

Prof. Dr. Olcay KINCAY
Mak.Y.Müh. Mustafa ÖZTOP
Kim.Y.Müh. Haluk AĞUSTOS

Abstract:

Corrosion is identified as an electro-chemical reaction of the metal and its ambient. Also can be described as the loss of metallic characteristic. Because of its nature corrosion causes enormous financial losses. Damage in mechanical systems, is an important result of the corrosion phenomena which can causes rebuilt of whole system.

In this study, steam boiler and its installations which located in The Marmara Hotel, Istanbul, have been investigated. Water content of the system analyzed at regular intervals in years 2008 and 2009. Corrosion protection programme discussed to minimize the corrosive effect. Data and results emphasized that protection programme should begin immediately after commissioning. Changes which occurs during the process must be controlled by the implementation of regular monitoring method.

Key Words:

Corrosion, Corrosion Protection Programme, Steam Boiler

Buhar Kazan ve Tesisatlarında Korozyon Koruma Programı Deneysel Uygulama

ÖZET

Korozyon, metalin içinde bulunduğu ortam ile kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyona girerek metalik özelliklerini kaybetmesi olarak açıklanır. Mekanik tesisatlarda zamana bağlı yıpranmalardan kaynaklanan maddi zararlar çok büyüktür. Bu zararın önemli bir bölümünü ise mekanik sistemlerde görülen korozyon olayları oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, İstanbul'da bulunan The Marmara Oteli'ne ait kapalı devre buhar hattı incelenmiştir. 2008 ve 2009 yıllarında düzenli aralıklarla, sistemde bulunan suyun içeriği analiz edilerek, uygulanan korozyondan koruma programı irdelenmiştir. Korozif etkiyi en aza indirebilmek için, sistemin devreye alınmasından başlanarak kimyasal korozyon koruma programının uygulanmasına ve oluşabilecek dalgalanmaların sürekli izleme yöntemiyle denetim altına alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Korozyon, Korozyon Koruma Programı, Buhar Kazanları

1. Giriş

Korozyondan koruma programları iki temel amaçla uygulanır. Birincisi, depozit olarak bilinen tortulaşmanın önlenmesi, ikincisi ise müsaade edilen en az korozyon hızında tutulabilmektir.

Kazanda buhar üretim sürecinde kullanılan su ile birlikte sistem içerisine karışan katı parçacıklar, zaman içerisinde kazan ve buhar hatlarında boru iç cidarlarına yapışarak muhtelif çözünmüş madde birikintileri ve tabakalaşmaları gerçekleşmektedir. Oluşan bu tabaka ve birikintiler ısı transfer yüzeylerinde yalıtım görevi görmeye ve sistemdeki akışın düzensizleşmesine neden olmaktadır. Diğer yandan, bu tabaka ve birikintiler, depozit altı korozyon oluşumu için zemin hazırlamaktadır. Bu nedenle sistemin enerji verimi düştüğü gibi sistem ömrü önemli derecede kısalmaktadır. Kullanılan ilave suyun pH değeri ve buhar fazındaki serbest oksijen bu olumsuz süreçlerin en büyük hızlandırıcı etkileridir. Buhar kazan ve tesisatların mümkün olan en yüksek verimde çalışması ve tahmin edilen faydalı kullanım ömrüne ulaşması için Kimyasal Korozyon Koruma Programı uygulanması ve sisteme ait bazı fiziksel-kimyasal parametrelerin ölçüm,

takip ve yorumlarının yapılarak izlenmesi gerekmektedir. Elde edilecek verim uygulanacak takip programının doğru tespit ve uygulamasıyla gerçekleşmektedir [1, 2].

2. Yöntem: Korozyondan Koruma Programı

Tesisatlarda korozyondan koruma programı, kullanılan su ve üretilen buhar akımı içerisinde uygun kimyasal maddeler kullanılması ile tanımlanabilir. Diğer yandan yöntemin tutarlılığı ve faydasının takibi bakımından ölçüm analiz ve değerlendirme yapmak suretiyle program yürütülür.

2.1. Korozyondan Koruma Programında Kullanılan Kimyasalın Özellikleri

Kimyasal; organo fosfat, dispersant özellikli polimerler ve pH düzenleyici bileşenlerden (amin gruplarından) oluşur. Organo fosfonatlar, düşük molekül ağırlıklı maleik terpolimer bazlı ve düşük molekül ağırlıklı sülfona stiren/maleik anhidrit kopolimer bazlı dispersantlar, organik ve inorganik korozyon inhibitörlerinden oluşan bir karışımdır. Buhar hatlarında birikinti, çamur ve korozyon oluşumuna karşı etkilidir. Özellikle yüksek alkalinite, yüksek pH ve sertlik değerli sular için tercih edilmiştir.

Fosfonat molekülleri, sistemde Ca^{2+} ve Mg^{2+} katyonlarını çevreleyerek, sistemde oluşması muhtemel $CaCO_3$, $MgCO_3$, $CaSO_4$ bileşiklerinin oluşmasını engeller. Koruyucu kimyasal içerisinde bulunan dispersant özellikli polimerler, depozit ve birikinti altı korozyonuna sebep olan bileşiklerin, kazan içerisinde kazan suyunun dip blöfe yakın kısmında asılı tutarak, kazan yüzeyine yapışmasını önlerler. Asılı kalan bu bileşikler kazan dip blöfünü yardımcı ile sistemden dışarı alınır. pH düzenleyici olan aminlerin iki temel görevi vardır. Birincisi buhar hattında bulunan çözünmüş oksijeni bloke etmektir. Korozyonun başlıca nedenlerinden biri olan çözünmüş oksijen, $120^\circ C$ 'nin altında var olabildiği için buhar hatlarında ya kazan besi suyu bölümünde ya da kondens dönüş hattında görülür. İkincisi ise sistem genelinde (özellikle de kondens dönüş hattında) pH'ı yüksek tutarak (8,5–9,0 civarı), korozyonu önler. Koruyucu kimyasaldan maksimum verimin alınabilmesi için çalışma değer aralıkları dikkate alınmalıdır. Çalışma

sınır değerlerinin aşılması etkin korumanın sağlanamamasına neden olur [1, 3, 4-6]. Çizelge 1'de koruma programında kullanılan kimyasalın çalışma sınır aralık değerleri görülmektedir [5, 7].

