya da kısıtlı olması, çalışmaları yönlendirecek belirli ve ortak bir standart olmaması, yönetimin ve işletmede görevli personelin yöntemin uygulanmasına isteksiz olmaları şeklinde sıralanabilir.

3.1.2 Kalite Fonksiyon Göçerimi Yöntemi

Kalite Kontrol, firmaların itibarlarının sarsılmaması için uygulamaları gereken önemli bir çalışmadır. Ancak tüm sektörlerde Kalite Kontrol ile ilgili yer etmiş yanlış bir düşünce vardır. Firmalarda karıştırılan şey, kalite kontrol ile ayıklamadır.

Kalite Kontrol, üretimin her aşamasında uygulanması gereken bir yöntemdir. Girdi, ara ve son kontrol gibi isimler alır. Oysa üretim bittikten sonra "sağlam" ve "arızalı" şeklinde ayıklama yapmak, Kalite Kontrolü olarak adlandırılamaz.

Kalite Fonksiyon Göçerimi (KFG) Yöntemi ise, firmalara önce üretip sonra kontrol etmek şeklinde yerleşmiş olan eski düşünce tarzı yerine, kaliteyi ürünlere ve üretim süreçlerine yerleştirerek ürünlerin hatasız üretilmesi şeklindeki yeni düşünce tarzını destekler. Böylece geleneksel yaklaşım ile yapılan üretimlerde sık sık karşılaşılan tasarımda değişikliğe gitme zorunluluğu da ortadan kalkar.

1966 yılında Japonya' da ortaya çıkan yöntem ilk olarak Mitsubishi' nin Kobe' deki gemi tersanelerine uygulanmıştır. Zaman içerisinde tüm dünyaya yayılmış ve bulaşık makinası, araba, dijital ekipman üretimi gibi sektörlerde uygulanmıştır.

Kalite Fonksiyon Göçerimi, müşteri isteklerini tasarım hedeflerine dönüştürmek ve üretim sırasında kullanılacak başlıca kalite güvence noktalarına dönüştürmek amacıyla tasarım kalitesini geliştirmeyi amaçlayan bir yöntem olup, tasarım kalitesini ürün daha tasarım aşamasındayken güvence altına almanın bir yoludur. Müşteri isteklerini dinleyip tam olarak ne istediklerini anladıktan sonra, bu ihtiyaçların eldeki kaynaklarla en iyi şekilde nasıl karşılanacağını belirlemenin mantıksal bir yolu olarak da tanımlanabilir.

Kalite Fonksiyon Göçerimi; ürün/hizmet gerçekleştirme maliyetlerinin düşürülmesi, üretim/hizmet zamanının kısaltılması, verimliliğin artırılması ve müşteri memnuniyetinin sağlanmasında ciddi faydalar sağlayan bir metottur.

Bu tez çalışmasında KFG Yöntemi' nin mantığı; doğalgazlı sistemlerin tasarımı ve üretimi aşamalarında uyulmak zorunda olan yasal şartların haricinde, müşteri isteklerinin de belirlenmesi için bir yol gösterici olarak kullanılmıştır.

3.2 Metot

3.2.1 Uygulanacak HTEA Türünün Belirlenmesi

Hata Türleri ve Etkileri Analizi' nin dört türü vardır. Sistem, tasarım, proses ve servis HTEA. Bunlardan Sistem HTEA, tasarım ve kavramların ön aşamalarında sistemleri ve alt sistemleri analiz eder. Böylece sistem eksikliklerinden doğan potansiyel hatalar belirlenir. Sistemin bileşenleri arasındaki etkileşim değerlendirilir.

Servis HTEA ise hizmetler müşteriye ulaşmadan hemen önce hizmetlerin analiz edilmesinde kullanılır. Üretim, Kalite Yönetim ve Pazarlama koordinasyonu ile uygulanır.

Tasarım HTEA ürün tasarımını yönlendirmektedir. Üretime başlanmadan önce ürün tasarımının yönlendirilmesinde kullanılır. Bu tez çalışmasında öncelikle binaya uygun doğalgaz hattı tasarımı yapılmıştır. Bunun için de Tasarım HTEA Yöntemi' nden yararlanılmıştır.

Proses HTEA Yöntemi ise proses tasarımında kullanılır. Üretim veya montaj proseslerini analiz etmek amacına hizmet eder. Bu tez çalışmasında ağırlıklı olarak Proses HTEA Yöntemi' nden yararlanılmıştır. Uygulamada üretim sektöründe en yaygın olarak kullanılan çeşit, Proses HTEA Yöntemi' dir.

3.2.2 Hata Türleri ve Etkileri Analizi Uygulama Süreci

İşletmelerde verimi yükseltebilmek maksadıyla, birimler arasında çapraz çalışma sistemi uygulanabilir. Yani ürünle/sistemle ilgili olası hataların tasarım aşamasında belirlenip ortadan kaldırılması için, üretimden sorumlu kişiler tasarım bölümlerinde çalışabilir ve tasarım mühendisleri ile beyin fırtınası yapabilirler. Aynı şekilde o tasarımın o firma bünyesine uygun olup olmadığının belirlenmesi için de, tasarım mühendisleri üretimden sorumlu kişiler ile çalışabilirler. Bu çapraz çalışma durumunun HTEA Yöntemi' ne uygulanabilmesi mümkündür.

Buna göre öncelikle genel bir hazırlık çalışması yapılır ve analiz edilecek ürün/sistem tanımlanır. Uygulamanın nedenleri, HTEA takımı ve kontrol planları belirlenir. Çalışma sınırları ve hedeflenen nokta belirlenir.

Daha sonra ise; sistemin analizi, değerlendirme ve iyileştirme aşamaları gerçekleştirilir. HTEA Yöntemi Uygulamasına ait İş Akış Şeması Şekil 3.3' te verilmektedir:



Şekil 3.3 HTEA Yöntemi Uygulamasına ait İş Akış Şeması

4 BİNA DOĞALGAZ İÇ TESİSATI TASARIMI VE ÜRETİMİNDE HTEA UYGULAMASI

4.1 Uygulama Giriş

Rekabet piyasasında işletmelerin ayakta kalabilmeleri ve kendi sektörleri içerisinde vazgeçilmez olabilmeleri için, sürekli gelişim ve sürekli iyileşme konusunda azami derecede istekli olmaları ve çalışmalarını bu yönde geliştirmeleri gerekmektedir. Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi, firmalara bu konuda yardımcı olan pek çok kalite geliştirme yönteminden bir tanesidir. Üzerinde çalışılan konu ile ilgili potansiyel hata türlerini tespit edip hatalar henüz vuku bulmadan önlemler alan bu yöntem sayesinde, zaman, para ve itibar gibi değerlerde kayıp yaşanmamış olur.

Bu tez çalışmasında, ülkemizde kullanımı giderek yaygınlaşan doğalgazlı sistemlerin iç tesisat tasarım ve üretimi aşamalarına Hata Türleri Ve Etkileri Analizi Yöntemi uygulanmıştır. Uygulama çalışması; Konya İli Selçuklu İlçesi' nde bulunan 12 katlı Kardelen Sitesi E Blok' a kurulan doğalgaz iç tesisatına yapılmış olup, Selmak Mühendislik Taahhüt Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi çalışanları ile birlikte gerçekleştirilmiştir.

4.2 HTEA Uygulama Öncesi Hazırlıklar

4.2.1 Mevzuat Araştırması

Bu tez çalışması için öncelikle doğalgazlı sistemlerle ilgili tasarım, imalat, tesisat bakımı gibi konularda hazırlanmış olan yasal mevzuat araştırılmıştır ve belirlenmiş kurallar çerçevesinde çalışmalar yürütülmüştür. Ayrıca, Konya İli' nde gaz dağıtım işlemlerini yürüten lisanslı kuruluş Gaznet A.Ş.' nin hazırlamış olduğu şartnamelerden de yararlanılmıştır. Doğalgaz tesisatı tasarım ve imalatında başvurulacak tüm Türk Standartları da dâhil olmak üzere, bu çalışmada kısmen ya da

tamamen faydalanılan yasal mevzuat tablolaştırılmış ve konunun bütünlüğünü bozmaması açısından EKLER bölümünde EK 8 olarak verilmiştir.

4.2.2 Doğalgaz Kazaları Analizi

Çalışma kapsamında doğalgaz kazaları hakkında ayrıntılı bir araştırma yapılmış ve elde edilen sonuçlar tablolaştırılmıştır. Tabloda verilen kaza analizleri, Kaynaklar bölümünde yazılan web sitelerinden elde edilen bilgilerin derlenmesi ile oluşturulmuştur. Doğalgaz kazalarının ayrıntılı anlatımı Tablo 4.1' de verilmektedir:

Tablo 4.1 Doğalgaz Kazaları Analizi

DOĞALGAZ KAZALARI ANALİZİ
A. Teknolojik ve insan kaynaklı afet riski taşıyan işlerden bazıları; Doğalgaz Dağıtım Şebekeleri Tesisi, Doğalgazın kullanımı ve çeşitli kurumların doğalgaz haritalarına dikkat etmeksizin yaptıkları altyapı çalışmalarıdır. Son zamanlarda doğalgaz kaynaklı kazalarda artış olduğu ve bu kazaların her an olabileceği ifade edilmektedir.
B. Bursa'da 13.10.1997 tarihine kadar 508 adet doğalgaz şebeke borusu kopartılması şeklinde kaza meydana gelmiştir. Bütün dünyada doğalgaz kazalarının sebebi % 99 üçüncü şahıslardır. Bursa'da da anılan tarihe kadar meydana gelen kazaların % 100'ü üçüncü şahıslar tarafından oluşturulmuştur. Üçüncü şahıs hasarları özellikle altyapı çalışmalarının yoğun olduğu bahar ve yaz aylarında meydana gelmekte ve altyapı çalışması yapan diğer kuruluşların çalışmalarına gereken özeni göstermemelerinden kaynaklanmaktadır. Anılan tarihe kadar olan kazaların hiç birisinde can kaybı olmamış tamamı maddî hasarlarla atlatılmıştır.
C. Konya' da Gaz Dağıtım Şirketi Gaznet' in ortaklarından olan Büyükşehir Belediyesi'nden iş alan bir müteahhidin, izinsiz kazı çalışmasıyla 18 Ocak 2006 tarihinde doğalgaz ana hattına hasar vermesi sebebiyle, büyük sesli bir patlama meydana gelmiştir. Patlama, Hocafakıh Alavardı alt geçit çalışmaları sırasında vuku bulmuştur. Patlama sonrası onarım çalışmalarının uzun sürmesi üzerine bazı hastane ve resmi kurumlar sıkıntı içerisine girmişlerdir. Ve pek çok bölgeye uzun süre gaz verilememiştir. Yetkililer bu sorunun basit bir iş kazasından ziyade, belirli bir plan dâhilinde çalışılmamasının ürünü olduğunu söylemişlerdir. Bu tez çalışmasında, onarımın uzun sürmesinin nedeni araştırılmıştır. Gaznet A.Ş. Yapım İşletme bölümünün sorumluluğunda olan onarım işlemi gerçekleştikten sonra, o bölgede bulunan her sektöre ayrı ayrı gaz verilmiştir. Bunun sebebi, daha güvenli ve kontrollü çalışılmasıdır. Tüm sektörlere aynı anda gaz verilmesi yolu tercih edilseydi, onarım süresi kısa olabilirdi.
D. Ağustos 2006' da İran doğalgaz boru hattının Türkiye tarafındaki bölümünde yangın çıktı. Yangının terör örgütü tarafından çıkarıldığı tahmin edilmiştir.
E. İran Ulusal Gaz Şirketi (NIGC)' nin Türkiye' ye doğalgaz taşıyan boru hattında 28.09.2006 tarihinde bir yangın çıkmıştır. Türkiye saati ile 21.55 sıralarında çıkan yangının bir sabotaj sonucu gerçekleşmiş olabileceği bildirilmiştir. İran topraklarında ilk kez böyle bir patlama meydana gelmiştir. Boru hattındaki yangın, bir gün sonra söndürülmüştür. Yangına yol açan patlama sınırdan 2 kilometre içeride Bazargan şehrindeki gaz ulaştırma istasyonunda meydana gelmiştir.
F. Kasım 2006' da İstanbul Bostancı' da Büyükşehir Belediyesi'nin alt geçit çalışmasını yürüten müteahhit firmanın sondaj makinasi, doğalgaz borusunu delip paniğe yol açmıştır.

Tablo 4.1 (Devam) Doğalgaz Kazaları Analizi

G. 17.12.2006 tarihinde saat 13.00 sıralarında İstanbul 4. Levent Büyükdere Caddesi' nde Metro şantiyesinde çalışan iş makinası, İgdaş Doğalgaz borularından birini deldi. Yerden büyük gürültüyle ve kuvvetli basınçla fışkıran doğalgazın savurduğu taşlar, yoldan geçen ve park halindeki bazı araçlar ile binaların camlarını kırdı. İGDAŞ ekiplerinin vanaları kapatmasıyla facia önlendi. İGDAŞ, sızıntının metro kazısı sırasında ana borunun zarar görmesi nedeniyle meydana geldiğini belirterek şu açıklamayı yapmıştır: "Müteahhit firmanın bize haber vermeden yaptığı kazı işlemi sırasında, İGDAŞ' ın sekiz inçlik çelik borusuna hasar verilmiştir. Hasar sonucu doğalgaz hattımızda gaz çıkışı meydana gelmiş, İGDAŞ ekipleri 10 dakika içinde vanaları kapatmış ve gaz çıkışını durdurmuştur. Bölgede oturan vatandaşların gazsız kalmaması için yedek bölge regülâtörleri devreye alınmıştır."
H. 110 mm çaplı polietilen hat üzerinde boru boğmak suretiyle bir operasyon yapılarak "Te" bağlantısı ile yeni bir branşmana gaz verilmiştir. Bu olayda fittings malzemeye dikkatsizlik sonucu 24 Volt gerilim yerine 39,5 Volt gerilim değeri verilince elektrofüzyon işleminin başlamasının ardından kısa süre içerisinde fittings dumanlar çıkartarak erimeye başlamıştır. 110'luk polietilen boru yüzeysel erimenin ardından delinmiş ve gaz çıkışı başlamıştır. Durumun farkına varılmasının ardından kontrol kutusu ve bağlı olduğu generatör kapatılarak açığa çıkan kontrolsüz gazın tutuşması önlenmiştir.
I. Gaz teknisyenlerinden oluşan bir ekip, ana vana gövdesi üzerinde iç kaçak tahliye çalışması yapmak üzere bir vana odasının içerisinde bulunmaktaydı. Amaçları, vana gövdesine yerleştirilmiş olan ve ¼" ölçüsünde olan bir relief plug tapasını aynı çapta bir vana+tapa malzemesi ile değiştirmektir. Vana+tapa uygulaması sayesinde bu vana önünde ve gazlı ortamda çalışılması gerektiğinde vana küresinden sızan gazı kontrol altında tutmak ve çalışma noktasına ulaşmadan tahliyesini sağlamaktır. Bu amaçla; relief plug tapası sökülüp aynı yere, aynı çapta küresel vana montajı planlanmıştır. Tapa sökülünce beklenilenin ve olması gerekenin aksine kesintisiz ve yüksek debide, yüksek basınçlı gaz çıkışı ile karşılaşılmıştır. Kapalı mekân olması nedeniyle açığa çıkan gazın sesi ve olabileceklerin düşünülmesi üzerine yaşanan ilk şokun ardından, vana+tapa montajı yapılmaya çalışılmıştır. Ortamda bulunan gaz miktarı giderek yükselirken oda içerisinde bulunan iki gaz teknisyeni vana+tapa montajını bir kaç denemenin ardından çok zor da olsa gerçekleştirmişlerdir. Gazlı ortamda vana montajı yapmaya çalışan personelin kullandığı anahtar takımı ex-proof (alev sızdırmaz) özelliğe sahip değildir ve havalandırma yalnızca ızgaralar ve man-hole yardımıyla sağlanmaktadır. Vana+tapa montajının ardından kontrolsüz gaz çıkışı durmuş ve personel vana odasının dışına çıkmıştır.
J. Bir servis hattı çekimi yapılırken; elektrofüzyon tamamlanmış ve soğuma süresi ardından test işlemleri gerçekleştirilerek boru delinip CAL 15 vanaya kadar gaz alınmıştır. Servis hattı borusunda oluşan hava-gaz karışımından havanın arındırılması ve borular kazınırken ya da delinirken servis hattı borusu içerisine kaçabilecek çapakların dışarı atılması için purge işlemi yapılması gerekmektedir. Bu işlem sırasında CAL 15 pirinç vanaya bağlanması gereken aparat toprak hatlı ayaklı tip flare olmasına rağmen yalnızca purge hortumu bağlanıp gaz atılmaya başlanmıştır. Kısa bir süre sonra purge yapan gaz teknisyeni oluşan statik elektriğin çarpması sonucu panikleyince hortumu elinden fırlatmıştır. Gaz çıkışı bir taraftan sürerken basınç nedeniyle yerde kontrolsüz olarak savrulan hortum 15-20 metre çaplı bir alanda gazın difüze olmasına ve patlama konsantrasyonuna ulaşmasına neden olmuştur. Gazlı ortama giren bir başka gaz teknisyeni CAL 15 vanaya ulaşıp kapatarak problemi gidermiştir.
K. 110 mm çaplı polietilen borudan branşman alınarak, yeni döşenmiş 63 mm' lik bir hatta gaz verilecektir. Bu işlem için gazsız ortamda çalışma yapılabilen, kısa süreli ve daha az kazı gerektirdiği için tercih edilen bir polietilen fittings malzeme olan 110/63 tapping tee kullanılmasına karar verilmiştir. Malzeme alt ve üst olmak üzere iki semer şeklinde parçadan oluşmaktadır. Üst parça füzyon alan ve rezistans ile donatılmış, alt parça ise üst parçayı karşılayarak homojen çevre basıncı oluşturmak için dizayn edilmiştir. Boru kazıma ve temizleme gibi elektrofüzyon öncesi standard işlemlerin ardından fittings montajına geçilmiştir. Her iki parça 4 adet saplama ile (ikisi sağ tarafta, diğer ikisi sol tarafta olmak üzere karşılıklı) birbirine bağlanmıştır. Montaj sırasında saplamalardan birinin karşılık somunu düştüğü için dengeli bir sıkma işlemi yapılamamıştır. Somun olmayan tarafta diğer taraflara olanla bir kaç milimetrelik açıklık oluşmuştur. Buna rağmen karşılık boru olan 63 mm' lik boru da ağızlanarak elektrofüzyon başlatılmıştır. Füzyon başladıktan 70–80 saniye sonra oluşan açıklıktan erimiş halde polietilen reçine akmaya başlamıştır. Kontrol kutusuna müdahale edilerek işlem durdurulana kadar malzeme yanmaya başlamıştır. Yangın söndürücü kullanılarak 110' luk borunun erimesi ve gaz çıkışı önlenmiştir. Vanaya ulaşıp kapatarak problem giderilmiştir.

Tablo 4.1 (Devam) Doğalgaz Kazaları Analizi

L. Altı katlı bir bina inşaatı tamamlanmak üzeredir. Binaya ait atık su tesisatının sokaktan geçmekte olan kanalizasyon sistemine giriş yapması gerekmektedir. Müteahhit bu amaçla bir ekip oluşturarak binanın bodrum katından, sokağın ortasında yer alan kanalizasyona bağlantı için bir tünel açtırmıştır. Aslında ilgili Belediye' den açık kazı için izin alınması gerekirken kaçak olarak yapılan bu kazı çalışmasında tünel yöntemi tercih edilmiştir. Sokağa dik olarak başlatılan tünel kazısı sırasında önce temiz su borusu ardından da elektrik hattı çıkmıştır. Atık su kanalına yaklaşıldığında tünel tavanına yakın bir yerde 63 mm çaplı polietilen doğalgaz borusu ile karşılaşılmıştır. Polietilen boru geçildikten sonra tünelin kanalizasyona ulaşması için 2-3 metre daha ilerlemesi gerekmektedir. Tünelin uzunluğu 5 metreye ulaştığı için aydınlatma ihtiyacı doğmuştur. 220 Volt ile çalışan bir asma duy ve seyyar kablo aracılığı ile sağlanan aydınlatma, tünel içerisinde daha iyi aydınlatma vermesi için tünel tavanına yakın bir yerden geçen polietilen gaz borusuna asılarak kullanılmıştır. Boruya temas eden armut ampulün (220 voltluk) sıcaklığı zamanla erimeye neden olmuştur. Boru delindiğinde 4 bar basınçlı gaz tünel içerisine dolmuştur. Bir yüzeyi dışında kapalı bir ortam olan tünelde, gaz konsantrasyonu kısa zamanda alt patlama limitine ulaşmıştır. Kazı yapanlar seyyar elektrik kablosunu dışarı çıkartıp kaçak noktasının üzerine şambriyel parçası sararak bağ teli ile bağlamışlardır. Aradan bir kaç saat geçmesine rağmen gazın kesilmediğini gördükleri için zorunlu olarak "911" kanalı ile PATANGAS' a haber vermişlerdir. Olaya müdahale etmek durumunda kalan acil ekip, o şartlarda geçici tamir kelepçesi uygulayarak gaz çıkışını engellemiştir.
M. "Po" hattından servis hattı çekimi işlemi yapılmaktadır. S 300 tip kutu montajı, çelik boru üzerine fitting kaynağı, servis kutusuna Cal 25 vana montajı, test ve M-80 piethfort ekipmanı kullanılarak delme işlemleri tamamlanmıştır. Servis hattı fittingsi tapalandıktan sonra M–80 ekipmanı demonte edilmiştir. 32 mm' lik servis hattında oluşan karışım içinden havanın arındırılması için bir miktar gaz tahliye edilmesi gerekmiştir. Bu işlem sırasında katlanabilir ayaklı flare takımı kullanılması gerektiği halde yalnızca pirinç vana kullanılarak purge yapılmıştır. Vana önce kısık olarak açılmıştır. Çıkan gaz/hava karışımı servis kutusu ve yakın çevresinde difüze olmuştur. Daha sonra vana kapatılıp, tekrar tam olarak açılmıştır. Aşırı miktarda gaz servis kutusu tavanına çarparak çevreye yayılmıştır. Atılan gaz miktarı fazla olduğu için polietilen boru içerisinde hareket eden gazın hızı yükselmiştir. M–80 ekipmanı ile boru delme işlemi yapılırken oluşan çapaklar hareketlenip yüksek hızda kutu iç çeperleri ve metal aynaya çarparak spark oluşmasına neden olmuştur. Tutuşan gaz, vana anahtarı ile olayı kumanda eden gaz teknisyeninin kollarının yanmasına neden olmuştur. Gaz yanmaya devam ederken, yangına karşı direnci olmayan servis kutusunu da tamamen yakmıştır. Olay "Po" hattı üzerinde gerçekleştiği için zorunlu olarak bölge regülatör istasyonu çıkış kelebek vanası kapatılmıştır. Böylece yanan gaz kesilirken istasyonun beslediği tüm bölge de gazsız kalmıştır.
N. Servis hattı kaynağı yapılarak bir servis kutusu gazlanacaktır. Bu amaçla elektrofüzyon işlemleri tamamlanmıştır. Yeterli soğuma süresi beklendikten sonra sistem hava basılması suretiyle pnömatik teste tabi tutulmuştur. Test sonucu olumlu olduğu için polietilen boru delinerek servis kutusu vanasına kadar gaz alınacaktır. Gaz teknisyeni saddle tee tiji' ni bir delme aparatı yardımıyla saat yönünde çevirerek delme işlemine başlamıştır. Normalde manuel olarak yapılan bu işlem sırasında, tij zorlandığı için personel hafif lokma takımının cırcır kolunu kullanmaya karar vermiştir. Böylece daha az enerji harcayarak daha fazla iş yapabilmektedir. Tij ucunda yer alan bıçak, bir süre sonra önce boru yüzeyine ulaşmış, daha sonra dönme hareketi devam ettiği için boruyu keserek kestiği daire şeklindeki parçayı içine almıştır. Delme işlemi tamamlanmıştır. Delme aparatı saat yönünün tersine döndürülerek tij yukarı alınmaya başlanmıştır. Tij yukarı doğru 2 cm kadar yükseldiği sırada servis kutusuna kadar olan servis hattı borusu gaz ile dolmuştur. Tij yükselirken, tijin kenarlarında yer alan plastik diş adımları yoluyla saddle içerisinden dışarı doğru gaz sızıntısı başlamıştır. Tij yukarı çekildikçe gaz sızıntısı giderek artmış ve tij yuvasından fırlamıştır. Dağıtım hattındaki 4 bar basınçlı gaz kontrolsüz olarak atmosfere yayılmıştır. Gömülü vana kapatılarak ortam gazsızlaştırıldıktan sonra yapılan incelemede, tijin yuvasında hareket ettiği sırada diş kapmış olduğu görülmüştür. Bu halde delme ve geri çekme işlemleri yapıldığı için tijin metal olan dişlerinin saddle'ın plastik olan karşılık dişlerini bozduğu ve alttan gelen 4 bar basınçlı gazın tijin fırlamasına neden olduğu anlaşılmıştır.
O. Daire içerisinde gaz kokusu ve yangın ihbarı üzerine verilen adrese gidildiğinde, mutfak lavabosundan gaz çıkışı sonucu mutfak perdelerinin tutuşması ve evin hanımının el ve kollarında yanık olayı ile karşılaşılmıştır. Olayın geçtiği sokakta gaz olmasına karşılık ilgili bina gaz kullanmamakta ve servis kutuları da mevcut değildir. Yapılan araştırma sonucu sokakta gaz kokusuna

Tablo 4.1 (Devam) Doğalgaz Kazaları Analizi

O (Devam). rastlanmıştır. Asfalt çeşitli noktalardan delinmiş ve alev iyonizasyon cihazı ile yapılan kontroller sonucu gaz kaçak noktası belirlenerek gömülü vanalar kapatıldıktan sonra müdahale edilmiştir. Yapılan incelemede aspest su borusunun çatlaması sonucu oluşan su jetinin tranşe kumlarını kullanarak 110 mm' lik polietilen gaz borusu üzerinde kumlama etkisi yaptığı ve zaman içerisinde borunun delinmesine yol açtığı anlaşılmıştır. Su borusu, gaz borusu ve atık su kanalı birbirlerine çok yakın döşenmişlerdir. Asbest borudan kaçan su, gaz borusunu aşındırdıktan sonra yüzeye çıkmamış ve yine kırık olan atık su büzlerini gider olarak kullanmıştır. Aşınma sonucu delinen gaz borusundan sızan gaz, kırık halde olan atık su büzlerini takip ederek kanalizasyon sistemine dağılmış ve bir taraftan da olayın gerçekleştiği binanın lavabosuna kadar ulaşmıştır. Lavabo evyesinin altında bulunan gider biçimi sifonlu tipte seçilmediği için kanalizasyon sistemine sızan gaz mutfakta açığa çıkmıştır.
Ö. Servis hattı kaynağı yapılarak bir servis kutusunun gazlanması amacıyla tranşe açılmıştır. Açılan tranşede açığa çıkan 110 mm' lik polietilen gaz borusuna 110/20 mm ölçüsünde saddle tee kaynatılıyor. Soğuma süresi ve test işlemlerinin ardından delme işlemine geçilmiştir. Delme aparatı ile saddle tiji saat yönünde çevrilerek bıçak borunun üzerine indirilmiştir. İşleme devam edildiğinde, bir süre sonra delme aparatının rahatladığı hissedildiğinden110 mm' lik borunun delindiği anlaşılmıştır. Saat yönünün tersine çevirme hareketi verilip tij yukarı alınmasına rağmen gaz geçişi olmayınca delme işlemi tamamlanmadığına karar verilerek, saat yönünde delici tij sonuna kadar çevrilmeye devam edilmiştir. Tij sonlandığında gaz akış sesi ve ortama yayılan gaz kokusu hissedilmesine karşın, saddle tee tarafında gaza rastlanmamıştır. Araştırma yapılınca; servis hattı çalışması gereken gazlı borunun 63 mm' lik olduğu, saddle kaynatılan borunun ise mekanik koruma amaçlı kullanılmış kılıf boru olduğu belirlenmiştir. Kılıf boruyu tamamen delen tij, delme işlemine devam edildiği için gazlı boruyu da yaralamış ve kontrolsüz gaz çıkışı gaz borusu ile kılıf boru arasındaki boşluğu kullanarak yeraltına yayılmıştır. Gömülü vana kapatılarak gaz çıkışı engellenmiştir.
P. 63 mm çapında bir dağıtım hattına gömülü polietilen vana montajı yapılmaktadır. Bu amaçla, uygun ölçülerde tranşe hazırlanmış durumdadır. İşlemi yapacak olan ve gaz teknisyenlerinden oluşan bir ekip uygun noktalardan ve boru boğucu kullanarak gaz akışını kesmiştir. Havalandırma amaçlı saddle tee kaynak ve testleri ardından saddle tee' ler delinerek iki boğucu arasında kalan gaz boşaltılmıştır. Polietilen boru kesilmiş, vananın ölçüsü kadar parça çıkartıldıktan sonra pozisyoner kullanılarak vananın her iki tarafı ile borular ağızlanmıştır. İki parçalı ve 63 mm çaplı iki adet manşon kullanılarak montaj tamamlanmıştır. Bar-code okutularak uygun şartlarda elektrofüzyon kaynağı gerçekleştirilmiştir. Soğuma süresinin ardından test işlemine sıra gelince basınçlı hava kullanmak yerine gazlı test yapılmasına karar verilmiştir. Bu amaçla boğucu takımlarından biri gevşetilince diğer tarafa gaz geçişi başlamıştır. Boru ile vanaları birbirlerine kaynatmak amacıyla kullanılan manşonların her ikisinden de yüksek miktarda gaz çıkışı olmuştur. Gevşetilen boru boğucu tekrar sıkılarak gaz çıkışı önlenmiştir. Problemin kaynağı araştırıldığında, montaj için kullanılan her iki manşonun da esasen takviye amaçlı kullanılması gereken tipte iki parçalı ve güçlendirici manşon olarak isimlendirilen fittingsler olduğu anlaşılmıştır. Malzeme hakkında yeterli bilgi olmadan yapılan işlemin sonucunda, tranşe genişletmekten başlamak üzere tüm işlemler yinelenmek zorunda kalınmıştır. Polietilen gömülü vana da ziyan olmuştur.
R. Kanalizasyon şebeke inşaat çalışması yapılırken, 600 mm çaplı beton büzler için kanal açılıp yerleştirme ve dolgu uygulanmıştır. Sokak kesişim noktalarında ise büzlerin bağlandığı bacalar inşa edilmiştir. Çalışma, genişliği fazla olan bir kanal açılmak suretiyle yapıldığı için kanala paralel olarak çekilmiş 63 mm çaplı gazlı polietilen boru bir süre sonra açığa çıkmıştır. Kanal boyunca devam eden gaz borusunun kum ve dolgusu dökülünce boru askıda kalmıştır. Müteahhit firma bu şekilde çalışmaya devam etmiştir. Kanal açmakta kullanılan back-hoe tipi iş makinası, kazı işlemi dışında 600 lük büzleri indirme işleminde de kullanımaktadır. Basit bir sapan mekanizması ile büzler taşınırken bir işçi de kanal içinde indirme işlemine yardımcı olmaktadır. Sapandan kurtulan ve kanal içerisine düşen bir büz, gazlı polietilen boruya çarparak askıda olan borunun kopmasına neden olmuştur. Kopan borunun bir ucu kanal kenarında kalırken diğer ucu kanal tabanına kadar sarkmıştır. Yüksek ses vebasınçtan ürken ve o sırada kanal içerisinde bulunan işçi panikleyerek kaçmaya çalışmıştır. Ancak, bunu yaparken kaçış yolu olarak döşenmiş ve üstü kapatılmış büzleri seçmiştir. Büzlerin içerisine girerek geriye doğru kaçmıştır. Kanala düşen polietilen borudan çıkan gazın bir bölümü işçinin ardından büzlerin içine dolmaya başlamıştır. İşçi, bir önceki bacadan çıkabilmek için büz içinden

Tablo 4.1 (Devam) Doğalgaz Kazaları Analizi

R (Devam). İlerlemeye devam etmiştir. İlerledikçe ortamdaki ışık giderek azaldığı için önünü görmek amacıyla çakmak kullanmaya çalışmış ve çakmağın yanmaması sayesinde mevcut problem daha da büyümeden bacaya ulaşan işçi buradan çıkartılmıştır. Olay yerine ulaşan gaz teknisyenleri vana kapatarak gaz çıkışını durdurmuşlardır.
S. Alt yapı çalışması sırasında polietilen dağıtım hattı borusuna hasar verilmiş ve gaz çıkışı oluşmuştur. Konu bir abonenin telefon etmesi sonucu kontrol odasına oradan da ilgili şebeke şefliğine ulaşmıştır. İhbarı alan acil ekip olay yerine 8 dakika sonra ulaşmıştır. Hasarlı borunun toprak altında olduğu ve kontrolsüz gaz çıkışının devam ettiğini gören ekip elemanları gömülü vana kapatarak müdahale etmeye karar vermişlerdir. İlgili iskelet ve genel durum planları açılarak hangi vana ya da vanaların kapatılması gerektiği belirlendikten sonra, bir personel olay yerinde kalırken diğer personel vana kapatmaya gitmiştir. Belirlenen vana kapatılıp her iki personel de olay yerinde bir araya geldikten sonra da gaz çıkışı devam etmiştir. Bu şekilde hatta kalan gazın boşalması beklenirken, kontrol odasına farklı noktalardan gaz kesintisi ihbarları gelmeye başlamıştır. Bölgeden sorumlu amirin telsizle olaya müdahalesi ardından yanlış vana kapatıldığı, problemsiz bir kolun gazının kesilmesine neden olunurken sorun yaşanan hatta gaz çıkışına izin verildiği anlaşılmıştır. Gaz çıkışının başlaması ile olayın kontrol altına alınması arasındaki süre yaklaşık 55 dakika olarak belirlenmiştir.

Doğalgazlı sistemlerde bazı baca kazaları da görülebilir. Doğalgaz esasen zehirli bir gaz değildir. Ancak tam yanma gerçekleşmezse ortaya karbon monoksit gazı çıkar. Bu gaz yüksek zehirleyici özelliğe sahiptir. Renksiz ve kokusuz olduğu için ilk anda fark edilmeyebilir. Ancak kandaki hemoglobinle birleşince karboksihemoglobin oluşturur ve solunması sonucu ani bayılmalar görülür. Kandaki oran artarsa da zehirlenme süresi kısalır ve ölüm görülür. Tam yanma sonucu oluşan karbondioksit gazı ise zehirlidir. Yüksek konsantrasyonu beyin hücrelerinin uyuşmasına, düşük konsantrasyonu nefes alma güçlüğüne sebep olur. Oluşan karbondioksit gazının dışarıya atılamaması ve bulunduğumuz ortama emilimi, ölümle sonuçlanabilir.

