

# MÜZELERDE İÇ ÇEVRE GEREKSİNİMLERİ: AYASOFYA, TOPKAPI VE TÜRK İSLAM ESERLERİ MÜZELERİ BAĞLAMINDA TÜRKİYE'DEKİ DURUM

İbrahim ÇAKMANUS  
Arif KÜNAR

## ÖZET

Tarihi ve sanat eserlerinin kültürel ve maddi değeri çok yüksektir. Bu husus, söz konusu eserlerin saklama ve teşhir alanlarında iç çevre koşullarının özenle belirlenmesini ve korunmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda müzelerde sıcaklıklarının kışın 20–22°C, yazın 24–26°C civarında, bağıl nemin %45–60 arasında tutulması; havadaki kirleticiler, ışık vb.'nin kontrol altına alınması gerekmektedir. Ayasofya Müzesi, İslam Eserleri Müzesi ve Topkapı Sarayı Müzesi'nde tarafımızca yapılan etüt çalışmaları ve incelemelerde, standartlarda ve literatürde verilen söz konusu değerlerin sağlanamadığı görülmüştür. Aslında bu durum Ülkemizdeki diğer müzeler için geçerli olup, eserler üzerinde çok olumsuz etkileri olduğu değerlendirilmektedir. Bu nedenle bu ve benzer durumdaki diğer müzelerde geniş kapsamlı çalışmaların yapılmasının ve koşulların eserleri saklamaya uygun hale getirilmeye çalışılmasının çok yararlı olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada tarihi eserlerin saklanması için gerekli iç iklimsel şartlar, belirtilen üç müzedeki şartlar ile istenilen iklimsel şartları oluşturabilmek için HVAC tasarımında dikkate alınması gereken hususlar incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Müzeler, HVAC tasarımı, iç iklimsel şartlar.

## ABSTRACT

The cultural and fiscal values of the historical legacy and artworks are extremely high. This, of course necessitates that the internal space conditions of storage and exhibition areas must be carefully defined and maintained. At this connection, the temperatures should be kept between 20-22°C in winter and 24-26°C in summer and the relative humidity should be maintained between 45-60%; in addition, the light and particulate contaminants in the air should be controlled between desirable limits. In the light of these assignments, our studies and investigations showed that the internal space conditions were not in the ranges given in the standards and the literature in The Museum of Ayasofia, The museum of Islamic Arts and The Museum of Topkapı Palace. Actually this is the case for most of the museums in Turkey and it is obvious that this situation has significant negative effects on the artworks. We are assessing that a comprehensive investigation should be conducted in these and the other museums having similar situation in Turkey and, the internal environmental conditions of these museums should be improved to be suitable places for storing and exhibiting the artworks. This study try to introduce the necessary internal environmental conditions to store historical artworks and the provisions that should be taken into assessment in designing of HVAC systems to obtain desirable conditions in the three museums mentioned above.

**Key Words:** Museums, HVAC Design, Internal Climatic Conditions.

## 1. GİRİŞ

İnsanların kültürlerini ve tarihini tanımak, kitap ve dokümanlardan başlayıp, tarihsel el sanatlarına, teknolojik başarılarına, tarihin örneklerine, popüler kültür örneklerine, ilk kullanılan ticari ürünlere kadar geniş aralıktaki bir kapsamın korunması zorunluluktur. Bunların önemleri ulusal, bölgesel ve yerel ölçekte değişik olsa da, sembolik ve estetik değerleri nedeniyle tahmin edilemeyecek kadar yüksek mali değere de sahiptirler. Bu nedenle, bu eserlerin korunması çok önemli olup aynı zamanda yasal ve kültürel bir zorunluluktur. Söz konusu eserlerden herhangi birinin kaybı herkesin kaybıdır.

Tarihi ve sanat eserlerinin, dünyanın kültürel varlıkları olmaları nedeniyle korunarak gelecek nesillere olabildiğince az yıpranmış biçimde aktarılması büyük önem taşımaktadır. Bu ise ancak bu eserlerin uluslararası literatürde kabul gören esaslara göre sergilenmeleri ve saklanmaları ile mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada kağıt, kumaş, ahşap vb.'den yapılmış tarihi ve sanat eserlerin sergilenme ve saklama koşulları ve ülkemizdeki mevcut durum incelenmiştir. Ayrıca uygun iç iklimsel şartları sağlayabilecek HVAC (ısıtma, soğutma, nemlendirme, tozdan arındırma) sistemleri üzerinde de kısaca durulmuştur. Öte yandan bu gibi hususlarda yorum yapabilmek için elde ölçüm verilerinin olması gerekmektedir. Bu çalışma yukarıda adı geçen üç önemli müzemizde yapılan ölçümlere dayanmaktadır.

## 2. TARİHİ VE SANAT ESERLERİN SERGİLENME VE SAKLANMA KOŞULLARI

Tarihi ve sanat eserleri birçok nedenle tehdit altında bulunmaktadır. Bu eserlerin korunacağı süre belirsiz (hatta sınırsız) olduğundan, korunmaları için alınan önlemlerin olağanüstü nitelikte olması gerekmektedir. Bu tehditlerden çoğu, profesyonel destek ile doğru saklama ve sergilenme koşulları oluşturularak giderilebilir. Kabul edilebilir risk düzeyi, teorik ve pratik olarak iç çevresel koşulları ile belirlenir.

Yıpranmayı çok ciddi biçimde önlemek olanaklı olsa da, bu durumda müze, kütüphane ve arşivlerin sadece korumak değil fakat kamunun ve akademik kesimlerin kaynaklara ulaşımını sağlamak olan asıl işlevinden vazgeçmek anlamına gelebilir. Ayrıca çevresel parametreler üzerinde yüksek bir kontrol sağlamak bu eserlerin yaşamasını sağlarken, hiç bir kültürel kurumun altından kalkamayacağı ya da ödemek istemeyeceği mali bedelleri gündeme getirebilir. Bu nedenle buradaki amaç riskin tümüyle ortadan kaldırılması değil, yönetilmesidir.

Teorik olarak çevresel koşulların kontrolü, doğru uygulandıklarında bir çok farklı sistem tarafından sağlanabilir. Ancak basit ve etkili uzun süreli korumanın maliyetini karşılamak üzere devlet ve kültürel kuruluşlar yeterli fon ayırmalıdır. Yeni yapılan müze binalarında, tasarım koşullarını bir kurumun kaynakları paralelinde belirlememek önemlidir. Uygunsuz uzun vadeli saklama ve kontrol yanlışlıkları koleksiyonların beklenenden önce yıpranmasına neden olabilir.

DIN 1946 T2/8.91'e göre müzeler toplantı amaçlı yerler değildir. Müzelerde tablolar, ahşaptan (yontma) heykeller veya objeler, müzik aletleri, kumaş, yazılmış eserler (elle yazılmış dokümanlar, kitaplar vb.) gibi değişik eserler sergilenen veya saklanmaktadır. Sergilenen eserlerin çoğu higroskopik maddelerden oluşmakta olup, sıcaklık ve özellikle havanın bağıl nemindeki dalgalanmalar nedeniyle değişime uğramaktadırlar. Sergilenen veya saklanan eserlerin zarar görmemesi için, yaklaşık olarak sabit tutulan iç çevre şartları sağlanmalıdır. Bu çerçevede nemlendirme ve/veya nem alma yapılmalı ve mevsim değişikliklerinden dolayı meydana gelen dış etkenler iç mahale etki etmemelidir. Bu nedenlerle örneğin Almanya'da 1950 yılından beri müze binaları bir kural olarak klima tesisatları ile donatılmaktadır. Çizelge 2.1'de Almanya'daki bazı müzelerde sağlanan iç iklimsel koşullar verilmiştir.

**Çizelge 2.1.** Almanya'da Bazı Müzelerde Uygulanan Değerler.

Müze	Sergi Alanı A m <sup>2</sup>	Mahal şartları		A'ye göre Giriş Hava Akışı m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup>	Dış Hava Oranı %	Soğutma Yüğü W/m <sup>2</sup>
		Sıcaklık □C	B. Nem %			
Yeni Pinakothek Münih	6640	Kış: min. 18 Yaz: maks 26 Sabit değil	45 50 ±5	27	10 20	136
Şehir Galerisi Stuttgart	2950	Kış: 19 ± 1,5 Yaz: 26 ± 1,5 Sabit değil	55 ± 5	43	15'den 100'e değişken	281
Wallraff-R. Müzesi ve M.Ludwig, Köln	10 770	Kış: 20/22 Yaz: maks 26 Sabit değil	50 60 ±5	54	20'den 100'e değişken	288
Abteiberg-M. Mönchengladbach	3700	22 ±1	55 ± 5	20...30	15 sabit	146
Neubau Gemäldegalerie SMPK*) Berlin	9100	Kış: 19 ± 0,5 So: 24 ± 0,5 Program	52,5 ± 2,5	20...40 değişken	10...100	170

Görüldüğü üzere Çizelge 2.1'deki müzelerde soğutma yükü 140 ile 280 W/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Çizelge 2.2'de izin verilen iç sıcaklıklar ve bağıl nem değerleri görülmektedir.

**Çizelge 2.2.** Sıkça Karşılaşılan Materyallerde Bağıl Nem İçin İzin Verilen Değerler<sup>(1)</sup>.

Ay	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Sıcaklık □C	20	20	21	22	23	24	24	24	23	22	21	20
Bağıl nem %	45	45	50	50	50	55	55	55	50	50	50	45

Soğutma yükleri; dış yüklerden, yani yapı elemanlarından (duvar, pencere, çatı) yayılan yüklerden ve sergi mahallerindeki insanlardan kaynaklanan yüklerden ve aydınlatma yüklerinden oluşmaktadır. Bu çerçevede, vitrinlerin ve eserlerin ışıklandırılması için kullanılan ışık kaynaklarından dolayı yüksek ısı kazancı meydana gelebilmektedir. Müzeden müzeye değişmekle birlikte, Almanya'da ziyaretçi sayılarına ilişkin bir örnek Çizelge 2.3'te verilmiştir. Benzer rakamlar Türkiye'deki müzeler için de çıkarılarak ilerideki çalışmalarda kullanılması yararlı olur.

**Çizelge 2.3.** Almanya'da Ziyaretçi Sayıları.

100 m <sup>2</sup> Teşhir Alanına Aynı Anda Gelen Kişi	
Yıl ortalaması	5
Yoğun ziyaretteki gün ortalaması	10
Maksimum değer ( 1 saatlik zamanda)	25

Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'den görüldüğü üzere tarihi ve sanat eserlerinin sergileneceği ve depolanacağı mahallerin sıcaklık, nem, şartlandırılmış taze hava miktarı, hava hızı dağılımları belirli

şartlarda olması gerekmektedir. Bu nedenle müzeler, binanın eski veya yeni olması, mimari yapı gibi hususlar dikkate alınarak merkezi veya merkezi olmayan, dış iklim şartlarına uygun biçimde seçilmiş HVAC sistemleri ile donatılmalıdır. Bu sistemlerde sergilenen eserlerin hassasiyeti sebebiyle uygun nitelikte filtre sistemlerinin kullanımı da zorunludur. Bu bağlamda filtre sınıfları ilgili standartlarda belirlenmiş olup hijyenik şartlara uygun olarak seçilmeleri gerekir.

Müzelerde aydınlatma yükü de önemli miktarlarda olabilmektedir. Buradaki en yoğun yük kalemi sergileme kasalarının aydınlatılmasıdır. Sergileme alanında aydınlatma yükü 20-85 W/m<sup>2</sup> arasında değişebilirken, bazen aydınlatma mühendisleri tarafından 160 W/m<sup>2</sup> gibi yüksek değerler de talep edilebilmektedir. Işığın yıpranmaya neden olduğu bilindiğine göre, ışığa duyarlı objelerin sergilendiği alanlar daha düşük bir aydınlatma şiddetine ve dolayısı ile daha düşük aydınlatma güçlerine sahip sistemlerle ışıklandırılması düşünülmelidir. Ayrıca buralarda sadece enerji tasarrufu düşüncesiyle seçim yapılamaz. Sergilenen eserlerin niteliğine bağlı olarak, uluslararası standartlarda veya literatürde önerilen armatür tipleri ve aydınlatma seviyeleri esas alınmalıdır.

Müze binaları şehir içlerinde ve kirlilik kaynaklarına yakın olduklarından, dış taze hava teminine çok özen gösterilmeli ve bu bağlamda otomobiller gibi kirlilik kaynaklarından az etkilenmesi sağlanmalıdır. Sergi salonlarında sigara içmek yasak olduğundan ve içeride kalma süreleri uzun olmadığından, kişi başına 12 ile 15 m<sup>3</sup>/h'lik dış taze hava yeterli olmaktadır.

