

Enerji Santralinde Faaliyet Gösteren Buhar Kazanının NDT Tabanlı Periyodik Kontrolü

*¹İsmail Kalkan ²Murat Şahin ³Gökhan Tımaç

*¹Yalova Üniversitesi Altınova Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Yalova, Türkiye,
Orcid 0000-0002-1973-750X

² Yalova Üniversitesi Altınova Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Yalova, Türkiye,
Orcid 0000-0001-7272-1112

³ Yalova Üniversitesi Altınova Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Yalova, Türkiye,
Orcid 0000-0003-0895-5066

Özet

Tahribatsız muayene teknikleri; işletme şartlarında stratejik veya teknolojik öneme sahip ve genelde endüstriyel uygulamalarda kullanılan malzemelerin üretim, kullanım veya işletme aşamasında ki süreçlerde oluşabilecek gözenek, korozyon, çatlak, aşınma, deformasyon, vb. kusur veya bozulmaların maddi kayıplara veya iş kazalarına sebep olmasını engellemek amacıyla bu kusurların bulunduğu malzeme veya bölgeleri, belirli standartlara ve disiplinlere bağlı kalmak şartıyla önceden tespit etmek amacıyla kullanılan tekniklerdir. Tahribatsız muayene yöntemiyle muayene edilen malzemeler kesinlikle deforme olmamakta ve muayene sonrasında da eskisi gibi kullanılmaya devam edilmektedir.

Bu çalışmamızdaki amacımız; doğalgazdan elektrik üreten enerji santrallerinde yer alan buhar kazanlarının, TS EN 9712 standardı esas alınarak yetkilendirilmiş personellerce görsel muayene tabanlı olarak periyodik kontrollerinin yapılması ve elde edilen verilerin de ultrasonik ölçümlerle desteklenerek yorumlanabilmesidir. Bu sayede sektörde faaliyet gösteren veya göstermek isteyen tekniker veya mühendislerin NDT hizmeti, inspection hizmeti ya da önleyici ve kestirimci bakım çalışmalarına yönelik kaynak oluşturmak ayrıca yaptıkları çalışmalarını raporlayabilmelerine yardımcı olabilmektir. Bu sayede literatürde yeterince yayın olmadığı için kaynak temini de sağlanması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tahribatsız Muayene, NDT, Görsel Muayene, EN 13018, Buhar Kazanı

NDT Based Periodic Control of Steam Boiler Operating in Power Plant

Abstract

Non-destructive testing techniques; Pore, corrosion, crack, abrasion, deformation, etc. that may occur during the production, use or operation phase of materials that have strategic or technological importance in operating conditions and are generally used in industrial applications. These are the techniques used to detect the materials or regions where these defects are present in order to prevent defects or deterioration from causing material losses or work accidents, provided that certain standards and disciplines are adhered to. The materials examined by the non-destructive testing method are never deformed and continue to be used as before after the examination.

Our aim in this study; It is to carry out periodic controls on the basis of visual inspection by authorized personnel based on the TS EN 9712 standard of the steam boilers in the power plants that produce electricity from natural gas, and to interpret the obtained data by supporting it with ultrasonic measurements. In this way, it is to help technicians or engineers who are active in the sector or who want to show, to create resources for NDT service, inspection service or preventive and predictive maintenance studies and to report their work. In this way, it is aimed to provide resources, since there are not enough publications in the literature.

Key words: Non-Destructive Testing, NDT, Visual Inspection, EN 13018, Steam Boiler

1. Giriş

Ülkelerin ekonomik yönden büyümesi ve gelişmesi için girişimcilik faaliyetlerinin önemi artık iyice bilinmekte ve özellikle de ülke gelişiminde ve toplumsal refahın artmasında önemli etkileri bulunmaktadır. Bu bağlamda son yıllarda çeşitli ülkeler girişimciliğin gelişmesi için girişimcilik eğitimlerine ayrı bir önem vermeye başladı. Girişimcilik eğitiminin, toplumda girişimcilik kültürünün gelişmesinde önemli bir etkiye sahip olmasından dolayı Avrupa komisyonu eğitim yoluyla girişimci beyinlerin teşvik edilmesi gerektiğini belirtmiştir [1].