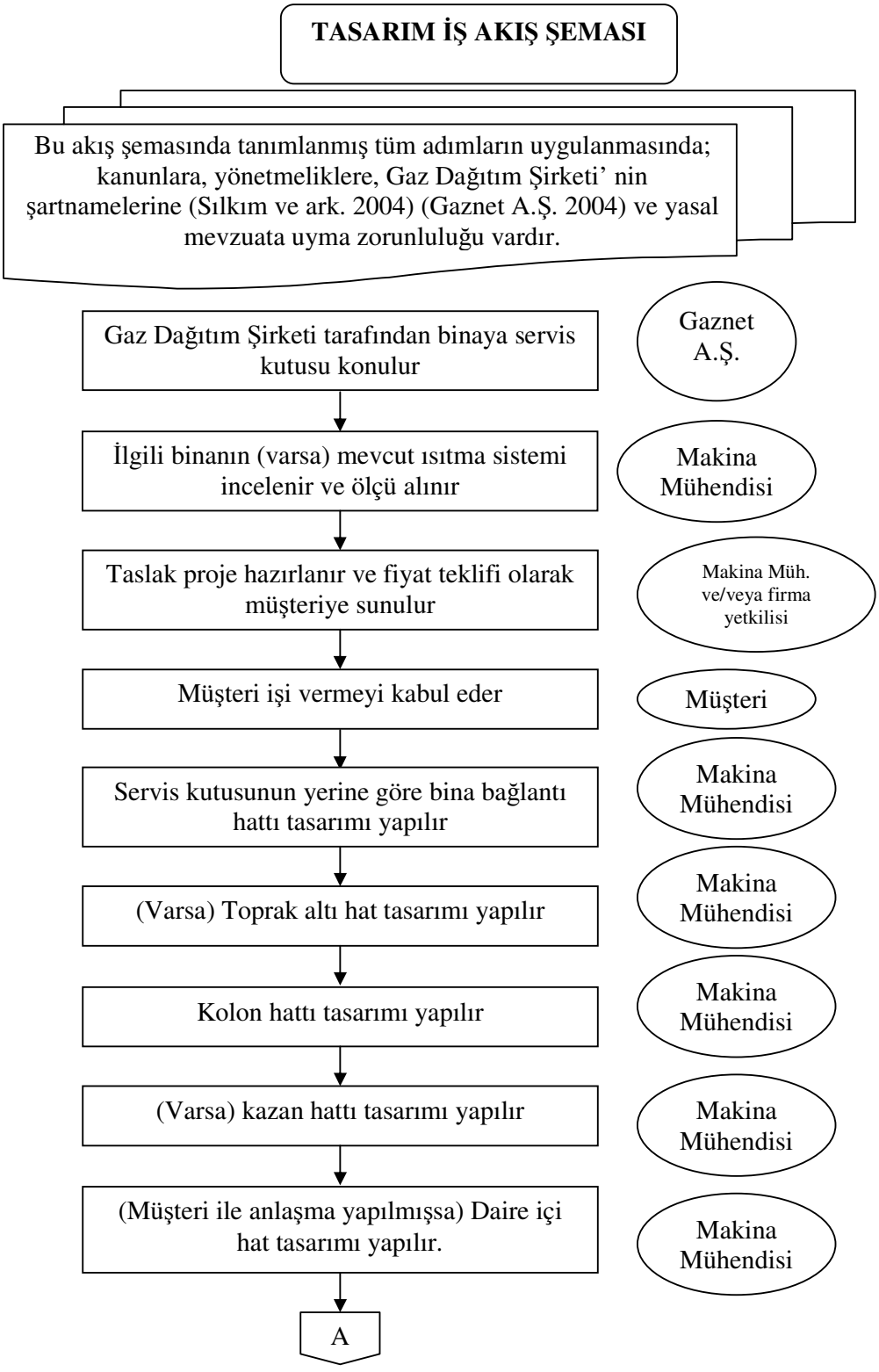
Bu bölümde hazırlanmış olan ikinci tablo, Burger ve Hirschberg tarafından 2004 yılında hazırlanmış olan ve dünya çapında doğalgaz kazaları ile diğer kazaların karşılaştırılmasını veren Tablo 4.2' dir:

Tablo 4.2 Doğalgaz Kazaları ve Diğer Kazaların Karşılaştırılması (Burgherr ve Hirschberg, 2005)

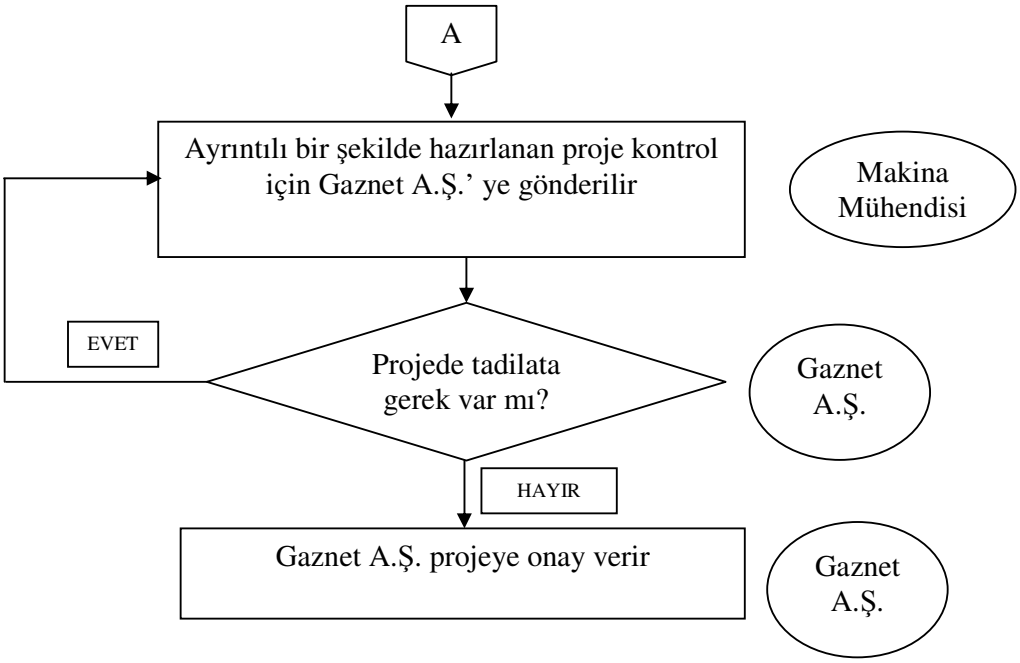
Gerçekleştiği Ülke	Zaman Periyodu	Coğrafi Alan	Vuku Bulan Kaza
Amerika	1900–2003	Dünya çapında	İnsan eliyle oluşan kazalar ve doğal afetler
İngiltere	1900–2003	Dünya çapında	Endüstriyel kazalar
İngiltere	1900–2003	Dünya çapında	İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili kazalar
Hollanda	1900–2003	Dünya çapında	Endüstriyel kazalar
İsviçre	1969–2003	Dünya çapında	İnsan eliyle oluşan kazalar ve doğal afetler
İngiltere	1976–2003	Dünya çapında	Endüstriyel kazalar
Norveç	1970–1998	Dünya çapında	Deniz kazaları
İngiltere	1974–2003	Dünya çapında	Tanker kazaları
Amerika	1974–1997	Dünya çapında	Tanker kazaları
Fransa	1850–2000	Dünya çapında	Baraj kazaları
Çin	1994–2000	Çin	Zincirleme kömür kazaları
Amerika	1945–1991	Dünya çapında	İnsan eliyle oluşan kazalar ve doğal afetler
Almanya	1900–1986	Dünya çapında	Endüstriyel kazalar
Avrupa Topl.	1980–1991	Avrupa	Endüstriyel kazalar
Amerika	1800–1968	Dünya çapında	Baraj kazaları
İngiltere	1973–1997	Dünya çapında	İnsan eliyle oluşan kazalar ve doğal afetler
Amerika	1965–1990	Dünya çapında	Elektrik ve gaz endüstrilerindeki kazalar
Amerika	1970–1989	Amerika	Deniz kazaları
Amerika	1900–1985	Amerika	Kimyasal kazalar
İtalya	1850–1998	Dünya çapında	Endüstriyel kazalar
Finlandiya	1978–1998	Finlandiya	İnsan eliyle oluşan kazalar ve doğal afetler

4.2.3 İş Akış Şemaları

Sistemi analiz ederken, işin nasıl yapılacağı da incelenmeli ve bilinmelidir. Zira prosesin ayrıntıları bilinmeden, o proses üzerinde başarılı bir çalışma çıkarmak imkansızdır. Bu nedenle burada, doğalgaz tesisatı tasarımı ve imalatının hangi aşamalardan oluştuğu ve ne şekilde yapıldığını anlatan iş akış şemaları oluşturulmuştur. Projelendirme aşaması Tasarım İş Akış Şeması' nda anlatılmaktadır. Tasarım İş Akış Şeması, Şekil 4.1' de verilmiştir:

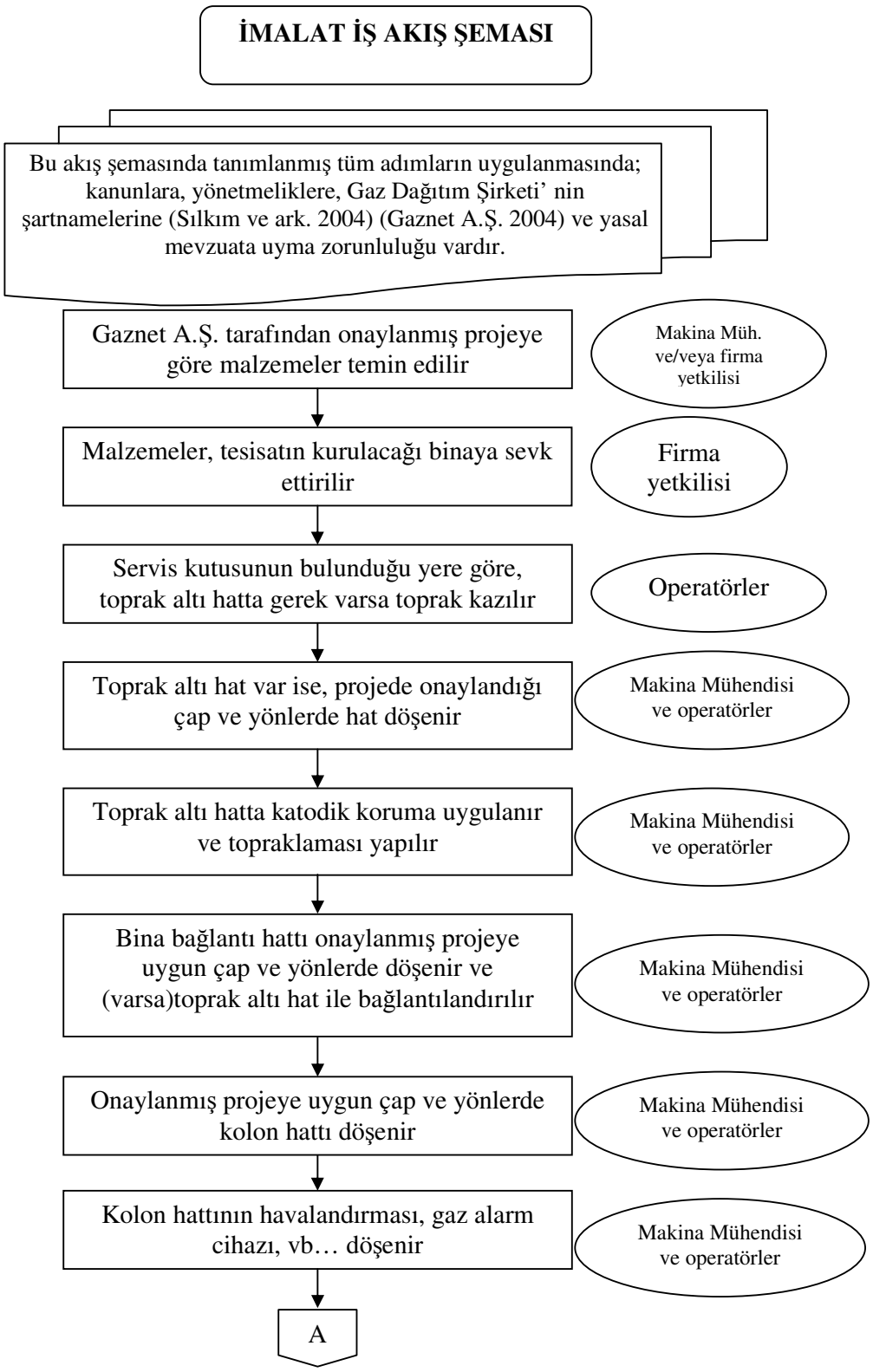


Şekil 4.1 Tasarım İş Akış Şeması

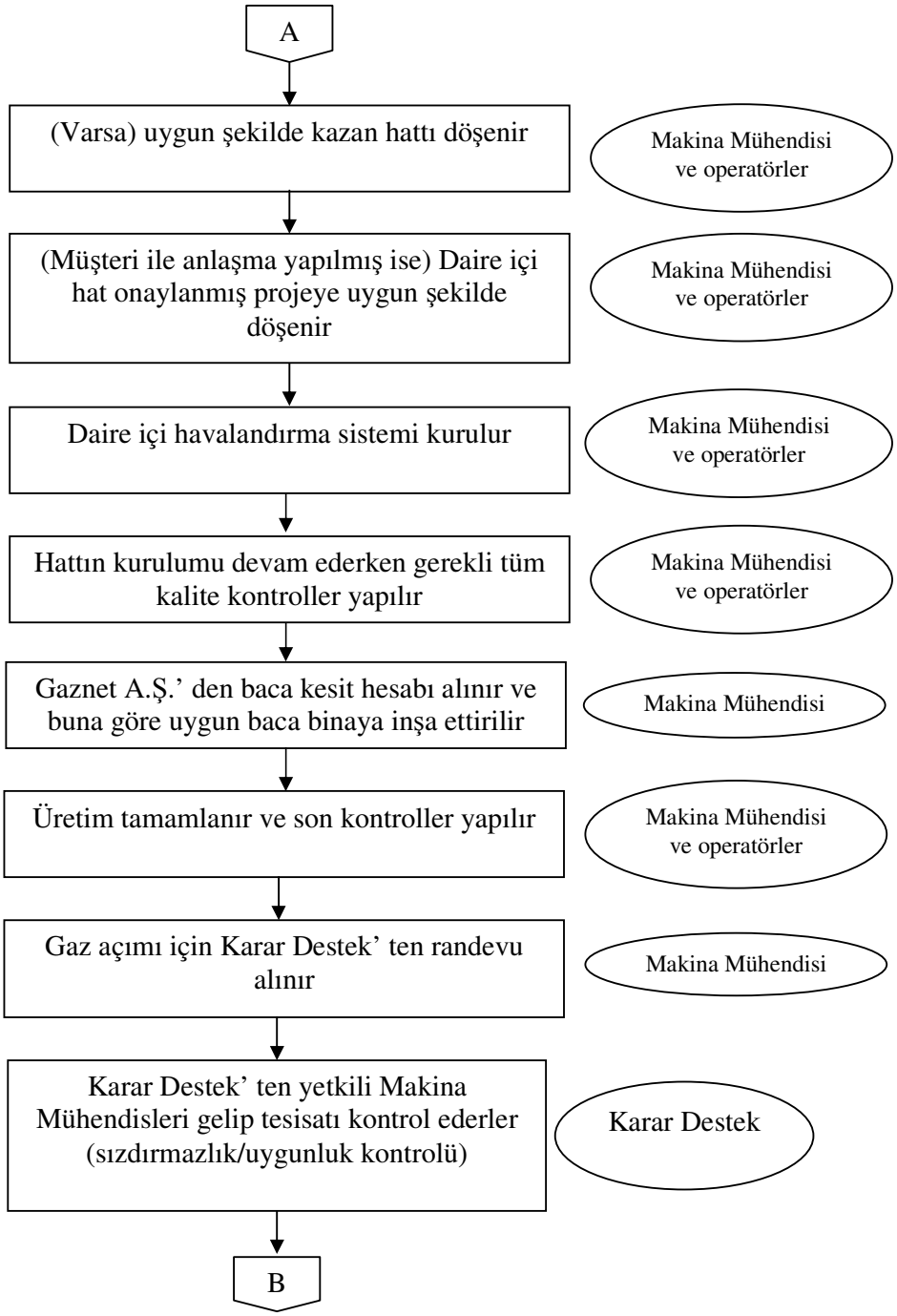


Şekil 4.1 (Devam) Tasarım İş Akış Şeması

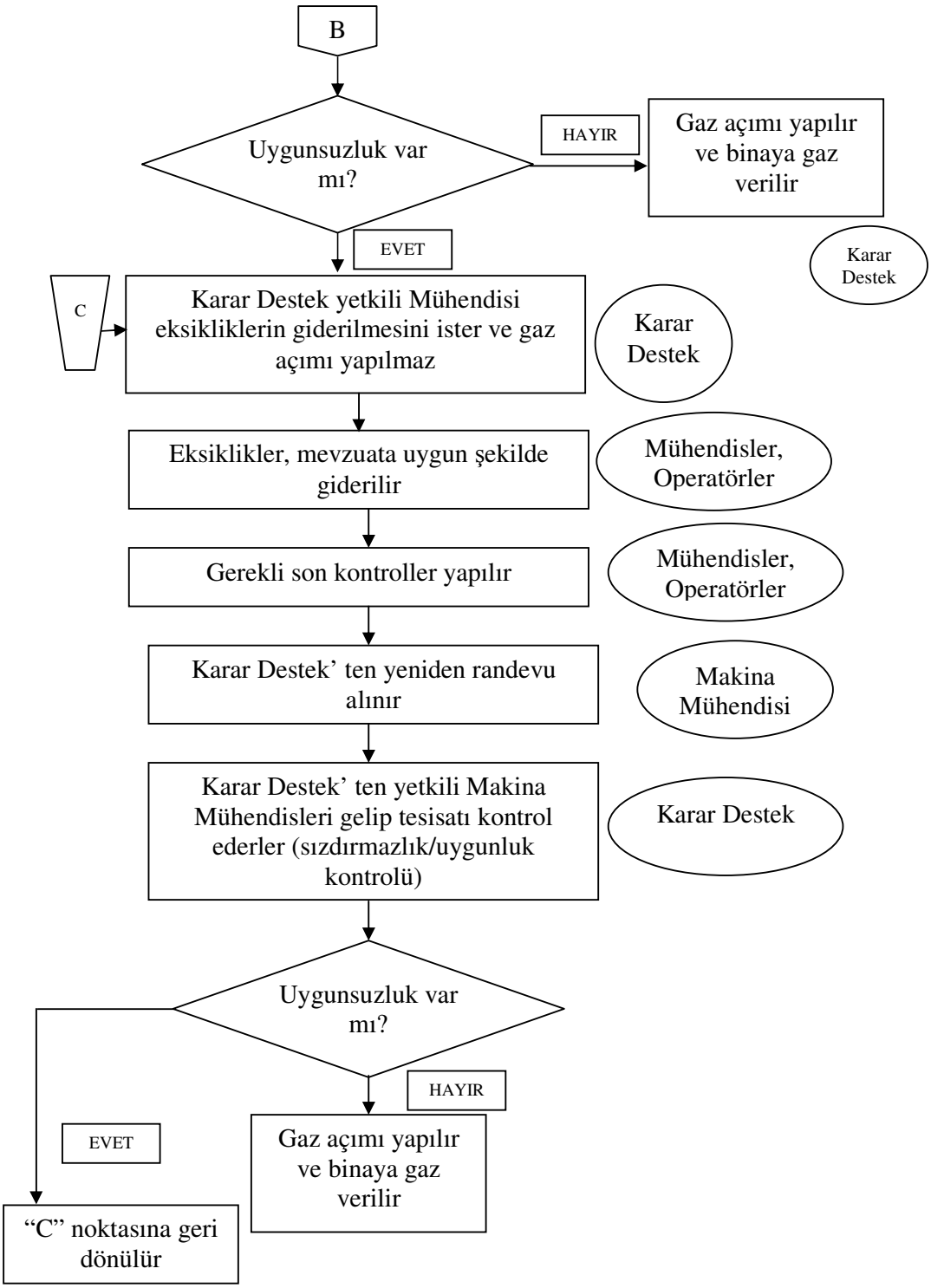
Gaz hattının imalat aşamaları İmalat İş Akış Şeması' nda anlatılmaktadır. İmalat İş Akış Şeması, Şekil 4.2' de görülmektedir.



Şekil 4.2 İmalat İş Akış Şeması



Şekil 4.2 (Devam) İmalat İş Akış Şeması



Şekil 4.2 (Devam) İmalat İş Akış Şeması

4.2.4 Doğalgaz Güvenlik Anketi

Doğalgaz iç tesisatı tasarım ve imalatına HTEA Yöntemi' nin uygulanması için yapılan hazırlık çalışmaları kapsamında bir anket hazırlanmıştır. Anket soruları belirlenirken Kaynaklar bölümünde tanımlanmış olan Anonim 1999, Anonim 2000, Viessmann Tüketici El Kitabı, Dağsöz 2002, Kalyoncu 2005, Karakoç 2000, Küçükçalı 1994, Küçükçalı 2000 eserlerinden faydalanılmıştır. Bu anket, Türkiye' de ve Konya' da doğalgazlı sistem tasarımı ve imalatı yapan 33 adet firmaya uygulanmıştır. Bu uygulama ile doğalgazlı sistem tasarım ve imalatında karşılaşılabilecek potansiyel hata türlerinin hangi noktalarda yoğunlaştığının bulunması ve gerçekleştirilen HTEA uygulaması için bir çeşit geçerli kılma yapılması amaçlanmıştır. Konunun bütünlüğünün bozulmaması açısından anket EKLER bölümünde verilmiştir.

4.3 HTEA Uygulaması

4.3.1 HTEA Toplantıları

Bu tez çalışmasında, mevzuat araştırmasından sonra HTEA Toplantıları düzenlenmeye ve gerçekleştirilmeye başlamıştır. İki haftada bir yapılan ilk HTEA Toplantısı 25.11.2006 tarihinde düzenlenmiştir ve bu toplantıda öncelikle Selmak Mühendislik Taahhüt Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi çalışanları ile tanışılmıştır. Zira HTEA Ekibi, işletme çalışanlarından seçilmek zorundadır. Ekip üyelerinin kimlerden seçileceğini gösteren isim ve unvanlar, Tablo 4.3' te verilmiştir:

Tablo 4.3 HTEA Takımını Oluşturacak İşletme Çalışanları

İSİM	UNVAN	AKADEMİK DURUM
MEHMET SELMAN DAĞLI	İşletme Sahibi	Makine Mühendisi
AHMET SEDEFOĞLU	Şantiye Şefi ve Satış Müdürü	Astsubay Okulu Uçak Motoru Bölümü
ARİF TEKELİ	Teknik Ressam	Önlisans-Konstrüksiyon ve İmalat
HÜSEYİN AKGÖZ	Kaynak Operatörü	Gaznet A.Ş. Sertifikası+Çıraklık Okulu Belgesi
MUAMMER ÇİĞDEM	Kaynak Operatörü	Gaznet A.Ş. Sertifikası+Çıraklık Okulu Belgesi
ÜMİT ATEŞ	Kaynak Operatörü	Gaznet A.Ş. Sertifikası+Çıraklık Okulu Belgesi
MEHMET DURAK	Montaj Operatörü	Ustalık Belgesi
ADNAN AKGÖZ	Montaj Operatörü	Önlisans-Bilgisayar ve Otomasyon
MUSTAFA SABRİ ÇELEBİ	Montaj Operatörü	Önlisans-Doğalgaz
SAVAŞ GÜNDOĞDU	Depo Sorumlusu ve Malzeme Tedarik Sorumlusu	Önlisans-İklimlendirme
ALAADDİN CİVELEK	Muhasebe Müdürü	

HTEA Ekibi' nin oluşturulmasının ardından, Tasarım Ekibi oluşturulmuştur. Tasarım Ekibi; HTEA Ekibi' ndeki kişilerden seçilmiştir. Tasarımda görev alan ve bilgileriyle tasarımı yönlendirecek olan kişiler tercih edilmiştir. Tasarım ekibi oluşturulurken:

- Tahsil durumu,
- Tecrübe,
- Uzmanlık/Nitelik Profili,
- Sertifika ve Belgeler dikkate alınmıştır.

Tasarım Ekibi' ne, Makina Mühendisleri Odası' ndan "Doğalgaz İç Tesisat Yetki Belgesi" olmayan ve Doğalgaz eğitimi almamış olan Makina Mühendisleri kabul edilmezler. Yapılan değerlendirmeler ve oylama sonucu oluşturulan Tasarım Ekibi Tablo 4.4 olarak verilmiştir:

Tablo 4.4 Tasarım Ekibi

İSİM	UNVAN	AKADEMİK DURUM
MEHMET SELMAN DAĞLI	İşletme Sahibi	Makina Mühendisi
ASLIHAN DURAN	HTEA Animatörü	Makina Mühendisi
AHMET SEDEFOĞLU	Şantiye Şefi ve Satış Müdürü	Astsubay Okulu Uçak Motoru Bölümü
ARİF TEKELİ	Teknik Ressam	Önlisans-Konstrüksiyon ve İmalat
HÜSEYİN AKGÖZ	Kaynak Operatörü	Gaznet A.Ş. Sertifikası+Çıraklık Okulu Belgesi
MUSTAFA SABRİ ÇELEBİ	Montaj Operatörü	Önlisans-Doğalgaz
SAVAŞ GÜNDOĞDU	Depo Sorumlusu ve Malzeme Tedarik Sorumlusu	Önlisans-İklimlendirme

Düzenlenen ilk HTEA toplantısında belirlenen içerik Şekil 4.3' te verilmiştir. Ardından düzenlenen tüm HTEA toplantılarının içeriği ise çalışma akışının bozulmaması bakımından EKLER bölümünde verilmiştir.

SELMAK	KALİTE TOPLANTI TUTANAĞI	DOKÜMAN NO	SEL.FRM.002
		SAYFA NO	1/2
		REVİZYON NO	000
		REVİZYON TARİHİ	21.10.2006

1. TOPLANTI KONUSU

Tanışma ve genel bilgilendirme

2. KATILIMCILAR

SIRA NO	ADI SOYADI	ÜNVANI	İMZASI
1	ASLIHAN DURAN	ANİMATÖR	
2	M. SELMAN DAĞLI	İŞLETME SAHİBİ (MAKİNA MÜHENDİSİ)	
3	ARİF TEKELİ	TEKNİK RESSAM	
4	AHMET SEDEFOĞLU	SATIŞ MÜDÜRÜ(ŞANTİYE ŞEFİ)	
5	HÜSEYİN AKGÖZ	KAYNAK OPERATÖRÜ	
6	ÜMİT ATEŞ	KAYNAK OPERATÖRÜ	
7	MUAMMER ÇİĞDEM	KAYNAK OPERATÖRÜ	
8	MEHMET DURAK	MONTAJ OPERATÖRÜ	
9	ADNAN AKGÖZ	MONTAJ OPERATÖRÜ	
10	M. SABRİ ÇELEBİ	MONTAJ OPERATÖRÜ	
11	SAVAŞ GÜNDOĞDU	DEPO SORUMLUSU (MALZEME TEDARİK SORUMLUSU)	
12	ALAADDİN CİVELEK	MUHASEBE MÜDÜRÜ	

3. GÖRÜŞÜLEN KONULAR

SIRA NO	AÇIKLAMALAR
1	Tanışma
2	Genel bilgilendirme
3	Kapsam
4	FMEA ekibinin kurulması
5	
6	
7	
8	
9	
10	

4. ALINAN KARARLAR

1. Yapılan bu ilk toplantıda işletme çalışanları ile tanışılmıştır.

2. Hata Türleri ve Etkileri Analizi' nin nasıl bir yöntem olduğu ve nasıl uygulanacağı anlatılmıştır. Mevcut dört FMEA çeşidinden bahsedilmiştir. FMEA Yöntemi' nin tasarım/üretim/montaj/servis gibi aşamalarda oluşması muhtemel hataların engellenebilmesi için kullanıldığı anlatılmıştır.

TOPLANTI TARİHİ	SONRAKİ TOPLANTI TARİHİ	HAZIRLAYAN	ONAYLAYAN
25.11.2006	09.12.2006		

Şekil 4.3 İlk HTEA Toplantısı

SELMAK	KALİTE TOPLANTI TUTANAĞI	DOKÜMAN NO	SEL.FRM.002
		SAYFA NO	2/2
		REVİZYON NO	000
		REVİZYON TARİHİ	21.10.2006

3. Çalışma kapsamı belirlenmiştir. Buna göre FMEA Yöntemi, doğalgazlı sistem tasarımı ve kurulumuna uygulanacaktır. Hangi FMEA yönteminin kullanılacağı belirlenmiştir. Doğalgazlı sistem tasarımı aşaması için Tasarım FMEA Yöntemi uygulanacaktır. Projelendirmenin akabinde Gaznet A.Ş.' den projeye onay gelir gelmez doğalgazlı sistem kurulumuna başlanacaktır. Doğalgazlı sistem kurulumundaki potansiyel hataların önüne geçebilmek için de Proses FMEA Yöntemi' ne başvurulacaktır.

4. FMEA ekibi belirlenmiştir. Her yeni FMEAYöntemi' nde yeni bir ekip kurulur. FMEA ekipleri sabit değildirler. Analiz edilecek ürüne/sisteme göre belirlenirler. Burada projelendirme için seçilen ekip, projelendirme prosesinde görevli olanlardan ve doğalgaz kurulumunda çalışanların bir kaçından oluşturulmuştur. Tesisatın kurulumu da projelendirmenin akabinde devam edecektir ve uygulamada kopukluk olmaması bakımından aynı ekip Proses FMEA uygulamasında da görev alacaktır. FMEA Ekibi şöyledir:

Sürekli:

Animatör (FMEA Lideri): Asllıhan Duran
Üyeler: *Mehmet Selman Dağlı
*Arif Tekeli
*Ahmet Sedefoğlu
*Hüseyin Akgöz
*Mustafa Sabri Çelebi

Geçici:

* Muammer Çiğdem
*Mehmet Durak

TOPLANTI TARİHİ	SONRAKİ TOPLANTI TARİHİ	HAZIRLAYAN	ONAYLAYAN
25.11.2006	09.12.2006		

Şekil 4.3 (Devam) İlk HTEA Toplantısı

İşletme çalışanları ile yapılan tanışmanın ardından, çalışmada analiz edilecek ürün/sistem belirlenmiştir. Çalışmanın kapsamı, doğalgazlı sistemlerin iç tesisat tasarımı ve imalatı aşamalarında Hata Türleri ve Etkileri Analizi' nin uygulanmasıdır. İncelenecek sistemin başlangıcı gaz teslim noktasıdır. Gaz teslim noktası, lisanslı gaz dağıtım şirketi (Konya için Gaznet A.Ş.) tarafından bina girişine yakın bir yere tesis edilen Servis Kutusu veya Basınç Düşürme İstasyonu' na verilen genel addır. Bu tez çalışmasında gaz teslim noktası, Servis Kutusu' dur.

Gaz teslim noktasından başlayan çalışma tüm iç tesisatı, kazan dairesini ve doğalgaz bacasını kapsamaktadır.

Çalışmada kullanılacak hesap metodu ve proje yöntemi belirlenmiştir. Buna göre kullanılacak ana doküman Gaznet A.Ş. Doğalgaz İç Tesisat Teknik Şartnamesi' dir. Şartnamede yazan tüm kurallara ve hesap metotlarına uyulması zorunludur. İşletmede mevcut bulunan Gaznet A.Ş. Doğalgaz İç Tesisat Teknik Şartnamesi, öncelikle Makina Mühendisleri tarafından incelenmiştir. Ardından şartnamede belirtilen:

- Hesap yöntemleri,
- Kabuller,
- Hesaplamada kullanılacak formüller,
- Yasal mevzuat şartları ve
- Standartlar hakkında; Tasarım Ekibi' ne bilgilendirme semineri verilmiştir.

Daha sonra proje önbilgileri formu oluşturulmuştur. Proje Önbilgileri Formu, Tablo 4.5 olarak verilmiştir:

Tablo 4.5 Proje Önbilgileri Formu

SELMAK Mühendislik Taahhüt San. Tic. Ltd. Şti. Yapıcı İş Merkezi A Blok No: 73 42060 - KONYA Tel.: (0332) 322 78 16 - 320 55 73 Fax: 320 63 42 MERAM V.D.: 760 002 6553	**PROJE ÖNBİLGİLERİ FORMU**		
SIRA NO	**MATERYAL/METOD**	**DURUM**	
		TEMİN EDİLMİŞ	**YOK**
1	Bina ölçüleri		
2	Kabuller		
3	Kullanılacak formüller		
4	Hesaplama bilgileri		
5	Hesaplama tabloları		
6	Brülör katalogları		
7	Kazan katalogları		
8	Baca katalogları		
SEL.FRM.003 Rev:000 25.10.2006			

Hangi HTEA Yöntemi' nin kullanılacağı, HTEA Toplantılarında yapılan muhakemeler sonucu belirlenmiştir. Buna göre doğalgazlı sistemler iç tesisatının projelendirilmesi aşamasında öncelikle Sistem HTEA' dan faydalanılmıştır. Sistemin bileşenleri arasındaki etkileşim incelenmiş ve tespit edilen hata türleri Tasarım HTEA' ya aktarılmıştır. Zira Sistem HTEA verileri, Tasarım HTEA için girdi veri olarak kullanılabilmektedir. Tasarım HTEA sonuçları da, Proses HTEA' ya girdi veri olmaktadırlar.

Tasarım HTEA Yöntemi, gaz tesisatının projelendirilmesi yani tasarımı aşamasında kullanılmıştır. Daha sonra ise imalat aşamasında görülmesi muhtemel hata türlerini yok etmek için Proses HTEA' dan yararlanılmıştır.