Buharlı nemlendirme en hijyenik yöntem olmakla birlikte çok pahalıdır. Ancak çok değerli eserlerin bulunduğu müzeler bunun yapılmasına değerdir. Ayrıca ekonomik nedenlerden bir ısı geri kazanım tesisatının kullanılması yararlı olabilecektir.

Müze, arşiv ve kütüphaneler, iç hava gereksinimleri yönünden iki kategoriye ayrılabilir: a) ASHRAE Standart 55 ve 62'de verildiği üzere genel sağlık, güvenlik ve konfor, b) ekonomik bir çalışma için gerekli hava ve 'koleksiyonların' diğer gereksinimleri. Bunlar basit ve tam olarak anlaşılabilir konular olmayıp, koleksiyon türleri üzerinde anlaşmazlıklar bulunmaktadır. Öte yandan bina gövdeleri, çoğu zaman seçilen belirli bir koşul dizisini koruma yeteneğinde olmamaktadır. Bu nedenle sıcaklık ve nem koşullarından bir ölçüde fedakarlıkta bulunmak gerekebilir.

Sağlık ve güvenlik ile "koleksiyonların" gereksinimleri Çizelge 2.4'deki gibi sınıflandırılabilir: (1) koleksiyon bulunan ve bulunmayan mahaller, (2) halka açık olan ve olmayan yerler, (3) 'kirli' ve 'temiz' mahaller olarak sınıflandırılabilir. Bu alt sınıflandırma, çok farklı ısı ve iç mahal kalitesine, taze hava miktarlarına, besleme havası stratejilerine sahip olan mahalleri birbirinden ayırır. Bu mahaller genellikle müstakil HVAC sistemleri gerektirirler.

**Çizelge 2.4.** Müze ve Kütüphane Mahallerinin Sınıflandırılması.

		İç kirlilik kaynakları fazla (kirli)	İç kirlilik kaynakları az (temiz)
Koleksiyon Alanları	Halka kapalı	Koruma laboratuvarları, müze ve işlikler (VOC, dumanlar, tozlar) "Islak" koleksiyonlar (doğal tarihsel koleksiyon kavanozlarından buharlaşan alkol)	Depolama alanlarının çoğu, lahitler, kitaplık rafları
	Halka açık	Fotografik koleksiyonlar (asetik asit "sirke sendromu" üretir.) Korunan malzemenin sergilemesi sırasında (olağan dışı ve geçici)	Galeriler, okuma odaları
Koleksiyon dışı alanlar	Halka açık	Kafeterya, tuvaletler, sigaraya izin verilen mahaller	Yemeksiz ve sigarasız kamu alanları

**Örnek Bir Yapı: Bregenz Sanat Müzesi, Avusturya**

Aşağıda ölçülen değerlerin ne anlama geldiğinin daha iyi değerlendirilebilmesi için Almanya'daki Bregenz müzesinin tasarımında kullanılan iç mekan özellikleri Çizelge 2.5'de verilmiştir.

**Çizelge 2.5. Bregenz Müze Binası ve HVAC Sistem Özellikleri.**

Kat adedi	4
Toplam alan	3 750
İşletmeye alma	1997
Isıtma	Yoğuşmalı gaz yakıt kazanı
Soğutma	Beton temele ve yastıklara gömülü plastik boru
Oda sıcaklığı	Yazın 23°C Kışın 22°C
Havanın nemi	Yazın % 52~58 Kışın % 48~54
İnsan sayısı	250 kişi/gün, 2 saat
Birincil havalandırma	Kat başına 750 m <sup>3</sup> /h



Bregenz Sanat Müzesi

Dört katlı bu bina dışta, üzerinde açılabilir havalandırma açıklıkları bulunan çift cidarlı bir dış gövdeye sahiptir. Isı kayıp ve kazançlarını azaltmak amacıyla binanın dış duvarları dış iklimle bağlantıyı kesen bir yalıtımla donatılmıştır. Burada dış iklim ile tek bağlantı taze hava beslemesidir. Çizelge 2.5'de görüldüğü üzere binanın iç sıcaklığı yaz-kış 22°C ve bağıl nemi ise %48-58 arasında tutulmaktadır ki bunlar Çizelge 2.1'deki değerlerle uyumludur.

### 3. ÜLKEMİZDEKİ DURUM: AYASOFYA, TOPKAPI, İSLAM ESERLERİ MÜZELERİ ÖRNEĞİ

Bu bölümde, Dünyaca ünlü üç müzemizde tarafımızca yapılan ölçümlere dayalı olarak mevcut durum incelenmiştir.

#### 3.1. Ayasofya Müzesi

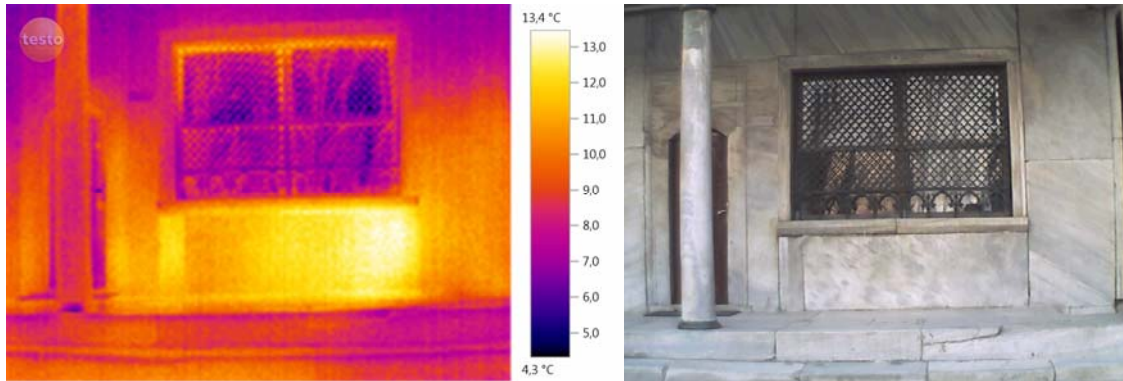


Yapı kompleksi 4 büyük ve 1 küçük bloktan oluşmaktadır. Kilise bölümünde ısıtma, soğutma bulunmamaktadır. Sanat eserleri depolarda muhafaza edilmektedir, ancak iç iklim şartları kontrollü değildir. Ofis binası olarak kullanılan bazı küçük mahallerin dışında ısıtılan bina bulunmamaktadır. Duvarlar çok kalın, pencereler tek camlıdır. Yapıda idari, güvenlik, hizmetli olarak çalışan personel bulunmaktadır. Müzede tüketilen elektrik enerjisi Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bazı mekanlarda elektrikli ısıtma vardır, gaz veya fueloil tüketimi yoktur.

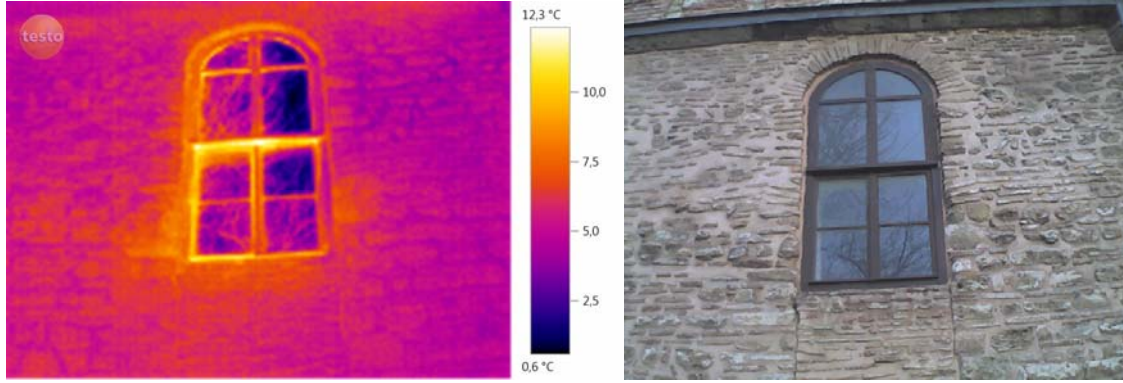
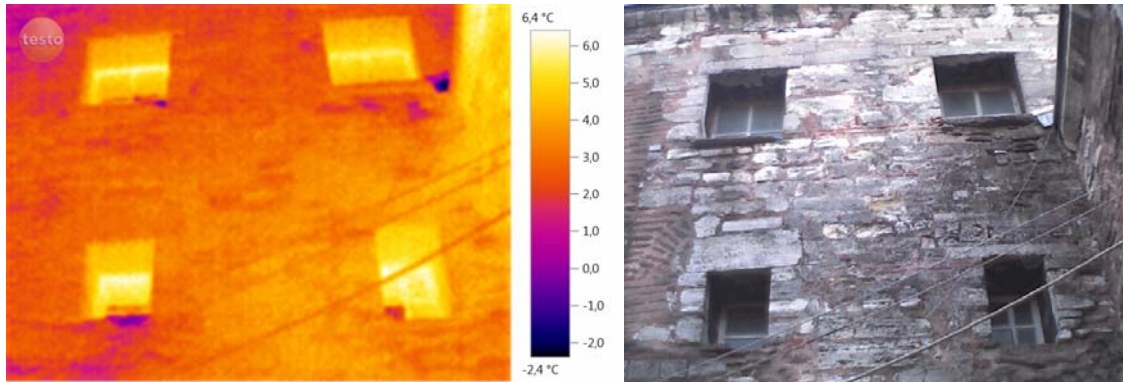
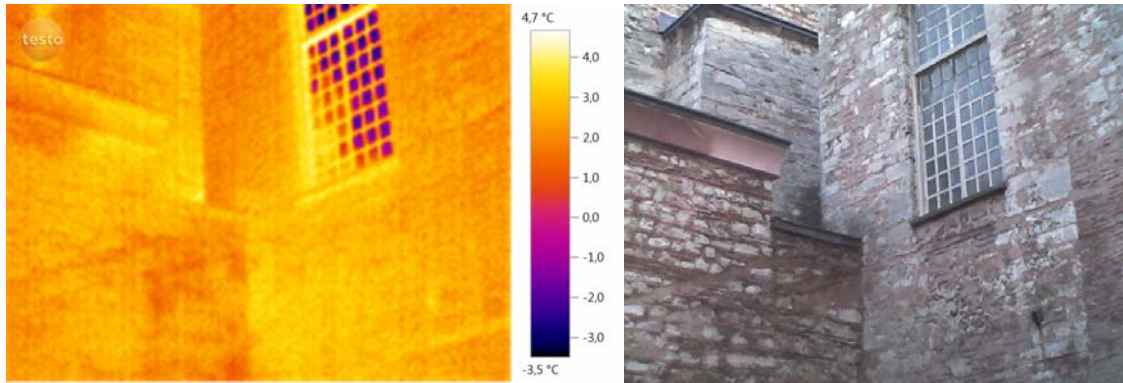
**Çizelge 3.1.** 2009 Yılı Ortalama Enerji Tüketimi ve Maliyetleri.

2009 ENERJİ TÜKETİMİ	TÜKETİM			MALİYET	BİRİM MALİYET
	Miktar	Birim	TEP	TL	TL / TEP
Elektrik (ilk 11 ay)	319.673	kWh	27	63.673	2.336

1kWh=8.6x10<sup>-5</sup>TEP, 1m<sup>3</sup> doğalgaz=8.3x10<sup>-4</sup>, TEP, 1 TEP=10<sup>+7</sup> kCal/h, 1 kWh=860 kCal.  
Müze'nin çeşitli bölgelerinden termal kamera resimleri alınmış olup, birçok ısı köprüsü (ısı kaybı noktaları) belirlenmiştir.



**Resim:** Pencere Altı

**Resim: Pencere Etrafı****Resim: Pencereleler****Resim: Duvar – Pencere Etrafı**

Müzedeki iç iklimsel koşullar dış koşullarla yaklaşık olarak aynıdır. Bunun anlamı iç çevre koşullarının kontrollü olmadığı ve standartlardaki değerlerden uzak olduğudur.