Genel manada bir iş kurma ile ilişkilendirilen girişimcilik faaliyetleri ve yaklaşımları önde gelen akademik çalışma alanlarından birisidir. Ülkemizin de içinde yer aldığı genç nüfusa sahip pek çok ülkede işsizlik, önemli bir sorun oluştururken, özellikle de üniversite mezunu işsiz gençler büyük bir insan sermayesi kaybına yol açmaktadır. Dolayısıyla gençlerin daha girişimci olabilmelerine yönelik araştırmalar gün geçtikçe hızla artmakta ve daha da önem kazanmaktadır [2].

Bygrave ve Hofers'e göre girişimciliğin içerisinde fırsatlar temelinde işletmesini şekillendirme yatmaktadır. Bu ve benzeri tanımlamalar çerçevesinde ele alındığında girişimcinin "kendi işini kurma fırsatı ve çalışma" boyutu öne çıkmaktadır. Fırsat ve örgütlenme becerisi açısından girişimcilik tanımına yaklaşan Morris'e göre girişimcilik, "bir fırsattan faydalanmak için kaynakların eşsiz bir bileşimini bir araya getirerek değer elde etme sürecidir" diye tanımlanmaktadır [3].

Yapılan araştırmalarda, “Yeni bir işe başlamak için gerekli deneyim, vasıf ve bilgiye sahip misiniz?” sorusuna katılımcıların sadece %42,5’i olumlu cevap verirken, başarısız olma korkusuna %42,5 oranıyla cevap vermişlerdir [4]. Girişimcileri, işletmede çalışan girişken personelleri veya iş yeri değiştirmek isteyenleri olumsuz yönde etkileyen bu faktörler k dokunuşlarla, farkındalıklar oluşturarak, bilgi, belge ve tecrübe paylaşımlarıyla azaltılabilmektedir. Buna en güzel örneklerden birisi de teknik veya mühendislik altyapısı olan gençleri sanayiye yönelik NDT ve inspection hizmetleri verebilecek konuma getirmektir. Inspection kelimesi İngilizce bir kelime olup; kontrol, muayene, inceleme, denetleme, teftiş manalarına gelmektedir [5]. Kısaca, NDT (Non Destructive Test) olarak adlandırılan tahribatsız muayene ise; işletme şartlarında stratejik veya teknolojik öneme sahip ve genelde endüstriyel uygulamalarda kullanılan malzemelerin üretim, kullanım veya işletme aşamasında ki süreçlerde oluşabilecek gözenek, korozyon, çatlak, aşınma, deformasyon, vb. kusur veya bozulmaların büyük maddi kayıplara veya iş kazalarına sebep olmasını engellemek amacıyla bu kusurların bulunduğu malzeme veya bölgeleri, belirli standartlara ve disiplinlere bağlı kalmak şartıyla önceden tespit etmek amacıyla kullanılan tekniklerdir.

Tahribatsız muayene yöntemiyle muayene edilen malzemeler kesinlikle deforme olmamakta ve muayene sonrasında da eskisi gibi kullanılmaya devam edilmektedir [6], [7], [8]. Tahribatsız muayene yöntemleri gözle muayene, sıvı penetrant muayenesi, manyetik parçacık muayenesi, girdap akımları ile muayene, radyografik muayene, ultrasonik muayene gibi ana başlıklar altında toplanmaktadır. [9]

lke sanayimizin birçok alanında; VT, MT, PT yöntemleri ile NDT veya inspection hizmeti vermek ve bu hizmetin sonucunu raporlamak için yüksek bütçeli makine, teçhizat, ekipman yatırımları yapmaya gerek duyulmamaktadır. Sağladığı bu avantajlardan dolayı da genç girişimcileri, mesleğe yeni başlayan veya iş değişikliği yapmak isteyen mühendisleri olumsuz yönde etkileyen en önemli etkenlerden birisi olan, ekonomik etmen veya risklerin etkisi azalmaktadır.

