

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MÜZELER İÇİN BİR İKLİMLENDİRME
SİSTEMİNİN TASARIMI: ÖRNEK BİR ÇALIŞMA

Zafer TÜYSÜZ

Ekim, 2019
İZMİR

MÜZELER İÇİN BİR İKLİMLENDİRME SİSTEMİNİN TASARIMI: ÖRNEK BİR ÇALIŞMA

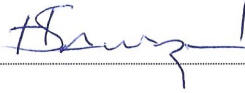
**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Enerji Programı**

Zafer TÜYSÜZ

**Ekim, 2019
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ZAFER TÜYSÜZ, tarafından **PROF.DR. HÜSEYİN ŞALVARLI** yönetiminde hazırlanan “**MÜZELER İÇİN BİR İKLİMLENDİRME SİSTEMİNİN TASARIMI: ÖRNEK BİR ÇALIŞMA**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Hüseyin ŞALVARLI

Yönetici

Prof. Dr. Yusuf SEREN

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Necdet ÖZBACI

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ders ve tez aşamalarında her türlü desteği verip, yardımlarını esirgemeyen sayın danışmanlarım, kıymetli hocalarım Prof. Dr. Hüseyin ŞALVARLI ve Prof. Dr. Mustafa AKTAŞ’a teşekkürlerimi sunarım.

Tez yazım sürecinde anlayışlarını esirgemeyen değerli eşim başta olmak üzere tüm aileme çok teşekkür ediyorum. Ayrıca değerli arkadaşım Merhum Ömer Emre YARAMIŞ’a yapmış olduğu yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı’na verdiği destek ve izinlerinden ötürü teşekkürlerimi sunuyorum.

Zafer TÜYSÜZ

MÜZELER İÇİN BİR İKLİMLENDİRME SİSTEMİNİN TASARIMI: ÖRNEK BİR ÇALIŞMA

ÖZ

Müzeler, eserlerin saklanıp sergilendiği ve bakımlarının yapıldığı mekânlardır. Eser tiplerine göre birçok müze çeşidi olup, özellikle arkeoloji, etnografya ve şehir müzeleri bunlardan bazılarıdır. Nesiller arası kültürel bir köprü olan müzeleri ve içerisinde bulunan eserleri gelecek nesillerimiz için korumamız gerekmektedir. Müzelerde eserleri tehdit eden birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden en önemlileri müze iç ortamının kuru termometre sıcaklık ve bağıl nem değerleridir. Tez kapsamında eserler üzerindeki kuru termometre sıcaklık ve bağıl nemim etkileri incelenmiştir ve müzeler için uygun iklimlendirme sistemlerinden nasıl olması gerektiğinden bahsedilmiştir. Çalışmamızda örnek olarak tarihi bir binaya sahip olan Anadolu Medeniyetleri Müzesinde yapılan iklimlendirme ve izleme faaliyetleri incelenmiş ve müze için örnek bir sistem önerisinde bulunulmuştur. Amerikan Isıtma Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Topluluğu (ASHRAE) tarafından müzeler için oluşturulan iklimlendirme sınıfları içerisinde “B” iklim sınıfı uygunluğunun aranmasının faydalı olacağı düşünülmüştür. Yapılmış olan ölçümlerde kuru termometre sıcaklığının yaklaşık olarak 16°C-27°C arasında uygun aralıkta kaldığı ve bağıl nemin de uygun şartlar arasında olduğu gözlemlenmiştir. Daha sonrasında COP değeri 4,16 olarak hesaplanan, atık ısı kaynaklı ısı pompalı bir klima santrali sistemi önerisi yapılmış ve sistemin doğalgazlı sistemlere kıyasla % 14 oranında bir tasarruf yapılabileceği görülmüştür. Ayrıca sistem ve enerji verimliliği gibi konularda önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Müze, iklimlendirme, kültür

DESIGN OF AN AIR CONDITIONING SYSTEM FOR MUSEUMS: A CASE STUDY

ABSTRACT

Museums are the places where the works are kept and exhibited and cared. There are many types of museums according to the types of pieces, especially archeology, ethnography and city museums. We need to protect the museums, which are cultural bridges between generations, and their works for future generations. There are many factors threatening the works in museums. The most important of these factors are dry thermometer temperature and relative humidity values of museum interior. In this study, the effects of dry thermometer temperature and relative humidity on the artifacts were investigated and it was mentioned how suitable air conditioning systems for museums should be. In addition, air conditioning and monitoring activities carried out at the Museum of Anatolian Civilizations, which has a historical building, were examined and a model system was proposed for the museum. It was thought that it would be beneficial to search for “B” climate class conformity in the air-conditioning classes created by the American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) for museums. It was observed that the dry bulb temperature remained in the appropriate range between 16°C and 27°C and the relative humidity fluctuated between favorable conditions. Then, an air handling unit system with waste heat source heat pump system, whose COP value was calculated as 4.16, was proposed and it was observed that the system could save 14% compared to natural gas systems. In addition, suggestions have been made on issues such as system and energy efficiency.

Keywords: Museum, air conditioning, culture

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
BÖLÜM İKİ – LİTERATÜR ÖZETİ.....	8
2.1 Müze iç ortam koşullarının nasıl olması gerektiği üzerine yapılan çalışmalar .	8
2.2 Müzelerde İklimlendirme Sistemi ve Ekipmanı Seçimi.....	12
BÖLÜM ÜÇ - MÜZELERDE İKLİMLENDİRME KAVRAMI	20
3.1 Müze Yapıları.....	20
3.2 Müze Mahalleri	21
3.3 Eserlerin Bozulma Süreci	23
3.4 Eserleri Olumsuz Etkileyen Parametreler	23
3.5 İklimlendirme Sistemi Seçimi	27
3.6 Psikrometrik İşlemler	28
3.7 Isı Pompaları.....	31
BÖLÜM DÖRT - MATERYAL VE METOT.....	33
4.1. Müzenin Mevcut İklimlendirme Sistemi.....	34
4.2 Sistem Önerisi	38

4.2.1 Kış Kliması Hesaplamaları	39
4.2.2 Yaz Kliması Hesaplamaları	48
4.2.3 Isı Pompası Hesaplamaları	54
BÖLÜM BEŞ - SONUÇ VE ÖNERİLER.....	58
KAYNAKLAR	62



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Mardin Müzesi binası	3
Şekil 1.2 El yazması Kur'an-ı Kerim	6
Şekil 1.3 Tunç şamdan	6
Şekil 2.1 Temsili müze projesi.....	12
Şekil 2.2 Sistemlerin m ² başına enerji maliyetleri	13
Şekil 2.3 Klima santrali şeması.....	14
Şekil 2.4 Enerji analizleri.....	14
Şekil 2.5 Modellenen müze mahalleri.....	15
Şekil 2.6 Difüzör konumları.....	16
Şekil 2.7 Farklı bina kabuklarına göre enerji tüketim değerleri.....	17
Şekil 3.1 Müze mahal şeması.....	22
Şekil 3.2 Eserlerin zamanla bozulma süreci	23
Şekil 3.3 100- 200 gün arasında küfün görünür hale gelmesi için sıcaklık ve bağıl nem eğrisi	26
Şekil 3.4 Görünür küf oluşumu için zaman grafiği.....	26
Şekil 3.5 Psikrometrik diyagram.....	31
Şekil 3.6 Isı pompası entegre edilmiş bir ısı geri kazanım ünitesi.....	32
Şekil 4.1 Müzenin konumu	33
Şekil 4.2 Müze teşhir salonlarını için kullanılan klima santralinin şeması.....	34
Şekil 4.3 Müze zemin kat planı.....	35
Şekil 4.4 “B” iklim sınıfı için örnek dalgalanma grafiği	36
Şekil 4.5 “71” nolu vitrinde yapılan bağıl nem/kuru termometre sıcaklığı ölçümleri.....	37
Şekil 4.6 Önerilen sistemin şematik gösterimi.....	38
Şekil 4.7 Orta hole ait kış kliması psikrometrik diyagramı	43
Şekil 4.8 Isı değiştiricinin şematik gösterimi	45
Şekil 4.9 Orta hole ait yaz kliması psikrometrik diyagramı	51
Şekil 4.10 Isı pompası lnP-h diyagramı	55

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 ASHRAE tarafından oluşturulan müzelerde eserler için bağıl nem ve kuru termometre sıcaklığı sınıflandırması	10
Tablo 2.2 İncelemesi yapılacak dört farklı bina kabukları.....	17
Tablo 4.1 Müzenin zemin katı yapı bileşenleri.....	40
Tablo 4.2 Arasta bölümü iletimle olan ısı kaybı hesap tablosu	41
Tablo 4.3 Orta hol bölümü iletimle olan ısı kaybı hesap tablosu.....	41
Tablo 4.4 Mahal ısı kaybı ve kazançları tablosu.....	43
Tablo 4.5 Orta hole ait hava şartları değerleri.....	44
Tablo 4.6 Klima santralleri hesaplamaları özeti	48
Tablo 4.7 “5” nolu yapı sınıfı için duvarlardan eşdeğer sıcaklık farkları	49
Tablo 4.8 Arasta bölümü iletimle olan ısı kazancı hesap tablosu	50
Tablo 4.9 Orta hol bölümü iletimle olan ısı kazancı hesap tablosu	50
Tablo 4.10 Mahal ısı kazançları tablosu	51
Tablo 4.11 Orta hole ait hava şartları değerleri.....	52
Tablo 4.12 Klima santralleri hesaplamaları özeti	54
Tablo 4.14 R134a’nın termofiziksel özellikleri	55
Tablo 4.14 Isı pompası bileşenlerine ait değerler	55

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Müze kelimesi Eski Yunanca “Mouseion” kelimesinden türetilmiştir. Yunan mitolojisinde, “Musalar” ismi verilen tanrıçalara adanan tapınak ve “Musalar için ayrılan tepe” anlamına gelmektedir. Daha sonrasında ise “museum” kelimesi şeklinde Latinceye geçmiş ve kullanımı genel bir kabul görmüştür (Gerçek, 1999). Ayrıca Milletlerarası Müzeler Konseyi (ICOM) Türkiye Milli Komitesi Yönetmeliğinde (1970) müzenin tanımını “Kültür eserlerini koruyan ve bu eserleri etüt, eğitim ve bedii zevki yükseltme amacıyla toplu halde teşhir eden kamu yararına çalışan, sanata, ilme sağlığa, teknolojiye ait koleksiyonları bulunan müesseselere müze adı verilir.” şeklinde yapmıştır (ICOM Yönetmeliği, 1970, s.605).

Müzeler, eserlerin saklanıp sergilendiği ve bakımlarının yapıldığı mekânlardır. Nesiller arası kültürel bir köprü ve hazine olan müzeleri ve içerisinde bulunan eserleri gelecek nesillerimiz için korumamız gerekmektedir. Müzeler aynı zamanda birer bilim kurumu olarak görülebilir. Müzeler medeniyetin nasıl şekillendiği konusunda bize ve gelecek nesillere fikirler verir. Arkeolojik kazılardan çıkan bir tarım aleti, tarım tekniklerinin yıllar içerisinde nasıl geliştiğini bize anlatır ya da ilk sanayi ürünlerinin sergilendiği bir müze, teknolojilerin nasıl şekillendiğini gösterir.

Eserler birçok tehditlere maruz kalmaktadırlar ve eserleri bu tehditlerin etkilerinden mümkün olduğunca korumamız gerekmektedir. Müze binası olarak seçilen yapılar da, genellikle içerisindeki eserler kadar kıymetli yapılardan seçilmektedir. Topkapı Sarayı Müzesi ve Ayasofya Müzesi gibi müze örneklerinde, yapının kendisi en az içerisinde bulunan eserler kadar değerlidir. Bu yüzden eserler kadar, müze binalarının da korunması önceliklidir. Müzelerde bulunan eserleri korumamız aynı zamanda yasal bir zorunluktur. Ülkemizde 1983 yılında yürürlüğe giren 2863 sayılı “Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu” (KTVKK) kültür varlıklarının korunmasında temel yasal zemini oluşturmaktadır (Kamacı, 2016).

Ülkemiz ICOMOS (International Council on Monuments and Sites) Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyine ve ICOM (International Council of Museums) Uluslararası Müzeler Konseyine üye olmuştur. Ayrıca Venedik Tüzüğü gibi uluslararası mevzuata da taraf olmuştur (Kejanlı, Akın ve Yılmaz, 2007).

2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'na göre kültür varlıklarının tanımı aşağıdaki gibi yapılmıştır:

Tarih öncesi ve tarihi devirlere ait bilim, kültür, din ve güzel sanatlarla ilgili bulunan veya tarih öncesi ya da tarihi devirlerde sosyal yaşama konu olmuş bilimsel ve kültürel açıdan özgün değer taşıyan yer üstünde, yer altında veya su altındaki bütün taşınır ve taşınmaz varlıklardır (KTVKK, 1983, s. 5879).

Aynı kanuna göre taşınabilirliklerine göre kültür varlıkları taşınır ve taşınmaz kültür varlıkları olarak ikiye ayrılır. Taşınır kültür varlıkları aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

Her çeşit hayvan ve bitki fosilleri, insan iskeletleri, çakmak taşları (sleks), volkan camları (obsidyen), kemik veya madeni her türlü aletler, çini, seramik, benzeri kab ve kacaklar, heykeller, figürinler, tabletler, kesici, koruyucu ve vurucu silahlar, putlar (ikon), cam eşyalar, süs eşyaları (hülliyat), yüzük taşları, küpeler, iğneler, askılar, mühürler, bilezik ve benzerleri, maskeler, taçlar (diadem), deri, bez, papirus, parşümen veya maden üzerine yazılı veya tasvirli belgeler, tartı araçları, sikkeler, damgalı veya yazılı levhalar, yazma veya tezhipli kitaplar, minyatürler, sanat değerine haiz gravür, yağlıboya veya suluboya tablolar, muhallefat (relique'ler), nişanlar, madalyalar, çini, toprak, cam, ağaç, kumaş ve benzeri taşınır eşyalar ve bunların parçaları (KTVKK, 1983, s.5886).

Taşınmaz kültür varlıkları aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

Kaya mezarlıkları, yazılı, resimli ve kabartmalı kayalar, resimli mağaralar, höyükler, tümülüsler, ören yerleri, akropol ve nekropoller; kale, hisar, burç, sur,

tarihi kışla, tabya ve isihkamlar ile bunlarda bulunan sabit silahlar; harabeler, kervansaraylar, han, hamam ve medreseler; kümbet, türbe ve kitabeler, köprüler, su kemerleri, su yolları, sarnıç ve kuyular; tarihi yol kalıntıları, mesafe taşları, eski sınırları belirten delikli taşlar, dikili taşlar; sunaklar, tersaneler, rıhtımlar; tarihi saraylar, köşkler, evler, yalılar ve konaklar; camiler, mescitler, musallalar, namazgahlar; çeşme ve sebiller; imarethane, darphane, şifahane, muvakkithane, simkeşhane, tekke ve zaviyeler; mezarlıklar, hazireler, arastalar, bedestenler, kapalı çarşılar, sandukalar, siteller, sinagoglar, bazilikalar, kiliseler, manastırlar; külliyele, eski anıt ve duvar kalıntıları; freskler, kabartmalar, mozaikler, peribacaları ve benzeri taşınmazlar (KTVKK, 1983, s. 5880).

Müzelerde genel olarak taşınır kültür varlıklarının depolanması, bakımı ve teşhiri yapılmaktadır. Korumamız gerekli eserleri de bunlar oluşturmaktadır. Ayrıca müze binasının kendisi de taşınmaz kültür varlığı olabilir, koruma amaçlı iklimlendirme uygulaması yapılmak istendiğinde eserleri korumanın yanında, müzenin binasını da korumamız gerekmektedir. Özellikle Kültür ve Turizm bakanlığına bağlı müze binalarının birçoğu tarihi ve 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'na göre koruma kararı olan yapılandı oluşmaktadır. Şekil 1.1'de tarihi bir binaya sahip Mardin Müzesi görülmektedir.



Şekil 1.1 Mardin Müzesi binası (Mardin Müzesi, 2019)

1895 yılında “Süryani Katolik Patrikhanesi” olarak inşa edilen bina, Kültür Bakanlığınca satın alınıp, restore edilerek 2000 yılında “Mardin Müzesi” olarak hizmete açılmıştır. (Mardin Müzesi tarihçesi, 2019).

Ülkemizde ilk müze 1869’da Osmanlı döneminde “Müze-i Hümayûn” ismiyle kurulmuştur (Meriç, 2011). Bu müze günümüzdeki İstanbul Arkeoloji Müzelerinin de temelini oluşturmaktadır. Müze işletmeciliği ve denetiminden genel olarak Kültür ve Turizm Bakanlığı sorumlu olup, diğer kamu kurumların müzeleri ve özel müzeler Kültür ve Turizm Bakanlığı denetiminde faaliyetlerine devam etmektedirler. Şu an da Kültür ve Turizm Bakanlığı’na bağlı 197 müze bulunmaktadır (Kültür ve Turizm Bakanlığı’na bağlı müzeler, 2019). Bakanlığa bağlı müzelerin çoğunu arkeoloji ve etnografya müzeleri oluşturmaktadır. Müze bölgesinde olan arkeolojik kazılar ve etnografik varlıklar müzenin eser çeşitliğini belirlemektedir. Kültür ve Turizm Bakanlığı’nın denetimde özel ve diğer kamu kurumlarına ait 258 adet müze bulunmaktadır (Kültür ve Turizm Bakanlığı’na bağlı özel müzeler, 2019).

Müzelere olan ilgi ise her geçen gün artmaktadır. Kültür ve Turizm Bakanlığı’na bağlı müze ve ören yerlerinde, Döner Sermaye İşletmesi Merkez Müdürlüğü (DÖSİMM) istatistiklerine göre 2017 yılında müze ve ören yerlerini 20.509.746 kişi, 2018 yılında ise 28.169.615 kişi ziyaret etmiştir (DÖSİMM, 2019). 2017 ve 2018 yıllarını kıyasladığımızda ise yaklaşık %37’lik bir artış olduğu görülmektedir.

İçerisinde bulunan eser çeşitlerine göre müzeleri sınıflandırmamız mümkündür. Birçok müze çeşidi olmakla beraber, bazıları aşağıda sıralanmıştır:

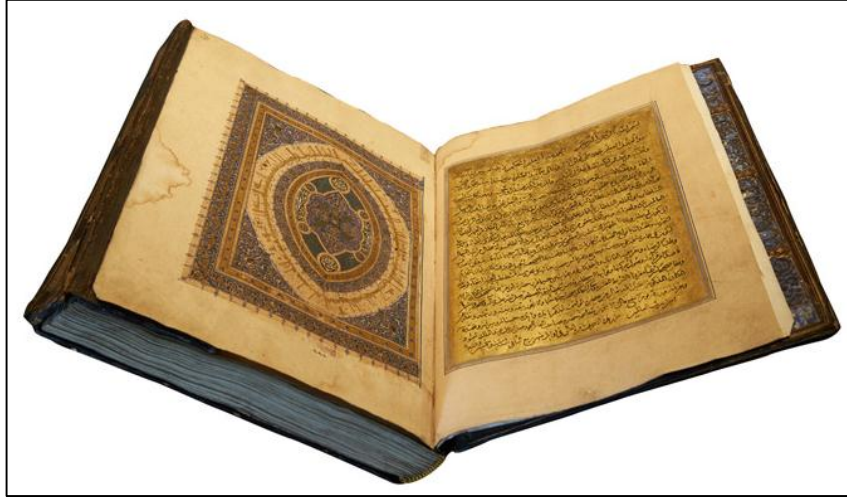
- Arkeoloji Müzeleri
- Etnografya Müzeleri
- Müzik Müzeleri
- Sanayi Müzeleri
- Sanat Müzeleri
- Askeri Müzeler
- Tarih Müzeleri

- Endüstri Müzeleri
- Doğa Tarihi Müzeleri
- Denizcilik Müzeleri
- Jeoloji Müzeleri
- Resim ve Heykel Müzeleri
- Coğrafya Müzeleri
- Doğa ve Çevre Müzeleri

Müzelerde bulunan eserleri neme karşı duyarlılıklarına göre genel olarak üç sınıfta toplanabilir (Poyraz, 2008):

1. Organik malzeme temelli eserler
2. İnorganik malzeme temelli eserler
3. Kazı sırasında ortaya çıkan eserler

Kâğıt, tekstil, kemik, reçine, ahşap, v.b. eserler organik malzeme temelli eserler olarak tanımlanabilirler. Bünyelerindeki karbondan dolayı yanıcıdırlar. Organik eserler higroskopiktirler yani bulunduğu ortamın şartlarına göre bünyesine nem alıp verebilirler. Bu nem alıp verme sürecinde ise boyutlarında değişiklikler yaşanır. Bağlı nemin hızlı dalgalandığı ortamlarda boyut değişimlerinden dolayı çatlama, yarıma vb. fiziksel deformasyonlar yaşanabilmektedir. Ayrıca organik eserler böcek ve mantar vb. gibi canlılar için ise birer besin kaynağıdır (Özen, 2012). Şekil 1.2’de örnek bir organik eser gösterilmiştir.