### 3.2. Topkapı Sarayı

Topkapı Sarayı teşhir, depolama ve idari amaçlarla kullanılan birçok bina grubundan oluşmaktadır. Metal, cam, ahşap (rahle, eski süslemeler vb.), yazma eserler, halı, etnografik eserler (kumaş vb.) gibi çok eski sanat eserleri bulunmaktadır. Eserler sergi mahallerinde ve depolarda (teşhir fazlası) muhafaza edilmektedir. Ayrıca eserler karışık biçimde ve genellikle aynı mahallerde sergilenmektedir. Buna karşın depolama ve arşivlemede kağıt, kumaş ve ahşap ayrı mekanlarda saklanmaktadır. Ayrıca saklama ve teşhir koşulları ile ilgili standartlar ve yeterli mali imkan olmadığı görülmüştür.

Sarayın duvarlar çok kalın, pencereler tek camlıdır, sulanması gereken çok büyük bir bahçesi bulunmaktadır. Bu durum önemli miktarda su kullanımını ve maliyeti beraberinde getirmektedir. Komplekste suyun toplanabilmesi için sarnıçlar bulunmaktadır ve bunlar yangın rezervi olarak kullanılmaktadır.



Isıtma ve klima tesisatı: Komplekste doğalgaz bulunmadığından kazanlar fueloil ile çalışmaktadır. 4 adet kazan dairesi bulunmaktadır. Aşağıda, termal kamera çekimlerinde görüldüğü üzere kazan dairelerinde yalıtımsız borular, vanalar vb. vardır. Kazanlarda dış hava kompanzasyon sistemi bulunmaktadır. Ancak radyatörlerde termostatik vana vb. bulunmamaktadır. Bazı sergi mekanlarında dış hava bağlantılı kanal tipi split klimalar ile ısıtma veya soğutma yapılmaktadır. Çok farklı firmaların ürünleri bulunmaktadır.

Nemlendirme: Bazı mahallerde nemlendirme sistemi bulunmakla birlikte çok yetersizdir. Ayrıca kağıt, kumaş ve ahşap arşiv ve depolarında kalorifer haricinde bir sistem bulunmamaktadır. Pencereler açılarak havalandırma yapılmaktadır.

Aydınlatma: Dış aydınlatma sistemi 1984 yılında yapılmış, yüksek elektrik tüketen lambalar bulunmaktadır.

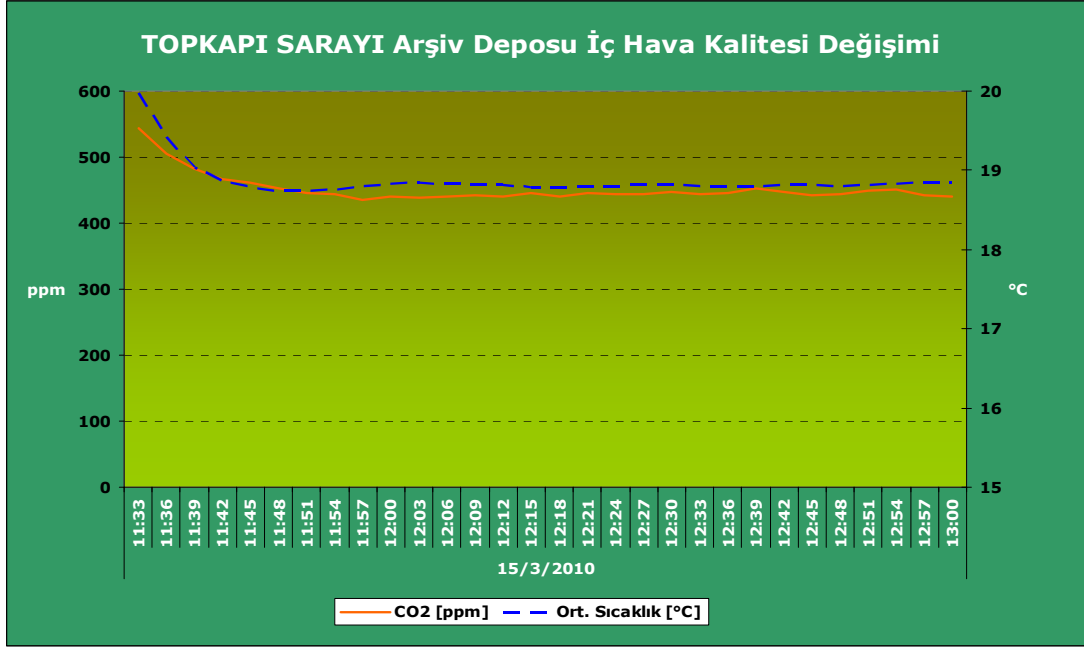
Topkapı Müzesinde en hassas eserler olan kağıt ve kumaş eserlerin depolandığı alanlarda Mart 2010'da alınan ölçümlerde nem değerinin %45-50 arasında, sıcaklığın ise 17-18°C civarında olduğu görülmektedir. Nemlendirme olmadığı halde uygun değerlerde olmasının nedeni mevsimseldir. Sıcaklık ve nemdeki değişimlerin eserleri olumsuz biçimde etkilediği açıktır. Ölçülen sıcaklıklar ise istenilen değerlerden düşüktür. Öte yandan Çizelge 3.2'de Sarayın enerji tüketimi verilmiştir.

**Çizelge 3.2.**Topkapı 2009 Yılı Ortalama Enerji Tüketimi ve Maliyetleri.

2009 ENERJİ TÜKETİMİ	TÜKETİM				MALİYET		BİRİM MALİYET
	Miktar	Birim	TEP	% Toplam	TL	% Toplam	TL / TEP
Elektrik (alınan)	1.281.120	kWh	110	41,2	309.869	48,5	2.817
Motorin	152.500	lt	129	48,2	305.000	47,7	2.364
Doğal Gaz	34.863	m <sup>3</sup>	29	10,6	24.146	3,8	833
<b>TOPLAM</b>			<b>268</b>		<b>638.015</b>		

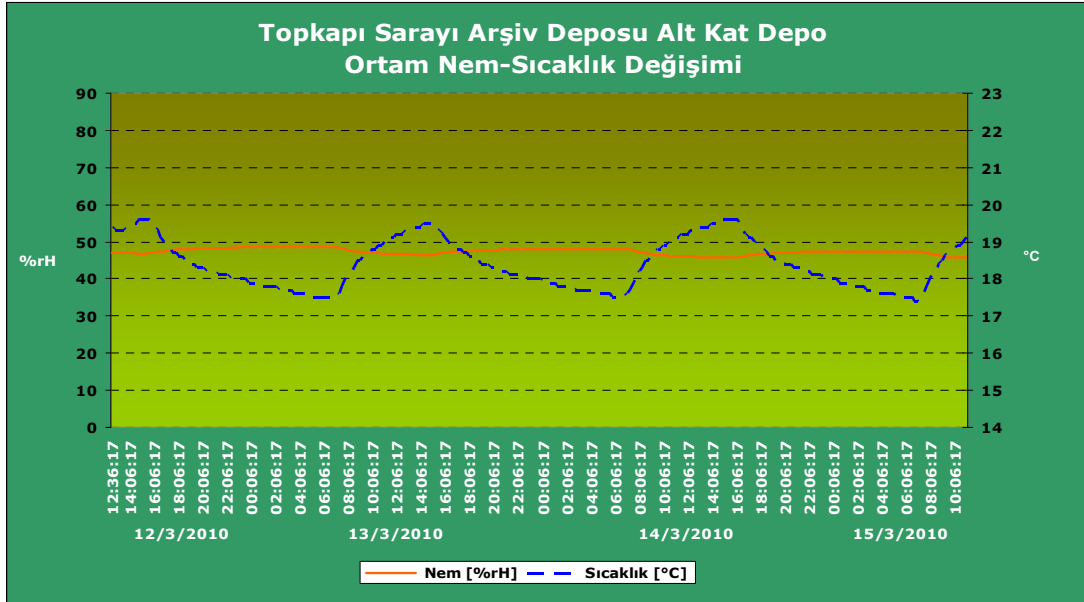


Aşağıda CO<sub>2</sub>, sıcaklık, nem vb. ölçüm değerleri verilmiştir.



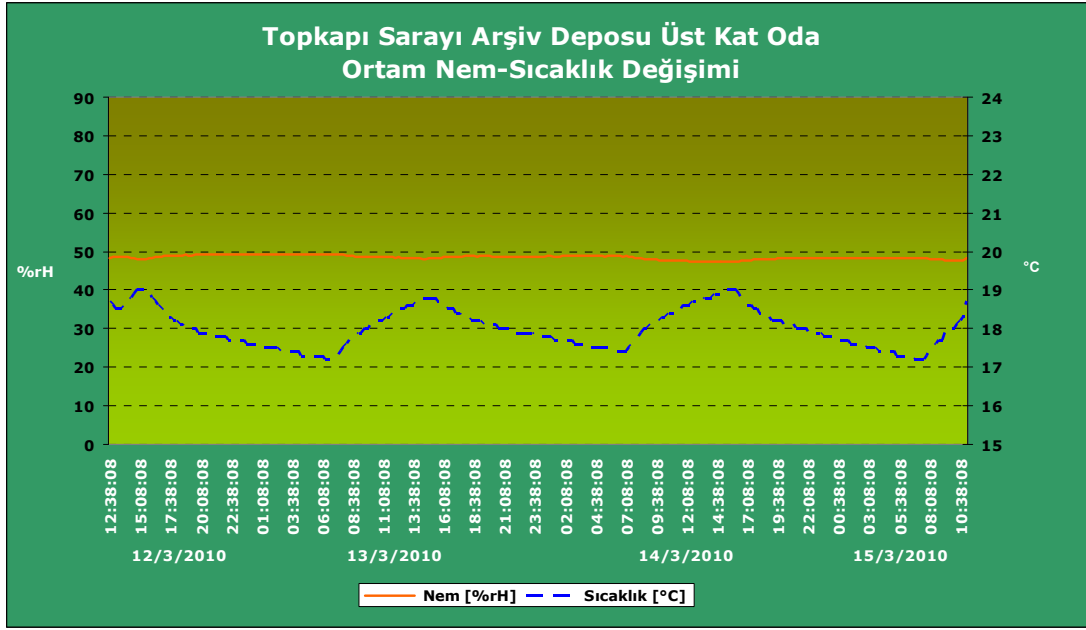
Şekil 3.2. Arşiv Deposu İç Hava Kalitesi Değişimi.

Grafikte, arşiv bölümünde iç hava kalitesinin normal değerlerde olduğu görülmektedir. Ancak bu durum yılın bütünü temsil edebilecek durumda değildir. Bunu nedeni bir klima santrali ile dış havanın filtre edilmesi ve şartlandırılması olmamasıdır.

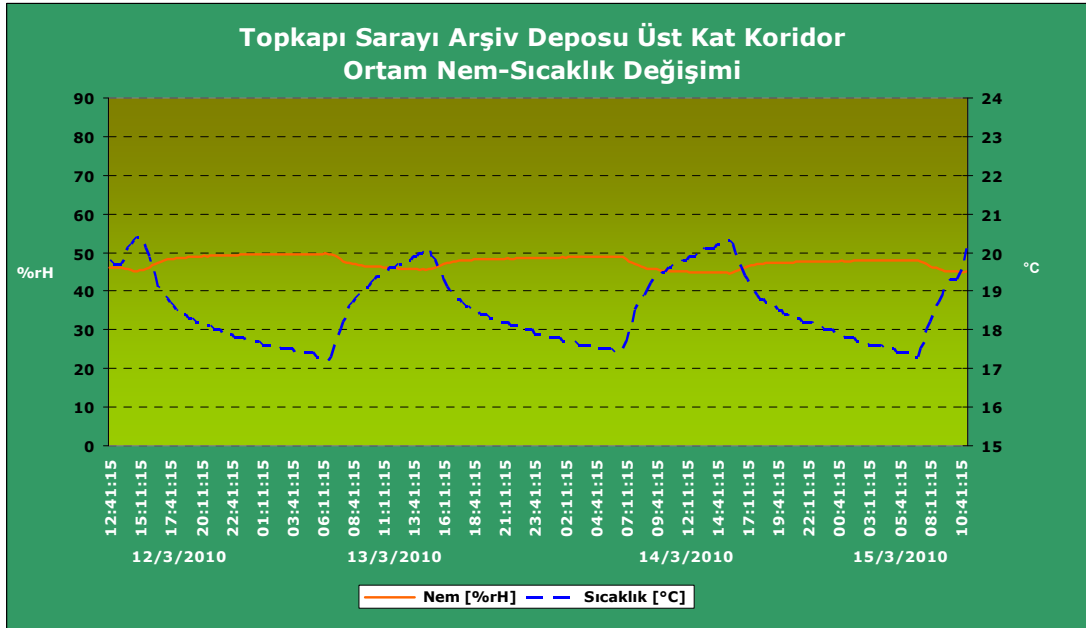


Şekil 3.3. Arşiv Deposu Alt Kat Ortam Nem-Sıcaklık Değişimi.