Yeni mezun mühendis veya teknikerlerin yeni bir işe başlamak için gerekli deneyim, vasıf ve bilgiye sahip olmaması; mühendislik firmalarının kullandıkları raporlama örneklerini know-how olarak niteleyerek internette paylaşıma amaması ve yine söz konusu bu raporlamalara ait dokmantasyonların yazılı kaynaklarda veya internet mecrasında yeterince yer almaması vb. etkenler başarısız olma korkusunu tetikleemektedir. Dolayısıyla, birçok alanda NDT veya inspection rapor örnekleri veya inspection raporu formatlarının teknik personellerin kolay ulaşabileceği hale getirilmesi genç girişimciliğin veya iş/seytr değiştirmek isteyen mühendis ya da teknikerlerin önündeki önemli engellerden birisini daha kaldırmış olacaktır. Bu bağlamda, düşük yatırım maliyeti ile derinlemesine süreç ve dokümantasyon altyapısına ihtiyaç duyulmayan NDT görsel muayene tekniği ile mevcut durum tespiti, buhar kazanlarının önleyici bakımına yönelik yapılan iş ve işlemlerine ait inspection hizmeti raporlaması üzerine yoğunlaştıık.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin elektrik enerjisine talebi sürekli olarak artmaktadır. Bu nedenle özellikle elektrik üretiminde buhar kullanımı birçok ülkede artmaya devam etmektedir. Buharın sahip olduğu ısıtma enerjisinden yararlanılarak buhar türbini, buhar makinesi gibi g makinelerinde mekanik enerjiye dönüşüm sağlanır. Elektrik retimde buhar kullanılmasının

nedenlerini; yatırım giderleri düşüktür, ısı kayıpları azdır, emniyetli hale getirilebilir, geri kazanım ile tasarruf sağlanır vb. olarak sıralayabiliriz

Bir buhar kazanı genel olarak şu elemanlardan meydana gelir.

1. Yanma Odası / Cehennemlik: Yanmanın gerçekleştiği ve ısı enerjisinin elde edildiği kısımdır.
2. Asıl Isıtma Yüzeyleri: Sıcak duman gazları ile buharlaşmakta olan suyun temas yüzeyleri.
3. Kızdırıcı: Doymuş ıslak buharın; sabit basınçta ısıtılmasıyla, sıcaklığının artırıldığı yüzeyler.
4. Buhar Domu: Besi suyunun ısı ile buhara dönüştürüldüğü tank.
5. Su Isıtıcıları: Besleme suyunun, asıl ısıtma yüzeylerine girmeden önce ısıtıldığı yüzeylerdir.
6. Hava Isıtıcıları: Yakma havasının, duman gazları sayesinde ısıtıldığı yüzeylerdir.
7. Baca: Gazlarını kazandan uzaklaştırılarak atmosfere atılmasını sağlayan kısımdır [10].

2. Malzeme ve Yöntemler

İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği'ne göre (RG Tarihi: 25.04.2013) kazanların en geç 1 yıllık periyotlarla periyodik kontrolleri zorunludur. Periyodik kontrolleri gerçekleştirmeye makine mühendisleri ve makine teknikerleri yetkilidir. Basınçlı kap ve tesisatlarının periyodik kontrolleri, makine mühendisleri ve makine teknikeri tarafından yapılır. Söz konusu periyodik kontrollerin tahribatsız muayene yöntemleri ile yapılması durumunda, bu kontroller sadece TS EN ISO 9712 standardına göre eğitim almış mühendisler ve aynı eğitimi almış teknikerler tarafından yapılabilir [11]. Buhar kazanlarının periyodik kontrollerinde

- a- Kazanın genel durumu,
- b- Deformasyon,
- c- Kazanın gövdesi,
- d- Basınç göstergeleri,
- e- Güvenlik sistemleri,
- f- Basınç otomatikleri,
- g- Patlama kapakları,
- h- Emniyet ventilleri.
- i- Borular,
- j- Aynalar,
- k- Kaynak yerlerinde sızıntı vb. kontrolleri yapılır.