2.2. Konsantrasyon Faktörü (COC) [8]

Konsantrasyon faktörü, sisteme ilave edilen suyun kendi içerisindeki döngü sayısını ifade eder. COC, su içerisinde bulunan iyonlar yardımıyla hesaplanabilir. Yalnız Cl^- dışındaki iyonların girdikleri reaksiyonlar, oluşturdukları bileşikler ve daha farklı bazı etkenler nedeniyle, ölçümlerinde yaşanan sorunlardan dolayı gerçek miktarlarının tespiti oldukça zor ve yanıltıcıdır. Cl^- iyonlarının her zaman sulu çözelti olarak bulunmaları ve kütle denkleğini korumaları COC hesabında güvenle kullanılmasını sağlamaktadır.

$$COC = \frac{\text{Kazan Suyu İçerisindeki } Cl^- \text{ (ppm)}}{\text{İlave Su İçerisindeki } Cl^- \text{ (ppm)}} \quad (1)$$

Çizelge 1. Koruyucu kimyasal için etkin çalışma değerleri

Kontrol Değerleri	
pH ($[H^+]$)	(-log) 10,5 – 12
İletkenlik ($\mu s/cm$)	250 - 1000
Alkalinite (ppm)	100 - 1200
Sertlik (ppm)	COC
Şok Dozaj Miktarı (gr/ton)	150
Bakım Dozaj Miktarı (ppm)	COC
Sistem Silika = İlave su $SiO_2 \times COC$ (ppm)	max. 100 (COC)
$\Sigma Fe = \text{İlave Su } \Sigma Fe \times COC$ (ppm)	COC
Cl^- (ppm)	COC

Makale**2.3. Besleme Suyu, Buharlaşma ve Blöf İçin Su Dengesi**

Blöf, kazan suyu içerisinde yığılmış katılar ile arıtılmış besleme suyunun yer değiştirilmesidir.

2. no'lu ifadede görüldüğü gibi kazana eklenen suyun toplam hacmi, kazandan uzaklaştırılan suyun hacmine eşit olmalıdır [2, 7, 8]. Besleme suyu, blöf, üretilen buhar ve COC arasındaki ilişki için 3 ve 4 no.lu ifadelerden yararlanır.

$$F = U + B \quad (2)$$

$$F = B \times \text{COC} \quad (3)$$

$$U = B \times [\text{COC} - 1] \quad (4)$$

Buhar hacmi genellikle kendi ölçüm birimleriyle büyük kazanlarda ölçülür. COC, hem kazan suyunda hem de besleme suyunda iletkenliğin (μohm) veya toplam çözünmüş katı madde seviyesinin (TDS) (mg/l) ölçülmesiyle hesaplanabilir.

$$\text{COC} = B_{\text{TDS}} / F_{\text{TDS}} = B_{\mu\text{ohm}} / F_{\mu\text{ohm}} \quad (5)$$

2.4. Takviye Suyu ve Kondens Dönüşü Oranlarının Tayini

Takviye, harici su arıtım sisteminden sisteme eklenen sudur. Miktarı hacim veya yüzde olarak belirtilir. Suyun miktarını, blöf, sistem kaçakları ve işletme kullanım miktarı belirler. Kazan sisteminde, işlem ekipmanında buhar kaybedilmeyen sistemlerde %5–10 takviye beklenebilir. Su dengesi kondens dönüşünden etkilenir. Buna rağmen buhar veya kondens kaybindan dolayı hatırı sayılır bir yoğuşma kaydeden kazanlar %100 takviyeye ihtiyaç duyabilirler ki bu çok verimsiz ve masraflı bir durumdur. Aşağıdaki hesaplamalar takviye suyu gereksinimlerine ve kondens dönüş oranlarına karar vermek için kullanılır [7]. Takviye suyu oranı, 6. no.lu ifade de görüldüğü gibi, yoğuşma hacmi ile besleme suyu hacmi arasındaki farktır. Dönen kondens genelde kabul edilebilir seviyede çözünmüş katkıya ya da iletkenliğe sahip olmadığından, takviye suyu 7 no'lu ifadedeki gibi hesaplanır.

$$T = F - D \quad (6)$$

$$\%T = [1 - [F_{\mu\text{ohm}} / T_{\mu\text{ohm}}] \times \%100] \quad (7)$$

2.5. Üretilen Buhar Miktarı ile Kondens Miktarı Arasındaki Fark

Üretilen buhar miktarı ile kondens miktarı arasındaki fark, hem buhar hem kondens sistemindeki kayıptan kaynaklanır. Bu kayıplar, sistemdeki sızıntıdan, işleme ekipmanlarının harcadığı buhardan, kondens sızıntısından veya kirlenmiş kondensin kasıtlı olarak atılmasından kaynaklıdır. Toplam su kaybı 8 no'lu ifadeden bulunur.

$$K = U - D \quad (8)$$

3. Uygulama Alanı ve Tesisatın Özellikleri

Bu çalışmada, Şekil 1'de görülen İstanbul'da bulunan The Marmara Oteli'ne ait buhar sistemi ele alınmıştır. The Marmara Oteli'nde ısıtma ve sıcak su ihtiyacını karşılamak amacıyla kurulmuş 3 adet 2.750.000 kcal/h kapasiteli buhar kazanı ve kapalı devre buhar hattı, çamaşırhanede ihtiyaç duyulan buhar üretimini sağlayan yaklaşık kapasiteleri 860.000 kcal/h olan iki adet buhar jeneratörü ve açık devre buhar tesisatı bulunmaktadır. Bu çalışmada, ısıtma kapalı devrelerine ısı enerjisi sağlayan buhar kazan ve donanımları ele alınmıştır.