Uygulamanın nedenleri, HTEA takımının oluşturulması gibi amaçlarla düzenlenen HTEA Çalışma Sentezi de bu bölümde oluşturulmuş olup; tasarım ve imalat aşamaları için ayrı ayrı düzenlenmiştir. Tasarım HTEA Çalışma Sentezi Tablo 4.6' da, Proses HTEA Çalışma Sentezi Tablo 4.7' de verilmektedir:

Tablo 4.6 Tasarım HTEA Çalışma Sentezi

<table>
<tr><td>PROJELENDİRME, KALİTE KONTROL</td><td colspan="3">HTEA ÇALIŞMA SENTEZİ</td><td>ASLIHAN DURAN</td><td>KALİTE YÖNETİM</td><td colspan="4">25.11.2006</td></tr>
<tr><td colspan="5">ARAÇ: Kardelen Konutları E Blok</td><td colspan="5">ORGAN: Doğalgaz hattı tasarımı</td></tr>
<tr><td colspan="10">KONU: Doğalgazlı sistem tasarımında HTEA çalışması</td></tr>
<tr><td colspan="5">TALEP EDEN</td><td colspan="5">KARAR VEREN</td></tr>
<tr><td colspan="5">Aslıhan Duran (Yönetim Temsilcisi)</td><td colspan="5">Mehmet Selman Dağlı (İşletme Sahibi)</td></tr>
<tr><td colspan="10">ÇALIŞMANIN HEDEFİ: Doğalgazlı sistem tasarımında oluşması muhtemel hataların önüne geçmek</td></tr>
<tr><td colspan="10">ÇALIŞMANIN NEDENİ: Kardelen Konutları E-Blok Doğalgaz Tesisatının Hatasız Projelendirilmesi</td></tr>
<tr><td colspan="10">ÇALIŞMANIN SINIRLARI: Kardelen Konutları E-Blok’a kurulacak Doğalgaz hattı için yapılan projelendirme çalışması kapsamında HTEA uygulanması</td></tr>
<tr><td colspan="10">KATILANLAR</td></tr>
<tr><td colspan="5">SÜREKLİ</td><td colspan="5">GEÇİCİ</td></tr>
<tr><td colspan="5">Aslıhan Duran (Animatör)</td><td colspan="5">Muammer Çiğdem</td></tr>
<tr><td colspan="5">Mehmet Selman Dağlı</td><td colspan="5">Mehmet Durak</td></tr>
<tr><td colspan="5">Arif Tekeli</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="5">Ahmet Sedefoğlu</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="5">Hüseyin Akgöz</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="5">Mustafa Sabri Çelebi</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td rowspan="5">PLANLAMA</td><td colspan="2">Haftalar</td><td>47</td><td>48</td><td>49</td><td>50</td><td>51</td><td>52</td><td>01</td><td>02</td><td>03</td></tr>
<tr><td colspan="2">Planlanan</td><td>Δ</td><td></td><td>X</td><td></td><td>Δ</td><td></td><td colspan="2">⟶</td><td>O</td></tr>
<tr><td colspan="2">Gerçekleşen</td><td>Δ</td><td></td><td>X</td><td></td><td>Δ</td><td></td><td colspan="2">⟶</td><td>O</td></tr>
<tr><td rowspan="2">İşaretler</td><td>Başlangıç</td><td colspan="2">Toplantı</td><td colspan="3">Sonuç</td><td colspan="2">Bilânço</td><td colspan="2">Takip</td></tr>
<tr><td>Δ</td><td colspan="2">X</td><td colspan="3">Δ</td><td colspan="2">O</td><td colspan="2">⟶</td></tr>
<tr><td rowspan="4">BİLÂNÇO</td><td colspan="3">BAŞLAMA</td><td colspan="7">GELİŞME</td></tr>
<tr><td colspan="2">TARİH</td><td colspan="2">09.12.2006</td><td colspan="2">23.12.2006</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Sebep Sayısı</td><td>TOPLAM</td><td colspan="2">19</td><td colspan="2">19</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>RÖS ≥ 20</td><td colspan="2">5</td><td colspan="2">1</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="10">Açıklamalar: Tasarım HTEA çalışmasında oluşan risklerde, RÖS ≥ 20 olan hata türleri öncelik sırasına alınmış ve değerlendirilmiştir.</td></tr>
</table>

Tablo 4.7 Proses HTEA Çalışma Sentezi

<table>
<tr><td>PROJELENDİRME, KALİTE KONTROL, ÜRETİM</td><td colspan="3">HTEA ÇALIŞMA SENTEZİ</td><td>ASLIHAN DURAN</td><td>KALİTE YÖNETİM</td><td>25.11.2006</td></tr>
<tr><td colspan="3">ARAÇ: Kardelen Konutları E Blok</td><td colspan="4">ORGAN: Doğalgaz hattı imalatı</td></tr>
<tr><td colspan="7">KONU: Doğalgazlı sistem imalatında HTEA çalışması</td></tr>
<tr><td colspan="3">TALEP EDEN</td><td colspan="4">KARAR VEREN</td></tr>
<tr><td colspan="3">Aslıhan Duran (Yönetim Temsilcisi)</td><td colspan="4">Mehmet Selman Dağlı (İşletme Sahibi)</td></tr>
<tr><td colspan="7">ÇALIŞMANIN HEDEFİ: Doğalgazlı sistem kurulumunda oluşması muhtemel hataların önüne geçmek</td></tr>
<tr><td colspan="7">ÇALIŞMANIN NEDENİ: Kardelen Konutları E-Blok Doğalgaz Tesisatının Hatasız İmalatı</td></tr>
<tr><td colspan="7">ÇALIŞMANIN SINIRLARI: Kardelen Konutları E-Blok’a kurulacak Doğalgaz hattı için HTEA uygulanması</td></tr>
<tr><td colspan="7">KATILANLAR</td></tr>
<tr><td colspan="3">SÜREKLİ</td><td colspan="4">GEÇİCİ</td></tr>
<tr><td colspan="3">Aslıhan Duran (Animatör)</td><td colspan="4">Muammer Çiğdem</td></tr>
<tr><td colspan="3">Mehmet Selman Dağlı</td><td colspan="4">Mehmet Durak</td></tr>
<tr><td colspan="3">Arif Tekeli</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="3">Ahmet Sedefoğlu</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="3">Hüseyin Akgöz</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="3">Mustafa Sabri Çelebi</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="5">PLANLAMA</td><td colspan="2">Haftalar</td><td>47</td><td>48</td><td>49</td><td>50</td><td>51</td><td>52</td><td>01</td><td>02</td><td>03</td></tr>
<tr><td colspan="2">Planlanan</td><td>Δ</td><td></td><td>→</td><td></td><td>X</td><td></td><td>X</td><td></td><td>Δ</td></tr>
<tr><td colspan="2">Gerçekleşen</td><td>Δ</td><td></td><td>→</td><td></td><td>X</td><td></td><td>X</td><td></td><td>Δ</td></tr>
<tr><td rowspan="2">İşaretler</td><td>Başlangıç</td><td colspan="2">Toplantı</td><td colspan="3">Sonuç</td><td>Bilânço</td><td colspan="2">Takip</td></tr>
<tr><td>Δ</td><td colspan="2">X</td><td colspan="3">Δ</td><td>O</td><td colspan="2">→</td></tr>
<tr><td rowspan="4">BİLÂNÇO</td><td colspan="2">BAŞLAMA</td><td colspan="3">GELİŞME</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">TARİH</td><td colspan="2">09.12.2006</td><td colspan="2">06.01.2007</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Sebep sayısı</td><td>TOPLAM</td><td colspan="2">77</td><td colspan="2">77</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>RÖS ≥ 50</td><td colspan="2">9</td><td colspan="2">1</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="7">Açıklamalar: Proses HTEA çalışmasında oluşan risklerde, RÖS ≥ 50 olan hata türleri öncelik sırasına alınmış ve değerlendirilmiştir.</td></tr>
</table>

HTEA yöntemi; ürün/sistem hakkında detaylı bilgi ister. Bu da ancak ayrıntılı analiz ile mümkündür. Ürünün/sistemin fonksiyonları, çalışma türü ve üretim türü belirlenir. Fonksiyonu; ürünün/sistemin ne işe yaradığı ya da niçin var olduğu ile tanımlayabiliriz.

Sistemin analiz edilmesi aşamasında; Hata Türü, Hata Etkisi ve Hata Nedeni de tanımlanır.

4.3.2 Hata Türlerinin Belirlenmesi

Hata Türü, hatanın gözlenen tarzıdır. Bu şekil, bir fonksiyona bağlıdır. Dolayısıyla hata şekli bir sistemin fonksiyonları yerine getirememe durumu veya normal olmayan işleyişi olarak tanımlanır.

Hata Türü' nü belirlemek için; garanti doneleri, test raporları, müşteri şikâyet raporları, benzer ürün ve sistem verileri, benzer ürünler için daha önceden yapılmış HTEA çalışmaları sonuçları kullanılır.

Tasarım HTEA çalışması yaparken hata türlerinin belirlenmesinde tasarımdaki spesifik özelliklerden yararlanılır. Tasarımın önemli ve kritik özellikleri birer girdi verisi olarak ele alınır ve değerlendirilir. Bunun neticesinde Tasarım HTEA' da analiz edilecek hata türleri belirlenir. Tasarım hataları genellikle:

a. Uygun olmayan toleranslar,
b. Uygun olmayan mukavemet hesabı,
c. Uygun olmayan kabuller,
d. Uygun olmayan malzeme seçimi,
e. Düşük kaliteli bileşenler,
f. Uygun olmayan ısıl işlem şeklindedir.

Doğalgazlı sistemlerde uygulanan Tasarım HTEA çalışmalarında, bu altı adet hata türünden hangisinin ne şekilde vuku bulduğu incelendiğinde; aşağıda yazan spesifikasyonlar ortaya çıkmıştır. Doğalgazlı sistemlere yapılan Tasarım HTEA çalışmasında, bu spesifik özellikler kullanılarak muhtemel hata türleri belirlenmiştir:

- $P \leq 50$ mbarg ise; $v \leq 6$ m / s olmalı- a
- SK ile cihaz arasındaki $\Delta P_{Top} \leq 1{,}8$ mbarg olmalı- a ve b
- P_{SK}=300 mbarg ise; regülâtörden önceki hatta $v \leq 15$ m / s olmalı- a ve b
- $V_{\text{boru iç}} \geq 1/1000$ {SK ile en yakın cihaz arasındaki borunun iç hacmi 1/1000 'den daha küçük olmamalıdır (Fanlı brülörlü merkezi ısıtma sistemlerinde ve 300 mbarg kullanım basıncında) }- a ve b
- Toprak altı tesisata katodik koruma yapılması-c

- Boru çapı tayini-a
- Toprak Altı hattın Toprak Üstü hattan İzolasyon Flanşı ile ayrılması-c
- İzolasyon Flanşı atılması gereken spesifik noktaların belirlenmesi-c
- Topraklama çubuğu seçilmesi- d ve e
- Mg anot ucu, İzolasyon Flanşı' nın hemen altına bağlanmalıdır-c
- Ana Kesme Vanası yerinin tayini-c
- Kaç adet Kolon Kesme Vanası kullanılacağının belirlenmesi-c
- Doğal gaz hattı yönü tayini-c
- Havalandırma menfezi ölçülerinin belirlenmesi-a
- Havalandırma menfezi yerinin belirlenmesi-c
- Brülör özelliklerinin belirlenmesi-c
- Brülör kapasitesinin belirlenmesi-d
- Baca topraklaması- c, d ve e
- Tranşede Poli Etilen sargının ısıl işlemle yapılması- f

Bu bilgilere göre HTEA çalışması için oluşturulan HTEA matrisi Tablo 4.8' de verilmiştir:

Tablo 4.8 HTEA Matrisi

	FMEA MATRİSİ	AĞIRLIK	İşlem Adımları											
			Tesisatın projelendirilmesi	Boru çapı tayini	Toprak altı hattın döşenmesi	Toprak altından toprak üstüne geçiş	Akış hızı kontrolleri	Bağlantı hattı tasarımı / döşenmesi	Kolon hattı tasarımı/ döşenmesi	Kazan hattı tasarımı/ döşenmesi	Malzeme temini	Basınç kontrolü	Brülör seçimi	
	Geliştirme Yönü													
Kritik ve Önemli Özellikler	P≤50 mbarg ise; v≤6 m / s olmalı	8					1							
	$\Delta P_{tes} \leq 1{,}8$ mbarg olmalı	8										1		
	v≤15 m / s olmalı	8					1							
	$V_{temiz} \geq 1/1000$	8								1				
	Tranşede katodik koruma	9			1									
	Kolonda $d_{hom} \geq$DN25	1		2										
	TA ile TÜ' nün İF ile ayrılması	9				1								
	İF atılacak spesifik noktalar	9	1											
	Topraklama çubuğu değerleri	9									1			
	Mg Anot ve İF bağlantısı	9			6									
	AKV yeri ve sayısı	10						1						
	KKV yeri ve sayısı	3							9					
	Gaz hattı yönünün belirlenmesi	1	10											
	Standart menfez ölçüleri ve yeri	5	2								4			
	Brülör kapasitesi ve özellikleri	8	1										1	
	Baca topraklaması	3	1								5			
	AĞIRLIKLI ÖNCELİK		40	2	63	9	16	10	27	8	44	8	8	
	BAĞIL ÖNCELİK													

Bu tez çalışmasında analiz edilen "doğalgazlı sistemler"de oluşması muhtemel hata türlerine ait tablo, Tablo 4.9 olarak verilmiştir. Burada "T" hatanın tasarım prosesinde olduğunu, "İ" ise imalat prosesinde bulunduğunu ifade eder. Bu tabloda verilen hata türleri belirlenirken; Gaznet A.Ş. Doğalgaz İç Tesisat Talimatnamesi (2004) ve Doğalgaz Tesisatı Teknik Şartnamesi (Sıklım ve ark. 2004) esas alınmıştır ve konusunda uzman personelin görüşleri ile HTEA Ekibi' nin görüşlerine başvurulmuştur.

Tablo 4.9 Hata Türleri

NO	HATA TÜRÜ	AÇIKLAMA	HATANIN BULUNDUĞU HAT	T /İ
1	Tranşe' de (toprak altı hatta) dirsek kullanmak yerine büküm yapılması	Dönüş gerekirse patent dirsek (kaynaklı) kullanılmalıdır. Büküm yapılmamalıdır.	Toprak altı	İ
2	Tranşe hattında polietilen sıcak sargı yerine, soğuk sargı kullanılması	Soğuk sargı insan gücü ile sarılmakta olup, yeteri kadar sıkı ve sağlam olmayabilir. Sıcak sargıda ise, bir önceki bükümün üzerine %50 bindirilerek sarılır.	Toprak altı	İ
3	Tranşede yapılan polietilen sıcak sargının, yeterince ısıtılmadan yapılması	Böylece malzeme kendisinden beklenen verimle yapışamaz ve ileride sargıda açılmalar görülebilir.	Toprak altı	İ
4	Tranşede yapılan polietilen sıcak sargıda % 50 bindirme yapılmaması	Malzeme % 50 oranında üst üste bindirilip sarılmazsa, sargıda açılmalar gürülebilir ve boru malzemesi ile toprağın temas etmesi sonucu korozyon oluşabilir.	Toprak altı	İ
5	Toprakaltı tesisatta DN 25' ten küçük çapta boru kullanılması	Toprakaltı tesisatta kullanılabilecek minimum boru çapı DN 25' tir.	Toprak altı	İ
6	Toprakaltı tesisatta katodik koruma yapılmaması	Toprakaltında kalan çelik boru hatları TS 5141 EN 12954 'e göre katodik olarak korunmalıdır. Kullanılan galvanik anot, magnezyum olmalıdır.	Toprak altı	T / İ
7	Toprakaltı tesisatta katodik korumanın yetersiz yapılması	Toprakaltında kalan çelik boru hatları TS 5141 EN 12954 'e göre katodik olarak korunmalıdır. Kullanılan galvanik anot, magnezyum olmalıdır.	Toprak altı	T / İ
8	Toprakaltındaki doğalgaz hattının topraküstü hattan izolasyon mafsalı ile ayrılmaması	Toprakaltı hatlar tesisatın diğer kısımlarından kaynak boyunlu flanş veya kaynak ağızlı izolasyon mafsalı ile ayrılmalıdır.	Toprak altı	T / İ

Tablo 4.9 (Devam) Hata Türleri

NO	HATA TÜRÜ	AÇIKLAMA	HATANIN BULUNDUĞU HAT	T /İ
9	Magnezyum anodun ucunun, izolasyon flanşının hemen altı yerine üstüne bağlanması	Magnezyum anot ucu, izolasyon flanşının hemen altına bağlanmalıdır. Üstüne bağlanması kesinlikle doğru değildir.	Toprak altı	T / İ
10	Servis Kutusundan çıkan hat toprak altından geçip direk bodruma giriyorsa, S.K.' dan çıkar çıkmaz AKV bulunmaması	Servis kutusundan çıkan hat toprak altından geçip, toprak üstüne yükselmeden direk bodruma giriyorsa, S.K.' dan çıkar çıkmaz bir adet Ana Kesme Vanası koymak zorunludur.	Toprak altı	T / İ
11	Doğalgaz borusu harici boru kullanılması	Doğalgaz boruları siyah renkli çelik borulardır. Ve et kalınlığı diğer tesisat borularından kalındır. Başka bir boru, doğalgaz tesisatında kullanılamaz.	Toprak altı / Toprak üstü	İ
12	Projede hatların yönünün yanlış verilmesi	Projede hatlar ne yöne doğru gösterildiyse, gerçekte de öyle döşenmelidir. Proje ve döşenmiş hatta yönlerin farklı olması kabul edilmez.	Toprak altı / Toprak üstü	T
13	Binada ölçü alınırken yanlış alınması	Gaz hattında kullanılacak boruların çapları, fittings adetleri gibi malzemeler; hattın uzunluğuna ve dönüşlerine göre tayin edilir. Yanlış ölçü; yanlış boru çapı ve fazladan ya da eksik fittings demektir. Bu da akış hızını ve debiyi etkileyeceğinden, istenmeyen bir durumdur.	Toprak altı / Toprak üstü	T / İ
14	Projede boru çaplarının yanlış verilmesi	Projede boru çapları kaç olarak gösterildiyse, gerçekte de öyle döşenmelidir. Projedeki çaplarla döşenmiş hattaki çapların farklı olması kabul edilmez.	Toprak altı / Toprak üstü	İ
15	Elektrik, telefon gibi hatlarla gaz hattı arasında 15 cm' den az boşluk olması	Gaz hattı; elektrik kabloları, buat gibi diğer tesisatın en az 15 cm uzağından geçmelidir.	Toprak altı / T. üstü	İ
16	Doğalgaz borularının kendi amacı dışında kullanılması	Doğalgaz boruları kendi amacı dışında (topraklama hattı, taşıyıcı yapı elemanı vb.) kullanılmamalıdır.	Toprak altı / Toprak üstü	İ
17	Toprak altından toprak üstüne çıktıktan sonra, tekrar toprak altına inilip; toprak üstüne mafsalsız çıkılması	Toprak altından toprak üstüne çıktıktan sonra, tekrar toprak altına inmek doğru değildir.	Toprak üstü	T / İ
18	Toprak üstü tesisatta büküm yapmak gerektiğinde, soğuk büküm yerine sıcak büküm yapılması	Toprak üstü tesisatta büküm yapılabilir. Ancak soğuk büküm olmalıdır. Sıcak büküm kesinlikle kabul edilmez.	Toprak üstü	İ

Tablo 4.9 (Devam) Hata Türleri

NO	HATA TÜRÜ	AÇIKLAMA	HATANIN BULUNDUĞU HAT	T/İ
19	Toprak üstü tesisatta yapılan soğuk bükümde borunun normalinden fazla kıvrılması	Soğuk büküm toprak üstü tesisatta kabul edilebilir olsa bile, normalden fazla kıvırmak malzemenin yırtılmasına sebep olur.	Toprak üstü	İ
20	Toprak üstü tesisatta DN 50 ve üstündeki çaplarda büküm yapılması	Toprak üstü tesisatta DN 50' nin üstündeki çaplarda büküm yapılamaz. Dönmek gerektiğinde patent dirsek kullanılmalıdır.	Toprak üstü	İ
21	Kullanılan vananın, kullanıldığı yerdeki hat çapından farklı çapta olması	Hat ve vananın farklı çaplarda olması ve araya redüksiyon atılması doğru değildir. Hattın çapı kaç ise, o ölçüde vana kullanılmalıdır.	Toprak üstü	İ
22	Bağlantı hattının (SK ve AKV arası); karanlık, rutubetli, havalandırmasız, zor ulaşılabilen, bina ortak mahalli sayılan ve borunun hasara uğrayacağı yerlerden geçirilmesi	Bağlantı hatları binaya ana girişine yakın, yeterince aydınlatılmış, kuru, havalanabilen ve kolayca ulaşılabilen bir noktadan girmelidir. Doğalgaz borusu hasara uğramayacak biçimde korunmalı ve bina ortak mahalli sayılmayan kapıcı dairesi, sığınak, yakıt deposu, dükkan, depo gibi yerlerden geçirilmemelidir (TS 7363/T1).	Toprak üstü	İ
23	TS' si olmayan vana kullanılması	TS' siz vana kullanılması kesinlikle yasaktır.	Toprak üstü	İ
24	Sarı renk haricinde vana kullanılması	Sarı renkli vanalar doğalgaz vanalarıdır. Diğer renkler de başka tesisatı temsil ederler (örneğin mavi, su tesisatını temsil eder). Sarı renk haricindeki vanalar doğalgaz tesisatında kullanılamaz.	Toprak üstü	İ
25	Doğalgaz tesisatının, gaz açımından önce boyanması	Doğalgaz tesisatının gaz açımından önce boyanması durumunda; borunun ve kaynak bağlantı yerlerinin kontrolü sağlıklı yapılamamaktadır. Ayrıca boya maddesi, özellikle dişli bağlantılarının arasını doldurur ve sızdırmazlık kontrolünde hataya neden olur.	Toprak üstü	İ
26	AKV kullanılmaması	Rahatça ulaşılabilecek ve hasar görmeyecek bir noktada tüm tesisatın gaz akışını kontrol eden "ana kesme vanası" (TS 9809, TS EN 331) kullanılmalıdır.	Toprak üstü	T/İ
27	AKV ve KKV' nin tesisata rakorlu bağlantı harici bir yöntemle monte edilmesi	Ana ve kolon kesme vanaları, tesisata rakorlu bağlantıyla monte edilmelidir.	Toprak üstü	İ

Tablo 4.9 (Devam) Hata Türleri

NO	HATA TÜRÜ	AÇIKLAMA	HATANIN BULUNDUĞU HAT	T/İ
28	Doğalgaz vanalarının tesisata montajı esnasında vananın fazla sıkılması	Vanaların fazla sıkılması, diş kapmaya ve malzemenin deformasyonuna sebep olabilir. Ayrıca bu durum, bağlantıyı sökülemez hale getirir ve ileride sökmek gerekirse sorun doğar.	Toprak üstü	İ
29	Doğalgaz vanalarının tesisata montajı esnasında vananın az sıkılması	Bu durum basıncın düşmesine ve gaz kaçaklarına sebep olur.	Toprak üstü	İ
30	300 mbarg çıkışlı Servis Kutularında domestik regülâtörün shut off' suz olması	300 mbarg çıkışlı Servis Kutularında, domestik regülâtörün shut off' lu olması (gaz belli bir debinin altına düşünce gazı kesen sistem) zorunludur. Shut off' suz regülâtör kabul edilmez.	Toprak üstü	İ
31	Servis Kutusunun sol tarafından çıkılması	Normalde Servis Kutusunun sağından çıkılır. Soldan çıkmak hata olur ve kabul edilmez.	Toprak üstü	İ
32	Fittingslerde delik varsa, yamalı kaynak yapılması	Fittingslerde delik olması halinde yamalı kaynak yapılmamalıdır. Fittings yenisi ile değiştirilmelidir.	Toprak üstü	İ
33	Sayaca sağdan girip soldan çıkılması	Sayaca soldan girilip sağdan çıkılmalıdır. Aksi takdirde gaz geçse bile sayaç dönmez ve gaz açımı yapılmaz.	Toprak üstü	İ
34	Doğalgaz borularının sıva altına gömülmesi	Sıva altına doğalgaz tesisat borusu döşenmemelidir. İç tesisat boruları duvar içindeki kanallardan geçirilirse, kanalların ağızları havalandırmaya uygun kapaklarla örtülmeli, tesisat boruları korozyona karşı korunmalı, kanal duvarlarında sızdırmazlık sağlanmalıdır.	Kolon / Kazan / Daire İçi	İ
35	Aralarında 15 cm' den az mesafe bulunan elektrik ve gaz tesisatı için, gaz borusunda koruyucu kılıf olmaması	Geçecek başka yer olmadığı hallerde gaz boruları elektrik sistemi ya da buat gibi şeylere 15 cm' den daha az mesafeden geçmiş ise, gaz borusuna koruyucu kılıf takılmalıdır. Aksi takdirde gaz verilmesi hata doğurur.	Kolon / Kazan / Daire İçi	İ
36	Havalandırma menfezinin açılmaması ya da sonradan iptal edilmesi (kapatılması)	Menfez olmaması halinde havalandırma yapılamaz. Bu durumda yeterli yakma havası sağlanamazsa ocak gibi açık yanma odalı cihazlarda tam yanma gerçekleşemez. Ve yanma sonucu oluşan atık gazlar, havalandırma yoluyla dışarı atılamaz.	Kolon / Kazan / Daire İçi	T / İ

Tablo 4.9 (Devam) Hata Türleri

NO	HATA TÜRÜ	AÇIKLAMA	HATANIN BULUNDUĞU HAT	T/İ
37	Kaynakla birleştirilecek borularda eksen kaçıklığı yapılması	Kaynaklı birleştirmelerde herhangi bir hata olmamalıdır. Olması halinde kesinlikle yama yapılmamalı, bozuk malzeme değiştirilmelidir.	Kolon / Kazan / Daire İçi	İ
38	Kaynak noktalarında yetersiz nüfuziyet ve yapışma noksanlığı yapılması	Kaynaklı birleştirmelerde herhangi bir hata olmamalıdır. Olması halinde kesinlikle yama yapılmamalı, bozuk malzeme değiştirilmelidir.	Kolon / Kazan / Daire İçi	İ
39	Kaynak yaparken soğuk bindirme yapılması	Kaynaklı birleştirmelerde herhangi bir hata olmamalıdır. Olması halinde kesinlikle yama yapılmamalı, bozuk malzeme değiştirilmelidir.	Kolon / Kazan / Daire İçi	İ
40	Kaynak yaparken yakıp delme hatası yapılması ve yanma çentiği oluşumu	Kaynaklı birleştirmelerde herhangi bir hata olmamalıdır. Olması halinde kesinlikle yama yapılmamalı, bozuk malzeme değiştirilmelidir.	Kolon / Kazan / Daire İçi	İ
41	Kaynak yaparken curuf hatası ve çatlak hatası yapılması	Kaynaklı birleştirmelerde herhangi bir hata olmamalıdır. Olması halinde kesinlikle yama yapılmamalı, bozuk malzeme değiştirilmelidir.	Kolon / Kazan / Daire İçi	İ
42	Kolon hattında DN 25' ten küçük çap olması	Hem debinin düşmesi hem de işçilikte zorluk çıkarması	Kolon	T/İ
43	Kolon hattında sayaç vanasına kadar dişli bağlantı ya da manşon kaynağı olması	Kolon hattında, sayaç vanasına kadar tüm bağlantılar kaynaklı olmalıdır. Dişli bağlantı ya da manşon kaynağı olamaz.	Kolon	İ
44	Her bir kolona Kolon Kesme Vanası konulmaması	Her bir kolona ayrı ayrı kolon kesme vanası konulması zorunludur.	Kolon	T / İ
45	Kolon hattında kat geçişlerinde çelik kılıf kullanılmaması	Kolon hattında kat geçişlerinde kılıf olarak çelik kılıf kullanılmalıdır.	Kolon	İ
46	Kolon hattında kat geçişlerinde boru ile kılıf arasındaki boşluğun doldurulmaması	Kolon hattında kat geçişlerinde boru ile kılıf arasındaki boşluk silikon ile doldurulmalıdır.	Kolon	İ
47	Kolon hattının yarıda kesilmesi	Kolon hattı; binada toplam kaç kat varsa, en son kata kadar çıkmalıdır. Dört katlı bir binada hattın üçüncü katta kesilmesi doğru değildir.	Kolon	İ
48	Kolon hattında havalandırma menfezi olmaması	Kolon hattının en üst noktasında uygun bir yere havalandırma menfezi açılmalıdır. Menfez konulacak uygun bir yer yoksa gaz alarm cihazı konmalıdır ve Servis Kutusu çıkışındaki hatta da bir selenoid vana konmalıdır. Sonra bu selenoid vana ile gaz alarm cihazı irtibatlandırılmalıdır.	Kolon	İ

Tablo 4.9 (Devam) Hata Türleri

NO	HATA TÜRÜ	AÇIKLAMA	HATANIN BULUNDUĞU HAT	T/İ
49	Kolon hattının en alt ya da en üst noktasına temizlik amaçlı branşman bırakılması	Kolon hatlarının en alt ve en üst noktaları dirsek veya T parçası ile sonlandırılmalı; boşaltma, temizleme, ilave tüketim gibi amaçlarla branşman kullanılmamalıdır.	Kolon	İ
50	Basıncın 50 mbarg' dan küçük (veya eşit) olduğu durumlarda akış hızının 6 m/s' yi geçmesi	P ≤ 50 mbarg kullanım basıncında akış hızı (W) 6 m/s değerini geçmemelidir.	Kolon	T
51	Her sayaç girişine keme vanası konulmaması	Her sayaç girişine kesme vanası monte edilmelidir.	Kolon / Kazan	İ
52	Sayaç vanası monte edilirken, vananın aşırı sıkılması	Bu durum, vanada diş kapma olmasına sebep olur. Ayrıca bağlantı sökülemez hale gelirse ileride sorun doğar.	Toprak üstü	İ
53	Sayaç vanası monte edilirken, vananın az sıkılması	Bu durum, vanadan gaz kaçağı olmasına sebep olur.	Toprak üstü	İ
54	Sayaçların elektrikli cihazlar ve su borularının yakınına monte edilmesi	Sayaçlar; elektrik anahtarı, elektrik sayacı, priz, buat, zil gibi elektrikli cihazlar ve su borularından minimum 15 cm uzakta bulunmalıdır.	Kolon / Kazan	İ
55	Sayaçtan sonra test ağzı ve test nipeli bırakılmaması	Gerek kolon hattında, gerekse kazan hattında sayaçtan sonra test ağzı ve test nipeli bırakılmalıdır.	Kolon / Kazan	İ
56	Kat ve duvar geçişlerinde koruyucu kılıfın içinde kalan doğalgaz borularında ek yeri olması	Doğalgaz borusunun koruyucu boru içinde kalan kısmında ek yeri bulunmamalıdır.	Kolon / Daire İçi	İ
57	Kazan dairesinde katı yakıt deposu, sıvı ve gaz yakıt tankları bulunması	Isıtma merkezi içerisinde katı yakıt depoları, sıvı ve gaz yakıt tankları bulunmamalıdır.	Kazan	İ
58	Kazanın yerleştirildiği mahallin ölçülerinin, bakım onarıma izin vermeyecek kadar küçük olması	Yakıcı cihazın yerleştirildiği mahal ölçüleri TS 3818 'e uymak şartıyla, imalatçı firma değerlerinin altına düşmemeli ve brülörün bakım-onarımına (gerektiğinde yerinden çıkarılmasına veya yana alınmasına) imkân verecek büyüklükte olmalıdır.	Kazan	İ
59	Brülörün yanlış kapasite ve özelliklerde seçilmesi	Projede belirtilen cihaz kapasitesine uygun ve belirlenen yakıt tüketimini karşılayacak özelliklerde brülör seçilmelidir.	Kazan	T / İ
60	Kazan dairesi hattının bulunduğu yerin en üst noktasına gaz alarm cihazı konmaması	Kazan dairesi hattının bulunduğu yerin en üst noktasına gaz alarm cihazı konmalıdır.	Kazan	İ

Tablo 4.9 (Devam) Hata Türleri

NO	HATA TÜRÜ	AÇIKLAMA	HATANIN BULUNDUĞU HAT	T/İ
61	Kazan dairesi hattı için ana kesme şalteri konmaması	Kazan dairesi hattının elektrik hattı için bir adet ana kesme şalteri konması zorunluluğu vardır. Bu şalter kazan dairesi dışına konmalıdır ve tüm elektrik tesisatının beslemesini kesecek şekilde ayarlanmış olmalıdır.	Kazan	İ
62	Kazan dairesi içindeki kumanda panolarının (elektrik) etanj tipi ve ex-proof olmaması	Isı merkezi içerisinde kullanılan ana kumanda panosu ve brülör kumanda panosu etanj tipi ex-proof özellikte olmalıdır. Panoların kazan dairesi dışına yerleştirilmesi halinde ex-proof özellikte olmasına gerek yoktur. Panolar üzerindeki kumanda düğmeleri, kapak açılmadan kullanılabilmelidir.	Kazan	İ
63	Kazan dairesinde gaz hattının diğer hat borularının altında olması	Kazan dairesinde gaz hattının diğer hat borularının üstünde olması şartı vardır. Diğer hat borularından her hangi bir sızma vs… olursa, gaz borusunun korozif olarak etkilenmemesi için bu şarttır.	Kazan	İ
64	Kazan dairesindeki alt havalandırma ve üst havalandırma menfezlerinin boyutlarının, proje ile uyuşmaması	Alt havalandırma ve üst havalandırma menfezlerinin boyutlarının projede beyan edilen boyutlarla aynı olması gerekmektedir.	Kazan	İ
65	Kazan hattında aydınlatmaların ex-proof olmaması	Kazan hattı aydınlatmaları **ex-proof (alev sızdırmaz)** olmalıdır. Ampul açıkta bırakılmamalı, ex-proof (patlayıcı ortamlarda kullanılan alev sızdırmaz) bir fanusun içine alınmalıdır.	Kazan	İ
66	Kazan hattında aydınlatmaların etanj tipi olmaması	Kazan daireleri aydınlatması **etanj (su geçirmez)** tipi floresan armatürlerle, üst havalandırma seviyesinin altında kalacak biçimde yapılmalıdır.	Kazan	İ
67	Kazan dairesinde yetersiz aydınlatma olması	Kazan dairesinde olması muhtemel arızalar da dikkate alınarak aydınlatma yapılmalıdır. Kazan dairesi, her hangi bir arıza anında müdahale edilebilecek kadar aydınlık olmalıdır.	Kazan	İ
68	Kazan dairesinde, gaz alarm cihazı ile irtibatlandırılmış selenoid vana olmaması	Kazan dairesinde, gaz alarm cihazı ile irtibatlandırılmış bir selenoid vana olmalıdır.	Kazan	İ

Tablo 4.9 (Devam) Hata Türleri

NO	HATA TÜRÜ	AÇIKLAMA	HATANIN BULUNDUĞU HAT	T/İ
69	Gaz teslim noktası (SK) ile cihaz arasındaki toplam basınç kaybının 1,8 mbarg' dan fazla olması	Merkezi ısıtma sistemlerinde, gaz teslim noktasıyla cihaz arasındaki basınç kaybı (ΔP_T) maksimum 1,8 mbarg olmalıdır.	Kazan	T
70	Fanlı brülörlü merkezi ısıtma sistemlerinde gaz teslim noktasından en yakın cihaza kadar olan boru iç hacminin; 300 mbarg kullanım basıncında 1/1000 'den daha küçük olması	Fanlı brülörlü merkezi ısıtma sistemlerinde gaz teslim noktasından en yakın cihaza kadar olan boru iç hacmi ; 21 mbarg kullanım basıncında cihaz debisinin 1/500 'den, 300 mbarg kullanım basıncında 1/1000 'den daha küçük olmamalıdır (ÖLÜ HACİM KONTROLÜ).	Kazan	T
71	300 mbarg çıkışlı SK kullanımlarında regülâtörden önceki hatta akış hızının 15 m/s' yi geçmesi	P > 50 mbarg kullanım basıncında yalnızca akış hızı kontrolü yapılmalı, akış hızı (W) 15 m/s değerini geçmemelidir.	Kazan	T
72	Kazan dairesi kapılarının yanan malzemeden ve içeriye açılır biçimde yapılması	Isı merkezi kapıları yanmaz malzemeden ve dışarıya açılacak şekilde yapılmalıdır. Aksi takdirde herhangi bir patlama olması halinde, yangın binanın içinde kalır.	Kazan	İ
73	Daire içi tesisatta duvar geçişlerinde kılıf kullanılmaması	Daire içi tesisatta duvar geçişlerinde PVC kılıf kullanılmalıdır. Eğer istenirse çelik kılıf da kullanılabilir.	Daire içi	İ
74	Daire içi tesisatta duvar geçişlerinde boru ile kılıf arasındaki boşluğun doldurulmaması	Daire içi tesisatta duvar geçişlerinde boru ile kılıf arasındaki boşluğa silikon sıkılmalıdır.	Daire içi	İ
75	Doğalgazlı cihazlar için ortak (şönt) baca ya da adi baca kullanılması	Doğalgaz tüketen cihazlar sadece müstakil (ferdi) bacalara bağlanabilirler. Bunlar tek kolon halinde, hitap edeceği birimden çatıya kadar yükselen ve sadece bir birimin kullanımı için tasarlanmış bacalardır.	Baca	İ
76	Doğalgaz bacasının ağzının, çatı mahyasının altında kalması	Doğalgazlı cihaz bacalarının baca ağzı, çatı mahyasının altında kalmamalıdır. Aksi takdirde verimli çekiş sağlanamaz.	Baca	İ
77	Projeye/tesisata baca konmaması	Bacalı cihaz bulunduran tesisatın baca olmadan kullanılması mümkün değildir. Zira yanma sonucu oluşan atık gazların dışarıya atılması gerekmektedir.	Baca	T/İ

