

**T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNALARDA ENERJİ YÖNETİMİ VE İKLİMLENDİRME:
ÖRNEK ÇALIŞMA MUSUL ÜNİVERSİTESİ SANAT
FAKÜLTESİ**

Bashar Mahmood ALI

**Danışman
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi**

**Dr. Öğr. Üyesi. Ali Kemal ÇAKIR
Dr. Öğr. Üyesi. Halil ATALAY
Dr. Öğr. Üyesi. Mehmet AKKAŞ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ ANA BİLİM DALI**

KASTAMONU – 2019

TEZ ONAYI

Bashar Mahmood ALI tarafından hazırlanan "**Binalarda Enerji Yönetimi ve İklimlendirme: Örnek Çalışma Musul Üniversitesi Sanat Fakültesi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Mühendislik Yönetimi Ana Bilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ali Kemal ÇAKIR
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Halil ATALAY
Yozgat Bozok Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet AKKAŞ
Kastamonu Üniversitesi



29/08/2019

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Nur BELKAYALI



TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.



İmza

Bashar Mahmood ALI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİNALARDA ENERJİ YÖNETİMİ VE İKLİMLEDİRME: ÖRNEK ÇALIŞMA MUSUL ÜNİVERSİTESİ SANAT FAKÜLTESİ

BASHAR MAHMOOD ALI
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mühendislik Yönetimi Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali Kemal ÇAKIR

Enerji kullanımı ve daha iyi iç ortam kalitesi için artan talepler, binalarda enerji verimliliği, elektrik tüketimi ve koruma konusunda modern çözümler arayışını motive etmektedir. Elektrik enerjisinin en büyük tüketicisi olan yapı sektörü, enerji tüketimini azaltmak konusunda büyük bir potansiyel katkıyı temsil etmektedir. Bu amaçla, bina enerji yönetim sistemi (BEYS) en son enerji tüketim kontrolü fikri olarak kabul edilir. Irak'taki Musul Üniversitesi Sanat Fakültesinde bir vaka çalışmasına odaklanan bu araştırmada, mevcut iç mekân konfor parametrelerini ölçmek ve değerlendirmek için bir girişimde bulunulmuştur. Bu araştırmada kullanılan bina çalışmaları, stratejinin nasıl taklit edilebileceğini göstermiştir. Elde edilen fiziksel parametre koşulları daha sonra mevcut ASHRAE Standard-55 ile karşılaştırılmıştır. Bilgi ve veri toplamaya dayanarak, bina için aydınlatma ve enerji tüketimi toplamaları tahmin edilmiştir. Çalışmada ayrıca, binadaki her bölüm için Bina Enerji Endeksi de belirlenmektedir. Bu stratejiler, tesis yöneticilerinin bina sakinlerini enerji azaltımlarını sağlamak için birlikte yapılacak çalışmalara dâhil olmaları hususunda pratik sonuçlar sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Musul üniversitesi, sanat fakültesi, ACMV sistemi, fiziksel parametreler, hava hızı, nem ve sıcaklık kalitesi.

2019, 70 Sayfa
Bilim Kodu: 90

ABSTRACT

MSc. Thesis

ENERGY MANAGEMENT AND AIR-CONDITIONING IN BUILDINGS: CASE STUDY AT COLLEGE OF ART - MOSUL UNIVERSITY

Bashar Mahmood ALI
Kastamonu University
Graduate School Of Natural And Applied Sciences
Department of Engineering Management

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ali Kemal ÇAKIR

The growing demands for energy usage and better indoor environment quality have motivated in searching for the modern solutions on energy efficiency, electricity consumption and conservation in buildings. The building sector being the largest consumer of electric energy represents a major potential contributor for reducing energy consumption. For such purpose, building energy management system (BEMS) is considered as the latest idea of energy. In this study an attempt is made to measure and evaluate the existing indoor comfort parameters, which is focusing on the College of Art, Mosul University, Iraq. The building case studies used in this study demonstrated how the strategy can be emulated. The physical parameter conditions are then compared with the current ASHRAE Standard-55. Based on the information and data collection, the total of the building lighting and energy consumption is then being estimated. In addition, the Building Energy Index is also being determined for each section in the building. These strategies provide practical implications for facility managers to engage the building occupants in working together to achieve energy reductions.

Key Words: Mosul university, college of art, ACMV system, physical parameters, air velocity, humidity & temperature quality.

2019, 70 Pages

Science Code: 90

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya büyük katkıda bulunan aşağıdaki kişilere yürekten teşekkür ediyorum ve minnetarlığımı sunuyorum. Öncelikle, engin bilgi birikimi ve yaratıcı düşüncesiyle beni yönlendiren danışmanım Dr. Öğr. Üyesi. Ali Kemal ÇAKIR'a derin ve içten teşekkürlerimi ifade etmek istiyorum. O'nun gözetiminde çalışmak benim için her zaman büyük bir değer olmuştur. Detaylı ve yapıcı yorumları ve bu çalışma boyunca yaptığı kritik destek için derinden minnettarım. Yüksek Lisans Projesinin değerlendirme kurulu üyeleri olan Dr. Öğr. Üyesi. Halil ATALAY ve Dr. Öğr. Üyesi. Mehmet AKKAŞ 'ya sıcak ve içten teşekkürlerimi sunmak isterim; Sunumum sırasında vermiş olduğunuz destek, rehberlik ve önerilerinizi derinden takdir ediyorum. Ayrıca, araştırmalarımı tamamlamalarına yardımcı olmak adına öğrencilere iyi bir ortam ve imkânlar sağladığı için Kastamonu Üniversitesi'ne teşekkür ediyorum. Son olarak, onların sürekli ve kararlılıkla beni cesaretlendirdikleri ve üniversitedeyken geçirdiğim süre boyunca bana sevgiyle yaklaşmak lütfunda bulundukları için muazzam minnettarlığım ailemedir. Sonsuz teşvikleri ve inançları bana ilham verdi, veriyor ve ilerde de verecek, bu sebeple onlara her zaman borçlu olacağım.

Bashar Mahmood ALI
Kastamonu, Ağustos, 2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAYI.....	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
EKLER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Araştırma Geçmişi.....	1
1.2. Giriş	3
1.3. Sorun Bildirimi.....	5
1.4. Araştırmanın Amaçları	5
1.5. Araştırma Soruları	6
1.6. Çalışmanın Kapsamı.....	6
1.7. Çalışmanın Önemi	7
1.8. Beklenen Sonuçlar	8
2. LİTERATÜR TARAMASI	10
2.1. Giriş	10
2.2. Enerji Tüketim Faktörleri	10
2.3. Bina Enerji Yönetim Sistemi	11
2.4. İklimlendirme ve Mekanik Havalandırma (ACMV)	13
2.5. HVAC Sistemleri.....	14
2.6. İklimlendirme ve Mekanik Havalandırma (ACMV)	16
2.7. Soğutma Yüğü.....	18
2.8. Bina içi Ortam Kalitesi (IEQ)	18
2.9. Enerji Denetimi	21
2.9.1. Enerji Denetiminin Önemli Adımları	21
2.9.2. ASHRAE Standardı	22
2.10. Geçmiş Çalışmalar	23
3. METODOLOJİ	32
3.1. Giriş	32
3.2. Metodolojinin Akış Diyagramı	33
3.3. ACMV Sistemi	34
3.4. Fiziksel Parametreler Ölçümü	35
3.4.1. Nem ve Sıcaklık Kalitesi Ölçer	35
3.4.2. Hava Hızı Ölçer Anemometre	36
3.5. Enerji Veri Analizi	38
3.6. İstatistiksel Analiz	38
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	40
4.1. Giriş	40
4.2. Enerji Verileri Analizi	40
4.2.1. Irak Musul Üniversitesi Sanat Fakültesindeki her kat için Enerji Tüketimi.....	42
4.3. Soğutma Yüğü.....	46
4.4. Bina Enerji Endeksi	46
4.5. Binanın Fiziksel Parametre Ölçümleri.....	48
4.6. Verilerin Karşılaştırılması.....	48

4.6.1. Ortalama Hava Hızı (m/s)	48
4.6.2. Ortalama Çalışma Sıcaklığı (°C)	49
4.6.3. Ortalama Bağıl Nem (%)	51
4.6.4. Ortalama Hava Debisi (cfm)	52
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	54
5.1. Sonuç	54
5.2. Öneriler	55
5.3. Gelecekteki Araştırmalar	56
KAYNAKLAR	58
EKLER	61
ÖZGEÇMİŞ	70



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Musul Üniversitesi Sanat Fakültesi, Irak.....	32
Şekil 3.2. Akış Diyagramı	33
Şekil 3.3. Veri Okuma.....	34
Şekil 3.4. Nem ve Sıcaklık Ölçer (GM1361)	36
Şekil 3.5. Hava Hızı Ölçer (Anemometre GM8901)	38
Şekil 4.1. Aylar ve Sarfiyat (kWh) Arasındaki Karşılaştırma (2017)	41
Şekil 4.2. Aylar ve Sarfiyat (kWh) Arasındaki Karşılaştırma (2018)	41
Şekil 4.3. 2017 ve 2018 Talepleri Arasındaki Karşılaştırma	42
Şekil 4.4. Zemin Kat Toplam Tüketimi (W)	43
Şekil 4.5. Birinci Kat Toplam Tüketimi (W)	44
Şekil 4.6. İkinci Kat Toplam Tüketimi (W)	45
Şekil 4.7. Üçüncü Kat Toplam Tüketimi (W)	45
Şekil 4.8. 2017 ile 2018 arası bina enerji endeksi karşılaştırması	47

TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Literatür Eşleşmesi	27
Tablo 4.1. Enerji Tüketimi (günlük / haftalık / aylık / yıllık)	43
Tablo 4.2. Soğutma Yüğü Sonuç Özeti.....	46
Tablo 4.3. Her Kat için Ortalama Hava Hızı (m / s).....	49
Tablo 4.4. Her Kat için Ortalama Çalışma Sıcaklığı (°C).....	50
Tablo 4.5. Her Kat için Ortalama Bağıl Nem (%).....	51
Tablo 4.6. Her Kat için Ortalama Hava Debisi (cfm).....	52



EKLER DİZİNİ

	Sayfa
Tablo Ek 1.1. 8:30'dan - 10:00 am kadar.....	61
Tablo Ek 1.2. 12:00'dan - 2:00 pm kadar.....	62
Tablo Ek 1.3. 4:00'dan - 6:00 pm kadar.....	63
Tablo Ek 2.1. 8:30'dan - 10:00 am kadar.....	64
Tablo Ek 2.2. 12:00 'dan - 2:00 pm kadar.....	65
Tablo Ek 2.3. 4:00'dan - 6:00 pm kadar.....	66
Tablo Ek 3.1. 8:30'dan - 10:00 am kadar.....	67
Tablo Ek 3.2.12:00'dan - 2:00 pm kadar.....	68
Tablo Ek 3.3. 4:00'dan - 6:00 pm kadar.....	69



1. GİRİŞ

1.1. Araştırma Geçmişi

Günümüzde, nüfus artışı ve dünya genelinde gelişmiş yaşam standartları nedeniyle elektrik talebi gitgide artmaktadır. Çoğu elektrik santrali, elektrik üretmek için fosil yakıtlar kullanır, bu da daha yüksek enerji fiyatlarına ve kirliliğin artmasına neden olur. Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji ve okyanus enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları, enerji üretiminde etkin bir rol oynamakta ve enerji tasarrufu konularına en etkin şekilde değinmektedir. Küresel ısınmanın düzeyi, fosil yakıt kaynaklarının azalması ve artan enerji maliyetleri tümüyle günümüz toplumunda zararlı etkilere sahiptirler. Dünyada enerji verimliliğini artırmak için çeşitli çabalar sarfedilmektedir (Hassan vd. , 2009). Enerji verimliliği elde etmedeki en büyük problemlerden biri, genel giderlerin bir parçası olarak enerji maliyetleri dikkate alındığında bir binanın enerji maliyetlerini azaltmaktır. Böyle olunca, bina enerji denetimi, enerji maliyetlerini azaltmak için tekrarlar gözden geçirilen ve uygulanan yaklaşımlardan biridir. Enerji denetimi, bir binanın enerji tüketimini nerede kullandığını belirlemeyi ve değerlendirmeyi ve enerji tasarrufu fırsatlarının neler olabileceğini tespit etmeyi amaçlar. Ayrıca, enerjinin binalarda nasıl kullanıldığını ve sistem elemanlarının bina dışındaki öğrenme ortamını nasıl ilişkilendirdiğini ve etkilediğini izlemek için bir enerji tüketimi modeli oluşturmaya hizmet eder (Tee vd. , 2006).

bina enerji tüketiminin temel amaçlarından biri de, enerji tüketimi ve karbon emisyonu bakımından termal konfor koşullarının sağlanmasıdır. Bu hedeflere ulaşmak için farklı stratejiler araştırılmaktadır. farklı soğutma teknolojilerinde, hem termal konfor hem de enerji tasarrufu değerlendirilmiştir. düşük enerjili teknolojiler, iç mekan termal konforunu korumak ve enerji tüketimini azaltmak için etkili bir çözüm olduklarını kanıtlamışlardır. bir yapı türü olarak, üniversite binalarına dikkatimizi verirsek, çağımızın ruhunu ve kültürünü hem programlarında hem de teknolojisinde barındıran ve toplumumuzun en büyük entelektüel ve ekonomik kaynaklarını kendisine çeken yapılar olduklarını görürüz. ne yazık ki, bir üniversite

de olağanüstü bir doğal kaynak tüketicisidir. örneğin, üniversiteler tipik olarak ofis binalarından 5-10 kat daha fazla enerji tüketmektedir (gropp vd. 1996). Mimarlar, mühendisler ve diğer yapı profesyonelleri için aşmaları gereken ciddi bir zorluk, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynakları ve sürdürülebilir inşaat uygulamaları ile gelecek nesil üniversiteleri tasarlamak ve inşa etmektir. ve bu, çağdaş yüksek konfor, sağlık ve güvenlik standartlarını korurken ve hatta bu konularda gelişme kaydedilirken de yapılmalıdır (sretenovic, 2013).

Enerji tüketimini izlemek ve kontrol etmek için yeterli veri toplamak başlıca bir konudur. Veri toplamanın, haftada bir veya ayda bir kez manuel olarak yapılması enerji konusunda eski bir yaklaşımdır. Bu oldukça zor bir iştir ve haftalık veya aylık olarak elde edilen veriler, modern yaklaşım yoluyla kolayca ve otomatik olarak gelen veriler kadar iyi değildir. Enerji ve veri toplamaya yönelik modern yaklaşım, enerji tüketimini kısa, düzenli aralıklarla, örneğin her 15 dakikada, yarım saatte veya saatte bir otomatik olarak ölçen ve kaydeden, aralıklı ölçüm sistemlerini kullanmak şeklindedir. Ayrıntılı enerji tüketim aralığı verileri, kullanıcıların aksi takdirde göremeyecekleri enerji israfı dağılımını görmelerini sağlar. Örneğin, haftalık veya aylık sayaç okumalarının günün farklı zamanlarında veya haftanın farklı günlerinde ne kadar enerji kullanıldığını göstermesinin bir yolu yoktur. Dolayısıyla, enerji kullanımının daha ayrıntılı bir şekilde okunması, binada rutin tüketimin keşfedilmesini çok daha kolaylaştırır. Ölçülen verilerin doğru ve güvenilir olması da çok önemlidir. Bir binanın bir kısmı diğer kullanıcılara kiralanmışsa, her kiracı için enerji tüketim faturalarını hesaplamak gerekir. Veri hata analizine ve olası sayaç arızalarını gösterebilecek yöntemlerin geliştirilmesine ilgi artmaktadır. Dahası, doğru ölçülen veriler olmadan, enerji tasarrufu önlemlerinin faydalarını izlemek ve kanıtlamak mümkün değildir. Bir enerji kullanım modelinin oluşturulması gelecekteki bina planlamalarına yardımcı olur ve benzer binalar için en muhtemel enerji tüketimi hakkında faydalı bilgiler sağlayabilir. Bu modeller, farklı koşullar altında enerji kullanımını tahmin etmek, olası enerji tasarrufu önlemlerinin etkisini göstermek ve enerji maliyetlerini azaltmak için en uygun yolu bulmaya yardımcı olmak amacıyla da kullanılabilir (Sretenovic, 2013).