Buhar kazan ve hatlarında Hydrobt 200 tanımlı kapalı buhar devresi korozyondan koruma programı uygulanmıştır. Bu hatta bulunan 3 adet buhar kazanından biri tam kapasiteyle, bir diğeri ihtiyaç halinde devreye girmekte, sonuncusu ise yedek olarak tutulmaktadır. Ele alınan kazanların her biri 2.750.000 kcal/h ve 1,1 atü kapasiteli olup, hem doğal gaz hem de fuel-oil yakıtlıdır [Şekil 2]. The Marmara Oteli'ne koruma programı 22.05.08 tarihinde uygulanmaya başlanmış olup, 17.02.2009 tarihinde sonlandırılmıştır.

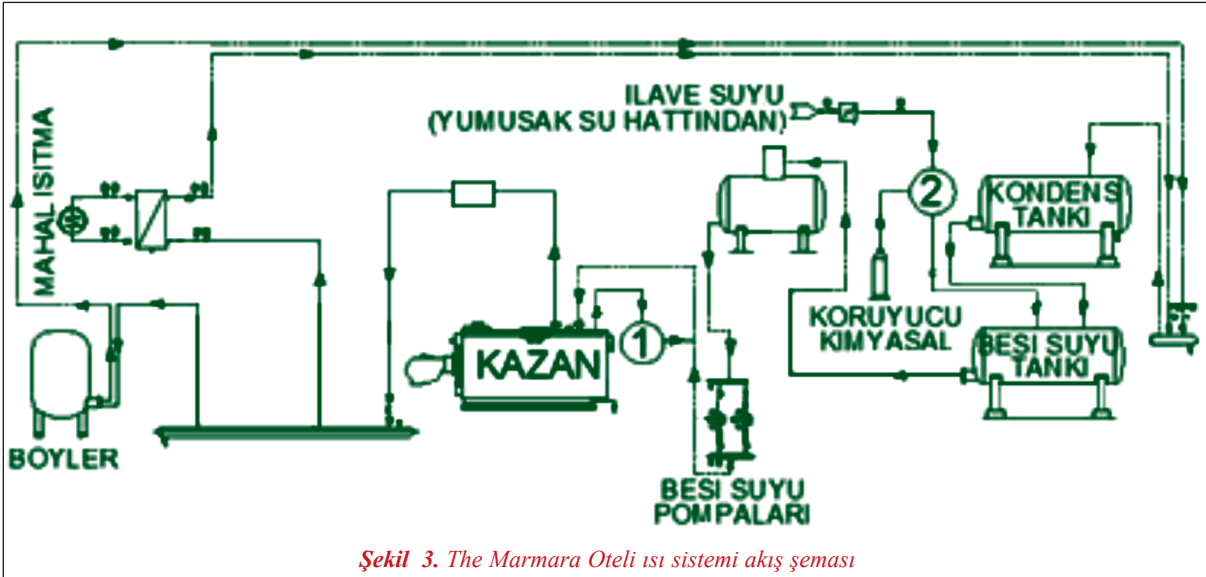
Tüm korozyondan koruma programlarında, tesisatlarda meydana gelecek olan depozit ve korozyon oluşumlarının kontrolü için sisteme ilave edilen suyun iyi analiz edilerek, uygun çalışmanın yapılması sağlanmıştır. The Marmara Oteli'nde kullanılan kapalı devre ısıtma tesisatına ait akış şeması Şekil 3'de gösterilmiştir. Bu şemasındaki 1 numaralı kısım



Şekil 1. The Marmara Oteli



Şekil 2. Koruma programı uygulanan buhar kazanları



Şekil 3. The Marmara Oteli ısı sistemi akış şeması

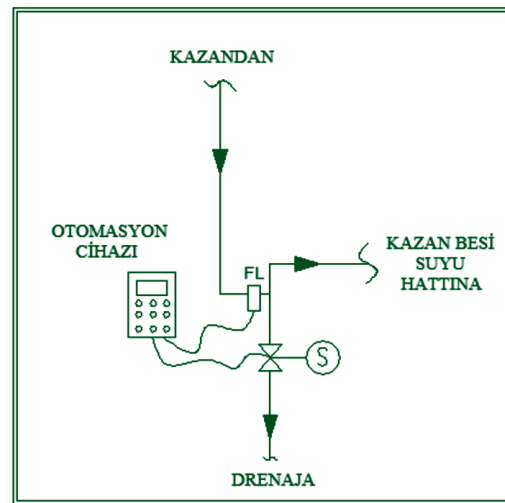
otomasyonlu blöf sistemi, 2 numaralı kısım ise ilave su hattına bağlanmış olan kimyasal dozaj sistemidir.

3.1. Otomasyonlu Blöf Sistemi

Kazandan yüzey blöfü ile alınan kazan suyu akış kontrol cihazından geçirilerek akış tayini yapılır. Otomasyon cihazı bu akış esnasında kazan suyunun iletkenlik değerini ölçer ve set değerine göre kıyaslama yapar. Ölçülen değer set değerinden büyük olduğu durumda selenoid vana açılarak mevcut kazan suyu boşaltılır ve sisteme yeniden ilave su alınır. Şekil 4'de otomasyonlu blöf sistemine ait akış şeması gösterilmiştir [9].

3.2. Kimyasal Dozaj Ünitesi

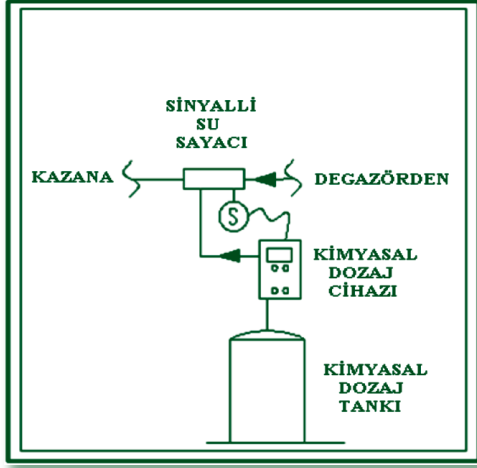
Kazan besi, kondens ve ilave sularından alınan



Şekil 4. Otomasyonlu blöf sistemi akış şeması

Makale

örneklerin analiz edilmesi sonucu sisteme birim zamanda verilecek koruyucu kimyasal miktarı belirlenir. Kimyasal dozaj ünitesinde bulunan sinyalli su sayacı sayesinde kazana gönderilen su miktarı ölçülür, belirlenen koruyucu kimyasal miktarına göre ayarlama yapılarak, stokiyometrik olarak dozaj yapılır. Şekil 5’de kimyasal dozaj sisteminin akış şeması verilmiştir [9].



