

# BİR DERLEME ÇALIŞMASI: İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN MÜZELER VE TARİHİ BİNA ENVANTERİNDE BULUNAN ESERLERE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI, RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE UYGUN KONTROL SİSTEMLERİNİN ÖNERİLMESİ

Ferhat KARACA  
Omar ALAGHA  
Sami GÖREN

## ÖZET

Son 20 yılda dünya çapında yapılan bir çok çalışma hava kirliliğinin kültürel ve tarihi yapılara ve malzemelere zarar verdiğini net bir şekilde ortaya koymuştur. Müzeler, galeriler, kütüphaneler ve arşivler hava kalitesi faktörü dikkate alındığında önemli bir risk altındadır. Ülkemizde de tarihi ve kültürel yapının korunmasına yönelik yapılan/yapılacak olan çalışmalara ve uygulamalara hava kalitesinin etkilerinin ve yol açtığı hasarların incelenerek bertaraf edilmesi için yapılacak uygulamaları da dahil etmek artık bir zorunluluktur. Müzeler ve tarihi binalarda muhafaza edilen, depolanan ve sunulan tarihi ve kültürel mirasın iç ortam hava kalitesi parametrelerinden ne ölçüde etkilendiği konulu inceleme ve araştırma çalışmaları henüz ülkemizde çalışılmaya ve uygulanmaya başlanmamış bir konudur. Bu çalışmada kapalı alanlarda (iç ortamlarda) korunan, saklanan veya sergilenen tarihi ve kültürel mirasımızın önemli parçaları olan eserlerin hava kirleticilerinden nasıl etkilendiklerinin incelenmesi, risk değerlendirmesi ve kontrol yöntemlerinin belirlenmesi çerçevesinde uluslararası ve ulusal ölçekte yapılmış olan çalışma ve uygulamalar incelenerek derlenmiş ve ülkemizde benzer uygulamaların yapılması sürecince karşılaşılabilecek uygulama zorlukları tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tarihi eserler, hava kirliliği, risk yönetimi, değer yönetimi, pasif örnekleme

## ABSTRACT

In the last two decades, according to many workers, it has been clearly understood that air pollution has obvious damaging effects on cultural and historical places and objects. Indoor air quality of museums, galleries, libraries and archives is considered as important risk factor. In our country, the efforts and practices, which are done/has to be done to protect historical and cultural places are oriented to cure and put aside the effect of air pollution, should obviously take into consideration the damage that it causes. The issue of the investigation and evaluation the effect of indoor air quality parameters on the conservation and protection of museums and heritage buildings, stored and exhibited historical and cultural heritage is growing steadily. In this work; the effects of air pollutants were investigated, a risk assessment method was proposed and suitable control methods were highlighted for the protected, preserved or exhibited historical and cultural heritage in an indoor environment.

**Key Words:** Heritage, air pollution, risk assessment, managing value, passive sampling

## 1. GİRİŞ

Tarihi ve kültürel değeri olan koleksiyonların, depolandığı ve sergilendiği ortamlarda, binalarda ve müzelerde zaman içerisinde zarar gördükleri, hasara, yıpranmaya ve çürümeye maruz kaldıkları bilinmektedir. Bu hasarların temelde en önemli (birincil) nedenleri; buldukları, sergilendikleri ve saklandıkları ortamların sıcaklığı (T, °C), nispi nem değerleri (RH, %), ışık miktarı ve oranları, hava kirliliği, böcekler ve diğer istenmeyen zararlı canlılar ve belki de en önemlisi insanlar olarak sıralanabilir. Yanlış yönetim ve dikkatsizlik bu faktörleri tetikleyen ve meydana gelecek hasarların artmasına veya daha kısa süre içerisinde gerçekleşmesine neden olan ikincil bir faktördür. Bu faktörlerin her birisinin tam anlamıyla kontrol altında tutulması neredeyse imkânsız olmasına rağmen, en azından kontrol edilebilir veya izin verilebilir seviyelere çekilmesi mümkündür.

Her ne kadar insan kaynaklı etkenler içerisinde yer alıyormuş gibi görünse de müzelerde ve sergi salonlarında saklanan ve sergilenen eserleri tehdit eden iç ortam hava kirlleticileri doğal yollarla da yayılabilmektedirler. Son 20 yılda yapılan birçok çalışma hava kirliliğinin kültürel ve tarihi yapılarla ve eserlere zarar verdiğini net bir şekilde ortaya koymuştur. Müzeler, galeriler, kütüphaneler ve arşivler bu faktör dikkate alındığında önemli bir risk altındadır. Çürüme devamlı ve yavaş bir işlemdir. Devamlı hava kirliliğine maruziyet bu işlemin birçok eser üzerinde hızlanmasına ve şiddetinin artmasına neden olmaktadır.

Eserlerin sunulduğu mekânların coğrafi konumu ve fiziksel özellikleri kirleticiler maruziyetlerini etkileyen önemli parametreleri belirlemektedir. Mesela denize yakın bir bölgede bulunan bir mekânın açık bir şekilde atmosferik nemle beraber deniz tuzlarının da korozif etkisine maruz kalabileceği net olarak görülmektedir [1]. Bu tip mekânlarda sadece nem ve sıcaklık parametrelerinin dikkate alınması sunulan ve saklanan eserlerin korunmasında yeterli olmayacaktır.