Tablo 4.9 (Devam) Hata Türleri

NO	HATA TÜRÜ	AÇIKLAMA	HATANIN BULUNDUĞU HAT	T/İ
78	Baca etiketindeki değerlerle projedeki baca değerlerinin uyuşmaması	Doğalgaz, metan içeriklidir. Metan yandığı zaman su buharı oluşur. 1 m^3 doğalgaz yandığı zaman 2 kg su buharı oluşur. Baca kesiti, konstrüksiyonu, malzemesi ve yalıtımı yeterli değerleri sağlamıyorsa; baca gazındaki su buharı baca içinde yoğuşur. Bu nedenle baca kesit hesabı çok önemlidir**.** Mevcut baca kesitinin hesaplanandan daha büyük olması halinde, atık gaz hızı 0,5 m/s 'nin altına düşmemelidir (TS 11389 EN 13384-1). Bu şartın sağlanamadığı durumlarda mevcut baca içerisinden uygun çaplı paslanmaz çelik kılıf geçirilmelidir.	Baca	İ
79	Baca imalatçısının TS 11383 sertifikasına sahip olmaması ve bacaya "baca etiketi" yapıştırmaması	Baca imalatçısı TS 11383 sertifikasına sahip olmalı, baca veya cihaz üzerinde kolaylıkla görülebilecek noktaya "baca etiketini" yerleştirmelidir. Bu etiketin görülmediği tesisata Dağıtım Şirketi gaz arzını sağlamaz.	Baca	İ
80	Baca şapkası kullanılmaması	Bacaya, baca şapkası konulmaması halinde, rüzgârlı havalarda baca tepmesi görülür. Ayrıca zaman içerisinde yağmur sularının girmesi sebebiyle baca malzemesi korozyona uğrar. Bu nedenle bacaların çatı üzerinde kalan kısımları yanma ürünlerinin dışarı atılmasına uygun olmalı ve çıkışına kesit daralmasına yol açmayacak biçimde baca şapkası monte edilmelidir.	Baca	İ
81	Baca topraklamasının yapılmaması	Doğalgaz tüketen cihaz bacalarına topraklama yapılmak zorundadır.	Baca	T/İ
82	Projede gösterilenden fazla dirsek olması	Her dirsek yeni bir basınç kaybı demektir. Dirsek sayısı değiştikçe, hesap da değişir.	Kolon / Kazan / Daire İçi	İ

4.3.3 Kontrol Planlarının Oluşturulması

Tespit edilen bu hata türlerinden sonra, denetimlerin nasıl ve nerelerde yapılması gerektiği de belirlenebilir. Bu bilgiler, Kontrol Planları ile ifade edilir. Bu

bölümde Kontrol Planları da oluşturulmuştur. Uygulamanın yapıldığı Selmak Mühendislik' te doğalgazlı sistem tasarımı Makina Mühendisi tarafından yapılmakta ve Teknik Ressam tarafından çizime aktarılmaktadır. Ancak Teknik Ressam çizimini yaparken de, Makina Mühendisi tarafından denetlenmektedir. Hat kurulumu yapılırken işletmenin karavanı ile çalışmanın yapıldığı bölgeye giden Şantiye Şefi, kurulum sonuna kadar bölgeden ayrılmamakta ve operatörleri denetlemektedir. Ayrıca Makina Mühendisi de zaman zaman ilgili bölgeye gidip hat kurulurken gerekli denetimlerini yapmaktadır. Bu bilgiler çerçevesinde Kontrol Planları oluşturulmuştur. Prototip Kontrol Planı, tasarım yani projelendirme aşamasında kullanılmaktadır. Tasarım hatalarının tespit edilip giderilmesine odaklanır ve tasarımda yapılan son kontrol gibi düşünülebilir. Tasarım aşaması tamamlandıktan sonra projenin Gaznet A.Ş.' ye (Konya İli Lisanslı Gaz Dağıtım Şirketi) onay için gönderilmeden önce son bir kez tekrar kontrol edilmesini ve sıfır hata ile onaya hazır proje elde edilmesini amaçlar.

Kontrol Planı ise imalat aşamasında yapılan hataların tespit edilmesine yöneliktir. İmalat aşaması tamamlandıktan sonra gaz açımı için Karar Destek A.Ş.' den (Konya İli Gaz Tesisatı Kontrol Etme ve Gaz Açım Yapma Sertifikasına Sahip Şirket) randevu alınmadan önce; tesisatın son kez tamamen kontrol edilmesi ve hatasız hale getirilmesi için kullanılır.

Prototip Kontrol Planı Tablo 4.10' da verilmektedir:

Tablo 4.10 Prototip Kontrol Planı

NO	KONTROL EDİLECEK ÖZELLİK	KONTROL SORUMLUSU	KONTROL SIKLIĞI	ÖLÇME ALETİ/METODU
1	Basıncın 50 mbarg' dan küçük (veya eşit) olduğu durumlarda akış hızı 6 m/s' yi geçiyor mu? (ki geçmemesi istenir)	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Gaznet Teknik Şartname Formülleri
2	Gaz teslim noktası (SK) ile cihaz arasındaki toplam basınç kaybı 1,8 mbarg' dan fazla mı? (ki az olması istenir)	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Gaznet Teknik Şartname Formülleri
3	300 mbarg çıkışlı SK kullanımlarında regülâtörden önceki hatta akış hızı 15 m/s' yi geçiyor mu? (geçmemesi gerekir)	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Gaznet Teknik Şartname Formülleri

Tablo 4.10 (Devam) Prototip Kontrol Planı

NO	KONTROL EDİLECEK ÖZELLİK	KONTROL SORUMLUSU	KONTROL SIKLIĞI	ÖLÇME ALETİ/METODU
4	Fanlı brülörlü merkezi ısıtma sistemlerinde gaz teslim noktasından en yakın cihaza kadar olan boru iç hacmi; 300 mbarg kullanım basıncında 1/1000 'den daha büyük mü? (büyük olması istenir)	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Gaznet Teknik Şartname kabul yöntemleri
5	Projede toprakaltı tesisatta katodik koruma yapılmış mı?	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Proje üzerinden gözle kontrol
6	Kolon hattında DN 25' ten küçük çap var mı? (olmamalıdır)	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Proje üzerinden kontrol
7	Projede toprakaltı tesisatta katodik koruma yeterli yapılmış mı?	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Gaznet Teknik Şartnamesi
8	Projede toprakaltındaki doğalgaz hattı topraküstü hattan izolasyon mafsalı ile ayrılmış mı?	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Proje üzerinden gözle kontrol
9	Magnezyum anodun ucu, izolasyon flanşının hemen altına mı bağlanmış?	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Proje üzerinden kontrol
10	Servis Kutusundan çıkan hat toprak altından geçip direk bodruma giriyorsa, S.K.' dan çıkar çıkmaz AKV var mı?	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Proje üzerinden kontrol
11	Brülör kapasite ve özellikleri doğru seçilmiş mi, kazan ile uyumlu mu?	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Brülör ve kazan broşürleri ile Proje üzerinden kontrol
12	Binanın ölçüsü alınırken şerit metre kullanılmış mı?	Makina Mühendisi	Ölçülendirme esnasında	Gözle kontrol/yerinde denetim
13	Projede hatların yönü doğru verilmiş mi?	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Gözle kontrol/yerinde denetim
14	Projede AKV kullanılmış mı?	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Proje üzerinden kontrol
15	Toprak altından toprak üstüne çıktıktan sonra, tekrar toprak altına inilip; toprak üstüne çıkılırken mafsal atılmış mı?	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Proje üzerinden kontrol
16	Projede havalandırma menfezi gösterilmiş mi?	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Proje üzerinden gözle kontrol
17	Her bir kolona kolon kesme vanası konmuş mu?	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Proje üzerinden kontrol
18	Projeye baca konmuş mu?	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Proje üzerinden kontrol
19	Projede baca topraklaması belirtilmiş mi?	Makina Mühendisi	Projelendirme bitiminde	Proje üzerinden kontrol

Kontrol Planı Tablo 4.11' de verilmektedir:

Tablo 4.11 Kontrol Planı

NO	KONTROL EDİLECEK ÖZELLİK	KONTROL SORUMLUSU	KONTROL SIKLIĞI	ÖLÇME ALETİ/METODU
1	Tranşede dönüşlerde dirsek mi kullanılmış?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
2	Tranşede polietilen sargı sıcak mı uygulanmış?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	Proses esnasında	Gözle kontrol
3	Tranşede yapılan PE sıcak sargı yeterince ısıtılarak mı yapılmış ve istenen yapışma elde edilmiş mi?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	Proses esnasında	Gözle kontrol
4	Tranşede yapılan PE sıcak sargıda %50 üst üste bindirme yapılmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
5	Tranşedeki tüm boruların çapları DN 25' ten büyük mü?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Kumpas
6	Toprakaltı tesisatta katodik koruma yapılmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
7	Toprak altı tesisatta yapılan katodik koruma yeterli mi? Avometre ile izolasyon flanşı elektrik kontrolü yapıldı mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Avometre
8	Toprak altından toprak üstüne çıkılırken izolasyon mafsalı atılmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
9	Mg Anotun ucu izolasyon mafsalının hemen altına mı bağlanmış?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
10	Servis Kutusundan çıkan hat toprak altından geçip direk bodruma giriyorsa, S.K.' dan çıkar çıkmaz AKV konmuş mu?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
11	Tesisatta kullanılan tüm borular doğalgaz borusu mu?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
12	Projede verilenle uygulamada döşenen hat yönleri tutuyor mu?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Projeye bakılarak gözle kontrol
13	Projede verilenle uygulamada döşenen boru çapları aynı mı?	Şantiye Şefi / Makina M.	İş bitiminde	Kumpas
14	Elektrik, telefon gibi hatlarla gaz hattı arasında 15 cm' den fazla boşluk bırakılmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Şerit metre
15	Gaz boruları başka amaçlarla da kullanılıyor mu? (ki kullanılmaması istenir)	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	Proses esnasında	Gözle kontrol

Tablo 4.11 (Devam) Kontrol Planı

NO	KONTROL EDİLECEK ÖZELLİK	KONTROL SORUMLUSU	KONTROL SIKLIĞI	ÖLÇME ALETİ/METODU
16	Toprak altından toprak üstüne çıktıktan sonra, tekrar toprak altına inilip; toprak üstüne çıkarken izolasyon mafsalı atılmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
17	Toprak üstü tesisatta yapılan bükümler soğuk büküm mü?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	Proses esnasında	Gözle kontrol
18	Toprak üstü tesisatta yapılan soğuk bükümlerde borunun normalden fazla kıvrıldığı olmuş mu?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Şablonla
19	Toprak üstü tesisatta DN 50 ve üzerindeki çaplarda büküm var mı? (ki olmaması istenir)	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
20	Kullanılan vana ve monte edildiği yerdeki hat çapı aynı mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Kumpas
21	Vanaların TS' si var mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
22	Bağlantı hattı (SK ve AKV arası); aydınlık, rutubetsiz, havalandırmalı, kolay ulaşılabilen, bina ortak mahali sayılmayan ve borunun hasara uğramayacağı yerlerden mi geçirilmiş?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
23	Kullanılan tüm vanalar sarı renkli mi?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
24	Doğalgaz tesisatı gaz açımından önce boyanmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
25	Tesisata monte edilmiş bir AKV var mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
26	AKV 1,8-2,2 m arası bir yükseklikte mi?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Şerit metre
27	AKV dışarıda ise kutu içine alınmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
28	AKV tesisata rakorlu bağlantı ile mi bağlanmış?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
29	Doğalgaz vanaları tesisata monte edilirken normal sıkılıkta mı sıkılmış? Vanalarda sızıntı ya da diş kapması var mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol

Tablo 4.11 (Devam) Kontrol Planı

NO	KONTROL EDİLECEK ÖZELLİK	KONTROL SORUMLUSU	KONTROL SIKLIĞI	ÖLÇME ALETİ/METODU
30	300 mbarg çıkışlı Servis Kutularında domestik regülâtör shut off' lu (ani kapamalı) mu?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
31	Servis kutusunun sol tarafından mı çıkılmış?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
32	Delik olduğu bulunan fittingsler yamalı kaynak mı yapılmış yoksa değiştirilmiş mi?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
33	Sayaca soldan girilip sağdan mı çıkılmış?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
34	Doğalgaz boruları açıktan mı gidiyor yoksa sıva altına gömülmüş mü?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
35	Aralarında 15 cm' den az mesafe bulunan elektrik ve gaz tesisatı için, gaz borusunda koruyucu kılıf var mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
36	Havalandırma menfezi açılmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
37	Kaynakla birleştirilmiş borularda eksen kaçıklığı var mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
38	Kaynak noktalarında yetersiz nüfuziyet ve yapışma noksanlığı var mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Köpük testi/Gözle kontrol
39	Kaynak yaparken soğuk bindirme yapılmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
40	Kaynak noktalarında yakıp delme hatası yapılmış mı ve yanma çentiği oluşumu var mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
41	Kaynak yaparken curuf hatası ve çatlak hatası yapılmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
42	Kolon hattındaki tüm boruların çapları DN25' ten büyük mü?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Kumpas
43	Kolon hattında sayaç vanasına kadar dişli bağlantı ya da manşon kaynağı var mı? (ki olmaması istenir)	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
44	Her bir kolona KKV konmuş mu?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol

Tablo 4.11 (Devam) Kontrol Planı

NO	KONTROL EDİLECEK ÖZELLİK	KONTROL SORUMLUSU	KONTROL SIKLIĞI	ÖLÇME ALETİ/METODU
45	Kolon hattında kat geçişlerinde çelik kılıf kullanılmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
46	Kolon hattındaki kat geçişlerinde boru ile kılıf arasındaki boşluk doldurulmuş mu?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
47	Kolon hattı en son kat da dâhil olmak üzere çekilmiş mi?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
48	Kolon hattında havalandırma menfezi var mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
49	Kolon hattında ileride ek kullanım amaçlı bırakılmış branşmanın dışında başka bir (en alt ya da en üst noktaya temizlik amaçlı uç bırakılması gibi) branşman var mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
50	Her sayaç girişine kesme vanası konmuş mu?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
51	Sayaç vanası monte edilirken normal sıkılıkta mı sıkılmış? Vanada sızıntı ya da diş kapması var mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Köpük testi/Gözle kontrol
52	Sayaçlar, elektrikli cihazlar ve su borularından 15 cm uzağa mı monte edilmiş?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Kumpas / Gözle kontrol
53	Sayaçtan sonra test ağzı ve test nipeli bırakılmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
54	Kat ve duvar geçişlerinde koruyucu kılıfın içinde kalan doğalgaz boruları tek parça mı yoksa ek yeri var mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
55	Kazan dairesinde gaz kazanı ile aynı hacimde duran katı yakıt deposu ve/veya sıvı yakıt tankı var mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
56	Binada ölçü alınırken doğru ölçülendirme yapılmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	Hat kurulurken	Şerit metre
57	Kazanın yerleştirildiği mahallin ölçüleri, bakım onarıma izin verecek kadar geniş mi?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
58	Brülör kapasite ve özellikleri kazanla uyumlu mu?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Kazan ve brülör broşürleri ile
59	Kazan dairesi hattının bulunduğu yerin en üst noktasına gaz alarm cihazı konmuş mu?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol

Tablo 4.11 (Devam) Kontrol Planı

NO	KONTROL EDİLECEK ÖZELLİK	KONTROL SORUMLUSU	KONTROL SIKLIĞI	ÖLÇME ALETİ/METODU
60	Kazan dairesi hattı için ana kesme şalteri konmuş mu?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
61	Kazan dairesi içindeki kumanda panoları(elektrik) etanj tipi ve ex-proof mu?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Malzeme broşürleri/Gözle kontrol
62	Kazan dairesinde gaz hattı diğer tüm hat borularının üstünde mi?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
63	Kazan dairesindeki alt havalandırma ve üst havalandırma menfezlerinin boyutları, projede gösterilenle aynı mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Proje/ Şerit metre
64	Kazan hattında aydınlatmalar ex-proof mu?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol/Malzeme broşürleri
65	Kazan hattında aydınlatmaların etanj tipi mi?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol/ Malzeme broşürleri
66	Kazan dairesinin aydınlatması yeterli mi?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
67	Kazan dairesinde, gaz alarm cihazı ile irtibatlandırılmış selenoid vana var mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
68	Kazan dairesi kapılarının yanmaz malzemeden mi ve dışarıya açılır biçimde mi?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
69	Daire içi tesisatta duvar geçişlerinde kılıf kullanılmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
70	Daire içi tesisatta duvar geçişlerinde boru ile kılıf arasındaki boşluk doldurulmuş mu?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
71	Doğalgazlı sistem bacası ferdi baca mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
72	Doğalgaz bacasının ağzı, çatı mahyasının üstünde mi?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
73	Tesisatta kurulu doğalgaz bacası var mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
74	Baca topraklaması yapılmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
75	Baca etiketindeki değerlerle projedeki baca değerleri aynı mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Proje/ Gözle kontrol
76	Baca imalatçısının TS 11383 sertifikası var mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühen.	Anlaşma yapılmadan önce	Gözle kontrol

Tablo 4.11 (Devam) Kontrol Planı

NO	KONTROL EDİLECEK ÖZELLİK	KONTROL SORUMLUSU	KONTROL SIKLIĞI	ÖLÇME ALETİ/METODU
77	Bacaya "baca etiketi" yapıştırılmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
78	Baca şapkası kullanılmış mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
79	Dolap içinden geçen hat varsa tek parça mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	Gözle kontrol
80	U manometre ile basınç kontrolü yapıldı mı?	Şantiye Şefi / Makina Mühendisi	İş bitiminde	U manometre

4.3.4 Hata Etkisi

Hatanın ortaya çıkması halinde müşterinin ne hissedeceği olarak tanımlanır. Hata türü ile ilişkilidir.

Burada müşteriden kasıt; bir sonraki bölüm veya bir sonraki işlem yapacak kişi ya da son kullanıcıdır. Ancak uygulamada genellikle müşterinin son kullanıcı olarak seçildiği görülmektedir.

Bu tez çalışmasında son kullanıcı hata türüne göre belirlenmiştir. Hata türüne göre kimi zaman bir sonraki operasyon, kimi zaman da müşteri son kullanıcı olarak ele alınmıştır.

4.3.5 Hata Nedeni

Olası hata türünü oluşturabilecek ilk anormalliktir. Hata türünün ortaya çıkmasında etkili olacak unsurlardır. Hata nedenleri tasarım veya proses esnasında sorunların ortaya çıkma nedenlerini gösterir.

Hata nedenlerinin belirlenmesinde en yaygın olarak kullanılan yöntem Balık Kılçığı (Ishikawa neden sonuç diyagramı) Diyagramı' dır (4M+1I= Man, Machine, Material, Method, Information). Bu tez çalışmasında, hata nedenlerini belirlemek için yapılan beyin fırtınası çalışmaları sonucu; risksel öncelik arz eden 19 adet potansiyel hata türü için balık kılçığı diyagramları oluşturulmuştur. Bu hata türleri, "tasarım" ve "proses" olmak üzere iki kısımdırlar ve bu iki bölüm için hata nedenleri birbirine benzer bulunmuştur. Doğalgazlı sistem tasarımı ve imalatı, fabrikasyon üretim yapılan sektörlerden farklılık arz etmektedir. Burada olması muhtemel hatalar, bir arabanın farklı parçalarında farklı nedenlerden oluşan hatalar gibi değildir. Sistem kurulumu için projelendirme şarttır ve bu durum da hataların çoğunun insandan kaynaklanmasına sebebiyet vermektedir. Hat imalatındaki hata türlerinin sebepleri yanlış malzeme, standart dışı ekipman kullanımı gibi şeyler olabileceği gibi; ağırlıklı olarak insandan kaynaklanmaktadırlar. Yapılan çalışmada gerek tasarım, gerekse proses aşamalarında hataların pek çoğunun insandan kaynaklandığı ve bilgi eksikliği, dikkatsizlik gibi nedenlere dayandığı görülmüştür. Projelendirme esnasında çıkması muhtemel hataların nedenlerinin belirlenmesi için yapılmış olan beyin fırtınası çalışması Tablo 4.12 de verilmiştir:

Tablo 4.12 Tasarım HTEA Beyin Fırtınası Çalışması

<table>
<tr><td colspan="3">BEYİN FIRTINASI ÇALIŞMASI</td></tr>
<tr><td>AMAÇ</td><td colspan="2">Doğalgazlı sistem projelendirmesi esnasındaki uygunsuzlukları ortadan kaldıracak tedbirlerin alınması.</td></tr>
<tr><td>KATILIMCILAR</td><td colspan="2">Beyin fırtınası çalışmasına katılanlar, HTEA takımı üyesidirler.
<table>
<tr><td>ASLIHAN DURAN</td><td>ANİMATÖR</td></tr>
<tr><td>M. SELMAN DAĞLI</td><td>MAKİNA MÜHENDİSİ</td></tr>
<tr><td>ARİF TEKELİ</td><td>TEKNİK RESSAM</td></tr>
<tr><td>AHMET SEDEFOĞLU</td><td>ŞANTİYE ŞEFİ</td></tr>
<tr><td>HÜSEYİN AKGÖZ</td><td>KAYNAK OPERATÖRÜ</td></tr>
<tr><td>MUAMMER ÇİĞDEM</td><td>KAYNAK OPERATÖRÜ</td></tr>
<tr><td>MEHMET DURAK</td><td>MONTAJ OPERATÖRÜ</td></tr>
<tr><td>M. SABRİ ÇELEBİ</td><td>MONTAJ OPERATÖRÜ</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>PROBLEM</td><td colspan="2">Doğalgazlı sistem tasarımında çıkan hata türlerinin nedenleriyle ilgili yapılan bu çalışmada, grup üyelerinin fikirleri alınmıştır. Fikirlere katılan kişi sayısına göre puanlandırma yapılmıştır. Sonuçlar aşağıdadır:</td></tr>
<tr><td rowspan="7">İLK OYLAMA</td><td>Hata, Nedenleri</td><td>Puan</td></tr>
<tr><td>İş talimatı yok</td><td>7</td></tr>
<tr><td>Teknik ressam hatası</td><td>6</td></tr>
<tr><td>Ölçülendirme hatası</td><td>7</td></tr>
<tr><td>Hesap hatası</td><td>3</td></tr>
<tr><td>Proje kontrolünde noksanlık</td><td>7</td></tr>
<tr><td>Eğitim bakımından noksan personel çalıştırılması</td><td>5</td></tr>
<tr><td rowspan="5">İKİNCİ OYLAMA</td><td>Hata, Nedenleri</td><td>Puan</td></tr>
<tr><td>Ölçülendirme hatası</td><td>7</td></tr>
<tr><td>Teknik Ressam hatası</td><td>7</td></tr>
<tr><td>Kontrol noksanlığı</td><td>8</td></tr>
<tr><td>İş talimatı yok</td><td>6</td></tr>
</table>

Tablo 4.12 (Devam) Tasarım HTEA Beyin Fırtınası Çalışması

SONUÇ	Yapılan oylamada en yüksek puanı alan dört fikir için çözüm önerileri getirilmiştir. Buna göre uygulanacak tedbirler aşağıda sunulmuştur:	
ÇÖZÜMLER	1	Sorumluluk bilinci gelişmemiş personel (özellikle Teknik Ressam) çalıştırılmaması
	2	Teknik Ressamlar işe alınmadan önce, bir binada ölçü almasının istenmesi ve ölçülendirme bilgisinin sınanması
	3	Projeler onaya gönderilmeden önce Prototip Kontrol Planı ile tekrar kontrol edilmesi
	4	İş talimatı oluşturulması ve çalışanlara eğitim verilmesi

Bu beyin fırtınası çalışması sonucu çıkarılmış neden sonuç diyagramı Şekil 4.4' te verilmiştir:



Şekil 4.4 Tasarım HTEA Sebep Sonuç Diyagramı

Proses HTEA çalışması esnasında tespit edilen hata türlerinden 72 numaralı olanının Risk Öncelik Sayısı 540 bulunarak, diğer 77 hata türünden açık ara farkla ayrılmıştır. Bu nedenle bu bölümde 72 numaralı hata türüne ait beyin fırtınası çalışması Tablo 4.13 ve neden sonuç diyagramı Şekil 4.5 olarak verilmektedir:

Tablo 4.13 Proses HTEA Beyin Fırtınası Çalışması

<table>
<tr><td colspan="4">BEYİN FIRTINASI ÇALIŞMASI</td></tr>
<tr><td>AMAÇ</td><td colspan="3">Doğalgazlı sistem imalatı esnasında görülmesi muhtemel kazan dairesi kapılarının yanan malzemeden olması ve içeriye açılır biçimde yapılması hatasını ortadan kaldıracak tedbirlerin alınması.</td></tr>
<tr><td>KATILIMCILAR</td><td colspan="3">Beyin fırtınası çalışmasına katılanlar, HTEA takımı üyesidirler.
<table>
<tr><td>ASLIHAN DURAN</td><td>ANİMATÖR</td></tr>
<tr><td>M. SELMAN DAĞLI</td><td>MAKİNA MÜHENDİSİ</td></tr>
<tr><td>ARİF TEKELİ</td><td>TEKNİK RESSAM</td></tr>
<tr><td>AHMET SEDEFOĞLU</td><td>ŞANTİYE ŞEFİ</td></tr>
<tr><td>HÜSEYİN AKGÖZ</td><td>KAYNAK OPERATÖRÜ</td></tr>
<tr><td>MUAMMER ÇİĞDEM</td><td>KAYNAK OPERATÖRÜ</td></tr>
<tr><td>MEHMET DURAK</td><td>MONTAJ OPERATÖRÜ</td></tr>
<tr><td>M. SABRİ ÇELEBİ</td><td>MONTAJ OPERATÖRÜ</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>PROBLEM</td><td colspan="3">Doğalgazlı sistem imalatında ortaya çıkan yukarıda tanımlanan hata türünün nedenleriyle ilgili yapılan bu çalışmada, grup üyelerinin fikirleri alınmıştır. Fikirlere katılan kişi sayısına göre puanlandırma yapılmıştır. Sonuçlar aşağıdadır:</td></tr>
<tr><td rowspan="5">İLK OYLAMA</td><td colspan="2">Hata Nedenleri</td><td>Puan</td></tr>
<tr><td colspan="2">Müşterinin bilinçsiz olması</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="2">Müşterinin ek masraftan kaçma isteği</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kapı montajında operatör hatası</td><td>7</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mühendisin müşteriye teknik bilgi aktarmada yetersiz kalması dikkatsizliği</td><td>7</td></tr>
<tr><td colspan="2">Eğitim bakımından noksan personel çalıştırılması</td><td>7</td></tr>
<tr><td rowspan="5">İKİNCİ OYLAMA</td><td colspan="2">Hata Nedenleri</td><td>Puan</td></tr>
<tr><td colspan="2">Operatör hatası</td><td>7</td></tr>
<tr><td colspan="2">Müşteri hatası</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mühendis hatası</td><td>8</td></tr>
<tr><td colspan="2">Eğitim eksikliği</td><td>7</td></tr>
<tr><td>SONUÇ</td><td colspan="3">Yapılan oylamada en yüksek puanı alan dört fikir için çözüm önerileri getirilmiştir. Buna göre uygulanacak tedbirler aşağıda sunulmuştur:</td></tr>
<tr><td rowspan="4">ÇÖZÜMLER</td><td>1</td><td colspan="2">Teknik bilgisi yetersiz operatör çalıştırılmaması</td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="2">Bilinçsiz müşteriye eğitim verilmesi</td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="2">Teknik bilgi aktarımında yetersiz kalan mühendise eğitim verilmesi</td></tr>
<tr><td>4</td><td colspan="2">Çalışanlara eğitim verilmesi</td></tr>
</table>

Bu beyin fırtınası çalışması sonucu çıkarılmış neden sonuç diyagramı Şekil 4.5' te görülmektedir:



Şekil 4.5 Proses HTEA Sebep Sonuç Diyagramı

4.3.6 Değerlendirme

HTEA Yöntemi' nde değerlendirmenin amacı, muhtemel risklerin sayısal olarak ifade edilmesi ve sınırlandırılmasıdır. Bu aşamada her bir olası hatanın risk esasına göre kritiklikleri belirlenir ve bunun için kullanılan ölçüt, Kritiklik Sayısı veya onun eşdeğeri olan Risk Öncelik Sayısı (RÖS)' dır.

Değerlendirme aşamasında Ağırlık (Şiddet, Ciddiyet), Ortaya Çıkma (Olasılık, Sıklık) ve Saptama (Keşfedilebilirlik, Bulma, Tespit) göstergelerinden yararlanılır.

Bu tez çalışmasında her bir hata türüne ait Risk Öncelik Sayısı (RÖS) belirlenmiş ve yüksek risk taşıyanlar öncelikli olarak ele alınmışlardır.

4.3.6.1 Ağırlık

Ağırlık, hatanın müşteriye yansıyan sonuçlarını ifade eder. Hatanın etki düzeyi arttıkça buna bağlı olarak ağırlığı da artar.

Hata türlerinin muhtemel sonuçlarını niteliksel bir ölçü ile değerlendirebilmek maksadıyla sınıflandırma yapılır. Bu sınıflandırmaya önem ya da kritiklik sınıflandırması denir. Ağırlık kayıplarla ifade edilir. Kayıplar; sistemin fonksiyonunu kısmen ya da tamamen kaybetmesi, zarar görmesi, yaralanma ya da ölüm gibi şekillerde ortaya çıkabilir.

Bu tez çalışmasında hatanın ağırlığı belirlenirken yasal mevzuat kurallarından ve konusunda uzman personelin görüşlerinden yararlanılmıştır.

Ağırlık değerlerinin belirlenmesinde Ağırlık Derecelendirme Tablosu' ndan da yararlanılır. Daha önce yapılmış çalışmalar, konusunda uzman personelin görüşleri ve HTEA Ekibi' nin fikirleri alınarak oluşturulan Ağırlık değerlendirme dereceleri Tablo 4.14' te verilmiştir:

Tablo 4.14 Ağırlık Derecelendirme Tablosu

ETKİ	KRİTER	DERECE
Tehlikeli	Emniyetle ilgili arıza, yasalarla uyumsuz bir arıza. Hata herhangi bir ikaz olmadan meydana gelir.	10
Ciddi	Emniyetle ilgili arıza, yasalarla uyumsuz bir arıza. Hata herhangi bir ikazla meydana gelir.	9
Çok Büyük	Üretimin tümü hurdaya ayrılabilir. Ürün kullanılamaz hale gelip temel fonksiyonlarını kaybeder. Müşteri büyük hoşnutsuzluk duyar.	8
Büyük	Ürün/proses üzerinde büyük etki. Ürün kullanılamaz. Üretimin ayıklanması ve bir bölümünün (%100' den az) hurdaya ayrılması gerekir. Müşteri hoşnutsuzluk duyar.	7
Önemli	Parçanın yeniden işlenmesi/onarılmasına neden olur. Ürün performansının derecesi düşmüştür. Ürün çalışmaktadır fakat kolaylık/rahatlık sağlayan bazı parçalar çalışmaz. Müşteri hoşnutsuzluk duyar.	6
Orta	Ürün performansı veya proses üzerinde orta şiddette etki. Müşteri ürünün kullanımında bazı rahatsızlıklar duyar. Kolaylık/rahatlık sağlayan bazı parçalar düşük performansla çalışır.	5
Küçük	Ürün performansı veya proses üzerinde küçük şiddette etki. Hata müşteri tarafından fark edilir ve ürün kullanımında bazı rahatsızlıklar yaşanır.	4
Önemsiz	Ürün performansı veya proses üzerinde önemsiz etki. Hata müşteriler tarafından fark edilir.	3
Çok Önemsiz	Ürün performansı veya proses üzerinde çok önemsiz etki. Hata müşteriler tarafından fark edilmez.	2
Etkisi Yok	Ürün performansı veya proses üzerinde hiç etkisi yok.	1

4.3.6.2 Ortaya Çıkma

Hatanın ne sıklıkta ortaya çıktığını gösterir. Muhtemel hata türlerinin oluşma olasılıkları ile tanımlanır.

Ortaya çıkma (olasılık) değerinin belirlenmesi için mevcut matematiksel veriler kullanılır. Burada hatanın ortaya çıkma olasılığının en düşük olduğu hallerde "1" ve en yüksek olduğu hallerde "10" değerleri kullanılır.

Bu tez çalışmasında hatanın ortaya çıkma sıklığı belirlenirken yasal mevzuat kurallarından ve konusunda uzman personelin görüşlerinden yararlanılmıştır. HTEA Ekibi' nin fikirleri de alınarak oluşturulan Ortaya Çıkma değerlendirme dereceleri Tablo 4.15' te verilmiştir:

Tablo 4.15 Ortaya Çıkma Derecelendirme Tablosu

HATA OLASILIĞI	OLASI HATA ORANLARI	DERECE
Hemen hemen kesin	½' den fazla	10
Çok yüksek	1/3	9
Yüksek	1/8	8
	1/20	7
Orta	1/80	6
	1/400	5
	1/2,000	4
Düşük	1/15,000	3
Çok Düşük	1/150.000	2
Hemen hemen olanaksız	1/1,500,000'den düşük	1

4.3.6.3 Saptama

Hatanın nedeni veya türü; alınan her tür önleme rağmen oluştu ise; bu hatanın müşteriye ulaşmaması istenir. Saptama ise, ürün/parça üretim hattını terk etmeden önce hatanın tespit edilebilme olasılığıdır. Hata saptama metotları düzenli bir biçimde uygulanırsa, hatanın müşteriye ulaşma olasılığı çok düşüktür. Literatürde saptama değerini "hatanın müşteriye ulaşma olasılığı" olarak tanımlayanların yanında, "hatanın müşteriye ulaşmama olasılığı" olarak tanımlayanlar da vardır. Burada hata saptama değeri; hatanın müşteriye ulaşma olasılığına göre belirlenirse, en küçük olduğunu gösteren "1" değerini alır. Aynı durum hatanın müşteriye ulaşmama olasılığına göre değerlendirilirse, bu olasılık çok yüksek olacağından "10" değeri ile tanımlanır. Bu tez çalışmasında saptama değeri, "hatanın müşteriye ulaşma olasılığı (tespit edilememe)" olarak belirlenmiştir ve hatanın müşteriye ulaşma olasılığının en düşük olduğu haller için saptama değeri "1" alınmıştır. Saptama değeri belirlenirken yasal mevzuat kurallarından ve konusunda uzman personelin görüşlerinden yararlanılmıştır.