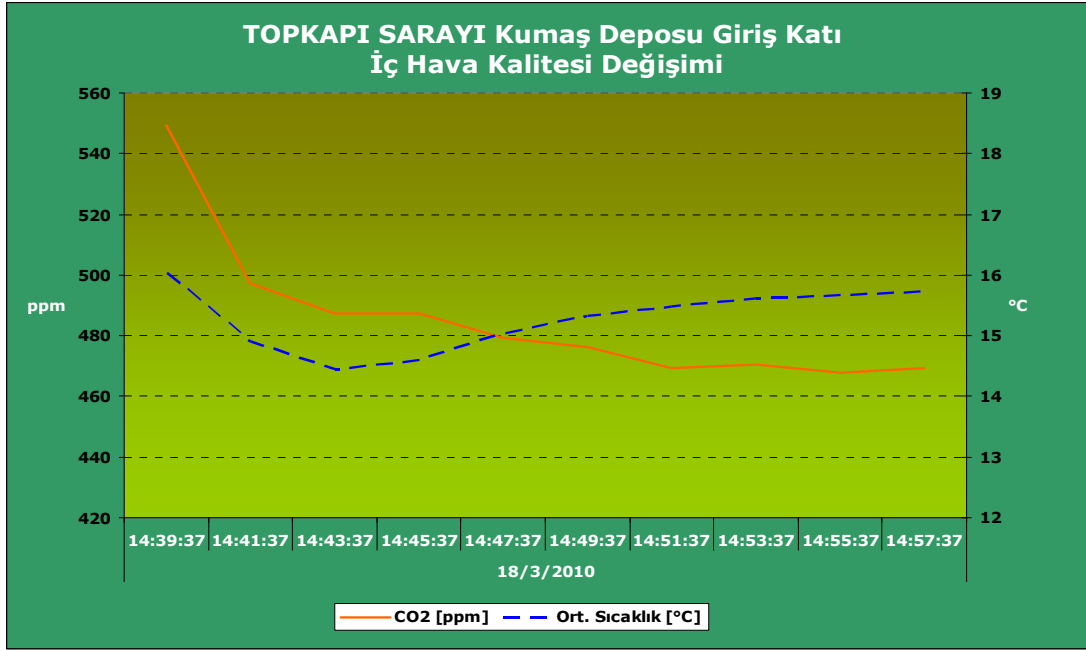
Görüldüğü üzere sıcaklık değerleri düşüktür. Bu değerlerin değişkenlik göstermesi eserlerin ömrü açısından uygun değildir. Aşağıdaki grafiklerde de benzer durum söz konusudur.



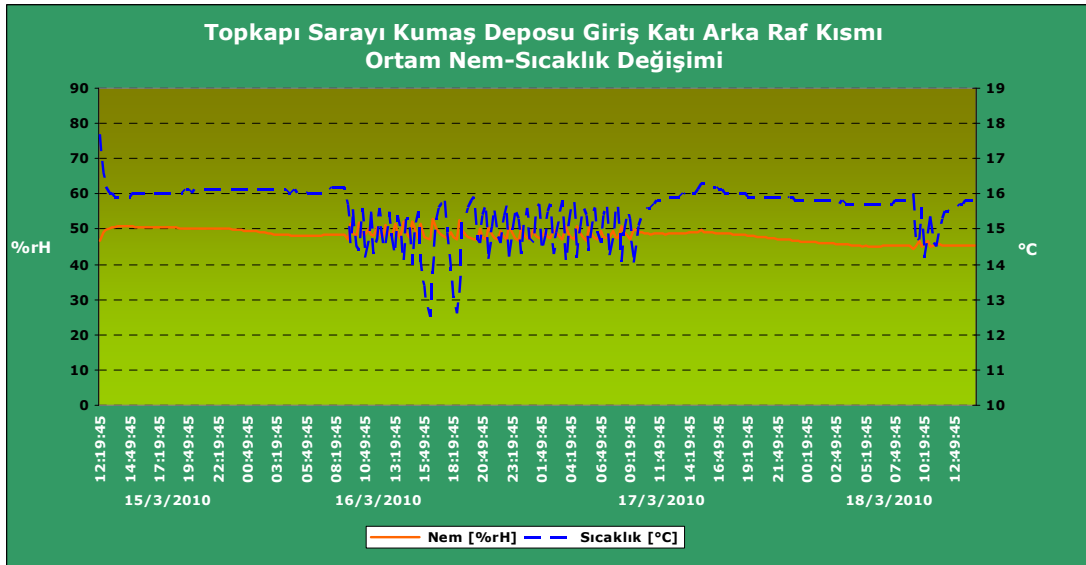
Şekil 3.4. Arşiv Deposu Üst Kat Oda Ortam Nem-Sıcaklık Değişimi.



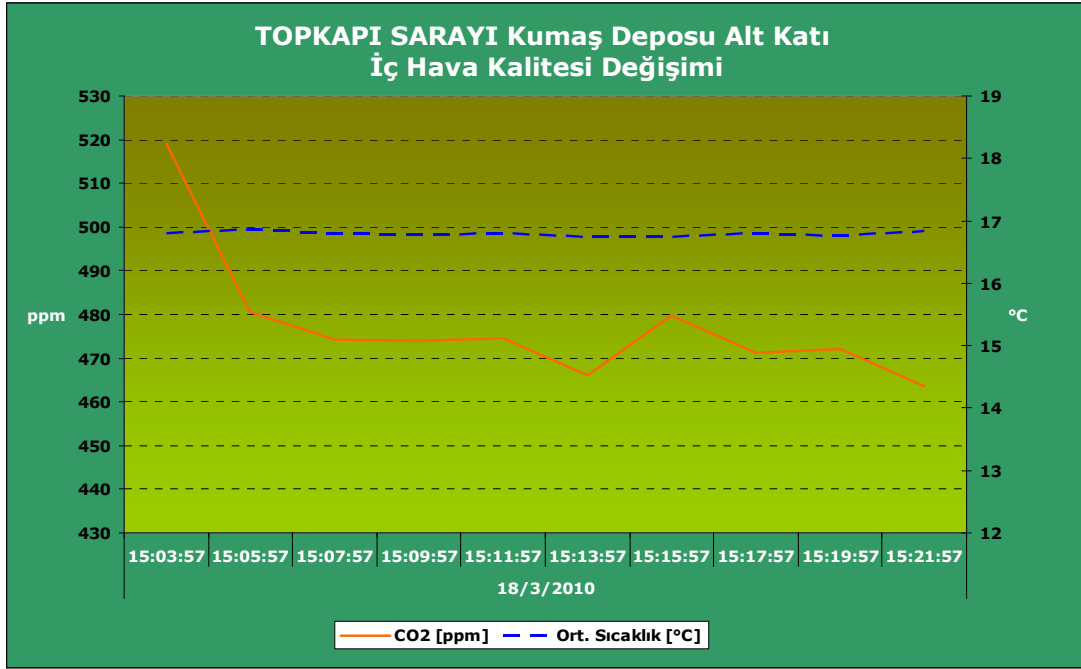
Şekil 3.5. Arşiv Deposu Üst Kat Koridor Ortam Nem-Sıcaklık Değişimi.



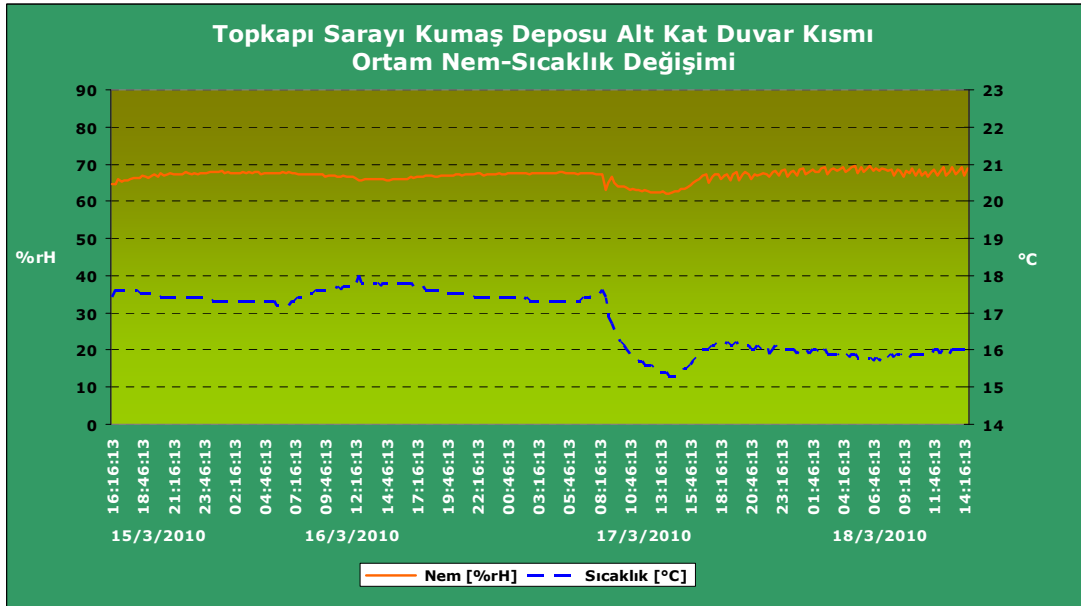
Şekil 3.6. Kumaş Deposu Giriş Katı İç Hava Kalitesi Değişimi.



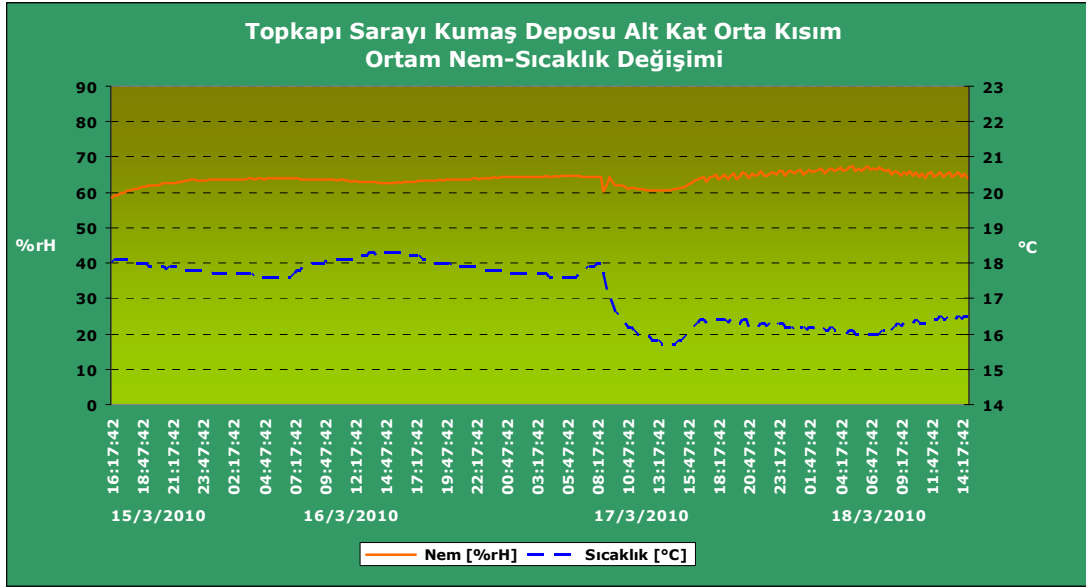
Şekil 3.7. Kumaş Deposu Giriş Katı Arka Raf Kısmı Ortam Nem-Sıcaklık Değişimi.