Gelişmiş ülkeler ve Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkeler, müzelerde iç ortam hava kalitesinin, hava kirleticileri açısından yönetilmesi ve kontrol edilmesi amacıyla çalışmalar yapmakta ve konuyla ilgili yönergelerle yaptırım uygulamaktadırlar [2,3]. Ülkemizde ise iç ortam hava kirleticilerinin müzelerde ve tarihi mekânlarda sergilenen ve saklanan eserler üzerindeki etkileri henüz çalışılmaya başlanmış bir konu değildir. Bu konuyla ilgili herhangi bir yönerge veya uygulama da bulunmamaktadır. Bu nedenle yapılmış çalışmalar değerlendirilirken ulusal literatürdeki eksiklik nedeniyle sadece uluslararası literatürde bu konuda yapılmış çalışmaların derlemesi yapılacaktır.

Bu çalışmanın amacı dünya genelinde iç ortam hava kirleticilerinin müzelerde ve tarihi mekânlarda sergilenen ve saklanan eserler üzerindeki etkileri konusunda yapılan çalışmaları inceleyerek, önemli kirleticiler türlerini ve kaynaklarını belirlemek, kontrol stratejilerini derlemek ve ülkemizde bu noktada yapılacak uygulama ve bilimsel çalışmalarda karşılaşılabilecek zorluklara dikkat çekmektir.

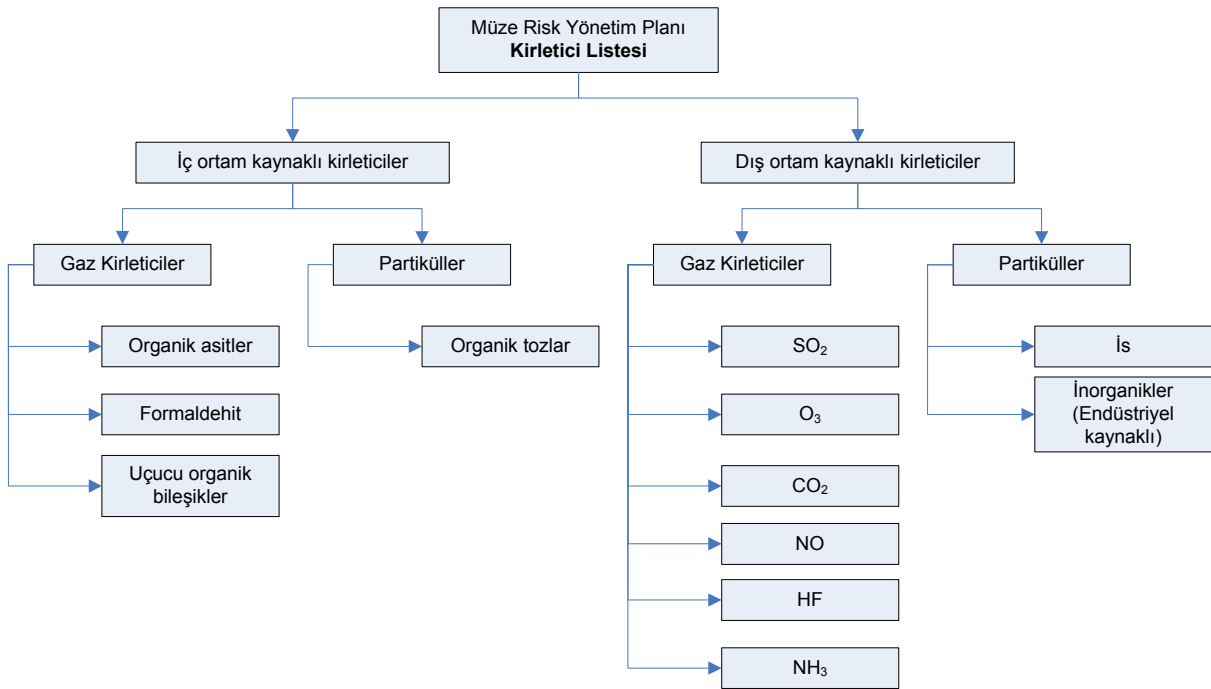
## 2. DEĞER VE RİSK YÖNETİMİ

Tarih ve kültürel eserlerin korunmasında ilk olarak dikkat edilmesi gereken husus eserin anlamı veya daha geniş bir ifadeyle değeridir. Burada kast ettiğimiz sadece mali değeri değil objenin tarihi, kültürel, eğitimsel, içeriksel, politik, malzeme, vs. gibi niteliksel ve niceliksel tüm değerleridir. Bu noktadan bakıldığında koleksiyon yönetimine veya eserlerin saklanması ve korunmasına yönelik yönetim uygulamalarına "Değer Yönetimi" yönüyle bakmak gerekmektedir. Tarihi eserlerin değer yönetiminin üç ana bileşende ele alınması bazı araştırmacılar tarafından önerilmiştir [4,5]. Buna göre eserlerin fayda getirecek şekilde kullanılması (mesela halkın ziyaretine açılması gibi), geliştirilmesi (mesela yeni eserler eklenmesi ya da mevcut eserler üzerinde bilimsel çalışmalar yapılarak değer ve içeriksel anlamının artırılması) ve korunması tarihi ve kültürel eserlerin yönetiminde uygulanacak değer yönetimi uygulamasının üç temel aşamasını oluşturmaktadır. Özellikle koruma aşaması bu değerlerin gelecek nesillere ve zaman dilimlerine sağlıklı ve sağlam bir şekilde taşınabilmesi için gerektiğinde her türlü maliyetin sarf ve seferber edilmesi gereken bir aşama olarak göze çarpmaktadır.