1.2. Giriş

Günümüzde, nüfus artışı ve dünya genelinde gelişmiş yaşam standartları nedeniyle elektrik talebi gitgide artmaktadır. Çoğu elektrik santrali, elektrik üretmek için fosil yakıtlar kullanır, bu da daha yüksek enerji fiyatlarına ve kirliliğin artmasına neden olur. Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji ve okyanus enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları, enerji üretiminde etkin bir rol oynamakta ve enerji tasarrufu konularına en etkin şekilde değinmektedir. Küresel ısınma, fosil yakıt kaynaklarının azalması ve artan enerji maliyetleri tümüyle günümüz toplumunda zararlı etkilere sahiptirler. Dünyada enerji verimliliğini artırmak için çeşitli çabalar sarfedilmektedir (Hassan vd. , 2009). Enerji verimliliği elde etmedeki en büyük problemlerden biri, genel giderlerin bir parçası olarak enerji maliyetleri dikkate alındığında bir binanın enerji maliyetlerini azaltmaktır. Bundan dolayı, bina enerji denetimi, enerji maliyetlerini azaltmak için tekrarlar gözden geçirilen ve uygulanan yaklaşımlardan biridir. Fakültenin enerji denetimi, bir binanın enerji tüketimini nerede kullandığını belirlemeyi ve değerlendirmeyi ve enerji tasarrufu fırsatlarının neler olabileceğini tespit etmeyi amaçlar. Ayrıca, enerjinin binalarda nasıl kullanıldığını ve sistem elemanlarının bina dışındaki öğrenme ortamını nasıl ilişkilendirdiğini ve etkilediğini izlemek için bir enerji tüketimi modeli oluşturmaya hizmet eder (Tee vd. , 2006).

Temel olarak, enerji denetimi, enerji tasarrufu planlarını ve hedeflerini gerçekleştirebilmek isteyen kişilere yardımcı olabilecek etkili bir araç olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle, enerji tüketim binalarını etkileyen çeşitli faktörler arasındaki karmaşık ilişkiyi görmezden gelebilecek birçok enerji denetim çözümü bulunmaktadır (Silva vd. , 2010). Ayrıca, birkaç tür enerji denetimi vardır. Uygun enerji denetimi türünü belirlemenin en iyi yolu enerji tüketimi Endeks Tesisleri veya binalardır. Küresel düzeyde, binalar toplam enerji tüketiminin yaklaşık %40'ını gerçekleştirmekte ve ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) için de bir miktar enerji kullanılmaktadır (Ahmadzadehtalatapeh, 2014). Genel olarak, özellikle sıcak bölgelerde, binalarda kullanılan enerjinin %50'den fazlası HVAC sistemleri tarafından sarfedilmektedir (Yau, 2008).

Enerji yönetimi, binaların enerji tüketimini kontrol etme ve azaltma aracı olarak bina sahiplerinin şunları yapmasını sağlar:

- Maliyetleri azaltmak; bu, artan enerji maliyetleriyle beraber giderek daha önemli hale gelmektedir.
- Karbon emisyonlarını ve neden oldukları çevresel zararı azaltmak; karbon emisyonu ile alakalı vergilerin maliyete bağlı etkilerinin yanı sıra, her kuruluş yeşil ve sürdürülebilir bir imaj oluşturmak için karbon ayakizini azaltmak konusunda hevesli olabilmekteler. Hiç önemli değil, çünkü böyle bir görünümü teşvik etmenin, özellikle eğitim kurumları için, çok defa iyi sonuçları olur.
- Riski azaltmak; Bir binanın enerji tüketimiyle doğru orantılı olarak, enerji fiyatlarının artma riski veya arz kıtlığı riski, işlevselliğini ciddi şekilde etkileyebilir. Enerji yönetimi ile her kuruluş, enerji talebini azaltarak ve kontrol ederek daha öngörülebilir hale getirmekle bu riski azaltabilir (Sretenovic, 2013).

Bina enerji tüketiminin temel amaçlarından biri, enerji tüketimi ve karbon emisyonu bakımından termal konfor koşullarının sağlanmasıdır. Bu hedeflere ulaşmak için farklı stratejiler araştırılmaktadır. Farklı soğutma teknolojilerinde, hem termal konfor hem de enerji tasarrufu değerlendirilmiştir.

Düşük enerjili teknolojiler, iç mekan termal konforunu kalıcı hale getirmek ve enerji tüketimini azaltmak için etkili bir çözüm olduğunu kanıtladılar. Elektrikli cihazlarda kullanılan ileri teknoloji ile binalarda kullanılan elektrik sarfiyatının sürekli arttığı ve bu artışın süreceği açıktır (Singh ve Umar, 2012). Enerji denetimi, enerji israfını azaltarak ve iklimlendirme ve aydınlatma sistemlerinin verimliliğini artırarak uygun enerji performansını elde etmek için esastır. Binalarda en uygun enerji verimliliğini sağlayacak önlemler alabilmek için kritik değerlendirmeler ve daha ileri çalışmalar yapılması gerekmektedir.

1.3. Sorun Bildirimi

Çevre/ortam, bina ve enerji, uzmanlık alanları binalar olan meslek sahipleri için küresel konulardır. Binalar işletimleri için büyük miktarda enerji tüketmektedir. Bina sisteminin enerji tüketimindeki herhangi bir tasarruf, bina enerjisinin maliyeti üzerinde önemli bir etkiye sahip olacaktır. Binalarda en uygun enerji verimliliğini sağlayacak tedbirleri alabilmek için kritik değerlendirmelere ve daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır. İklimlendirme ve mekanik havalandırma sistemi, konut dışı bir bina için ana enerji tüketimi kaynağıdır. Binalarda yapılan enerji sarfiyatının yaklaşık yarısı “İklimlendirme ve Mekanik Havalandırma (ACMV) sistemleri”nden kaynaklanmaktadır. Bir binada termal konforu sağlamak ve o bina için en iyi stratejileri seçmek amacıyla, bu çalışma bir bina enerji kullanım analizi yapmayı ve ilgili binanın enerji tüketimini iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Binalarda kullanılan elektrik sarfiyatının, elektrikli cihazlarda kullanılan ileri teknoloji ile sürekli arttığı ve bu artışın süreceği açıktır. Enerji denetimi yapılması, enerji israfını azaltmak ve iklimlendirme ve aydınlatma sistemlerinin verimliliğini artırmak yoluyla uygun enerji performansını elde etmek için olmazsa olmazdır.

1.4. Araştırmanın Amaçları

Halihazırda, birçok enerji tasarrufu yöntemi mevcuttur. Uygun enerji tasarrufu yöntemleri seçilirken, enerji tasarrufu, operasyonel uygulanabilirlik, son kullanıcı kabulü ve yatırım döngüsünün geri ödemesi gibi etmenler dikkate alınmaktadır. Farklı bina tiplerinde kullanılan aynı yöntemin etkinliği, iklim, sakinlerin yaşam alanları, HVAC sistemi, muhafaza özellikleri, geometrik özellikler vb. gibi değişkenlerden etkilenecek ve bu nedenle nihai karar büyük ölçüde farklılık gösterecektir. Araştırmacıların, bina özelliklerinin ve farklı yöntemlerin üzerinde titiz çalışmalar yapmakla birlikte zaman ve para yatırımları gerekir. Karar vericilerin ve mühendislerin uygun enerji tasarrufu yöntemleri hakkında geniş kapsamlı kararlar vermeleri için hızlı bir yol yoktur. Bundan önceki çalışmalara gelince, yurtdışında yapılan çalışmaların çoğunda, belli bir ülkenin ikliminin belirli alanlarına yönelik ve kullanılan çeşitli enerji tasarrufu yöntemleri genellikle tek bir bina ile sınırlı olmuştur.

Bu özel çalışmanın hedefleri aşağıdaki gibidir:

- Seçilen akademik yapının fiziksel iç ortam çevre koşullarını karakterize etmek. Hava hızı, çalışma sıcaklığı, bağıl nem ve ortalama akış gibi termal konforu doğrudan etkileyen bazı fiziksel iç ortam çevresel koşulları vardır.
- Enerji kullanımını değerlendirmek ve analiz etmek ve yapının bina enerji endeksini (BEI) belirlemek.
- Enerji kullanımını değerlendirmek ve analiz etmek ve inşaatın yapı enerji endeksini (BEI) tanımlamak. Bina Enerjisi Kullanım Endeksi bir yapının enerji kullanımını değerlendirmek için kullanılır, böylece her yıl enerji kullanımını izler. Bir inşaatın performansı, enerji endeksini en az 12 aylık elektrik faturalarıyla azaltmak veya yükseltmek olarak değerlendirilebilir.
- Bina içinde fiziksel parametre koşullarının tavsiye edilen insan konforu bölgesi spesifikasyonları ile uygun olup olmadığı, ASHRAE-55 gibi mevcut standartlarla karşılaştırmak.

1.5. Araştırma Soruları

Bu araştırmanın yönünü belirlemek amacıyla aşağıdaki araştırma sorularıyla çerçevelenmiştir:

- Mevcut enerjinin verimli bir şekilde kullanılıp kullanılmadığı veya boşa harcandığı ve binadaki enerji kullanımının nasıl değerlendirileceği.
- Irak, Musul'daki Sanat Fakültesinde fiziksel parametre şartlarının, tavsiye edilen insan yaşamına elverişli konfor alanı ile uygun olup olmadığı.

1.6. Çalışmanın Kapsamı

Bu projenin amacı, termal konforun sonucunun farklı koşullar altında nasıl değiştiğini ve termal konforun farklı parametrelerdeki değişikliklere ne kadar duyarlı olduğunu göstermektir. Bu çalışmanın kapsamı, iç mekandaki çevresel kalite parametresini ölçmek için pratik deney yöntemini kullanarak akademik bir binadaki elektrik enerjisi tüketimini değerlendirmektir. Aşağıdaki aşamalar projede yapılması gereken bazı adımları göstermektedir:

- Mevcut enerji tüketimini gözden geçirmek ve değerlendirmek.
- Binanın fiziksel özelliklerini elde etmek ve binanın/bina bölümlerinin brüt alanlarını derlemek.
- Sistem performansını etkileyebilecek önemli fiziksel parametreleri tanımlamak.
- Enerji tüketimi ile iç mekan şartları arasındaki ilişkiyi belirlemek.

1.7. Çalışmanın Önemi

Enerji sürdürülebilirliğine duyulan ilginin artması nedeniyle, bina enerji talebinin incelenmesi önemli bir konu haline gelmiştir. Koşullara bağlı olarak, bir binanın enerji performansını, bilinen özelliklerden başlayarak bir hesaplama modeliyle belirlemek (doğrudan-ileri yaklaşım) veya enerji sayaçlarından (evrik-ters yaklaşım) enerji kullanımını değerlendirmek mümkün olabilir.

Bu araştırmanın amacı, Irak'taki Musul Üniversitesi Sanat Fakültesindeki enerji tüketimini, tersine bir strateji kullanarak, elektrik ve ısıtma tüketimi için ölçülmüş bilgileri kullanarak analiz etmektir. Toplanan bina verileri ile elektrik ve ısıtma tüketimi bir model oluşturmak için kullanılmıştır. Model enerji tüketimi oluşturmak inşaat planlarına yardımcı olmakta; karşılaştırılabilir veya farklı koşullar altında enerji tüketmesi beklenen yapılar için en muhtemel enerji tüketimi hakkında faydalı veriler sağlamaktadır. Bu modeller, uygulanabilir enerji tasarrufu önlemlerinin etkisini göstermek ve enerji giderlerini azaltmak için ideal bir yol bulmaya yardımcı olmak için de kullanılmaktadır. Doğru ve güvenilir ölçüm bilgisine sahip olmak da çok önemlidir. Eğer binanın bir kısmı başka müşterilere kiralanıyorsa, faturaları kullanıma göre doğru hesaplamak gerekmektedir. Bilgi hatasının değerlendirilmesine ve olası sayaç arızalarını gösterebilecek tekniklerin geliştirilmesine ilgi artmaktadır. Ayrıca, doğru ölçülen bilgi olmadan, enerji verimliliğini artırmak için enerji tasarrufu önlemlerinin avantajlarını izlemek ve göstermek mümkün değildir.

Ekonomik faydalar: Elektrik tüketimi azaldığında, elektrik santralini inşa etmek için kullanılan para, bakım, yakıt alımı, ekipman ve personel miktarı da azalır. Müşteriler için elektrik faturalarının maliyeti de daha düşük olacaktır.

Çevresel faydalar: Kükürt-dioksit emisyonları, nitrojen(azot)-oksit emisyonları ve karbondioksit emisyonları gibi elektrik kaynaklarından kaynaklanan gaz emisyonları, dünyada hava kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Bu emisyonlar duman, asit yağmuru ve puslanmalara neden olabilir. Ayrıca, enerji santrallerinden kaynaklanan bu emisyonların, iklim değişikliği riskinin öncüsü olduğu söylenebilir.

Sağlıkla alakalı faydalar: Elektrik tüketiminin artması, kullanılmış yakıt, hava ve buna bağlı olarak su kirliliğinin artmasına neden olur; bu, solunum problemleri, kalp krizi, nörolojik hasar ve kanser gibi birçok sağlık sorunuyla ilişkilidir. Elektrik tüketimi azaldığında, önemli halk sağlığı faydaları ortaya çıkacaktır.

1.8. Beklenen Sonuçlar

Enerji tüketimi ve iç mekan ortam kalitesi için artan talep, çağdaş binalardaki etkinlik, elektrik tüketimi ve enerji tasarrufu için çözümler bulmak için daha fazla çaba harcanmaktadır. Bu araştırmanın amacı, Irak'taki Musul Üniversitesi Sanat Fakültesi'nin enerji kullanımını, geriye dönük bir strateji kullanarak, elektrik ve enerji tüketimi için ölçülmüş bilgileri kullanarak değerlendirmektir. Binaya ait elektrik ve enerji kullanım hakkında toplanan verilerden bir model oluşturmak için kullanımıştır. Enerji tüketim modelini oluşturmak, inşaat planlarının hazırlanmasında yardımcı olur; farklı koşullarda aynı veya beklenen enerjiyi kullanan yapılar için en uygun enerji tüketimi hakkında faydalı veriler sağlayabilmektedir. Bu modeller, enerji tasarrufu önlemlerinin etkilerini mümkün olduğunca göstermek ve enerji maliyetlerini düşürmenin en iyi yolunu bulmak için de kullanılmaktadır. Verilerin doğru şekilde ölçülmesi ve gerçek değerleri göstermesi de çok önemlidir. Eğer binaların bir kısmı başka kullanıcılara kiralanacaksa, o zaman her kiracının kendi tüketimi olan enerji faturalarını hesaplamak gerekmektedir. Hatalı verilerin değerlendirilmesine ve muhtemel hasar görmüş ölçü cihazlarını gösterebilecek tekniklerin geliştirilmesinin önemi artmaktadır. Bunlara ek olarak, enerji verimliliği tasarrufunu artırmak için gerekli önlemleri almak için doğru veri toplanmadan, izlemek ve göstermek zordur.