Şekil 5. Kimyasal dozaj akış şeması

Kazanda üretilen buhar gidiş kolektörüne gelerek, buradan sıcak su ihtiyacının karşılanması için boylere ve mahal ısıtması için dört zone olarak ayrılan eşanjörlere gider. Eşanjörlere ve boylere ısını bırakarak kondens haline gelen buhar öncelikle dönüş kolektörüne oradan da kondens tankına doldurulur. Kondens buradan kazan besisi suyu tankına gelerek, sisteme ilave edilen yumuşak su ile karıştırılır ve içerisindeki gazın giderilmesi için degazöre gönderilir. Degazörden çıkan su kazana pompalar vasıtası ile basılır.

4. Ölçümler ve Verilerin İrdelenmesi

23.06.2008 – 17.02.2009 tarihleri arasında The Marmara Oteli’de bulunan buhar hattına ait suların analizleri yapılmıştır. Bu ölçümlerde buhar hattına ait kazan suyunun, kazan ilave suyunun, kazan besisi suyunun ve kondensin iletkenlik, pH, alkalinite, klorür ve demir değerleri

tespit edilmiştir. Elde edilen bu değerler ile konsantrasyon faktörü (COC) göz önünde bulundurularak iletkenlik, alkalinite, pH ve ΣFe oluşumları grafikler yardımıyla yorumlanmıştır. Tüm bu yorumlar depozit oluşumu ve korozyon olmak üzere iki ana başlık altında toplanmıştır.

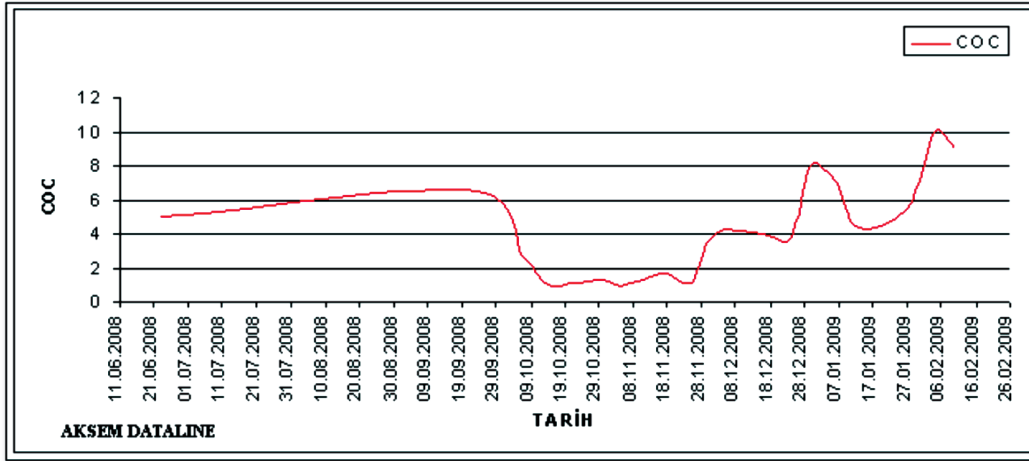
4.1. Depozit Oluşumunun İncelenmesi

Kapalı devre buhar tesisatlarında depozit oluşumu hattın kondens, kazan besisi, kazan ilave ve kazan sularından alınan numuneler içerisinde bulunan alkalinite, iletkenlik ve sertlik değerlerinin COC ile birlikte ele alınarak tespit edilir. Bu tespit sonucunda da gerekli koruyucu kimyasal miktarı belirlenerek sisteme verilir ve istenen optimal çalışma dengesi sağlanmış olur.

23.06.08 ile 10.02.09 tarihleri arasında yapılan kazan suyu ve sistem ilave suyuna ait Cl^- ölçüm değerleri ile 1 no’lu ifade yardımı ile hesaplanan COC değerleri Çizelge 3’de ve grafiksel olarak COC değişimi ise Şekil 6’da gösterilmiştir. 29.09.2009 tarihinden itibaren otomasyonlu blöf sisteminin arızalanması nedeniyle COC’de önemli bir düşüş tespit edilmiştir. Arıza sonucu kazandan gereğinden fazla su çekilerek, Cl^- dışarı atılmış ve konsantrasyon önemli ölçüde azalmıştır. COC değeri sadece blöfle değiştirilebilmektedir.

Çizelge 3. Kazan suyu ve ilave su Cl^- değerleri

COC Çizelgesi			
Tarih	Kazan İçersinde Bulunan Suyun Cl^- Miktarı (ppm) (A)	İlave Suyun İçersinde Bulunan Cl^- Miktarı (ppm) (B)	COC (A/B)
23/6/2008	105	21	5.0
23/9/2008	504	77	6.5
7/10/2008	245	91	2.7
14/10/2008	84	84	1.0
21/10/2008	84	77	1.1
30/10/2008	112	84	1.3
4/11/2008	98	112	0.9
11/11/2008	56	42	1.3
18/11/2008	35	21	1.7
25/11/2008	49	42	1.2
2/12/2008	56	14	4.0
16/12/2008	56	14	4.0
24/12/2008	77	21	3.7
30/12/2008	112	14	8.0
6/1/2009	98	14	7.0
13/1/2009	91	21	4.3
27/1/2009	231	42	5.5
4/2/2009	140	14	10.0
10/2/2009	189	21	9.0