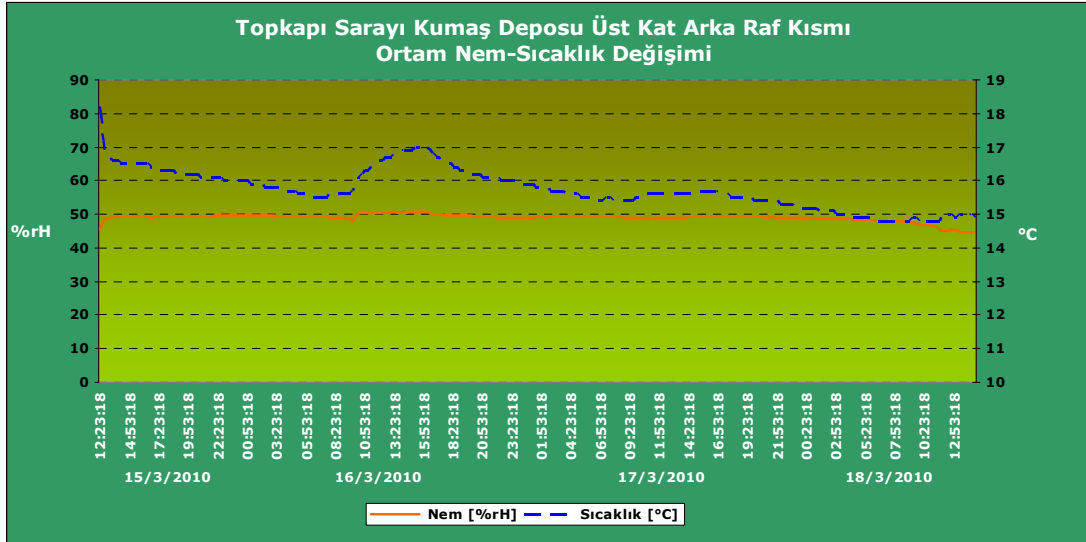
Şekil 3.8. Kumaş Deposu Alt Kat İç Hava Kalitesi Değişimi.



Şekil 3.9. Kumaş Deposu Alt Kat Duvar Kısmı Ortam Nem-Sıcaklık Değişimi.

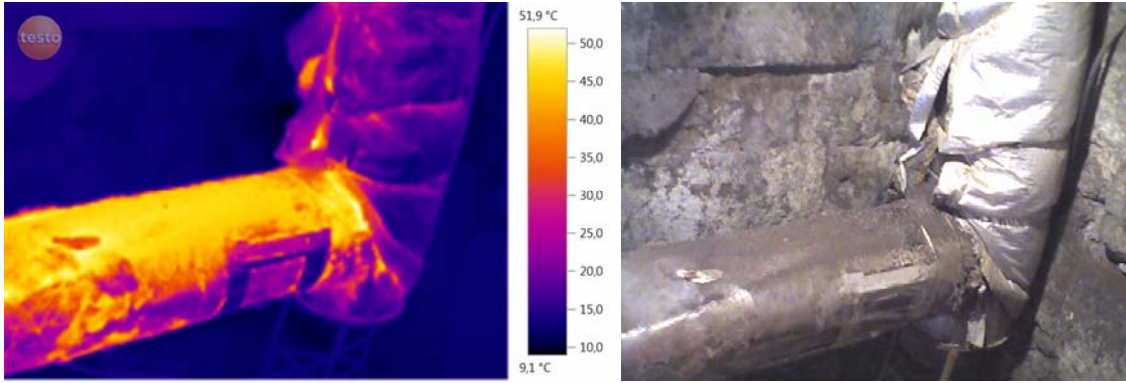


**Şekil 3.10.** Kumaş Deposu Alt Kat Orta Bölüm Ortam Nem-Sıcaklık Değişimi.

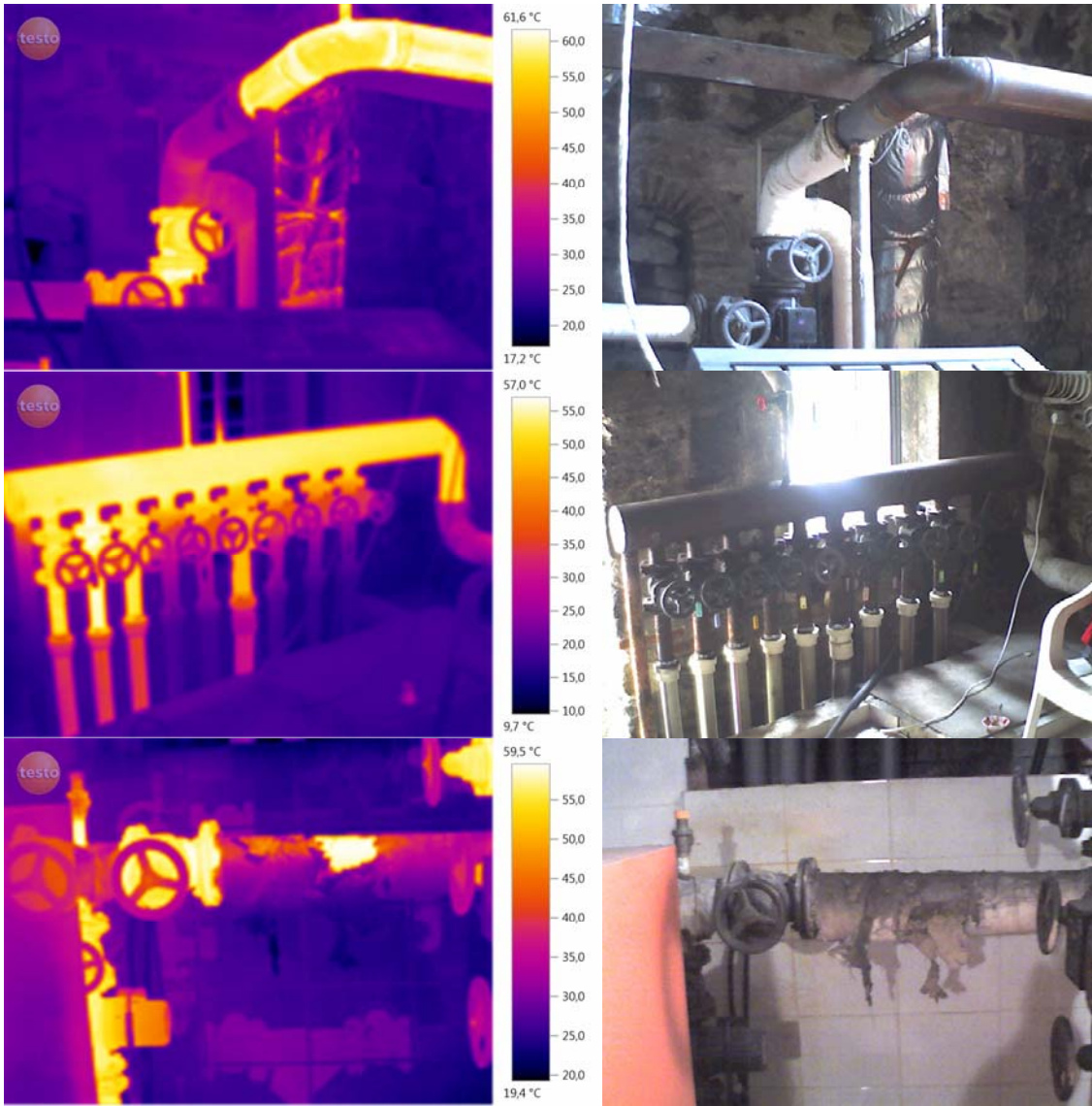


**Şekil 3.11.** Kumaş Deposu Üst Kat Arka Raf Kısım Ortam Nem-Sıcaklık Değişimi.

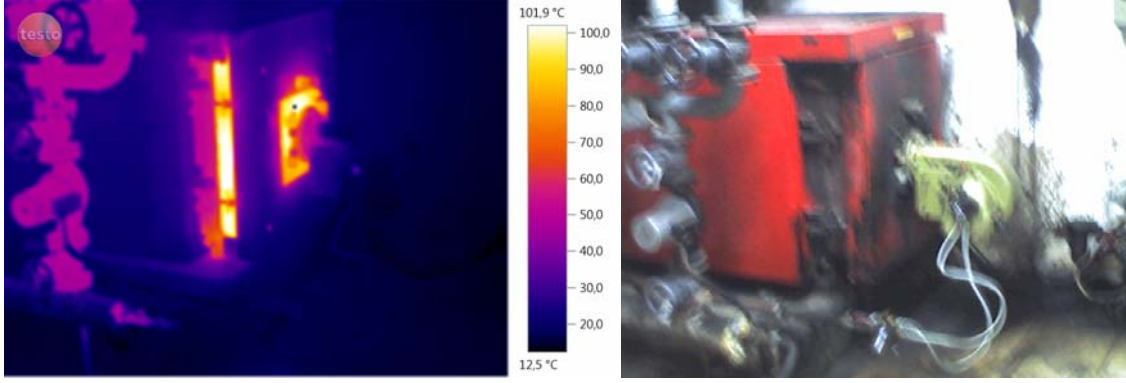
## Termal Görüntüler



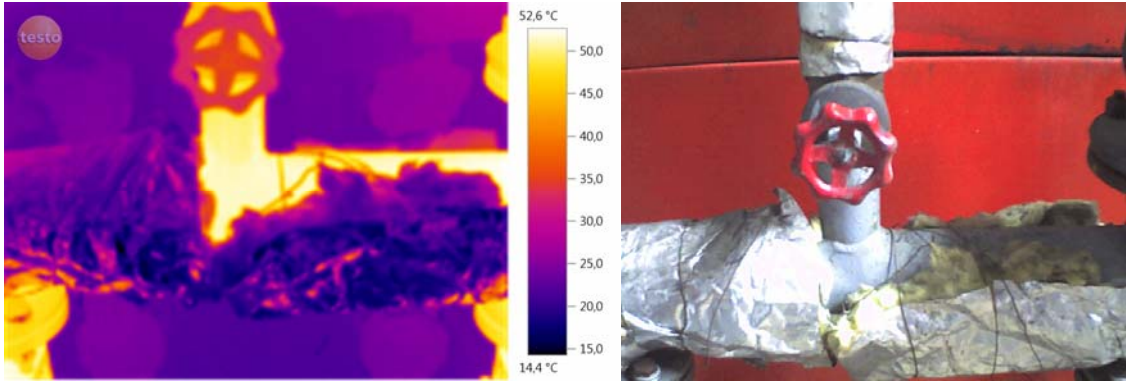
Resim: Kazan Bacası



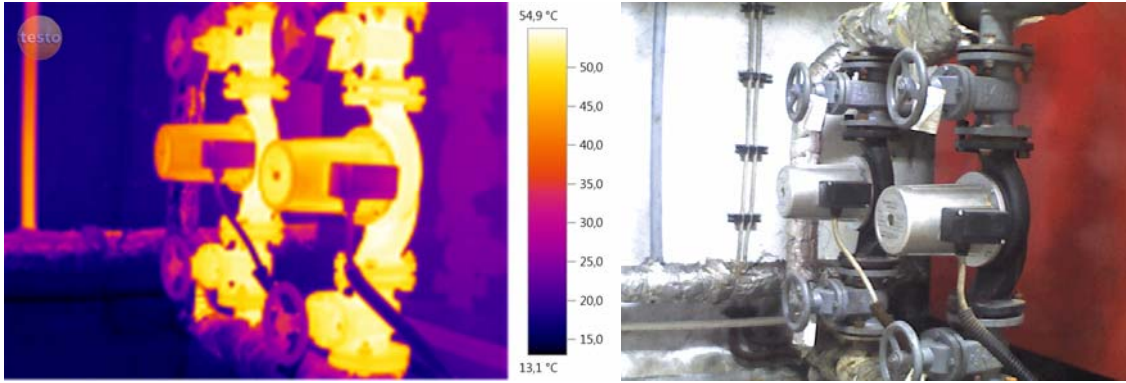
Resim: Isıtma Tesisatı



**Resim: Kazan**



**Resim: Armatürler**



**Resim: Pompalar**

### 3.3. İslam Eserleri Müzesi



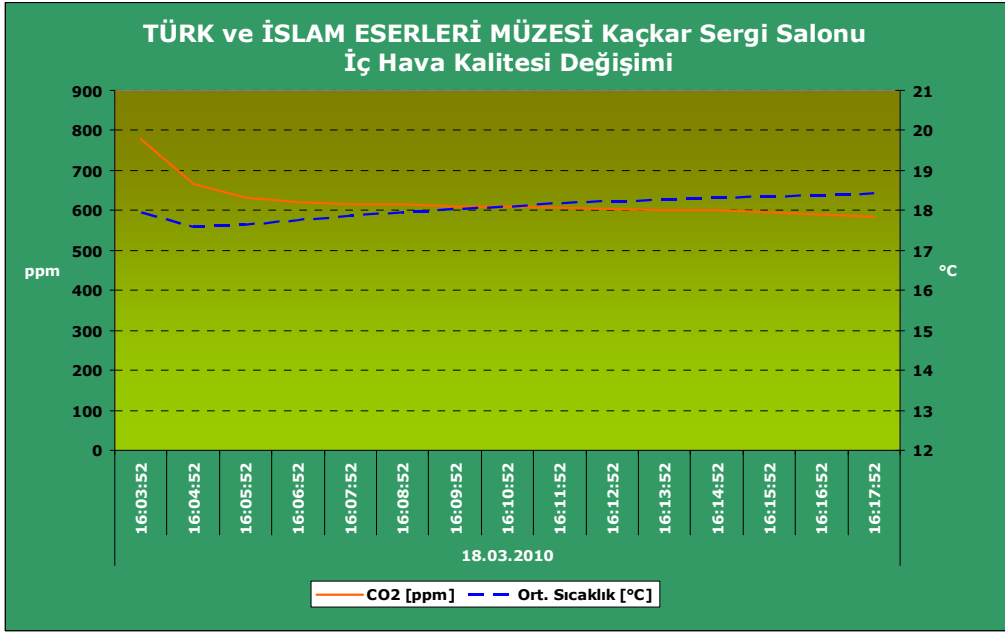
Yapı gurubu, bir orta bahçe etrafındaki birbirine bağlı mekanlardan oluşmaktadır. Koridorlar ve bazı mahaller sanat eserlerinin sergilenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Metal, cam, ahşap (rahle, eski süslemeler vb.), yazma eserler, halı, etnografik eserler (kumaş vb.) gibi eski sanat eserleri bulunmaktadır. Eserler sergi mahallerinde ve depolarda (teşhir fazlası) bulunmaktadır. Bu eserler genellikle karışık biçimde ve aynı mahallerde sergilenmektedir. Saklama ve teşhir koşulları ile ilgili bir standart veya talimatname burada da olmadığı öğrenilmiştir. Yapıda idari, güvenlik, hizmetli olarak çalışan personel bulunmaktadır. Çizelge 3.3'de Müzenin enerji tüketimleri verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** 2009 Yılı Ortalama Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri.