İlk olarak, akademi binasının fiziksel özellikleri ölçüldüğünde, iç ortamın sıcaklık ve bağıl nem bakımından gerçek durumu bilinebilir ve akademik binanın önerilen

standartlar içerisinde olup olmadığı belirlenebilir ya da akademik binanın tavsiye edilen standarda (ASHRAE-55) ulaştığı tespit edilebilir. Ardından, BEI Enerji Bina Endeksi hesaplanır. BEI bina enerji endeksinin sonucunun artması veya azalması durumunun nedenleri bulunur. Böylece, elektrik tüketimi azaltılacak ve ekonomik faydalar, çevresel faydalar ve sağlık faydaları gibi birçok fayda elde edilecektir. Daha önce yapılan çalışma hakkında, özellikle yurtdışında yapılan çalışmaların çoğu, bir ülkenin iklim bölgelerini hedef almıştır ve kullanılan çeşitli enerji tasarrufu yöntemleri genellikle belirli bir alanla sınırlı kalmıştır. Hedeflerin spesifik incelemesi aşağıda verilmiştir:

- Irak'ta, Musul Üniversitesi Sanat Fakültesi laboratuvarında enerji kullanımını değerlendirmek ve analiz edilmesi.
- Gerçek bina ile standartlara göre inşa edilmiş bina arasında bir karşılaştırma yapılması.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Giriş

Son on yılda, birçok çalışma gerek “enerji” gerekse “bina içi ortam (iç-çevre) kalitesi (IEQ)” konularında ve birkaç çalışma da aynı anda hem enerji hem de bina için iç ortam kalitesi üzerinde yapılmıştır.

Bu tür çalışmaların çoğu şu belirtilen konulara ilgi göstermekte ve bu alanlarda yoğunlaşmaktadırlar: Protokollerin ve kriterlerin homojenlikten uzak oluşu; fazla tüketim yapan binalar ve çoğu zaman da zayıf bina içi ortam kalitesi (IEQ). Ayrıca, termal konfor, birkaç bina içi ortam kalitesi (IEQ), binalarda enerji denetimi, iklimlendirme ve mekanik havalandırma (ACMV) sistemleri üzerine yapılan son bilimsel çalışmalardan ve bunlara ek olarak da, bina enerji tüketimi ve bina enerji endeksi (BEI) konularından bahsetmektedirler.

Enerji mühendisliği çok geniş bir konudur ve bu alanda ilerlemek ve profesyonel olarak çalışmak isteyen pratisyen saha mühendisler için birçok alana bölünmüştür. Bu alanda isim yapmış bir enerji danışmanı tarafından iddia edildiği gibi enerji danışmanlarına uzun vadede çok kazançlı bir iş alanı sağlamıştır.

Bu bölümde çalışmanın tarihsel arka planı gösterilmekte ve çalışma kısaca masaya yatırılmakta, çalışmamızla ilgili literatür taramasıyla ilgilenilmekte ve gerekli kavramsal konular ele alınmaktadır.

2.2. Enerji Tüketim Faktörleri

Yüksek enerji tüketiminin temel nedeni, yüksek havalandırma oranları ve ilgili iklimlendirme yükleridir. Havalandırma oranları genellikle güvenlik ve koruma seviyelerini muhafaza etmek ve ilgili otorite ve risk yönetimi kurallarına uymak için gereklidir. Bu taze/harici hava beslemesi normalde kullanıcının konfor beklentilerini karşılamak ve dâhili ısı kazanımlarıyla başatmak için yapılır. Atıl/inert oksijen tüketen gazların bulunduğu, çekerocağı yoğun laboratuarlarda, steril odalarda veya

kriyojen (soğutucu kimyasal madde) kullanım alanlarında hava değişim oranları asgari 8 ACH ile 30 ACH (Guide, 2001) arasında olabilir. Klasik bir VAV iklimlendirme sistemine sahip bir ofis binası 4-6 ACH arasındadır (Guide and Volume, 1986). Laboratuvar binalarındaki hava, özellikle çekerocakları ve koruyucu muhafaza kabinleri yoluyla hava dışarı çekildiğinde, çapraz kontaminasyon riski nedeniyle yeniden dolaşım şansı az olan %100 dış havadır. Laboratuvar binalarındaki yüksek havalandırma oranlarına ek olarak, dış iklim koşullarından bağımsız olarak iç yük baskın olabilir. Laboratuvarlarda enerji kullanımına bağlı olarak, havalandırma oranları ve ekipman tarafından üretilen iç ısı yüklerinin yol açtığı ilgili iklimlendirme yükleri ve yakın çevresel kontrol bantları hakimdir.

Birçok mekanik ve elektrik hizmetleri gereksinimleri ve ticari binalarda yaygın olarak kullanılan ekipman enerji verimliliği stratejilerinden elde edilen ısı kazanım seviyeleri, yüksek hava değişim oranları nedeniyle, laboratuvarlarda rahatlıkla veya kolayca uygulanamaz. Çapraz kontaminasyon riskinin yaygın olduğu çevresel olarak sıkı kontrol edilen alanlarda doğal havalandırma, pasif soğutma ve ısı geri kazanımı uygun görülemeyebilir (Chung vd. , 2006).

2.3. Bina Enerji Yönetim Sistemi

Tüm endüstriyel tesislerin ve ekipmanların otomatik ölçümü ve kontrolü için laboratuvara bir Bina Enerji Yönetim Sistemi (BEMS) dahil edilmelidir. Bu yapı işlerinin başarısı için önemlidir ve bunun için bir üçüncü şahıs uzman veya bağımsız danışman olarak görevlendirilmelidir. Bu, tesisin kontrol edilmesini, böylece istenildiği/gerektiği gibi yalnızca önceden belirlenmiş parametreler dâhilinde veya saha sensörleri aracılığıyla dinamik ölçümlerde çalışmasını sağlar. Bir Bina Enerji Yönetim Sistemi (BEMS) ayrıca tesis binasının mevsimsel veya dönemsel kullanımı boyunca incelenmesine ve izlenmesine olanak sağlar. Ayar noktaları/referans değerleri ve çalışma parametreleri daha sonra sezonluk veya operasyonel profiller bazında optimize edilebilir. Özellikle kullanıcı gruplarının araştırma türüne göre düzenli olarak dönüşümlü olduğu veya doluluk ve kullanım öngörülerinin yanlış olduğu laboratuvar tesislerinde operasyonel profiller değişebilir. Bu, ayrıca, yüksek enerji tüketim alanlarının açığa çıkmasını ve daha sonra buraların hedeflenerek çalışma yapılmasını sağlar. En çok enerji tüketen kullanıcıları hedefleyen ve

optimize eden; paydaşların daha çabuk geri dönüş almalarını sağlayacağı sermaye yatırımı yöneltilebilir. BEYS çıktıları, kullanıcıları enerji kullanımı açısından uygulamalarının çevresel ve finansal maliyetleri hususunda daha fazla bilinçlendirmek ve onları eğitmek için de kullanılabilir. Bu, örneğin takılabilir eklenti parçalarını kapatmalarını/devreden çıkarmalarını veya gerekli olmadığında çekeracağı kanatlarını kapatmalarını sağlayarak, kullanıcıları hamaratlığa teşvik edebilir. Bir laboratuvar binası, optimum tasarım performansı elde etmek için dikkatlice kullanılmalıdır. Bina ömrü boyunca, yukarıda açıklandığı gibi otomatik bir kontrol sisteminin yönetimi altında etkili bir şekilde çalıştırılmalı ve endüstriyel işletme verimliliğini maksimum düzeyde sağlamak için tüm tesislerin ve ekipmanın bakımları yapılarak, belirli bir seviyede tutulmalıdır (Chung vd. , 2006). Ticari binalarda enerji verimliliğinin uygulanmasının faydaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Binanın enerji işletme maliyetlerinin düşürülmesi: Binanın yaşına, binaların ve tesislerin korunma şekline bağlı olarak, potansiyel enerji tasarrufu sağlayan enerji atık kaynakları önemlidir. Ticari binaların çoğunda, uygulamada %20 ila %30 arasında enerji tasarrufu potansiyeli mümkündür. Bununla birlikte, maliyet tasarrufu seviyesi hala bina sahibinin enerji verimliliğine yatırım yapma konusunda yükümlülüklerini yerine getirmesine bağlıdır.

Bina sakinlerinin konfor seviyesinin arttırılması: Genel olarak, uluslararası olarak tanımlandığı şekilde ASHRAE standardına uygun olarak iç sıcaklık, nem, havalandırma ve aydınlatma seviyesini koruyarak binalara enerji verimliliği uygulayın. Ticari bir binadaki uygun enerji verimliliği programları, bina sakinlerinin konforunda bir artışa yol açmaktadır. Ve aynı şekilde personelin devamsızlığını ve örgütsel üretkenliği azaltır.

Binanın yararlı ekipmanının kullanılabilirliğinin azaltılması: Düzenli ve iyi bir temizlik ve tüm teçhizat bakımını içeren Enerji verimliliği programı. Bu, faydalı ve yardımcı ekipmanın kullanılabilirliğini artırır ve plansız bozulma seviyelerini azaltır.

Küresel Enerji Kullanımında Binaların Rolü: Binalarda - termal konfor, soğutma, aydınlatma, iletişim ve eğlence, sağlık ve hijyen, ve beslenme ile diğer olanakların sağlanması – gibi enerji hizmetlerinden dolayı binalar, dünya çapında enerji

kullanımının önemli bir kısmından sorumludur. Kesin rakam, sistem sınırlarının nerede çizildiğine bağlıdır. Binalarda küresel doğrudan toplam nihai enerji kullanımı 2007 yılında 108 EJ olarak gerçekleşmiş ve sonuç olarak 8,6 Gt CO₂ eq (IPCC, 2007) ile küresel enerji kaynaklı CO₂ emisyonlarının %33'ünü yaymasına neden olmuştur (IEA, 2008a). Küresel olarak, biyoyakıt, binalarda enerji kullanımı için en önemli enerji taşıyıcısı olup, bunu elektrik, doğal gaz ve petrol ürünleri takip etmektedir.

Dünyadaki elektriğin neredeyse %60'ı konutlarda ve ticari binalarda tüketilmektedir (IEA, 2008a). Doğrudan binalarda tüketilen enerjiye ek olarak, elektrik, ısı ve petrol ürünlerine dönüşümde birincil enerji kaybedilmekte ve ayrıca enerji taşıyıcılarının taşınması ve iletilmesi de enerji tüketmektedir. Ayrıca, mobilya imalatı, ev aletleri imalatı, su ve sanitasyon (atık tahliyesi) benzeri altyapı hizmetlerinin üretiminde olduğu gibi binaların inşası, bakımı ve yıkımı da enerji gerektirir. Bu dolaylı veya gömülü enerjinin kullanımı, binalardaki enerji hizmeti sunumunun düzeyi ve tasarımından etkilenir. Binaların dolaylı enerji maliyeti konusunda kapsamlı küresel istatistikler mevcut değildir.

2.4. İklimlendirme ve Mekanik Havalandırma (ACMV)

ACMV sistemi, her bir bileşenin binada geniş ölçüde değişkenlik göstermesini sağlayan çeşitli münferit bileşenlere sahiptir. Genel olarak, bu sistem aşağıda sıralanan ve ayrıntılı olarak açıklanmış altı temel bileşenden oluşmaktadır:

Hava İşleme Üniteleri: Sistemin göbeğindeki hava işleme ünitesi, havalandırılma durumunda olan Mevki'ye hava vermek için çalışır. Sol hava işleme ünitelerinin sonunda karıştırma işlemi yavaşlar. Her ikisi de dış havayı engeller ve hava yavaşlatılarak geniş bir şekilde geri açılırlar ve tamamen kapanırlar. Filtre yavaşlayan sağ tarafa yerleştirilmiştir. Sağ taraftaki fanlar, kasnak, kayışlı hareket sistemi ve tahrik motoruyla hava girişini mümkün olduğunda engellediğini gösterir. Isıtma ve soğutma bobinleri fanın sol tarafındadır (Crawford ve Unger, 2001).

Terminal Üniteleri: Terminal ünitesi, iri klima merkezinde hava akımının lokal kontrolü için görev yapar. Çoğunlukla, terminal ünitesinin görevi, sistemdeki

havanın miktarını, bu sistemi değiştiren hacim (VAV) havasının miktarını kontrol etmektir ve genellikle bir yeniden ısıtma bobinine sahiptir.

Difüzör (Dağıtıcı): ACMV dağıtım sisteminin son aşaması difüzördür. Genellikle VAV sistemi için değişken hacimli difüzör kullanılır. VAV difüzörü, karışımın hava kaynağı olduğundan ve hava debisi aralığında olduğundan emin olmak için açmayı kontrol edebilir (Crawford ve Unger, 2001).

Egzoz Fanları: Egzoz fanı, istenmeyen pis havayı ve diğer kirleticileri dış alana aktararak iç mekanı kontrol etmek için kullanılır. Genellikle, araç tipleri egzoz fanlarını çatıda kullanır. Ek olarak, egzoz fanı kanalize etmek ve çalıştırmak için de kullanılabilir.

Pompalar: Pompa, çok çeşitli konut ve ticari uygulamalarda, ACMV sistemlerinde su veya su / glikolün sirkülasyonu ve ısı transferi için kullanılmaktadır.

Soğutma Kuleleri: Soğutma kuleleri sistemde, kondenser suyunu soğutmak için atmosfere fazla ısı veren kondenser soğutucusu, bir ısı atım ACMV aracı olarak kullanılır. Bu ısı atımı işleme buharlaşma denir. Günümüzde, zaten açık ve kapalı olan soğutma kulesinin iki sınıflandırması var. Genellikle ticari binalar için açık tip, doğrudan hava soğutması ile temas eden kondenser suyu olarak kullanılmıştır (Crawford ve Unger, 2001).

2.5. HVAC Sistemleri

Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme (HVAC): Enerji tüketimi, dünya enerji ve çevre krizini giderek daha fazla ağırlaştıran bir faktördür. Enerji tasarrufu, enerji verimliliğini artırmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek, üç krizin üstesinden gelmek için önemli bir araçtır. Bu bağlamda, HVAC enerji verimliliğinin daha sıkı bir enerji düzenlemesi oluşturma gereksinimleri, bina enerji derecelendirme sistemlerinin ve standartların belgelendirilmesi ve denetim planlarının geliştirilmesi, HVAC sistem paylaşımları oluşturmak için işletme ve bakım planlaması gibi belirlenmiş alanlardaki enerji politikaları için enerji tasarruflu HVAC sistemleri öncelikli bir amaç haline gelmiştir. Öte yandan, yenilenebilir

enerji ve yeşil bina standartları hakkındaki Avrupa yönergesinde (ASHRAE Standardı, 2009) açıkça belirtildiği gibi, yenilenebilir enerjinin kullanımını teşvik etme amaçlı olan binalarda enerji politikası ilkelerinin kullanılması da enerji politikası için öncelikli hedefler içerisinde. HVAC sistemleri, yapı sektöründe, en fazla tüketen sistemler içerisinde yaklaşık %50'yi temsil etmekler beraber, genel toplam enerji tüketiminin %10-20'sine eşdeğerdir. Ek olarak, termal konfor talebinin küreselleşmesinin bir sonucu olarak, HVAC dünya pazarı özellikle gelişmekte olan ülkelerde son yıllarda çarpıcı bir şekilde büyümüştür (Perez-Lombard vd. 2011).

HVAC, bir bina hizmeti almaya yönelik enerjinin ekserisi olarak, inşaat sektöründeki son enerji tüketiminin yaklaşık yarısını ve gelişmiş ülkelerdeki enerji tüketiminin onda biri ila beşte birini temsil eder. Önemli miktarda enerji tüketimlerine rağmen, HVAC enerji analizlerindeki yetersiz platforma bağlı olmakla beraber temel olarak HVAC sistemlerinin karmaşıklığı ve çeşitliliği nedeniyle, araştırma politikalarını ve enerjilerini etkin bir şekilde yönlendirmek ve tekdüze tutmak için istikrarı ve uyumluluğu sağlayan bir genel çerçeve eksikliği vardır (Perez-Lombard vd. , 2011).

İklimlendirme Sistemi Kategorileri: Genel olarak, farklı iklimlendirme sistemlerinin farklı derecelerde başarı ölçütleri ve kendilerine has bir amacı vardır. Bugüne kadar, iklimlendirme sistemleri iki ana kategoriye ayrılmıştır (McDowall, 2007).