Şekil 1.2 El yazması Kur'an-ı Kerim (TİEM, 2019)

Türk ve İslam Eserleri Müzesi'nde bulunan 1338 tarihli el yazması Kur'an-ı Kerim İlhanlılar döneminden kalmadır (TİEM, 2019).

Taş, toprak, cam, alaşım, seramik, metaller vb. eserler inorganik malzeme temelli eserler olarak tanımlanabilirler. Organik eserlerin aksine higroskopik ve yanıcı değildirler. Bünyelerine nem alıp vermezler ancak metal korozyonu gibi sorunların başlıca sebebi uygun olmayan bağıl nem seviyeleridir (Özen, 2012). Şekil 1.3'te örnek bir inorganik eser gösterilmiştir.



Şekil 1.3 Tunç şamdan (Mevlana Müzesi, 2019)

Mevlana Müzesi'nde bulunan 13. yy tarihli tunç şamdan, Selçuklular döneminden kalmadır (TİEM, 2019).

Toprakdan veya su altından henüz çıkarılmış olan eserler nem dengesine ulaştıkları ortamdan alınacakları için, müze ortamındaki nem seviyelerine kademeli olarak düşürülerek saklanmaladırlar. Eğer müze de uygun ortam bulunamaz ise belli tekniklerle geçici olarak eserlerin üzeri yeniden toprakla rtlebilmektedir (Severson ve Ersoy, 2002).

Tez kapsamında çok değerleri arkeolojik eserlere sahip olan ve Ankara ilinde bulunan Anadolu Medeniyetleri Müzesi zemin kat teşhir salonunda bulunan mevcut iklimlendirme sistemi ve izleme faaliyetleri incelenmiş olup, ayrıca müze için enerji verimliliği daha iyi bir sistem önerisinde bulunulmuştur.

BÖLÜM İKİ

LİTERATÜR ÖZETİ

Müzelerde iklimlendirme ile ilgili yapılmış olan ulusal ve uluslararası yayınlar incelendiğinde genel olarak aşağıdaki konular üzerinde çalışıldığı görülmektedir:

1. Müze iç ortam koşullarının nasıl olması gerektiği üzerine yapılan çalışmalar
2. Müzelerde iklimlendirme sistemi ve ekipmanı seçimi

2.1 Müze iç ortam koşullarının nasıl olması gerektiği üzerine yapılan çalışmalar

Kuru termometre ve bağıl nem ayar değerlerinin ne olması gerektiği ile ilgili 1890'lı yıllardan başlayıp, günümüze kadar gelen önemli olayları ve çalışmaları Atkinson (2014) yapmış olduğu çalışmada aşağıdaki gibi özetlemiştir:

1890'lı yılların başında Münih Alte Pinakothek Müzesi'nde ısıtma ve nemlendirme sağlayan düşük basınçlı bir buharlı ısıtma sistemi kurulmuştur.

1892 yılında Avrupa da kurulan bir komisyon müzelerde bulunan resimler için ısıtma yapmanın resimlerin korunmasına katkıda bulunduğunu belirtmiş ve bağıl nemin ise % 50'de tutulmasını önermiştir.

Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan The Boston Museum of Fine Arts'a 1908 yılında nemlendirme sistemi kurulmuş ve bağıl nemdeki değişikliklerin koleksiyondaki nesneler üzerindeki etkileri izlenmeye başlanmıştır. Resimler ve diğer birçok sanat eserine en uygun değerin % 55-60 olduğu açıklanmıştır. Ancak sıcaklık etkilerinden bahsedilmemiştir.

1930'larda Amerika'da bulunan bazı müzelerde basit nem ve sıcaklık kontrollü sistemlerin kurulumuna başlanmıştır. Aynı yıllarda Avrupa da bu sistemler araştırılmaktaydı.

II. Dünya Savaşı sırasında 1941 ve 1945 yılları arasında Londra National Gallery'deki tablolar bir mağaranın ısıtılmasıyla 17°C kuru termometre sıcaklığı ve %58 bağıl nemli ortam şartları oluşturulmaya çalışılmıştır. Sağlanmış olan bu değerler ile daha önce kontrolsüz bir iklime sahip olan müzede tablolarda oluşan çatlama, pullanma ve kabarma gibi olumsuz durumların oluşmadığı gözlemlenmiştir. Savaştan sonra tekrar müzeye taşınan eserlerde benzer problemler ortaya çıkmaya devam etmiş ve neticesinde müzede 1950 yılında iklimlendirme sistemi kurulmaya başlanmıştır.

1960 tarihli “Climatology and Conservation in Museums” isimli çalışmada parşömen kâğıtlarının kurumaması için % 50 bağıl nem tavsiye edilmektedir. Ayrıca küf oluşumunun engellenmesi için ise % 60 bağıl nem oranının geçilmemesi gerektiği belirtilmiştir. Ancak bu yayın için yapılan bir eleştiride, soğuk iklimlerde kışın bağıl nemi yüksek seviyelerde tutmanın masraflı olduğu ve elde edilebilse bile çatı ve dış duvarlardaki olası yoğuşma problemlerinin binaya ciddi hasarlar verebileceği belirtilmiştir (Erhardt, Tumosa ve Mecklenburg 2007).

Milletlerarası Müzeler Konseyi (ICOM) 1974 yılında, herhangi bir sıcaklık aralığı önerisinde bulunmadan $54 \pm 4\%$ bağıl nem aralığını müzeler için tavsiye etmiştir.

Garry Thomson'un 1978'de yayınladığı “The Museum Environment” kitabında bağıl nemi %50 ve 55 aralığında ve 20°C kuru termometre sıcaklığı müze iç ortam şartları için mevsimsel düzenlemeler gerekli olabileceğini de belirtilerek önermiştir. Bu yayın döneminin en önemli referans kaynaklarından biri olmuş olup, birçok müze tavsiyelerine uymuştur.

1990lı yıllarda Smithsonian Enstitüsü ve Canadian Konservasyon Enstitüsünde yapılan çalışmalar neticesinde sıcaklık ve bağıl nem değişimlerinin eserler üzerinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik yönden nasıl etkiler yapacağına dair bilgiler sağlamışlardır. Çalışmalar neticesinde çoğu eser için bağıl nem kontrolünün sıcaklık kontrolünden daha önemli ve öncelikli olduğu ortaya konulmuştur. Enerji tasarrufu ve malzemelerin verdiği tepkiler vb. etkenlerde göz önünde bulundurularak daha esnek

şartlar olan ve $\pm 45 \pm 8\%$ bağıl nem ve $21 \pm 4^\circ\text{C}$ kuru termometre sıcaklığı aralıkları Smithsonian Enstitüsü tarafından tavsiye edilmiştir.

Günümüzde genel olarak bir ASHRAE yayını olan HVAC Uygulamaları El Kitabının Müzeler, Galeriler, Arşivler ve Kütüphaneler bölümünde verilen tavsiyeler müzeler tarafından rehber olarak görülmektedir. ASHRAE yukarıda belirtilen Smithsonian Enstitüsü'nün çalışmalarını temel almıştır. Tablo 2.1'de ASHRAE tarafından oluşturulan müze iç ortam sınıflamalarını görmekteyiz. Ayrıca ASHRAE sınıflandırması çok sayıda teorik ve pratik bilgiyi temel almaktadır (Michalski, 2007).

Tablo 2.1 ASHRAE tarafından oluşturulan müzelerde eserler için bağıl nem ve kuru termometre sıcaklığı sınıflandırması (ASHRAE, 2011)

Tip	Ayar Noktası veya Yıllık Ortalama	En Yüksek Dalgalanma ve Değişimler		
		Kontrol Sınıfı	Kısa İzin Verilen Dalgalanmalar	Mevsimsellere Göre Ayarlamalar
Genel Müzeler, Kütüphaneler, Sanat Galerileri ve Arşivler	Bağıl Nem Oranı 50%, Kuru termometre sıcaklığı aralığı 15°C - 25°C	AA	$\pm 5\%$ bağıl nem, $\pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık	Bağıl nem değişmez ancak kuru termometre sıcaklığı için $\pm 5^\circ\text{C}$ düzenleme yapılabilir.
		A	(A _s) $\pm 5\%$ bağıl nem, $\pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık	Bağıl nem $\pm 10\%$ düzenlenebilir, kuru termometre sıcaklığı ise aşağı 10°C yukarı 5°C ayarlanabilir
			(A _d) $\pm 10\%$ bağıl nem, $\pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık	Bağıl nem değişmez, kuru termometre sıcaklığı ise aşağı 10°C yukarı 5°C ayarlanabilir
		B	$\pm 10\%$ bağıl nem, $\pm 5^\circ\text{C}$ sıcaklık	Bağıl nem $\pm 10\%$ düzenlenebilir, kuru termometre sıcaklığı ise 30°C 'yi geçmeyecek şekilde düzenlenebilir
		C	Yıl boyunca bağıl nem oranı $\%25$ - 75 aralığında, kuru termometre sıcaklığı nadiren 30°C üzerine çıkabilir ama genel olarak 25°C 'nin altında olması tavsiye edilir.	
		D	Bağıl nem $\%75$ 'in altında olması tavsiye edilir	

Tablo 2.1'e göre müze iklimlendirmesi AA, A, B, C ve D gibi 5 sınıfa ayrılmıştır:

AA: En hassas korumayı sağlar ve bu durum da en yüksek enerji tüketimine yol açar. Genel olarak ısı ve su yalıtımları çok iyi yapılmış yeni müze binaları için

uygundur. Tarihi müze binalarında duvar, çatı ve pencerelerde yoğuşma sıkıntılarına yol açabilir. Bu durum da binanın kendisine zarar verebilir. Ayrıca ayar değerlerindeki esneklik az olduğu için müze iç ortamında bu şartları sağlamanın en zor olduğu sınıftır. Mevsimsel ayarlamalara izin vermemekle beraber, bağıl nemim % 5 aşağı ve yukarı dalgalanmasına müsaade eder.

A: Çoğu müze için en iyi sınıf olduğu söyleyebiliriz. Enerji tüketimi AA sınıfına göre daha düşüktür. İki alt sınıfa ayrılır. Mevsimsel şartların uygunluğuna göre ikisinden biri seçilebilir. Mevsimlere göre ayarlamalar daha esnek olup kış aylarında bağıl nem oranı düşürülmesi ile binanın kendisinin de korunmasına yardımcı olunur. A_s sınıfında bağıl nemim % 10 mevsimsel ayarlamalara izin vermektedir ve günlük bağıl nemim % 5 aşağı ve yukarı dalgalanmasına müsaade eder. A_d sınıfında mevsimsel ayarlamalara izin vermemekle beraber günlük bağıl nemim % 10 aşağı ve yukarı dalgalanmasına müsaade eder.

B sınıfında daha fazla mevsimsel ayarlamalara ve günlük dalgalanmalara müsaade eder. Tarihi binalarda yoğuşmayı engellemek için en uygun sınıftır.

C sınıfında bağıl nemim alt ve üst sınırları bulunmaktadır.

D sınıfında ise sadece bağıl nem oranının üst sınırı vardır.

Uluslararası yayınları incelerken, yayında incelenen eser tiplerine dikkat edilmelidir. Ülkemizde bulunan müzelerde genelde arkeolojik, etnografik ve güzel sanatlara ait eserler bulunmaktadır. İklimlendirme projesi yapılacak müzede bulunan eser tipleri iyi incelenmeli ve bu konularda yapılan çalışmalar referans alınmalıdır. ASHRAE sınıflandırmasını her durumda uygun olmayabilir, müzenin bulunduğu iklim bölgesi, müzenin binası ve koleksiyon tipleri için uygun olup olmadığı iyice araştırılmalıdır.

Günümüzde ASHRAE sınıflandırılması da dâhil, müze iç ortam şartlarının nasıl olması gerektiğine dair genel olarak kabul edilmiş bir fikir birliği bulunmamaktadır (Atkinson, 2014).

2.2 Müzelerde İklimlendirme Sistemi ve Ekipmanı Seçimi

Müzelerde iklimlendirme sistemi ve ekipmanı seçimi üzerine yapılmış bazı çalışmalar ise aşağıda sıralanmaktadır.

Bellia, Capozzoli, Mazzei, ve Minichiello (2007) yaptıkları çalışmada, İtalya da temsili bir müze projesi üzerinden teşhir ve depo alanları için çeşitli iklimlendirme sistemleri arasında teknik ve ekonomik karşılaştırmalar yapmışlardır. Temsili müze aşağıda Şekil 2.1 'de yer almaktadır.



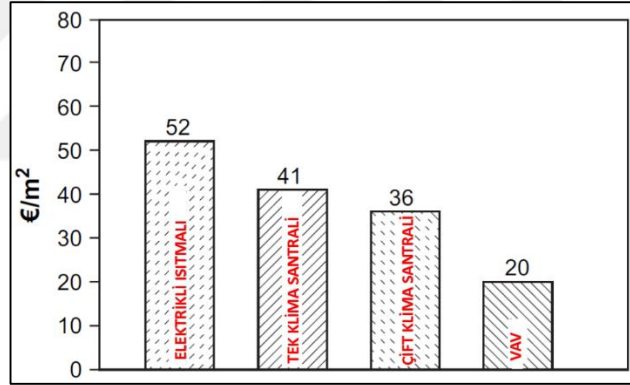
Şekil 2.1 Temsili müze projesi (Bellia, Capozzoli, Mazzei, ve Minichiello, 2007)

Dört farklı sistem üzerinden karşılaştırmalar yapılmıştır

- Çift Klima Santrali: Teşhir ve depo alanları için iki bağımsız sistem oluşturulmuştur. Sistem iç ortamda bulunan sıcaklık ve bağıl nem sensörleri ile çalışmaktadır. Üç yollu damperde taze hava karışım oranını ayarlamaktadır.
- Tek Klima Santrali: Hem sergi salonu hem de depo için tek bölgesel bir sistem
- Elektrik ısıtmalı tek sistem,
- VAV (Değişken Hava Hacimli Sistem)

Yapılan analizlere göre bu dört sistemin de genel olarak istenen değerler olan teşhir alanı için 21 ± 1 °C, depo alanı için 19 ± 1 °C ve tüm yıl için bağıl nem $50 \pm 5\%$ olan değerleri sağladığı görülmüştür.

Sistemlerin enerji tüketim maliyet analizi de Şekil 2.2 'de olduğu gibidir.

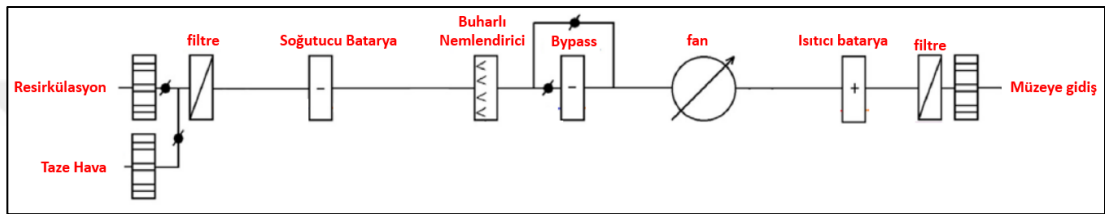


Şekil 2.2 Sistemlerin m² başına enerji maliyetleri (Bellia, Capozzoli, Mazzei, ve Minichiello, 2007)

Ayrıca saatte 3,8 ve 11 arasında değişen hava değişim katsayıları ile analizler yapılmıştır. Hava değişim katsayısı 3,8 olduğunda %70-80 arasında, 11 olduğunda %80-90 arasında istenen nem ve sıcaklık değerlerine ulaşıldığı görülmüştür. Hava değişim katsayısını artırmak işletme maliyetlerini de ciddi anlamda artırdığı belirtilmiştir. Sonuç olarak çift zonlu sistemin genel olarak daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

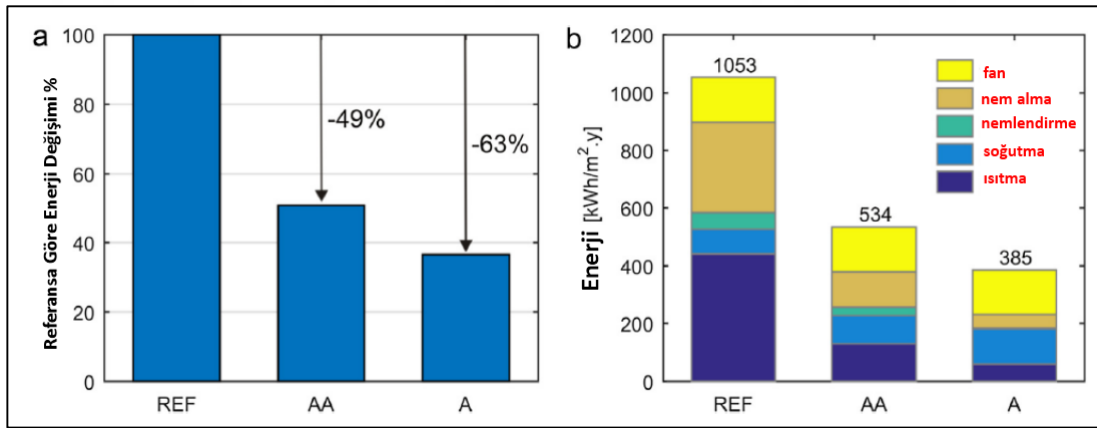
“Kramer, Schellen ve Schijndel (2016) yaptıkları çalışmada, Amsterdam’da bulunan Hermitage Müzesinde yaptıkları bir yıllık izleme faaliyetleri neticesinde,

müzenin mevcut iklimlendirme stratejisi ile ASHRAE'nin müzeler için oluşturduğu AA ve A iklimlendirme sınıfları arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Referans değerler olan sabit 21 °C kuru termometre sıcaklık ve % 50 bağıl nem oranı ile karşılaştırıldığında AA sınıfında % 49 ve A sınıfında ise % 63 tasarruf sağlandığını görülmüştür. Ayrıca, iklim şartlarının gevşetilmesi saatlik dalgalanmaları azaltmış, ancak günlük dalgalanmaları artırmıştır. Müzede bulunan klima santrali aşağıda Şekil 2.3'te görülmektedir.



Şekil 2.3 Klima santrali şeması (Kramer, Schellen ve Schijndel, 2016)

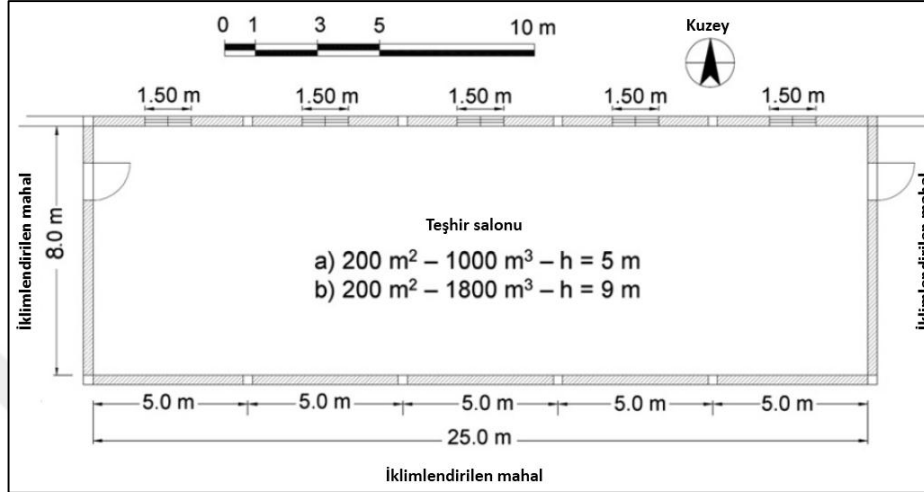
Ayrıca enerji analiz grafikleri de Şekil 2.4'te yer almaktadır.