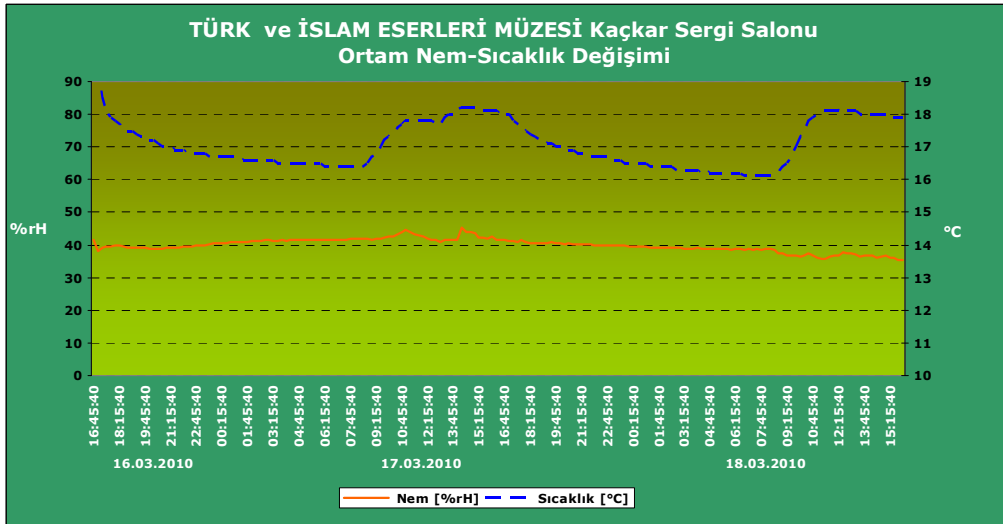
2009 ENERJİ TÜKETİMİ	TÜKETİM				MALİYET		BİRİM MALİYET
	Miktar	Birim	TEP	% Toplam	TL	% Toplam	TL / TEP
Elektrik (alınan)	7.818	kWh	0,67	96,7	78.347	75,0	116.936
Doğal Gaz	23.890	m <sup>3</sup>	19,71	3,3	26.144	25,0	1,0943
TOPLAM			20,38		104.491		

Sıcaklık, nem ve iç hava kalitesi ölçümleri ise aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.

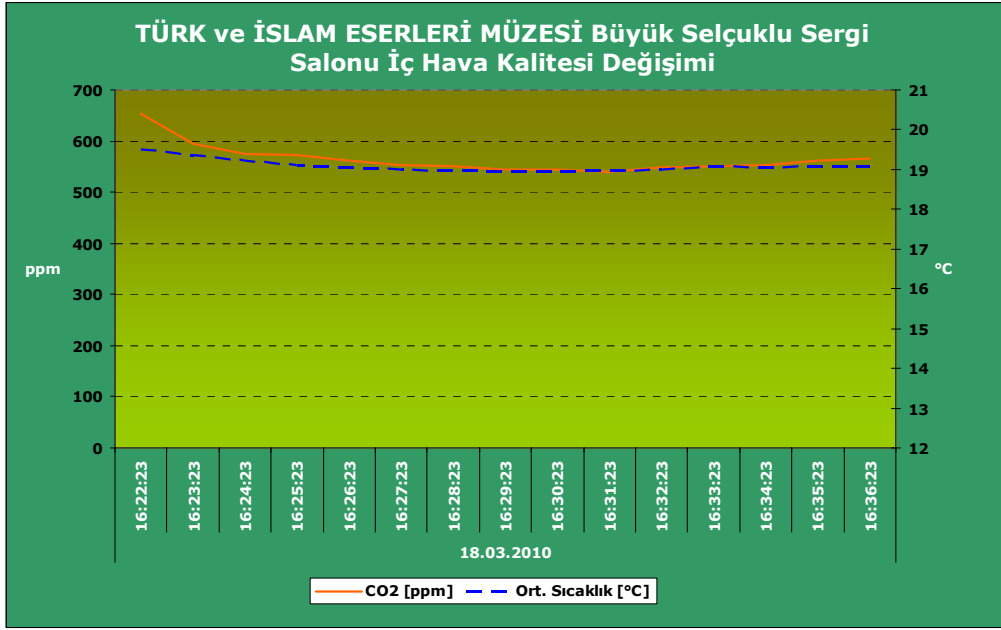




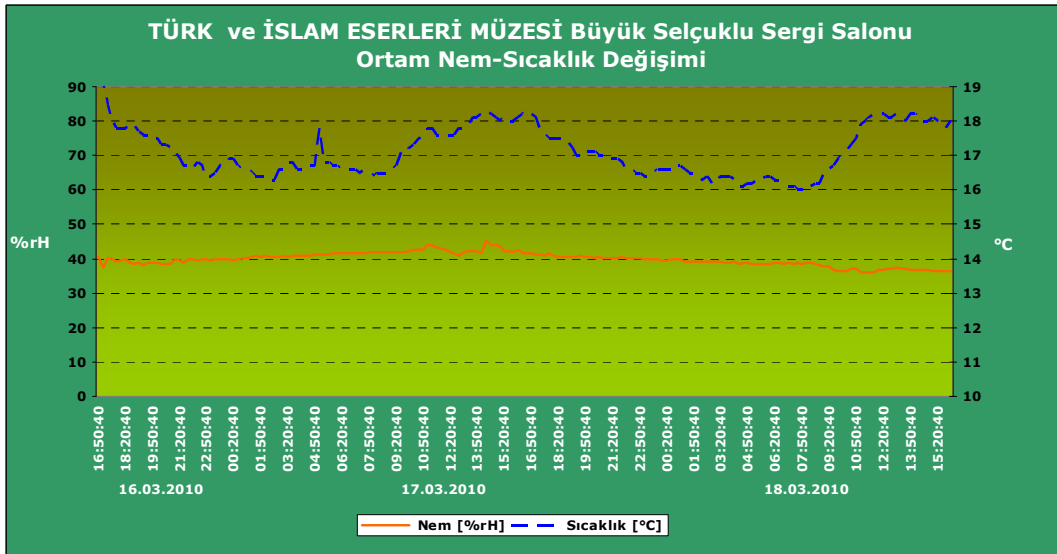
Şekil 3.11. Kaçkar Sergi Salonu İç Hava Kalitesi Değişimi.



Şekil 3.12. Kaçkar Sergi Salonu Ortam Nem-Sıcaklık Değişimi.



Şekil 3.13. Büyük Selçuklu Sergi Salonu İç Hava Kalitesi Değişimi.



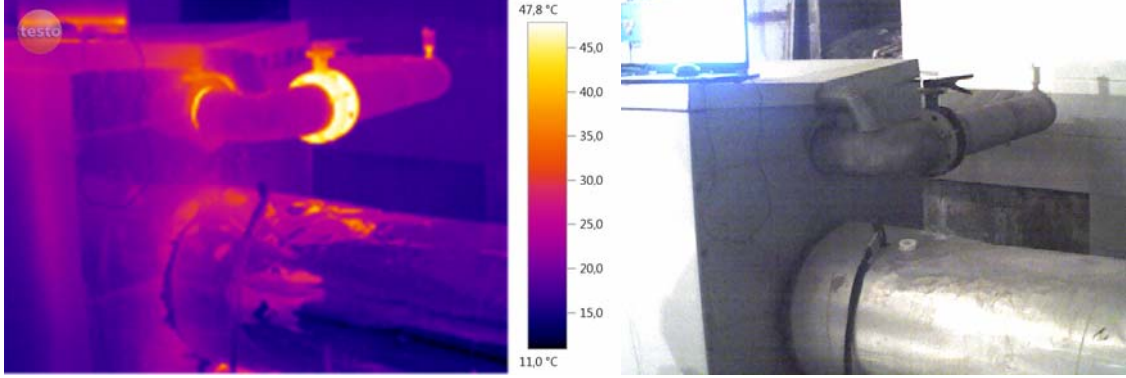
Şekil 3.14. Büyük Selçuklu Sergi Salonu Ortam Nem-Sıcaklık Değişimi.

Sıcaklık ve nem: Burada en hassas eserler olan kağıt ve kumaş eserlerin depolandığı alanlardan alınan ve yukarıdaki grafiklerde verilen sıcaklık ve nem değerlerinin incelemesinde bağıl nemin %40 civarında, sıcaklığın ise 15-19°C arasında değiştiği görülmektedir. Bu ölçümlerde nem değerleri uygun, ancak sıcaklıkların düşük olduğu görülmektedir. Ancak yeterli bir HVAC sistemi bulunmadığından sıcaklık ve nem değerleri dış sıcaklıklara bağlı olmaktadır. Bir başka ifade ile yukarıdaki grafiklerdeki değerler yılın mevsimlerini temsil edememektedir.

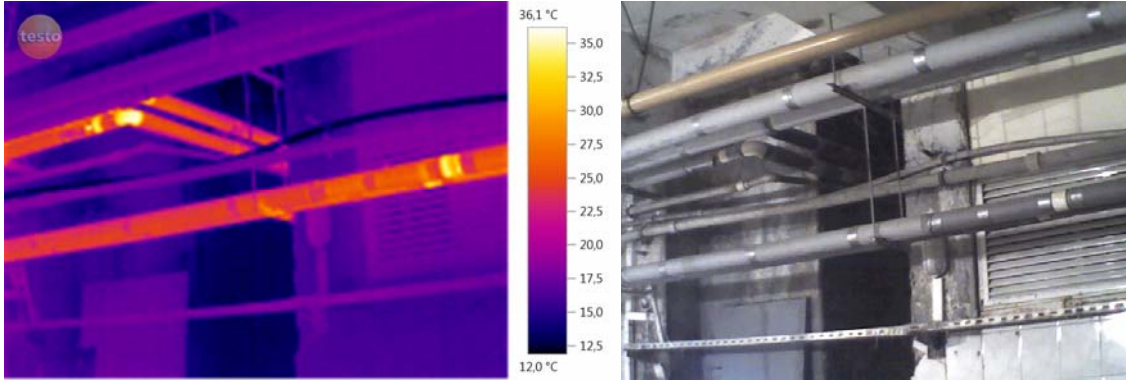
İç hava kalitesi: Grafiklerde görüldüğü üzere iç mekanlarda CO<sub>2</sub> seviyesi 550 ppm ile 750 ppm arasında değişmektedir. Dış havadaki CO<sub>2</sub> seviyesi 400 ppm alınırsa ölçülen değerlerin bir miktar yüksek olduğu söylenebilir. Ancak istatistiksel olarak tüm yılı temsil edebilecek ölçüm yapılmadığı için bu durumu genelleştirmenin doğru olmayacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca özellikle sanat eserlerinin bulunduğu mekanların hava kalitesi hakkında yalnızca CO<sub>2</sub> seviyesine bakarak değerlendirme

yapılamaz. Bu bağlamda toz, küf, VOC'lar ve diğer kirleticiler hakkında bu şartlarda fikir yürütmek mümkün olamamaktadır.