Bu ve benzeri incelemelerin sonucunda kazanın güvenli şekilde çalışır vaziyette olup olmadığı, ayrıca varsa, giderilmesi gereken ne tür eksikler bulunduğu tespit edilerek raporlanır. Kazanın testinde kazana işletme kapasitesinin 1,5 katı kadar basınç uygulanır ancak, kazan imalat standartlarında yer alan istisnalar göz önünde bulundurulmalıdır. İşletmeden kaynaklanan zorunlu şartlar nedeniyle hidrostatik test yapma imkânı olmayan durumlarda standartlara uygun NDT (tahribatsız muayene) yöntemleri de uygulanabilir. Ancak bu durum periyodik kontrol raporlarında gerekçesiyle birlikte belirtilmelidir.

NDT kontrollerini ise ilgili standartlara göre eğitim almış mühendisler veya teknikerler yapabileceği için [12] buhar kazanlarının periyodik kontrolü sırasında ilaveten gerçekleştirilen görsel muayene ise, yürürlükte olan standartlarda verilen bilgiler ve NDT uzmanlığı Level 1 ve 2 eğitim materyalleri rehberliğinde, TS EN ISO 9712 temelinde ilgili yeterliliğe sahip personellerce yapılmıştır. Görsel muayene sürecindeki mekanik yüzey temizlikleri, lüks, lümen, candela, bakış

açısı, büyütme, hassasiyet şartları vb. sonucu veya yorumu doğrudan etkileyecek etmenlere azami riayet edilmiştir ayrıca

- EN 13018 Tahribatsız Muayene - Gözle Muayene - Genel Kurallar
- EN 1330-10 Gözle Muayenede Kullanılan Terimler
- EN 13927 Tahribatsız Muayene - Gözle Muayene - Donanım
- TS ISO 3058 Gözle Muayene Araçları
- EN ISO 17635 Metalik Malzemeler İçin Genel Kurallar
- TS EN ISO 17637 Kaynaklar için Genel Kurallar
- TS EN ISO 5817 Kusurlar İçin Kalite Seviyeleri
- TS EN 1370 Döküm-Yüzey Pürüzlülüğünün Komparatörlerle Muayenesi vb standartları esas alınmıştır.

Yapılacak çalışmalar; santralin elektrik üretimini ve müşterilerine buhar arzını olumsuz etkilememesi amacıyla olabilecek en ideal zaman dilimi için tesisin duruş planlaması yapıldı. Bu bilgiler ışığında yapılan iş, işlem ve çalışmalar maddeler halinde ele alınmıştır.