1. Merkezi Olmayan Sistemler (Yerel).
2. Merkezi İklimlendirme Sistemleri (Merkezi).

Merkezi Olmayan (Hava Dağıtılmış) sistemler (Yerel): Normalde küçük bir alanda çalışan dağıtılmış hava sistemi. Bu temelde doğrudan bir genişlemedir, soğutucu akışkanı ısıtmak için hava soğutmalıdır. Merkezi olmayan iklimlendirme sistemi, soğutma ortamı olarak soğuk su kullanmaz. Dağıtılmış sistemin avantajı, daha az iklimlendirme başlangıç maliyeti, basit kurulum, musluklar olmaması, otomatik kontrol bölgesi ve mekanik odalar için daha az yer gereksinimidir. Dağıtım sisteminin en çok ilgi çeken yönü, ünitelerden bağımsız olmalarıdır.

Havalandırma: Daha yüksek miktarda CO₂, uyku sersemliği, koku artışı veya ağır hava durumuna neden olabilir. Sağlıklı insanların çoğu tarafından hala tolere edilebildiğinden dolayı, 10.000 ppm'ye kadar olan konsantrasyon seviyelerindeki artış bir sağlık tehlikesi olarak kabul edilmemektedir. İskan mahallinde CO₂ seviyelerinin düşürülmesi, hava değişim sayısını ve / veya iklimlendirme alanına verilen dış hava yüzdesini artırarak yapılabilir. Havalandırma, bina geneline sağlanan temiz hava miktarı ile ilişkilendirilebilir. Enerjinin korunumu göz önünde tutulursa, hava normal olarak sirkülasyon yapar ve klima cihazında bir miktar temiz hava ile karıştırılır. Taze havanın girmesi, hava yoluyla yayılan kirlenmelerin etkisini azaltmaya ve kirli havanın binadan daha hızlı bir şekilde dışarı atılmasına yardımcı olur. Bir boşluktaki uygun havalandırma, doğal solunum, yanma ve diğer işlemlerin yan ürünü olan CO₂ seviyesi için belirgin olacaktır. Yüksek karbondioksit seviyeleri ek havalandırma veya dışardan temiz hava takviyesi gerekebileceğini gösterebilir. ASHRAE Standardı 62, 700 ppm'den daha fazla olmayan iç mekan seviyelerinin dışarıdaki ortam koşullarından daha fazla olduğunu göstermektedir (Hyndman, 2004).

2.6. İklimlendirme ve Mekanik Havalandırma (ACMV)

İklimlendirme ve Mekanik Havalandırma (ACMV), bina sakinlerinin rahatı ve güvenliği ya da ticari ve endüstriyel işlemler ya da malzeme stoklama/depolama için bina içindeki hava koşullarını düzenlemek adına oluşturulan işlemleri yapan sistemlerle ilişkilidir. İklimlendirme ve Mekanik Havalandırma (ACMV) sistemleri, istenen sıcaklık, nem, havalandırma ve hava temizliği oluşturmak ve muhafaza etmek için havayı iç ortamın istenen alanlarına koşullandırır ve taşır. Coğrafi konum ve yapı inşaatıyla ilişkin olarak, muhtelif iç mekan iklimlendirme kontrol sistemleri, iç mekanların yıl boyunca konforlu seviyelerde tutulmasını sağlamaya yardımcı olur. Günümüz enerji tasarrufu konusundaki endişelerin etkisiyle binalar daha sağlam olacak şekilde inşa edilmekte ve iç ve dış hava arasındaki doğal değişimin seviyesi daha düşük tutulmaktadır. Sonuç olarak, havayı yönetebilmek için gittikçe daha fazla bina mekanik iklimlendirme ve dağıtım sistemlerine güvenmektedir. Düzgün çalışan bir ACMV sistemi, ofis sakinlerinin konforunu optimize etmek ile işletme maliyetlerini kontrol etmek arasında hassas bir denge kurar. Konfor, bina sakinlerinin/ofis çalışanlarının memnuniyetini sağlamak için hem konsantrasyon hem

de verimliliği doğrudan belirleyebilecek önemli bir konudur. Eşzamanlı olarak, bu konfor ve sağlık parametrelerinin kontrol edilmesi, enerji, bakım ve ekipman ömrü bakımından ACMV sisteminin işletme maliyetleri üzerinde doğrudan bir iz bırakmaktadır (Fong vd. , 2006). Aşağıdakiler, bugün yaygın olduğunu düşündüğümüz çeşitli ACMV sistemlerinin bazı örnekleridir (Hyndman, 2004):

Tek bölgeli sistem: Özel, sıcaklık kontrollü bir bölgeye hizmet eder. Çevre ve kullanım genellikle aynı olduğu küçük dükkanlarda veya bilgisayar odalarında bulunur.

Çok bölgeli sistem: Tek bir merkezi hava kontrol ünitesinden birkaç bölgeye şartlandırılmış hava verir. Hizmet verilen bölgeler hemen hemen aynı termal yük gereksinimlerine sahip olmalıdır. İlgili alandaki koşullar, her bir bölgedeki sıcaklık kontrolörleri tarafından sağlanır; bu, dağıtılan ısıtılmış veya soğutulmuş hava miktarını değiştirir.

Sabit hacim sistemi: Bu sistem tarafından havayla doldurulan bir bölgeye verilen havanın hacmi değişmez veya çok az değişir. Tahliye sıcaklığı, bölgede ısıtma ve / veya soğutma bobinlerini aktive eden bir sıcaklık kontrol cihazı tarafından düzenlenir.

VAV (Değişken Hava Hacmi) sistemi: Bir bölgeye giden hava hacmi, ısıtma ve soğutma bobinlerini kontrol eden bir bölge termostatına yanıt veren bir damper (havalandırma sürgüsü) vasıtasıyla ayarlanır. VAV kutuları, binaya ilk giren ya da merkezi klima santralinden oldukça uzakta olan çok bölgeli sistem kanalında bulunabilir.

Isı pompaları: Isınmış alanı soğutmak için sıcak havalarda sıcak iç havayı dışarı çıkaran ve ısıyı dış havadaki ortamdan uzaklaştırıp soğuk havalarda içeriye aktaran bir soğutma sistemi.

Ünite vantilatörü: Otel / motel odalarında, okullarda, garajlarda ve farklı oda ortamlarının ayrı tutulması gereken diğer uygulamalarda bulunan, kendi kendine yeten bir sistem.

2.7. Soğutma Yüğü

Isı kazanımı, soğutma yüğü ve ısı yayma hızı arasında bir ilişki vardır. Isı kazanımı, bir mekanda enerjinin aktarıldığı veya üretildiğı hızdır. İki tür soğutma yüğü vardır; hassas soğutma yüğü ve gizli soğutma yüğü. Hassas soğutma yüğü, binanın kuru termometre sıcaklığını, gizli soğutma yüğü ise binanın yaş termometre sıcaklığını ifade eder (Feng vd., 2014).

Soğutma yüğü, gereken gerekli sabit hava sıcaklığı ve nem içeriğini (bağıl nem) sağlamak için mekandan boşaltılması gereken ısı enerjisi miktarıdır. Soğutma yüğü genellikle ısı kazanımının yük olarak soğutma sistemine kaymasından olur, zira ısıtım, iç ortama duvarların ve iç nesnelerin yüzeyinden ve ek olarak doğrudan güneşten gelir.

Radyan (ısı ve ışık yayan) enerji, eşzamanlı olarak soğutma yüküne dönüştürülmeyen bir alana giren ısıdır. Normalde, Radyant enerji, ısı transferi nakli ile çalışır. Radyan ısı enerjisi, önce yer, iç duvarlar ve mobilyalar tarafından absorbe edilmesi gereken, daha sonra oda havasından daha yüksek sıcaklıklara ulaştıklarında, temel olarak konveksiyonla (ısı yayını) soğutulması gereken alanı kaplayan yüzeylerde çalışır. Bu yüzeyler sonunda ısıнын havaya konveksiyonla aktarılmasını sağlamak için sıcaklıklarını hava sıcaklığının üzerine çıkaracak ve böylece konvektif bölge soğutma yüküne katkıda bulunacaktır (CAC, 2001).

Isı yayma hızı, enerjinin havalandırılmış bir alandan çıkarılma oranı, istenen alan sıcaklığını korumak için sürekli ve tam olarak alan soğutma yüküne eşit olmalıdır. Cihaz çalışırken ortam koşulları sabit olduğunda, bu oran soğutma yüküne eşdeğerdir.

2.8. Bina içi Ortam Kalitesi (IEQ)

İç mekan ortam kalitesi (IEQ) ve iç mekan hava kalitesi (IAQ), özellikle bina sakinlerinin sağlığı ve konforu ile ilgili olarak kullanılan, bir binanın içindeki çevresel nitelikleri ifade eden terimlerdir (Hobday, 2011).

İç mekan ortam kalitesi (IEQ) ve bina enerji kullanımı, bir binanın tasarım, inşaat, işletme ve bakımından, bina sakinlerinin faaliyetlerinden ve dış ortam koşullarından büyük ölçüde etkilenir. Aslında, enerji verimliliği önlemleri IEQ'yi düşürebilir, IEQ'yi iyileştirebilir veya IEQ nötr olabilir. Benzer şekilde, IEQ iyileştirme önlemleri enerji tüketimini artırabilir veya azaltabilir veya enerji nötr olabilir (Berkeley vd. , 2002).

İç mekan ortam kalitesi (IEQ) genellikle sıcaklık, nem, havalandırma, iç mekan hava kalitesi, günışığı ve aydınlatma kalitesi, termal konfor ve manzaraya erişim gibi çeşitli faktörleri içerir (Hobday, 2011).

İç mekan ortam kalitesini (IEQ) tanımlayan çevresel faktörler şunlardır: termal konfor, iç mekan hava kalitesi, akustik konfor ve görsel konfor. Bu, bir binadaki iç mekan ortamını yıllık bazda ve sadece tek bir gösterge ile tanımlamayı neredeyse imkansız kılar. Bu, enerji konusunda farklı enerji taşıyıcılarının (elektrik, yakıt vb.) birincil enerjiye veya CO₂ emisyonuna dönüştürülebildiği durumlarda çok daha kolaydır. Bireysel iç mekan ortam faktörleri için, yıllık performans tanımlayıcısının tahmini için standart bir yöntem bile yoktur (Raimondo ve Corgnati, 2012).

IEQ, Amerika Birleşik Devletleri Yeşil Bina Konseyi (USGBC) tarafından oluşturulan LEED (Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik) bina değerlendirme sisteminin beş kategorisinden biridir. İngiltere’de, değerlendirmeler genellikle BRE (BRE (Bina Araştırma Kuruluşu)) tarafından geliştirilen BREEAM (BRE Çevresel Değerlendirme Yöntemi) bina değerlendirme sistemi altında yapılmaktadır. BREEAM'de, görsel konfor, iç mekan hava kalitesi, termal konfor ve akustik performans gibi faktörler “Sağlık ve Mutluluk” kategorisinde yer almaktadır. İç mekan ortam kalitesi (IEQ) genellikle sıcaklık, nem, havalandırma, iç mekan hava kalitesi, günışığı ve aydınlatma kalitesi, termal konfor ve manzaraya erişim gibi faktörleri içerir (Hobday, 2011).

Termal (Isıl) Konfor: Termal konfor, bina sakinlerinin memnuniyetinin ve verimliliğinin sırrıdır. Bununla birlikte, insanlar termal konforu sadece sıcaklık açısından değerlendirir. Aslında vücudumuz ne yaptığımıza bağlı olarak sürekli orantılı metabolik ısı üretiyorsa ve ne giydiğimizize ve çevremize bağlı olarak bu ısıyı

sürekli kaybediyorsak bu doğru değildir. Eğer bu ısı kazanımı ve kaybı oranları dengede değilse, bina sakinleri kendilerini rahatsız hissetme eğiliminde olacaktır. Çeşitli faktörler ısı dengesini etkiler, bazıları -oda sıcaklığı gibi- kontrol altındadır ama nem içeriğini, oda havasının bağıl nemini, odadaki hava hızını, pencerelerden gelen güneş ısını miktarını dikkate almaz. Giyim seviyesi, bina sakinlerinin aktivite seviyesi gibi bazı faktörler de kısmen kontrol altındadır.

İç Ortam Hava Kalitesi (IAQ): Modern yerleşim yerleri ve konutların içindeki hava, partiküllerin (toz ve polen gibi), gazların (azot dioksit, ozon ve karbon monoksit ve VOC'ler gibi) ve biyolojik ajanların (bakteri, mantarlar - kalıplar ve virüsler gibi) karışımını içerir. Kirlenici maddeler dışarıdan ve birçok iç mekan kaynağından gelir. Bu iç mekan kaynakları inşaat malzemeleri, halılar, mobilyalar, bina sakinleri, evcil hayvanlar, ev eşyaları ve ısıtma ve yanısıra yemek pişirme, temizlik ve ev onarımı gibi günlük uygulamaları içerir (Hobday, 2011).

Artırılmış hava sızdırmazlığı gibi enerji verimliliğini artırmaya yönelik yöntemlerin de daha kötü iç mekan hava kalitesine (IAQ) yol açabileceği konusunda kaygı duyulmaktadır. Kötü IAQ, astım ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı da dâhil olmak üzere solunum yolu hastalıklarının gelişimi veya alevlenmesi ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle, iç mekanda temiz havanın olmasını sağlamak önemli bir halk sağlığı hedefidir. Modelleme çalışmaları, hem verimlilikte artış hem de iyi IAQ'nun her ikisine de ulaşılabilirliğini; ancak önemli bir faktörün yeterli havalandırmanın sağlanmasının gerekliliği olduğunu tavsiye etmektedir. Bununla birlikte, bunun pratikte elde edilip edilmediğine dair sınırlı veri var ve hatta derin enerji güçlendirmesi veya net sıfır enerji evleri gibi son derece verimli evler hakkında daha da az veri bulunmaktadır (Wells vd., 2015).

İç mekan hava kalitesi (IAQ) mikrobiyal kirlenicilerden (küf ve bakteriler dahil), gazlardan (karbon monoksit [CO], karbon dioksit [CO₂], radon [Rn], uçucu organik bileşikler [VOC] dahil) ve partiküllerden (örneğin su) veya birçok olumsuz sağlık koşuluna neden olabilecek herhangi bir kütle veya enerji stresinden etkilenebilir . Bazen IAQ sıcaklık, nem ve havalandırmayı da içerir (Hobday, 2011).

Görsel Rahatlık: Görsel konfor genellikle, yayınlarda bulunan değerlerin eşitsizliği sonucu ortaya çıkan aydınlatma seviyesi ile tanımlanır. Bununla birlikte, geçiş alanları, binalardaki diğer statik alanlarla karşılaştırıldığında, dinamizm ve adaptif süreç gibi farklı özelliklere sahiptir. Bu nedenle, görsel yanıtı değerlendirirken diğer faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Görsel rahatlık, mekanın kendisindeki şartlar üzerindeki birçok algısal ve mekansal faktöre bağlıdır. Görsel performans, mekanlarda görünürlük ve görsel konfor açısından da önemlidir. Genel olarak, görünürlüğün rolü aydınlatma tasarımının anahtarı olmuştur. Görsel rahatlığa iki farklı yaklaşım vardır: Işık miktarı veya kalitesi açısından (López vd. , 2012).

2.9. Enerji Denetimi

Enerji denetimi ve enerji denetimi süreci için çeşitli tanımlar vardır. Enerji denetimi, bir binanın veya bir tesisin tek başına enerjiyi nerede kullanılacağını değerlendirme ve kullanımın görülme sıklığını azaltma fırsatlarını belirleme süreci olarak tanımlanabilir. Enerji denetimi enerji analizi yöntemi, düşük gelirli hanelerde, devlet kurumlarında ve ticari firmalarda ve özel sektörde enerji kullanımı ve verimlilik fırsatlarının modellerini ve eğilimlerini ölçmek için kullanılır. Denetim, çoğunlukla binalara ve ulaşım filosu ve endüstriyel işlemlere yönelik olup, enerji yönetimi hizmetlerinde önemli bir erken adım olduğunu düşündürmektedir (Gomes vd. , 2011). Enerji denetim prosedürü, enerjinin ne, ne zaman ve nasıl kullanıldığını belirlemek ve enerjinin daha verimli bir şekilde saklanıp saklanamayacağını belirlemek için gerçekleştirilir. Tekniklere bağlı olarak basit ile ileri düzey arasındaki enerji farkının denetimi değerlendirme sürecinde kullanılır.