Şekil 6. Buhar hattında belirtilen tarihlere saptanan COC değerleri

4.2. İletkenlik – COC İlişkisi

İletkenlik, elektriği iletme kabiliyeti olarak bilinir. Buhar tesisatı içerisindeki iletkenlik terimi de sistem suyunda bulunan toplam iyon sayısını tanımlar. Sistem içerisinde iyon miktarının belirli bir değerin üzerine çıkması ya da yine bu değerin altına düşmesi istenmemektedir. İletkenlik, 9 no'lu ifade de görüldüğü gibi hesaplanmış COC değeri ile kazan içerisine alınan besi suyunda bulunan iletkenlik değerinin çarpılmasıyla bulunur.

$$\text{Hesaplanan İletkenlik } [\mu\text{s/cm}] = \text{Kazan Besi Suyu İletkenliği } [\mu\text{s/cm}] \times \text{COC} \quad (9)$$

arak depozit oluşturduğu şeklinde yorumlanır. Tam tersi durum ise sistem iç yüzeyinde depozit oluşturmuş iyonların koruyucu kimyasal tarafından kopararak, kazan suyuna karışması anlamına gelmektedir.

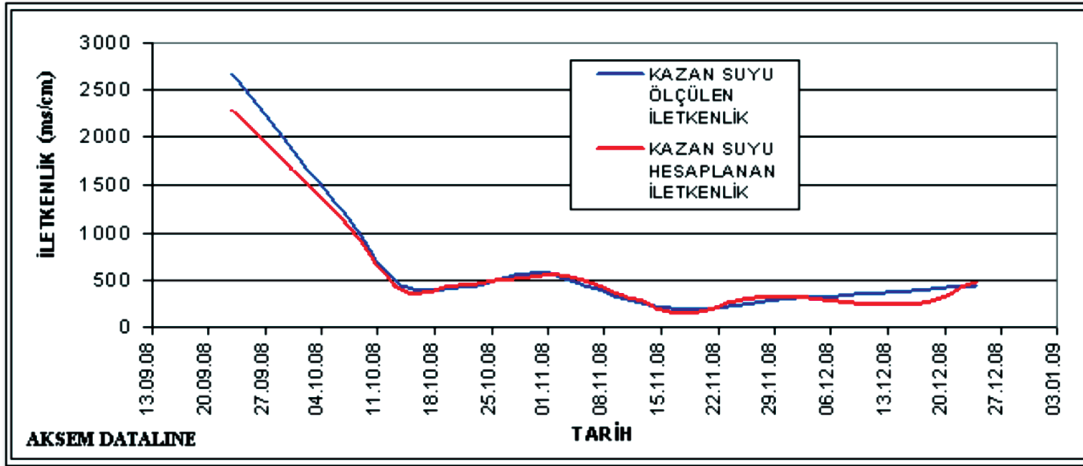
Şekil 7 iletkenlik tayini gösteren grafikdir. Bu grafikte bulunan kırmızı eğri, hesaplanan COC değerlerine göre kazan suyunda bulunması gereken iletkenliği [COC x Kazan besi suyu iletkenliği], mavi eğri ise kazan suyunda ölçülen iletkenliği belirtmektedir. Grafikteki kırmızı eğri üstte mavi eğri altta kalacak şekilde görülen bölgelerde iki eğri arasındaki fark kadar yapışma (depozit oluşumu) olmaktadır. Mavi

Çizelge 4'de 23.06.08 ile 10.02.09 tarihleri arasında yapılan iletkenlik ölçüm değerleri ile kazan içerisinde hesap yöntemiyle bulunan iletkenlik değerleri yer almaktadır. Kazan suyunda ölçülen iletkenlik değerinin, hesaplanan iletkenlik değerinden düşük olması, aradaki fark kadar iyonun sistem iç yüzeylerine yapışa-

Çizelge 4. COC - İletkenlik çizelgesi

Tarih	Kazan Besi Suyu İletkenlik Değeri (μs/cm) (A)	COC (B)	Kazan Suyu Hesaplanan İletkenlik Değeri (μs/cm) (AxB)	Kazan Suyu Ölçülen İletkenlik Değeri (μs/cm)
23/9/2008	351	6.5	2297	2660
7/10/2008	414	2.7	1115	1184
14/10/2008	407	1.0	407	442
21/10/2008	417	1.1	455	414
30/10/2008	396	1.3	528	582
4/11/2008	601	0.9	526	490
11/11/2008	236	1.3	315	286
18/11/2008	90	1.7	150	198
25/11/2008	246	1.2	287	237
2/12/2008	76	4.0	304	298
16/12/2008	61	4.0	244	382
24/12/2008	133	3.7	488	430
30/12/2008	64	8.0	512	629
6/1/2009	84	7.0	588	612
13/1/2009	112	4.3	485	650
27/1/2009	246	5.5	1353	1053
4/2/2009	74	10.0	740	944
10/2/2009	120	9.0	1080	1348

Makale



Şekil 7. İletkenlik tayini grafiği

eğri üstte kırmızı eğri altta bulunursa, koruyucu madde içerisinde bulunan dispersantların etkisiyle önceden meydana gelen yapışmaların çözüldüğü şeklinde yorumlanır.

4.3. Alkalinitik – COC İlişkisi

Alkalinite, hidroksit $[OH]^-$, karbonat $[CO_3]^{2-}$ ve bikarbonat $[HCO_3]^{-1}$ iyonlarının su içerisindeki miktarları olarak tanımlanır. Alkalinitik sayesinde iletkenlikte olduğu gibi suyun sistemde tabaka (depozit) oluşturma seviyesi belirlenir. İletkenlikte olduğu gibi alkalinitliğin de belirli bir değerde olması gerekmektedir. Alkalinitik, 10^{-6} lu ifadeye görüldüğü gibi hesaplanan COC değeri ile kazan içerisinde alınan besisi suyunda bulunan alkalinitik değerinin çarpılmasıyla elde edilir.