Şekil 2.4 Enerji analizleri (Kramer, Schellen ve Schijndel, 2016)

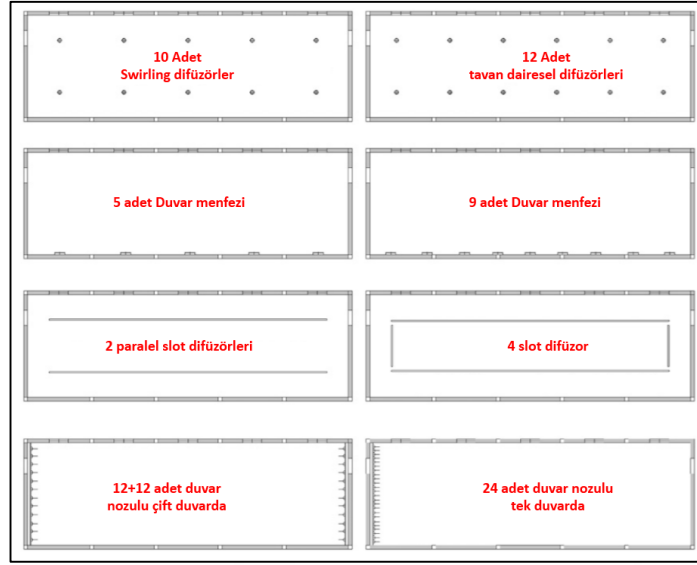
Şekilden de anlaşılacağı üzere AA sınıfında % 49 ve A sınıfında ise % 63 tasarruf sağlandığını görülmüştür. Ayrıca AA ve A sınıfına inmenin ısıtma giderlerini ciddi şekilde düşürdüğü görülmektedir.

Ascione ve Minichiello (2010) yaptıkları çalışmada, BEPS ve CFD(fluent) yazılımları kullanarak, Roma da bulunduğu varsayılan tipik bir müze mahalli için çeşitli hava dağıtım elemanları ile havanın optimum dağılımı üzerine karşılaştırmalar yapmışlardır. Modellenen teşhir salonlarını aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Modellenen müze mahalleri (Ascione ve Minichiello, 2010)

İklimlendirme sistemi olarak CAV (sabit hava debili sistem) sistemi seçilmiş ve bağıl nem ve sıcaklık bağımsız kontrol sistemi kurulmuştur. Yaz, kış ve geçiş mevsimleri olan Aralık-Mart 21 ± 1 °C, Nisan-Mayıs ve Ekim-Kasım 22 ± 1 °C ve Haziran-Eylül 23 ± 1 °C, üç farklı kuru termometre sıcaklık ayar değeri için hesaplamalar yapılmıştır. Şekil 2.6'da da görüldüğü üzere toplamda 9 farklı difüzör, 3 farklı mevsim şartları ve 2 farklı tavan yüksekliği (5 ve 9 metre) için analizler yapılmıştır.



Şekil 2.6 Difüzör konumları (Ascione ve Minichiello, 2010)

Hava hızları ise tavan yüksekliği 5 metre olan mahalde eserleri etkilemeyecek şekilde en çok 0,31 m/s olarak belirlenmiştir. Yere yakın kısımlarda ise 0,18 m/s'yi geçmemektedir. Tavan yüksekliği 9 metre olan mahalde ise yüksek kısımlarda 0,4 m/s'yi geçmemektedir.

Sonuç olarak, tüm difüzörlerin üç boyutlu olarak oda hacmindeki etkileri incelenmiştir. 5 metre tavan yüksekliği bulunan mahalde swirling (vortex) difüzörlerin en iyi performansı verdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca minimum termal dikey katmanlaşma gözlemlenmiştir. 9 metre tavan yüksekliği bulunan mahalde onkişer adet karşılıklı yerleştirilen nozulların en iyi performansı verdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca minimum termal dikey katmanlaşma gözlemlenmiştir. Swirling (vortex) difüzörlerde iyi bir performans sergilemişlerdir.

Mevsimsel performanslarda göz önünde bulundurulduğunda 2 tavan yüksekliğinde de swirling (vortex) difüzörlerin en iyi performansı gösterdiği gözlemlenmiştir.

Kramer, Schellen, ve Schijndel (2015) yaptıkları çalışmada, ASHRAE tarafından müzeler için oluşturulan AA, A, B, C, D iklimlendirme tasarım sınıflarının dört farklı bina kabuğunda simülasyon yapılarak enerji etkinliği incelenmiştir. Eindhoven Teknoloji Üniversitesi tarafından MATLAB tabanlı olarak geliştirilen HAMBASE

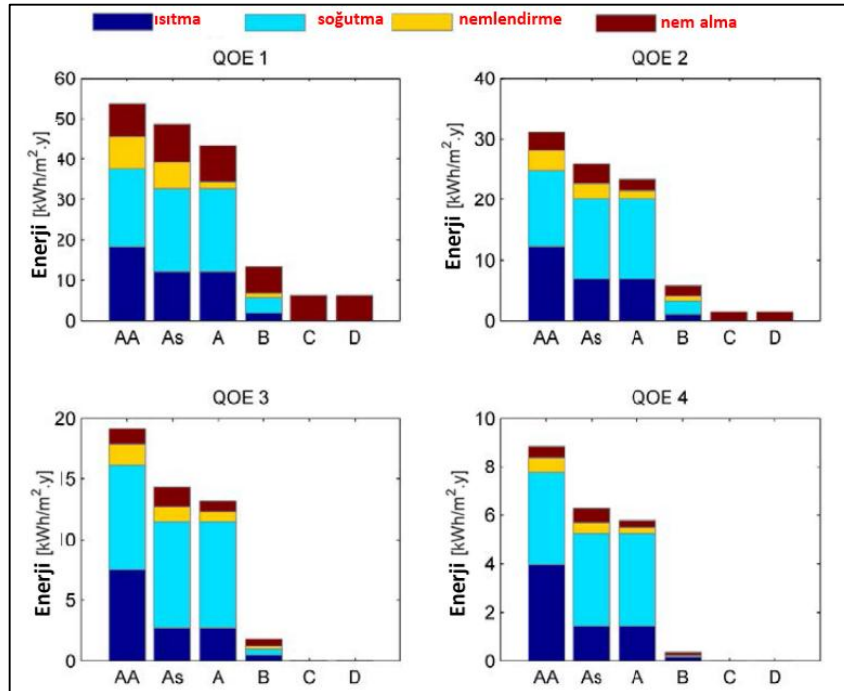
isimli yazılımı ile simülasyonlar yapılmıştır. Modellenen müze mahallinin taban alanı 10x10 metre ve yüksekliği 3,5 metredir. İncelemesi yapılacak dört farklı bina kabuğu Tablo 2.2’de gösterilmektedir.

Tablo 2.2 İncelemesi yapılacak dört farklı bina kabukları (Kramer, Schellen, ve Schijndel, 2015)

Bileşen	QoE 1	QoE 2	QoE 3	QoE 4
Dış duvar	400 mm tuğla, sıvalı	400 mm tuğla, sıvalı	400 mm tuğla, 100 mm yalıtım, sıvalı	100 mm tuğla, 150 mm yalıtım, 100 mm tuğla, sıvalı
Cam	Tek	Çift	Çift low-e	Çift low-e
U (W/m²K)	5,7	3,2	1,4	1,31
Güneş Isısı Kazanç Faktörü	0,8	0,7	0,65	0,31
Saatlik hava sızma oranı	1	0,4	0,2	0,1

QoE1 Olarak verilen kabuk tarihi binaları temsil etmektedir. QoE4 Olarak verilen kabuk ise modern yalıtımlı modern müzeleri bina kabuğunu temsil etmektedir.

Sonuç olarak, Şekil 2.7’de görüleceği üzere iklimlendirmede bir alt sınıfa inmenin önemli oranlarda enerji tasarrufları sağladığı görülmektedir.



Şekil 2.7 Farklı bina kabuklarına göre enerji tüketim değerleri (Kramer, Schellen, ve Schijndel, 2015)

B sınıfında A sınıfına göre ciddi enerji tasarrufları sağlanmıştır. A sınıfı, A_s sınıfına göre mevsimsel değişimlere izin verdiği için daha az nemlendirme ve nem alma işlemine ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden daha az enerji sarfıyatı yapar ve A_s ile benzer koruma sağlar. AA sınıfından A_s sınıfına inmek QoE4'te QoE1'e göre daha fazla enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Şahin, Coşkun, Arsan, ve Akkurt (2017) yaptıkları çalışmada İzmir İli Tire İlçesinde bulunan Necip Paşa Kütüphanesinde bulunan tarihi el yazması kitapların bozulma potansiyellerini değerlendirmişlerdir. Bunun için ilk başta bir yıllık kuru termometre ve bağıl nem data ölçümleri yapılmış ve ASHRAE standartlarına uygunluğu değerlendirilmiştir ve korumaya yönelik öneriler verilmiştir. Kütüphane giriş holü, ana hol ve elyazmaları bölümü şeklinde üç mahalden oluşmaktadır. Mevcut halinde giriş holünde split klima bulunmaktadır. Ana hol ve elyazmaları bölümünde ise iklimlendirme yapılmamaktadır.

Kütüphanenin belli noktaların ise Eylül 2014 ve Ağustos 2015 tarihleri arasında kuru termometre ve bağıl nem data ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre kimyasal, mekanik ve biyolojik bozulma riskleri üzerine yorumlar yapılmıştır. Ölçüm sonuçları ve yapılan analizler sonucunda ise iklimlendirme yapılmayan kütüphanede mekanik ve biyolojik bozulma riski olmadığı, kimyasal bozulma riski Eylül - Ekim 2014 ve Mayıs - Haziran 2015 arasında olduğu gözlenmiştir. Kimyasal bozulmayı tetikleyen ana unsur ise yüksek iç sıcaklık değerleri olduğu aktarılmıştır. Daha sonra binanın 1930 yılında geçirdiği restorasyonla eklenen bölümleri olan giriş holü ve elyazmaları bölümünün binanın iklim dengesini nasıl etkilediğine dair analizler yapılmış olup, sonradan eklenen bölümlerin kimyasal, mekanik bozulma riskini artırmadığı ancak biyolojik bozulma riskini artırdığı ortaya konmuştur. İç ortam şartlarının iyileştirilmesi için, yapının orijinal haline döndürülmesi ve havalandırma senaryolarının araştırılabileceği belirtilmiştir.

Tez kapsamında önceden yapılmış müze iklimlendirme sistemi çalışmaları incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda genel olarak farklı sistemlerin ve bina kabuklarının ASHRAE sınıflandırması şartlarını sağlayıp sağlayamadıkları üzerinedir.

Çalışmamız kapsamında ise Anadolu Medeniyetleri Müzesinin mevcut iklimlendirme sistemi incelenmiş olup, ASHRAE tarafından oluşturulan “B” iklim sınıfını sağlayıp, sağlayamadığı incelenmiştir. Ayrıca müze için enerji verimliliğini esas alan % 25 taze havalı ve atık ısı kaynaklı ısı pompalı bir klima santrali sistemi önerisi yapılmıştır.



BÖLÜM ÜÇ

MÜZELERDE İKLİMLENDİRME KAVRAMI

3.1 Müze Yapıları

Müze mimarileri genel olarak diğer mimarilerden estetik yönleri ile ayrılırlar. Eserleri ön plana çıkarmak için yapılan mimari tasarımlar mekanik, elektrik tesisatı vb. imalatlarının uygulamasını zorlaştırırlar. Eserleri koruma amacıyla bir iklimlendirme tasarımı yapmak istiyorsak öncelikle müzenin mimarisini inceleyerek yola çıkmalıyız. Müze iç ve dış tasarımında yoğun estetik kaygılar söz konusu olduğu için ya da binanın tarihi yapısı nedeniyle istediğimiz sistemleri kurabilmemiz her zaman mümkün olmayabilir. İklimlendirme proje çalışması yapılırken müze binası çok iyi incelenmelidir. Müze binalarını yapım ve kullanım amaçlarına göre aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Müze binası olarak yeni yapılmış binalar
- Müze binası olarak yapılmış ve geçirdiği restorasyonla müze binası olarak kullanımına devam edilen binalar.
- Müze binası olarak yapılmamış ancak geçirdiği restorasyonla müze binasına dönüştürülen binalar

Müze binası olarak yeni yapılmış binalarda, mimari proje aşamasında proje ekibi ile eşgüdüm halinde çalışılması halinde, istenilen her türlü sistemin kurulması mümkündür.

Müze binası olarak yapılmış ve geçirdiği restorasyonla müze binası olarak kullanımına devam edilen binalarda, müzeler için uygun bir iklimlendirme sistemi mevcutta var ise, restorasyon aşamasında sistemin yenilenmesi kolay bir şekilde yapılabilir. Müzede uygun bir iklimlendirme sistemi mevcutta yok ise, restorasyon aşamasında yeni bir sistem kurmak bina imkanları dahilinde mümkün olabilir. Hava kanalları gibi unsurların kurulumuna eğer ki bina taşınmaz kültür varlığı olarak

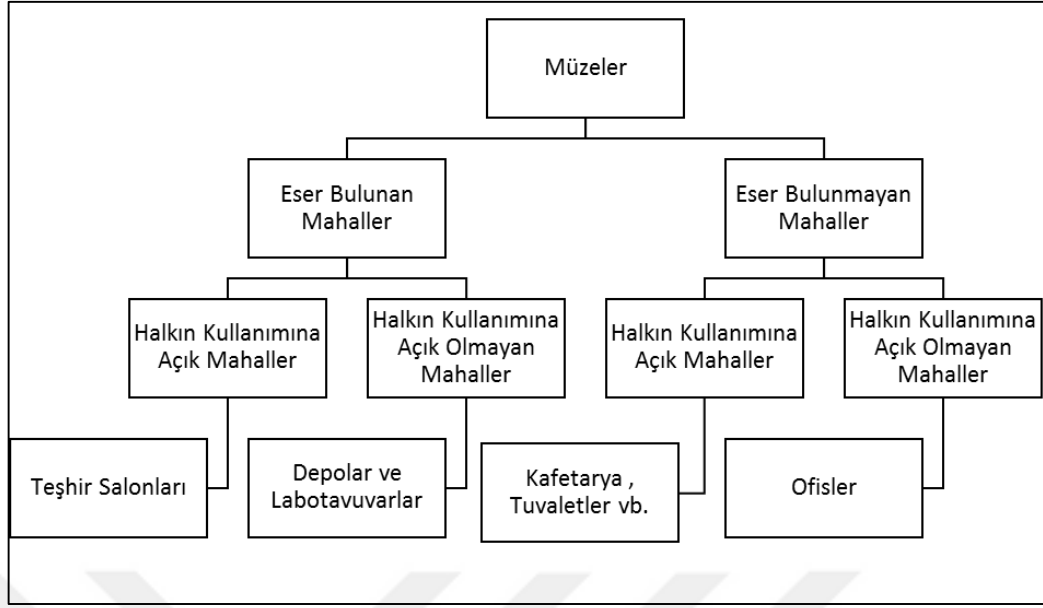
tescillenmiş ise Kültür Varlıklarını Koruma Bölge M d rl klerin ce izin verilmeyebilir veyahut binanın fiziksel durumu bu kurulumlara engel olabilir.

Müze binası olarak yapılmamış ancak geçirdiği restorasyonla müze binasına dönüştürülen binalar, ilk aşamada müze olarak faaliyet vermesi için tasarlanmadıklarından, iklimlendirme sistemi kurulumunun en zor olduğu yapılarıdır. Tarihi bir kale yapısının m zeeye dönüştürülmesi halinde, sistem ekipmanlarının kurulumu ve bunlar için Kültür Varlıklarını Koruma Bölge M d rl klerin ce izin alabilmek kolay olmamakla beraber, binanın bu tarz kurulumlardan zarar görmemesini sağlayacak sistemleri tasarlamak oldukça uzun zamanlar almaktadır.

Tarihi bir binaya sahip müzeler yasal olarak korunmak zorunda olan yapılarıdır. Bazen bu binalar Topkapı Sarayı Müzesi ve Ayasofya Müzesi örneklerinde olduğu gibi i lerinde bulunan eserlerden daha kıymetli olabilmektedir. Böyle bir durumda kurulması planlanan iklimlendirme sistemi ile hem binanın kendisini hem de eserleri aynı zamanda korumaya çalışılmalıdır. Bazen tarihi bir binada yapılacak kontrolsüz bir nem alma veya nem verme işlemi yapıya ciddi zararlar verebilir (Brown ve Rose, 1996).

3.2 Müze Mahalleri

Müzelerde eserler; genelde, depolarda, teşhir salonlarında ve laboratuvarlarda bulundurulur. Bu mahallerin haricinde ise idari birimler, kafeteryalar ve konferans salonları gibi eserlerin bulunmadığı mahaller de bulunmaktadır. Müze mahallerinin genel bir sınıflandırması şekil 3.1' de görülmektedir.



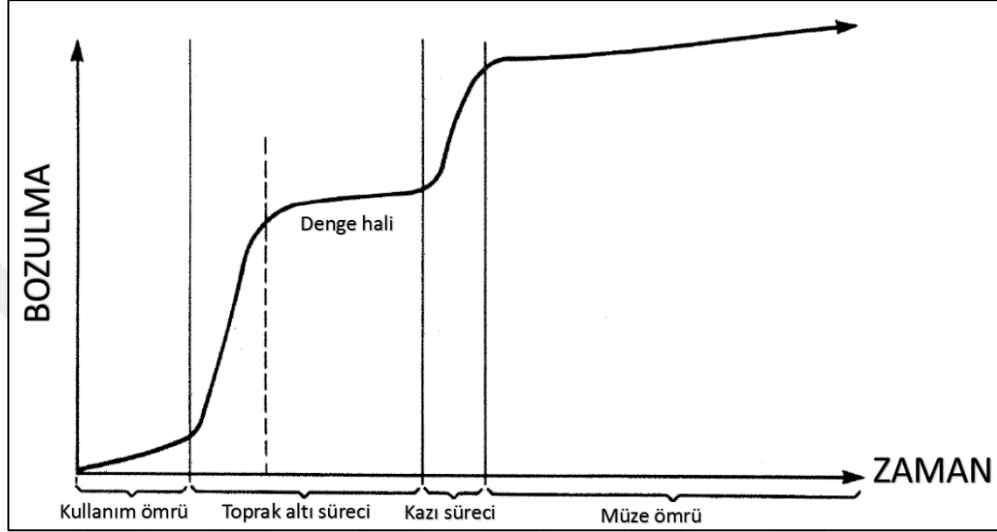
Şekil 3.1 Müze mahal şeması

Şekilden de anlaşılacağı üzere müzelerde mahaller eser bulunan ve eser bulunmayan mahaller olarak ikiye ayrılır. Bu mahallerde halkın kullanımına açık veya halkın kullanımına kapalı şeklinde alt iki kısma ayrılırlar. Depolar ve laboratuvar gibi sadece müze personelinin girebileceği kısımlarda insan sayısından kaynaklı iç yükler minimum seviyelerde hesaplanabilir. Teşhir salonlarında ise ziyaretçi sayısının çok fazla olduğu anlarda insan kaynaklı yükler iç ortamın bağıl nem ve kuru termometre sıcaklık dengesini ciddi şekilde değiştirebilir. Bu durum hesaplamalarda dikkate alınmalıdır.

Eserlerin koruması amaçlı iklimlendirme sistem tasarımının da sadece eser bulunan mahallere yapılması yeterlidir. Eser bulunmayan idari kısımlar gibi mahaller de ise zonlama yapılarak personel ve ziyaretçiler için konfor iklimlendirmesi yapılabilir. Eser bulunan mahallerin eser bulundurmayan mahallerden fiziksel olarak ayrılabilmesi enerji tasarrufuna ciddi katkılar sunabilir. Mahallerdeki ziyaretçi ve personel trafiği müzenin nem ve sıcaklık dengesini bozabilir. Bu nedenlerle yoğun dönemlerde müzenin ziyaretçi sayısının dahi kısıtlanması düşünülebilir.