2.9.1. Enerji Denetiminin Önemli Adımları

Denetim amaçlarını ve hedeflerini belirlemek için bir ön inceleme yapılması için aşağıdaki adımlar takip edilmelidir:

- Enerji tüketim eğilimlerini belirlemek için enerji tedarikçilerinden fatura verilerini analiz etmek.
- Binadaki yakıt tiplerini ve yakıt tipine göre yakıt kullanım modellerini belirlemek.

- Fayda oranının yapısını (enerji ve talep oranları) anlamak.
- Havanın yakıt tüketimine etkisini analiz etmek.
- Bina tipi ve büyüklüğüne göre enerji kullanım analizi yapmak; birim alandaki enerji kullanımını dahil olmak üzere bina imzası belirlenebilir.
- Büyük enerji kullanımlı ekipmanın (aydınlatma, HVAC sistemleri, motorlar, vb.) mevcut çalışma koşullarını belirlemek ve kullanım süresini, ekipmanı ve aydınlatmayı tahmin etmek.
- Enerji tasarrufu önlemlerinin kapsamlı bir listesini hazırlamak ve enerji tasarrufu önlemlerini değerlendirmek.

2.9.2. ASHRAE Standardı

Evlerin iç termal konforunu ve iç hava kalitesini belirlemek için birkaç standart vardır. Sonuçların bu bölümünde, iç mekan termal özelliklerini vurgulamak ve önerilen yapının mevcut durumunu karşılaştırmak için gayret gösterilmiştir. Standart olmasının amacı, insanlara uygun olacak ve olumsuz sağlık etkileri potansiyelini en aza indirecek minimum havalandırma ve iç mekan hava kalitesinin belirlenmesinde tutarlı kalınmasını sağlamaktır. Bu standart mevcut yapılarda iç mekan hava kalitesinin artırılmasına rehberlik etmek için tasarlanmıştır. Ayrıca bu standart, yeni binaların düzenleyici olarak uygulanması, standart bünyesinde belirtilen mevcut binalara ilaveler ve binalarda yapılan değişiklikler kontrol için tasarlanmıştır.

ASHREA:55 Standardı hava kalitesini yansıtır (ASHRAE Standardı, 2007). Bu standardın amacı insan sakinleri ve sağlık etkileri için tutarlı havalandırma oranları ve iç hava kalitesi sağlamaktır. Bu standardın, binaların iç hava kalitesinin iyileştirilmesine rehberlik etmek amacıyla kullanılması amaçlanmıştır. Bu standart, yeni binalara yasal düzenleme uygulamaları, mevcut binalara eklemeler ve standardın bünyesinde tanımlanmış mevcut binalarda yapılan değişiklikler için tasarlanmıştır. ASHRAE 55 standardı, bina sakinlerinin çoğu için kabul edilebilecek ısısal açıdan hoş çevresel koşullar yaratan değişkenlerin kombinasyonunu belirlemek için kullanılmaktadır. Birçok yeşil bina derecelendirme sistemi tarafından belirtilen ve hem iş hem de yerleşim alanları için kullanılan termal konfor standardıdır. ASHRAE Standard 55, aşağıdaki özel ve çevresel değişkenleri dikkate almaktadır:

metabolik frekans (met), giysi izolasyonu (clo), hava sıcaklığı, radyan sıcaklık, hava hızı ve bağıl nem. Klimalı bir mekân için önerilen iç tasarım koşulu aşağıdaki gibidir:

- Önerilen sıcaklık 22 - 26 °C
- Tavsiye edilen bağıl nem oranı %30 - %60
- Önerilen Karbondioksit (CO₂) 500 - 700 ppm

2.10. Geçmiş Çalışmalar

Dias, M., Bernardo, H., Ramos, J. & Egidio (2011), IAQ ve termal konfor parametrelerini değerlendirmek için mekanik sistem tarafından gerçek İç Mekan Hava Kalitesi (IAQ) açısından analiz edilen bir Okul Binasında elde edilen temel sonuçları sunarlar. Lise / üniversite okullarının binalarındaki IAQ ve termal konfor koşullarının, sınıf odalarındaki öğrenci yoğunluğu nedeniyle zayıf olduğu tespit edilmiştir. Özellikle IAQ, öğrencilerin sağlıklı ve rahat bir öğrenme performansına sahip olmaları için bu binalar için önemli bir konudur (Dias vd. , 2011).

Noranai ve Kammalluden (2012) vaka çalışması üniversitedeki bina enerji endeksine odaklanmıştır (UTHM). Çalışmanın amacı, enerji tedarikçisinden enerji tüketen verilerin toplanması, binanın brüt kat alanının toplanması, excel yazılımı ile bina endeksinin hesaplanması ve bina enerji endeksinin analiz eğiliminin belirlenmesi gibi bir yöntem dizisi ile başarılabılır. Hesaplamaya göre, üniversite Bina Enerji Endeksi (UTHM) binası 116 kWh / m² / yıl'dır. Malezya Standardı (Malezya Standardı-1525) tarafından önerilen ve önerilen en iyi BEI uygulaması 135 kWh / m² / yıl'dır. Bu nedenle, UTHM bina enerji endeksi önerilen değerlere göre daha düşüktür (Noranai ve Kammalluden, 2012).

Corgnati, SP, Raimondo, D. ve Olesen, B. (2012), ISO EN 7730 (termal ortam) veya EN15251'den (termal, bina iç ortam hava kalitesi, ışık ve gürültü) esinlenerek iç ortamın tüm yıl performans değerlendirmesini yapmak için bazı kavramlar sunar. Sonuçlar, farklı kavramların büyük ölçüde genişletilmesinin aynı göreceli sonuçları getireceğini ve ayrıca bugün iç mekan çevre parametrelerini tek bir sentetik

göstergede birleştirmek için hala yeterli bilgiye sahip olmadığımızı göstermektedir (Corgnati vd. , 2012).

Asit Kumar Mishra, Maddali Ramgopal'ın (2014) çalışmalarında hava hızlarının her yerde görüldüğünü ve nemli ortamlar için de yüksek bir tolerans seviyesi gözlemlediklerini belirtmektedirler. Bu derlemede, bina sakinleri, sıcak koşullara uyum sağladılar ve bu koşulları onayladıklarını anormal miktarda gösterdiler. Yüksek iç ortam sıcaklıklarına rağmen, bölge sakinleri de aynı şekilde yüksek nemlilik seviyelerine duyarlı bir şekilde uyum sağladılar. Ayrıca, çok yönlü uygulamalara bol şans veren hassas kiracı teması ana hatları, çok yönlü tesellinin arkasındaki mantığın gerekli bir parçasıdır (Mishra ve Ramgopal, 2014).

Atze C. Boerstra, Marije te Kulve, Jorn Toftum, Marcel G.L.C. Loomans, Bjarne W. Olesen, Jan L.M. Hensen (2015) 'nin araştırmaları, ayarlanabilir termostatların, çalıştırılabilir pencerelerin ve diğer kontrollerin mevcudiyetinin konfor, bina ile ilgili semptomların ve üretkenlik görülme sıklığı üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu öne sürüyor. Çalışma yaz aylarında 28 °C'de tutulan bir saha laboratuvarında gerçekleştirildi. Yaklaşık 23 saat boyunca toplam 23 kişi iki kez deneye maruz bırakıldı. İki oturumda, deneklerin rahatlığını, SBS semptomu görülme sıklığını ve performansını değerlendirmek için aynı anketler ve performans testleri kullanılmıştır. Deneklerin yaklaşık üçte ikisi, ilk seansta olduğu gibi, hava hareketini kendileri kontrol ettiklerinde durumu olduğu gibi kabul ettiklerini belirtti (Boerstra vd. , 2015).

Sindhu S Shetty, Hoang Duc Chinh ve S K Panda (2015), benzer bir sıcak bölgede 6-10 kişinin bulunduğu işyeri bina odaları üzerinde çalıştılar. Makaleleri, zindelik kaynakları ve mevcut ofis yapılarında bina sakini ısınma eğilimleri ile başa çıkma için bir tanıma teknikleri yapısı sunmaktadır. Giriş sonuçları, sıcaklığın ve günün zamanının, soğutulmuş ofis odalarındaki sakinlerin ısınma avantajlarına karar veren en zor değişkenler olduğunu öne sürmektedir (Shetty vd. , 2015).

Wan Iman Wan Nazi (2015) yaptığı çalışmada, ısı dengesi analizinden elde edilen ısı kazanımı azaltma metodolojilerinin uygulanabileceği durumlarda standart binanın Düşük Enerjili Ofis binasına dönüştürülebileceğini tespit etti. Bu nedenle, sürdürülebilir bir bina tasarlamak, teknoloji uygulamasının ille de yüksek maliyetli

olacağı anlamına gelmez, ancak binanın durumuna daha iyi cevap verecek doğru teknolojilerin seçilmesi ile ilgilidir (Nazi vd. , 2015).

Sindhu S Shetty, Hoang Duc Chinh, Manish Gupta (2016), başlıbaşına fanların sıcaklık, zaman ve farklı bileşenlerle ilgili kullanımı konusundaki bilgi parçalarını ele alarak inceleme yaptılar ve elde ettikleri bilgileri aralarında ve SET (Standart Etkili Sıcaklık) ile karşılaştırdılar. Önerilen çalışma, merkezi olmayan bir yapıda daha iyi bir ısınma tesellisi ve mevcut soğutulmuş yapılarda daha yüksek zindelik kaynakları için bina sakini veya ofis çalışanı eğimlerinin kaynaşmasına ilişkin kurallar önermektedir. Başlangıçtaki sonuçlar, düşük eylem ve yüksek hareket kırımlarının belirlenmesinin tüm çalışma günü boyunca bina sakini veya ofis çalışanı eğilimlerini kavramak için önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Shetty vd. , 2016).

Georgios D. Kontes, Georgios I. Giannakis, Philip Horn, Simone Steiger, Dimitrios V. Rovas (2017), iki ofis binasını içeren deneysel bir simülasyon protokolü tanımlamıştır; binalar zıt geometrik ve inşaat karakteristikleri ve ısıtma ve soğutma taleplerini karşılamak için farklı bina hizmetleri sistemlerinin yanı sıra, ISO 7730'da tanımlandığı üzere Fanger endeksi kullanılarak bina sakini veya ofis çalışanı termal konforu tahmin edilmektedir. Parametrik çalışmanın sonuçları, kuru termometre sıcaklığındaki basit sınırların konforu sağlamak için yeterli olmadığını ve birçok durumda, bina özellikleri ve bina ısıtma ve soğutma hizmetleri türlerini dikkate alan daha ayrıntılı hususların olduğunu göstermektedir. gerekli (Kontes vd. , 2017).

Seungjae Lee, Ilias Bilionis, Panagiota Karava, Athanasios Tzempelikos (2017), genelleştirilmiş bir termal tercih modeli geliştirdi. Yaklaşım tamamen Bayesian'dır ve termal tercihin esas olarak (i) parametrelerin önceden bilinmesiyle birlikte nispeten az sayıda parametrenin bulunduğu fiziksel işlem denklemleri kullanılarak temsil edilen genel bir termal gerilim ve (ii) gizli rastgele değişken olarak modellenen kişisel termal tercih karakteristiği tarafından yönetildiği varsayımına dayanır.

Sonuçlar, bu çalışmada geliştirilen yöntemin kişiselleştirilmiş termal tercih profilleri için doğru tahminler sağladığını ve sadece her bina sakininden veya ofis çalışanından

toplanan nispeten küçük bir veri setini gerektirdiği için verimli olduğunu göstermektedir (Lee vd. , 2017).

Madhavi Indraganti, Djamel Boussaa (2018), Katar'da on üç ay boyunca termal konfor alanında çalışmalar yaptı. On tipik klimalı ofis binasında, 1174 gönüllü denek 3742 anketi doldururken, termal ortamları aynı anda ölçülmüştür. Ortalama Griffiths konfor sıcaklığının 24.0°C olduğunu tespit ettiler. Konfor sıcaklığı, mevsimsel olarak ve ayrıca bina içi ortam sıcaklığıyla değişmiştir.

Bina içi ortam Griffiths konfor sıcaklığı dış ortam sıcaklığıyla uyumlu olarak konforlu bir sıcaklık sunar. Bu ilişki Körfez İşbirliği Konseyi bölgesindeki benzer yapıdaki binalarda kullanılabilir.

Denekler çoğunlukla daha soğuk hissettiler. Termal kabul yüksekti (%82.7). Ofisler çok düşük iç hava hareketine sahipti (ortalama hava hızı 0.02 m/s), %80'i 0.05 m/s 'den az kaydedildi. Bu, Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Birliği'nin izin verdiği 0.28 m/s 'lik ortalama hava hızının altında bir ölçümdü. Artan hava hareketi, daha çok dış mekan koşullarıyla senkronize olarak, daha yüksek bir termal rejimi kolaylaştırabilir. Körfez İşbirliği Konseyi uluslarının bina sürdürülebilirlik hedeflerini gerçekleştirmek için değişken konfor standartlarının benimsenmesi zorunlu olabilir (Indraganti ve Boussaa, 2018).

Elena Barbadilla-Martín, José Guadix Martín, José Manuel Salmerón Lissén, José Sánchez Ramos, Servando Álvarez Domínguez (2018)'nin çalışması bina sakinlerinin termal konforunun önünde önemli bir zorluk olduğunu, enerji verimliliği ile yakın ilişkisi nedeniyle hibrit binalar için uyarlanabilir bir konfor algoritması kullanılarak İspanya'daki ofis binalarında 17 aylık saha çalışmasına dayanarak deneysel olarak doğrulandığını gösterdi. Sonuçlar, uyarlanabilir modelin HVAC sistemlerinin optimizasyonu için etkili olduğunu ve bina sakinlerinin, dikkate alınan iklim ve bina tipi için rahatlarını bozmadan enerji tasarrufu sağlamanın mümkün olduğunu göstermektedir (Barbadilla- Martín vd. , 2018).

Tablo 2.1. *Literatür Eşlemesi*

Referans	Yer	Bina Tipi	Çalışmanın Tipi	Bulgular
Moghim ve diğerleri, 2011 (Moghim ve diğerleri, 2011)	Malezya	Hastane Binası	Bina Enerji Endeksi (BEI)	HUKM'nin enerji tüketimi standarttan daha yüksektir. HUKM için hesaplanan BEI 245 kwh / m ² 'dir. Soğutucularda kullanılan elektrik toplam elektrik tüketiminin %40'ından fazladır
Skön ve diğerleri, 2011 (Skön ve diğerleri, 2011)	Finlandiya	Konut Binası	Enerji tüketimi ve bina içi hava kalitesi izleme sistemi	Gelişmiş izleme sistemi ilk prototip olup geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Toplanan verileri son kullanıcılara sunmanın birkaç yolu vardır. Gelecekteki çalışma veri analizi hakkında olacaktır.
M. Dias ve diğerleri, 2011 (Dias ve diğerleri, 2011)	Portekiz	Okul Binası	Bina İçi Ortam ve Enerji Verimliliği	Lise / üniversite binalarındaki IAQ ve termal konfor koşullarının, sınıf odalarındaki öğrenci yoğunluğu nedeniyle zayıf olduğu tespit edilmiştir. Deneysel değerler anketlerin öznel sonuçlarından biraz farklıydı. Ölçülen CO ₂ değerlerinin çoğu Portekiz yasalarının (984 ppm) farklı noktalarda izin verdiği değerleri aşıyor
M Dias ve diğerleri, 2011 (Dias ve diğerleri, 2011)	Portekiz	Okul Binası	Design Builder / Energy plus yazılımı kullanılarak hesaplamalı simülasyonla elde edilebilecek enerji tasarrufu potansiyeli	Havalandırma sistemi ile CO ₂ konsantrasyonu arasında bir bağlantı bulundu. Bu alanda genellikle düşük maliyetle enerji tasarrufu için büyük potansiyel vardır. Neredeyse sıfır enerji binalarının felsefesine yaklaşırken, konfor gereksinimleri ve enerji verimliliğinin sağlanabileceği kanıtlanmıştır.