Saptama değerlerinin belirlenmesinde Saptama Derecelendirme Tablosu' ndan da yararlanılır. Bu tablo; daha önce yapılan çalışmalar, konusunda uzman

personelin görüşleri ve HTEA Ekibi' nin fikirleri esas alınarak oluşturulmuştur ve Tablo 4.16' da verilmiştir:

Tablo 4.16 Saptama Derecelendirme Tablosu

SAPTAMA	KRİTER	DERECE
İmkânsız	Tespit etme imkânı yok	10
Çok zor	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok zor.	9
Zor	Kontrollerin hata türünü belirlemesi zor.	8
Çok az	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok azdır.	7
Az	Kontrollerin hata türünü belirlemesi azdır.	6
Orta	Kontrollerin hata türünü belirlemesi ortadır.	5
Ortanın üstü	Kontrollerin hata türünü belirlemesi ortanın üstündedir.	4
Yüksek	Kontrollerin hata türünü belirlemesi yüksek.	3
Çok yüksek	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok yüksek.	2
Hemen hemen kesin	Kontrollerin hata türünü belirlemesi hemen hemen kesindir (Hatalı tasarım / üretim yapılamaz).	1

4.3.7 Risk Öncelik Sayısı (RÖS)

Kritiklik sayısı olarak tanımlanır. Hata türlerini öncelik sırasına koyar. Risk faktörlerinin belirli bir sayı aralığında tanımlanan değerleri alınarak hesaplanır. Buradaki risk faktörleri; önceki bölümde tanımlanan Ağırlık, Ortaya Çıkma ve Saptama' dır.

Sayısal değer atamada kullanılan sayı aralığının büyüklüğü ile ilgili standart değerler yoktur. Uygulamada 1-5 ve 1-10 olmak üzere iki aralık kullanılmaktadır. Ancak 1-5 aralığı hassas sonuçlar vermeyeceği için pek tercih edilmez.

Daha önceki çalışmaların genel sonuçlarına göre:

- RÖS=1 ise, risk yoktur.

- RÖS=125 ise, risk orta düzeydedir.
- RÖS=1000 ise, risk yüksektir.

Bu tez çalışmasında Risk Öncelik Sayısı belirlenirken kullanılan formülün tanımlanması:

RÖS=OxAxS

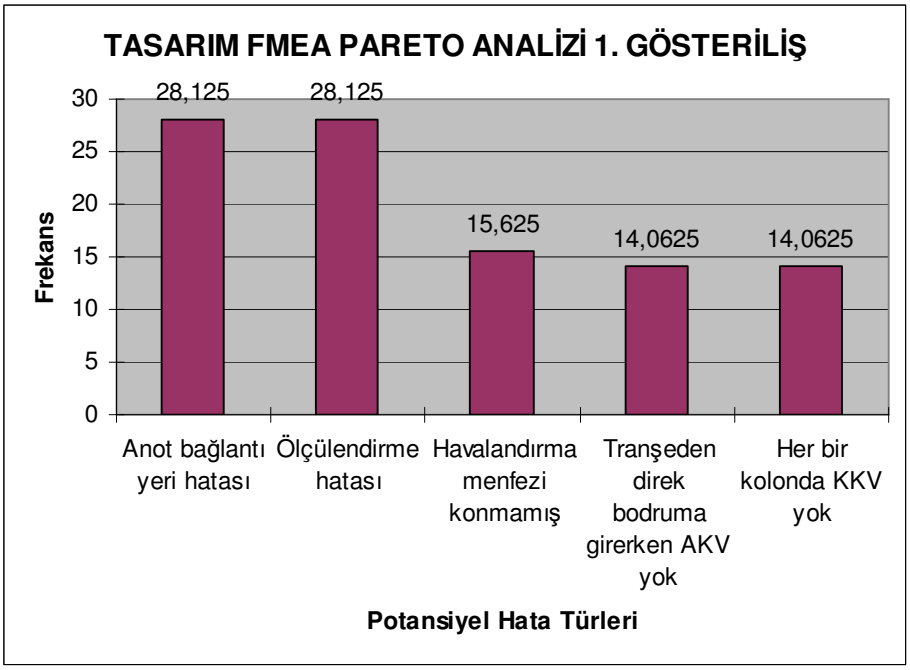
şeklindedir. Bu formül kullanılarak, tespit edilen her bir hata türü için RÖS değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu RÖS değerleri, HTEA toplantılarında tartışılmış ve yüksek riskli hata türleri pareto diyagramlarına aktarılarak tartışmaya açılmıştır. Pareto diyagramları, Tasarım ve Proses HTEA için ayrı ayrı çizilmişlerdir.

Tasarım HTEA çalışmasında tanımlanan 19 adet hata türü değerlendirilmiş ve beş tanesi risksel olarak öncelikli bulunmuştur. Bu beş hata türüne ait pareto diyagramına aktarılacak değerler Tablo 4.17 olarak verilmiştir:

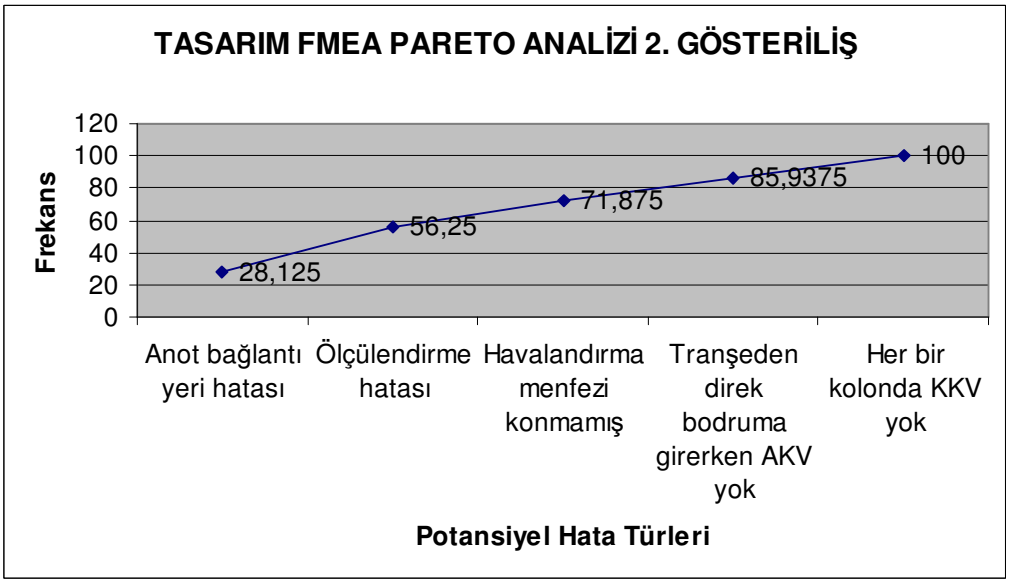
Tablo 4.17 Tasarım HTEA Pareto Diyagramı Değerleri

SIRA NO	HATA TÜRÜ	AĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	RÖS	%	KÜMÜLATİF
1	Anot bağlantı yeri yanlış	9	3	54	28,125	28,125
2	Ölçülendirme yanlış	9	2	54	28,125	56,25
3	Havalandırma menfezi yok	5	6	30	15,625	71,875
4	Tranşeden direk bodruma girerken AKV yok	3	3	27	14,0625	85,9375
5	Her bir kolonda KKV yok	3	3	27	14,0625	100
TOPLAM RÖS				192		

Tasarım HTEA için çizilen pareto diyagramları Şekil 4.6 ve Şekil 4.7 olarak verilmiştir:



Şekil 4.6 Tasarım HTEA Pareto Diyagramı



Şekil 4.7 Tasarım HTEA 2. Pareto Diyagramı (Toplam yüzdeler)

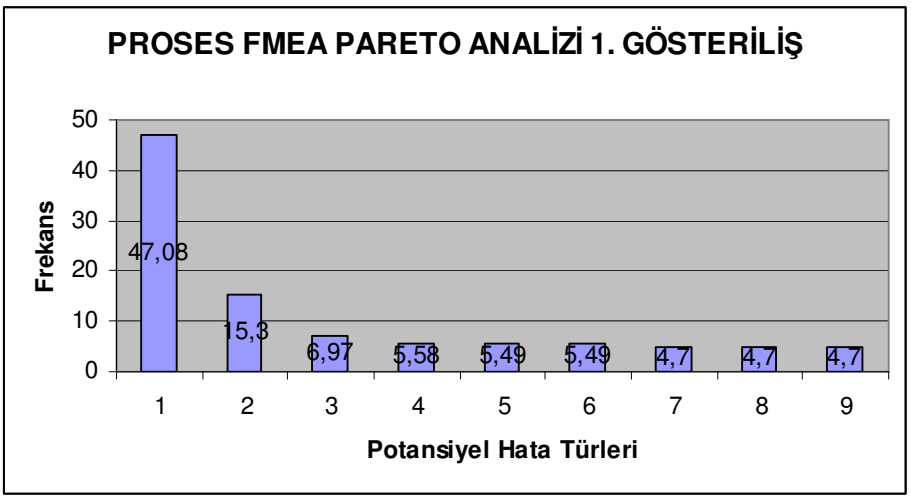
Çizilen Tasarım HTEA pareto diyagramlarına riskli olan beş adet potansiyel hata türü aktarılmıştır. Elde edilen pareto diyagramlarından çıkan sonuç, yüksek risk taşıyan bu beş hata türünden ilk üçünün giderilmesi halinde; sistemin toplam uygunsuzluğunun % 71.875' inin giderileceğidir.

Proses HTEA için de pareto diyagramları çizilmiştir. Buna göre tespit edilen 77 adet potansiyel hata türünden dokuz tanesi risksel olarak öncelik taşımaktadır. Bu dokuz adet potansiyel hata türüne ait değerler Tablo 4.18' de verilmiştir:

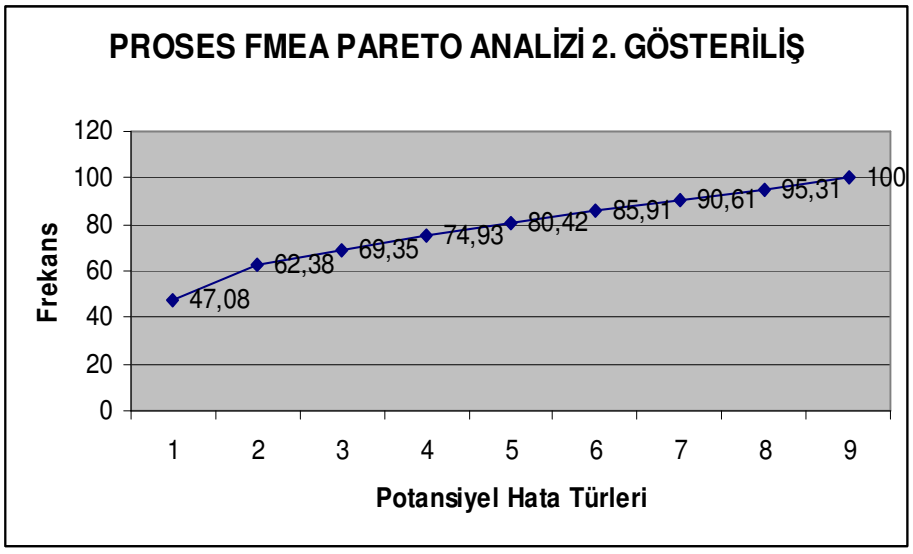
Tablo 4.18 Proses HTEA Pareto Diyagramı Değerleri

SIRA NO	HATA TÜRÜ	AĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	RÖS	%	KÜMÜLATİF
1	Kazan dairesi kapıları yanan malzemeden ve içeriye açılır biçimde	6	10	540	47,08	47,08
2	Duvar geçişlerindeki borular tek parça değil, ek yeri var	7	5	175	15,3	62,38
3	Kazan dairesi hacmi küçük, bakım onarım yapılamıyor	5	4	80	6,97	69,35
4	Mg anot bağlantı yeri yanlış	8	4	64	5,58	74,93
5	Diğer hatlarla gaz hattı arası boşluk 15 cm' den küçük	9	7	63	5,49	80,42
6	Diğer hatlarla gaz hattı arası boşluk 15 cm' den küçükken kılıf takılmamış	9	7	63	5,49	85,91
7	Kazan dairesinde katı yakıt deposu ve sıvı yakıt tankı var	9	3	54	4,7	90,61
8	Kazan dairesi içindeki kumanda panoları(elektrik) etanj tipi ve ex-proof değil	9	3	54	4,7	95,31
9	Kazan hattında aydınlatmalar etanj tipi değil	9	3	54	4,7	100
TOPLAM RÖS				1147		

Proses HTEA için çizilen pareto diyagramları Şekil 4.8 ve Şekil 4.9 olarak verilmiştir:



Şekil 4.8 Proses HTEA Pareto Diyagramı



Şekil 4.9 Proses HTEA 2. Pareto Diyagramı (Toplam yüzdeler)

Çizilen Proses HTEA pareto diyagramlarına riskli olan dokuz adet potansiyel hata türü aktarılmıştır. Elde edilen pareto diyagramlarından çıkan sonuç, yüksek risk taşıyan bu dokuz hata türünden ilk üçünün giderilmesi halinde; sistemin toplam uygunsuzluğunun % 69,35' inin giderileceğidir.

4.3.8 İyileştirme

HTEA Yöntemi' nin bu adımında; yüksek risk değeri taşıyan potansiyel hata türlerinin ortaya çıkmaması için ne tür önlemler alınacağı ve hangi faaliyetlerin yapılacağı belirlenir. Bu faaliyetlerin kimler tarafından yapılacağı tanımlanır. Ardından, yapılması planlanan düzeltici faaliyetlerin yeterli etkinlikte uygulamaya alınıp alınmadığı doğrulanarak yeni sonuçlar incelenir ve değerlendirilir. Düzeltici faaliyetler, RÖS önceden belirlenmiş bir seviyeyi aşan hata nedenleri için uygulanmaktadır. İyileştirme aşamasında kritik RÖS değerleri ortadan kaldırılıncaya ya da RÖS' lerde istenen düşüş sağlanıncaya kadar çözümler incelenir ve değerlendirilir.

Bu tez çalışmasında tespit edilen her bir hata türüne atanan RÖS değerleri hesaplandıktan ve yüksek risk taşıyan potansiyel hata türleri belirlendikten sonra, bu hata türlerine karşı alınacak tedbirler ve uygulamayı kimlerin hangi zamanda yapacağı belirlenmiştir. HTEA Toplantılarında belirlenen bu ödevler, bir sonraki HTEA toplantısında kontrol edilmiştir. Böylece etkinlik değerlendirmesi de yapılmaktadır.

5 ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Sürekli değişen müşteri talepleri ve kanuni zorunluluklar; hataları ayıklayıcı değil önleyici çalışmalar yürütmeyi ve disiplinli bir teknoloji kullanımını eskiye oranla daha da önemli yapmıştır. Bunu sağlamanın yollarından bir tanesi de HTEA Yöntemi' ni uygulamaktır. HTEA çalışması, bir ürün veya sistem için olası tüm hataların, hata nedenlerinin, hata etkilerinin ve hata riskinin önceden belirlenerek hatanın ortaya çıkmasını önlemek üzere risk analizi sonuçlarına uygun olarak gerekli kontrol önlemlerinin uygulandığı sistematik bir çalışmadır.

Bu tez çalışmasında yürütülen tehlike analizi çalışmalarında doğalgazlı sistem imalatı ve tasarımında güvenlik ve güvenilirlik açısından olması muhtemel pek çok sayıda hata türü bulunmuştur. Konya gibi doğalgazın yeni kullanılmaya başladığı şehirlerde ise bu konunun iki boyutu söz konusudur. Bunlardan ilki, müşterinin tesisatı uzun yıllar boyunca güvenli ve arızasız olarak kullanabilmesi durumudur. Diğer önemli konu ise, doğalgazlı sistem projelendirmesi ve kurulumu yapan işletmelerin; doğalgazla yeni tanışan bir şehrin piyasasında yer edinerek imaj ve rekabet gücü kazanmalarıdır. Sektördeki tüm sertifikalı işletmelerin derin bir rekabette oldukları dikkate alınırsa, projelendirmeyi ve imalatı sorunsuz olarak yapan ve kurduğu tesisattan ilerleyen zaman içinde de sorun çıkmayan firmalar; sektörde hak ettikleri yere oturacak ve müşteriler tarafından tercih edilir hale geleceklerdir. Bu anlamda HTEA Yöntemi' nin uygulanmış olmasının, hem müşterinin güvenliği hem de firmanın imajı açısından son derece önemli olduğu görülmüştür.

Uygulamanın aktarıldığı Tasarım ve Proses HTEA formları Tablo 5.1 ve Tablo 5.2 olarak verilmişlerdir:

Tablo 5.1 Tasarım HTEA Tablosu

SELMAK	FMEA ÇALIŞMA FORMU	BAŞLANGIÇ TARİHİ	25.11.2006
		ÖNGÖRÜLEN BİTİŞ TARİHİ	23.12.2006
		FMEA NUMARASI	06 / 01
		SAYFA NUMARASI	1 / 4

FMEA TÜRÜ: PROSES FMEA ☐ TASARIM FMEA ☑

PARÇA / PROSES NO	PROSES SORUMLUSU	FMEA SORUMLULARI
01	Mehmet Selman Dağlı	Arif Tekeli / Ahmet Sedefoğlu / Hüseyin Akgöz / Mustafa Sabri Çelebi
HAZIRLAYAN	**REVİZYON NUMARASI / TARİHİ**	**ONAYLAYAN**
Aslıhan Duran	000 / 21.10.2006	**Mehmet Selman Dağlı**

HATA NO	PROSES / FONKSİYON	POTANSİYEL HATA TÜRLERİ	HATANIN POTANSİYEL ETKİLERİ	AĞIRLIK	HATANIN POTANSİYEL SEBEPLERİ	ORTAYA ÇIKMA	MEVCUT PROSES KONTROLLERİ		SAPTAMA	RÖS	ÖNERİLEN FAALİYETLER	SORUMLU VE TERMİN	FAALİYET SONUÇLARI				
							ÖNLEME	TESPİT					YAPILAN FAALİYETLER	AĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	SAPTAMA	RÖS
50	Akış hızı	Basıncın 50 mbarg' dan küçük (veya eşit) olduğu durumlarda akış hızının 6 m/s' yi geçmesi	Debiyi artırıp kullanımda sorun doğuracağı için proje kabul edilmez ve geri döner	8	Yanlış formül kullanmak	1	Doğalgaz konusunda en az bir yıl deneyimli mühendis çalıştırmak	Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi ve Proje Önbilgileri Formu oluşturulup kullanılması	1	8							
				8	Yanlış çapta boru seçmek (Hesap hatası yapmak)	2	Bilgisayar ortamında formüllü Hesaplama Formu oluşturup hesapları bu form ile yapmak	Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi ve Proje Önbilgileri Formu oluşturulup kullanılması	1	16							
69	Basınç kaybı	Gaz teslim noktası (SK) ile cihaz arasındaki toplam basınç kaybının 1,8 mbarg' dan fazla olması	Yeterli basınç olmadan cihazlar verimli kullanılamayacağı için proje kabul edilmeyip geri döner	8	Yanlış kabul yapmak	1	Hesapları mühendisten başkasının yapmasına izin vermemek/Doğalgaz konusunda en az bir yıl deneyimli mühendis çalıştırmak	Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	1	8							
71	Akış hızı	300 mbarg çıkışlı SK kullanımlarında regülatörden önceki hatta akış hızının 15 m/s' yi geçmesi	Debiyi artırıp kullanımda sorun doğuracağı için proje kabul edilmez ve geri döner	8	Yanlış formül kullanmak	1	Doğalgaz konusunda en az bir yıl deneyimli mühendis çalıştırmak	Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi ve Proje Önbilgileri Formu oluşturulup kullanılması	1	8							
				8	Yanlış çapta boru seçmek (Hesap hatası yapmak)	2	Bilgisayar ortamında formüllü Hesaplama Formu oluşturup hesapları bu form ile yapmak	Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi ve Proje Önbilgileri Formu oluşturulup kullanılması	1	16							
70	Ölü hacim kontrolü	Fanlı brülörlü merkezi ısıtma sistemlerinde gaz teslim noktasından en yakın cihaza kadar olan boru iç hacminin; 300 mbarg kullanım basıncında 1/1000 'den daha küçük olması	Ölü hatta gaz birikmesi olup bu da basıncın artmasına sebep olacağından dolayı proje kabul edilmez ve geri döner	8	Teknik Şartname eğitimi alınmadığı için hatalı kabul yapmak	1	Doğalgaz konusunda en az bir yıl deneyimli mühendis çalıştırmak	Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	1	8							
6	Katodik koruma	Projede toprakaltı tesisatta katodik koruma yapılmaması	Proje Gaznet onayından geçemez ve düzeltme istemiyle geri döner	9	İşi yanlış kişinin yapması	1	Eskiz projelendirmeyi Makina mühendisinden başkasının yapmaması	Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	1	9							

Tablo 5.1 (Devam) Tasarım HTEA Tablosu

SELMAK

FMEA ÇALIŞMA FORMU

BAŞLANGIÇ TARİHİ	25.11.2006
ÖNGÖRÜLEN BİTİŞ TARİHİ	23.12.2006
FMEA NUMARASI	06 / 01
SAYFA NUMARASI	2 / 4

FMEA TÜRÜ: PROSES FMEA ☐ TASARIM FMEA ☒

PARÇA / PROSES NO	PROSES SORUMLUSU	FMEA SORUMLULARI
01	Mehmet Selman Dağlı	Arif Tekeli / Ahmet Sedefoğlu / Hüseyin Akgöz / Mustafa Sabri Çelebi
HAZIRLAYAN	**REVİZYON NUMARASI / TARİHİ**	**ONAYLAYAN**
Aslıhan Duran	000 / 21.10.2006	**Mehmet Selman Dağlı**

HATA NO	PROSES / FONKSİYON	POTANSİYEL HATA TÜRLERİ	HATANIN POTANSİYEL ETKİLERİ	AĞIRLIK	HATANIN POTANSİYEL SEBEPLERİ	ORTAYA ÇIKMA	MEVCUT PROSES KONTROLLERİ		SAPTAMA	RÖS	ÖNERİLEN FAALİYETLER	SORUMLU VE TERMİN	FAALİYET SONUÇLARI				
							ÖNLEME	TESPİT					YAPILAN FAALİYETLER	AĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	SAPTAMA	RÖS
7	Katodik koruma	Projede toprakaltı tesisatta katodik korumanın yetersiz yapılması	Proje Gaznet onayından geçemez ve düzeltme istemiyle geri döner	7	Yanlış malzeme seçimi	1	Projelendirme mühendisi işe alınırken, MMO' dan Doğalgaz İç Tesisat Sertifikası olanlar tercih edilir	Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	1	7							
8	Statik elektriklenme	Projede toprakaltındaki doğalgaz hattının topraküstü hattan izolasyon mafsalı ile ayrılmaması	Proje kabul edilmez ve geri döner (Elektriksel olarak hat korunmamış olacağı ve voltaj dalgalanmalarında cihazların tamamı zarar göreceği için)	9	Yanlış özellik kullanılması	1		Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	1	9							
9	Statik elektriklenme	Magnezyum anodun ucunun, izolasyon flanşının hemen altı yerine üstüne bağlanması	Proje onaylanmaz ve düzeltmeler için geri döner (Bu durumda tesisatta biriken statik yük toprağa aktarılamaz. Yıldırım düşmesi olursa topraklama sağlanamadığı için tesisat ve cihazlar zarar görebilir. Toprak altında kalan boru katodik olarak korunmadığı için korozyona uğrayıp çürüyebilir.)	9	Eksik bilgi (Teknik şartname eğitimi almamış olmak)	3	Doğalgazda en az bir yıl deneyimli Makina mühendisi ve teknik ressam çalıştırmak	Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	2	54	Tesisatın, proje onaylandıktan sonra döşenmesi. Projenin, Selmak Mühendislik Prototip Kontrol Planı ile kontrol edilmesi	Arif Tekeli 12.12.2006	Zeta Cad programı kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca projeler Gaznet A.Ş.' ye onaya gönderilmeden önce tekrar kontrol edilmek üzere, Selmak Mühendislik Prototip Kontrol Planı oluşturulmuştur. Ve projeler bu plan ile kontrol edilmiştir.	9	1	1	9
10	Akış kesme	Servis Kutusundan çıkan hat toprak altından geçip direk bodruma giriyorsa, S.K.' dan çıkar çıkmaz AKV bulunmaması	Teknik şartnameye uygunsuzluk doğuracağından dolayı proje onaylanmaz	3	Yanlış kabul	3		Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	3	27	İş talimatı hazırlanması ve projenin onaya gönderilmeden önce iyice kontrol edilmesi, donanımsız kişi çalıştırılmaması	Mehmet Selman Dağlı 12.12.2006	İş talimatı hazırlanmıştır. Ayrıca proje Prototip Kontrol Planı ile tekrar gözden geçirilmiştir.	3	1	1	3
59	Cihaz verimi	Brülörün yanlış kapasite ve özelliklerde seçilmesi	Brülör kapasitesinin kazan kapasitesini karşılayamaması sonucu verimsiz çalışma durumu görüleceğinden proje onaylanmaz	8	Yanlış formül kullanılması ve yanlış broşürlere bakılması	1		Proje önbilgileri Formu oluşturulup kullanılması ve projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	2	16							

Tablo 5.1 (Devam) Tasarım HTEA Tablosu

SELMAK	FMEA ÇALIŞMA FORMU	BAŞLANGIÇ TARİHİ	25.11.2006
		ÖNGÖRÜLEN BİTİŞ TARİHİ	23.12.2006
		FMEA NUMARASI	06 / 01
		SAYFA NUMARASI	3 / 4

FMEA TÜRÜ: PROSES FMEA □ TASARIM FMEA ☒

PARÇA / PROSES NO	PROSES SORUMLUSU	FMEA SORUMLULARI
01	Mehmet Selman Dağlı	Arif Tekeli / Ahmet Sedefoğlu / Hüseyin Akgöz / Mustafa Sabri Çelebi
HAZIRLAYAN	REVİZYON NUMARASI / TARİHİ	ONAYLAYAN
Aslıhan Duran	000 / 21.10.2006	Mehmet Selman Dağlı

HATA NO	PROSES / FONKSİYON	POTANSİYEL HATA TÜRLERİ	HATANIN POTANSİYEL ETKİLERİ	AĞIRLIK	HATANIN POTANSİYEL SEBEPLERİ	ORTAYA ÇIKMA	MEVCUT PROSES KONTROLLERİ		SAPTAMA	RÖS	ÖNERİLEN FAALİYETLER	SORUMLU VE TERMİN	FAALİYET SONUÇLARI				
							ÖNLEME	TESPİT					YAPILAN FAALİYETLER	AĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	SAPTAMA	RÖS
13	Ölçülendirme	Binada ölçü alınırken yanlış alınması	Boru çapı, basınç kaybı gibi hesaplar yanlış yapılacağından dolayı uygunsuz bir hat döşenir. İmalat sonrası yapılan kontrollerde hat denetimi geçemez ve gaz açımı yapılamaz.	9	Yanlış metod (ölçüyü birebir ölçmeden göz kararı alma)	2	Ölçü almaya giden personele, ölçülendirmenin rastgele değil muhakkak şerit metre ile yapılması konusunda uyarıda bulunmak	Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	3	54	Çalışanlara, ölçülendirmede üst üste iki kez hata yapan personele maaş kesme cezası uygulanacağının ilan edilmesi	Mehmet Selman Dağlı 12.12.2006	Gerekli ilan yapılmıştır. Bundan sonra ölçülendirme hatası gerçekleşmemiştir.	9	2	2	36
12	Hat projelendirme	Projede hatların yönünün yanlış verilmesi	Uygulama ile projelendirme farklı olacağı için gaz açımı yapılmaz ve proje geri çevrilir.	1	Ölçü alan ve projeyi çizen kişiler farklı	5		Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	2	10							
26	Akış kesme	Projede AKV kullanılmaması	Proje kabul edilmez ve düzeltme istenir. Proje geri çevrilir.	10	Son kontrol mekanizması etkin değil	1		Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	1	10							
17	Statik elektriklenme	Toprak altından toprak üstüne çıktıktan sonra, tekrar toprak altına inilip, toprak üstüne mafsalsız çıkılması	Teknik şartnameye uygunsuzluk	9	Hatalı kabul	1	Proje çizimini muhakkak mühendisin eskizlerine göre gerçekleştirmek	Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	2	18							
36	Havalandırma	Projede havalandırma menfezi olmaması	Proje kabul edilmez ve düzeltme istenir. Proje geri çevrilir.	5	Eksik bilgi	6		Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	1	30	Projenin onaya gönderilmeden önce iyice kontrol edilmesi, çalışanlara eğitim verilmesi	Arif Tekeli 12.12.2006	Çalışanlara eğitim verilmiştir, projeler onaya gönderilmeden önce Selmak Mühendislik Prototip Kontrol Planı ile yeniden kontrol edilmiştir.	5	3	1	15
44	Akış kesme	Her bir kolona Kolon Kesme Vanası konulmaması	İleride kolonlardan birinde tadilat gerekirse, diğer kolonlardaki aboneler mağdur olacağı için proje bu haliyle kabul edilmez ve geri çevrilir.	3	Hatalı kabul yapılması	3		Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	3	27	Prestij kaybını önlemek için her bir kolona ayrı ayrı KKV konması gerektiği hususunun çalışanlara iyice kavratılması, bunun için tüm çalışan ve yöneticilere Müşteri Memnuniyeti Semineri düzenlenmesi	Mehmet Selman Dağlı 12.12.2006	Seminer verilmiştir.	3	1	1	3

Tablo 5.1 (Devam) Tasarım HTEA Tablosu

SELMAK

FMEA ÇALIŞMA FORMU

BAŞLANGIÇ TARİHİ	25.11.2006
ÖNGÖRÜLEN BİTİŞ TARİHİ	23.12.2006
FMEA NUMARASI	06 / 01
SAYFA NUMARASI	4 / 4

FMEA TÜRÜ: PROSES FMEA ☐ TASARIM FMEA ☒

PARÇA / PROSES NO	PROSES SORUMLUSU	FMEA SORUMLULARI
01	Mehmet Selman Dağlı	Arif Tekeli / Ahmet Sedefoğlu / Hüseyin Akgöz / Mustafa Sabri Çelebi
HAZIRLAYAN	**REVİZYON NUMARASI / TARİHİ**	**ONAYLAYAN**
Aslıhan Duran	000 / 21.10.2006	**Mehmet Selman Dağlı**

HATA NO	PROSES / FONKSİYON	POTANSİYEL HATA TÜRLERİ	HATANIN POTANSİYEL ETKİLERİ	AĞIRLIK	HATANIN POTANSİYEL SEBEPLERİ	ORTAYA ÇIKMA	MEVCUT PROSES KONTROLLERİ		SAPTAMA	RÖS	ÖNERİLEN FAALİYETLER	SORUMLU VE TERMİN	FAALİYET SONUÇLARI				
							ÖNLEME	TESPİT					YAPILAN FAALİYETLER	AĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	SAPTAMA	RÖS
77	Atık gaz boşaltımı	Projeye/tesisata baca konmaması	Projede baca olmaması demek, atık gazların dışarı atılmaması demektir. Böyle bir durumda gaz hattını kullanmak mümkün değildir. Proje onaylanmaz, geri çevrilir.	10	Bilgi eksikliğinden dolayı yapılması mümkün olan bir hata türü değildir. Sadece dikkatten kaçmış olabilir.	1	Projelendirmeyi ya da çizimi yapacak personeli işe alırken gözlemsel dikkat ölçümü yapmak	Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	1	10							
42	Boru çapı	Kolon hattında DN 25' ten küçük çap olması	Şartnamelerde belirlenen standart hız sınırı aşıldığı için proje onaylanmaz	1	Eksik bilgi (Makina mühendisinin doğalgaz sektörüne yeni girmiş olması)	2	Doğalgaz konusunda en az bir yıl deneyimli mühendis çalıştırmak	Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	1	2							
81	Atık gaz boşaltımı	Baca topraklamasının yapılmaması	Projede düzeltme istenir.	3	Proje son kontrolü etkin değil/ Projeyi çizen dikkatsiz	6	Çizim yapacak personeli işe alırken gözlemsel dikkat ölçümü yapmak	Projenin Prototip Kontrol Planı ile gözden geçirilmesi	1	18							

Tablo 5.2 Proses HTEA Tablosu

SELMAK	FMEA ÇALIŞMA FORMU	BAŞLANGIÇ TARİHİ	25.11.2006
		ÖNGÖRÜLEN BİTİŞ TARİHİ	20.01.2007
		FMEA NUMARASI	06 / 02
		SAYFA NUMARASI	1 / 10

FMEA TÜRÜ: PROSES FMEA ☐ × TASARIM FMEA ☐

PARÇA / PROSES NO	PROSES SORUMLUSU	FMEA SORUMLULARI
02	Mehmet Selman Dağlı	Arif Tekeli / Ahmet Sedefoğlu / Hüseyin Akgöz / Mustafa Sabri Çelebi
HAZIRLAYAN	REVİZYON NUMARASI / TARİHİ	ONAYLAYAN
Ashban Duran	000 / 21.10.2006	Mehmet Selman Dağlı