3.3 Eserlerin Bozulma Süreci

Bozulma doğal bir süreçtir durdurulamaz ama yavaşlatılabilir. Eserler için de bu durum geçerlidir. Şekil 3.2’de arkeolojik kazı sonucu ortaya çıkarılan bir eserin zamanla bozulma sürecinin grafiği gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Eserlerin zamanla bozulma süreci (Murdock, Johnson ve Sullivan, 2001)

Şekilde görüldüğü üzere arkeolojik kazılar ile ortaya çıkarılan bir eser ilk imal edilmesinin ardından kullanım ömrü boyunca bir miktar bozulur. Çeşitli sebeplerle toprak altına girdikten sonra toprak altındaki nem ve sıcaklık dengesine ulaşana kadar hızlı bir bozulmaya maruz kalır. Dengeye ulaştıktan sonra bozulma hızı artık minimum seviyelere gelir. Eser arkeolojik bir keşif ile bulunup gün yüzüne çıkarılırsa toprak altındaki nem ve sıcaklık dengesi bozulacağı için, yeni bir nem ve sıcaklık dengesine ulaşana kadar hızlı bir bozulma sürecine girer. Müze iç ortam şartlarının uygun değerlerde olması halinde ise tekrar nem ve sıcaklık dengesine oturur ve bozulma hızı düşer.

3.4 Eserleri Olumsuz Etkileyen Parametreler

Eserler üzerinde dokuz çeşit tehdit vardır (ASHRAE, 2011). Bunlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

1. Kuru termometre sıcaklığı
2. Bağıl nem
3. Titreşim
4. Böcek/haşerat
5. Hava kirliliği
6. Işık
7. Doğal afetler
8. Binanın yapısal sorunları
9. Hırsızlık ve vandalizm,

Tez kapsamında sadece bağıl nem ve kuru termometre sıcaklığının zararlı etkilerinden ve korunma yollarından bahsedilecektir.

Organik eserler higroskopik oldukları için bulundukları ortamla sürekli bir denge arayışı içerisinde bulunurlar. Ortamın bağıl nem oranı yüksek ise bünyelerine nem alabilirler. Ortamın bağıl nem oranının yüksek olması, yüzeylerde küflenmeye, eserlerde bozulmaya ve metaller gibi inorganik eserlerde ise korozyon oluşumuna neden olabilir (ASHRAE, 2011).

Sıcaklığın çok düşük olduğu zamanlarda bazı polimerler gevrekleşebilirler ve bu durum kolayca kırılabilir bir hal almalarına sebep olur (ASHRAE, 2011). Sıcaklığın çok yüksek olması halinde ise küf oluşumu, pas oluşumu vb. kimyasal süreçler hızlanabilir (ASHRAE, 2011). Sıcaklığın aşırı dalgalanması ile oluşacak genleşme ve büzüşme etkileri malzemeyi yıpratır. Ayrıca ortamın sıcaklık değeri, ortamın bağıl nem oranını da ters orantılı olarak doğrudan etkilemektedir.

Müzelerde eserler için sıcaklık ve bağıl nem kaynaklı üç çeşit bozulma sürecinden bahsedebiliriz:

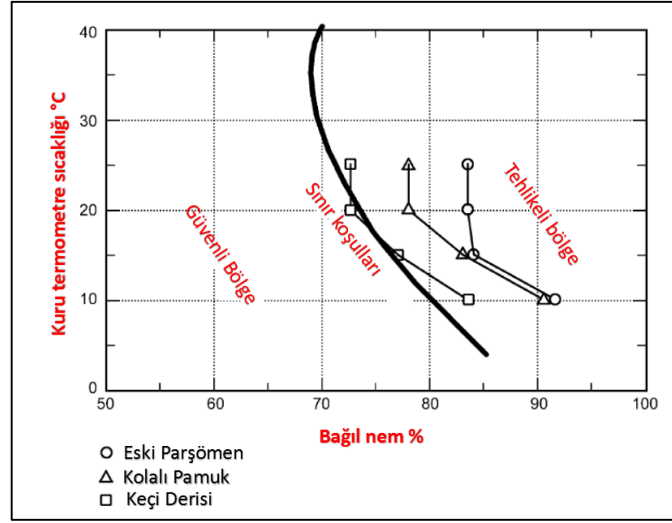
- 1. Mekanik Bozulma**
- 2. Kimyasal Bozulma**

3. Biyolojik Bozulma

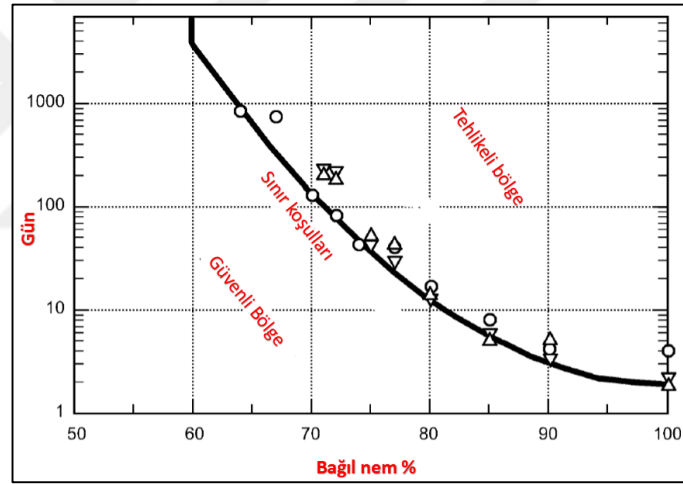
Mekanik bozulmalar malzemenin fiziksel görüfünde meydana gelen bozulmalardır. Genleşme, büzüşme, çatlama ve kırılma mekanik bozulmalara örnek olarak gösterilebilir. Kimyasal bozulmalar malzemenin kimyasal yapısına zarar verdiği için geri dönölmez hasarlar verebilmektedir. Metal korozyonu kimyasal bozulmaya örnek olarak gösterilebilir. Biyolojik bozulmalar da malzeme yüzeyinde uygun olmayan koşullar nedeniyle eserin yüzeyinde mantar ve yosun gibi zararlı organizmaların yetişmesi nedeniyle oluşur (Özen, 2012).

Mekanik bozulmaların en bilinen nedeni genleşme ve büzüşme etkilerinin yaptığı fiziksel deformasyonlardır. Çok düşük sıcaklık ve bağıl nem organik eserlerin sertliğini artırabilir, bu durum da onların kırılmaeşmasına olmasına sebep olabilir (ASHRAE, 2011).

Kimyasal olarak stabil olmayan fotoğraf negatifleri gibi yüksek sıcaklık ve bağıl neme maruz kalmaları bozulmalarını hızlandırır (ASHRAE, 2011). Yüksek bağıl nem organik eserlerde küf oluşumuna ve metal gibi inorganik eserlerde ise korozyona neden olur. Genel olarak küf, yağ ve şeker gibi organik maddelerle kirlenmiş yüzeylerde ve kemik gibi besin maddesine benzeyen maddelerin üzerinde oluşur (ASHRAE, 2011). 100 - 200 Gün arasında küfün görünür hale gelmesi için sıcaklık ve bağıl nem eğrisi Şekil 3.3' te ve görünür küf oluşumu için zaman grafiğı Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3 100- 200 gün arasında küfün görünür hale gelmesi için sıcaklık ve bağıl nem eğrisi (ASHRAE, 2011)



Şekil 3.4 Görünür küf oluşumu için zaman grafiği (ASHRAE, 2011)

Eski parşömen, kolalı pamuk ve keçi derisi üzerine yapılan çalışmalarda 100 - 200 gün arasında küfün görünür hale gelmesi için % 70 bağıl nem ve üzerinin tehlike arz ettiği Şekil 3.3 ve Şekil 3.4 'ten görülmektedir (ASHRAE, 2011). Her eser için güvenli kuru termometre sıcaklık ve bağıl nem oranı aralığı olmakla birlikte genelleştirilebilecek tek durum %75 bağıl nem oranının tehlikeli olduğudur (ASHRAE, 2011). Müze için kurulması planlanan iklimlendirme sisteminin de mekanik, kimyasal ve biyolojik bozulmaları engellemesi hedeflenmelidir.

3.5 İklimlendirme Sistemi Seçimi

Müze iklimlendirmesinde karşılaşılan en büyük zorluk, eserlerin müzelerde uzun süreler saklanması gerekliliğidir. İklimlendirmenin amacı da eserlerin bozulma süreçlerini yavaşlatmaya çalışmaktır. Topkapı Sarayında bulunan kutsal emanetler gibi zarar görmesi veya yok olması halinde hiçbir şekilde telafi edilemeyecek eserlerin veya belgelerin korunması için olabilecek en iyi ve pahalı teknolojilerin kullanılması gerekebilir. Bu durumda ise sıra dışı maliyetler de kaçınılmazdır. Çok değerli eserlerin saklandığı arşiv bölümlerine dünyanın en iyi iklimlendirme sisteminin ve yangın söndürme sistemi kurulumu belki maliyet açısından göz ardı edilebilecek bir durumdur ancak ülkemizin tüm illerinde neredeyse en az bir adet müze bulunması ülke ekonomisi için çok büyük maliyetleri de beraberinde getirir. Müzeler kar amacı gütmeyen organizasyonlardır ve bütçelerinin de çok büyük olmadığı unutulmamalıdır. Sistemin ilk kurulum maliyetlerinin yanında bakım ve işletme maliyetleri de müze idaresi için ekonomik baskılar oluşturur. Sürdürülebilir şekilde de sistemin işletilmesini zora sokar. Müze iklimlendirmesinde mümkün mertebe karmaşık olamayan ve enerji verimliliği yüksek sistemlerin kurulumu tercih edilmelidir.

Ülkemizde bulunan bazı müzelerde uygulanan iklimlendirme sistemlerinden bahsetmek gerekirse; Aydın Arkeoloji Müzesinde idari kısımlarda dört borulu fan-coil sistemli ile iklimlendirme yapılmaktadır. Teşhir salonlarında ise su soğutma grubu ve doğalgaz kazanları ile beslenen klima santralleri ile iklimlendirme yapılmaktadır. Tarihi bir binaya sahip Çankırı Müzesinde ise depo ve idari kısımlarda ısıtma ihtiyaçları doğalgaz kazanları ile beslenen radyatörlerle ısıtma sağlanmaktadır. Teşhir salonlarında ise ısıtma ve soğutma ihtiyaçları su soğutmalı kondenserli değişken debili klima üniteleri ile sağlanmaktadır. Çanakkale Kilitbahir Kalesi Müzesinde ise ısıtma ve soğutma ihtiyaçları değişken debili klima üniteleri ile sağlanmaktadır.

Yurtdışında bulunan bazı müzelerde uygulanan iklimlendirme sistemlerinden bahsetmek gerekirse; İtalya Floransa'da bulunan La Specola müzesinde balmumu heykellerin bulunduğu kısımda fan coil ile iklimlendirme yapılırken, müzenin kalan kısmında herhangi bir iklimlendirme yapılmamaktadır (Sciurpi, Carletti, Cellai, ve

Pierangioli, 2015). Hollanda Amsterdam'da bulunan Hermitage Müzesinde Akifer Termal Enerji Depolama sistemi (Aquifer Thermal Energy Storage) kurulmuştur. Eser bulunmayan mahallerde yerden ısıtma yapılmakta, eser bulunan mahallerde ise klima santralleri ile şartlandırma yapılmaktadır (Kramer, Schellen ve Schijndel, 2016). Polonya'nın Yukarı Silezya bölgesindeki müzede ısıtma ve soğutma ihtiyaçları fan-coil üniteleri ile sağlanmaktadır. Müzede II. Dünya Savaşından sonra müzenin havalandırma sistemi sökülmüş ve yerine yenisi kurulmamıştır (Ferdyn-Grygierek ve Baranowski, 2015).

Müzelerde; istenilen bağıl nem, kuru termometre sıcaklığı ve iç hava kalitesi vb. şartları sağlayabilecek her türlü sistemin kullanımı mümkündür. Ancak sistemin kendisi müze yapısı için risk oluşturmamalıdır. Örnek vermek gerekirse, dört borulu fan-coil sistemi kurulumu için metrelerce boru tesisatı montajı gereklidir. Gereken tüm sızdırmazlık testleri yapılsa bile, ilerleyen yıllarda yaşanması muhtemel herhangi bir su kaçağı, eser ve müze binasının sağlığı için önemli riskler oluşturabilir. Ayrıca bu üniteleri besleyen metrelerce elektrik kabloları ve cihazın kendisi de elektronik öğeler taşıdığı için yangın riski taşırlar (Tüysüz, Şalvarlı ve Aktaş, 2019).

Mümkün olması halinde yangın ve su kaçağı vb. riskleri en aza indirmesi ve ısıtma, soğutma, nem alma, nemlendirme ve hava filtreleme gibi özellikleri aynı ünite ile sağlıyor olması gibi sebeplerle klima santralleri tercih edilebilir. Ayrıca bakım faaliyetleri de kolayca yapılabilir. Tarihi bir binada mahaller arasında hava kanalı montajı yapmak her zaman mümkün olamayabilir. Böyle durumlarda ise klima santrali projelendirmesi yapılamayabilir. Mümkün olmayan durumlarda binaya zarar vermeyecek en sade sistemlerin seçimi uygun olacaktır.

3.6 Psikrometrik İşlemler

Dış ortam şartlarından bağımsız olarak, ortam havasının istenilen şartlara getirilmesine iklimlendirme denir. Bu işlemleri yapan sistem de iklimlendirme sistemidir. İklimlendirme ise havanın şartlandırılmasını içerir. Hava genel olarak su buharı ve kuru havanın karışımından oluşur. Su buharı ve kuru hava ile ilgili işlemler

psikrometri biliminin konusudur. Psikrometri nemli havanın özellikleri ve bu özellikleri ile yapılan işlemleri inceleyen termodinamiğin bir dalıdır (Demirci, 2004).

Atmosferi dolduran gaz karışımları ve su buharının karışımına hava denir. (Doğan, 2010). İçeriğinde su buharı bulunmayan havaya kuru hava denir. Kuru havanın yaklaşık % 78'ini N₂ (Azot), % 21'ini O₂ (Oksijen) ve kalan kısımlarını ise diğer gaz karışımları oluşturur (Demirci, 2004). Belli oranlarda su buharı içeren havaya ise nemli hava denilir. Atmosfer içeriğinde her zaman su buharı bulunmaktadır. Düşük basınçlarda gazlar yaklaşık olarak ideal gaz yasalarına uyarlar, nemli havanın içerdiği su buharının kısmi basıncı da çok düşük olduğu için iklimlendirme işlemlerinde ideal gaz denklemi yaklaşık olarak %1 'in altında bir hata ile kullanılabilir (Demirci, 2004).

Kuru termometre sıcaklığı nem ve güneş etkisi olmaksızın normal bir termometre ile ölçülen sıcaklık iken, yaş termometre sıcaklığı ise termometre haznesinin yaş bir pamuk veya kumaşla sarılması sonucu ölçülen sıcaklıktır (Doğan, 2010).

Yoğunluk, bir maddenin birim hacminin ağırlığıdır. 0 °C ve 1,01325 bar basınçta, deniz seviyesinde havanın yoğunluğu yaklaşık $\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$ 'tür. Sıcaklığa bağlı olarak havanın yoğunluğu aşağıdaki bağıntı ile bulunabilir.

$$\rho = \frac{p}{RT} \text{ (kg/ m}^3\text{)} \quad (3.1)$$

Yukarıdaki eşitlikte p (N / m²) basınç, R, (J/ kgK) gaz sabiti ve T(K) mutlak sıcaklıktır.

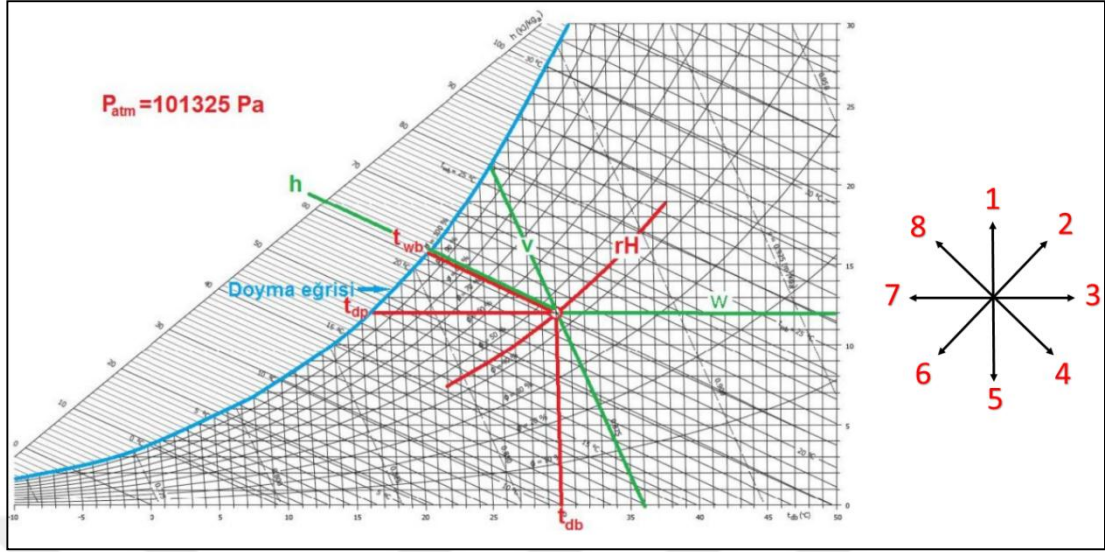
Özgül nem, bağıntısı da aşağıda gösterilmektedir. Bağıntıdan da anlaşılacağı üzere su buharı kütlesinin, kuru hava kütlesine oranıdır.

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} \left(\frac{\text{kg su buharı}}{\text{kg kuru hava}} \right) \quad (3.2)$$

Bağıl nem, havada bulunan nem miktarının, havanın taşıyabileceği en fazla nem miktarına oranıdır. Ya da havanın içerdiği su buharının kısmi basıncının aynı kuru termometre sıcaklığında doymuş havanın kısmi su buharı basıncına oranı olarak da tanımlanabilir (Demirci, 2004). Havanın mevcut sıcaklıkta yüzde kaç oranında doyduğu ile ilgili bize fikir verir.

Entalpi, sürekli akım işleminde akım enerjisi ve iç enerjinin toplamını ifade eder (Demirci, 2004). Bir maddeye ısı verildiğinde veya maddeden ısı alındığında sıcaklığı değişiyorsa, bu ısıya duyulur ısı (Q_d) denir. Bir maddeye ısı verildiğinde veya maddeden ısı alındığında maddenin faz durumu değişiyor ve sıcaklığı değişmiyor ise bu ısıya gizli ısı (Q_g) denir. Toplam ısı ise duyulur ısı ve gizli ısının toplamıdır. Duyulu ısı oranı (DIO) da havanın duyulur ısısının toplam ısıya oranını ifade eder.

Hesaplamaları ideal gaz denklemi ile yapabileceğimiz gibi psikrometrik diyagramlar yardımı ile de yapabiliriz. Şekil 3,5'te de görebileceğimiz psikrometrik diyagram, havanın kuru termometre sıcaklığı (T_{db}), yaş termometre sıcaklığı (T_{wb}), entalpi (h), özgül nem (ω), bağıl nem oranı (ϕ) ve yoğunluk (ρ) gibi özelliklerini tek bir diyagramda görmemizi sağlamaktadır. Diyagram ilk defa 1904 yılında Willis Carrier tarafından ortaya konmuştur (Gatley, 2004). Havanın herhangi iki noktasına ait fiziksel özelliklerinin bilinmesi halinde diğer noktaların fiziksel özelliklerini kolayca bulmamızı sağlar. Standart olarak deniz seviyesi için hazırlanmış psikrometrik diyagramlar kullanır. Farklı kot seviyeleri için özelleştirilmiş diyagramların kullanılması gerekmektedir.