Tablo 2.1'devamı

Noranai ve Kammallude n (2012)	Malezya	Akademik Yapı	Üniversite içinde Bina Enerji endeksi (BEI)	UTHM binasının Bina Enerji İndeksi 116kWh / m ² / yıl'dır. Malezya Standardı (MS 1525 Malezya Standardı) tarafından önerilen ve önerilen en iyi BEI uygulaması 135kWh / m ² / yıl'dır. Bu nedenle, UTHM bina enerji endeksi önerilen değere göre daha düşüktür.
Raimondo ve Corgnati, 2012 (Corgnati ve diğerleri, 2012)	Danimarka	Ofis Binası	Bina İçi ortam kalitesinin bir yıl boyunca performans değerlendirmesi için bazı kavramlar	Uzun vadeli değerlendirme için farklı sınıflandırma yöntemleri standartlar tarafından önerilenler analiz edilir ve kritik hususlar vurgulanır. EN ISO 15251 standardı tarafından önerilen yöntemlerden birinin uygulanmasının bir varyasyonu sunulmuştur.
Lim (2013)	Malezya	Konut Binası	Evlerde iç mekan termal ve görsel performansları	Bulgular termal konfor, görsel rahatlık ve sağlık arasında anlamlı doğrusal ilişkiler olduğunu göstermiştir. Ancak, bina sakinlerinin davranışları, rahatlık ve sağlık üzerinde önemli bir etki yapmamıştır. Malezya'nın tipik teraslı evlerinde, bina sakinlerinin sağlığını geliştirmek için sürdürülebilir tasarımla iç mekan termal ve görsel konforunu geliştirmek çok önemlidir.

Tablo 2.1'devamı

Lim, 2014 (Lim, 2014)	Malezya	Konut Binası	Bina sakinlerinin algıladıkları rahatlık, davranış ve sağlık arasındaki ilişkiler incelenmiştir (iç mekan termal ve görsel performanslar)	
Asit Kumar Mishra, Maddali Ramgopal (2014)	Hindistan	Academik Yapı	Lisans laboratuvarlarında termal konfor	NV binalarında, bina sakinleri çevreleriyle sayısız ve bazen beklenmedik şekilde davranışları ile kendilerini termal çevreye veya termal çevreye uygunluklarına adapte etmek için etkileşime girebilir. Amaç, tüm bina sakinlerinin kendilerini rahat hissetmelerini sağlayacak ideal bir sıcaklık bulmak olmamalı.
Atze C. Boerstra, Marije te Kulve, Jorn Toftum, Marcel G.L.C. Loomans, Bjarne W. Olesen, Jan L.M. Hensen (2015)	Holanda	Academik Yapı	Konfor ve kişisel kontrolün yaz aylarında termal çevre üzerindeki etkisi.	Hava hareketi ve ventilasyon A seansı sırasında (kontROLSÜZ durum) anlamlı derecede yüksekti. A ve B seansları arasındaki konfor skorları benzerdi (hava hareketi hissi ve memnuniyeti hariç). Ayrıca, SBS semptomlarının insidansı iki seans arasında anlamlı farklılık göstermedi.
Sindhu S Shetty, Hoang Duc Chinh and S K Panda (2015)	Singapur	Ofis Binası	Ofis Binasında Termal Konfor İyileştirme ve Enerji Tasarrufu.	İlk sonuçlar, ortam sıcaklığının ve zamanının, klimalı ofis odalarındaki bina sakinlerinin termal konforunu belirleyen en baskın faktör olduğunu göstermektedir. Herhangi bir güçlendirme gerektirmeden enerji tasarrufu ve kişisel tercihlerin tatmin edilmesine yol açabilecek farklı planlar ve stratejiler önerilmiştir.

Tablo 2.1'devamı

Wan Iman Wan Nazi, 2015 (Nazi ve diğ.2015)	Malezya	Ofis Binası	Isı Dengesi Analizini Kullanarak Soğutma Yükünü Azaltma Yöntemleri	Binanın soğutma yükünü azaltmak ve soğutma sistemi verimliliğini artırmak, binanın enerji performansı üzerinde büyük bir etki yaratacaktır. "Sıcaklık ayar noktasının sıfırlanması", aydınlatma sistemindeki değişiklikler ve mevcut camların değiştirilmesi, binanın enerji endeksini 112.18 kWh / m ² / yıl'a (%45.85 BEI azaltma) düşürerek düşük enerjili bir ofis binası olmasını sağlar.
Nadine Walikewitz, Britta Janicke, Marcel Langner, Fred Meier, Wilfried Endlicher (2015)	Berlin	Academik Yapı	Bina içi ortamlarda radyant sıcaklık ve hava sıcaklığı	Birincisi, sonuçlar yalnızca sıcak dış hava sıcaklıkları ve yoğun güneş ışıınımı olan yaz koşulları için geçerlidir. Kış aylarında, enerji akışları ve güneş ışıınının yoğunluğu farklıdır ve ayrı olarak araştırılmalıdır. İkincisi, sadece bir bina analiz edildi. Sunulan ayrıntılı vaka çalışması etkileyen değişkenleri göstermiştir.
Albert Thomas, Carol C. Menassa, Vineet R. Kamat (2016)	Malezya	Hastane	Bina sakinlerinin termal konfor davranışı	Bu genel çerçeve, bina sakinlerinin davranışsal özelliklerinin birçoğunun etkilerini analiz etmek için genişletilebilir. Bina yöneticileri, bu çerçeveyi bina sakinlerine, termal konforla ilgili iyi davranışları benimsemek yerine olası enerji tasarrufu fırsatlarını göstermek için kullanabilir.
Sindhu S Shetty, Hoang Duc Chinh, Manish Gupta (2016)	Singapur	Ofis Binaları	Ofis Binalarında Termal Konfor Yönetimi	Klimalı bir ofis odasında binanın sakinlerinin kişisel olarak kullanımına ilişkin veriler toplandı. Toplanan veriler çevresel parametrelerin fanların kullanımı üzerindeki etkilerini araştırmak için analiz edilmiştir. İlk sonuçlar, düşük iş etkinliği ve yüksek etkinlik kırılmalarının tespit edilmesinin, tüm çalışma günü için bina sakinlerinin tercihlerini anlamak için çok önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 2.1’devamı

Tianzhen Hong, Yixing Chen, Zsofia Belafi, Simona D’Oca (2017)	Çin	Konut İnşaat	Binalarda bina sakini davranışı (OB)	Bu çalışma, günümüzde popüler BPS programlarında OB modellerini göstermek ve uygulamak için yaklaşımları gözden geçirmekte ve OB modellerinin BPS programlarıyla bütünleştirilmesinde bu yaklaşımların ve kilit konuların zayıf yönlerini ve güçlü yönlerini tartışmaktadır.
Georgios D. Kontes, Georgios I. Giannakis, Philip Horn, Simone Steiger, Dimitrios V. Rovas (2017)	Almanya	Ofis Binaları	İç Mekan İklimlendirmesi için Termostatlar Ofis Binalarının Kontrolü	Parametrik çalışmanın sonuçları, kuru hava sıcaklığındaki basit sınırların konforu sağlamak için yeterli olmadığını ve birçok durumda, bina özellikleri ve bina ısıtma ve soğutma hizmetleri türlerini dikkate alan daha ayrıntılı hususların gerekli olduğunu göstermektedir.

3. METODOLOJİ

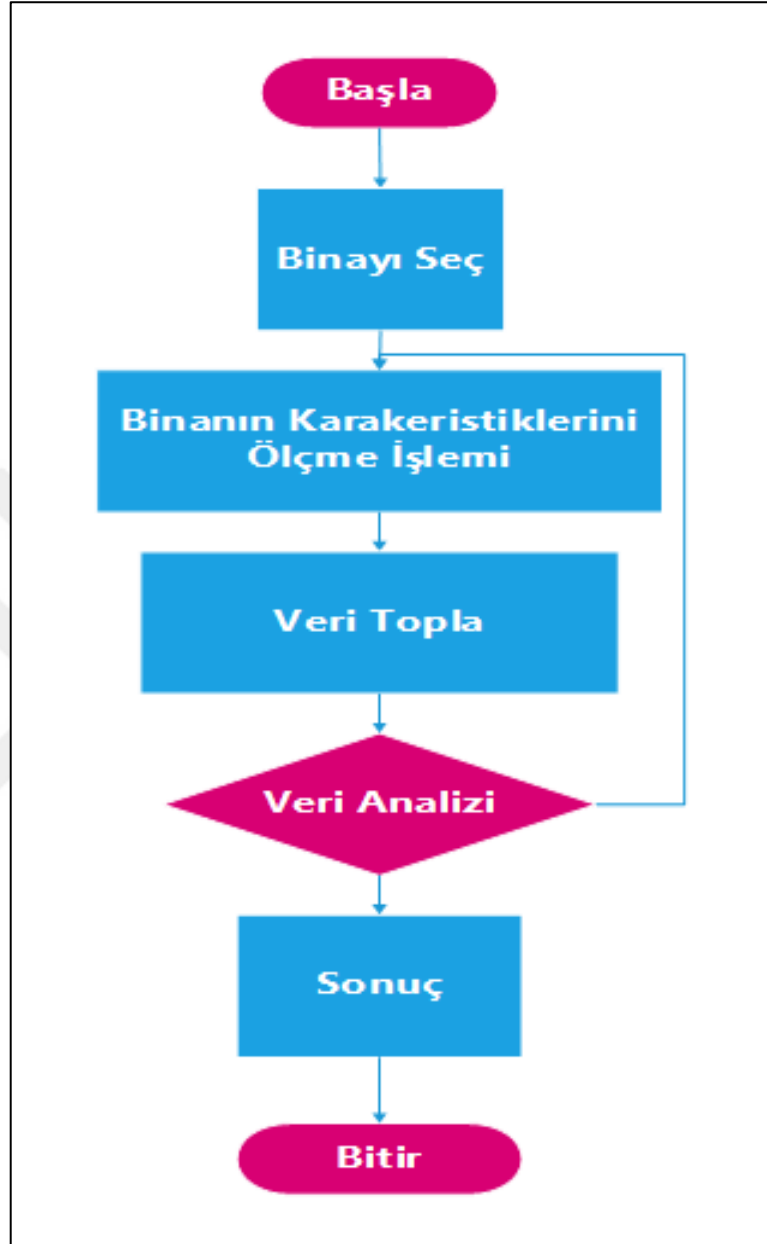
3.1. Giriş

Bu çalışmada saha çalışması yapılmıştır. Saha çalışmasının avantajı site yerinde yapılan bir deney olmuş olmasıdır; bu, yöntemin sonuçlarının doğrudan benzer termal ortamlara uygulanabileceği anlamına gelir. Saha çalışması, bina içi ortam kalitesini (IEQ) elde etmek için önemli işlemleri ve adımları içermektedir. Bölüm 3'te, gerçek enerji kullanımı üzerine son bilimsel araştırma, Irak Musul Üniversitesi Sanat Fakültesinde ele alınmış ve farklı istatistiksel yöntemlerin uygulanması meselesi de konuya dâhil edilmiştir.



Şekil 3.1. Musul Üniversitesi Sanat Fakültesi, Irak

3.2. Metodolojinin Akış Diyagramı



Şekil 3.2. Akış Diyagramı



Şekil 3.3. Veri Okuma

3.3. ACMV Sistemi

Bir iklimlendirme veya ACMV sistemi, havanın nemini almak, soğutmak, arıtmak ve temizlemek, iklimlendirmek ve yeniden sirküle edilen havayı klimalı alana taşımak, sakıncalı ekipman gürültüsünü azaltmak, mükemmel enerji kullanımı için bina içi veya kapalı bir ortamı korumak ve kontrol etmek için sıralı bir sistemde düzenlenmiş birçok ekipman ve bileşenden oluşur. (Wang ve Lavan 1999). Irak Musul Üniversitesi Sanat Fakültesindeki ACMV sistemi, 3 katlı merkezi klima sistemi ve 15 split klima ünitesinden oluşmaktadır.

3.4. Fiziksel Parametreler Ölçümü

Fiziksel parametrelerin ölçümü sıcaklık ve bağıl nemin değerlendirilmesi için yapılmıştır.

3.4.1. Nem ve Sıcaklık Kalitesi Ölçer

Bina İçi Hava Kalitesi Ölçer, bina içi hava kalitesini (IAQ) araştırmak ve izlemek için bir araçtır. Ölçer aynı anda hem ölçüm yapar hem de veriyi birden fazla parametre olarak kaydeder. Ölçümler CO, CO₂, sıcaklık, nemdir ve hesaplamalar çiğ noktası, ıslak ampul sıcaklığı ve dış hava yüzdesi olarak yapılır. Kolay rapor oluşturma için veriler ekranda incelenir veya bir bilgisayara indirilir. Ölçer, bina HVAC sistemi performansını doğrulamak, çalışan verimliliğini optimize etmek için bina IAQ koşullarını incelemek ve düzenlemelere ve yönergelere uyup uymadığını kontrol için idealdir. Bu çalışma, nem ve sıcaklık için GM1361 ölçerini kullandı. GM1361 ölçerinin özellikleri aşağıdadır:

- Nem ve Sıcaklık Ölçer GM1361:
- Sıcaklık aralığı: -10 °C ~ 50 °C (-30 °C ~ 1000 °C K-tipi)
- Sıcaklık doğruluğu: ± 1 °C veya $\pm 1,8$ °F
- Nem aralığı: %5 Bağıl ~ %98 Bağıl
- Nem doğruluğu: $\pm$ %3 (%30-95); $\pm$ %5 (%10-30)
- °C/°F Seçimi
- Otomatik / Manuel güç kapatma
- Düşük pil göstergesi
- Veri tutma
- Sıcaklık çözünürlüğü: 0,1 °C
- Nem çözünürlüğü: %0,1 Bağıl
- Örnekleme oranı: 2,5 kere/saniye
- Maksimum / Minimum işlevi
- K-tipi mo-çift sıcaklık ölçümü
- Büyük LCD sıcaklık & nem çift ekran
- Paketleme Yöntemi: Hediye Kutusu + PP kutusu

- Güç: 9V Pil
- Ünite büyüklüğü: 160*70*30mm
- Karton Başına Standart Miktarı: 20 Adet
- Standart Karton Boyutu: 66,9*45,8*30,7cm
- Standart Karton Brüt Ağırlığı: 14,2kg



Şekil 3.4. Nem ve Sıcaklık Ölçer (GM1361)

3.4.2. Hava Hızı Ölçer Anemometre

Bir Hava Hızı Ölçeri, bir hava tünelineki yaylı besleme kapısından motora hava kuvvetini test eder. Hava kapısının menteşesi ile birlikte bükülmüş bir doğrusal potansiyometre kapanma açısını kontrol eder ve kapı az veya çok büyüdükçe kayan motor kontrol ünitesine (ECU) bir elektrik sinyali gönderir. Belirli ayarlamalar yapıldıktan sonra, ECU bu değere bağlı olarak motora hava akımı tesbit edebilir. Sorun, kapıya uygulanan kuvvetin, su ağırlığının ve hava hızının bağlı iki değişkenli bir fonksiyon olmasıdır. Verilen bir kapı açısı için ECU, suyun daha az kalın olup olmadığını fakat daha hızlı hareket edip etmediğini veya havanın daha kalın fakat yavaş hareketli olup olmadığını ayırt edemez. Bu nedenle hava hızı, rüzgar hacmini (her an periyodunda motora ulaşan gerçek su molekülleri miktarını) temsil etmek için hava yoğunluğu (ısı ve barometrik basınç) için ayarlanmalıdır. Bu çalışmada, hava hızı için Anemometre GM8901 kullanıldı. Anemometre GM8901 ölçerinin özellikleri aşağıdadır:

- Anemometre GM8901
- Ölçüm Ögeleri: Hava Hızı & Hava Sıcaklığı
- Ölçüm aralığı:

---- Hava Hızı: 0~45 m/s, 0~140 km/saat, 0~8800 fit/dakika, 0~88 deniz mili, 0~100 mil/saat (Doğruluk: $\pm$ %3)

---- Hava Sıcaklığı: 0~45 °C, 32~113 °F (Doğruluk $\pm$ 2 °C)

- Çözünürlük: 0,2 °C, 0,1 m/s
- Hız Birimi: m/s, fit/dakika, deniz mili, km/saat, mil/saat
- °C/°F Seçimi
- Arkadan aydınlatmalı ekran
- Maksimum / Minimum okuma (Hava hızı)
- Ortalama / Akım okuma (Hava hızı)
- Veri tutma
- Düşük pil göstergesi
- Manuel / Otomatik kapanma (herhangi bir işlem yapmadan 14 dakika sonra)
- Paketleme yöntemi: PP kutusu + Hediye kutusu
- Güç kaynağı: 9V pil * 1 adet
- Boyut:

---- Ana ünite: 145*72*35mm

---- Küçük pervabe: 172*65*29mm

- Ağırlık: 275g (pil dâhil)



Şekil 3.5. Hava Hızı Ölçer (Anemometre GM8901)

3.5. Enerji Veri Analizi

Etkili veri analizi esastır, ancak genellikle uygun öncelik verilmez. Aslında, verilerin yetersiz analizi, Enerji Yönetim Sisteminin (EMS) çalışmasını tahrip edebilir ve yanıltıcı mesajlara neden olabilir. Enerji verileri, yalnızca enerji kullanımını değil aynı zamanda temel faktörleri de içerir. Veriler yeterince yüksek bir frekansta toplanmalıdır.