Koruma aşamasının sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için eserler üzerinde oluşabilecek risklerin gruplanması gerekir. Çok nadir gerçekleşebilecek felaketler nedeniyle oluşan riskler (yangın gibi), arada sırada gerçekleşme ihtimali olan riskler (mesela; bir el yazması eserin üzerine çay dökülmesi) ve devamlı şekilde hasar etkisi oluşturan riskler (devamlı olarak nem, ışık ve kirleticilere maruziyet gibi) üç temel risk grubudur [4]. Risk yönetimi prensibiyle ele alındığında ortaya çıkacak hasarların aynı derecede yok edici ve zarar verici olması her risk grubunun aynı önem ve ciddiyetle ele alınmasını, engellenmesi veya önlenmesine yönelik tedbir ve uygulamaların yapılmasını gerektirmektedir. Değer ve Risk Yönetimi açısından kirleticilere maruziyet önemli bir risk grubudur ve bu konuda ulusal uygulamalara da bir an önce başlanmalıdır.

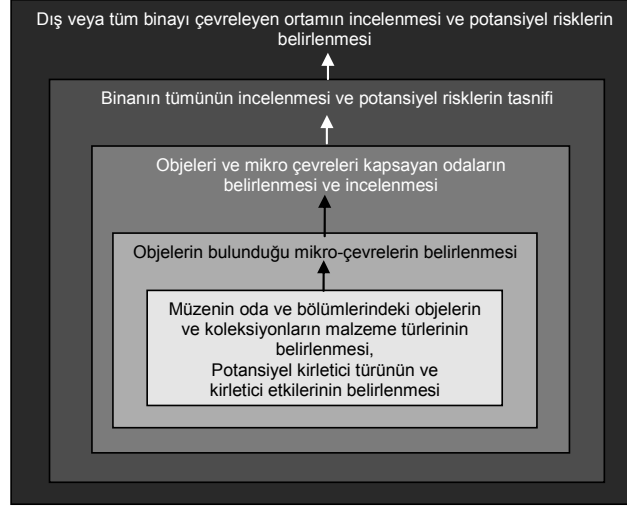
Devamlı hasara neden olduğunu söylediğimiz kirleticiler ve iç ortam şartlarına maruziyetin risk yönetimi yapılırken veya planlanırken iki aşamalı bir sistemin ayrı ayrı veya paralel olarak kullanılması birçok araştırmacı tarafından önerilmiştir [6,7]. Bu iki aşamanın bir tanesi laboratuvar ortamında yapılması mümkün olan veya yapılması önerilen hızlandırılmış maruziyet ve deformasyon testlerini, diğeri ise yerinde (in-situ) maruziyet etkilerinin ve kirlenme süreçlerinin izlenmesini içermektedir. Bu noktadan bakıldığında her bir müze ortamı için yapılacak çalışmaların son derece değişken sonuçlar vereceği ve vakaya özel sonuçları içereceği söylenebilir. Dolayısıyla her bir müze için bu tip risk yönetim ve izleme çalışmalarının başlatılması veya uygulanması, ilgili müzenin Değer ve Risk Yönetimi açısından en önemli bileşenlerden birisini oluşturmaktadır [7].

Tarihi objelerin kirlenme maruziyeti nedeniyle karşı karşıya kaldıkları risklerin değerlendirilmesi amacıyla ilk çalışmalardan birisini Ashley-Smith (1999) yapmıştır [8]. Bu çalışmada potansiyel riskler belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Kirlenme maruziyet dozları ve etkileri de detaylarıyla incelenmiştir. Müze Risk Yönetim Planına Dahil edilmesi gereken kirlenme ajanlarının listesi bir diyagram üzerinde Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Müze Risk Yönetim Planına Dahil Edilmesi Gereken Kirlenme Ajanları.

Müzeler için kirlenme ajanlarının risk yönetimi yapılırken yapılması gereken bir diğer işlem çevrelerin mikro-çevreden makro-çevreye kadar belirlenmesidir. Mikro-çevreler eserlerin saklandığı kabin ve çekmeceler olarak düşünülebilir, makro-çevre ise binanın iç ve dış ortamlarını entegre olarak ele alan çevredir. Çevre değerlendirmesinde esas alınacak risk yönetim planı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Müze İç Ortam Kirlenici Risk Yönetim Planı.

### 3. İÇ ORTAM HAVA KİRLETİCİLERİ VE KAYNAKLARI

Müze ve tarihi binaların iç ortamlarında eserler üzerinde tahribat yapabilecek kirlenici türleri genel başlıklar altında; kükürt dioksit ( $\text{SO}_2$ ), azot dioksit ( $\text{NO}_2$ ), ozon ( $\text{O}_3$ ), hidrojen sülfid ( $\text{H}_2\text{S}$ ), formik asit ( $\text{HCOOH}$ ), formaldehit ( $\text{HCHO}$ ), asetik asit ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ve partikül madde (PM) olarak verilebilir. Bu kirlenicilere ilave olarak bir dizi özel organik ve inorganik kirleniciler de gerekli görülmesi durumunda, mesela özel emisyon kaynaklarına yakınlık gibi, incelemeye alınmalıdır.