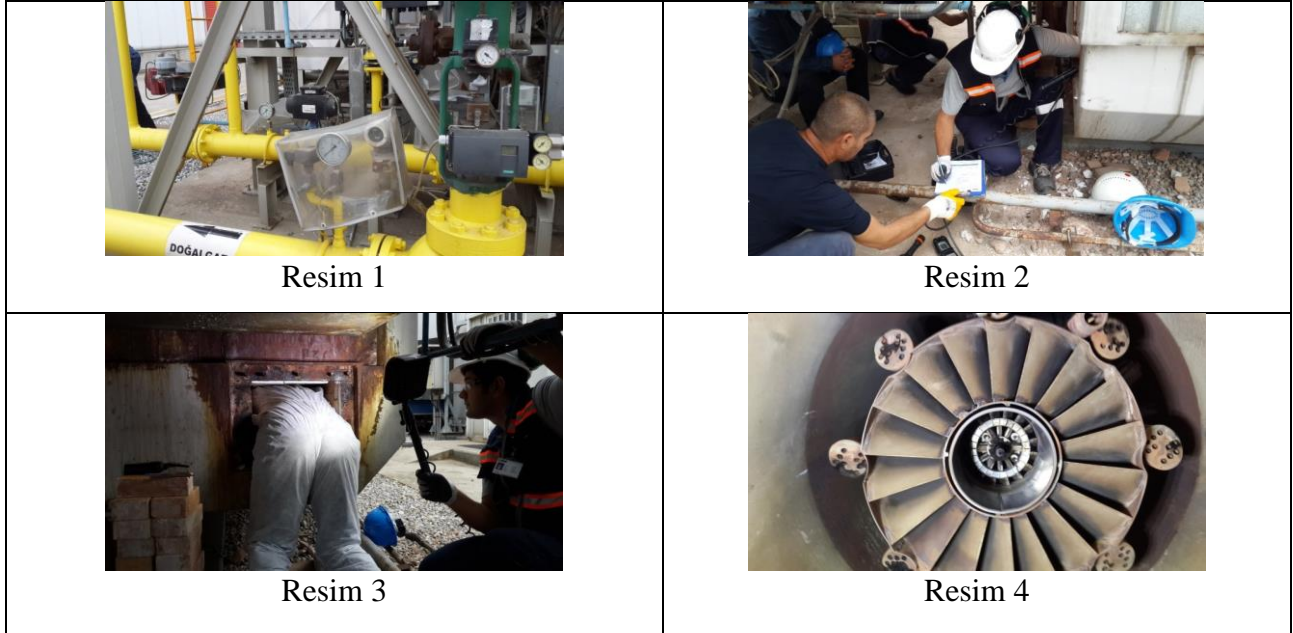
3. Sonuçlar

- Gerekli izin kağıtları alınarak buhar kazanının gaz girişleri kesilerek, İSG uzmanı ile gaz ölçümlerini yaptıktan sonra saat 10:40' da cehennemlik menholünden içeri girildi. (Resim 1, 2, 3)

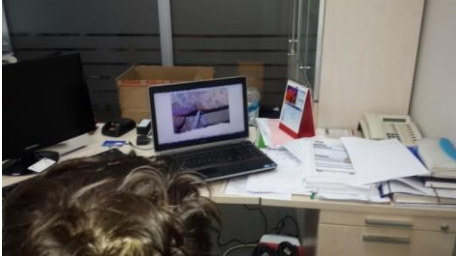


- İlk olarak brülörün (burner) kontrolleri yapıldı. Brülörde düşük miktarda kurum tespit edildi. Bujiler ve iyonize (iyonizasyon) çubukları kontrol edildi. Sağ taraftaki bujide diğerlerine kıyasla daha yoğun kurum oluşumu gözlemlendi. (Resim 4)
- Brülörün olduğu yüzeydeki cehennemlik duvarında yer alan ateş tuğlalarının iyi durumda olduğu tespit edildi. (Resim 5)
- Cehennemliğin zeminindeki ateş tuğlalarında lokal bozulmalar ve şamot sıvalarında derin çatlaklar tespit edildi. Her 3 yüzeydeki boru demetlerinin altındaki dirsek bölgelerinde şamot sıvalarının komple çatlak olduğu tespit edildi. (Resim 6,7)
- Brülörün sağ tarafındaki boru demetinde tek tek görsel kontrol yapıldı. Yapılan kontrollerde çatlak ve delik tespit edilmedi ancak boru demetinin ilk borusunda terleme izine benzer yüzey lekesi görüldü. Yapılan detaylı incelemede herhangi bir sızıntı noktası gözlemlenemedi. Dip yüzeydeki borularda ise yüzey korozyonlarının başladığı görüldü. (Resim 8, 9)
- Brülörün karşı yüzeyindeki boru demetinde tek tek görsel kontrol yapıldı. Yapılan kontrollerde olumsuz bir durum gözlemlenmedi. (Resim 10)
- Brülörün sol tarafındaki boru demetinde tek tek görsel kontrol yapıldı. Yapılan kontrollerde olumsuz bir durum gözlemlenmedi. (Resim 11)