Veri analizinin amacı enerji kullanımını ve maliyetlerini daha iyi anlamak ve enerji kullanımını modellemektir. Basitten karmaşığa kadar çeşitli teknikler kullanılabilir. Bunlar, ele alınan problemlere uyacak şekilde seçilmelidir (bir analiz teknolojisi seçmek ve sonra uygun bir problem bulmak yerine).

3.6. İstatistiksel Analiz

Bilişim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte, artık önemli miktarda veri toplamak ve analiz etmek mümkündür, bu nedenle enerji kullanımı verilerinin istatistiksel analizine olan ilgi artmaktadır (yıllık, aylık, günlük ve saatlik düzeyde).

İstatistiksel analiz birçok uygulamaya sahiptir. İstatistikler, gerçek enerji kullanımının tanımlayıcı istatistiklerinin açık bir tanımını sağlayan bir çalışmanın amacını (bireysel bina veya daha büyük stok) tanımlamak için kullanılabilir.

İstatistiksel parametrelerin kullanılması (ortalama değer, vb.) faydalı bilgi edinmede ve bina enerji tüketiminde gerçek zamanlı görüntü yaratmada yardımcı olabilir. Daha sonra, uygun veritabanı kullanılarak, hedefler (enerji kullanımı - örneğin ısıtma ve elektrik) ve değişkenler (en çok etkileyen faktörler) arasında ilişki bulmak mümkündür. Bundan sonra, farklı koşullarda (hava durumu, çalışma programları vb.) enerji kullanımını öngörmek için matematiksel bir model oluşturulabilir.



4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

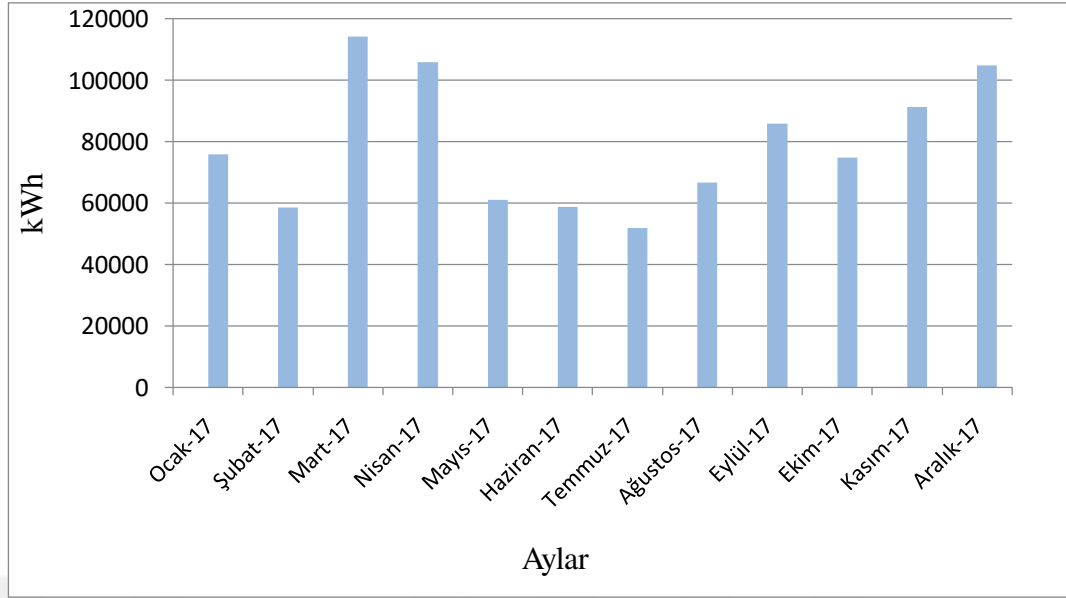
4.1. Giriş

Bu bölüm, toplanan veriler ve hesaplamadan elde edilen sonuç hakkında müzakereleri içerir. Çalışmaya konu olan araştırmayla ilgili tüm veriler yorumlanacak ve üzerinde tartışılacaktır. Fiziksel ölçüm parametresinin sonucu derlenip karşılaştırmalar yapılır. Bu bölümde, Irak Musul Üniversitesi Sanat Koleji'ndeki saha araştırmasında yapılan ölçümlerin sonucu ele alınmaktadır.

4.2. Enerji Verileri Analizi

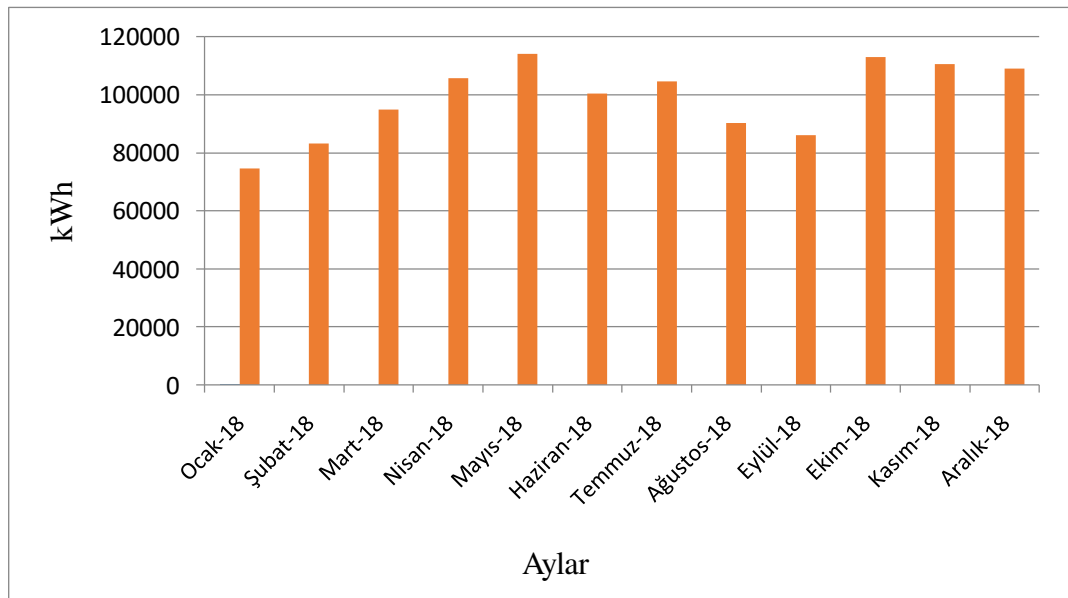
Binalara uygulanan mevcut tedarikler için elektrik enerjisi ana kaynaktır. Elektrik miktarını ölçen elektrik sayacı, her binada kullanılmakta ve herhangi bir binaya ait elektrik sarfiyatının anlaşılması ve böylece ödemelerinin yapılabilmesi amacıyla monte edilmektedir.

Kullanılan toplam enerji modelinin analizi, aşağıdaki şekillerde gösterildiği gibi, elektrik kullanımına dayanmaktadır. Aşağıdaki Şekil 4.1, Musul Üniversitesi, Irak Sanat Fakültesinde 3 katta 2017 yılında kullanılan toplam enerjiyi göstermektedir, şekle dayanarak görebiliriz ki, enerji tüketiminin çoğu Ocak-Şubat ve Ağustos-Eylül aylarında azalmıştır. Üniversitenin 2017 akademik takvimine bakılırsa, yarıyıl tatilinin Ocak-Şubat ve Temmuz-Ağustos arasında olmak üzere yılda iki kez yapıldığı görülür. Bu nedenle, bu dönemde azalan ana enerji tüketimi kaynağının bu tatiller olduğu anlaşılır.



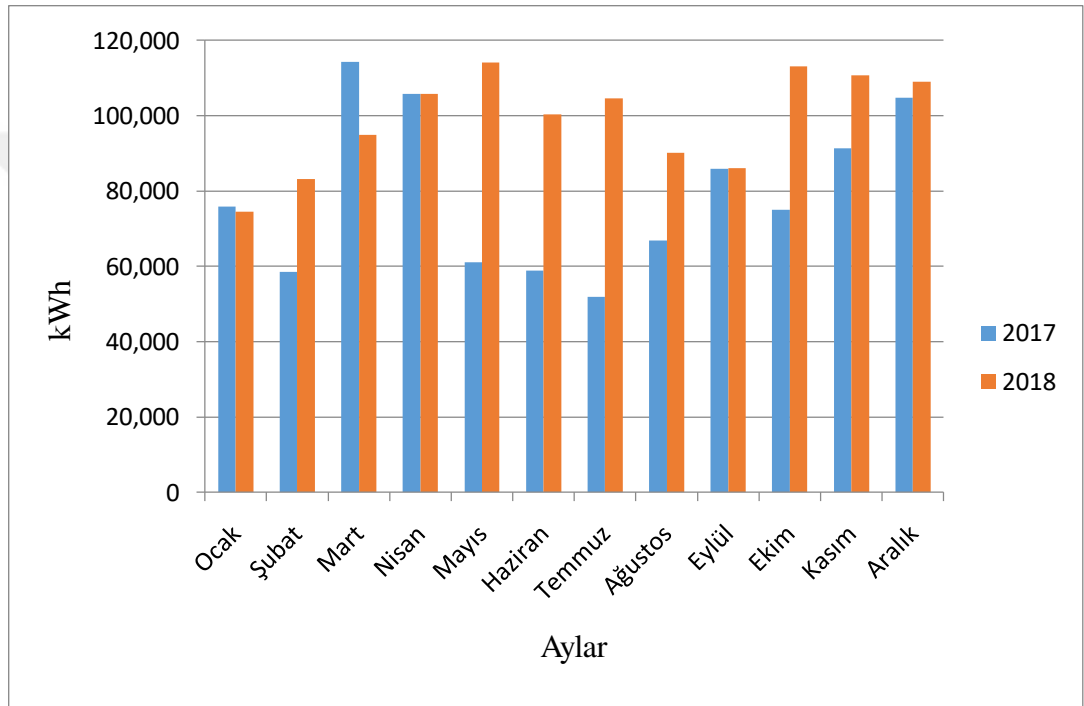
Şekil 4.1. Aylar ve Sarfiyat (kWh) Arasındaki Karşılaştırma (2017)

Aşağıdaki Şekil 4.2, Musul Üniversitesi, Irak Sanat Fakültesinde 3 katta 2018 yılında kullanılan toplam enerjiyi göstermektedir, şekle dayanarak görebiliriz ki, enerji tüketiminin çoğu Ocak-Şubat ve Haziran-Temmuz aylarında azalmıştır. Üniversitenin 2018 akademik takvimine bakılırsa, yarıyıl tatilinin Ocak-Şubat ve Temmuz-Ağustos arasında olmak üzere yılda iki kez yapıldığı görülür. Bu nedenle, bu dönemde azalan ana enerji tüketimi kaynağının bu tatiller olduğu anlaşılır.



Şekil 4.2. Aylar ve Sarfiyat (kWh) Arasındaki Karşılaştırma (2018)

Aşağıdaki grafiğe göre, Şekil 4.3'te, enerji tüketiminin çoğu Ocak-Şubat ve Temmuz-Ağustos aylarında azalmıştır. Üniversitenin 2018 akademik takvimine bakılırsa, yarıyıl tatilinin Ocak-Şubat ve Temmuz-Ağustos arasında olmak üzere yılda iki kez yapıldığı görülür. Bu nedenle, bu dönemde azalan ana enerji tüketimi kaynağının bu tatiller olduğu anlaşılır. Bu nedenle, bu dönem boyunca azalan birincil kaynak, enerji tüketimidir. 2018 yılında, enerji tüketimi 2017 yılına göre artmıştır. Bunun nedeni, öğrenci alımının artması nedeniyle sınıf sayısındaki artıştan kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.3. 2017 ve 2018 Talepleri Arasındaki Karşılaştırma

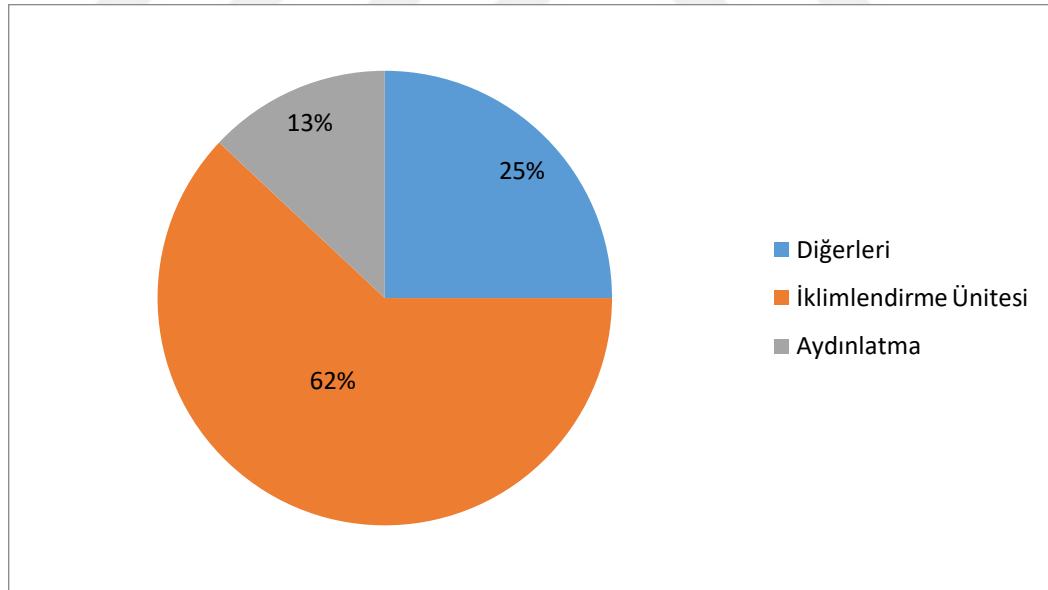
4.2.1. Irak Musul Üniversitesi Sanat Fakültesindeki her kat için Enerji Tüketimi

Tablo 4.1, günlük, haftalık, aylık ve yıllık enerji tüketimini saat başına kW cinsinden göstermektedir. Birinci katta bulunan öğrencilerin artması ve buna bağlı olarak klimalar, bilgisayarlar, diğer cihazlar ve aydınlatmadan kaynaklanan yüksek elektrik tüketiminden dolayı, birinci kat diğer katlarla karşılaştırıldığında daha fazla elektrik tüketmektedir.