Bilindiği üzere kükürt dioksit, azot oksit ve ozon temel hava kirlenicileri içersinde sayılan gaz kirlenicilerdir. Son 30 yılda bu kirleniciler üzerinde birçok çalışma yapılmıştır ve kimyasal özellikleri nedeniyle tarihi objeler üzerinde meydana getirdiği etkiler detaylarıyla araştırılmak suretiyle literatüre önemli bilgiler kazandırılmıştır [9-15].

İç ortamlarda bulunan malzemeler üzerinde hasara ve deformasyona neden olan kirlenicilerin, malzeme yüzeyleri ile etkileşime geçmesi için en etkin parametre depolanma işlemidir. İç ortamlarda bulunan asidik gazlar özellikle bu mekanizma ile yüzeylerde depolanırlar. Kompleks kimyasal işlemler sonrasında temel asidik gazlar nitrik ve nitroz asitlere ( $\text{HNO}_3$ , HONO), sülfat, nitrat veya partiküler madde formlarına dönüşebilirler.

Hava ortamındaki asitlilik çok büyük oranla temel kirleniciler olarak kabul edilen kükürt ve azot oksitlerden meydana gelmekte ve bu türler endüstriyel faaliyetler, ulaşım ve yanma işlemleri sonrasında atmosfere yayılmakta ve sonrasında dış ortamlardan iç ortamlara taşınmaktadır. Atmosfere kükürt sadece insan kaynaklı değil doğal işlemler sonrasında da atılabilmektedir, günümüzde en önemli doğal kükürt kaynağının denizlerdeki biyolojik işlemler sonrasında atmosfere yayılması yoluyla olduğu bilinmektedir.

Müze, kilise, galeriler, tarihi ve kültürel binalar, vb. yapılarda belirli düzeylerde bu tip kirlenicilerin varlığı günümüzde yapılan birçok çalışma ile ortaya konuşmuştur. Hatta bazı çalışmalarda asidik gaz türlerinin müze ortamlarında dış ortamlardan daha yüksek seviyelere çıktığını rapor edilmiştir [14,16]. Özellikle mermer yüzeylerinde  $\text{SO}_2$  gazının kalsit ile girdiği etkileşim sonrasında jips oluşumu gözlemlendiği ve mermerden yapılmış eserlerin bu yolla önemli hasarlara uğradığı iyi bilinmektedir [14]. Çok iyi bilinen bu etkinin yanı sıra iç ortamlarda bulunan  $\text{SO}_2$  kirlenicisi hemen hemen tüm malzemeler üzerinde belirgin hasar ve bozulmalara neden olabilmektedir.

Yapmış olduğumuz derleme sonucunda incelemiş olduğumuz kirleticilerin müze ve tarihi mekanlardaki eserler ve malzemeler üzerindeki etkileri Tablo 1'de verilmiştir. Konuyla ilgili yazılmış en önemli iki derleme (review) makalesi Brimblecombe [2], Baer ve Banks [17] tarafından yazılmıştır. Her iki makale de müzelerdeki iç ortam hava kalite parametrelerinin objeler üzerindeki etkileri tartışılmış ve incelenmiştir. Okuyucunun kirleticilerin müze ortamlarında bulunan kirleticilere etkileri konusunda detaylı bilgi için bu iki yayına başvurmasını öneririz.

**Tablo 1.** Kirleticilerin Temel Malzemeler Üzerinde Meydana Getirdikleri Zararlı Etkiler [3, 18-24].

Malzeme	Etki tipi	Etkili kirletici türü
Resimler (yağlı boya, vs türü el yapımı)	Renksizleşme, solma, kirlenme, lekelenme	SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, alkali toz parçacıkları
Kağıtlar	Renksizleşme, solma, gevrekleşme	SO <sub>2</sub>
Metaller	Korozyon, kararma	SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, HCOOH, CH <sub>3</sub> COOH, HCHO
Fotoğraflar	Kükürlenme, mikro bozulmalar	SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S,
Tekstil ürünleri	Dayanım mukavemetinde azalma, lekelenme	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub>
Tekstil boyaları	Solma, renk değişimleri	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Deri	Zayıflama, yüzeylerin tozlaşması ve yıpranması	SO <sub>2</sub>
Kauçuk, lastik	Çatlak oluşumu	O <sub>3</sub>

Bilinen temel kirleticilere ilave olarak aldehitler ve organik asitlerde müze ortamlarında izlenmesi önerilen ve eserler üzerinde çürüme ve deformasyona neden olan kirleticilerdir. İç ortamlarda gözlenen aldehit ve organik asitlerin temel kaynakları; kabin ve iç ortamın dekorasyonunu imalatı esnasında kullanılan ağaç ve muhtelif ahşap malzemeler, yapıştırıcı ve tutkal malzemeler, cila ve parlaticılar, ve muhtelif boya malzemeleridir. Özellikle ahşap malzemedan yapılmış kabin ve mobilyaların bulunduğu mikro-çevrelerde aldehitler ve organik asitlerin izlenmesi tarihi eser risk yönetiminin çok önemli bir parçası olarak değerlendirilmiştir [25].

Gümüş malzemelerin kirleticilerin maruziyeti altında gösterdiği korozyon davranışı ve korozyon mekanizması Graedel (1992) tarafından incelenmiştir [26]. Hava kirleticileri arasında en korozif etkiye sahip olanlar SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, OCS, HCOOH, CH<sub>3</sub>COOH, HCHO türleri olarak belirlenmiştir.