- Cehennemlik bölümündeki çalışmalar tamamlandıktan sonra Economizerin alt bölgesine; zemindeki menholden içeriye girildi. Menholün sağ tarafından itibaren saclarda yüksek miktarda korozyon ve su akıntısı izleri gözlemlendi. Yapılan detaylı incelemelerde ıslaklık veya su sızıntı tespit edilemedi. Enerji santralının yetkilileriyle birlikte geçmiş dönemlerde yapılan bakımların raporları incelendiğinde söz konusu izlerin geçmiş dönemden kalma izler olduğu anlaşıldı. (Resim 12, 13, 14, 15)
- 1. kattaki Economizer ecobundle bölümünün menhol kapakları açıldığında finli borularda (bundle) çok yüksek miktarda katılaşmış ve kükürtümsü yapı ile karşılaşıldı. Enerji santralının yetkilileriyle birlikte geçmiş dönemlerde yapılan bakımların raporları incelendiğinde söz konusu kükürtümsü yapının geçmiş dönemden kalma olduğu anlaşıldı. Konu Bakım Müdürü'ne aktarıldığında fuel oil yakıtın kullanıldığı dönemlerden kalma bir oluşum olduğu bilgisi alındı. Enerji verimliliğinin artırılması amacıyla söz konusu yapı her bir fin diliminden kazınmak suretiyle temizlendi. (Resim 16, 17, 18)
- 2. kattaki Economizer ecobundle bölümünün menhol kapakları açıldığında aşağı bölgede kalan finli boruların (Bundle'ların) sağlam ve temiz olduğu (kükürtümsü yapının olmadığı) görüldü. (Resim 19, 20)
- 2. kattaki Economizer ecobundlelerin üzerinden baca bölgesine geçilerek gerekli incelemeler yapıldı. Baca bağlantı bölgesinde yoğun miktarda korozyon oluştuğu görüldü. (Resim 21, 22, 23)
- Bacanın dip kısmı ve yoğunlaşma hunisinin kontrolleri yapıldı. Yapılan kontrollerde herhangi bir olumsuzluğa rastlanmadı. (Resim 24)
- Bacanın çıkış bölgesinde yapılan kontrollerde herhangi bir olumsuzluğa rastlanmadı. (Resim 25)
- Geçmiş senelerde kazanın birçok noktasından yapılan kalınlık ölçümleri yine aynı noktalardan yapılmıştır. Söz konusu ölçümler ultrasonik kalınlık ölçüm cihazı ile yapılmış ve elde edilen değerler kayıt altına alınarak bir önceki senenin verileri ile kıyaslanmıştır. (Resim 26)



| | |
|---|---|
|  <p>Resim 5</p> |  <p>Resim 6</p> |
|  <p>Resim 7</p> |  <p>Resim 8</p> |
|  <p>Resim 9</p> |  <p>Resim 10</p> |
|  <p>Resim 11</p> |  <p>Resim 12</p> |
|  <p>Resim 13</p> |  <p>Resim 14</p> |



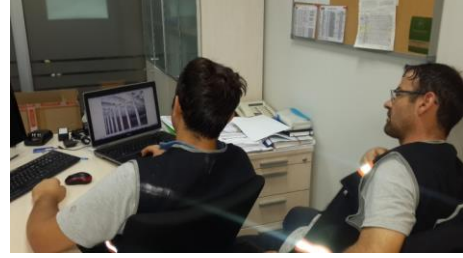
Resim 15



Resim 16



Resim 17



Resim 18



Resim 19



Resim 20



Resim 21



Resim 22



Resim 23



Resim 24



Resim 25



Resim 26

4. Tartışma

- Yardımcı Kazanın brülöründeki kurum oluşumunun nedeni hava&gaz karışımındaki ayarsızlıktan ve/veya brülörün sağ tarafındaki bujiden kaynaklanıyor olabilir.
- Ateş tuğlalarında müdahaleyi gerektirecek bozulmalar bulunmamaktadır, ancak şamot sıvaları yenilenebilir.
- Genel olarak, Yardımcı Kazanı'nın bir sonraki bakım periyoduna kadar kontrollü bir şekilde kullanılabilir durumda olduğu görülmüştür.
- Akredite kontrol kuruluşundan gelen kontrolör ile yaptığımız incelemelerde geçmiş dönemde yapılan ölçüm noktalarına ait ölçüm noktalarının markalanmış şekilde duruyor olduğu görülmüş ve yeni ölçümlerde aynı noktalardan yapılmıştır. Bu nedenle korozyon ve yıpranma oranlarının geçmişe dönük şekilde takip edilmesi olası büyük duruşları önleyecektir.
- Yapılan incelemelerde elde edilen bulgular, yapılan ölçümler ve tespit edilen olumsuzluklar kontrolör tarafından kayıt altına alınmıştır. Bu kayıtların rapor halinde işletmeye sunulmalıdır.