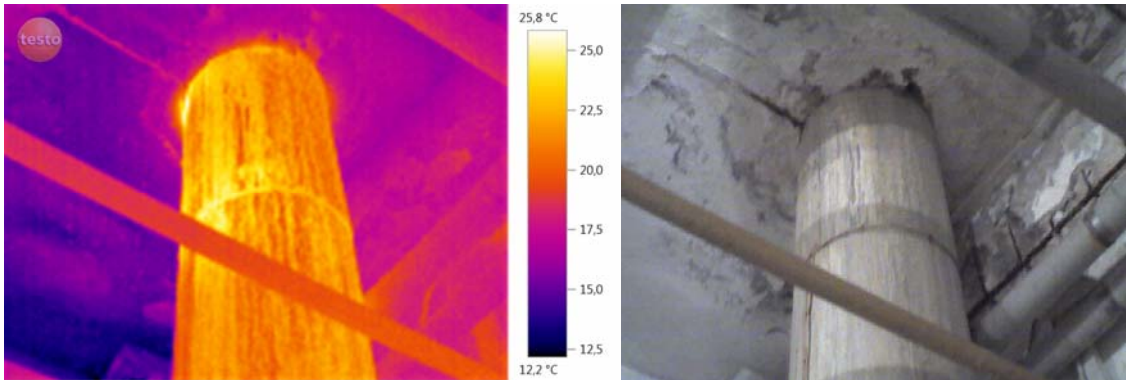
Müze'nin çeşitli bölgelerinden alınan termal resimlerde birçok ısı köprüsü (ısı kaybı noktaları) belirlenmiştir.



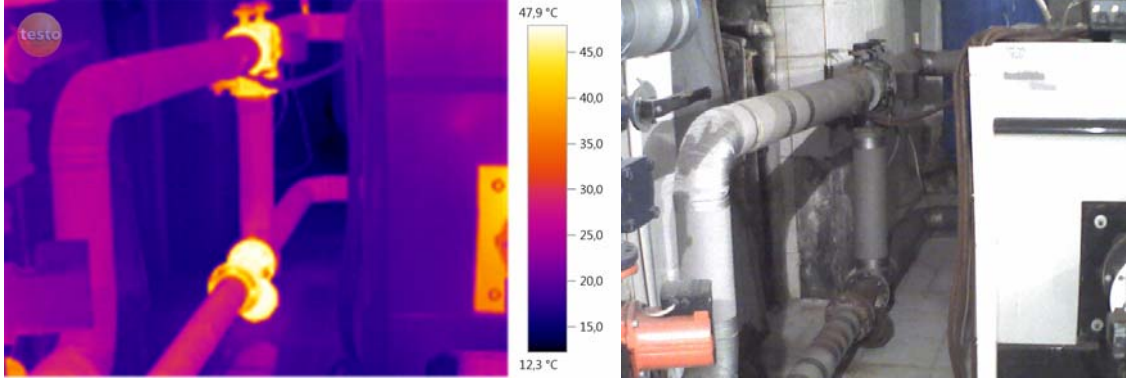
**Resim: Kazan Baca Çıkışları**



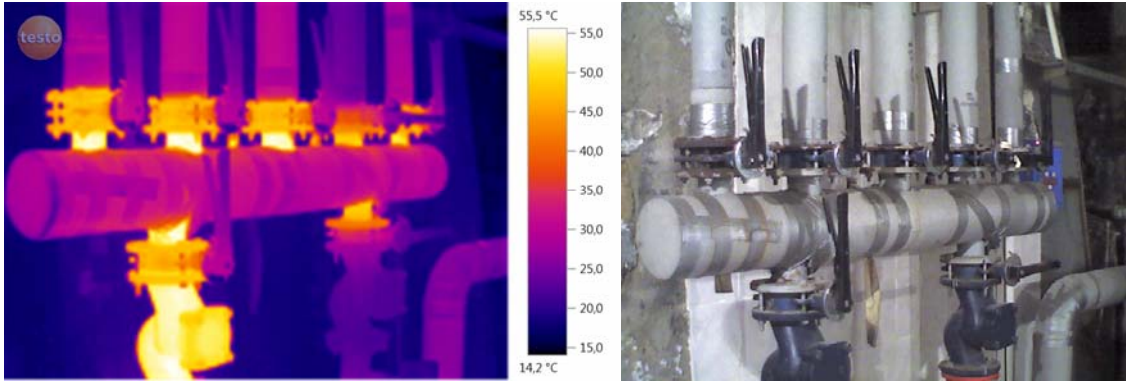
**Resim: Borular Dirsekler**



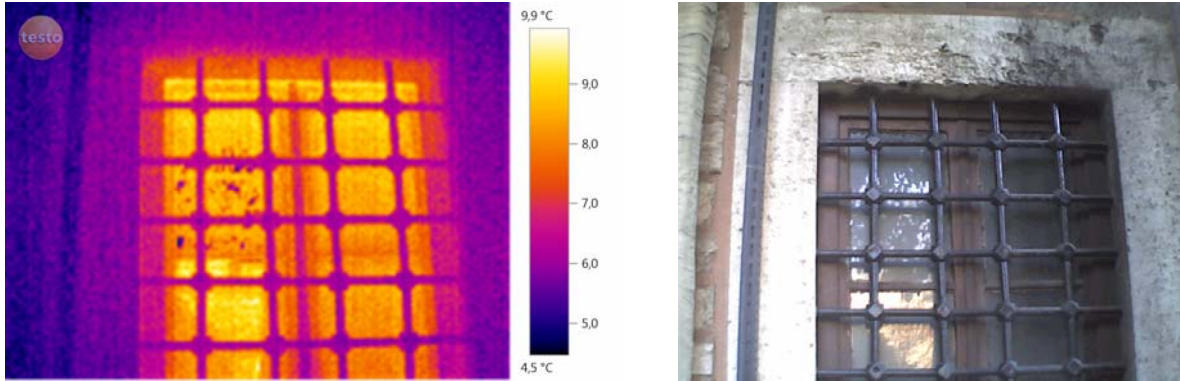
**Resim: Baca Borusu**



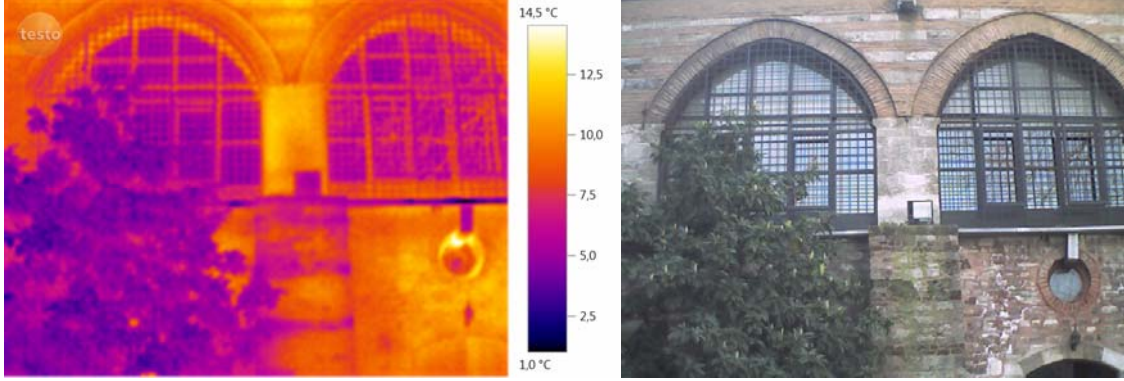
**Resim: Boru Bağlantıları – Vanalar**



**Resim: Sıcak Su Dağıtıcı – Vanalar**



**Resim: Pencere**



Resim: Bina Kabuğu

### 3.4. Değerlendirme

#### 3.4.1. Enerji Tüketimi Yönünden Değerlendirme

Her üç binada da dış duvarlar çok kalındır. Yıl boyunca ölçüm alma olanağı olmamakla birlikte duvarların kalın olması günlük sıcaklık dalgalanmalarını azaltmakta olup, bu durum olumludur. Ancak yapılar tek camlı ve uygun olmayan çerçevelere sahiptir. Bunların çift güneş kontrollü camlarla ve bina yapısına uygun ve ısı köprüsüz doğramalarla değiştirilmelerinin uygun olacağı değerlendirilmektedir. Böylece mevcut duruma göre enerji verimliliği sağlanabilecektir.

#### 3.4.2. İç İklimsel Şartlar Yönünden Değerlendirmesi

Yukarıda belirtildiği üzere bu müzelerde yeterli HVAC sistemleri bulunmadığından sıcaklık, nem, hava kalitesi değerleri kararlı değildir ve dış hava etkilerine açık durumdadır. Bu ise eserler için oldukça zararlı sonuçlar doğurabilir.

## 4. MÜZELERDE HVAC TASARIMI

Yukarıda, müzelerde olması gereken iç koşullar ile bizim müzelerimizdeki fiili durum verilmiştir. Görüldüğü üzere Dünya kültür mirası olan eserlerin saklanabilmesi için bir takım kriterler bulunmaktadır. Ancak tarafımızca yapılan ölçümlerde; her üç müzedeki mevcut durumun standartlardaki kriterleri sağlayamadığı, dahası neredeyse tümü ile dış iklimsel etkenlere açık biçimde sergilendiği veya saklandığı belirlenmiştir. Ülkemizdeki diğer müzelerde de durumun benzer olduğu değerlendirilmektedir.

Tarihi ve sanat eserlerinin çevresel etkenlere verdikleri tepki değişken olup çoğu zaman malzemelerin ciddi biçimde yaşlanmasına kadar belirlenememektedir. Ayrıca aynı tip obje sınıfındaki bir obje bile benzerlerine oranla daha değişik tepkiler verebilmektedir. Bir çok objeyi, makul bir maliyetle güvenli ve koruyucu bir çevre yaratarak korumak olanaklıdır. Ayrıca küçük sanat eserleri ve koleksiyonlar için korumayı belirli sınırların ötesine taşımak pratik olmamaktadır. Özel sorunlara ya da risklere sahip sanat eserleri için, ayrı (özel) mikro çevreler oluşturmak makul bir çözüm gibi gözükmemektedir. Ayrıca müzeler, kütüphaneler ve arşivler dar bütçeli ve genellikle kar amacı gütmeyen kuruluşlar olduklarından, çok hassas sıcaklık, nem kontrolü ve kirleticilere karşı yüksek filtrasyon, uzun vadeli sürdürülebilirliği tehlikeye atabilecek bir yaklaşım olabilir. En iyi teknoloji üzerinde ısrarcı olmak, HVAC sistemlerinin etkili, koruyucu ve gerekli olan rolünü değil fakat, ister istemez yararlı mühendislik çözümlerinin bulunamadığını gösterir.

İdeal durum, her tesisteki sıcaklık, nem, kirlenme seviyesi ve toleranslarının, koleksiyonun gereklerini ve yıpranma faktörlerini çok iyi bilen bir müze uzmanı ve daha önce değişik tipte koleksiyonun gereksinmelerini karşılayacak sistemleri tasarlamış bir mühendisin birlikte çalışmasıyla belirlenmesidir.

Böylesi bir yaklaşım, olasılıkla koleksiyon için maksimum ömrü sağlayacak olan değerlerin ortaya koyabilir.

Kullanılan HVAC sisteminin türü, projenin çevreye ilişkin hedefleri gerçekleştirmede çok önemlidir. Müzelerde genellikle hava değişim sayısı saatte 6-8 arasında alınabilmektedir. Bu gereklilikler genellikle sabit hacimli sistemlerle daha iyi sağlanır. Çoğu zaman göz ardı edilen sorunlar bakım amaçlı ulaşım, HVAC sistemlerinde arızalar, yedekleme, kesintilerden kaynaklanan riskler ekipmanlardan olabilecek sızıntılardır. Koleksiyon alanının üstünden ya da içinden geçen buhar ve su boruları olasılıkla kaçak potansiyeli taşır. Bazı sistemler hiç boru kullanmaksızın tam bir kontrol sağlar. Buna karşın bazıları ise zonlara giden ve koleksiyon alanının üstünden ya da içinden geçen, sızdırma olasılığı olan boruları içerebilir. Sızıntılar ve bunlara uygulanan bakım işlemleri mahallerin etkili kullanımını azaltırken, mahal kullanım veriminin düşmesine neden olur. Bu tür riskler nedeniyle tüm hava sistemlerinin kullanımı uygun olacaktır. Bu sistemler filtrasyon, nem alma, nemlendirme, bakım ve izleme işlemlerini koleksiyon mahallerinden uzaklaştırır. Kanal sistemi elde etmek için yapılan yatırım koleksiyon mahallerindeki kesintilerin azaltılması yoluyla önemli bir geri kazanım sağlarken, dağıtım sisteminin ömrünü ciddi biçimde artırır. Bu bağlamda yurt dışında bazı müzelerde 60 yıllık çok zonlu ve kanallı sistemlerin hala kullanıldığı görülmektedir.