Nazaroff ve Cass'ın ?? yılında yayınladıkları bir çalışmada [27], iç ortamlarda bulunan kirleticilerin reaksiyon kinetikleri, derişim değişimleri ve etkileri matematiksel yollarla modelleme suretiyle bu tip kirleticilerin ortamlardaki davranışı açıklanmıştır. Özellikle iç ortamlarda bulunan kirleticilerin davranışının modellenmesi dış ortam modellerine göre daha başarılı sonuçlar vermekte ve daha basit modeller ve eşitlikler kullanmak suretiyle kirletici davranışları açıklanabilmektedir. İç ortam kirleticilerinin modellenmesi günümüzde de ilgi çeken ve üzerinde çalışmalar yapılması teşvik edilen bir konudur.

İç ortamda bulunan kirleticilerden en temel üç tanesi olan NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve SO<sub>2</sub> derişimlerinin tahmin edilmesi amacıyla geliştirilmiş Avrupa Birliği destekli bir proje olan IMPACT'den de burada bahsetmek yerinde olacaktır<sup>1</sup>. Bu proje kapsamında bir model geliştirilmiş ve dış ortam derişimlerinden yola çıkılarak iç ortamlardaki kirletici derişimlerinin tahmin edilebileceği, giderim ve depolanma hızlarının hesaplanabileceği bir araç (IMPACT) geliştirilmiştir. Özellikle iç ortam kirleticilerinin oluşumunun dış ortamdaki derişimlere bağlı olduğu düşünülürse, bu tip modellerin geliştirilmesi yönetici, araştırmacı ve planlamacılar için hem kolaylık hem de uygulama üstünlüğü kazandırabilecek yapıdadır.

<sup>1</sup> Detaylı bilgi için bakınız: <http://www.ucl.ac.uk/sustainableheritage/impact/>

Müze ortamlarının iç ortam hava kalitesinin izlenerek değerlendirilmesi son yıllarda daha da güncellik kazanmış bir konudur. Özellikle Avrupa ülkelerinde ve gelişmiş diğer ülkelerde her zaman güncelliğini koruyan ve ilgiyle çalışılmakta olan bir konudur. Yakın zamanda benzer konularda yapılmış bir çok yenilikçi yaklaşım ve çalışma kapsamında bir dizi müzede iç ortam kalitesi izlenerek bilimsel makaleler yayınlanmıştır [7, 28-31, 34].

#### 4. DEPOLANMA VE GİDERİM

Önceki bölümlerde depolanmanın iç ortamda bulunan kirlenici türlerinin giderim mekanizmalarında en önemli rolü oynadığından bahsedilmişti. Tüm kirleniciler buldukları ortamlardaki temas ettikleri tüm yüzeylerde kimyasal tepkimeler veya fiziksel birikme sonrasında depolanmak suretiyle giderilme eğilimindedirler. Mesela; azot oksitlerin yüzeylerde depolanması veya giderimi nitrik ve nitroz asit oluşumu şeklinde gerçekleşir. Bu iki türün oluşması için en önemli etken ortamda su bulunması yani nem oranının artmasıdır. Burada yüzeylerde oluşan veya depolanan nitrik asitin yüzeyin asit-baz yapısına bağlı olarak atmosfere yayılma eğiliminde olduğu, öte yandan nitroz asidin ise yüzeylerde emilerek depolanma veya yapışma eğiliminde olduğu unutulmamalıdır.

Gaz türü kirlenicilerin özellikle nitrik ve nitroz asit oluşumuna neden olan azot oksitlerin müze ortamlarında bulunan tarihi esere ve nesnelere üzerindeki depolanma ve giderimleri Katsanos vd. [14] tarafından incelenmiştir. Bu çalışmanın bulgularına göre; yüzeylerde oluşan veya emilen nitroz asit tamamen emildiği yüzeyde kaldığı nitrik asidin ise %98'e varan oranlarda iç ortama geri yayıldığı bulunmuştur. Bu nedenle iç ortamlardaki HONO derişim değışimleri dış ortamlara göre çok yüksek oranlara ulaşabilmektedir. Aynı çalışmada çeşitli malzeme türleri için NO<sub>2</sub> giderim ve depolanma oranları da hesaplanmıştır. Ortamda bulunan NO<sub>2</sub>'nin pyrex-cam malzemede giderim hızı 0,4 µg/saat iken bu değer naylon malzeme için 3,8 µg/saat değerine çıkmaktadır.

Grøntoft ve Raychaudhure (2004) yapmış oldukları bir çalışmada çeşitli nem değerleri altında üç temel kirlenicinin (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve SO<sub>2</sub>) farklı yüzeylerdeki depolanma miktarlarını incelemişler ve literatürde daha önce yapılan çalışmalarda verileri de derleyerek depolanma hızlarını hesaplamışlardır [15]. Bu çalışmada derlenen bilgilere göre en yüksek depolanma hızları NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve SO<sub>2</sub> gazları için sırasıyla; yün halı (0,0919 cm/s), pamuk kumaş (0,109 cm/s), sert tahtalı ağaç (0,048 cm/s), en düşük depolanma hızları ise alüminyum (0,000698 cm/s, 0,0006 cm/s ve 0,002 cm/s) yüzeylerde gerçekleşmiştir. Bulgulara göre ortamdaki nispi nem değeri arttıkça kirlenici depolanma/giderim hızları her bir kirlenici için tüm malzemeler için artış göstermektedir.