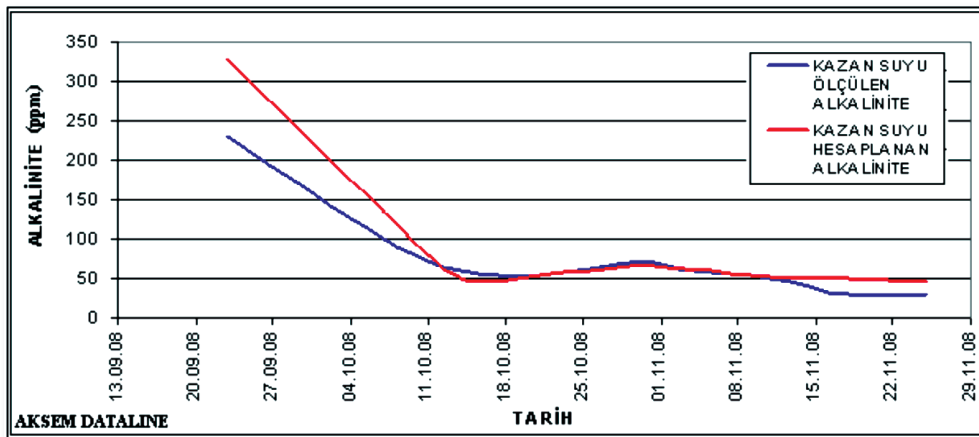
Hesaplanan Alkalinitik
[ppm] = Kazan Besi
Suyu Alkalinitliği [ppm]
x COC (10)

Çizelge 5'de 23.09.08 ile 25.11.09 tarihleri arasında yapılan alkalinitik ölçüm değerleri ile kazan içerisinde hesap yöntemiyle bulunan alkalinitik değerleri yer almaktadır. Kazan suyunda ölçü-

len alkalinitik değerinin, hesaplanan alkalinitik değerinden düşük olduğu zaman, aradaki fark kadar iyonun sistem iç yüzeylerine yapışarak depozit oluşturduğu şeklinde yorumlanır. Tam tersi durum ise sistem iç yüzeyinde depozit oluşturmuş iyonların koruyucu kimyasal tarafından kopararak, kazan suyuna karışması anlamına gelmektedir. Şekil 8'de alkalinite tayini grafiği gösterilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda yapışma ve çözülme miktarları iletkenlik eğrisinde olduğu gibi tespit edilerek, gerekli olan koruyucu kimyasal sisteme ilave edilmiştir. 11.11.2008 tarihinden 18.11.2009 tarihine kadar ölçülen alkalinite değerinde düşüş görülmektedir. Nedeni ise arızalanan blöf sistemi nedeniyle sis-

Çizelge 5. COC - Alkalinitik çizelgesi

Tarih	Kazan Besi Suyu Yetkenlik Değeri ($\mu s/cm$) (A)	COC (B)	Kazan Suyu Hesaplanan Yetkenlik Değeri ($\mu s/cm$) (AxB)	Kazan Suyu Ölçülen Yetkenlik Değeri ($\mu s/cm$)
23/9/2008	351	6.5	2297	2660
7/10/2008	414	2.7	1115	1184
14/10/2008	407	1.0	407	442
21/10/2008	417	1.1	455	414
30/10/2008	396	1.3	528	582
4/11/2008	601	0.9	526	490
11/11/2008	236	1.3	315	286
18/11/2008	90	1.7	150	198
25/11/2008	246	1.2	287	237
2/12/2008	76	4.0	304	298
16/12/2008	61	4.0	244	382
24/12/2008	133	3.7	488	430
30/12/2008	64	8.0	512	629
6/1/2009	84	7.0	588	612
13/1/2009	112	4.3	485	650
27/1/2009	246	5.5	1353	1053
4/2/2009	74	10.0	740	944
10/2/2009	120	9.0	1080	1348



Şekil 8. Alkalinitik tayini grafiği

tem dışına gereğinden fazla kazan suyu atılıp ilave su alınmasıdır.

Yona sebep olan CO₂ gazı su içerisinde çözünerek zayıf asit olan H₂CO₃ bileşimini oluşturur.

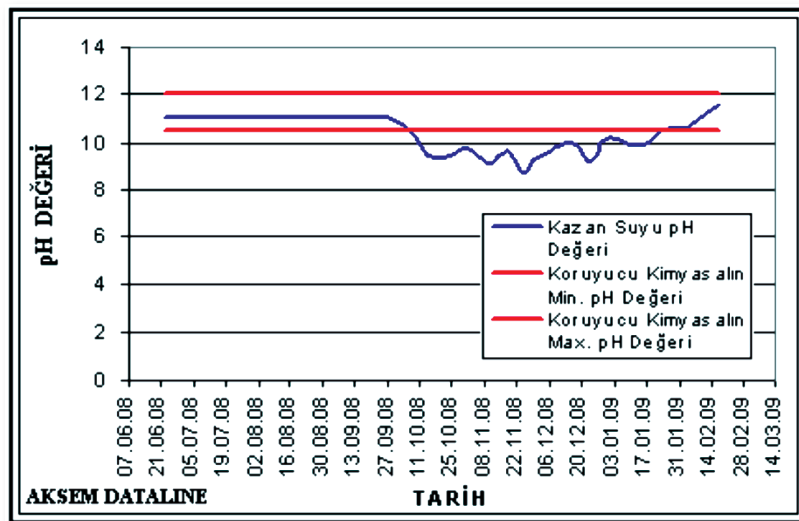
4.4. Korozyon Oluşumunun İncelenmesi

Kapalı devre buhar tesisatlarında korozyon olayının denetimi, hattın kondens, kazan besisi, kazan ilave ve kazan sularından alınan numuneler içerisinde bulunan pH ve demir (ΣFe) değerlerinin COC ile birlikte ele alınarak irdelenmesi ile sağlanır. Elde edilen veriler doğrultusunda gereken koruyucu kimyasal miktarı belirlenip, sisteme ilavesi temin edilir. 120°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda sistemde koro-

Bu bileşikte pH değerinin düşmesine neden olur. Bu nedenden dolayı kapalı devre buhar hatlarında yüksek pH değerine genelde sıcaklık değeri 80–100°C olan kondens dönüş hatlarında rastlanmaktadır. pH < 7 olması durumunda su asidik özellik göstereceği için pH > 7 olmasına dikkat edilir. 23.06.08 ile 10.02.09 tarihleri arasında kazan suyuna ait pH ölçüm değerleri Çizelge 6'da görülmektedir. Şekil 9'da ele alınan kapalı devre buhar hattı kazan suyu-