Şekil 3.5 Psikrometrik diyagram (Psikrometri, 2019)

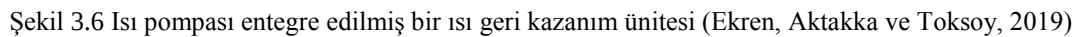
Şekil 3.5'in sağ kısmında gösterilen ok işaretleri ise psikrometrik işlemleri sembolize etmektedir. Psikrometrik diyagram üzerinde yatay eksenle yapılan değişimler kuru termometre sıcaklığının değiştiğini, dikey yönlü değişimler ise özgül nemin değiştiğini bize anlatır. 1 nolu ok işaretli işlem nemlendirme işlemini, 2 nolu ok işaretli işlem ısıtma ve nemlendirme işlemini, 3 nolu ok işaretli işlem duyulur ısıtma işlemini, 4 nolu ok işaretli işlem kimyasal nem alma işlemini, 5 nolu ok işaretli işlem nem alma işlemini, 6 nolu ok işaretli işlem soğutma ve nem alma işlemini, 7 nolu ok işaretli işlem duyulur soğutma işlemini, 8 nolu ok işaretli işlem ise adyabatik nemlendirme işlemini sembolize etmektedir.

3.7 Isı Pompaları

Isı pompası, düşük sıcaklık kaynağından yüksek sıcaklık kaynağına enerji aktarabilen bir sistemdir. Konutlarda kış ayları için ısıtma amacı ile kullanılabilirken, dört yollu vanalar sayesinde yaz aylarında da soğutma amacı ile kullanılabilir.

Isı pompalarının etkinliği performans katsayıları (COP) ile belirlenir. COP kompresöre verilen birim enerjiye karşılık kaç birim faydalı enerji elde edilebildiğinin göstergesidir.

The diagram illustrates a double-flow mechanical ventilation system. It features a central red vertical section representing the heat exchanger and rotor, labeled "Rotor (Isı Tekeri – Heat Wheel)". Air flows from left to right through the system. On the left side, "Taze hava (Supply air)" enters through a filter and a coil, with temperature T_{SUP}^* . Below it, "Mahal havası (Extract air)" enters through a filter and a coil, with temperature T_{EXT}^* . On the right side, "Dış hava (Outdoor air)" exits through a filter and a coil, with temperature T_{ODA} . Below it, "Egzoz havası (Exhaust air)" exits through a filter and a coil, with temperature T_{EXA}^* . The central rotor section shows a downward arrow, indicating the flow direction. The temperatures T_{SUP} and T_{EXA} are shown in the central section, indicating the air temperature after the heat exchanger. The temperatures T_{ODA} and T_{EXT}^* are shown in the central section, indicating the air temperature before the heat exchanger. The temperatures T_{SUP}^* and T_{EXA}^* are shown in the central section, indicating the air temperature after the heat exchanger. The temperatures T_{ODA} and T_{EXT}^* are shown in the central section, indicating the air temperature before the heat exchanger.



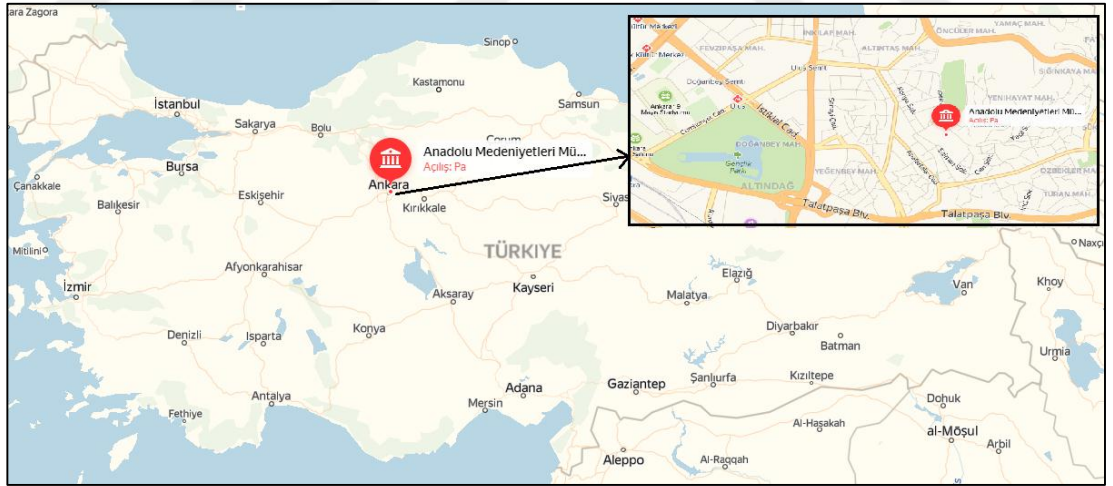
32

BÖLÜM DÖRT

MATERYAL VE METOT

Ankara Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı Müdürlüğünce Anadolu Medeniyetleri Müzesinde yapılan izleme çalışmaları neticesinde müzenin mevcut iklimlendirme sisteminin ASHRAE tarafından oluşturulan “B” iklim sınıfını sağlayayıp, sağlayamadığı konusunda değerlendirmelerde bulunulmuştur. Ayrıca müze için enerji verimliliğini esas alan ısı pompalı yeni bir sistem önerisinde bulunulmuştur

Anadolu Medeniyetleri Müzesi Ankara ilinde bulunmaktadır. Konumu Şekil 4.1’de gösterilen müze, Ankara Kalesi’nin yakınında bulunmaktadır. Müze Osmanlı döneminden kalma iki yapı olan ve bitişik şekilde bulunan Mahmut Paşa Bedesteni ve Kurşunlu Han’ın restorasyon ile müzeye çevrilmesi ile oluşturulmuştur. Bu iki yapının da 15.yüzyılda inşa edildiği tahmin edilmektedir. 1881 yılında yaşanan yangın neticesinde yapılar terk edilmiştir (Müzenin Tarihçesi, 2019).



Şekil 4.1 Müzenin konumu (Yandex Harita, 2019)

Cumhuriyetin ilk yıllarında Ankara’da kurulması planlanan müze için Mahmut Paşa Bedesteni ve Kurşunlu Han’da binaları seçilmiş ve restorasyon çalışmalar 1938 yılında başlatılmıştır. Binaların restorasyonu sürerken Mahmut Paşa Bedesteni’nin orta holü 1943 yılında ziyarete açılmıştır. 1968 yılında ise tüm çalışmalar bitirilmiştir.

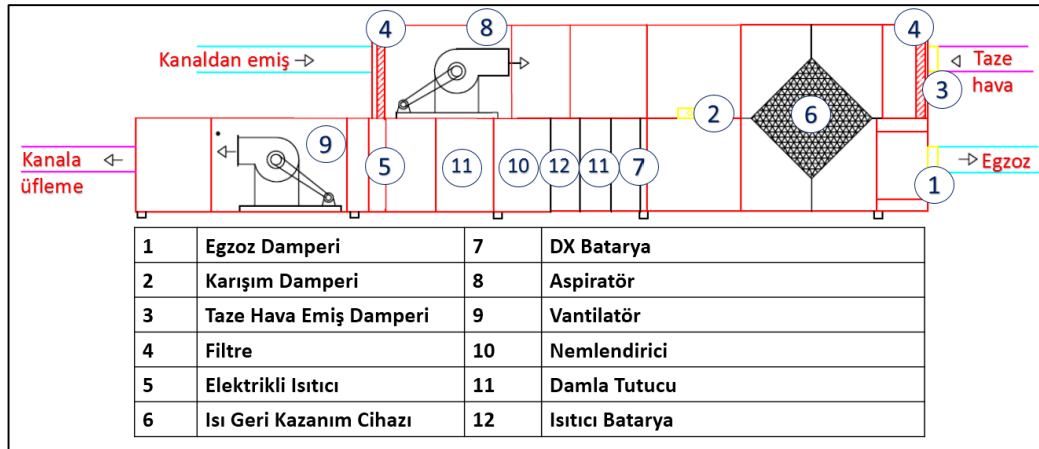
Mahmut Paşa Bedesteni teşhir salonu ve Kurşunlu Han ise idari birimler ve depo olarak kullanımına devam edilmektedir. (Müze Binalarının Tarihçesi, 2019)

Müzedede Urartu, Frig, Asur vb. çağlara ait değerli eserlerin sergilenmesi, bakımı ve depolanması yapılmaktadır. (Aybar, 2007).

4.1 Müzenin Mevcut İklimlendirme Sistemi

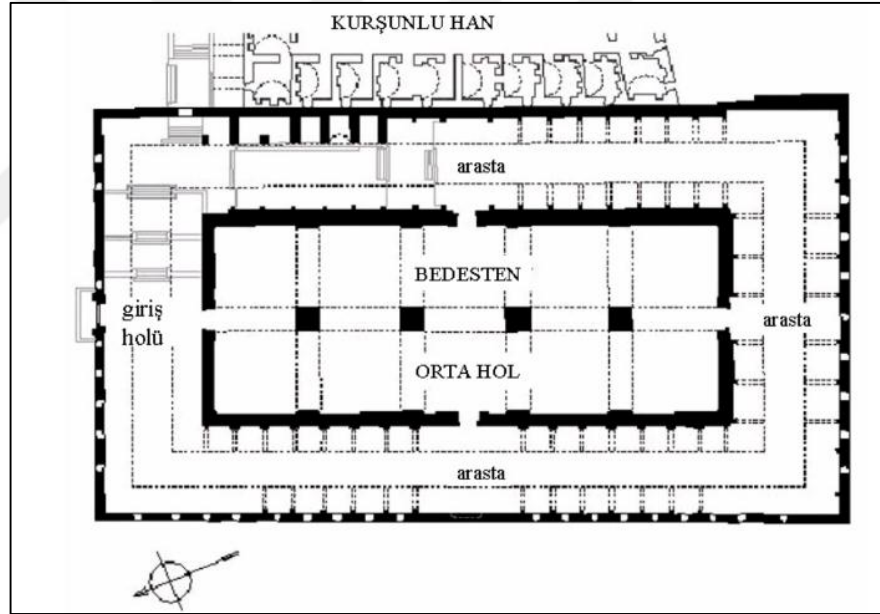
Anadolu Medeniyetleri Müzesinde ısıtma sistemi doğalgaz brülörlü sıcak su kazanları ile sağlanmaktadır. Değişken debili soğutucu akışkanlı merkezi sistem klimalar ise sisteme destek vermektedirler. İdari birimlerde radyatörler ile ısıtma yapılırken, zemin kat teşhir salonlarında klima santralleri ve değişken debili soğutucu akışkanlı merkezi sistem klimalar ile sağlanmaktadır. Klima santrallerinde hava şartlandırması doğalgaz brülörlü sıcak su kazanlarının beslediği sıcak su bataryaları ile yapılmaktadır.

Soğutma ise değişken debili soğutucu akışkanlı merkezi sistem klimalar ile sağlanmaktadır. Teşhir salonlarında bulunan klima iç ünitelerinin yanı sıra, klima santrallerinde bulunan ve değişken debili soğutucu akışkanlı merkezi sistem klimalar ile beslenen doğrudan genleşmeli bataryalar (DX, Direct Expansion) ile soğutma yapılmaktadır. Müzede bulunan klima santralinin şeması Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Müze teşhir salonlarını için kullanılan klima santralinin şeması

Anadolu Medeniyetleri Müzesinde zemin kat ve bodrum katta teşhir salonları bulunmaktadır. Ancak hâlihazırda bodrum kat geçici olarak kapalı bulunmaktadır. Zemin kat teşhir salonları arasta ve kubbeli orta avlu olarak iki kısımdan oluşmaktadır. 24.000 m³/h hava debili klima santrali kubbeli orta avluyu, 16.000 m³/h hava debili klima santrali ise arasta bölümünü beslemektedir ve santraller müzenin bahçesinde dış havaya açık konumda bulunmaktadır. Klima santralleri karışım havalı, ısı geri kazanım hücreli, nemlendiricili ve DX bataryalıdır. Teşhir salonlarının havalandırma, ısıtma, soğutma ve hava filtreleme ihtiyaçlarını karşılamaktadır. İlk klima santralinin hava debisi 24000 m³/h, ısıtıcı batarya kapasitesi 352,2 kW ve soğutucu batarya kapasitesi 140 kW'tır. İkinci klima santralinin hava debisi 16000 m³/h, ısıtıcı batarya kapasitesi 220,6 kW ve soğutucu batarya kapasitesi 69,3 kW'tır. Arasta ve orta avlu bölümleri Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



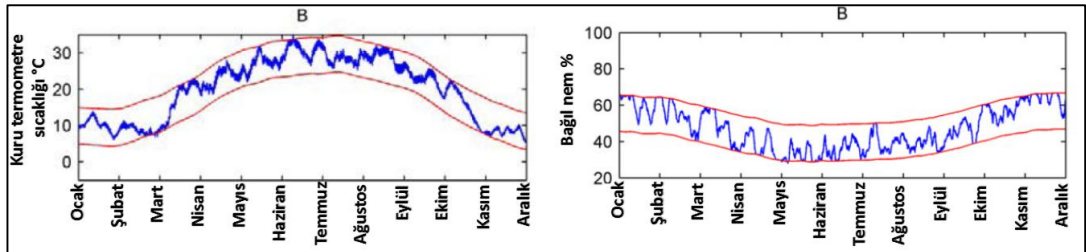
Şekil 4.3 Müze zemin kat planı (Kurtay, Aybar, Başkaya, ve Aksulu, 2003)

Müze yaklaşık olarak 73 x 40 metre taban alanı üzerine kuruludur. Orta avlu ve arasta kısımları dört adet açık kapı boşluğu ile birbirine bağlı olup, iki bölüm arasında sürekli hava transferi bulunmaktadır. Arasta bölümü yaklaşık 1900 m² taban alanına sahip ve kat yüksekliği ise arazinin eğiminden dolayı 2.80 ile 5.10 metre arasında değişmektedir. Dış duvarları moloz taş üzeri kesme taş kaplama olup 80 cm kalınlığındadır. 37 adet 70 x 96 cm ölçülerinde kemerli çift camlı pencereler, içten

ahşap kepenkler ve dıştan lokma demirli parmaklıklarla çevrilidir. Bu bölümde hava geçirgenliği sağlayan ahşap çatalı asma tavan bulunmaktadır. Ayrıca restorasyon sırasında yeniden yapılmış çelik konstrüksiyonlu su ve ısı yalıtıma sahip çatıya sahiptir. Orta avlu 900 m² taban alanına sahip ve kubbe formu tavanının en üst noktası 12,90 metre yüksekliğindedir. Dış duvarları moloz taş üzeri kesme taş kaplama olup 120 cm kalınlığındadır. Orta avlunun tavan yüksekliği arasta bölümünden daha fazladır. Çatısında çapı yaklaşık 4,85 m olan 10 adet kurşun kaplı kubbe bulunmaktadır. 28 adet 85 x 160 cm ölçülerinde çift camlı kemerli pencereler, içten ahşap kepenkler ve dıştan lokma demirli parmaklıklarla çevrilidir.

Arasta ve orta avlunun toplam iç hacmi yaklaşık 17.700 m³ olarak hesaplanmıştır. Klima santrallerin tam yükte çalıştığı zamanlarda saatlik hava değişim katsayısının 2,25 olduğu görülmektedir.

Anadolu Medeniyetleri Müzesi yapı olarak tarihi bir binaya sahip olduğu için ASHRAE tarafından oluşturulan sınıflama da çok hassas eserlerin bulunduğu kısımlar kapsam dışı bırakılarak “B” iklim sınıfı uygunluğunun aranmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. “B” iklim sınıfına ait örnek yıllık dalgalanma grafiği şekil 4.4’te aşağıda gösterilmektedir.

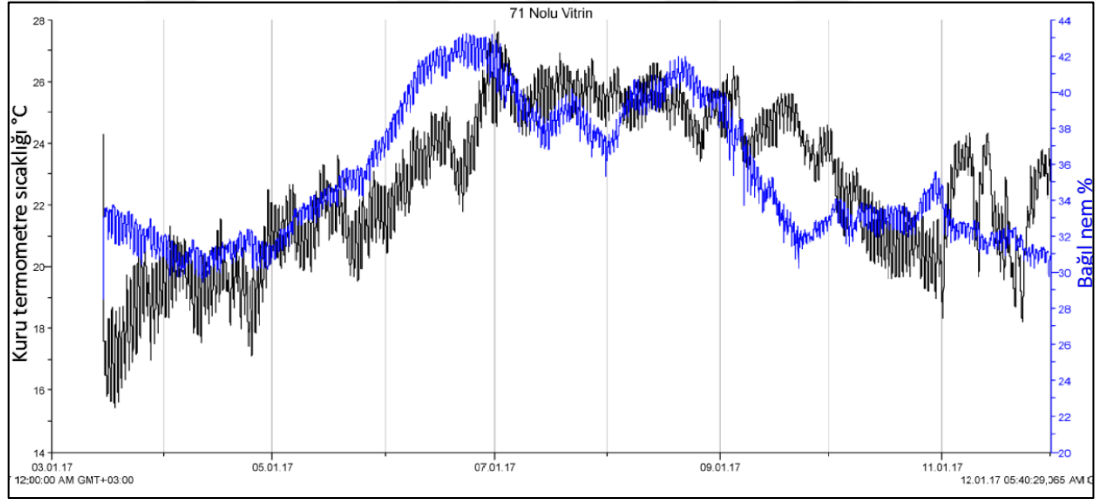


Şekil 4.4 “B” iklim sınıfı için örnek dalgalanma grafiği (Kramer, Schellen ve Schijndel, 2015)

“B” iklim sınıfında bağıl nem %50, kuru termometre sıcaklığı 15°C-25°C aralığında ortam şartları istenmektedir. Mevsimsel olarak bağıl nem 10 % aşağıya ve 10 % yukarıya ve kuru termometre sıcaklığı 30°C’yi geçmeyecek şekilde düzeltmeler yapılabilir. Ayrıca bağıl nemde ± 10 % ve kuru termometre sıcaklığında ± 5 °C kısa dalgalanmalara müsaade edilmektedir

İklimlendirme sisteminin performansı 71 no’lu vitrinde yapılan bağıl nem oranı ve kuru termometre sıcaklığı kayıtları üzerinden incelenecektir. Söz konusu kayıtlar Ankara Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı Müdürlüğüne tutulmaktadır. Anadolu Medeniyetleri Müzesinde bulunan 71 no’lu vitrinde Gordion kazılarında bulunan ahşap bir masa bulunmaktadır.

Kayıt cihazı ile 03.2017- 01.2018 tarihleri arasını kapsamaktadır. Yapılan ölçüm sonuçları Şekil 4.5’te gösterilmiştir. Söz konusu grafik hoboware yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur.

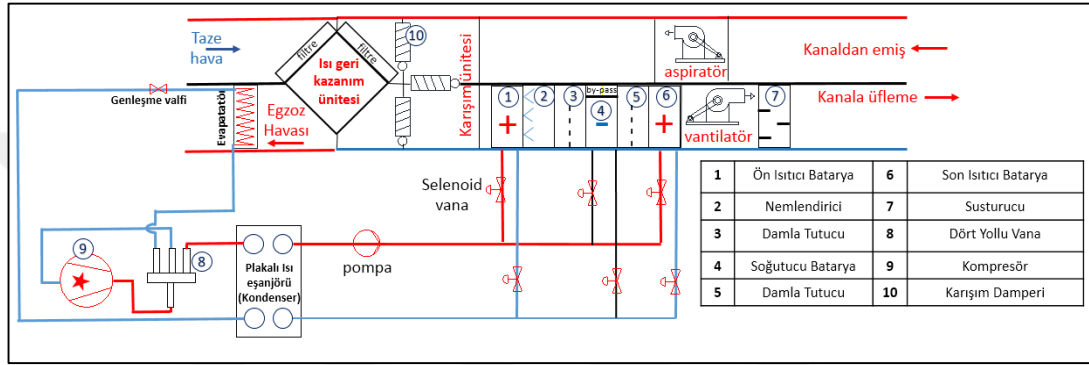


Şekil 4.5 “71” nolu vitrinde yapılan bağıl nem/kuru termometre sıcaklığı ölçümleri

ASHRAE tarafından oluşturulan “B” iklim sınıfına uygunluğu açısından grafiği incelediğimizde, vitrin içi kuru termometre sıcaklığının uygun şartlar olan 16 °C-27 °C arasında dalgalandığı görülmektedir. Bağıl nemin de uygun şartlar arasında dalgalandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca belirtmelidir ki iklimlendirme sisteminin arıza vb. durumlarda ve hangi zaman aralıklarında duraksadığına dair elimizde bilgi bulunmamaktadır. Ölçüm, ahşap eserlerin bulunduğu vitrin içinde yapılmıştır. Ahşap eserlerin higroskopik olduğu düşünüldüğünde ortam nem dengelenmesini de etkileyeceği unutulmamalıdır. Daha sağlıklı sonuçlar elde edebilmemiz için vitrin içi, vitrin dışı ve müze dış ortamından alınan birden fazla veri aynı anda ve bir konservasyon uzmanı yardımı ile değerlendirilmelidir.