Gibson ve ark. [25] yaptıkları bir çalışmada müze ortamlarında saklanan eserlerin kabinetlerinin içersinde asetik asit ve formik asit derişimlerini pasif örnekleme yöntemiyle izlemiştir. Asetik asidin formik asitten çok daha yüksek değerlerde deriştigi gözlenmiştir. Bu durum beklenmeyen bir durum olarak değerlendirilmiş ve nedenleri formik asidin kabinetler içersinde bulunan kireçtaşı ve kurşun yüzeylerde depolanması ile ilgilendirilmiştir. Bu tip organik kirlenicilerin eserler üzerindeki zararlı etkileri düşünülüğünde ahşap değil metal kabinlerin kullanılması kontrol yöntemi olarak önerilmiştir. Aynı çalışmada İrlanda Kraliyet Müzesinde yapılan bir başka incelemede ise oldukça yüksek asetik asit ve formaldehit gözlenmiştir. Bu müzede ise aktif karbon bileşenli bezlerle kabinetler kaplanmış ve bu suretle organik gaz kontrolü sağlanmıştır.

#### 5. ÖRNEKLEME

Müzelerde kirlenicilerin izlenmesi için önerilebilecek en etkin yöntem küçük boyutlu ve estetik açıdan sorun oluşturmayacak, müze ruhuna uygun örnekleme alternatiflerinin veya örnekleycilerin kullanılmasıdır. Bu durumda en etkin örnekleme yöntemleri pasif örnekleyciler veya benzer mantıkla uygulanan izleme kuponları gibi alternatiflerdir.

Müze iç ortam hava kalitesine yönelik parametrelerin incelenmesinde veya örneklenmesinde yaygın olarak kullanılması önerilen yöntem pasif örnekleme yöntemidir. Çalışma parametreleri olarak belirttiğimiz kirleticilerin PM hariç hepsi pasif örnekleme yoluyla iç ortamlarda başarıyla örneklenebilmektedir. Bu kirleticilerin pasif ve aktif örnekleme yoluyla incelenmesi konusunda literatürde yeterli ve çok sayıda kaynak bulunmaktadır [19, 25, 32, 33]

La Gennusa ve ark. [34] yaptıkları bir çalışmada İtalya'da bulunan bir müzede kirleticiler ve müze iç ortam şartlarının eserler üzerindeki korozif etkileri araştırmak için kirletici türlerine karşı hassas olan reaktif kuponlar kullanarak bir çalışma yapmışlar ve bu tip sistemlerin müzelerde kullanılmasını önermişlerdir. Bu araştırmacılar çok küçük boyutlarda ve yaklaşık 1 mm kalınlıkta mermer ve bakır alüminyum karışımı iki ayrı kuponu bu amaçla kullanarak uzun süreli (1 yıl) maruziyet sonrasında kuponlar üzerinde meydana gelen hasarları incelemek sureti ile bu çalışmada bilimsel bulgular elde etmişlerdir.

## 7. UYGULAMAYA YÖNELİK PROBLEMLER

Uygulamadaki en önemli sorunlardan birisi eski ve tarihi binaların (ülkemizde bu tip yapılar genelde müze olarak kullanılmaktadır) kendilerinin de bir tarihi ve kültürel eser olmasından kaynaklanan yapısal ve mekanik problemlerdir. Mesela bu tip binalarda mekanik havalandırma sistemleri (klima vb.) gibi modern uygulamaların kurulması veya uygulanması çoğu zaman mümkün olamamaktadır. Bu tip sistemler modern müzelerde iklimlendirme ve kirlilik kontrolünde kullanılabilecek en iyi uygulama alternatifini oluşturmasına rağmen tarihi nitelik arz eden binalarda (mesela Dolmabahçe sarayı, Topkapı sarayı, gibi) birçok teknik, yasal ve estetik nedenlerle uygulanamazlar.

İç ortam kirlilik kontrolünün mekanik sistemlerle yapılmasına yönelik bir uygulamanın yapılması benimsenirse, bu tip sistemlerin müze ruhuyla uyumsuz, gürültülü, kesintisiz enerjiye ihtiyaç duyan, bakım izleme ve kontrol gerektiren sistemler oldukları unutulmamalıdır. Bu durum bu tip uygulamaların çoğu zaman yapılabilirliğini ortadan kaldırmaktadır.

Diğer önemli bir problem ise Değer Risk Yönetimi uygulamasının başlatıldığı bir müze içerisinde kirleticilerin izlenmesi için kurulacak veya kullanılacak izleme sistemlerinin hem yer işgal etmesi hem de enerji ihtiyacı, gürültü, estetik gibi fiziksel problemler oluşturmasından dolayı kullanılabilirliklerinin çoğu zaman imkânsız olmasıdır. Mesela iç ortam da toz örnekleme için klasik gravimetrik örnekleme müzelerde kullanılmaları oldukça zor ünitelerdir.

Ülkemizde maalesef henüz uygulanmakta olan veya önerilmiş, müze ortamlarının iç ortam şartları ve kirletici parametrelerini bir arada ele alarak değerlendiren bir "Risk Durum İndeksi" bulunmamaktadır. Bu indeks her bir müze, saray, galeri vb. tarihi ve kültürel eserlerin muhafaza edildiği ve sergilendiği alan ve binalar için ayrı planlanarak uygulamaya konulması gereken yönetim sisteminin bir parçası niteliğindedir.