Çizelge 6. Kazan suyu pH çizelgesi

Tarih	Kazan Suyu Ölçülen pH Değeri (-log [H ⁺])
23/6/2008	11
23/9/2008	11.05
7/10/2008	10.51
14/10/2008	9.5
21/10/2008	9.26
30/10/2008	9.69
4/11/2008	9.57
11/11/2008	9.1
18/11/2008	9.6
25/11/2008	8.65
2/12/2008	9.43
16/12/2008	9.92
24/12/2008	9.16
30/12/2008	10.09
6/1/2009	10.09
13/1/2009	9.83
27/1/2009	10.58
4/2/2009	10.57
10/2/2009	11.01



Şekil 9. Kazan suyu pH değerlendirme grafiği

Makale

na ait ölçülen pH grafiği bulunmaktadır. Grafikte X eksenine paralel olan, kırmızı renkle gösterilen doğrular kullanılan koruyucu kimyasalın etkin çalışma aralığını ifade etmektedir.

COC grafiğinde olduğu gibi 04.10.2008 tarihinden itibaren pH değerinde düşüş görülmüştür. Bunun da nedeni arızalanan blöf sistemi nedeniyle sistemdeki suyun asidik özelliğini düşürecek olan koruyucu kimyasalın verilememesidir. Hattaki kaçaklar nedeniyle sisteme giren oksijen koruyucu kimyasal yardımıyla zayıf aside dönüştürülemediği ve pH azalmıştır. Sistemde korozyonun tespiti demir miktarının ölçülmesi ile sağlanır. İletkenlikte ve alkalinitikte olduğu gibi demirin de belirli bir değerde olması gerekmektedir. Demir, 11 no.lu ifadede görüldüğü gibi hesaplanan COC değeri ile kazan içerisine alınan besi suyunda bulunan demir değerinin çarpılmasıyla elde edilir.

$$\text{Hesaplanan Demir (ppm)} = \frac{\text{Kazan Besi Suyundaki Demir (ppm)} \times \text{COC}}{(11)}$$

Çizelge 7’de 23.09.08 ile 10.02.09 tarihleri arasında haftalık olarak yapılan demir ölçüm değerleri ve kazan içerisinde hesap yöntemiyle bulunan demir değerleri yer almaktadır. Ayrıca yine bu çizelgede kullanılan koruyucu kimyasalın miktarı da bulunmaktadır. Şekil 10’da toplam demir miktarı ile koruyucu kimyasal arasındaki ilişkiyi gösteren grafik görülmektedir. Grafikte kırmızı renkteki eğri kazan suyunda olması gereken toplam demir miktarını (COC x Kazan Besi Suyundaki Σ Fe), mavi renkteki eğri ise kazan suyunda ölçülen Σ Fe miktarını ifade etmektedir. Ölçülen demir değerinin, olması istenen demir değerinden büyük olması (mavi eğrinin kırmızı eğrinin üzerinde)

bulunduğu durum), korozyonun oluştuğunu ifade eder. Grafiğe bakıldığında sisteme verilen koruyucu kimyasal miktarı arttıkça korozyonun da arttığı tespit edilip, kimyasal miktarının düşürüldüğü görülmektedir. Bir başka

korozyon sebebi de sistemdeki oksijen varlığıdır. Bu 120°C’nin üzerindeki sıcaklıklarda söz konusu değildir. Bu durum oksijene bağlı korozyon sıcaklığın 80–100°C’de olduğu kondens dönüş hatlarında ve kazan besi suyu hattında görülebilir.

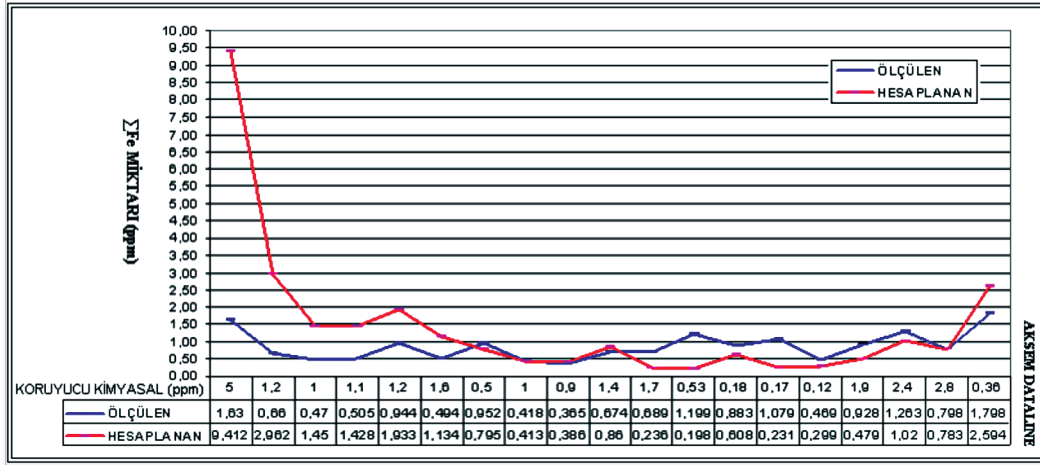
6. Sonuçlar ve Öneriler

Mekanik tesisatların verimini düşüren ve ömrünü önemli derecede azaltan en önemli faktörlerden biri olan korozyon, mühendislikte amaçlanan minimum maliyetle maksimum verimin sağlanması amacıyla her zaman olumsuz yönde etkiler. Korozyonun tamamen engellenmesi hiçbir zaman söz konusu değildir. Mekanik tesisatlarda tasarım aşamasından itibaren korozyon olayı göz önünde bulundurulmalı ve tesisatın devreye alınmasından sonra da izlenmelidir.