4.2 Sistem Önerisi

Anadolu Medeniyetleri Müzesi'nin zemin kat ana teşhir salonları için enerji verimliliğini ön planda tutan atık ısı kaynaklı bir ısı pompalı ve ısı geri kazanımlı iklimlendirme sistem önerisi müze zemin katında bulunan arasta ve orta holün iklimlendirmesi için yapılmaktadır. Önerilen sistemin şematik çizimi aşağıda şekil 4.6'da gösterilmektedir.



Şekil 4.6 Önerilen sistemin şematik gösterimi

Sistem, çapraz akışlı ısı geri kazanımlı, karışım havalı ve atık ısı kaynaklı ısı pompalı bir klima santralidir. Egzoz havası üflenene kısma eklenen bir ısı değıştircisi ısıtma modunda dört yollu vana sayesinde evaporatör, soğutma modunda ise kondenser vazifesi görmektedir. Arasta ve orta holün iklimlendirmesi, farklı kapasitelerde ve aynı özelliklere sahip klima santralleri kullanılacaktır.

Müze için en düşük maliyetli bir yenileme önerisinde bulunulacaktır. Müzede hâlihazırda müzenin bahçesinde ve dış havaya açık konumda bulunan 24.000 m³/h ve 16.000 m³/h hava debisine sahip iki adet klima santrali bulunmaktadır. Müze içerisinde bir yenileme çok zahmetli ve masraflı olacağı için, mevcut hava kanalları değıştirilmeden sadece klima santrallerinin değışiminin yapılacağı bir senaryo önerilmektedir. Mevcut hava kanallarına uyumluluğu sağlamak için klima santralleri orta avlu için 24.000 m³/h ve arasta bölümü için 16.000 m³/h hava debilerine sahip olacak şekilde seçimleri yapılacaktır. Anadolu Medeniyetleri Müzesi Kültür ve Turizm Bakanlığı Döner Sermaye İşletmesi Merkez Müdürlüğü istatistiklerine göre 2018 yılında 253.795 kişi tarafından ziyaret edilmiştir (DÖSİMM, 2019). Müzenin

pazartesi günleri kapalı olduğu düşünülürse ise günlük ortalama 813 kişinin ziyaret ettiği görülmektedir. Müzenin de ortalama 9 saat açık olduğu ve bir kişinin ortalama 1 saatte müzeyi gezdiği düşünülürse, aynı anda müze de ortalama 90 kişi olduğu görülmektedir. Ancak orta avlu da 171 kişi ve arasta bölümünde 114 kişi olmak üzere toplamda müzede aynı anda en fazla 285 kişi olabileceği varsayılarak hesaplamalar yapılacaktır. Kişi başı taze hava ihtiyacı da 35 m³/h olarak kabul edilmiştir (Yamankaradeniz ve diğer., 2015). Orta avlu için taze hava ihtiyacı 171 kişi için yaklaşık 6000 m³/h ve arasta bölümünde 114 kişi için yaklaşık 4000 m³/h olarak hesaplanmıştır. Bu değerler bize klima santrallerinin % 25 taze hava karışımı olarak çalışacağını göstermektedir. İklimlendirme sistemi eserlerin korunması amacıyla 24 saat çalışma esası dikkate alınacaktır.

4.2.1 Kış Kliması Hesaplamaları

Kış Kliması Hesaplamalarını yapmak için öncelikle mahallin ısı kaybı hesaplamaları yapılacaktır. Anadolu Medeniyetleri Müzesi'nin zemin kat ana teşhir salonları için duvarlardan, çatıdan, tabandan, pencerelerden ve kapılardan olan iletim ile olan ısı kaybı hesabı için aşağıdaki bağıntı kullanılacaktır.

$$\dot{Q} = AU\Delta T \quad (4.1)$$

Denklemden $\dot{Q}$ (W) ısı kaybını, A (m²) yüzey alanını, U (W/m²K) toplam ısı transfer katsayısını, ΔT (K) yüzeyler arası sıcaklık farkını ifade eder.

Tablo 4.1 de müzenin zemin katına ait dış duvar, çatı, taban, pencere ve kapılarına ait özellikleri yer almaktadır.

Tablo 4.1 Müzenin zemin katı yapı bileşenleri

Bileşen Adı	Özellikleri	U (W/m ² K) Toplam Isı Transfer Katsayısı
Duvar 1	80 cm taş duvar ve iç sıva	1,13
Duvar 2	120 cm taş duvar	0,83
Çatı 1	Kurşun kaplı kubbeli çatı	2
Çatı 2	Sundurma çatı, ısı yalıtımlı çelik konstrüksiyon	0,66
Taban 1	Toprağa temas eden	0,83
Taban 2	Alt katı bodrum	0,83
Pencere	Isı yalıtımlı, çift camlı ve panjurlu	2,2
Kapı	Ahşap,cam	4,5

Tabloda gösterilen toplam ısı transfer katsayıları müzenin ulaşılmış olan projeleri üzerinden yaklaşık olarak Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı (TS 825, 2013) baz alınarak hesaplanmıştır. Malzeme detaylarına ulaşılabilen bileşenlerin ısı transfer katsayıları tahmini olarak alınmıştır.

Hesaplamalarda aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

- Ankara için dış hava sıcaklığı -12 °C ve % 80 bağıl nem,
- Toprak sıcaklığı 6 °C (TS 2164, 1983),
- Müze mahal sıcaklığı ise ASHRAE yayını olan HVAC Uygulamaları El Kitabının Müzeler, Galeriler, Arşivler ve Kütüphaneler bölümünde verilen “B” iklim sınıfı tavsiyelere uygun olarak 20 °C ve % 50 bağıl nem,
- Komşu Mahal olan idari bina iç ortam sıcaklığı 20 °C,
- Hava yoğunluğu 1,2 kg/m³,
- Taze hava oranı % 25.

Tablo 4.2 ve 4.3'te arasta ve orta hole ait duvar, çatı, kapı, pencere ve tabanda oluşan iletim ile ısı kaybı hesapları yer almaktadır. Yüzey alanları AUTOCAD yazılımının yüzey alanı hesaplama özelliği kullanılarak, müze projesi üzerinden hesaplanmıştır. Orta hol ve arasta bölümlerinin birbirlerine temas eden yüzey alanları sıcaklık farkı olmadığı için hesaba katılmamıştır.

Tablo 4.2 Arasta bölümü iletimle olan ısı kaybı hesap tablosu

Yapı Bileşeni	Yön	Yüzey Alan (m ²)	U (W/m ² K)	ΔT (K)	$\dot{Q}$ (kW)
Duvar 1	Kuzey	54,5	1,13	32	1,97
Duvar 1	Doğu	139,7	1,13	32	5,05
Duvar 1 (idari binaya bitişik duvar)	Doğu	216	1,13	0	0,00
Duvar1	Güney	70,7	1,13	32	2,56
Duvar1	Batı	177,8	1,13	32	6,43
Pencere	Kuzey	7,6	2,2	32	0,54
Pencere	Doğu	0	2,2	32	0,00
Pencere	Güney	7,56	2,2	32	0,53
Pencere	Batı	14,2	2,2	32	1,00
Kapı	Kuzey	3,84	4,5	32	0,55
Kapı	Doğu	2,87	4,5	32	0,41
Çatı 1	*	2066	0,66	32	43,63
Taban 1	*	1152	0,83	14	13,39
Taban 2	*	736	0,83	0	0,00
Toplam ısı yükü (kW)					76,06

Tablo 4.3 Orta hol bölümü iletimle olan ısı kaybı hesap tablosu

Yapı Bileşeni	Yön	Yüzey Alan (m ²)	U (W/m ² K)	ΔT (K)	$\dot{Q}$ (kW)
Duvar 2	Kuzey	180,7	0,83	32	4,80
Duvar 2	Doğu	212,1	0,83	32	5,63
Duvar 2	Güney	162	0,83	32	4,30
Duvar 2	Batı	291,5	0,83	32	7,74
Pencere	Kuzey	3,2	2,2	32	0,23
Pencere	Doğu	6,32	2,2	32	0,44
Pencere	Güney	4,96	2,2	32	0,35
Pencere	Batı	12,6	2,2	32	0,89
Çatı 2	*	1206	2	32	77,18
Taban1	*	1166	0,83	14	13,55
Toplam ısı yükü (kW)					115,12

4.1 de verilen bağıntı kullanılarak yapılan hesaplamalarda duvar, çatı, kapı, pencere ve tabanda oluşan iletimle olan toplam duyulur ısı kaybının müze zemin katı orta hol bölümü için 115,12 kW ve arasta bölümü için de 76,06 kW olduğu görülmektedir.

Ayrıca mahal içi ziyaretçilerden, aydınlatmadan ve cihazlardan kaynaklı gizli ve duyulur ısı kazançları da hesaba katılacaktır. Pencere içerisi ışık almayacak şekilde panjurlu olarak kapatıldıkları için ısıtma yoluyla oluşan ısı kazançları ve infiltrasyon ısı kayıpları ihmal edilecektir.

Müze eserleri ön plana çıkarma amacıyla loş bir ortam sağlanmıştır. Aydınlatma led armatürler ile sağlanmaktadır. Arasta salonunda yaklaşık 4500 W, orta holde ise 3561 W led aydınlatma gücü bulunmaktadır. Led armatürlerin yaklaşık % 75 ısı yaydığı kabul edilmektedir (Ahn ve diğer., 2013). Böylelikle aydınlatmadan gelen duyulur ısı kazançları Arasta salonu için 3,38 kW, orta holde için ise 2,67 kW olarak hesaplanmaktadır.

İnsanlardan gelen ısı kazancı hesabında kişi başı duyulur ısı kazancı 74 W ve kişi başı gizli ısı kazancı 72 W olarak kabul edilecektir (Yamankaradeniz ve diğer., 2015).

Orta avlu da 171 kişi için;

- $\dot{Q}_{gizli}=171 \times 72 \text{ W} = 12,6 \text{ kW}$,
- $\dot{Q}_{duyulur}=171 \times 74 \text{ W} = 12,3 \text{ kW}$

Arasta bölümünde 114 kişi için;

- $\dot{Q}_{gizli}=114 \times 72 \text{ W} = 8,4 \text{ kW}$,
- $\dot{Q}_{duyulur}=114 \times 74 \text{ W} = 8,2 \text{ kW}$ olarak hesaplanmıştır

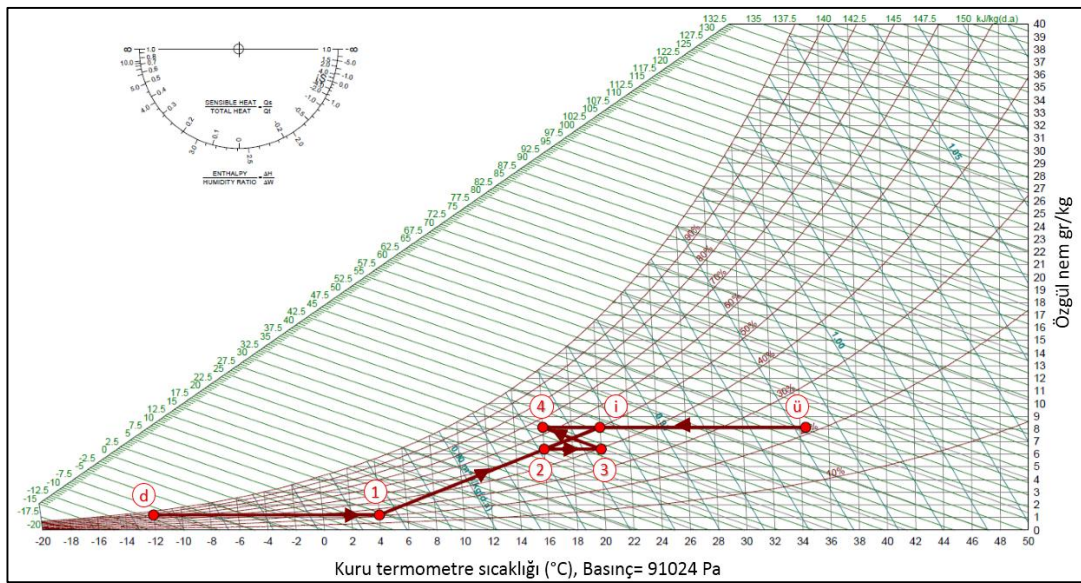
Arasta kısmında 5 adet bilgilendirme ekranı, 2 adet çay makinası ve 1 adet buzdolabı bulunmaktadır. Cihazlar kaynaklı toplam duyulur ısı kazancı hesabında çay makinesi duyulur ısı kazancı 1130 W, gizli ısı kazancı 370 W ve buzdolabı duyulur ısı kazancı 290 W olarak alınmıştır (Yamankaradeniz ve diğer., 2015). Ayrıca bilgilendirme ekranlarının yaydığı duyulur ısı her biri için toplamda 300 W olarak kabul edilecektir. Toplamda cihazların yaydığı duyulur ısı 4,5 kW ve cihazların

yaydığı gizli ısı 0,74 kW olarak hesaplanmıştır. Isıtma amaçlı mahal ısı kayıpları ve kazançları tablosu Tablo 4.4'te özetlenmiştir.

Tablo 4.4 Mahal ısı kaybı ve kazançları tablosu

Isı Kayıp/Kazanç	Arasta Bölümü	Orta Hol Bölümü
İletimle Olan Duyulur Isı Kaybı (kW)	76,06	115,12
Aydınlatma Duyulur Isı Kazancı (kW)	3,38	2,67
Cihaz Duyulur Isı Kazancı (kW)	4,5	-
Cihaz Isı Gizli Kazancı (kW)	0,74	-
İnsanlardan Gelen Duyulur Isı Kazancı (kW)	8,4	12,6
İnsanlardan Gelen Gizli Kazancı (kW)	8,2	12,3

Kış şartları için psikrometrik diyagram üzerinden hesaplamalar 24.000 m³/h hava debili klima santrali olan orta hol için yapılacaktır. Hesaplamalarda Ankara ilinin rakımı olan 895 metre için özelleştirilmiş psikrometrik diyagram kullanılacaktır. Pik yük şartları olan gece müzede hiç kimse yok iken, aydınlatmanın ve cihazların kapalı olduğu durumda sadece iletimle olan duyulur ısı kaybı hesaba katılacaktır. Bu duruma ait işlemler Şekil 4.7 üzerinde psikrometrik diyagramda gösterilmiştir. Psikrometrik işlemler “Psychrometric Chart + Duct Calculator V4.4” yazılımı yardımı ile işaretlenmiştir.



Şekil 4.7 Orta hole ait kış kliması psikrometrik diyagramı

Şekil 4.7 de görülen psikrometrik diyagram üzerinde;

- “d” noktası dış hava şartlarını
- “i” noktası iç hava şartlarını
- “1” noktası ısı eşanjöründen çıkış havası şartlarını
- “2” noktası karışım havası şartlarını
- “3” noktası ön ısıtıcıdan çıkış havası şartlarını
- “4” noktası nemlendiriciden çıkış havası şartlarını
- “ü” noktası mahale üfleme havası şartlarını ifade etmektedir.

Bu noktalara ait kuru termometre sıcaklığı, bağıl nem oranı, özgül nem ve entalpi değerleri ise Tablo 4.5’de özetlenmiştir.

Tablo 4.5 Orta hole ait hava şartları değerleri

Noktalar	Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Bağıl Nem Oranı	Özgül Nem (g/kg)	Entalpi (kJ/kg)
d	-12	80	1,205	-90,82
i	20	50	8,066	40,58
1	4	21,61	1,208	7,05
2	16	50,5	6,361	32,19
3	20	39,1	6,361	36,19
4	16	64,06	8,093	36,19
ü	34,1	21,34	8,093	54,97

Bu noktalara ait hesaplamalar ise aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

Kütlesel debi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanacaktır.

$$\dot{m}_h = \rho \dot{V}_h \quad (4.2)$$

Bağıntıda $\dot{m}_h$ (kg/s) havanın kütlesel debisini, ρ (kg/m³) havanın yoğunluğunu ve $\dot{V}_h$ (m³/h) hacimsel hava debisini ifade etmektedir. Böylelikle kütlesel debi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\dot{m}_h = 24000 \text{ m}^3 / \text{h} \times 1,2 \text{ kg} / \text{m}^3 = 28000 \text{ kg} / \text{h} = 8 \text{ kg} / \text{s}$$

Klima santralinde kullanılan ısı değıştirci Şekil 4.8 de şematik olarak gösterilen çapraz akışlı ve plakalı tiptir. Isı değıştircide sadece duyulur ısı geçişı olduğu kabul edilmektedir.



Şekil 4.8 Isı değıştircinin şematik gösterimi

Isı değıştircinin her iki tarafından da eşit debide hava geçtiğini ve özgül ısılarını da aynı kabul edersek, ısı değıştircinin verimini 4.3 nolu bağıntı ile hesaplayabiliriz.

$$\eta = \frac{T_1 - T_1'}{T_1 - T_2}, \frac{T_2 - T_2'}{T_2 - T_1} \quad (4.3)$$

T_1 , ısı değıştirciye giren taze hava sıcaklığını, T_1' taze hava çıkış sıcaklığını, T_2 egzoz havası giriş sıcaklığını ve T_2' egzoz havası çıkış sıcaklığını ifade etmektedir.

Isı değıştircinin verimini % 50 kabul edersek, $T_1 = -12^\circ\text{C}$ ve $T_2 = 20^\circ\text{C}$ olan sıcaklık değerlerini 4.3 nolu eşitlikte yerine yazarsak T_1' taze hava çıkış sıcaklığı 4°C olarak hesaplanmaktadır. T_2' egzoz havası çıkış sıcaklığı da benzer şekilde 4°C olarak hesaplanmaktadır.

Dış hava kuru termometre sıcaklığı -12°C ve iç ortam kuru termometre sıcaklığı 20°C 'dir. Klima santralinde % 25'lik bir karışım söz konusu olduğu için karışım havası sıcaklığı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir.

$$T_K = \left(\frac{\dot{V}_D}{\dot{V}_D + \dot{V}_I} \right) T_1' + \left(\frac{\dot{V}_I}{\dot{V}_D + \dot{V}_I} \right) T_2 \quad (4.4)$$

Bağıntıda T_K (K) karışım sıcaklığını, $\dot{V}_D$ (m³/h) taze hava miktarını ve $\dot{V}_I$ (m³/h) egzoz edilmeyen iç hava miktarını ifade etmektedir. Bağıntıda yoğunlukların aynı olduğu kabulü yapılmıştır. Böylece karışım sıcaklığı aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$T_K = \left(\frac{6000 \text{ m}^3 / \text{h}}{24000 \text{ m}^3 / \text{h}} \right) 4 \text{ } ^\circ\text{C} + \left(\frac{18000 \text{ m}^3 / \text{h}}{24000 \text{ m}^3 / \text{h}} \right) 20 \text{ } ^\circ\text{C} = 16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Karışım noktasından hava 20 °C kuru termometre sıcaklığına duyulur olarak ön ısıtma yapılmaktadır. Ön ısıtıcı kapasitesi aşağıdaki bağıntı yardımı ile hesaplanacaktır.

$$\dot{Q}_{\text{ön}} = \dot{m}_h (h_3 - h_2) \quad (4.5)$$

Bağıntıda $\dot{Q}_{\text{ön}}$ (kW) ön ısıtıcı kapasitesini, $\dot{m}_h$ (kg/s) havanın kütleli debisini, h_3 (kJ/kg) ön ısıtıcı çıkış havası entalpi değerini ve h_2 (kJ/kg) karışım havası çıkış entalpi değerini ifade etmektedir. Böylelikle ön ısıtıcı kapasitesi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\dot{Q}_{\text{ön}} = 8 \text{ kg} / \text{s} (36,19 \text{ kJ/kg} - 32,19 \text{ kJ/kg}) = 32 \text{ kW}$$

Ön ısıtıcıdan çıkan hava sulu nemlendiriciye girmektedir. Hava adyabatik olarak nemlendirilmektedir. Nemlendiricide püskürtülen su miktarı aşağıdaki bağıntı yardımı ile hesaplanacaktır.

$$\dot{m}_v = \dot{m}_h (w_4 - w_3) \quad (4.6)$$

Bağıntıda $\dot{m}_v$ (kg/h) püskürtülen su miktarını, $\dot{m}_h$ (kg/s) havanın kütleli debisini, w_4 (g/kg) nemlendirici çıkış özgül nemini ve w_3 (g/kg) ön ısıtıcı özgül nemini değerini ifade etmektedir. Böylelikle püskürtülen su miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\dot{m}_v = 28800 \text{ kg / h } (8,093 \text{ g / kg} - 6,361 \text{ g / kg}) \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) = 49,88 \text{ kg / h}$$

Gece şartlarında gizli ısı kazancı olmadığından duyulur ısı oranı 1 olarak alınacaktır. Ayrıca üfleme noktası entalpisi aşağıdaki bağıntı yardımı ile bulunur.

$$h_u = \frac{\dot{Q}_i}{\dot{m}_h} + h_i \quad (4.7)$$

Bağıntıda h_u (kJ/kg) üfleme noktası havası entalpi değerini, $\dot{Q}_i$ (kW) mahal toplam ısı kaybını, $\dot{m}_h$ (kg/s) havanın kütleli debisini ve h_i (kJ/kg) iç ortam şartlarında havanın entalpi değerini ifade etmektedir. Böylelikle üfleme noktası entalpi değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$h_u = \frac{115,12 \text{ kW}}{8 \text{ kg / s}} + 40,58 \text{ kJ / kg} = 54,97 \text{ kJ / kg}$$

Üfleme noktası kuru termometre sıcaklığı ise psikrometrik diyagram üzerinden 34,1 °C olarak bulunmuştur.