HATA NO	PROSES / FONKSİYON	POTANSİYEL HATA TÜRLERİ	HATANIN POTANSİYEL ETKİLERİ	AĞIRLIK	HATANIN POTANSİYEL SEBEPLERİ	ORTAYA ÇIKMA	MEVCUT PROSES KONTROLLERİ		SAPTAMA	RÖS	ÖNERİLEN FAALİYETLER	SORUMLU VE TERMİN	FAALİYET SONUÇLARI				
							ÖNLEME	TESPİT					YAPILAN FAALİYETLER	AĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	SAPTAMA	RÖS
1	Malzeme iç yapısı (gerilme)	Tranşe' de (toprak altı hatta) dirsek kullanmak yerine bükümü yapılması	Bükümü, malzemeyi zayıflatır ve toprak altında malzemenin korozyona uğramasını hızlandırarak ömrünü kısaltır	8	İş talimatı yok	2		İş bitiminde ekip başı tarafından malzeme kontrolü yapılır.	2	32							
				8	Hatalı montaj (Operatör eğitimsiz)	3	İşe yeni alınan operatörlere doğalgazla ilgili oryantasyon eğitimi verilir	İş bitiminde ekip başı tarafından malzeme kontrolü yapılır.	2	48							
2	Malzeme iç yapısı ve malzeme etkileşimleri	Tranşe hattında polietilen sıcak sargı yerine, soğuk sargı kullanılması	Malzemenin toprakla temas olasılığının artması sonucu ömrü kısalır	6	Eksik parça	2	İşe yeni alınan operatörlere doğalgazla ilgili oryantasyon eğitimi verilir	Operatörler hattı döşerken habersiz baskın denetimler yapılır	2	24							
3	Korozif Koruma	Tranşede yapılan polietilen sıcak sargının, yeterince ısıtılmadan yapılması	Sargı tutmaz ve boru ile toprak temas eder. Böylece boru malzemenin korozyonu hızlanırken ömrü kısalır.	7	Uygun olmayan montaj (Operatörlerin acemi olması)	2	Doğalgaz konusunda en az altı ay tecrübeli operatör çalıştırılır	Operatörler hattı döşerken habersiz baskın denetimler yapılır	2	28							
4	Korozif Koruma	Tranşede yapılan polietilen sıcak sargıda % 50 bindirme yapılmaması	Sargı tutmaz ve boru ile toprak temas eder. Böylece boru malzemenin korozyonu hızlanırken ömrü kısalır.	7	Uygun olmayan montaj (Operatörlerin acemi olması)	2	Doğalgaz konusunda en az altı ay tecrübeli operatör çalıştırılır	Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir/Operatörler hattı döşerken habersiz baskın denetimler yapılır	1	14							
5	Boru çapı	Topraklı tesisattda DN 25' ten küçük çapta boru kullanılması	Şartnamelerde belirlenen standart hız sınırının aşılması ve basınç kaybının artması sonucu cihazlar istenilen basınçta çalışamaz	3	Uygun olmayan malzeme kullanımı (Operatörün dikkatsiz ya da bilgi bakımından donanımsız olması, makina mühendisinin operatörleri gerektiği gibi denetlememesi)	1	İşe yeni alınan operatörlere doğalgazla ilgili oryantasyon eğitimi verilir	Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	1	3							
6	Katodik koruma	Topraklı tesisatta katodik koruma yapılmaması	Tesisatta biriken statik yük toprağa aktarılamaz. Yıldırım düşmesi olursa topraklama sağlanamadığı için tesisat ve cihazlar zarar görebilir. Toprak altında kalan boru katodik olarak korunmadığı için korozyona uğrayıp çürüyebilir.	9	İşi yanlış kişinin yapması	2	Tranşe hattı döşemeyi firmanın sertifikalı operatörlerinden başka kimse yapmaz	İş bitiminde Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	1	18							
7	Katodik koruma	Topraklı tesisatta katodik korumanın yetersiz yapılması	Katodik korumanın yetersiz olması sonucu gaz açım şirketinin kontrollerinde istenen değer elde edilemez ve gaz açımı gerçekleştirilmez.	9	Gerekli ekipman sağlanamamış	2	Satın alınan malzemelere girdi kontrol işlemi uygulanır.	Gaz açım randevusundan önce firma kendi edindiği cihazlar ile hatta elektriksel ölçüm yapar	1	18							

Tablo 5.2 (Devam) Proses HTEA Tablosu

SELMAK	FMEA ÇALIŞMA FORMU	BAŞLANGIÇ TARİHİ	25.11.2006
		ÖNGÖRÜLEN BİTİŞ TARİHİ	20.01.2007
		FMEA NUMARASI	06 / 02
		SAYFA NUMARASI	2 / 10

FMEA TÜRÜ: PROSES FMEA □ × TASARIM FMEA □

PARÇA / PROSES NO	PROSES SORUMLUSU	FMEA SORUMLULARI
02	Mehmet Selman Dağlı	Arif Tekeli / Ahmet Sedefoğlu / Hüseyin Akgöz / Mustafa Sabri Çelebi
HAZIRLAYAN	REVİZYON NUMARASI / TARİHİ	ONAYLAYAN
Aslıhan Duran	000 / 21.10.2006	Mehmet Selman Dağlı

HATA NO	PROSES / FONKSİYON	POTANSİYEL HATA TÜRLERİ	HATANIN POTANSİYEL ETKİLERİ	AĞIRLIK	HATANIN POTANSİYEL SEBEPLERİ	ORTAYA ÇIKMA	MEVCUT PROSES KONTROLLERİ		SAPTAMA	RÖS	ÖNERİLEN FAALİYETLER	SORUMLU VE TERMİN	FAALİYET SONUÇLARI				
							ÖNLEME	TESPİT					YAPILAN FAALİYETLER	AĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	SAPTAMA	RÖS
8	Trafo/toprak üstü etkileşimi	Topraktaltındaki doğalgaz hattının topraktaki hattan izolasyon mafsalı ile ayrılmaması	Tesisatta topraklama ve katodik koruma sağlanamaz.	10	Operatöre detay resim verilmemiş	2		Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	1	20							
9	Mg anot bağlantı yeri uyumu	Magnezyum anodun negatif, izolasyon flanşının hemen altı yerine üstüne bağlanması	Malzeme katodik olarak korunamaz ve statik yük toprağa aktarılamaz.	8	Acemilik	4	Hat kurulurken operatörler denetlenir	Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	2	64	Operatörlerin uyarılması, hatanın tekrarı halinde cezai yaptırım uygulanması	Mehmet Selman Dağlı 26.12.2006	Böyle bir hata ile karşılaşmamak için tüm operatörlere Makina Mühendisi tarafından eğitim verilmiştir.	8	2	1	16
10	Akış kesme	Servis Kutusundan çıkan hat toprak altından geçip direk bodruma giriyorsa, S.K.' dan çıkar çıkmaz AKV bulunmaması	Gaz akışının kesilmesini gerektiren durumlarda Servis kutusundan AKV' nin bulunduğu noktaya kadarki hatta gaz bulunur ve buna bağlı olarak olası bir yangında patlama meydana gelir	9	İş talimatı yok	2		İş talimatı hazırlanır/Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	2	36							
11	Boru malzemesi seçimi	Doğalgaz borusu harici boru kullanılması	Doğalgaz borularından beklenen standart cidar kalınlığının sağlanamaması sonucu malzeme dayanımı düşer	3	Satın alma şartnameleri yetersiz	1	Gaz borusu harici boruların kabul edilmeyeceği, Satın alma şartnamelerinde belirtilir	İş bitiminde Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	6	18							
				3	Girdi kontrol yok veya yetersiz	2	Girdi kontrol işlemleri sıkı tutulur	İş bitiminde Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	7	42							
12	Boru çapı hesabı	Projede hatların yönünün yanlış verilmesi	Proje ile imalattaki hat yönleri farklı olunca firmadan tadilat projesi istenir ve bunun sonucunda zaman kaybı olduğundan abone mağdur edilir.	3	Projeye son kontrol yapılmamış veya yetersiz	2	Çizim için işe alınan personele uygulamalı oryantasyon eğitimi verilir	Tesisat döşendikten sonra hat yönleri Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile kontrol edilir.	1	6							
57	Yakıt tankı etkileşimleri	Kazan dairesinde katı yakıt deposu, sıvı ve gaz yakıt tankları bulunması	Olumsuz bir durumla karşılaşıldığında, kazan dairesinde bulunan yakıt tankları yangını oluşmasına veya başlamış yangının aniden büyüyüp ilerlemesine ve patlamalara sebep olurlar.	9	Müşteri çift kazan istiyor ama alan dar ve mekanda bölüntü yapılamıyor	3	Fiyatlandırma keşfi için gidildiğinde müşteri ile mutabakat sağlanır	Makina mühendisinin iş bitiminde tesisata keşif gezisi yapması	2	54	Sözleşmede inşaat işleri müşteriye ait olduğu için, lisanslı şirket gaz açımına gelmeden önce kazan düzenlemelerinin müşteriye yaptırılması, müşteri kontrollerinin sıklaştırılması	Ahmet Sedefoğlu 26.12.2006	Müşteri ile görüşülüp inşaat işlerinin takibi yapılmıştır, müşteri denetimleri sıklaştırılmıştır.	9	1	1	9
14	Çap hesabı	Projede boru çaplarının yanlış verilmesi	Proje ile imalattaki boru çapları farklı olunca firmadan tadilat projesi istenir ve bunun sonucunda zaman kaybı olduğundan abone mağdur edilir.	7	Projeyi çizenin, mühendisin eskizlerine bağlı kalmaması ve dikkatsizliği	1	Teknik Ressam projeyi çizerken makina mühendisi ile koordineli çalışır	İnşaat bittikten sonra boru çapları ustabaşı tarafından kumpasla tekrar kontrol edilir	1	7							

Tablo 5.2 (Devam) Proses HTEA Tablosu

SELMAK

FMEA ÇALIŞMA FORMU

BAŞLANGIÇ TARİHİ	25.11.2006
ÖNGÖRÜLEN BİTİŞ TARİHİ	20.01.2007
FMEA NUMARASI	06 / 02
SAYFA NUMARASI	3 / 10

FMEA TÜRÜ: PROSES FMEA □ ✕ TASARIM FMEA □

PARÇA / PROSES NO	PROSES SORUMLUSU	FMEA SORUMLULARI
02	Mehmet Selman Dağlı	Arif Tekeli / Ahmet Sedefoğlu / Hüseyin Akgöz / Mustafa Sabri Çelebi
HAZIRLAYAN	REVİZYON NUMARASI / TARİHİ	ONAYLAYAN
Aslıhan Duran	000 / 21.10.2006	Mehmet Selman Dağlı

HATA NO	PROSES / FONKSİYON	POTANSİYEL HATA TÜRLERİ	HATANIN POTANSİYEL ETKİLERİ	AĞIRLIK	HATANIN POTANSİYEL SEBEPLERİ	ORTAYA ÇIKMA	MEVCUT PROSES KONTROLLERİ		SAPTAMA	RÖS	ÖNERİLEN FAALİYETLER	SORUMLU VE TERMİN	FAALİYET SONUÇLARI				
							ÖNLEME	TESPİT					YAPILAN FAALİYETLER	AĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	SAPTAMA	RÖS
15	Elektriksel koruma	Elektrik, telefon gibi hatlarla gaz hattı arasında 15 cm' den az boşluk olması	Tesisatta görülebilecek gaz kaçakları, sızıntı elektrikle birleşip kıvılcım oluşturur	9	Eskiz ölçülendirme hatalı yaptırılmış	7	Ölçülendirme işlerinde çalıştırılmak üzere işe alınan personeller, komşusunda en az altı ay tecrübeli ve dikkatli kişilerden seçilir	Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	1	63	Ölçülendirmede çalışan personele iş başı eğitimi verilmesi	Mehmet Selman Dağlı 26.12.2006	Ölçülendirmede çalışan personellere uygulamalı eğitim verilmiş ve deneme ölçülendirmeler yaptırılmıştır.	9	4	1	36
16	Boru kullanımı	Doğalgaz borularının kendi amacı dışında kullanılması	Boru ömrü kısalır ve gaz sızıntılarına sebebiyet verilmiş olur	8	Müşterilerin bilinçsiz olması	3		Müşteri bilinçlendirilir	1	24							
				8	Hattı kuran operatörlerin bilinçsiz olması	2	İmalatta çalışan operatörlere her akşam yapılan 20 dakikalık toplantılarda konu ile ilgili bilgi verilir	Hat kurulurken operatörler denetlenir	1	16							
17	Tranşe/toprak üstü etkileşimi	Toprak altından toprak üstüne çıktıktan sonra, tekrar toprak altına inilip, toprak üstüne mafsalsız çıkılması	Malzeme katodik olarak korunamaz ve statik yük toprağa aktarılamaz	8	İş talimatı yok	2		İş Talimatı hazırlanır/Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	2	32							
				8	Alan uygun değil	3		İş Talimatı hazırlanır/Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	2	48							
18	Malzeme iç yapısı	Toprak üstü tesisatta büküm yapmak gerektiğinde, soğuk büküm yerine sıcak büküm yapılması	Malzeme iç yapısı bozulur ve faydalı ömrü kısalır	4	Operatörler acemi veya dikkatsiz	2	İmalatta çalışan operatörlere her akşam 20 dakikalık eğitim toplantısı yapılır	Hat kurulurken operatörler denetlenir	2	16							
19	Boru bükme	Toprak üstü tesisatta yapılan soğuk bükümde borunun normalinden fazla kıvrılması	Malzeme iç yapısı bozulur ve faydalı ömrü kısalır	6	Operatör acemi	2	İmalatta çalışan operatörlere her akşam 20 dakikalık eğitim toplantısı yapılır	Operatörlere baskın denetimler uygulanır	1	12							
20	Malzeme iç yapısı	Toprak üstü tesisatta DN 50 ve üstündeki çaplarda büküm yapılması	DN 50 ve üstündeki çaplarda büküm yapılması malzemeyi zayıflatır	3	Acemi operatör, yetersiz denetim	3	İmalatta çalışan operatörlere her akşam yapılan 20 dakikalık toplantılarda konu ile ilgili bilgi verilir	Hat kurulurken operatörler denetlenir	2	18							
21	Boru/fittings çap uyumu	Kullanılan vananın, kullanıldığı yerdeki hat çapından farklı çapta olması	Redüksiyon atılacağı için hızda artış görülür ve dolayısıyla basınç kaybı artar	3	Acemi operatör veya işverenin düşük maliyet isteği	2	Malzemeler bina mahalline sevkedilmeden önce Makina mühendisi tarafından yüklenme son kontrolü yapılır	İmalat bitince tesisata gözle kontrol uygulanır	2	12							
23	Fittings malzeme özelliği	TS' si olmayan vana kullanılması	Belirli bir standarda ulaşmamış ucuz vanaların kullanılması sonucu tesisat güvenilirliği azalır	6	Girdi kontrol yok veya etkin değil	2	Girdi kontroller etkin yapılır	İş bitiminde hatta gözle kontrol uygulanır	2	24							
				6	Satın alma şartnameleri yetersiz	3	Satın alma şartnamelerinde TS' si olmayan vanaların kabul edilmeyeceği belirtilir	İş bitiminde hatta gözle kontrol uygulanır	2	36							
				6	İşverenin düşük maliyet isteği	2		İş bitiminde hatta gözle kontrol uygulanır	2	24							

Tablo 5.2 (Devam) Proses HTEA Tablosu

SELMAK	FMEA ÇALIŞMA FORMU	BAŞLANGIÇ TARİHİ	25.11.2006
		ÖNGÖRÜLEN BİTİŞ TARİHİ	20.01.2007
		FMEA NUMARASI	06 / 02
		SAYFA NUMARASI	4 / 10

FMEA TÜRÜ: PROSES FMEA ☐ × TASARIM FMEA ☐

PARÇA / PROSES NO	PROSES SORUMLUSU	FMEA SORUMLULARI
02	Mehmet Selman Dağlı	Arif Tekeli / Ahmet Sedefoğlu / Hüseyin Akgöz / Mustafa Sabri Çelebi
HAZIRLAYAN	**REVİZYON NUMARASI / TARİHİ**	**ONAYLAYAN**
Aslıhan Duran	000 / 21.10.2006	**Mehmet Selman Dağlı**

HATA NO	PROSES / FONKSİYON	POTANSİYEL HATA TÜRLERİ	HATANIN POTANSİYEL ETKİLERİ	AĞIRLIK	HATANIN POTANSİYEL SEBEPLERİ	ORTAYA ÇIKMA	MEVCUT PROSES KONTROLLERİ		SAPTAMA	RÖS	ÖNERİLEN FAALİYETLER	SORUMLU VE TERMİN	FAALİYET SONUÇLARI				
							ÖNLEME	TESPİT					YAPILAN FAALİYETLER	AĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	SAPTAMA	RÖS
27	Akış kesme	AKV ve KKV' nin tesisata rakorlu bağlantı harici bir yöntemle monte edilmesi	Rakor atılmazsa, herhangi bir tadilatta tesisat kolay söktülemez	3	İşi yarılış kişi yapmış	1	Operatörlere eğitim verilir	İş bitiminde makina mühendisi tarafından gözle kontrol yapılır	1	3							
				3	Uygun olmayan montaj (İş talimatı yok)	2		İş bitiminde makina mühendisi tarafından gözle kontrol yapılır	1	6							
28	Vana montajı	Doğalgaz vanalarının tesisata montajı esnasında vananın fazla sıkılması	Vanaların fazla sıkılması, diş kapmaya ve malzemenin deformasyonuna sebep olabilir. Ayrıca bu durum, bağlantıyı söktülemez hale getirir ve ileride sökmek gerekirse sorun doğar.	9	Uygun olmayan montaj (Operatör eliyle sıkıyor ve tecrübesi az olduğu için ayar tutturamıyor)	1	Operatörlere torkmetre verilmesi	İş bitiminde makina mühendisi tarafından gözle kontrol yapılır	1	9							
29	Vana montajı	Doğalgaz vanalarının tesisata montajı esnasında vananın az sıkılması	Bu durum basıncın düşmesine ve gaz kaçaklarına sebep olur.	9	Uygun olmayan montaj (Operatör eliyle sıkıyor ve tecrübesi az olduğu için ayar tutturamıyor)	1	Operatörlere torkmetre verilmesi	İş bitiminde makina mühendisi tarafından gözle kontrol yapılır	1	9							
30	Basınç düşürme	300 mbarg çıkışlı Servis Kutularında domestik regülatörün shut off' suz olması	Shut off' suz regülatörde gaz akışı ani olarak kesilemediği için; deprem, yangın gibi durumlarda hayati kayıplar görülebilir	9	Makina mühendisinin dikkatsiz ya da bilgi bakımından donanımsız olması	2	Malzeme alımında makina mühendisi bizzat söz sahibidir.	Makina mühendisitarafından iş bitiminde tekrar kontrol yapılması	2	36							
31	Basınç düşürme	Servis Kutusunun sol tarafından çıkılması	Dağıtım hattı ile bağlantı hattının çakışması sonucu ileride yapılacak tadilatlarda sorun yaşanır	3	İş talimatı yok	2		Kutu korumaları takılmadan tekrar kontrol yapılır	2	12							
				3	Operatörler acemi ya da dikkatsiz	2	En az altı ay tecrübeli operatör çalıştırılır.	Kutu korumaları takılmadan tekrar kontrol yapılır	2	12							
32	Sızdırmazlık sağlama	Fittingslerde delik varsa, yanlış kaynak yapılması	Malzemenin orijinalliğinin bozulması sonucu tesisatta ileride gaz kaçakları görülebilir	9	Malzeme yetersizliği	2	Yeterli ve gerekli malzemeler temin edilir	İş bitiminde makina mühendisi tarafından gözle kontrol yapılır	2	36							
				9	İşletme sahibinin ek maliyetten kaçınası	2	Her akşam yapılan 20 dakikalık eğitimlerde operatörlere konu hakkında bilgilendirme yapılır	İş bitiminde makina mühendisi tarafından gözle kontrol yapılır	2	36							
33	Gaz kullanım miktarı belirleme (m^3)	Sayaca sağdan girip soldan çıkılması	Gaz akışı olmasına rağmen sayaç numaratörü dönmez	3	Hatalı montaj (Operatörler acemi ya da dikkatsiz)	2	En az altı ay tecrübeli operatör çalıştırılır.	Gaz açım randevusu alınadan önce hat kontrol edilir	1	6							
34	Müşteri ile ilişkili proses	Doğalgaz borularının ava altına gömülmesi	Herhangi bir tadilat gerektiğinde boruya kolay ulaşılamaz ve duvara gömülen boru korozyona uğrar	9	Müşterinin bilinçsiz	4	Müşteri henüz tesisat döşemesi bitmeden uyarılır		1	36							
				9	Tesisatçı firma müşteriyi uyarmamış	1	Müşteri henüz tesisat döşemesi bitmeden uyarılır		1	9							
35	Elektriksel koruma	Aralarında 15 cm' den az mesafe bulunan elektrik ve gaz tesisatı için, gaz borusunda koruyucu kılıf olmaması	Tesisatta görülebilecek gaz kaçakları, sızan elektirikle birleşip kıvılcım oluşturur	9	Malzeme eksik	2	Gerekli malzemeler temin edilir	İşbitiminde tesisat kontrol edilir	1	18							
				9	Son kontrol etkin değil	7		İşbitiminde tesisat kontrol edilir	1	63	Son kontrol faaliyetlerinin etkinleştirilmesi	Mehmet Selman Dağlı 26.12.2006	Son kontrol faaliyetleri etkinleştirilmiştir.	9	3	1	27

Tablo 5.2 (Devam) Proses HTEA Tablosu

SELMAK

FMEA ÇALIŞMA FORMU

BAŞLANGIÇ TARİHİ	23.11.2006
ÖNGÖRÜLEN BİTİŞ TARİHİ	20.01.2007
FMEA NUMARASI	06 / 02
SAYFA NUMARASI	5 / 10

FMEA TÜRÜ: PROSES FMEA ☐ ✕ TASARIM FMEA ☐

PARÇA / PROSES NO	PROSES SORUMLUSU	FMEA SORUMLULARI
02	Mehmet Selman Dağlı	Arif Tekeli / Ahmet Sedefoğlu / Hüseyin Akgöz / Mustafa Sabri Çelebi
HAZIRLAYAN	REVİZYON NUMARASI / TARİHİ	ONAYLAYAN
Aslıhan Duran	000 / 21.10.2006	Mehmet Selman Dağlı

HATA NO	PROSES / FONKSİYON	POTANSİYEL HATA TÜRLERİ	HATANIN POTANSİYEL ETKİLERİ	AĞIRLIK	HATANIN POTANSİYEL SEBEPLERİ	ORTAYA ÇIKMA	MEVCUT PROSES KONTROLLERİ		SAPTAMA	RÖS	ÖNERİLEN FAALİYETLER	SORUMLU VE TERMİN	FAALİYET SONUÇLARI				
							ÖNLEME	TESPİT					YAPILAN FAALİYETLER	AĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	SAPTAMA	RÖS
38	Malzeme kaynatma	Kaynak noktalarında yetersiz nüfuziyet ve yapışma noksanlığı yapılması	Söz konusu yerlerden gaz sızıntısı olur	8	Uygun olmayan montaj, ehil olmayan kaynakçı çalıştırılması	2	Sertifikalı kaynakçı çalıştırılması	İş bitiminde gözle kontrol ve sızdırmazlık kontrolü yapılır yapılır	1	16							
39	Malzeme kaynatma	Kaynak yaparken soğuk bindirme yapılması	Söz konusu yerlerden gaz sızıntısı olur	8	Ehil olmayan kaynakçı çalıştırılması	1	Sertifikalı kaynakçı çalıştırılması	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	1	8							
40	Malzeme kaynatma	Kaynak yaparken yakıp delme hatası yapılması ve yanma çentiği oluşuma	Söz konusu yerlerden gaz sızıntısı olur ve malzemenin yamanması da faydalı ömrü kısaltır	8	Ehil olmayan kaynakçı çalıştırılması	1	Sertifikalı kaynakçı çalıştırılması	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	1	8							
41	Malzeme kaynatma	Kaynak yaparken curuf hatası ve çatlak hatası yapılması	Söz konusu yerlerden gaz sızıntısı olur	8	Ehil olmayan kaynakçı çalıştırılması	2	Sertifikalı kaynakçı çalıştırılması	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	1	16							
42	Boru çapı	Kolon hattında DN 25' ten küçük çap olması	İşçiliği zorlaştırır ve gaz akış hızının artmasına sonucu basınç kayıplarını artırır ve cihazların çalışma basıncını etkiler	5	Uygun olmayan malzeme kullanımı (Operatörün dikkatsiz ya da bilgi bakımından donanımsız olması)	2	En az altı ay tecrübeli operatör çalıştırılır	Tesisatın döşenmesi bitince ustabaşı tarafından kumpasla tekrar kontrol yapılır	1	10							
				5	Makina mühendisi kontrol cihazı ve yöntemi eksik	1		Tesisatın döşenmesi bitince ustabaşı tarafından kumpasla tekrar kontrol yapılır	1	5							
43	Boru birleştirmeleri	Kolon hattında sayaç vanasına kadar dişli bağlantı ya da manşon kaynağı olması	Bu durum, tesisatta ileride gaz kaçaklarının görülmesine sebebiyet verir	8	İş talimatı yok	2		İş bitiminde gözle kontrol yapılır	2	32							
				8	Uygun olmayan malzeme kullanımı (Operatör eğitimsiz)	2		İş bitiminde gözle kontrol yapılır	2	32							
45	Boru duvar geçişleri	Kolon hattında kat geçişlerinde çelik kılıf kullanılmaması	Sarsıntı anında hat rijitliğini koruyamaz	2	Malzeme yetersiz	3	Yeterli ve gerekli malzemeler temin edilir	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	2	12							
				2	Ekipman (delici) yetersiz	5	Gerekli ekipman temin edilir	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	2	20							
				2	Kontrol yetersiz	5	Operatörlere baskın denetimler düzenlenir	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	2	20							
46	Boru duvar geçişleri	Kolon hattında kat geçişlerinde boru ile kılıf arasındaki boşluğun doldurulmaması	Sarsıntı anında hat rijitliğini koruyamaz	1	Yeterli ve gerekli malzeme temin edilmemiş	5	Malzeme miktarı girdi kontrollerde gözden geçirilir	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	2	10							
				1	Operatör bilinçlendirilmemiş	7	Operatörlere baskın denetimler düzenlenir	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	2	14							
47	Hat uzunluğu	Kolon hattının yarıda kesilmesi	Yetkili mühendis gaz açımını yapmaz ve tesisatın tamamlanmasını ister (böyle hatalı bir tesisatta gaz açımı gerçekleşmesi sonucu, diğer abonelerin ileride yapılacak tadilattan dolayı mağdur edilmesi söz konusu olur)	3	Müşteri husumetleri	2	Fiyat verme aşamasında müşterilerle bu konuda anlaşma sağlanır	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	1	6							
				3	Tesisatçı firma mühendisi bilinçsizliği	1	En az altı ay tecrübeli mühendis çalıştırılır.	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	1	3							

Tablo 5.2 (Devam) Proses HTEA Tablosu

SELMAK

FMEA ÇALIŞMA FORMU

BAŞLANGIÇ TARİHİ	23.11.2006
ÖNGÖRÜLEN BİTİŞ TARİHİ	20.01.2007
FMEA NUMARASI	06 / 02
SAYFA NUMARASI	6 / 10

FMEA TÜRÜ: PROSES FMEA ☐ × TASARIM FMEA ☐

PARÇA / PROSES NO	PROSES SORUMLUSU	FMEA SORUMLULARI
02	Mehmet Selman Dağlı	Arif Tekeli / Ahmet Sedefoğlu / Hüseyin Akgöz / Mustafa Sabri Çelebi
HAZIRLAYAN	REVİZYON NUMARASI / TARİHİ	ONAYLAYAN
Atilhan Duran	000 / 21.10.2006	Mehmet Selman Dağlı

HATA NO	PROSES / FONKSİYON	POTANSİYEL HATA TÜRLERİ	HATANIN POTANSİYEL ETKİLERİ	ÄĞIRLIK	HATANIN POTANSİYEL SEBEPLERİ	ORTAYA ÇIKMA	MEVCUT PROSES KONTROLLERİ		SAPTAMA	RÖS	ÖNERİLEN FAALİYETLER	SORUMLU VE TERMİN	FAALİYET SONUÇLARI				
							ÖNLEME	TESPİT					YAPILAN FAALİYETLER	ÄĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	SAPTAMA	RÖS
49	Boru temizliği	Kolon hattının en alt ya da en üst noktasına temizlik amaçlı branşman bırakılması	Kolon hattında, ileride hat alması söz konusu olan kullanımlar için branşman bırakılabilir. Ancak bunun haricinde hiçbir uygulama için uç bırakılması istenmez. Temizlik amaçlı bırakılan uçlar, ileride ehliyetsiz kişilerce kullanılabileceği için tehlike arzederler.	1	Bilinçsiz müşteri	3	Tesisat döşenmesine müşteri karıştırılmaz	Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	1	3							
				1	Acemi işçi	1	Operatörlere bu konuda kesin talimat verilir	Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	1	1							
51	Akış kesme	Her sayaç girişine kesme vanası konulmaması	Olası tehlike durumlarında gaz akışı kesilemez ve böylece mülk hasarları ve can kayıpları artar	10	Dikkatsiz operatör	1	İşe yeni alınacak operatörlere sözlü dikkat testi uygulanır	Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	1	10							
				10	Dikkatsiz mühendis	1		Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	1	10							
52	Vana montajı	Sayaç vanası monte edilirken, vananın aşırı sıkılması	Vanada diş kapma olur. Ayrıca bağlantı sökülemez halc gelirse ileride sorun doğar. Vana diş atar. Sızıntı olur.	9	Uygun olmayan montaj (Operatör eliyle sıkıyor ve tecrübesi az olduğu için ayar tutturamıyor)	1	Operatörlere torkmetre verilir	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	1	9							
53	Vana montajı	Sayaç vanası monte edilirken, vananın az sıkılması	Vanadan gaz kaçağı olur.	9	Uygun olmayan montaj (Operatör eliyle sıkıyor ve tecrübesi az olduğu için ayar tutturamıyor)	1	Operatörlere torkmetre verilir	İş bitiminde sızdırmazlık kontrolü ve gözle kontrol yapılır	1	9							
54	Elektriksel koruma	Sayaçların elektrikli cihazlar ve su borularının yakınına monte edilmesi	Tesisatta görülebilecek gaz kaçakları, sızan elektirikle birleşip kıvılcım oluşturur ve su borularından dolayı cihazın zarar görüp kullanılmaz bir hal alması söz konusu olabilir.	9	Alan dar ve diğer yerlerde aydınlatma yetersiz	2	Fiyatlandırma keşfi için binaya gidildiğinde en uygun mahal belirlenir	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	1	18							
55	Sızdırmazlık kontrolü	Sayaçtan sonra test ağzı ve test nipeli bırakılmaması	Sızdırmazlık testlerinde uygulama problemi çıkar ve sayaç kontrolleri yapılamaz	1	Operatörde bilgi eksikliği var	2	En az altı ay tecrübeli operatörler işe alınır	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	1	2							
				1	Mühendis kontrol mekanizması yetersiz	2	MMO' dan sertifikalı ve en az altı ay tecrübeli mühendisler işe alınır	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	1	2							
56	Boru duvar geçişleri	Kat ve duvar geçişlerinde koruyucu kılıfın içinde kalan doğalgaz borularında ek yeri olması	Sızdırmazlık kontrollerinde sağlıklı sonuçlar elde edilemez.	7	Uygun olmayan montaj (Operatörlerin dikkatsiz olması)	5	En az altı ay tecrübeli operatörlerle çalışılır	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	5	175	Gaz açımı yapılmışsa 187 ye başvurup gazı kestirerek ve boru içindeki gazı düpürterek, gaz açımı yapılmamışsa boruyu direknan keserek çıkartmak ve uygun boyutta yeni boru ile değiştirmek; operatöre ceza vermek	Mehmet Selman Dağlı 26.12.2006	Böyle bir hata ile karşılaşmamak için her gün yapılan 20 dakikalık toplantılarda tüm operatörler Makina Mühendisi tarafından uyarılmıştır.	7	2	3	42
				7	İşverenin ek maliyetten kaçınması (Eksik malzeme)	3	Gerekli ve yeterli malzeme temin edilir	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	2	42							

Tablo 5.2 (Devam) Proses HTEA Tablosu

SELMAK	FMEA ÇALIŞMA FORMU	BAŞLANGIÇ TARİHİ	25.11.2006
		ÖNGÖRÜLEN BİTİŞ TARİHİ	20.01.2007
		FMEA NUMARASI	06 / 02
		SAYFA NUMARASI	7 / 10

FMEA TÜRÜ: PROSES FMEA ☐ × TASARIM FMEA ☐

PARÇA / PROSES NO	PROSES SORUMLUSU	FMEA SORUMLULARI
02	Mehmet Selman Dağlı	Arif Tekeli / Ahmet Sedefoğlu / Hüseyin Akgöz / Mustafa Sabri Çelebi
HAZIRLAYAN	REVİZYON NUMARASI / TARİHİ	ONAYLAYAN
Atılhan Duran	000 / 21.10.2006	Mehmet Selman Dağlı

HATA NO	PROSES / FONKSİYON	POTANSİYEL HATA TÜRLERİ	HATANIN POTANSİYEL ETKİLERİ	AĞIRLIK	HATANIN POTANSİYEL SEBEPLERİ	ORTAYA ÇIKMA	MEVCUT PROSES KONTROLLERİ		SAPTAMA	RÖS	ÖNERİLEN FAALİYETLER	SORUMLU VE TERMİN	FAALİYET SONUÇLARI				
							ÖNLEME	TESPİT					YAPILAN FAALİYETLER	AĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	SAPTAMA	RÖS
13	Ölçülendirme	Binada ölçü alınırken yanlış alınması	Gaz hattında kullanılacak boruların çapları, fittings adetleri gibi malzemeler; hattın uzunluğuna ve dönüşlerine göre tayin edilir. Yanlış ölçü; yanlış boru çapı ve fazladan ya da eksik fittings demektir. Bu da akış hızını ve debiyi etkileyeceğinden, istenmeyen bir durumdur.	10	Dikkatsizlik, önemsememe, ölçüyü birebir ölçmeden göz kararı alma	1	Ölçülendirme işlerinde çalıştırılmak üzere işe alınan personeller, konusunda en az altı ay tecrübeli ve dikkatli kişilerden seçilir	Hat kurulmaya başlanıca ölçülerin tutmadığı görülür	1	10							
58	Kazan yeri tayini	Kazanın yerleştirildiği mahallin ölçülerinin, bakım onarıma izin verme yecek kadar küçük olması	Yıllık cihaz bakımları, yer problemindeı dolayı yapılamaz. Oluşan arızalar ivedilikle giderilemez ve abonelei mağdur olur.	5	Kazan dairesinin küçük olması, müşterinin kazanın daha büyük bir odaya alınmasına kabul etmemesi	4	Fiyatlandırma keşfi için gidildiğinde müşteri ile yer konusunda mutabakat sağlanır		4	80	Müşterinin kazan dairesinin bir başka mahale kurulmasını kabul etmemesi halinde tesisata teklif vermemek, uygunsuz bir işe girişip firma prestijini riske atmamak	Arif Tekeli 26.12.2006	Böyle tesisata teklif verilmemiştir.	5	1	4	20
59	Brülör tayini	Brülörün yanlış kapasite ve özelliklerde seçilmesi	Brülör kapasitesinin kazan kapasitesini karşılayamaması sonucu verimsiz çalışma	5	Yanlış broşüre bakılması, makina mühendisinin bilgi bakımından eksik olması	2	Kullanılacak brülörün teknik özelliklerini anlatan broşürler incelenir ve seçim ona göre yapılır		2	20							
60	Sızdırmazlık kontrolü	Kazan dairesi hattının bulunduğu yerin en üst noktasına gaz alarm cihazı konmaması	Olası gaz sızıntılarında gerekli uyarı yapılamaz	5	İşletme sahibi ek maliyetten kaçıyor (Eksik malzeme)	1	Ustabaşı tarafından tesisatta kullanılacak malzemelerin tamlık kontrolü yapılması	İş bitiminde Selmak Mühendislik Kalite Kontrol Planı ile kontrol yapılır	1	5							
				5	İşi yanlış kişi yapmış	2		İş bitiminde Selmak Mühendislik Kalite Kontrol Planı ile kontrol yapılır	1	10							
61	Elektriksel koruma	Kazan dairesi hattı için ana kesme şalteri konmaması	Afet hallerinde tek hareketle kontrol sağlanamaz ve zaman kaybedilir. Ciddi can ve mal kayıpları doğabilir.	10	Makina mühendisinin ve/veya operatörün dikkatsiz olması (Hâlinmemesi mümkün değildir. Sadece dikkatten kaçmış olabilir)	2	Elektrik işleri sertifikalı ehil elektrikçilere yaptırılır	İş bitiminde Selmak Mühendislik Kalite Kontrol Planı ile kontrol yapılır	1	20							
62	Alev ve su sızdırmazlık kontrolü	Kazan dairesi içindeki kumanda panolarının (elektrik) etanj tipi ve ex-proof olmaması	Olası gaz sızıntılarında (ampul patlaması sonucu) yangın çıkma riski artar ve su sızıntıları ile elektrik tesisatı zarar görür	9	Girdi kontroller yapılmıyor ya da yetersiz yapılıyor	3	Satın alınalarda satın alma şartnamelerine birebir uyulur	İş bitiminde Selmak Mühendislik Kalite Kontrol Planı ile kontrol yapılır	2	54	Girdi ve son kontrollerin etkin olarak uygulanması	Ahmet Sedefoğlu 26.12.2006	Girdi ve son kontroller etkin hale getirilmiştir. Uygunsuz malzemeler değiştirilmiştir.	9	1	1	9
63	Korozyona karşı koruma	Kazan dairesinde gaz hattının diğer hat borularının altında olması	Su sızıntısı gibi hallerde gaz hattı korozyona uğrar	5	Alan dar	1	Keşif için mahalle gidildiğinde bu durum göz önüne alınarak ölçülendirme yapılır	İş bitiminde Selmak Mühendislik Kalite Kontrol Planı ile kontrol yapılır	2	10							
64	Havalandırma	Kazan dairesindeki alt havalandırma ve üst havalandırma merfezlerinin boyutlarının, proje ile uyuşmaması	Kazan dairesinde negatif basınç oluşması sonucu kazan istenen verimlilikte çalışmaz	1	Yanlış malzeme satın alınmış	2	Girdi kontroller sıkı tutulur	Makina mühendisi iş bitiminde şerit metreyle kontrol yapar	1	2							
				1	Opratöre proje verilmemiş	1	Operatör projeyi teslim almadan işe başlamaz	Makina mühendisi iş bitiminde şerit metreyle kontrol yapar	1	1							