Bu çalışmada buhar kazanlarının kullanıldığı ısıtma tesisatlarında korozyon koruma programının nasıl uygulanıp kontrol edilmesi gerektiği açıklanarak ilgili ölçütlerin hesapları ile birlikte örnekler verilmiştir. Kuramsal ve deneysel olarak doğruluğu ispat-

Çizelge 7. COC – Fe – Koruyucu kimyasal çizelgesi

Tarih	Kazan Besi Suyu Fe Değeri (ppm) (A)	COC (B)	Kazan Suyu Hesaplanan Fe Değeri (ppm) (AxB)	Kazan Suyu Ölçülen Fe Değeri (ppm)	Sisteme Verilen Koruyucu Kimyasal Miktarı (ppm)
23/9/2008	1.438	6.5	9.412	1.63	5
7/10/2008	1.1	2.7	2.962	0.66	1.2
14/10/2008	1.45	1.0	1.450	0.47	1
21/10/2008	1.309	1.1	1.428	0.505	1.1
30/10/2008	1.45	1.3	1.933	0.944	1.2
4/11/2008	1.296	0.9	1.134	0.494	1.6
11/11/2008	0.596	1.3	0.795	0.952	0.5
18/11/2008	0.248	1.7	0.413	0.418	1
25/11/2008	0.331	1.2	0.386	0.365	0.9
2/12/2008	0.215	4.0	0.860	0.674	1.4
16/12/2008	0.059	4.0	0.236	0.689	1.7
24/12/2008	0.054	3.7	0.198	1.199	0.532
30/12/2008	0.076	8.0	0.608	0.883	0.181
6/1/2009	0.033	7.0	0.231	1.079	0.167
13/1/2009	0.069	4.3	0.299	0.469	0.121
27/1/2009	0.087	5.5	0.479	0.928	1.9
4/2/2009	0.102	10.0	1.020	1.263	2.4
10/2/2009	0.087	9.0	0.783	0.798	2.8



Şekil 10. Korozyon – Koruyucu kimyasal grafiği

lan kimyasal korozyon koruma programının bir uygulama ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda, ölçüm ve analizlerin hangi zaman aralıklarında olacağı belirlenmesi ile ölçütlerle ilgili sınır değerlerin denetlenmesi, koruma programında en fazla dikkat edilmesi gereken en önemli hususlar olduğu sonucuna varılmıştır.

Uygulama olarak, İstanbul'da The Marmara Oteli'nde ısıtma amaçlı kullanılan buhar tesisatı seçilmiştir. 2008 ve 2009 yıllarında korozyondan koruma programı kapsamında ölçümler yapılarak izleme programı uygulanmış ve sonuçlar veri tabanında kayıt altına alınmıştır. Korozyon ve birikinti etkileri açısından COC, sertlik, iletkenlik, alkalinite, ΣFe ve pH arasındaki bağlantılar incelenerek, korozyondan koruma programının başarısı yorumlanmıştır. 22.05.2008 ve 17.02.2009 tarihleri arasında kondens, kazan besisi, kazan ve ilave suları için haftalık ölçümler yapılarak, bulunan iletkenlik, sertlik, alkalinite, pH, Cl^- ve Fe analizleri temel alınarak COC ile birlikte değerlendirilmiştir. Sistemde meydana gelen dalgalanmaların nedeninin blöf denetim sistemindeki arızalardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. İzleme aralığını azaltarak ve sürekli izleme yöntemi ile bu dalgalanmaların denetim altında tutulduğu görülmüştür.

Koruma kimyasalı içerisindeki dispersant bileşen etkisini göstermiştir. Fe ile koruma kimyasalı bileşen

ölçümleri incelendiğinde, koruma kimyasal konsantrasyonundaki sınır aşımı ve azalmalara bağlı olarak kısa bir süre Fe oranında artış gözlenmiş, koruyucu kimyasal doz miktarının düzenlenmesi ile oran sınır değerler içerisine alınmıştır. İşletme ve bakım maliyetlerini arttıran korozyon ve birikinti oluşumunun engellenmesi için korozyondan koruma programına ara verilmeden devam ettirilmesi sonucuna varılmıştır.

SEMBOLLER

B	Blöf suyu (kg/h)
D	Yoğuşma suyu (kg/h)
F	Besleme suyu (kg/h)
T	Takviye suyu (kg/h)
U	Buhar üretimi (kg/h)

TEŞEKKÜR

İstanbul'daki The Marmara Oteli'nin kapalı devre buhar tesisatının uygulama verilerini bizlerle paylaşarak katkıda bulunan The Marmara Oteli'nin teknik personeline ve Hydrosafe-Aksem Kimya Genel Müdürü Sema ÇELEBİ'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Kincay, O., Ağustos, H., Akbulut, U., Kürekçi, A., 'Kapalı Devre Mekanik Tesisatlarda Korozyon-1', Tesisat Dergisi, 152: 48-56, 2008.
2. Doruk, M., Korozyon ve Önlenmesi, ODTÜ Mühendislik Fakültesi Yayını, Ankara, 1982.

Makale

3. Kincay, O., Ağustos, H., Çelebi, S., 'Kapalı Devre Mekanik Tesisatlarda Korozyon Koruma Programı ve Bir Yapıda Uygulanması', TTMD Dergisi, Sayı: 58, 5-21, 2008.
4. Hartwick, D., 'Water Treatment in Closed System', Ashrae Journal, 2001.
5. Hydrosafe-Aksem Kimya, Eğitim ve Seminer Notları, İstanbul, 2008-2009.
6. Yalçın, H., Gürü, M., Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık, İstanbul, 2002.
7. Basham, D. E., Wright, J. W., Ferguson, K. I., Moy, G. W., 'Industrial Water Treatment Operation and Maintenance', Air Force Civil Engineer Support Agency, U.S.A, 2005.
8. Ağustos, H., Mermer, M., Kincay, O., 'Açık Soğutma Kule ve Tesisat Devresinde Korozyon Koruma Programının İncelenmesi', Tesisat Dergisi, Sayı: 167, 52-62, 2009.
9. Hydrosafe-Aksem Kimya, Aksem Veri Tabanı, 2004-2009.