Bu derleme çalışması kapsamında iç ortam hava kalitesinin müzeler ve tarihi bina envanterinde bulunan eserlere etkilerinin araştırılması, risk değerlendirmesi ve uygun kontrol sistemlerinin önerilmesi için uluslararası literatürde yapılmış olan çalışmalar değerlendirilmiş ve ülkemizin bulunduğu durum açık olarak ortaya konulmuştur. Bu konuda gerekli araştırma ve yatırımlar yapılarak tarihi ve kültürel mirasımızın sağlıklı bir şekilde gelecek nesillere ve yüzyıllara aktarılabilmesi sağlanabilir. Bu yönde çalışmalara acilen başlanmalıdır.

**KAYNAKLAR**

- [1] STEIGER, M., "Salts and Crusts", Editör: P. BRIMBLECOMBE, The effects of air pollution on the built environment, Imperiar Collage Press, 2003.
- [2] BAER, N.S. ve BANKS, P.N., "Indoor air pollution: Effects on cultural and historical materials", The International Journal of Museum Management and Curatorship, 4, 9, 20-25, 1985.
- [3] LARSEN, R., "Deterioration and Conservation of Vegetable Tanned Leather (Protection and conservation of European cultural heritage research report)", European Commission, Research Report No 6, 1996.
- [4] BROKERHOF, A.W., "The detoration processes of organic objects in museums, historic house and archive environment", EU MASTER Final workshop, UCL, London, 1-7, 2006.
- [5] WALLER, R.R., "Cultural property risk analysis model: development and aplication to pretentive conservation at the Canadian Museum of nature", Acta uiversitatis Gothoburgensis, Goteborg, Sweden, 2003.
- [6] REDDY, M.K., SUNEELA, M., SUMATI, M., REDDY, R.C., "Indoor air quality at Salarjung Museum, Hyderabad, India", Environmental Monitoring and Assesment, 105: 359-367, 2005.
- [7] CAMUFFO, D., GRIEKEN, R.V., BUSSE, H.J., STURARO, G., VE DİĞ, "Environmental monitoring in four European museums", Atmospheric Environment, 1: 127-140, 2001.
- [8] ASHLEY-SMITH, J., "Risk assessment for object conservation", 1st ed. Butterworth-Heinemann, Oxford. Guidelines on efficient pollution control in heritage buildings 24440 3, 1999.
- [9] PAYRİSSAT, M. Ve BEİLKE, S., "Laboratory measurements of the uptake of sulphur dioxide by different European soils", Atmospheric Environment, 9, 211-217, 1975.
- [10] JUDEIKIS, H.S. ve STEWART, T.B., "Laboratory measurement of sulphur dioxide deposition velocities on selected building materials and soils", Atmospheric Environment, 10, 769-776, 1976.
- [11] SPEDDING, D.J. ve ROWLANDS, R.P., "Sorption of sulphur dioxide by indoor surfaces - I. Wallpapers", Journal of Applied Chemistry, 20, 143-146, 1970.
- [12] WALSH, M., BLACK, A., MORGAN, A. ve CRENSHAW, G. H., "Sorption of SO2 by typical indoor surfaces including wool carpets, wallpaper and paints", Atmospheric Environment, 11, 1107-1111, 1977.
- [13] BAER, N.S., BANKS, P. N., "Indoor air pollution: Effects on cultural and historic materials", Museum Management and Curatorship, 4, 1, 9-20, 1985.
- [14] KATSANOS, N. A., DE SANTIS, F., CORDOBA, A., ROUBANI-KALANTZOPOULOU, F., PASELLA D., "Corrosive effects from the deposition of gaseous pollutants on surfaces of cultural and artistic value inside museums", Journal of Hazardous Materials, 64, 1, 21-36, 1999.
- [15] GRØNTOFT, T., ve RAYCHAUDHURİ, M. R., "Compilation of tables of surface deposition velocities for O3, NO2 and SO2 to a range of indoor surfaces", Atmospheric Environment, 38, 4, 533-544, 2004.
- [16] DE SANTIS, F., Dİ PALO, V., ALLEGRİNİ, I., "Determination of some atmospheric pollutants inside a museum: relationship with the concentration outside", The Science of The Total Environment, 127, 3, 211-223, 1992.
- [17] BRIMBLECOMBE, P., "The composition of museum atmospheres" Atmospheric Environment, 24B, 1 1-8, 1990.
- [18] COLLS, J., "Air Pollution - An Introduction", 1st ed. E&FN Spon, London, 1997.
- [19] GRZYWACZ, C.M., ve TENNENT, N.H., "Pollution monitoring in storage and display cabinets: carbonyl pollution in relation to artefact deterioration", Editör: ROY, A. ve SMITH, P. "Preventive Conservation Practice, Theory and Research, Guidelines on efficient pollution control in heritage buildings", IIC, London, 164-170, 1994.
- [20] WESCHLER, C.J., SHIELDS, H.C. ve NAIK, D.V., "Indoor ozone exposures", Journal of the Air Pollution Control Association, 39, 1562-1568, 1989.
- [21] JUDEIKIS, H.S. ve STEWART, T.B., "Laboratory measurement of sulphur dioxide deposition velocities on selected building materials and soils", Atmospheric Environment, 10, 769-776, 1976.
- [22] RYHL-SVENDSEN, M., "Corrosivity measurements of indoor museum environments using lead coupons as dosimeters", Journal of Cultural Heritage, 9, 285-293, 2008.
- [23] METAXA, E., AGELAKOPOULOU, T., BASSIOTIS, I., KARAGIANNI, Ch., ROUBANI-KALANTZOPOULOU F., "Gas chromatographic study of degradation phenomena concerning building and cultural heritage materials", J. Hazard. Mater. 2008. doi:10.1016/j.jhazmat.2008.08.114