Nemlendiriciden çıkan 16 °C kuru termometre sıcaklığındaki hava üfleme noktasına duyulur olarak ısıtılacaktır. Son ısıtıcı kapasitesi aşağıdaki bağıntı yardımı ile hesaplanacaktır.

$$\dot{Q}_{son} = \dot{m}_h (h_u - h_4) \quad (4.8)$$

Bağıntıda $\dot{Q}_{son}$ (kW) ön ısıtıcı kapasitesini, $\dot{m}_h$ (kg/s) havanın kütleli debisini, h_u (kJ/kg) üfleme noktası havası entalpi değerini ve h_4 (kJ/kg) nemlendirici çıkış havası entalpi değerini ifade etmektedir. Böylelikle son ısıtıcı kapasitesi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\dot{Q}_{son} = 24000 \text{ m}^3 / \text{h} \times 1,2 \text{ kg} / \text{m}^3 \left(\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right) (54,97 \text{ kJ} / \text{kg} - 36,19 \text{ kJ} / \text{kg}) = 150,74 \text{ kW}$$

Ön ısıtıcı ve son ısıtıcının toplanarak 182,74 Kw toplam ısıtıcı kapasitesi bulunmuştur.

Benzer işlemler arasta bölümde bulunan 16.000 m³/h hava debili klima santrali için de yapılmış olup sonuçlar aşağıda Tablo da özetlenmiştir.

Tablo 4.6 Klima santralleri hesaplamaları özeti

Klima Santrali	Hava Debisi (m ³ /h)	Ön Isıtıcı Kapasitesi (kW)	Son Isıtıcı Kapasitesi (kW)	Toplam Isıtıcı Kapasitesi (kW)	Üfleme Sıcaklığı (°C)	Püskürtülen Su Miktarı (kg/h)
Orta Hol	24000	32	150,74	182,74	34,1	49,88
Arasta	16000	21,33	99,52	120,85	34	33,25

Tablodan da görüleceği üzere üfleme sıcaklıkları arasta ve orta hol için birbirine yakın olarak hesaplanmıştır. İki bölümün kapı aralıkları ile birbirine bağlı olduğu düşünüldüğünde homejen bir dağılım sağlanacağı düşünülmektedir.

İklimlendirme hesaplarında gündüz en fazla ziyaretçi sayısına ulaşıldığı anda yani ısı kazançlarının en yüksek olduğu anda, ziyaretçilerden kaynaklı gizli ısı kazançları dolayısıyla ortama verilmesi gereken nem miktarı azalacaktır. Aynı şekilde toplam ısı ihtiyacı da azalacaktır.

4.2.2 Yaz Kliması Hesaplamaları

Yaz Kliması Hesaplamalarını yapmak için öncelikle mahallin ısı kazanç hesaplamaları yapılacaktır. Hesaplamalarda aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

- Ankara için dış hava sıcaklığı 34 °C ve % 40 bağıl nem,
- Müze mahal sıcaklığı ise ASHRAE yayını olan HVAC Uygulamaları El Kitabının Müzeler, Galeriler, Arşivler ve Kütüphaneler bölümünde verilen “B” iklim sınıfı tavsiyelere uygun olarak 24 °C ve % 50 bağıl nem,
- Komşu Mahal olan idari bina iç ortam sıcaklığı 24 °C,
- Hava yoğunluğu 1,2 kg/m³,
- Taze hava oranı % 25,
- Soğutucu bataryadan geçen havanın bağıl nem oranı %90,

Anadolu Medeniyetleri Müzesi’nin zemin kat ana teşhir salonları için duvarlardan, çatıdan, pencerelerden ve kapılardan olan ısı kazancı hesabı için 4.1 nolu bağıntı kullanılacaktır. Bağıntıda duvarlar için ΔT eşdeğer sıcaklık farkları VDI 2078 standardına göre “5” nolu yapı sınıfı olarak kabulü yapılmış olup, aşağıdaki tablodaki gibi alınacaktır (Doğan, 2010).

Tablo 4.7 “5” nolu yapı sınıfı için duvarlardan eşdeğer sıcaklık farkları

Yönler	ΔT Eşdeğer Sıcaklık Farkları (°C)
Kuzey	5,3
Doğu	10,1
Güney	12,3
Batı	14,3

Arasta ve orta hol için duvarlardan, çatıdan, pencerelerden ve kapılardan olan ısı kazancı hesabı yapılmış olup Tablo 4.8 ve Tablo 4.9 da gösterilmektedir.

Tablo 4.8 Arasta bölümü iletimle olan ısı kazancı hesap tablosu

Yapı Bileşeni	Yön	Yüzey Alan (m ²)	U (W/m ² K)	ΔT (K)	Isı kazancı (kW)
Duvar 1	Kuzey	54,5	1,13	5,3	0,33
Duvar 1	Doğu	139,7	1,13	10,1	1,59
Duvar1 (idari binaya bitişik duvar)	Doğu	216	1,13	0	0,00
Duvar 1	Güney	70,7	1,13	12,3	0,98
Duvar 1	Batı	177,8	1,13	14,3	2,87
Pencere	Kuzey	7,6	2,2	10	0,17
Pencere	Doğu	0	2,2	10	0,00
Pencere	Güney	7,56	2,2	10	0,17
Pencere	Batı	14,2	2,2	10	0,31
Kapı	Kuzey	3,84	4,5	10	0,17
Kapı	Doğu	2,87	4,5	10	0,13
Çatı 1	*	2066	0,66	10	13,64
Toplam ısı yükü (kW)					20,36

Tablo 4.9 Orta hol bölümü iletimle olan ısı kazancı hesap tablosu

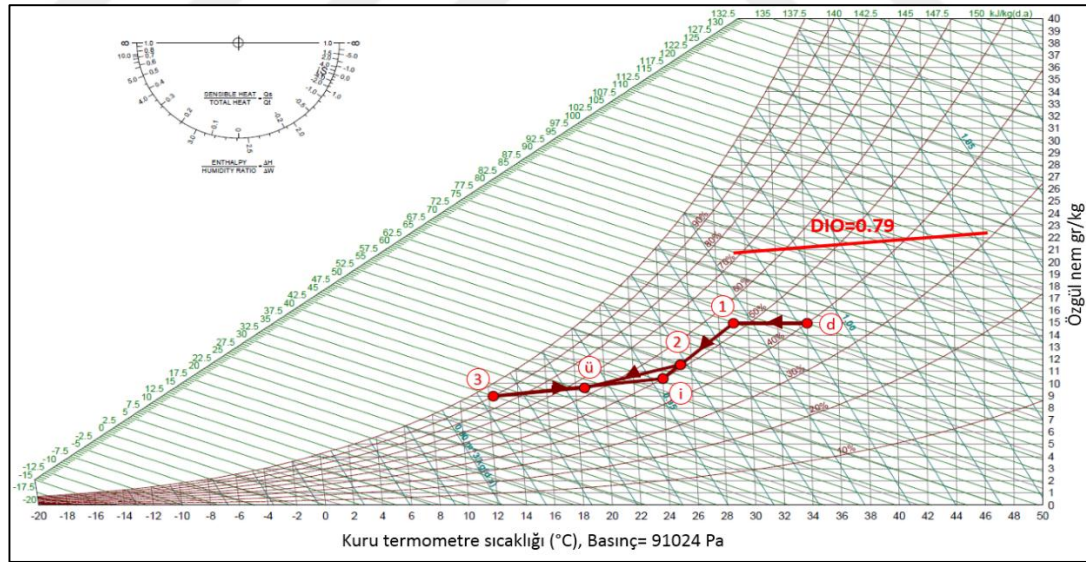
Yapı Bileşeni	Yön	Yüzey Alan (m ²)	U (W/m ² K)	ΔT (K)	Isı kazancı (kW)
Duvar 2	Kuzey	180,7	0,83	5,3	0,79
Duvar 2	Doğu	212,1	0,83	10,1	1,78
Duvar 2	Güney	162	0,83	12,3	1,65
Duvar 2	Batı	291,5	0,83	14,3	3,46
Pencere	Kuzey	3,2	2,2	10	0,07
Pencere	Doğu	6,32	2,2	10	0,14
Pencere	Güney	4,96	2,2	10	0,11
Pencere	Batı	12,6	2,2	10	0,28
Çatı 2	*	1206	2	10	24,12
Toplam ısı yükü (kW)					32,40

Müzenin pencereleri içeri ışık almayacak şekilde panjurlu olarak kapatıldıkları için ışıma yoluyla oluşan ısı kazançları ihmal edilecektir. Ayrıca kış kliması hesabındaki gibi mahal içi ziyaretçilerden, aydınlatmadan ve cihazlardan kaynaklı gizli ve duyulur ısı kazançları da hesaba katılacaktır. Soğutma amaçlı mahal ısı kayıpları ve kazançları tablosu Tablo 4.10'da özetlenmiştir.

Tablo 4.10 Mahal ısı kazançları tablosu

Isı Kazanç	Arasta Bölümü	Orta Hol Bölümü
İletimle Olan Duyulur Isı Kazancı (kW)	20,36	32,40
Aydınlatma Duyulur Isı Kazancı (kW)	3,38	2,67
Cihaz Duyulur Isı Kazancı (kW)	4,5	-
Cihaz Isı Gizli Kazancı (kW)	0,74	-
İnsanlardan Gelen Duyulur Isı Kazancı (kW)	8,4	12,6
İnsanlardan Gelen Gizli Kazancı (kW)	8,2	12,3

Yaz şartları için psikrometrik diyagram üzerinden hesaplamalar $24.000 \text{ m}^3/\text{h}$ hava debili klima santrali olan orta hol için yapılacaktır. Hesaplamalarda Ankara ilinin rakımı olan 895 metre için özelleştirilmiş psikrometrik diyagram kullanılacaktır. Pik yük şartları olan gündüz müze tamamem dolu, aydınlatmanın ve cihazların açık olduğu durum için hesaplamalar yapılacaktır. Bu duruma ait işlemler Şekil 4.9 üzerinde psikrometrik diyagramda gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Orta hole ait yaz kliması psikrometrik diyagramı

Şekil 4.9’de görülen psikrometrik diyagram üzerinde;

- “d” noktası dış hava şartlarını
- “i” noktası iç hava şartlarını

- “1” noktası ısı eşanjöründen çıkış havası şartlarını
- “2” noktası karışım havası şartlarını
- “3” noktası soğutucu bataryadan geçen havanın şartlarını
- “ü” noktası mahale üfleme havası şartlarını ifade etmektedir.

Bu noktalara ait kuru termometre sıcaklığı, bağıl nem oranı, özgül nem ve entalpi değerleri ise Tablo 4.11’de özetlenmiştir.

Tablo 4.11 Orta hole ait hava şartları değerleri

Noktalar	Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Bağıl Nem Oranı	Özgül Nem (g/kg)	Entalpi (kJ/kg)
d	34	40	14,96	72,52
i	24	50	10,41	50,62
1	29	53,13	14,96	67,36
2	25,25	51,40	11,55	54,81
3	12,3	90	8,95	34,97
ü	18,6	64,57	9,64	43,13

Bu noktalara ait hesaplamalar ise aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

Duyulur ısı oranı (DOI) aşağıdaki bağıntı ile hesaplanacaktır.

$$DOI = \frac{\dot{Q}_D}{\dot{Q}_D + \dot{Q}_G} \quad (4.9)$$

Bağıntıda $\dot{Q}_D$ (kW) duyulur ısı kazancını ve $\dot{Q}_G$ (kW) gizli ısı kazancını ifade etmektedir. Böylelikle DOI Tablo 4.10 da bulunan değerlere göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$DOI = \frac{47,67 \text{ kW}}{47,67 \text{ kW} + 12,3 \text{ kW}} = 0,79$$

Isı değiştiricinin verimini % 50 kabul edersek, 4.3 nolu eşitlikte yerine yazıldığında T_1' taze hava çıkış sıcaklığını 29 °C olarak hesaplanmaktadır. Ayrıca klima santralinde

% 25'lik bir karışım söz konusu olduğu için karışım havası sıcaklığı 4.4 nolu bağıntı ile 25,25 °C olarak hesaplanmıştır.

Üfleme noktası entalpisi aşağıdaki bağıntı yardımı ile bulunur.

$$h_u = h_i - \frac{\dot{Q}_i}{\dot{m}_h} \quad (4.10)$$

Bağıntıda h_u (kJ/kg) üfleme noktası havası entalpi değerini, $\dot{Q}_i$ (kW) mahal toplam ısı kazancını, $\dot{m}_h$ (kg/s) havanın kütleli debisini ve h_i (kJ/kg) iç ortam şartlarında havanın entalpi değerini ifade etmektedir. Böylelikle üfleme noktası entalpi değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$h_u = 50,62 \text{ kJ / kg} - \frac{59,97 \text{ kW}}{8 \text{ kg / s}} = 43,13 \text{ kJ / kg}$$

Psikrometrik diyagramın sol üst kısmında bulunan DOI=0,79 eğrisi, diyagram üzerinde işaretlenen iç ortam şartlarına taşınır. Üfleme şartları olan 43,13 kJ/kg entalpi noktası ile kesiştiği nokta olan üfleme noktası, psikrometrik diyagram üzerinden 18,6 °C olarak bulunmuştur.

Soğutucu bataryanın by-pass oranı (BYO) ise aşağıdaki bağıntı yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$BYO = \frac{T_u - T_3}{T_2 - T_3} \quad (4.11)$$

Bağıntıda T_u (°C) üfleme noktası kuru termometre sıcaklığını, T_2 (°C) karışım havası kuru termometre sıcaklığını ve T_3 (°C) soğutma serpantininden geçen havanın kuru termometre sıcaklığını ifade etmektedir. Böylelikle BYO aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$BYO = \frac{18,6 - 12,3}{25,25 - 12,3} = 0,48$$

Soğutucu Batarya kapasitesi ise aşağıdaki bağıntı yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$\dot{Q}_{SOĞ} = \dot{V}_{(1-BYO)} \rho (h_2 - h_3) \quad (4.12)$$

Bağıntıda $\dot{V}_{(1-BYO)}$ (m³/h) soğutucu bataryadan geçen hava miktarını, ρ (kg/m³) havanın yoğunluğunu, h_2 (kJ/kg) karışım havası entalpi değeri ve h_3 (kJ/kg) soğutucu batarya çıkış havası entalpi değerini ifade etmektedir. Böylelikle $\dot{Q}_{SOĞ} = 81,74$ kW olarak hesaplanmıştır.

Benzer işlemler arasta bölümde bulunan 16000 m³/h hava debili klima santrali için de yapılmış olup sonuçlar aşağıda Tablo 4.12’de özetlenmiştir.

Tablo 4.12 Klima santralleri hesaplamaları özeti

Klima Santrali	Hava Debisi (m ³ /h)	Soğutucu Kapasitesi (kW)	DIO	Üfleme Sıcaklığı (°C)	BYO
Orta Hol	24000	81,74	0,79	18,6	0,48
Arasta	16000	59,25	0,80	18	0,44

Tablodan da görüleceği üzere üfleme sıcaklıkları arasta ve orta hol için birbirine yakın olarak hesaplanmıştır. İki bölümün kapı aralıkları ile birbirine bağlı olduğu düşünüldüğünde homejen bir dağılım sağlanacağı düşünülmektedir.

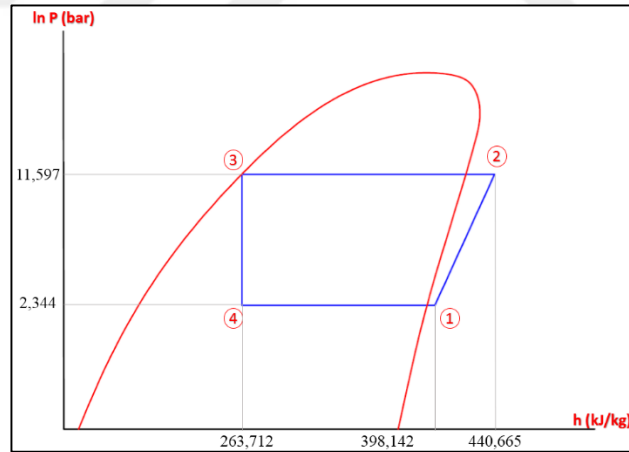
4.2.3 Isı Pompası Hesaplamaları

Şematik çizimi şekil 4.6’da gösterilen ısı pompası sisteminde soğutucu akışkan olarak termodinamik özellikleri Tablo 4.13’de verilen R134a gazı seçimi yapılmıştır. Isı pompası atık hava kaynaklı olacağı için atık hava sıcaklığı ısıtma modunda 4 °C ve üfleme sıcaklığı ise yaklaşık 34 °C olarak hesaplamaları daha önce 4.2.1. bölümde yapılmıştı. Evaporasyon ve kondenzasyon sıcaklıkları hesaplanırken ΔT yaklaşık

olarak 10 °C olarak alınacaktır. Böylelikle Evaporasyon sıcaklığı -6 °C ve kondenzasyon sıcaklığı 45 °C olarak alınmıştır. Aşırı ısıtma (superheat) değeri 5 °C ve izentropik verim 0,8 olarak kabuller yapılmıştır. İdeal bir çevrim olarak kabulü yapılan ısı pompasına ait lnP-h diyagramını Şekil 4.10'te ve evaporatör, kondenser ve kompresör giriş çıkış değerlerini ise Tablo 4.14'de görmekteyiz. Söz konusu diyagram ve tablo CoolPack isimli yazılım yardımı ile oluşturulmuştur.

Tablo 4.13 R134a'nın termofiziksel özellikleri (Boran, Menlik ve Alpsoy, 2015)

Kimyasal gösterim		CF ₃ CH ₂ F
Mol ağırlığı		4,2
Kaynama noktası (°C)		-26,2
Kritik sıcaklık (°C)		101,1
Kritik basınç (kPa)		4067
Yoğunluk (5°C'de, kg/m ³)	Sıvı	1279
	Buhar	7,3
Isıl iletkenlik (5°C'de, W/mK)	Sıvı	0,0971
	Buhar	0,0126
Küresel Isınma Potansiyeli (GWP) (100 yıl, CO ₂ =1)		1300
Ozon Tüketme Potansiyeli (ODP)		0



Şekil 4.10 Isı pompası lnP-h diyagramı

Tablo 4.14 Isı pompası bileşenlerine ait değerler

Noktalar	T [°C]	P[bar]	h[kJ/kg]
1	-1	2,344	398,142
2	62,118	11,597	440,665
3	45	11,597	263,712
4	-6	2,344	263,712

Orta holü besleyen 24.000 m³/h hava debili klima santrali için toplam ısıtıcı kapasitesi 182,74 kW olarak hesaplanmıştır. Kondenser kapasitesi ($\dot{Q}_{KON}$) toplam ısıtıcı kapasitesi ile aynı alınacaktır. Böylelikle ısı pompası soğutucu akışkan kütleli debisi aşağıdaki bağıntı yardımı ile bulunabilecektir.

$$\dot{m}_A = \frac{\dot{Q}_{KON}}{h_2 - h_3} \quad (4.13)$$

Entalpi değerleri Tablo 4.14'ten alınıp 4.13 nolu bağıntıda yerine konduğunda kütleli debi $\dot{m}_A = 1,03$ kg/s olarak hesaplanmaktadır.