Tablo 5.2 (Devam) Proses HTEA Tablosu

SELMAK

FMEA ÇALIŞMA FORMU

BAŞLANGIÇ TARİHİ	25.11.2006
ÖNGÖRÜLEN BİTİŞ TARİHİ	20.01.2007
FMEA NUMARASI	06 / 02
SAYFA NUMARASI	8 / 10

FMEA TÜRÜ: PROSES FMEA ☐ ✕ TASARIM FMEA ☐

PARÇA / PROSES NO	PROSES SORUMLUSU	FMEA SORUMLULARI
02	Mehmet Selman Dağlı	Arif Tekeli / Ahmet Sedefoğlu / Hüseyin Akgöz / Mustafa Sabri Çelebi
HAZIRLAYAN	REVİZYON NUMARASI / TARİHİ	ONAYLAYAN
Atilhan Duran	000 / 21.10.2006	Mehmet Selman Dağlı

HATA NO	PROSES / FONKSİYON	POTANSİYEL HATA TÜRLERİ	HATANIN POTANSİYEL ETKİLERİ	AĞIRLIK	HATANIN POTANSİYEL SEBEPLERİ	ORTAYA ÇIKMA	MEVCUT PROSES KONTROLLERİ		SAPTAMA	RÖS	ÖNERİLEN FAALİYETLER	SORUMLU VE TERMİN	FAALİYET SONUÇLARI				
							ÖNLEME	TESPİT					YAPILAN FAALİYETLER	AĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	SAPTAMA	RÖS
65	Alev sızdırmazlık kontrolü	Kazan hattında aydınlatmaların ex-proof olmaması	Olası gaz sızıntılarında (ampul patlaması sonucu) yangın çıkma riski artar	8	Girdi kontroller yapılmıyor ya da yetersiz yapılıyor	3	Satın almalar satın alma şartnamelerine göre yapılır	Satın alınan malzemeler yerlerine monte edilmeden kontrol edilirler	2	48							
66	Su sızdırmazlık kontrolü	Kazan hattında aydınlatmaların etanj tipi olmaması	Olası su sızıntıları ile elektrik tesisatı zarar görür	9	Girdi kontroller yapılmıyor ya da yetersiz yapılıyor	3	Satın almalar satın alma şartnamelerine göre yapılır	Satın alınan malzemeler yerlerine monte edilmeden kontrol edilirler	2	54	Satın alma şartnamelerinin etkin kullanımının sağlanması	Ahmet Sedefoğlu 26.12.2006	Satınalma şartnameleri, olası eksikliklere karşın gözden geçirilmiştir. Girdi kontrol faaliyetleri etkinleştirilmiştir.	9	2	1	18
67	Işıklandırma/ Aydınlatma	Kazan dairesinde yetersiz aydınlatma olması	Her hangi bir arıza anında müdahale edilebilecek kadar ışık olmaması sonucu müdahale edilemez ya da müdahaleye geç kalınır	4	Sözleşmede elektrik tesisatını müşterinin yaptıracağı belirtilmiş	2		Gaz açım randevusu almadan önce kazan dairesi makina mühendisi tarafından gözle kontrol edilir	2	16							
68	Gaz sızdırmazlık kontrolü	Kazan dairesinde, gaz alarm cihazı ile irtibatlandırılmış selenoid vana olmaması	Olası sızıntılarda gaz akışı kesilemez ve ciddi kayıplar doğabilir	10	İş takibini birden çok kişi yapmış	2	Tesisat kurulumuna başlarken hazırlanan malzeme listesine selenoid vana ve gaz alarm cihazı eklenir	Gaz açım randevusu almadan önce kazan dairesi makina mühendisi tarafından gözle kontrol edilir	1	20							
72	Yangın emniyeti	Kazan dairesi kapılarının yanan malzemeden ve içeriye açılır biçimde yapılması	Kazan dairesinde başlayan yangınlar içten içe ilerler ve olası patlamalarda alevler içeride kaldığı için bina beklenenden fazla zarar görür	6	Müşteriye bilgi verilmemiş ve denetlenmemiş	10	Henüz tesisat kurulurken müşteri bu konuda bilgilendirilir	Gaz açım randevusu almadan önce kazan dairesi makina mühendisi tarafından gözle kontrol edilir	9	540	Yanar malzemeden yapılmış kapıların sac kapıya değiştirilmesi için müşterinin konu hakkında bilinçlendirilmesi	Ahmet Sedefoğlu 26.12.2006	Müşteri konu hakkında bilinçlendirilmiştir ve denetlenmiştir.	6	4	4	96
73	Korozif koruma	Daire içi tesisatta duvar geçişlerinde kılıf kullanılmaması	Duvarla borunun temas etmesi sonucu borunun korozyona uğrama riski artar	1	Acemi operatör	5	En az altı ay deneyimli operatör çalıştırılır.	İş bitiminde ustabaşı tarafından tesisata gözle kontrol yapılır	2	10							
				1	Yetersiz malzeme	4	Girdi Kontrol işlemlerinde Makina Mühendisi de bulunur ve malzemelerin tamı olma durumunu bizzat kontrol eder.	İş bitiminde ustabaşı tarafından tesisata gözle kontrol yapılır	2	8							
74	Korozif koruma	Daire içi tesisatta duvar geçişlerinde boru ile kılıf arasındaki boşluğun doldurulmaması	Silikon basılmaması sonucu aradaki boşluğa yabancı madde dolar ve boru zarar görebilir	1	Acemi operatör	7		İş bitiminde ustabaşı tarafından tesisata gözle kontrol yapılır	2	14							
				1	Yetersiz malzeme	4	Girdi Kontrol işlemlerinde Makina Mühendisi de bulunur ve malzemelerin tamı olma durumunu bizzat kontrol eder.	İş bitiminde ustabaşı tarafından tesisata gözle kontrol yapılır	2	8							
76	Atık gaz tahliyesi	Doğalgaz bacasının ağzının çatı mahyasının altında kalması	Baca basması olacağından verimli bir çekiş sağlanamaz.	6	Baca şirketine detay resim verilmemiş	2	Baca şirketiyle anlaşma yaparken konu hakkında mutabakat sağlanır	Gaz açım randevusu almadan önce makina mühendisi tarafından gözle kontrol edilir	2	24							

Tablo 5.2 (Devam) Proses HTEA Tablosu

SELMAK	FMEA ÇALIŞMA FORMU	BAŞLANGIÇ TARİHİ	25.11.2006
		ÖNGÖRÜLEN BİTİŞ TARİHİ	20.01.2007
		FMEA NUMARASI	06 / 02
		SAYFA NUMARASI	9 / 10

FMEA TÜRÜ: PROSES FMEA □ × TASARIM FMEA □

PARÇA / PROSES NO	PROSES SORUMLUSU	FMEA SORUMLULARI
02	Mehmet Selman Dağlı	Arif Tekeli / Ahmet Sedefoğlu / Hüseyin Akgöz / Mustafa Sabri Çelebi
HAZIRLAYAN	REVİZYON NUMARASI / TARİHİ	ONAYLAYAN
Aslıhan Duran	000 / 21.10.2006	Mehmet Selman Dağlı

HATA NO	PROSES / FONKSİYON	POTANSİYEL HATA TÜRLERİ	HATANIN POTANSİYEL ETKİLERİ	AĞIRLIK	HATANIN POTANSİYEL SEBEPLERİ	ORTAYA ÇIKMA	MEVCUT PROSES KONTROLLERİ		SAPTAMA	RÖS	ÖNERİLEN FAALİYETLER	SORUMLU VE TERMİN	FAALİYET SONUÇLARI				
							ÖNLEME	TESPİT					YAPILAN FAALİYETLER	AĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	SAPTAMA	RÖS
77	Atık gaz tahliyesi	Projeyetesisata baca konmaması	Tesisatta baca olmaması demek, atık gazların dışarı atılmaması demektir. Böyle bir durumda gaz hattını kullanmak mümkün değildir.	10	Mülk salıbi ile baca anlaşması yapılmamış ve gaz açımından önce bacanın yapılıp yapılmadığı kontrol edilmemiş	1	Baca konusunda anlaşma yapılmamış ise, mülk salıbi baca yaptırması için uyarılır	Gaz açım randevusu alınadan önce makina mühendisi tarafından gözle kontrol edilir	1	10							
81	Elektriksel koruma	Baca topraklamasının yapılmaması	Topraklaması yapılmamış bacalar yıldırım gibi afetleri çekeceğinden, binada yangın ve hasara sebep olurlar.	10	Baca son kontrolü etkin değil	2		Gaz açım randevusu alınadan önce makina mühendisi tarafından gözle kontrol edilir	1	20							
				10	Baca şirketi anlaşmaya uymamış	3	Baca şirketiyle anlaşma yaparken konu hakkında mutabakat sağlanır	Gaz açım randevusu alınadan önce makina mühendisi tarafından gözle kontrol edilir	1	30							
78	Baca malzemesi seçimi	Baca etiketindeki değerlerle projedeki baca değerlerinin uyuşmaması	Projede beyan edilen baca değerleri ile binaya kurulan baca aynı özelliklerde olmazsa, tahsis edilen baca binaya yetersiz kalabilir ve verimli bir baca çekişi sağlanamaz	6	Baca şirketi anlaşmaya uymamış	3		Gaz açım randevusu alınadan önce makina mühendisi tarafından gözle kontrol edilir	2	36							
79	Baca malzemesi seçimi	Baca imalatçısının TS 11383 sertifikasına sahip olmaması ve bacaya "baca etiketi" yapıştırılmaması	TS' si olmayan bacalar, doğalgaz bacalarından beklenen standart özellikleri sağlayamazlar ve baca etiketinin olmaması halinde baca kontrolleri sağlıklı olarak yapılamaz	8	İşletme maliyetten kaçmak için TS' siz bir baca imalatçısı tercih etmiş	2		TS 11383 belgesine sahip olmayan baca imalatçıları ile kesinlikle çalışılmaz	2	32							
				8	Baca imalatçısı işinin ehli değil	3	Baca şirketiyle anlaşma yapmadan önce müşteri bu konuda bilgilendirilir	Makina mühendisi dikkatli davranır ve baca tesis edildikten soura kontrol yapar	2	48							
82	Basınç kaybı	Projede gösterilenden çok dirsek olması	Basınç kaybı artar ve boru çapı değişir.	8	Operatörlere detay proje verilmemiş	2		İş bitiminde gözle kontrol yapılır	1	16							
75	Atık gaz tahliyesi	Doğalgazla cihazlar için ortak (gömt) baca ya da adi baca kullanılması	Doğalgaz tüketen cihazlara uyumlu tek baca çeşiti müstakil (ferdi) bacadır. Diğer baca tipleri doğalgazla uyumlu olmadıkları için kısa vadede baca basınasına, uzun vadede binada çökümülere sebep olurlar.	10	Baca şirketi anlaşmaya uymamış	3	Baca şirketiyle anlaşma yaparken konu hakkında mutabakat sağlanır	Gaz açım randevusu alınadan önce makina mühendisi tarafından gözle kontrol edilir	1	30							
				10	Makina mühendisi bilgi bakımından donanımsız	1	En az bir yıl deneyimli Makina Mühendisi çalıştırılır.		1	10							
				10	Etkin kontrol yapılmamış	2	Baca şirketiyle anlaşma yaparken konu hakkında mutabakat sağlanır	Gaz açım randevusu alınadan önce makina mühendisi tarafından gözle kontrol edilir	2	40							
80	Atık gaz tahliyesi	Baca şapkası kullanılmaması	Bacaya yağmur suları ve rüzgarın taşıdığı yabancı cisimler dolacağından, malzeme korozyona uğrar ve baca çekiş verimi gittikçe azalır	2	Baca şirketine detay resim verilmemiş	1	Ehil bir baca şirketi ile anlaşma yapılır	Makina mühendisi dikkatli davranır ve baca tesis edildikten soura kontrol yapar	1	2							

Tablo 5.2 (Devam) Proses HTEA Tablosu

SELMAK	FMEA ÇALIŞMA FORMU	BAŞLANGIÇ TARİHİ	23.11.2006
		ÖNGÖRÜLEN BİTİŞ TARİHİ	20.01.2007
		FMEA NUMARASI	06 / 02
		SAYFA NUMARASI	10 / 10

FMEA TÜRÜ: PROSES FMEA □ X TASARIM FMEA □

PARÇA / PROSES NO	PROSES SORUMLUSU	FMEA SORUMLULARI
02	Mehmet Selman Dağlı	Arif Tekeli / Ahmet Sedefoğlu / Hüseyin Akgöz / Mustafa Sabri Çelebi
HAZIRLAYAN	REVİZYON NUMARASI / TARİHİ	ONAYLAYAN
Aslıhan Duran	000 / 21.10.2006	Mehmet Selman Dağlı

HATA NO	PROSES / FONKSİYON	POTANSİYEL HATA TÜRLERİ	HATANIN POTANSİYEL ETKİLERİ	AĞIRLIK	HATANIN POTANSİYEL SEBEPLERİ	ORTAYA ÇIKMA	MEVCUT PROSES KONTROLLERİ		SAPTAMA	RÖS	ÖNERİLEN FAALİYETLER	SORUMLU VE TERMİN	FAALİYET SONUÇLARI				
							ÖNLEME	TESPİT					YAPILAN FAALİYETLER	AĞIRLIK	ORTAYA ÇIKMA	SAPTAMA	RÖS
22	Gaz hattı yer tayini	Bağlantı hattının (SK ve AKV arası); karanlık, rutubetli, havalandırmasız, zor ulaşılabilen, bina ortak mahali sayılan ve borunun hasara uğrayacağı yerlerden geçirilmesi	Gerekli durumlarda tesisata ulaşımı zorlaştır, olası sızıntı durumlarında havalandırmanın sağlanamaması sonucu ilgili yerlerde gaz birikir, rutubetten dolayı tesisatta korozyon görülür	4	Alan (mekan) dar	2	Fiyat teklifi için ölçülendirmeye gidildiğinde en uygun yer tespiti yönetici ile birlikte yapılır	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	1	8							
24	Fittings malzeme özelliği	Sarı renk haricinde vana kullanılması	Sarı renk harici vanalar doğalgaz vanası olmadıkları için doğalgaz vanalarından beklenen güvenilirliği sağlamazlar	3	Operatör dikkatsiz	2	Satın alma şartnamelerinde sarı olmayan vanaların kabul edilmeyeceği belirtilir ve satın alınırlardan sonra sıkı bir girdi kontrol yapılır	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	2	12							
25	Müşteri ile ilişkili proses	Doğalgaz tesisatının, gaz açımından önce boyanması	Boya malzemesinin boru birleşme noktalarını doldurması sonucu sızdırmazlık testi sağlıklı yapılamaz	8	Müşteri bilinçsiz	3		Gaz açım randevusu alınadan önce hat kontrol edilir	2	48							
				8	Tesisatçı firma müşteriye bilgi vermemiş	2	İşletme yetkilileri konu hakkında müşteriyi uyarır	Gaz açım randevusu alınadan önce hat kontrol edilir	2	32							
26	Gaz akışı kesme	AKV kullanılmaması	Olası tehlike durumlarında gaz akışı kesilemez	10	Operatör bilgisiz ve kendisine detay resim verilmemiş	1	En az altı ay tecrübeli operatör çalıştırılır.	Gaz açım randevusu alınadan önce hat Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile kontrol edilir	1	10							
				10	Son kontrol mekanizması etkin değil	1		Gaz açım randevusu alınadan önce hat kontrol edilir	1	10							
36	Havalandırma	Havalandırma menfezinin açılmaması, ya da sonradan iptal edilmesi (kapatılması)	Boğulma, yanma verimnde düşme	9	Detay resim yok	2		İşbitiminde tesisat kontrol edilir	1	18							
				9	Müşteri bilinçsiz	3	Müşteriye konu hakkında bilgi verilir	İşbitiminde tesisat kontrol edilir	1	27							
37	Malzeme kaynatma	Kaynakla birleştirilecek borularda eksen kaçıklığı yapılması	Gereken durumlarda tesisatta tadilat istenir ve yapılana kadar gaz arzı sağlanamaz	2	Tecrübesiz ve sertifikasız kaynakçı çalıştırılması	2	Sertifikalı kaynakçı çalıştırılması	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	3	12							
44	Akış kesme	Her bir kolona Kolon Kesme Vanası konulmaması	İleride kolonlardan birinde tadilat gerekirse diğer kolonlardaki aboneler mağdur olur	5	Detay resim yok	4	Her akşam düzenlenen 20 dakikalık toplantılarda bilgilendirme yapılır	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	1	20							
				5	Eksik parça (Ek maliyetten kaçınılmış)	2	Yeterli ve gerekli malzemeler temin edilir	İş bitiminde gözle kontrol yapılır	1	10							
48	Havalandırma	Kolon hattında havalandırma menfezi olmaması	Tesisatta olması muhtemel bir gaz kaçağında, gaz tesisatın en üst noktasında birikir ve boğulmaya sebep olur	10	Operatörlerde açıklayıcı iş talimatı yok	2	Operatörlere talimat verilir	Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	1	20							
				10	Gerekli malzeme temin edilmemiş	3	Gerekli malzeme temin edilir ve girdi kontroller etkinleştirilir	Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	1	30							
				10	İş takibi yapılmamış	2		Selmak Mühendislik Kontrol Planı ile tesisat kontrol edilir.	1	20							

Bu tez çalışmasında, doğalgazlı sistem projelendirmesi ve kurulumu yapan firmalara yönelik hazırlanan Doğalgazda Güvenlik Anketi uygulanmış olup EKLER bölümünde verilmiştir. Bu anket Konya' da lisanslı Gaz Dağıtım Şirketi'nden sertifika almış işletmelere ve Konya Tüyap Doğalgaz Fuarı 2007' ye katılan ve ülkemizin çeşitli illerinden gelmiş (kendi ili içinde sertifikalı) işletmelere uygulanmıştır. Bu anketten elde edilen sonuçlar ile, HTEA Yöntemi' nden elde edilen sonuçlar birbiri ile uyumlu çıkmışlardır. Böylece, yapılan HTEA çalışması; doğalgaz iç tesisatı tasarımı ve imalatında çalışan yetkin kişiler tarafından doğrulanmıştır. Anket sonuçları yüzde olarak Tablo 5.3' te ifade edilmiştir:

Tablo 5.3 Doğalgaz Güvenlik Anketi Sonuçları (% olarak)

Seçenek / Sıra No	a	b	C	d	AÇIKLAMA
1	45,5	12	36,4	6,1	_
2	54,6	3	24,3	18,1	_
3	61	21	3	12	3 (Baca)
4	3	3	3	91	-
5	0	66,7	6,1	27,2	-
6	33,3	0	66,7	-	-

Buna göre ankete katılanların % 45,5' i hat kurulacak alandaki mimari uygunsuzlukların kendileri sınırladığını ifade etmişlerdir. Ayrıca ankete katılanların % 54,6' sı hatasız proje çıkarabilmek için işe ilk giren mühendise teknik şartname eğitimi verdiklerini belirtmişlerdir. Ankete katılanların % 61' i uygunsuzlukların en çok toprakaltı hatta bulunduğunu ifade etmişlerdir. Toprakaltında söz konusu olan uygunsuzluklar özellikle katodik korumada meydana gelmektedir. Olası bir hata durumunda yapılması gerekenlerin tamamının katılımcıların % 91' i tarafından bilindiği tespit edilmiştir. Projelendirme ve imalat firmalarının en büyük ortak sıkıntısı, bilinçsiz müşteri sorunudur. Müşterilerin çoğu doğalgaz hattı güvenliği bilgisine tam olarak sahip olmadıkları için, güvenlik kurallarına ters düşecek isteklerde bulunmaktadırlar. Bu durumda işletme mühendisi müşteriyi bilgilendirmekte ve endişelerini gidermektedir. Katılımcıların % 66,7' si herhangi bir

sızıntının ses ve koku ile anlaşılacağını ifade ederken, % 33,3' ü sesin sadece büyük çaplı kaçaklarda duyulacağını ifade etmişlerdir.

Yapılan bu anket bizlere doğalgazda güvenliğin en büyük probleminin niteliksiz personel ve bilinçsiz müşteri olduğunu göstermiştir.

HTEA Yöntemi uygulaması çerçevesinde yapılan HTEA toplantılarına ait tutanaklar ve alınan kararlar, EKLER bölümünde verilmiştir.

6 SONUÇ VE ÖNERİLER

Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi' nin güvenlik ve güvenilirliği sağlamak amacıyla doğalgaz iç tesisatı tasarımı ve imalatına uygulandığı bu tez çalışmasında öncelikle HTEA Takımı oluşturulmuş ve Potansiyel Hata Türleri' nin tespit edilmesi ile çalışmalara başlanmıştır. Tespit edilen potansiyel hata türleri ortaya çıkma olasılığına göre sayısal olarak önceliklendirilmiştir. Bunun için her bir potansiyel hata türüne ait ağırlık, ortaya çıkma olasılığı ve saptama değerleri tanımlanmıştır. Bu değerler HTEA toplantılarında belirlenmiştir. Bu değerlerin belirlenmesi aşamasında tez çalışması kapsamında oluşturulan HTEA derecelendirme tablolarından yararlanılmıştır. HTEA derecelendirme tabloları hazırlanırken Akın' ın (1998) verdiği HTEA tablolarından, HTEA ekibinin görüşlerinden ve doğalgaz konusunda uzman personelin bilgisinden yararlanılmıştır.

Doğalgaz iç tesisatı tasarımı ve imalatında tespit edilen 82 adet potansiyel hata türü sayısal olarak değerlendirilip Risk Öncelik Sayıları (RÖS) tespit edilmiş ve hata türleri RÖS ile öncelik sırasına dizilmişlerdir. Risk Öncelik Sayısı belirlenirken; Ağırlık, Ortaya Çıkma ve Saptama değerlerine çarpma işlemi uygulanmıştır. Bu değerlendirmeler yapılırken; HTEA Yöntemi, Beyin Fırtınası Yöntemi, Balık Kılçığı (Neden-Sonuç) Diyagramı, Pareto Analizi, HTEA Ekibi Toplantıları ve HTEA formları kullanılmıştır.

Yapılan Pareto analizi sonucunda Tasarım HTEA bölümünde $RÖS \geq 20$ olan hata türleri, Proses HTEA bölümünde de $RÖS \geq 50$ olan hata türleri kritik olarak değerlendirilerek incelenmiştir. Bu inceleme için Tasarım ve Proses HTEA Formları oluşturulmuştur. HTEA Toplantılarında belirlenen hata türleri, RÖS değerleri, kontrol önlemleri gibi bilgiler bu formlara aktarılmıştır. Yüksek risk taşıyan hata türleri için alınacak kontrol önlemleri belirlenmiştir. Bu önlemleri kimin hangi süre içinde yapacağı da belirlenmiştir. Belirlenen kontrol önlemleri Düzeltici Önleyici Faaliyet Talep Formu' na yansıtılmıştır. HTEA toplantılarında yapılan değerlendirmelere göre başlatılan bu önleyici faaliyetlerle, hata türlerine ait Risk Öncelik Sayıları düşürülmüştür.

Bu tez çalışmasında tespit edilen potansiyel hata türlerinin 19 tanesi tasarımla ilgilidir. Bu 19 potansiyel hata türünden beş tanesinin yüksek risk taşıdığı görülmüştür. Yapılan Tasarım HTEA Pareto Analizi' ne riskli olan beş adet potansiyel hata türü aktarılmıştır. Bunun neticesinde elde edilen pareto diyagramlarından çıkan sonuç, yüksek risk taşıyan bu beş hata türünden en yüksek risk taşıyan ilk üçünün giderilmesi halinde; sistemdeki potansiyel uygunsuzlukların % 71.875' inin kontrol altına alınabileceğidir. Bu nedenle, yapılan uygulamada küçük gibi görünen bazı adımların potansiyel uygunsuzluklara ait risklerin azaltılmasında önemli kazanımlar sağlayabildiği görülmüştür.

Bu tez çalışmasında tespit edilen 82 adet potansiyel hata türünün 77 tanesi prosesle ilgilidir. Bu potansiyel hata türlerinden dokuz tanesinin yüksek risk taşıdığı tespit edilmiştir. Proses HTEA Pareto analizinden çıkan sonuç, yüksek risk taşıyan bu dokuz hata türünden en yüksek risk taşıyan ilk üçünün risk düzeyinin kabul edilebilir seviyeye çekilmesi halinde; sistemdeki potansiyel uygunsuzluklardan %69,35' inin kontrol altına alınabileceğidir.

HTEA ve diğer önleyici ve proaktif yaklaşımlar kullanıldığında çok küçük maliyetlerle çok önemli kazançlar ve kalite performansı elde edilmesi mümkündür. Bu perspektiften bakıldığında, HTEA yöntemi günümüzde işletmeler için gerek parasal açıdan gerekse sektördeki itibarlarını korumak açısından; vazgeçilmez bir uygulama türüdür. Bu sayede hatalar daha oluşmadan tespit edilip gerekli önlemler alındığı için; hem zaman ve para kaybı önlenmekte, hem de pazar payı korunmuş olmaktadır.

Tasarım HTEA çalışmasında tespit edilen yüksek riskli potansiyel hata türleri, toplam hata türlerinin %26,3' ünü oluşturmaktadır. Yapılan değerlendirmeler sonucu uygulanmasına karar verilen önleyici faaliyetler sonucunda yüksek düzeydeki RÖS değerlerinin % 80' inin kabul edilebilir seviyeye düşürülebileceği görülmüştür.

Proses HTEA çalışmasında tespit edilen yüksek riskli potansiyel hata türleri, toplam hata türlerinin %11,8' ini oluşturmaktadır. Yapılan değerlendirmeler sonucu uygulanmasına karar verilen önleyici faaliyetler sonucunda yüksek düzeydeki RÖS değerlerinin %89' unun kabul edilebilir seviyeye düşürülebileceği görülmüştür.

Bu tez çalışmasında proaktif bir yaklaşım olan Hata Türleri ve Etkileri Analizi Yöntemi' nin Bina Doğalgaz İç Tesisatında güvenlik ve güvenilirlik sağlamada kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Bina doğalgaz iç tesisatı projelendirmesi ve imalatındaki hata türleri pek çok farklı nedenlerden kaynaklanabilir. Ancak hata türlerinin engellenmesindeki kilit nokta insan faktörüdür. Bilinçli operatör, bilinçli Teknik Ressam ve bilinçli Makina Mühendisi çalıştırılması ile; potansiyel hata türlerinin % 90' a yakını kontrol altına alınabilmektedir. Potansiyel hata türlerinin ortaya çıkma olasılığı yüksek olsa bile potansiyel hata türlerine ait ilgili Risk Öncelik Sayıları esas alınarak oluşturulan girdi, ara ve son kontrol planları risklerin kontrol edilmesinde önemli rol üstlenebilecektir.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda HTEA Yöntemi uygulanırken; Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis), Kalite Fonksiyon Göçerimi (Quality Function Deployment) ve Deney Tasarımı Yöntemi (Design Of Experiments)' nin yardımcı araçlar olarak kullanılması önerilir.

7 KAYNAKLAR

Akın, B. 1998. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA), 1. Baskı, İstanbul.

Akkurt, M. 2002. Kalite Kontrol (Excel Destekli-HTEA), 1. Baskı, İstanbul.

Anonim. 1999. Gaz Tesisatı Proje Hazırlama Teknik Esasları, 4. Baskı, İstanbul.

Anonim. 2000. Şemalarla Bina İçi Doğal Gaz Tesisatı, 3. Baskı, İstanbul.

Anonim, Doğalgaz Tüketici El Kitabı, Viessmann Yayınları, İstanbul.

Baysal, M.E., Başkan, M.S. 1999. Orta Ölçekli Bir İşletmede Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) Uygulaması. Sayfa No 148153 Makine-İmalat Teknolojileri Sempozyumu, Konya, Ekim 14-15.

Dağsöz, A. K. 2002. Doğal Gaz ve LPG Devreleri, Cihazları, Hesabı, 2. Baskı, İstanbul.

Darlington, J.F., Booker, J.D. 2006. Development of a Design Technique fort he Identification of Fatigue Initiating Features. Engineering Failure Analysis 13:1134-1152.

Dominiguez-Garcia, A.D., Kassakian, J.G., Schindall, J.E. 2006. Reliability evaluation of the power supply of an electrical power net for safety-relevant applications. Reliability Engineering & System Safety 91:505-514.

Duran, A., Özen, D.N. 2004. Doğalgazlı Sistemlerde Borular Ve Sızdırmazlık Elemanları. Yıl İçi Ödev Projesi, S.Ü. Makina Mühendisliği, Konya.

Engin, O. 2001. Talaşlı İmalat Yapan Bir İşletmede Hata Modu ve Etkileri (HMEA) Analizi İçin Hazırlık Çalışması. Sayfa No.187-191 Makine-Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi, Konya, Kasım 02-03.

Eti, M.C., Ogaji, S.O.T., Probert, S.D. 2005. Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries. Applied Energy 79: 385-401.

Eti, M.C., Ogaji, S.O.T., Probert, S.D. 2006. Development and implementation of preventive-maintenance practices in Nigerian industries. Applied Energy.

Garcia, P. A. A., Schirru, R., Frutuoso EMelo, P.F. 2005. A fuzzy data envelopment analysis approach for HTEA. Progress in Nuclear Energy 46:359-373.

Gaznet A.Ş., Doğalgaz İç Tesisat Talimatnamesi, Konya. 2004.

Kalyoncu, M. 2005. Binalarda Doğalgaz Kullanımı Ve Denetimi, 1. Baskı, Konya.

Karakoç, T. H. 2000. Doğal Gaz Tüketici El Kitabı, 4. Baskı, İstanbul.

Küçükçalı, Makine Yüksek Mühendisi R. 1994. Doğal Gaz Tesisatı Bacalar ve Beton Kaideler, 1. Baskı, İstanbul.

Küçükçalı, Makine Yüksek Mühendisi R. 2000. Isıtma Tesisatı, 1. Baskı, İstanbul.

Küçükhemek, F. 2002. Bir Otomotiv Sektör Kuruluşunda HTEA Uygulaması. Endüstri Mühendisliği Uygulaması, S.Ü. Endüstri Mühendisliği, Konya.

Michelin, A., Peterson, A., Kolakowski, D., Curnow, E., Bordner, M., Henderson, D. 2004. Preparations for the Safe Management of Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) Research Protocol Patients. American Journal of Infection Control 32:43-44.

Monti, S., Jefferson, J., Mermel, L., Parenteau, S., Kenyon, S., Cifeli, B. 2005. Use of failure mode and effect analysis (HTEA) to improve active surveillance for methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) at a university-affiliated medical center. American Journal of Infection Control 33:158.

Price, C.J., Snooke, N.A., Lewis, S.D. 2006. A layered approach to automated electrical safety analysis in automotive environments. Computers in Industry 57:451-461.

Rhee, S.J., Ishii, K. 2003. Using Cost Based HTEA to Enhance Reliability and Serviceability Advanced Engineering Informatics 17:179-188.

Scipioni, A., Saccarola, G., Centazzo, A., Arena, F. 2001. HTEA Methodology Design, Implementation and Integration with Haccp System in A Food Company. Food Control 13:495-501.

Seyed-Hosseini, S. M., Safaei, N., Asgharpour, M.J. 2006. Reprioritization of failures in a System Failure Mode And Effects Analysis by Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Technique. Reliability Engineering & System Safety 91:872-881.

Sılkım, A. İ., Pekdaş, K., Okay, M.E. 2004. Doğalgaz Tesisatı Teknik Şartnamesi, Konya.

Telefsen, L. 2005. Failure mode effect analysis applied to hospital TB program. American Journal Of Infection Control 33:162-163.

Teoh, P.C., Case, K. 2004. Failure modes and effects analysis through knowledge modelling. Journal of Materials Processing Technology 153-154:253-260.

Tuncer, S. 2005-a. Hata Türü ve Etkileri Analizi. Yıl İçi Projesi, S.Ü.Endüstri Mühendisliği, Konya.

Tuncer, S. 2005-b. Tarım Makinaları İmalatı Yapan Bir İşletmede Hata Türü ve Etkileri Analizi Uygulaması. Endüstri Mühendisliği Uygulaması, S.Ü. Endüstri Mühendisliği, Konya.

Veenendaal, E.V. 2004. Glossary of Terms Used in Software Testing 1.0: 1-33.

Yadav, Om P., Singh, N., Goel, P.S. 2006. Reliability demonstration test planning: A three dimensional consideration. Reliability Engineering & System Safety 91:882-893.