- [24] WATTS, S.F., "Hydrogen sulphide levels in museums: what do they mean?", Editör: Brokerhof, A.W. ve Gibson, L.T., Indoor Air Pollution: Detection and Prevention", 1999. Çevirimiçi: [http://hjem.get2net.dk/ryhl/iap1999/1999\\_contents.htm](http://hjem.get2net.dk/ryhl/iap1999/1999_contents.htm).
- [25] GIBSON, L.T., COOKSEY, B.G., LITTLEJOHN, D., TENNENT, N.H., "A diffusion tube sampler for the determination of acetic acid and formic acid vapours in museum cabinets", Analytica Chamica Acta, 341, 11-19, 1997.
- [26] GRAEDEL, T.E., "Corrosion mechanisms for silver exposed to the atmosphere", Journal of the Electrochemical Society 139 (7): 1963-1970, 1992.
- [27] NAZAROFF, W.W., CASS, G.R., "Mathematical modelling of chemically reactive pollutants in indoor air", Environmental Science and Technology, 20 (9), 924-934, 1986.
- [28] KONTOZOVA-DEUTSCH, V., KRATA, A., DEUTSCH, F., BENCS, L., GRIEKEN R.W., "Efficient separation of acetate and formate by ion chromatography: Application to air samples in a cultural heritage environment, Talanta", 75: 2, 418-423, 2008.
- [29] WOROBIEC, A., SAMEK, L., KARASZKIEWICZ, P., KONTOZOVA-DEUTSCH, V., ANNA STEFANIÁK, E., MEEL, K.V., KRATA, A., BENCS, L., GRIEKEN, R.V., "A seasonal study of atmospheric conditions influenced by the intensive tourist flow in the Royal Museum of Wawel Castle in Cracow, Poland", Microchemical Journal, In Press, Corrected Proof, 2008.
- [30] SCHIEWECK, A., DELIUS, W., SIWINSKI, N., VOGTENRATH, W., GENNING, C., SALTHAMMER, T., "Occurrence of organic and inorganic biocides in the museum environment", Atmospheric Environment, 41 : 15, 3266-3275, 2007.
- [31] SCHIEWECK, B., LOHRENGEL, N., SIWINSKI, C., GENNING, T., "Organic and inorganic pollutants in storage rooms of the Lower Saxony State Museum Hanover, Germany", Atmospheric Environment, 39 : 33, 6098-6108, 2005.
- [32] SHOOTER, D., "Nitrogen dioxide and its determination in the atmosphere", Journal of Chemical Education, 70 (5), A133-A140, 1993.
- [33] SHOOTER, D., WATTS, S.F., HAYES, A.J., "A passive sampler for hydrogen sulphide", Environmental Monitoring and Assessment, 38, 11-23, 1995.
- [34] LA GENNUSA, M., RÍZZO, G., SCACCIANOCE, G., NICOLETTI, F., "Control of indoor environments in heritage buildings: experimental measurements in an old Italian museum and proposal of a methodology", Journal of Cultural Heritage, 6:147-155, 2005.

## ÖZGEÇMİŞ

### Ferhat KARACA

1974 yılı Kastamonu doğumludur. 1995 yılında YTÜ, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 2005 yılında Doktor unvanını almıştır. Yüksek Lisans Eğitimini ise 2000 yılında Fatih Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünde tamamlamıştır. Fatih Üniversitesinde 1997 yılında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başlamış, aynı üniversitede 2000-2005 yıllarında Öğretim Görevliliği yapmış ve 2005 yılından beri Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır. Hava Kirliliği, Hava Kirliliği Kontrolü, İç Ortam Hava Kalitesi ve Çevresel Verilerin Modellenmesi konularında çalışmaktadır. Ulusal ve uluslararası alanlarda yapılmış birçok çalışma ve yayını bulunan yazar evli ve iki çocuk babasıdır.

### Omar ALAGHA

1966 yılı Gazze doğumludur. 1989 yılında Kahire Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümünü bitirmiştir. Yüksek Lisans Eğitimini 1994 yılında ODTU Kimya bölümünde tamamlamıştır. 2000 yılında ODTÜ Doktor unvanını almıştır. ODTÜ 2000-2001 Çevre Mühendisliği Bölümünde doktora sonrası çalışmalar yapmıştır. Fatih Üniversitesinde 2001 yılında Öğretim Görevlisi olarak çalışmaya başlamış, aynı üniversitede 2001-2008 yıllarında Yrd. Doç. Dr. olarak çalışmıştır. 2008 yılından beri Bolüm başkan yardımcısı ve Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır. Hava Kirliliği, Hava Kirliliği Kontrolü, Toprak kirliliği ve Islahı, İç ve Dış Ortam Hava Kalitesi, Çevre Analizi ve Çevresel Verilerin Modellenmesi konularında çalışmaktadır.

**Sami GÖREN**

1966 Ankara doğumludur. 1990 yılında İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Yüksek lisans ve doktora eğitimini Japonya'nın Kanazawa Üniversitesi'nde tamamlamıştır. 2001 yılından beri Fatih Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde çalışmaktadır. Yrd. Doç. Dr. olarak görev yaptığı bölümde, uzmanlık alanları yapı ve zemin sistemleri, yapı sistemlerinde deformasyon tayini ve iyileştirilmesi, katı atıklar, toprak kirliliği konularıdır.