Evaporatör kapasitesi ($\dot{Q}_{EVA}$) ve kompresör gücü ($\dot{W}_{KOMP}$) ise aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanacaktır.

$$\dot{Q}_{EVA} = \dot{m}_A (h_1 - h_4) \quad (4.14)$$

$$\dot{W}_{KOMP} = \dot{m}_A (h_2 - h_1) \quad (4.15)$$

Yukarıdaki bağıntılar yardımı ile Evaporatör kapasitesi, $\dot{Q}_{EVA} = 138,83$ kW ve kompresör gücü, $\dot{W}_{KOMP} = 43,93$ kW olarak hesaplanmıştır. Isı pompasının performans katsayısı (COP) ısıtma ve soğutma durumları için aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanacaktır.

$$COP_{ISITMA} = \frac{\dot{Q}_{KON}}{\dot{W}_{KOMP}} \quad (4.16)$$

$$COP_{SOĞUTMA} = \frac{\dot{Q}_{EVA}}{\dot{W}_{KOMP}} \quad (4.17)$$

Bağıntılar yardımı ile $COP_{ISITMA} = 4,16$, $COP_{SOĞUTMA} = 3,16$ olarak hesaplanmıştır.

Benzer şekilde 16000 m³/h hava debili klima santrali için $\dot{m}_A=0,68$ kg/s, $\dot{Q}_{EVA}=91,81$ kW, $\dot{W}_{KOMP}=29,04$ kW, $COP_{ISITMA}=4,16$ ve $COP_{SOĞUTMA}=3,16$ olarak hesaplanmıştır.

BÖLÜM BEŞ

SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez kapsamında eserler üzerindeki kuru termometre sıcaklık ve bağıl nemim etkileri incelenmiştir ve müzeler için uygun iklimlendirme sistemlerinden nasıl olması gerektiğinden bahsedilmiştir. Çalışmamızda örnek olarak tarihi bir binaya sahip olan Anadolu Medeniyetleri Müzesinde yapılan iklimlendirme ve izleme faaliyetleri ASHRAE tarafından müzeler için oluşturulan iklimlendirme sınıfları içerisinde “B” iklim sınıfı uygunluğunu çerçevesinde incelenmiştir. Yapılmış olan ölçümlerde kuru termometre sıcaklığının yaklaşık olarak 16 °C - 27 °C arasında uygun aralıkta kaldığı ve bağıl nemin de uygun şartlar arasında olduğu gözlemlenmiştir. Daha sonrasında % 25 taze havalı atık ısı kaynaklı ısı pompalı bir klima santrali sistemi önerisi yapılmıştır. Isı pompasının COP değeri 4,16 olarak hesaplanmıştır.

Orta holü besleyen 24000 m³/h hava debili klima santrali için toplam ısıtıcı kapasitesi 182,74 kW olarak hesaplanmıştır. Bu klima santralinin doğalgaz kazanı ile beslendiğini düşünürsek, bir saatte tüketeceği doğalgaz miktarını hesaplamak için aşağıdaki bağıntıyı kullanırız.

$$V_{doğalgaz} = \frac{Q_{TOPLAM}}{AID \times \eta_{yanma}} \quad (5.1)$$

Bağıntıda Q_{TOPLAM} (kWh) 1 saatlik toplam ısıtma enerjisi ihtiyacını, AID doğalgazın alt ısı değeri (9,59 kWh/m³) ve η_{yanma} yanma verimini ifade etmektedir.

1 m³ doğalgaz satış fiyatı Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi (BOTAŞ) satış fiyat tarifesi üzerinden 1,58 TL olarak alınmıştır (BOTAŞ, 2019). 1 kWh elektrik tüketimi Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) fatura hesaplama modülü üzerinden tek terimli tek zamanlı mesken alçak gerilim tarifesi için 0,62 TL olarak alınmıştır (EPDK, 2019).

Yanma verimi 0,95 kabul edilirse orta hol için 1 saatlik doğalgaz tüketim değeri 5.1 nolu bağıntı yardımı ile 20,06 m³ olarak hesaplanmaktadır. Bunun parasal olarak karşılığı ise 31,69 TL'dir. Aynı ısıtmayı COP değeri 4,16 olan mevcut atık ısı kaynaklı klima santrali tasarımı ile yapılmak istendiğinde ise 1 saatlik enerji tüketim değeri 43,93 kWh olan kompresör, parasal değeri 27,24 TL elektrik enerjisi harcayacaktır. Önerilen sistemin tüketeceği enerjiyi, doğalgaz kazanı beslemeli aynı kapasiteli bir sistemle karşılaştırmak istersek ısı pompalı sistem ile yaklaşık % 14 oranında tasarruf yapılabileceği görülmektedir.

Müzenin mevcut halinde soğutma ihtiyacı değişken debili soğutucu akışkanlı merkezi sistem klimalar ile beslenen doğrudan genleşmeli bataryalar (DX, Direct Expansion) ile soğutma yapılmaktadır. Önerilen sistemde ise ısı pompası sisteminin dört yollu vana vasıtasıyla soğutma durumuna getirilmesi ile yapılmaktadır. İki sistemde benzer COP değerlerine sahiptirler. Ancak değişken debili soğutucu akışkanlı merkezi sistem klimalar kaynak sıcaklığı olarak dış havayı kullanırlar, önerilen ısı pompalı sistem ise egzoz havasını kullanmaktadır. Egzoz havası sıcaklığı genel olarak sabit olduğu ve dış hava sıcaklığından düşük olduğu için dış havaya göre daha kararlı ve da iyi bir kaynak olduğu söylenebilir. Ayrıca defrost vb. sıkıntılardan dolayı değişken debili soğutucu akışkanlı merkezi sistem klimaları ısıtma modunda soğuk bölgelerde kullanımı sorunlu olabilmektedir. Tek sistemle ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını karşılayabildiği için önerilen ısı pompalı sistemin daha avantajlı olduğu söylenebilmektedir.

Müzenin mevcut halinde ısıtma ve soğutma kapasitelerin hesaplanan değerlerden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum genel olarak mevcut sistemde taze hava oranının daha yüksek seçilmesinden kaynaklanmaktadır. Enerji tasarrufu ve ilk kurulum maliyetlerini düşürebilmek için taze hava miktarı dikkatlice hesaplanmalıdır. Ayrıca gereğinden fazla dış hava kullanımı iç ortama çok fazla kirli havanın girmesi anlamına gelebilir ve gizli ısı yüklerini artırabilir. Bu yüzden mümkünse dış hava miktarı minimumda tutulmalıdır (Bellia, Capozzoli, Mazzei, ve Minichiello, 2007).

Tüm sistemin eş güdüm içerisinde çalışacağı bağıl nem, kuru termometre sıcaklık ve karbondioksit sensörlerini de içeren etkin bir otomasyon sisteminin kurulması gerekmektedir. İleride oluşabilecek arızaların kolay giderilmesi amacıyla çok karmaşık kontrol sistemleri tasarımları yapılmamalıdır. Ayrıca frekans konvertörlü pompa, fanların ve kompresör kullanılması enerji verimliliği önemli miktarda artıracaktır.

Ayrıca müzelerde eser sağlığı açısından göz önünde bulundurulabilecek bazı hususlar maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır:

- Eserlerin korumasını, müze binasının korunmasını ve çalışanların termal konforunu aynı anda sağlayabilmelidir.
- Müzede bulunan eser tiplerinin kuru termometre ve bağıl nem ihtiyaçları göz önünde bulundurulmalıdır. Gerekirse hassas eserlerin bulunduğu depo vb. mahallere hassas mikro klima sistemi kurulabilir.
- Müzenin bulunduğu coğrafi bölgenin bağıl nem ve kuru termometre sıcaklık göstergeleri iyi incelenmelidir.
- Yangın risklerine karşı eserlerin olduğu bölgelerde klima iç ünitesi veya diğer elektronik aksam minimum düzeyde tutulmalıdır. Su borusu tesisatları mümkünse eserlerin bulunduğu mahallerden geçirilmemelidir. Gerekli tüm sızdırmazlık testleri mevcut standartlara uygun şekilde yapılmalıdır. Tespit edilemeyen bir su kaçağı ciddi nem sorunlarına yol açabilir.
- Müzenin ziyarete açık ve kapalı olan saatlerinde veya müzenin tamamen kapalı olduğu pazartesi günlerinde enerji tasarrufu amaçlı farklı işletme ayarları yapılabilir.
- Bir arızanın kolay giderilebilmesi için yaygın ve çabuk temin edilebilen ekipmanlar tercih edilmelidir.
- Hava kanalları gibi unsurların müze güvenliğini riske atmaması gerekmektedir.
- İdari ofislerde doğal havalandırma yapılması tercih edilebilir. Bu durumda enerji tasarrufuna katkı sağlanmış olur ve ayrıca gereksiz sistem kurulumu yapılmamış olur.

- Eğer mümkünse en iyi şekilde ısı, su yalıtımları ve drenaj yapılmalıdır, ancak tarihi bir binaya restorasyon esnasında ısı ve su yalıtımı yapmak çok da mümkün olmamaktadır.
- Yenilenebilir enerji teknolojilerinden mümkün mertebe yararlanılmaya çalışılmalıdır. Ancak, örneğin tarihi bir binanın çatısına güneş paneli entegresinin çok olası olmadığı da unutulmamalıdır.
- Müzenin önemli noktalarından belli aralıklarla kayıt alan ve sürekli çalışacak şekilde bağıl nem ve kuru termometre sıcaklık veri değerleri kayıt sistemi kurulması sistem etkinliğinin ölçümü ve eser sağlığının takibi açısından önemlidir.
- Müze mahallerinde iç ortam hava kalitesinin, hem insan hem de eser sağlığı açısından önemi de unutulmamalıdır.
- Ziyaretçi sayısından kaynaklı iç yükler, gerektiğinde ziyaretçi sayıları sınırlandırarak azaltılmalıdır.
- Kurulması planlanan sistem, ayar noktasına(setpoint) müze iç ortamını hızlı bir şekilde ulaştırmalıdır.
- Sistem kararlı olarak çalışmalıdır.
- Müze için kullanılacak temizlik malzemelerinin kimyasal yapılarında eserleri tehdit edebilecek uçucular bulunmamasına dikkat edilmelidir. Sulu temizlik yapılmamalıdır.
- Böceklerle dikkatlice mücadele edilmelidir.
- Müze personeline eğitimler verilmelidir.
- Bahçe sulamaları müzenin nem dengesini bozabilir, bu yüzden gerekirse bahçeye bitki ekilmemelidir. Fazla yapılan bahçe sulamaları nedeniyle müze tabanından su binaya girebilir. Bu durumun farkına varılmaz ise müze iç ortamının nem dengesi bozabileceği unutulmamalıdır.

Nesiller arası birer kültürel köprü ve hazine olan müzeleri ve içerisinde bulunan eserleri gelecek nesillerimiz için korumamız büyük önem arz etmektedir. Bu konularda ilgi ve bilincin artması ise koruma faaliyetlerini sürdürülebilir kılacaktır.

KAYNAKLAR

- Ahn, B. L., Jang, C. Y., Leigh, S. B., Yoo, S., ve Jeong, H. (2014). Effect of LED lighting on the cooling and heating loads in office buildings. *Applied Energy*, 113, 1484-1489.
- Ascione, F., ve Minichiello, F. (2010). Microclimatic control in the museum environment: air diffusion performance. *International Journal of Refrigeration*, 33(4), 806-814.
- ASHRAE, (2011). Museums, galleries, archives and libraries. Museums, Galleries, Archives and Libraries. *ASHRAE Handbook–HVAC Applications*, 23, 1-22.
- Aybar, U. (2007). *Anadolu Medeniyetleri Müzesi arasta bölümü 'nde doğal aydınlatma alternatiflerinin değerlendirilmesi ve bir sistem önerisi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Bellia, L., Capozzoli, A., Mazzei, P., ve Minichiello, F. (2007). A comparison of HVAC systems for artwork conservation. *International Journal of Refrigeration*, 30(8), 1439-1451.
- Boran, K., Menlik, T., ve Alpsoy, H. (2015). R134a/R152a Soğutucu akışkan karışımlarının performanslarının ısı pompasında deneysel olarak araştırılması. *Politeknik Dergisi*, 18(4), 251-256.
- BOTAŞ, (2019). 19 Ağustos 2019, <https://www.botas.gov.tr/Sayfa/satis-fiyat-tarifesi/439>
- Brown, J. P., ve Rose, W. (1996). Humidity and moisture in historic buildings: the origins of building and object conservation. *APT Bulletin*, 27(3), 12-23.

Demirci, G. (2004). *Psikrometri nemli havanın termodinamiği* (1. Baskı). Ankara: MMO yayınları.

Doğan, H. (2010). *Uygulamalı havalandırma ve iklimlendirme tekniği* (3. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.

DÖSiMM, (2019). 18 Haziran 2019, <http://www.dosim.gov.tr/muze-istatistikleri>

Ekren, O., Aktakka, S. ve Toksoy, M. (2019). Isı pompası entegre edilmiş ısı geri kazanımlı havalandırma cihazlarının tasarım kriterleri. *Teskon. İzmir*, 525-539.

EPDK, (2019). 19 Ağustos 2019, <http://lisans.epdk.org.tr/epvys-web/faces/pages/online/tarifeFatura/tarifeFatura.xhtml>

Erhardt, D., Tumosa, C. S., ve Mecklenburg, M. F. (2007). Applying science to the question of museum climate. *In Museum Microclimates Conference*. National Museum of Denmark, 11-18.

Ferdyn-Grygierek, J., ve Baranowski, A. (2015). Internal environment in the museum building—Assessment and improvement of air exchange and its impact on energy demand for heating. *Energy and Buildings*, 92, 45-54.

Gatley, D. P. (2004). Psychrometric chart celebrates 100th anniversary. *Ashrae Journal*, 46(11), 16.

Gerçek, F. (1999). *Türk müzeciliği* (1. Baskı). Ankara: T.C. Kültür Bakanlığı Yayınları.

ICOM Yönetmeliği (Milletlerarası Müzeler Konseyi Türkiye Milli Komitesi Yönetmeliği) (1970, 11 Aralık). Resmi Gazete (Sayı: 13691). Erişim adresi: <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/3.5.71600.pdf>

Kamacı, E. (2016). 2863 Sayılı KTVKK'nın Uluslararası Yasal Düzenlemeler Bağlamında Değerlendirilmesi. *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 31(2), 1-23.

Kejanlı, D. T., Akın, C. T. ve Yılmaz, A. (2007). Türkiye'de koruma yasalarının tarihsel gelişimi üzerine bir inceleme. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(19), 179-196.

Kirby Atkinson, J. (2014). Environmental conditions for the safeguarding of collections: A background to the current debate on the control of relative humidity and temperature. *Studies in Conservation*, 59(4), 205-212.

Kramer, R., Schellen, H., ve van Schijndel, J. (2015). Energy impact of ASHRAE's museum climate classes: a simulation study on four museums with different quality of envelopes. *Energy Procedia*, 78, 1317-1322.

Kramer, R. P., Schellen, H. L., ve Van Schijndel, A. W. M. (2016). Impact of ASHRAE's museum climate classes on energy consumption and indoor climate fluctuations: Full-scale measurements in museum Hermitage Amsterdam. *Energy and Buildings*, 130, 286-294.

KTVKK (Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu), (1983, 23 Temmuz). Resmi Gazete (Sayı: 18113). Erişim adresi: www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.2863.doc

Kurtay, C., Aybar, U., Başkaya, A., ve Aksulu, I. (2003). Müzelerde algılama ve aydınlatma kriterlerinin analizi: Ankara-Anadolu Medeniyetleri Müzesi orta holü. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(2), 95-113.

Kültür ve Turizm Bakanlığı'na bağlı özel müzeler, (2019). 18 Haziran 2019, <http://www.kulturvarliklari.gov.tr/TR-135633/ozel-muzeler.html>

Kültür ve Turizm Bakanlığı'na bağlı müzeler, (2019). 18 Haziran 2019, <http://www.kulturvarliklari.gov.tr/TR-43253/bakanligimiza-bagli-muzeler.html>

Mardin Müzesi, (2019). 18 Haziran 2019, <http://www.mardinmuzesi.gov.tr/tr/>

Mardin Müzesi tarihçesi, (2019). 18 Haziran 2019, <http://www.mardinmuzesi.gov.tr/tr/md-841-mardin-muzesi-tarihcesi>

Meriç, H. (2011). Osmanlı Devleti'nde ilk müze/Müze-i Hümayûn: Çinili Köşk. *Sigma*, 3, 308-314.

Mevlana Müzesi, (2019). 20 Haziran 2019, <http://www.mevlanamuzesi.com/category/madeni-eserler/>

Michalski, S. (2007). The ideal climate, risk management, the ASHRAE chapter, proofed fluctuations, and towards a full risk analysis model. *Experts roundtable on sustainable climate management strategies*, 1-19.

Murdock, C., Johnson, J., ve Sullivan, B. (2001). Curatorial Care of Archeological Objects. *Appendix I: National Park Service Museum Handbook, Part I-Museum Collections, NPS, Washington, DC*, 01-15.

Müzenin Tarihçesi, (2019). 10 Ocak 2019, <http://www.anadolumedeniyetlerimuzesi.gov.tr/TR-77764/muzenin-tarihcesi.html>

Müze Binalarının Tarihçesi, (2019). 10 Ocak 2019, <http://www.anadolumedeniyetlerimuzesi.gov.tr/TR-77765/muze-binalarinin-tarihcesi.html>

Özen, L. (2012). Müzelerde kültür varlıklarının korunması ve Anadolu Medeniyetleri Müzesi Konservasyon Laboratuvarı. *Uluslararası Konferans: Müzelerde Risk Yönetimi*, Ankara, 148-157.

Poyraz, M. (2008). *Müzelerde ısı, ışık, nem*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Psikrometri, (2019). 10 Haziran 2019,
<https://psikrometri.com/3-psikrometrik-ozellikler-ve-terimler/>

Severson, K ve Ersoy, H. K. (2002). Conservation of mosaics on archaeological sites, *field notes, practical guides for archaeological conservation and site preservation*, 18, Ankara, 1-6.

Sciurpi, F., Carletti, C., Cellai, G., ve Pierangioli, L. (2015). Environmental monitoring and microclimatic control strategies in “La Specola” museum of Florence. *Energy and Buildings*, 95, 190-201.

Şahin, C. D., Coşkun, T., Arsan, Z. D., ve Akkurt, G. G. (2017). Investigation of indoor microclimate of historic libraries for preventive conservation of manuscripts. Case Study: Tire Necip Paşa Library, İzmir-Turkey. *Sustainable Cities and Society*, 30, 66-78.

TS 2164, Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları Standardı, 1983.

TS 825, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, 2008.

TİEM (Türk ve İslam Eserleri Müzesi), (2019). 20 Haziran 2019,
<http://www.tiem.gov.tr/koleksiyon/yazi-ve-yazma-eserler/#/koleksiyon/yazi-ve-yazma-eserler/kurani-kerim-2/>

Tüysüz, Z., Şalvarlı, H. ve Aktaş, M. (2019). Müzelerde iklimlendirme üzerine: Anadolu Medeniyetleri Müzesi örneği. *Teskon. İzmir*, 267-273.

Yamankaradeniz, R., Horuz, İ., Kaynaklı, Ö., Coşkun, S., ve Yamankaradeniz, N. (2015). *İklimlendirme esasları ve uygulamaları*. Bursa: Dora Yayın Dağıtım.

Yandex Harita Uygulaması, (2019). 26 Haziran 2019.
<https://yandex.com.tr/harita/11503/ankara/?ll=32.862349%2C39.938025&mode=search&oid=1098663745&ol=biz&z=18>