Burgherr, P., Hirschberg, S., 2005. Comparative Assesment of Natural Gas Accident Risks 12: 1-48.

www.inotecbilgimerkezi.com

www.fmeca.com

www.16949.com

http://www.dogalgazprojesi.net

www.merhabagazetesi.com.tr

www.gaznet.com.tr

www.udas.com.tr

www.epdk.gov.tr

www.igdas.com.tr

EKLER

EK 1- DOĞALGAZ GÜVENLİK ANKETİ

ANKET NO:

Katılımcının Adı-Soyadı :

Kısaca Adres Tanımı :

DOĞALGAZ GÜVENLİK ANKETİ

1. Doğalgaz projelendirmesinde en sık karşılaştığınız sorunlar nelerdir?

a) Hat kurulacak alandaki mimari uygunsuzluklar

b)Kazan dairesinin kazan bakım ve onarımına izin vermeyecek kadar küçük olması

c) Her ikisi de

d) Diğer…….

2. Projenizde sıfır hata prensibi üzerine ne gibi çalışmalarınız oluyor?

a) İşe ilk giren mühendise Gaz Dağıtım Şirketi' nin Doğalgaz Teknik Şartnamesi eğitimini vermek

b) İşletmede ISO 9001:2000 Standardının öngördüğü kalite sistemini kurmak ve uygulamak

c) İşletmeye ait proje kontrol listesi oluşturup, projeyi onaya göndermeden önce bu liste ile tekrar kontrol etmek

d) Hepsi

3. Proje onayından sonra gaz açımına gelen yetkililer tesisatınızda ne gibi olumsuzlukları sıkça tespit ediyorlar?

a) Toprak altı hatta uygunsuzluk tespit edilmesi

b) Kolon hattında uygunsuzluk tespit edilmesi

c) Kazan hattında uygunsuzluk tespit edilmesi

d) Hepsi

4. Olası bir hata tespitinde hangi tedbirlere başvuruyorsunuz?

a) 187 Doğalgaz Acil Hattı' nı arar yardım isterim

b) Derhal ana kesme vanasını kapatır ve insanları ortamdan tahliye ederim

c) Ortamda çakmak, kibrit, kapı zili ve elektrik anahtarı kullanmam

d) Hepsi

5. Doğalgaz tesisat döşemesinde en sık karşılaştığınız sorunlar nelerdir?

a) Gaz borusu ek yerlerinin kat geçişlerine dek gelmesi

b) Müşterilerin şartnameye uymayacak isteklerde bulunması

c) Operatörlerde eğitim eksikliği olması

d) Hepsi

6. Gaz kaçağı olduğunu nasıl anlarsınız?

a) Ortamda ağır bir gaz kokusu duyarsam

b) Gaz sızıntısı sesi duyarsam

c) Hepsi

KATILIMINIZ İÇİN TEŞEKKÜR EDERİM
MAKİNA MÜHENDİSİ ASLIHAN DURAN

EK 2- HTEA TOPLANTI TUTANAĞI (09.12.2006)

SELMAK	KALİTE TOPLANTI TUTANAĞI	DOKÜMAN NO	SEL.FRM.002
		SAYFA NO	1/2
		REVİZYON NO	000
		REVİZYON TARİHİ	21.10.2006

1. TOPLANTI KONUSU

Rutin FMEA Toplantısı

2. KATILIMCILAR

SIRA NO	ADI SOYADI	ÜNVANI	İMZASI
1	ASLIHAN DURAN	ANİMATÖR	
2	M. SELMAN DAĞLI	İŞLETME SAHİBİ (MAKİNA MÜHENDİSİ)	
3	ARİF TEKELİ	TEKNİK RESSAM	
4	AHMET SEDEFOĞLU	SATIŞ MÜDÜRÜ(ŞANTİYE ŞEFİ)	
5	HÜSEYİN AKGÖZ	KAYNAK OPERATÖRÜ	
6	MUAMMER ÇİĞDEM	KAYNAK OPERATÖRÜ	
7	MEHMET DURAK	MONTAJ OPERATÖRÜ	
8	M. SABRİ ÇELEBİ	MONTAJ OPERATÖRÜ	
9			
10			

3. GÖRÜŞÜLEN KONULAR

SIRA NO	AÇIKLAMALAR
1	Tasarım hataları
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

4. ALINAN KARARLAR

* FMEA ekibi kurulduktan sonraki bu ilk toplantıda, tasarım aşamasında görülmesi muhtemel hata türleri belirlenmiştir. Bunun için yasal mevzuatlardan, Gaznet A.Ş. Teknik şartnamelerinden, Karar Destek çalışanlarının fikirlerinden, FMEA ekip üyelerinin fikirlerinden ve doğalgaz sektöründe başarılı olmuş kişilerin görüşlerinden yararlanılmıştır. Tasarım aşaması için toplamda 16 adet potansiyel hata tespit edilmiştir. Bu hata türleri için; ortaya çıkma, ağırlık ve saptama dereceleri belirlenmiştir. Bunun için yasal mevzuatlardan, oluşturulmuş tablolardan ve teknik

TOPLANTI TARİHİ	SONRAKİ TOPLANTI TARİHİ	HAZIRLAYAN	ONAYLAYAN
09.12.2006	23.12.2006		

EK 2 (DEVAM)- HTEA TOPLANTI TUTANAĞI (09.12.2006)

SELMAK	KALİTE TOPLANTI TUTANAĞI	DOKÜMAN NO	SEL.FRM.002
		SAYFA NO	2/2
		REVİZYON NO	000
		REVİZYON TARİHİ	21.10.2006

personelin bilgisinden yararlanılmıştır. Daha sonra bu üç değerin çarpılmasıyla elde edilen Risk Öncelik Sayısı değerleri belirlenmiş ve hata türleri risksel öncelik sırasına konmuştur. Tasarım FMEA hata türlerine ait RÖS değerleri çok yüksek çıkmadığı için, RÖS≥20 olan hata türleri seçilmiştir. Tespit edilen bu potansiyel hata türlerinin engellenmesi için önleyici faaliyet çalışmaları başlatılmış ve ilgililerine iletilmiştir.

*Bir sonraki toplantı tarihi 23.12.2006 olarak belirlenmiştir.

TOPLANTI TARİHİ	SONRAKİ TOPLANTI TARİHİ	HAZIRLAYAN	ONAYLAYAN
09.12.2006	23.12.2006		

EK 3- HTEA TOPLANTI TUTANAĞI (23.12.2006)

SELMAK	KALİTE TOPLANTI TUTANAĞI	DOKÜMAN NO	SEL.FRM.002
		SAYFA NO	1/2
		REVİZYON NO	000
		REVİZYON TARİHİ	21.10.2006

1. TOPLANTI KONUSU

Rutin FMEA Toplantısı

2. KATILIMCILAR

SIRA NO	ADI SOYADI	ÜNVANI	İMZASI
1	ASLIHAN DURAN	ANİMATÖR	
2	M. SELMAN DAĞLI	İŞLETME SAHİBİ (MAKİNA MÜHENDİSİ)	
3	ARİF TEKELİ	TEKNİK RESSAM	
4	AHMET SEDEFOĞLU	SATIŞ MÜDÜRÜ(ŞANTİYE ŞEFİ)	
5	HÜSEYİN AKGÖZ	KAYNAK OPERATÖRÜ	
6	MUAMMER ÇİĞDEM	KAYNAK OPERATÖRÜ	
7	MEHMET DURAK	MONTAJ OPERATÖRÜ	
8	M. SABRİ ÇELEBİ	MONTAJ OPERATÖRÜ	
9			
10			

3. GÖRÜŞÜLEN KONULAR

SIRA NO	AÇIKLAMALAR
1	Tasarım hataları değerlendirme
2	Proses hataları belirleme
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

4. ALINAN KARARLAR

* Bir önceki toplantıda belirlenen önleyici faaliyet çalışmalarının etkinliği değerlendirilmiş ve hepsinin uygun şekilde gerçekleştirildiği görülmüştür.

* Doğalgazlı sistem kurulumu aşamasında görülmesi muhtemel hata türleri belirlenmiştir. Bunun için yasal mevzuatlardan, Gaznet A.Ş. Teknik şartnamelerinden, Karar Destek çalışanlarının fikirlerinden, FMEA ekip üyelerinin fikirlerinden ve doğalgaz

TOPLANTI TARİHİ	SONRAKİ TOPLANTI TARİHİ	HAZIRLAYAN	ONAYLAYAN
23.12.2006	06.01.2007		

EK 3 (DEVAM)- HTEA TOPLANTI TUTANAĞI (23.12.2006)

SELMAK	KALİTE TOPLANTI TUTANAĞI	DOKÜMAN NO	SEL.FRM.002
		SAYFA NO	2/2
		REVİZYON NO	000
		REVİZYON TARİHİ	21.10.2006

sektöründe başarılı olmuş kişilerin görüşlerinden yararlanılmıştır. Proses aşaması için toplamda 77 adet potansiyel hata tespit edilmiştir. Bu hata türleri için; ortaya çıkma, ağırlık ve saptama dereceleri belirlenmiştir. Bunun için yasal mevzuatlardan, oluşturulmuş tablolardan ve teknik personelin bilgisinden yararlanılmıştır. Daha sonra bu üç değerin çarpılmasıyla elde edilen Risk Öncelik Sayısı değerleri belirlenmiş ve hata türleri risksel öncelik sırasına konmuştur. Proses FMEA hata türleri için RÖS≥50 olan hata türleri seçilmiştir. Tespit edilen bu potansiyel hata türlerinin engellenmesi için önleyici faaliyet çalışmaları başlatılmış ve ilgililerine iletilmiştir.

*Bir sonraki toplantı tarihi 06.01.2007 olarak belirlenmiştir.

TOPLANTI TARİHİ	SONRAKİ TOPLANTI TARİHİ	HAZIRLAYAN	ONAYLAYAN
23.12.2006	06.01.2007		

EK 4- HTEA TOPLANTI TUTANAĞI (06.01.2007)

SELMAK	KALİTE TOPLANTI TUTANAĞI	DOKÜMAN NO	SEL.FRM.002
		SAYFA NO	1/1
		REVİZYON NO	000
		REVİZYON TARİHİ	21.10.2006

1. TOPLANTI KONUSU

Rutin FMEA Toplantısı

2. KATILIMCILAR

SIRA NO	ADI SOYADI	ÜNVANI	İMZASI
1	ASLIHAN DURAN	ANİMATÖR	
2	M. SELMAN DAĞLI	İŞLETME SAHİBİ (MAKİNA MÜHENDİSİ)	
3	ARİF TEKELİ	TEKNİK RESSAM	
4	AHMET SEDEFOĞLU	SATIŞ MÜDÜRÜ(ŞANTİYE ŞEFİ)	
5	HÜSEYİN AKGÖZ	KAYNAK OPERATÖRÜ	
6	MUAMMER ÇİĞDEM	KAYNAK OPERATÖRÜ	
7	MEHMET DURAK	MONTAJ OPERATÖRÜ	
8	M. SABRİ ÇELEBİ	MONTAJ OPERATÖRÜ	
9			
10			

3. GÖRÜŞÜLEN KONULAR

SIRA NO	AÇIKLAMALAR
1	Proses hataları değerlendirme
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

4. ALINAN KARARLAR

* Bir önceki toplantıda belirlenen önleyici faaliyet çalışmalarının etkinliği değerlendirilmiş ve hepsinin uygun şekilde gerçekleştirildiği görülmüştür.

* Bir sonraki toplantı tarihi 20.01.2007 olarak belirlenmiştir.

TOPLANTI TARİHİ	SONRAKİ TOPLANTI TARİHİ	HAZIRLAYAN	ONAYLAYAN
06.01.2007	20.01.2007		

EK 5- HTEA TOPLANTI TUTANAĞI (20.01.2007)

SELMAK	KALİTE TOPLANTI TUTANAĞI	DOKÜMAN NO	SEL.FRM.002
		SAYFA NO	1/1
		REVİZYON NO	000
		REVİZYON TARİHİ	21.10.2006

1. TOPLANTI KONUSU

FMEA Sonuç Toplantısı

2. KATILIMCILAR

SIRA NO	ADI SOYADI	ÜNVANI	İMZASI
1	ASLIHAN DURAN	ANİMATÖR	
2	M. SELMAN DAĞLI	İŞLETME SAHİBİ (MAKİNA MÜHENDİSİ)	
3	ARİF TEKELİ	TEKNİK RESSAM	
4	AHMET SEDEFOĞLU	SATIŞ MÜDÜRÜ(ŞANTİYE ŞEFİ)	
5	HÜSEYİN AKGÖZ	KAYNAK OPERATÖRÜ	
6	MUAMMER ÇİĞDEM	KAYNAK OPERATÖRÜ	
7	MEHMET DURAK	MONTAJ OPERATÖRÜ	
8	M. SABRİ ÇELEBİ	MONTAJ OPERATÖRÜ	
9			
10			

3. GÖRÜŞÜLEN KONULAR

SIRA NO	AÇIKLAMALAR
1	Nihayete eren FMEA çalışmasının değerlendirilmesi
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

4. ALINAN KARARLAR

* 23.11.2006 tarihinde başlanan FMEA uygulaması son bulmuştur. Bu çalışma ile tasarım ve kurulum aşamalarında ortaya çıkması muhtemel hata türleri belirlenmiştir. Tasarım FMEA uygulamasında tespit edilen 19 adet potansiyel hatadan risksel olarak öncelikli olan beş tanesi için başlatılmış olan önleyici faaliyet çalışması sonucunda, bu beş hata kontrol altına alınmış ve ortaya çıkmaları engellenmiştir.Proses FMEA uygulamasında tespit edilen 77 adet potansiyel hatadan risksel olarak öncelikli olan dokuz tanesi için başlatılmış olan önleyici faaliyet çalışması sonucunda, bu dokuz hata kontrol altına alınmış ve ortaya çıkmaları engellenmiştir. Analiz sonucunda tüm potansiyel hatalar sistemden uzaklaştırılmıştır.

TOPLANTI TARİHİ	SONRAKİ TOPLANTI TARİHİ	HAZIRLAYAN	ONAYLAYAN
20.01.2007	–		

EK 6- 06/01 NO' LU DÜZELTİCİ/ÖNLEYİCİ FAALİYET TALEP FORMU

SELMAK Mühendislik Teahhüt San. Tic. Ltd. Şti. Yapıcı İş Merkezi A Blok No: 73 42060 - KONYA Tel.: (0332) 322 76 16 - 320 55 73 Fax: 320 63 42 MERAM V.D.: 760 002 5553	**DÜZELTİCİ / ÖNLEYİCİ FAALİYET TALEP FORMU**	DOKÜMAN NO	SEL.FRM.001
		REVİZYON NO	000
		REVİZYON TARİHİ	02.10.2006

FAALİYET TÜRÜ	☐ **DÜZELTİCİ**	☒ **ÖNLEYİCİ**

TARİH: 09.12.2006	**DÖF TALEP NO:** 06/01

TALEP EDEN			**TALEP EDİLEN**	
BÖLÜM	KİŞİ	İMZA	BÖLÜM	KİŞİ
Projelendirme	M. Selman Dağlı		Teknik Resim	Arif Tekeli

UYGUNSUZLUK / MUHTEMEL UYGUNSUZLUK TANIMI:

Projede magnezyum anodun ucunun, izolasyon flanşının hemen altı yerine üstüne bağlanması

NEDENLERİ:

Acemilik

UYGULANACAK DÜZELTİCİ / ÖNLEYİCİ FAALİYET ÇALIŞMASI:

Tesisatın, proje onaylandıktan sonra döşenmesi. Projenin, Selmak Mühendislik Prototip Kontrol Planı ile kontrol edilmesi

BELİRLENEN DÜZELTİCİ / ÖNLEYİCİ FAALİYET TARİHİ: 12.12.2006

GERÇEKLEŞEN DÜZELTİCİ / ÖNLEYİCİ FAALİYET TARİHİ: 12.12.2006

	İSİM	**İMZA**
D / Ö FAALİYETİ YAPACAK KİŞİ	Arif Tekeli	
YÖNETİM TEMSİLCİSİ ONAYI	Aslıhan Duran	

BELİRLENEN DOĞRULAMA TARİHİ: 16.12.2006

GERÇEKLEŞEN DOĞRULAMA TARİHİ: 16.12.2006

	İSİM	**İMZA**
DOĞRULAMAYI YAPACAK KİŞİ	M. Selman Dağlı	
YÖNETİM TEMSİLCİSİ ONAYI	Aslıhan Duran	

SONUÇ	☒ YAPILAN D/Ö F YETERLİDİR	☐ YAPILAN D/Ö F YETERSİZDİR (**YENİ DÖF NO**:.....)

YAPILAN D/Ö F YETERLİ/YETERSİZ İSPATI:

Zeta Cad programı kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca projeleri Gaznet A.Ş.' ye onaya göndermeden önce tekrar kontrol etmek için Selmak Mühendislik Kontrol Planı oluşturulmuştur. Ve projeler bu plan ile kontrol edilmiştir. İlgili teknik personele eğitim verilmiştir.

	İSİM	**İMZA**	**TARİH**
DOĞRULAMAYI YAPAN	M. Selman Dağlı		16.12.2006
YÖNETİM TEMSİLCİSİ ONAYI	Aslıhan Duran		16.12.2006

EK 7- 06/02 NO' LU DÜZELTİCİ/ÖNLEYİCİ FAALİYET TALEP FORMU

SELMAK Mühendislik Teahhüt San. Tic. Ltd. Şti. Yapıcı İş Merkezi A Blok No: 73 42060 - KONYA Tel.: (0332) 322 78 16 - 320 55 73 Fax: 320 63 42 MERAM V.D.: 760 002 6550	**DÜZELTİCİ / ÖNLEYİCİ FAALİYET TALEP FORMU**	DOKÜMAN NO	SEL.FRM.001
		REVİZYON NO	000
		REVİZYON TARİHİ	02.10.2006

FAALİYET TÜRÜ	☐ **DÜZELTİCİ**	☒ **ÖNLEYİCİ**

TARİH: 23.12.2006	**DÖF TALEP NO:** 06/02

TALEP EDEN			**TALEP EDİLEN**	
BÖLÜM	KİŞİ	İMZA	BÖLÜM	KİŞİ
Projelendirme	Mehmet Selman Dağlı		Kalite Kontrol	Ahmet Sedefoğlu

UYGUNSUZLUK / MUHTEMEL UYGUNSUZLUK TANIMI:

Kazan dairesi kapılarının yanan malzemeden ve içeriye açılır biçimde yapılması

NEDENLERİ:

Müşteriye bilgi verilmemiş olması / İşin kontrol edilmemiş olması

UYGULANACAK DÜZELTİCİ / ÖNLEYİCİ FAALİYET ÇALIŞMASI:

Yanar malzemeden yapılmış kapıların sac kapıya değiştirilmesi için müşterinin konu hakkında bilinçlendirilmesi, müşterinin denetlenmesi

BELİRLENEN DÜZELTİCİ / ÖNLEYİCİ FAALİYET TARİHİ: 26.12.2006

GERÇEKLEŞEN DÜZELTİCİ / ÖNLEYİCİ FAALİYET TARİHİ: 26.12.2006

	İSİM	**İMZA**
D / Ö FAALİYETİ YAPACAK KİŞİ	Ahmet Sedefoğlu	
YÖNETİM TEMSİLCİSİ ONAYI	Aslıhan Duran	

BELİRLENEN DOĞRULAMA TARİHİ: 28.12.2006

GERÇEKLEŞEN DOĞRULAMA TARİHİ: 28.12.2006

	İSİM	**İMZA**
DOĞRULAMAYI YAPACAK KİŞİ	Arif Tekeli	
YÖNETİM TEMSİLCİSİ ONAYI	Aslıhan Duran	

SONUÇ	☒ YAPILAN D/Ö F YETERLİDİR	☐ YAPILAN D/Ö F YETERSİZDİR (**YENİ DÖF NO**:.....)

YAPILAN D/Ö F YETERLİ/YETERSİZ İSPATI:

Müşteri konu hakkında bilinçlendirilip denetlenmiştir.

	İSİM	**İMZA**	**TARİH**
DOĞRULAMAYI YAPAN	Arif Tekeli		28.12.2006
YÖNETİM TEMSİLCİSİ ONAYI	Aslıhan Duran		28.12.2006

EK 8- DOĞALGAZ TESİSATI TASARIM VE İMALATI İLE İLGİLİ MEVZUAT

NO	DOKÜMAN SAYISI / NUMARASI	TARİH	AÇIKLAMA
1	TS 901	01.11.1972	Lifli ısı ve ses yalıtım malzemeleri
2	TS 2169	26.04.1976	Yeraltında kullanılan çelik boruların korozyondan korunma kuralları
3	TS 2192	21.04.1976	Kalorifer tesisatı yerleştirme kuralları
4	TS 2838	16.06.1976	Alçak basınçlı buhar üreticilerinde güvenlik kuralları
5	TS 2649	07.04.1977	Boru bağlantı parçaları, çelik (kaynak ağızlı veya flanşlı)
6	TS 2736	16.06.1977	Çıkış suyu sıcaklığı 110 °C 'den daha yüksek kızgın sulu ısıtma tesisleri
7	TS 61-1 … 65	20.04.1978	Vidalar (biçim ve boyutlar)
8	TS 3101	13.04.1978	Sabit kazanların yapım kuralları
9	TS 1257	18.10.1983	Binalarda sıcak sulu ısıtma santralarının düzenlenmesi
10	TS 2164	18.10.1983	Kalorifer tesisatı projelendirme kuralları
11	TS 3541	05.04.1983	Mineral liften ısı yalıtım malzemesinin ısıtma ve havalandırma tesisatına uygulanması kuralları
12	TS 4040	25.10.1983	Kazanlar – Isı tekniği ve ekonomisi açısından aranacak özellikler
13	TS 4041	25.10.1983	Kazanlar – Anma ısı gücü ve verim deneyleri esasları
14	TS 430	20.11.1984	Kazanlar – dökme demirden
15	19269	02.11.1986	Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği
16	TS 5139	07.04.1987	Çelik borular – Korozyana karşı korumak için polietilenle kaplanması kuralları
17	TS 5140	07.04.1987	Çelik borular – Korozyana karşı korumak için maden kömürü epoksi reçinesiyle kaplanması kuralları
18	TS 5141	07.04.1987	Yeraltı çelik boru hatlarının katodik korunması
19	TS 5477	23.02.1988	Sayaçlar – gazlar için türbin çarklı (25 – 25000 m^3/h)
20	TS 5826	29.04.1988	Reglaj kuralları – doğalgaz bölge regülatörleri için
21	TS 5827	29.04.1988	Bina içi tesisatta doğalgaz basınç reglaj kuralları (giriş basıncı maksimum 25 mbarg)
22	TS 5834	30.04.1988	Bina içi tesisatta doğalgaz basınç reglaj kuralları
23	TS 6047	18.10.1988	Hat borusu – petrol ve tabii gaz endüstrisi çelik boru hatları
24	TS 5910	01.03.1989	Sayaçlar – doğalgaz için körüklü (2,5 – 400 m^3/h)
25	TS 6565	21.02.1989	Gaz dağıtım şebekelerinde basınç kayıplarının hesaplanması
26	TS 7363/T1	18.12.1990	Doğalgaz bina iç tesisatı projelendirme ve uygunluk kuralları
27	TS 8415	13.04.1990	Doğalgaz boru hattı donanımında kullanılan terimler ve tarifler
28	TS 497	10.04.1991	Kazanlar – çelik malzemeden (kaynaklı)
29	TS 10038	24.03.1992	Doğalgaz boru hattı – çelik boru donanımı tesis kuralları
30	TS 9808	04.02.1992	Contalık malzemeler –gaz armatürlerinde kullanılan (elastomerik iç tesisat)
31	TS 10276	2.04.1992	Filtreler – Dahili gaz tesisatında kullanılan
32	TS 10945	24.04.1993	Contalık levhalar – yeraltı gaz boru hattı bağlantı yerlerinin sızdırmazlığında kullanılan
33	TS 10946	24.04.1993	Köpük oluşturucu malzemeler – Gaz boru hattında kaçak tespitinde kullanılan

EK 8 (DEVAM) - DOĞALGAZ TESİSATI TASARIM VE İMALATI İLE İLGİLİ MEVZUAT

NO	DOKÜMAN SAYISI / NUMARASI	TARİH	AÇIKLAMA
34	TS 377	28.04.1993	Kazanlar – çelik malzemeden (kaynaklı) silindirik (tasarım basıncı 2,5-5 bar)
35	TS 6270	13.04.1993	Yüksek yoğunluklu polietilen boru bağlantı parçaları – doğalgaz dağıtım şebekesinde kullanılan
36	TS 10624	12.01.1993	Gaz regülatörleri – yanıcı gazlar (doğalgaz, havagazı, LP) için (giriş basıncı 0,2-4 bar)
37	TS 10670	26.01.1993	Hortumlar – esnek ondüleli, paslanmaz çelik (16 bar ‘a kadar gaz yakan cihazlar için)
38	TS 10827	13.04.1993	Borular, polietilen – gaz yakıtların nakli için (yeraltına döşenen metrik seri boyuttaki borular)
39	TS 10877	21.04.1993	Elektronik hacim düzelticileri – gaz sayaçları için (işletme basıncı maksimum 7 bar olan)
40	TS 10878	13.04.1993	Esnek bağlantı elemanları – gaz tesisatında kullanılan (maksimum 1 bar ‘a kadar)
41	TS 10880	21.04.1993	Kompansatörler, çelik körüklü – gaz boru hatları ve 75tesislerinde kullanılan
42	TS 10908	22.04.1993	Contalık levhalar – gaz cihazları ve boru hatlarında kullanılan (maksimum 100 bar ‘a kadar)
43	TS 10910	22.04.1993	Contalık levhalar – lastik, mantar ve asbest esaslı gaz armatür ve cihazlarında kullanılan
44	TS 10911	22.04.1993	Contalık levhalar – sentetik, elyaf ve grafit esaslı gaz armatür ve boru hatlarında kullanılan
45	TS 11389 EN 13384-1	28.04.1994	Bacalar, baca boyutlarının yakma tekniği bakımından hesaplanması, terimler ve hesaplamalar
46	TS 3818	28.04.1994	Isıtma sistemleri – Gazlı merkezi yakma tesislerinin tasarımı, yerleştirilmesi ve güvenlik kuralları
47	TS 61-210	19.04.1994	Bağlama elemanları, vidalar, …
48	TS 11381	28.04.1994	Yanma havası kapama klapeleri – mekanik kumandalı
49	TS 11382	28.04.1994	Bacalar, çelik – endüstriyel
50	TS 11383	28.04.1994	Bacalar, metal – konut ve benzeri binalar için
51	TS 11384	28.04.1994	Bacalar – konut vb. bina parçaları, ekleme parçaları, tasarım ve yapım kuralları
52	TS 11385	28.04.1994	Bacalar – konut vb. binalar için deney bacaları, deney şartları ve değerlendirme kriterleri
53	TS 11386	28.04.1994	Bacalar – konut vb. binalar için tasarım ve yapım kuralları
54	TS 11387	28.04.1994	Bacalar – konut vb. binalarda baca temizleme tertibatı yapım kuralları
55	TS 11388	28.04.1994	Bacalar – boyutlandırma hesapları, çok ocaklı bacalar yaklaşık sonuç veren
56	TS 11389	28.04.1994	Bacalar – boyutlandırma hesapları, tek ocaklı bacalar yaklaşık sonuç veren
57	TS 11391	28.04.1994	Gaz brülörleri, atmosferik – genel kurallar
58	TS 11392 EN 676	07.04.1999	Gaz brülörleri, vantilatörlü – gaz yakıtlar için
59	TS 11393	28.04.1994	Gaz brülörleri, vantilatörsüz, atmosferik brülörlü – terimler, kurallar ve deneyler
60	TS 11394	28.04.1994	Bağlantı fişli gaz hortumları ve armatürleri – emniyetli (0,1 bar kadar gaz yakan cihazlar için)

EK 8 (DEVAM) - DOĞALGAZ TESİSATI TASARIM VE İMALATI İLE İLGİLİ MEVZUAT

NO	DOKÜMAN SAYISI / NUMARASI	TARİH	AÇIKLAMA
61	TS 11396	28.04.1994	Yakma tesisleri elektrik donanımı
62	TS 11505	13.12.1994	Boru ekleme parçaları, sökülebilir – metal gaz boruları için
63	TS EN 88	19.12.1995	Basınç regülatörleri – gaz cihazları için giriş basıncı 200 mbarg 'a kadar
64	TS EN 161	10.04.1995	Otomatik kapama valfleri – gaz brülörleri ve gaz cihazları için
65	TS EN 297	28.09.1995	Gaz yakan merkezi ısıtma kazanları – anma ısı yükü 70 kW 'yi aşmayan a. brülörlü B11 ve B11s tipi
66	TS EN 625	28.09.1995	Gaz yakan merkezi ısıtma kazanları, anma ısı yükü 70 kW 'yi aşmayan kombine kazanlar, birleşik ısıtma kazanları (kombi) – kullanım suyu üretim için
67	TS EN 677	28.09.1995	Gaz yakan merkezi ısıtma kazanları – anma ısı yükü 70 kW 'yi aşmayan yoğuşmalı kazanlar
68	TS 9197 EN 257	04.04.1995	Termostatlar – mekanik gaz yakan cihazlar için
69	TS 11655	10.04.1995	Emniyet tahliye ve ani kapama vanaları – i. basıncı 100 bar 'a kadar olan gaz besleme tesisleri için
70	TS 3390 EN 764	27.02.1996	Basınçlı cihazlar – terminoloji ve semboller, basınç, sıcaklık ve hacimler
71	TS 10942 EN 377	12.03.1996	Yağlayıcılar – yanıcı gaz ortamında çalışan gaz armatürleri ve kontrol cihazları için
72	TS 11042 EN 298	17.01.1996	Üflemeli ve üflemesiz gaz brülörleri ve gaz cihazları için yakma otomatları
73	TS EN 837	21.10.1997	Basınç ölçerler – Bölüm I : Burdon borulu basınç ölçerler, boyutlar, ölçme, özellikler ve deneyler
74	TS 615 EN 26	18.09.1997	Ani su ısıtıcılar (şofbenler) – gaz yakan atmosferik brülörlü
75	TS 9872 EN 1057	09.04.1997	Borular – bakır (dikişsiz, genel amaçlar için)
76	TS ISO 7005-1	20.03.1998	Flanşlar, metalik – Bölüm 1 : çelik
77	TS ISO 7005-1	20.03.1998	Flanşlar – boruya kaynaklı, düz
78	TS 827	27.12.1998	Binalarda pis su tesisatı yapım kuralları
79	TS EN 751-1 … 3	10.11.1998	Contalık levhalar
80	TS EN 1854	03.11.1998	Basınç algılama tertibatları – Gaz brülörleri ve gaz yakan cihazlar için
81	TS 12514	15.12.1998	Birleşik ısıtma cihazları (kombi) – gaz yakan, atmosferik brülörlü, anma ısı gücü 70 kW 'ı geçmeyen
82	TS EN 331	23.03.1999	Vanalar – bina gaz tesisatı için, el kumandalı, küresel
83	TS 6868-1 EN 287-1	25.04.2000	Kaynakçıların yeterlilik sınavı – ergitme kaynağı (çelikler)
84	TS 11 EN 10242	26.04.2000	Boru bağlantı parçaları – dökme demir temperlenmiş, diş açılmış
85	TS EN 656	10.05.2001	Gaz yakan merkezi ısıtma kazanları – anma ısı yükü 70-300 kW olan atmosferik B tipi kazanlar
86	TS EN 777-1 … 4	27.02.2001	Isıtıcılar – gaz yakan, radyant tüplü, konut harici kullanılan, çok brülörlü, tavana asılan
87	EN 1643	02.2001	Valf doğrulama sistemleri – gaz brülörleri ve gaz yakan cihazların otomatik kapama valfleri için
88	TS EN 483	29.03.2001	Gaz yakan merkezi ısıtma kazanları – anma ısı yükü 70 kW 'yi aşmayan C tipi

EK 8 (DEVAM) - DOĞALGAZ TESİSATI TASARIM VE İMALATI İLE İLGİLİ MEVZUAT

NO	DOKÜMAN SAYISI / NUMARASI	TARİH	AÇIKLAMA
89	4646	18.04.2001	Doğal Gaz Piyasası Kanunu
90	TS 9809	13.03.2001	Küresel vanalar – yanıcı gazlar (doğalgaz, havagazı, LP) için (DN 65-500)
91	TS EN 1443	05.02.2002	Baca ve elemanlarıyla ilgili ürün standartları ve performans değerleri
92	24887 (Resmi Gazete)	25.09.2002	Doğal Gaz Piyasası Sertifika Yönetmeliği
93	24869 (R.G.)	07.09.2002	Doğal Gaz Piyasası Lisans Yönetmeliği
94	24888 (R.G.)	26.09.2002	Doğal Gaz Piyasası Tarifeler Yönetmeliği
95	24918 (R.G.)	26.10.2002	Doğal Gaz Piyasası İletim Şebekesi İşleyiş Yönetmeliği
96	24925 (R.G.)	03.11.2002	Doğal Gaz Piyasası Dağıtım ve Müşteri Hizmetleri Yönetmeliği
97	24918 (R.G.)	26.10.2002	Doğal Gaz Piyasası Tesisler Yönetmeliği
98	24880 (R.G.)	18.09.2002	Doğal Gaz Piyasası İç Tesisat Yönetmeliği
99	24980 (R.G.)	31.12.2002	Doğal Gaz Dağıtım Şirketlerinin Perakende Satışlarında Fiili Üst Isıl Değerin Uygulanması Hakkında Tebliğ
100	TS EN 613	29.04.2002	Müstakil gaz yakan konveksiyonlu kazanlar
101	TS 2535-1 EN 10088-1	11.12.2002	Paslanmaz çeliklerin kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri
102	TS 3419	24.04.2002	Havalandırma ve iklimlendirme tesislerinin projelendirilmesi kuralları
103	TS 11390 EN 334	29.04.2002	Gaz basınç regülatörleri – giriş basıncı 100 bar 'a kadar olan
104	TS EN 416-1	22.03.2002	Isıtıcılar – gaz yakan, radyant tüplü, konut harici kullanılan, tek brülörlü, tavana asılan
105	TS EN 419-1	19.04.2002	Isıtıcılar – gaz yakan, parlak radyant, konut harici kullanılan, tavana asılan
106	EN 1266	03.2003	Isıtıcı sobalar – gaz yakan, müstakil, konveksiyonlu, yanma havası veya ürünleri fanla sevkedilen
107	25007 (R.G.)	28.01.2003	Doğal Gaz Piyasasında Yapılacak Denetimler ile Ön Araştırma ve Soruşturmalarda Takip Edilecek Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik
108	24763 (R.G.)	23.05.2004	Muhasebe Uygulama ve Mali Raporlama Genel Tebliği
109	25687 (R.G.)	31.12.2004	Doğal Gaz Piyasası Kanunun 9. Maddesi Uyarınca 01.01.2005 Tarihinden İtibaren Uygulanacak Para Cezaları Hakkında Tebliğ
110	25573 (R.G.)	04.09.2004	Doğal Gaz İletim Şebekelerine Yapılacak Bağlantılara İlişkin Usul ve Esaslar
111	25545 (R.G.)	06.08.2004	Kaçak veya Usulsüz Doğal Gaz Kullanımı Durumunda Uygulanacak Usul ve Esaslar