Netice

- Brülörün hava&gaz karışımındaki ayarsızlık yanma verimini direkt olarak etkilemektedir.
- Ateş tuğlalarında müdahaleyi gerektirecek bozulmalar bulunmamasına rağmen şamot sıvaları yenilenmiştir.
- Yapılan görsel kontrollerde cehennemlik bölümündeki boru demetleri, economizer bölümündeki finli borular, bundlelerin vs. bir sonraki bakım periyoduna kadar kontrollü bir şekilde kullanılabilir durumda olduğu görülmüştür.
- Yapılan görsel kontrollerde yan duvar, tavan-taban sacları ile baca bloğunun bir sonraki bakım periyoduna kadar kontrollü bir şekilde kullanılabilir durumda olduğu görülmüştür.
- İncelemelerde elde edilen bulgular, yapılan ölçümler ve tespit edilen olumsuzluklar rapor haline getirilerek işletmeye sunulmuştur.

- Genel olarak, kazanın bir sonraki bakım periyoduna kadar kontrollü bir şekilde kullanılabilir durumda olduğu tespit edilmiştir.
- Kazan bir sonraki bakım periyoduna kadar kontrollü bir şekilde kullanılmak üzere devre alınmıştır

Teşekkür

Kalkan Mühendislik firmasına, doğalgazdan elektrik enerjisi üreten santralde 3. taraf statüsünde vermiş olduğu “Gama Yardımcı Kazan Bakım Inspection Raporu” adlı inspection hizmet raporundan yararlanmamıza izin verdikleri için teşekkürlerimizi sunarız.

References

- [1] M. Raposo, D. A .Paço, “Entrepreneurship Education: Relationship Between Education And Entrepreneurial Activity, Psicothema”, pp. 23, 3, 453-457, (2011)
- [2] M. Uygun, S. Mete, E. Güner, “Genç Girişimci Adayların Girişimcilik Eğilimlerinde Girişimciliğe Yönelik Motivasyonlarının Rolü”, sf 2- International Journal of Social Sciences and Education Research- IJSER- ISSN: 2149-5939- Volume: 1(4), 2015
- [3] A. Göksel, S. Ulucan, “Girişimcilik Eğilimini Etkileyen Faktörlere İlişkin Çok Boyutlu Bir Analiz: Orta Öğretimde Bir Araştırma”, Savunma Bilimleri Dergisi – sf102- Mayıs/May 2019 Cilt/Volume 18, Sayı/Issue 1- ISSN (Basılı) : 1303-6831 ISSN (Online): 2148-1776
- [4] V. Bozkurt, U. Dolgun, "Türkiye'de Girişimciliğe Yönlendiren Faktörler Ve Girişimciliğe Bakış", sf 6, 2018
- [5] <https://tr.bab.la/sozluk/ingilizce-turkce/inspection>
- [6] Ege, Yavuz.(1998).Ferromanyetik Malzemeler Üzerindeki Çatlakların Manyetik Yöntemle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir, Türkiye, s. 2-6.
- [7] Kaya, Y., & Kahraman, N. (2013). Farklı Özellikteki Malzemelerin Tozaltı Ark Kaynak Yöntemi İle Birleştirilmesi ve Birleştirmelerin Tahribatlı ve Tahribatsız Muayenesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(1).
- [8] Başyigit, C., Çomak, B., Kılınçarslan, Ş., & Kamacı, Z. Depremde Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Beton Kalitesini Belirlemede Yeni Yaklaşımlar: Görüntü İşleme Örneği.
- [9] i. Oflaz, E. Karadeniz “Tahribatsız Muayene Yöntemleri İle Çelik Boru Kaynak Hatalarının İncelenmesi” SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5. Cilt, 2. Sayı (Eylül 2001)
- [10] H. Yeşilyurt, “Buhar Kazanı Kontrol Yapıları Ve Uygulamaları”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sf 10-12
- [11] M. Yazıcı, “Mühendis ve Makine”, Cilt:56- Sayı:661- İş Ekipmanları Yönetmeliği-Kazanlar, sf1-2
- [12] <https://www.andbelgelendirme.com/buhar-kazani-periyodik-kontrolu/>