Fan coil birimleri. Koleksiyon alanlarının üstüne yerleştirildiklerinde, fan coil'ler sorun yaratabilir. Fan coil birimleri bakım işlemlerinin merkezi bir yerde değil, buldukları yerde yapılmasının gerekmesi nedeniyle bakım maliyetinde artış getirebilirler. Yerel soğutma yaptıklarından, sızıntı yapmaması ve zaman içerisinde birikmemesi için su boşaltma bağlantılarına gerek vardır. Ancak eserler çok pahalı olduğu için gerekiyorsa sulu sistem kullanmamak çok daha doğru olur. Burada her birime dört adet boru bağlantısı gerekir ki bu uyarılma sızıntı yapma olasılığını artırır. Aynı zamanda, fan coil birimleri, koleksiyon alanlarında gerekli olan filtrasyon ve nemlilik kontrolünü nadiren gerçekleştirirler.

Değişken hava hacmi (VAV). Bir uygulamada uygun olmasına karşın VAV sistemleri, yetersiz nem kontrolü, uygunsuz olmayan hava miktarları, bakım zorlukları gibi çoğu koleksiyon alanları için uygun olmayabilmektedir. Ancak mahal ve bütçe kısıtlamaları nedeniyle seçilirse doğru tasarlanmış bir VAV sistemi için gerekli olan mahal ve bütçe kısıtları (tam filtrasyon, yerel nemlendirme, nem alma, hava miktarı ayarlamaları, boru tesisatı ve bakım için ulaşım, iyi bir işletim talimat dokümantasyonu gereksinimi vb.) bu sistemlere her zaman sabit hacimli sistemlere göre üstünlük getirmez. Buna karşın VAV sistemleri sabit hacim sistemlerine (CAV) göre önemli düzeyde enerji tasarrufu sağlar. Eğer kullanılırsa, bir müze VAV sistemine, küf üremesini, kir birikimini ve mahallerde uygunsuz koşulları azaltmak için minimal hava miktarı ile çalışan, yeniden ısıtmalı bir sistem olarak bakılmalıdır. Her zon terminali yeniden ısıtma serpantini içermeli ve ya mekanik ekipman odasına ya da ulaşım ve servis işlemlerinin koleksiyonu tehlikeye atmayacağı bir yere yerleştirilmelidir. Eğer VAV performansı sorun yaratıyorsa, bu sistem sadece otomatik kontrolün ayarlanmasıyla sabit hacimli bir sisteme de dönüştürülebilir.

Enerji verimliliği. Nem alma işlemlerinde yeniden ısıtma kaynağı olarak kondenser ısısının kullanılması enerji verimini artırması yanında, nem alma maliyetlerini önemli ölçüde düşürebilir. Hava tarafı bir ekonomizerin sorun yaratmasına rağmen, su tarafı ekonomizeri, kondenser suyunu kullanarak verimli bir kış soğutması sağlayabilir. Ayrıca tasarım ve sistem seçiminde dış iklim şartları anahtar önemdedir. Gündüz ve gece çalışmasında yük değiştiğinden, özellikle müzelerde, gece yükleri bir free cooling su soğutucusu ile karşılanabilir. Gece dışarının soğuk olması ve düşük gece elektrik tarifeleri buz ve ısı depolamayı uygun bir seçenek haline getirmektedir. Benzer biçimde, iki yollu kontrol vanaları içeren primer sekonder pompalama, gün içerisinde ve alandan alana değişen yüklerin karşılanmasında yararlı olabilir.

Gün ışığından yararlanma. Enerji tasarrufu amacıyla çoğu zaman doğal ışığın kullanılması önerilir. Ancak koleksiyonlarda gün ışığı kullanımının bir sınırı olmalı ve verilmesinden kaçınılmalıdır.

Nemi kontrol edilen ısıtma. Bu yaklaşımda, ısıtma sistemi termostat yerine bir humidistat (nem ölçüm cihazı) ile kontrol edilerek soğuk nemli hava, bağıl nemin %50'ye inmesine kadar ısıtılır. Humidistatla kontrol edilen ısıtma sisteminin kış koşullarındaki konforu sağlamayacağı açıktır.

Hibrid sistemler. Bu yaklaşım radyatif ve konvektif (cebri havalı) ısıtmanın optimal bileşimini kullanarak müze ve kütüphanelerdeki koruyucu çevreyi geliştirmek için kullanılır. Hibrid sistemler, tarihi ve sanat eserleri için koruyucu bir çevre oluşturma ile insansal konfor arasında uygun bir denge de kurabilmektedir. Örneğin bir kütüphanede insanların gereksindiği konfor ısı radyasyonla sağlanırken, düşük sıcaklıklarla kitapların ömürleri uzatılabilir. Daha da ötesi, cebri havalı sistemler duyulur ısıtma ve soğutma yüklerini karşılamak durumunda olmadıklarından, daha duyarlı bir nem kontrolü ile nem değişikliklerine daha hızlı tepki verme sağlanabilir. Tipik bir hibrid sistem panel ısıtma ve soğutma ile cebri hava sistemini bünyesinde birleştirir.

## SONUÇ

Müzeler; galeriler, okuma salonları, araştırma odaları, laboratuvarlar, konferans salonu, veri depoları, depolama alanları, kafeteryalar, oditoryumlar, nadir kitap mahalleri, bürolar ve çalışma odaları gibi mahallerden oluşur. Koruyucu bir çevre için HVAC sistemi, kurumun karşılayabileceği maliyetlerde, koleksiyonlar için minimum risk yaratacak nitelikte, mahal içerisinde nemin, sıcaklığın ve hava hareketlerinin homojen biçimde kontrol edildiği, havanın filtre edildiği bir ortam sağlamalıdır. Buralara yönelik HVAC sistemleri genelde aşağıdaki kategorilere ayrılabilir:

- a) galerileri ve çevre duyarlılığı objeleri ihtiva eden mahaller,
- b) kütüphane ve arşivleri içeren mahaller,
- c) kağıt temelli koleksiyonların depolandığı ve kullanıldığı mahaller,
- d) film ve diğer medya barındıran diğer mahaller.

Müze HVAC tasarımındaki temel gereklilik, düşük ya da sınırlı bir bütçeyle yüksek işletme performansı elde edilmesidir. Bu durum işletme maliyeti ve sorunlarını azaltma yönünde sistemlerin ilk yatırımlarına odaklanmayı gerektirir.

## KAYNAKLAR

- [1] "Isıtma+Klima Tekniği Elk Kitabı- RECKNAGEL", 2003, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği (TTMD) Yayını No:11, İstanbul.
- [2] "Düşük Sıcaklıklı ısıtma yüksek sıcaklıklı soğutma", 2009, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği (TTMD) Yayını No:24, İstanbul.
- [3] "ASHRAE Uygulama El Kitabı", 2004, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği (TTMD) Yayını No:16, İstanbul.
- [4] Blaszcok M., Kaczmarczyk J., Gryierek F. , "Microclimate (Indoor Air Quality) In Museum Buildings In Poland", 10. Rehva Dünya Klima Kongresi, Mayıs 2010.
- [5] Maekawa S., Conrad E, "Conservation-Focused Climate Control System for an 18th Century House Museum in the Forbidden City, China", 10. Rehva Dünya Klima Kongresi, Mayıs 2010.

## ÖZGEÇMİŞ

### İbrahim ÇAKMANUS

1960 Giresun doğumludur. Makina Mühendisliği bölümlerinde olmak üzere KTÜ'de lisans, ODTÜ'de yüksek lisans, Gazi Üniversitesi'nde doktora yapmıştır. Çalışmalarını, binalarda ve sanayide enerji verimliliği uygulamaları (proje, etüt, uygulama), yüksek performanslı binalar (yetkili serbest müşavir - mühendis) alanlarında sürdürmektedir. "Binalarda Sürdürülebilirlik: Ömür Boyu Maliyete İlişkin Yaklaşımlar" ve "Endüstriyel Fanlar: Tasarım, İmalat ve Enerji Verimliliği" isimli yayınlanmış iki kitabı ile

çeşitli dergilerde yayınlanmış çok sayıda teknik makaleleri bulunmaktadır. Makina Mühendisleri Odası, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği (2002–2009 arasında Yönetim Kurulu üyesi- genel sekreterlik), Türk Isı Bilim ve Tekniği Derneği (Yönetim Kurulu Üyesi) ve Uygulamalı Termodinamik Derneği üyesidir (Danışma Kurulu üyesi). Halen Çakmanus Mühendislik Enerji San. ve Tic. Ltd. Şti. Genel Müdürü olarak bina mekanik tesisat SMM ve enerji verimliliği konularında proje, danışmanlık ve etüt işleri yapmaktadır.

## Arif KÜNAR

1989 ODTÜ'den Elektrik-Elektronik Mühendisi olarak mezun olmuştur. Halen kurucu ortağı olduğu EDSM Enerji Şirketi'nde Genel Müdür ve ODTÜ-MATPUM'un da "Enerji ve Çevre Danışmanlığını" yürütmektedir. Binalarda Enerji Yöneticisi Sertifikası, Bina Enerji Kimlik Belgesi Eğitmen ve Uzman Sertifikası'na sahiptir.

Elektrik Mühendisliği, 3E, Yeni Enerji, Yeşil Bina ve BEST Bina Teknolojileri Dergilerinde yayın kurulu üyesi ve yazardır. Enerji, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji, yüksek performanslı sürdürülebilir "yeşil" binalar ve çevre konularında yayınlanmış 2 kitabı, 3 broşürü, 200 den fazla gazete-dergide ve konferanslarda makalesi-tebliği bulunmaktadır.

Yüksek performanslı sürdürülebilir, çevre-iklim dostu ve enerji verimli binalar konusunda 2008 yılında "tasarım ödülü" kazanan ODTÜ-MATPUM'da, ODTÜ de yapılmış olan KIZILAY Ar-Ge Binasında, ODTU-SABANCI-MUĞLA–19 MAYIS Üniversitelerinin ortak olarak hazırlamakta oldukları "İklim Dostu Kampus Projesi"nde, MATPUM tarafından TOKİ Toplu konut Projeleri için "enerji verimli ve çevre dostu" standartlarının geliştirilmesinde, TEKNOKENT'te yapılacak olan Türk Telekom Ar-Ge Binası yarışmasında, GAP Müdürlüğü Urfa Konukevi'nin "yeşil bina" projesinde "enerji ve çevre danışmanlık" görevlerinde bulunmuştur.

"Yenilenebilir Enerji, Yenilenebilir Enerji ve Bölgesel Kalkınma, Enerji Verimliliği, Sürdürülebilir Yapılar" konularında; ODTU Şehir ve Bölge Planlama, İnşaat Mühendisliği Bölümlerinde derslerde sunuşlar yapmış, Mimarlık Fakültesinde; "Sürdürülebilir Toplu konutlar ve LEED" konulu tezde jüri üyeliğinde bulunmuştur.

ODTÜ-MATPUM dışında da; "Sürdürülebilir ve Enerji Etkin Ar-Ge Merkezi, Hotel, Tatil Köyü, İş-Merkezi, Alışveriş Merkezi, Hastane, Okul, Konut" tasarım ve projelerinde yer almaktadır. Ayrıca birçok mimari projede ve yarışmada, "enerji ve çevre danışmanı" olarak yer almıştır.

Türkiye'nin en çevreci Oteli; TUI'den sürekli ödül kazanan "yeşil yıldız" sahibi İberotel Sarıgerme Park'da enerji etütü ve enerji danışmanlığı yapmaktadır ve yine en çevreci otellerinden, "yeşil yıldız" sahibi İstanbul Conrad Oteli'nde J. Diversey ile enerji verimliliği etütleri yapmıştır.

Türkiye'nin ilk ve tek LEED PLATINUM Sertifikası'nı alan Eser Yeşil Yönetim Binası'nın enerji ve çevre danışmanlığını; Prof. Dr. Haluk Pamir, Prof. Dr. Birol Kılıç, Dr. İbrahim Çakmanus ile birlikte yapmıştır.