Tablo 4.1. *Enerji Tüketimi (günlük / haftalık / aylık / yıllık)*

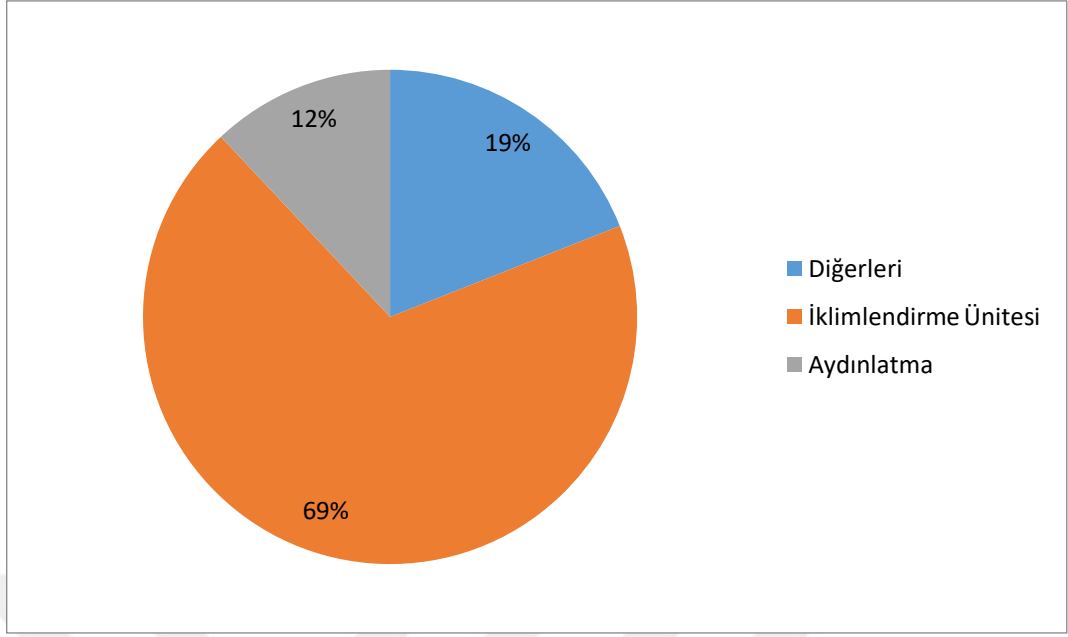
Kat	KWh cinsinden Toplam Tüketim	KWh cinsinden Günlük (11 saat)Toplam Tüketim	KWh cinsinden Haftalık (5 gün)Toplam Tüketim	KWh cinsinden Aylık (4 hafta)Toplam Tüketim	KWh cinsinden Yıllık (12 ay)Toplam Tüketim
Zemin Kat	248.7992	2736.7912	13,683.956	54,735.824	656,829.888
Birinci Kat	338.5355	3,723.8905	18,619.4525	74,477.81	893,733.72
İkinci Kat	310.3477	3,413.8247	17069.1235	68,276.494	819,317.928

Aşağıda, Irak Musul Üniversitesi Sanat Koleji’ndeki her katın toplam enerji tüketimi gösterilmektedir. Yukarıda Şekil 4.4’te, “Watt (W)” cinsinden zemin kattaki toplam tüketim gösterilmiştir. Şekil, soğutma ünitelerinin diğer cihazlarla karşılaştırıldığında daha fazla elektrik harcadığını göstermektedir.



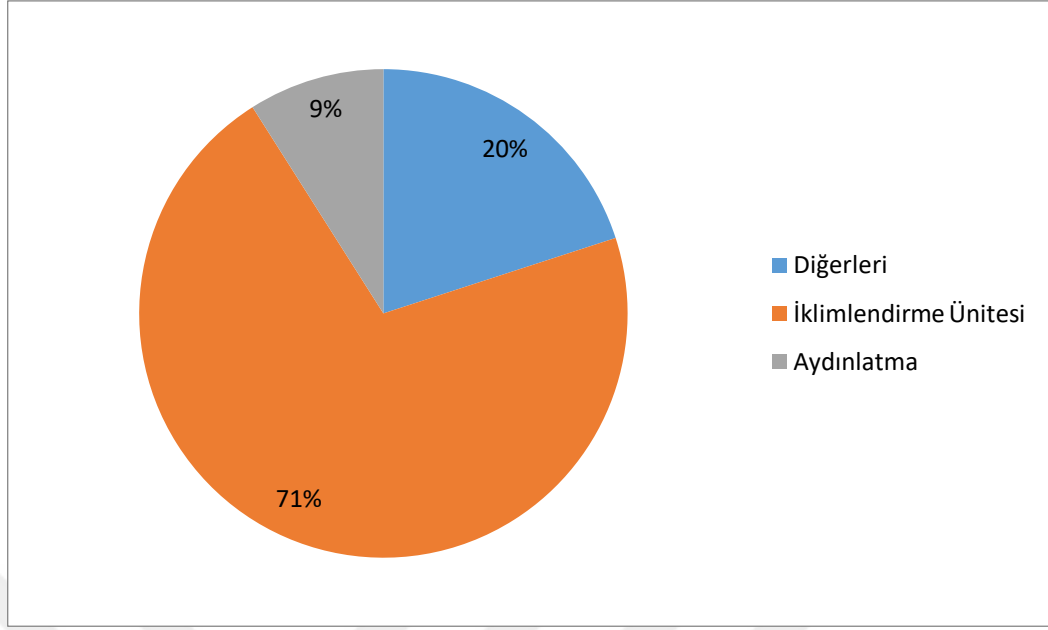
Şekil 4.4. Zemin Kat Toplam Tüketimi (W)

Aşağıda Şekil 4.5’te, “Watt (W)” cinsinden birinci kattaki toplam tüketim gösterilmiştir. Şekil, soğutma ünitelerinin diğer cihazlarla karşılaştırıldığında daha fazla elektrik harcadığını göstermektedir. Şekilde ayrıca, aydınlatma ve diğer cihazların enerji tüketiminin neredeyse aynı olduğu gözükmektedir.



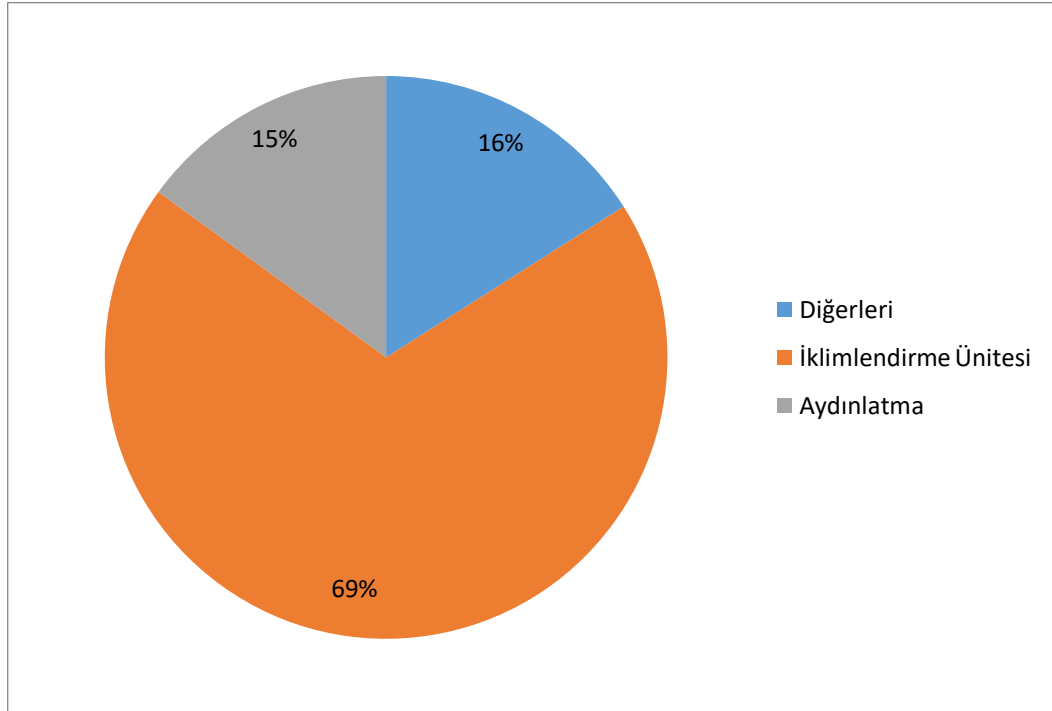
Şekil 4.5. Birinci Kat Toplam Tüketimi (W)

Aşağıda Şekil 4.6'te, “Watt (W)” cinsinden ikinci kattaki toplam tüketim gösterilmiştir. Şekil, soğutma ünitelerinin diğer cihazlarla karşılaştırıldığında daha fazla elektrik harcadığını göstermektedir. Ayrıca, diğer cihazlar tarafından tüketilen elektrik tüketimi bu katta daha azdır.



Şekil 4.6. İkinci Kat Toplam Tüketimi (W)

Aşağıda Şekil 4.7’te, “Watt (W)” cinsinden üçüncü kattaki toplam tüketim gösterilmiştir. Şekil, soğutma ünitelerinin diğer cihazlarla karşılaştırıldığında daha fazla elektrik harcadığını göstermektedir. Ayrıca, diğer cihazlar tarafından tüketilen elektrik tüketimi bu katta çok daha azdır.



Şekil 4.7. Üçüncü Kat Toplam Tüketimi (W)

4.3. Soğutma Yüğü

Binanın toplam soğutma yüğü, içeriye girip yapılan anketler, veri ölçümleri ve hesaplamalar yoluyla elde edilen bilgilere dayanarak tahmin edilmiştir. Aşağıdaki Tablo 4.2, Irak Musul Üniversitesi Sanat Fakültesindeki her kat için toplam soğutma yükünün sonuç verilerini göstermektedir. Her katta farklı miktarlarda soğutma yükünün olmasının nedenleri, çalışanların sayısına, oda sayısına, konaklama faaliyetlerine, cihazların tipine, bina tiplerine ve sıcaklık farklılıklarına bağlıdır. Binaın soğutma yüğü, giriş anketi, veri ölçümü ve hesaplama yoluyla elde edilen bilgilere dayanarak tahmin edilmiştir.

Tablo 4.2. Soğutma Yüğü Sonuç Özeti

Kat	Toplam Yüğü (kW)
Zemin Kat	59.1582
Birinci Kat	81.4288
İkinci Kat	78.3698
Toplam	218.9568

4.4. Bina Enerji Endeksi

Bina enerji endeksi, binalarda bir metre kare başına ne kadar enerji kullanıldığını hesaplamak için kullanılır. Binalarda enerji kullanımının analizi, Ocak 2017 - Aralık 2017 arasındaki tüm elektrik faturalarının toplam miktarına dayanmaktadır. Faturalara göre, yıllık toplam enerji kullanımı 950265 kWh idi. Yıllık elektrik kullanımına göre bina enerji endeksi hesaplaması aşağıda gösterilmiştir:

2017 yılı için toplam enerji kullanımı = 950265 kWh

Toplam bina net alanı = 10,063.68 m²

$$\text{Bina enerji endeksi} = 94.4252 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{yıl}$$

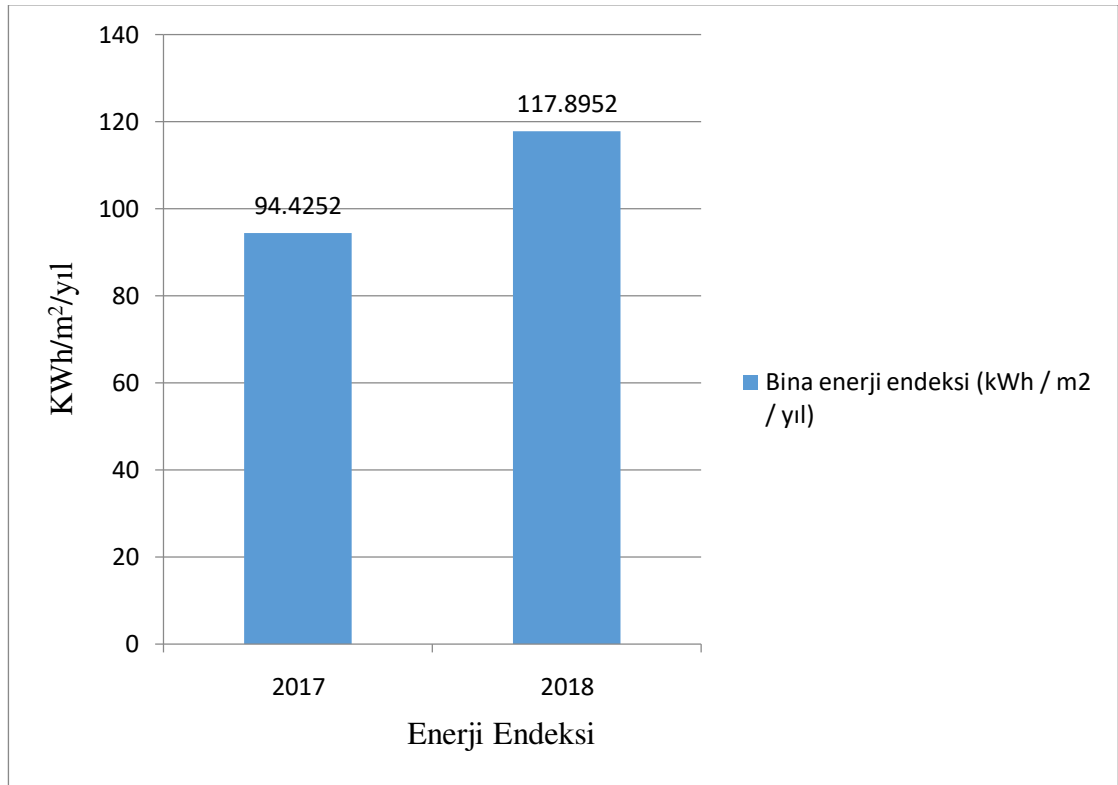
Binalarda enerji kullanımının analizi, Ocak 2018 ile Aralık 2018 arasındaki tüm elektrik faturalarının toplam miktarına dayanmaktadır. Faturalara göre, yıllık toplam enerji kullanımı 1186460 kWh olmuştur. Yıllık elektrik kullanımına göre bina enerji endeksi hesaplaması aşağıda gösterilmiştir:

$$\text{2018 yılı için toplam enerji kullanımı} = 1186460 \text{ kWh}$$

$$\text{Toplam bina net alanı} = 10,063.68 \text{ m}^2$$

$$\text{Bina enerji endeksi} = 117.8952 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{yıl}$$

Şekil 4.8, 2017 ve 2018 yılları arasındaki bina enerji endeksi karşılaştırmasını göstermektedir. Şekil, her iki yıl için (2017 ve 2018), bina enerji endeksinin standart bina enerji endeksi tarafından önerilenden daha düşük olduğunu göstermektedir. Odalarda ve kullanılmayan salonlarda aydınlatmanın yanı sıra klimanın da kapatılması iyi bir enerji tüketimi kontrolüne sahip olma nedeni olarak açıklanabilir.



Şekil 4.8. 2017 ile 2018 arası bina enerji endeksi karşılaştırması

4.5. Binanın Fiziksel Parametre Ölçümleri

Bu bölüm, binanın üç katında yapılan saha araştırması ölçümlerinin sonuçlarını konu edinmektedir. Toplanan veriler içerisinde: Ortalama Hava Hızı (m/s), Ortalama Çalışma Sıcaklığı (°C) ve Ortalama Bağıl Nem (%) bulunmaktadır. Binanın her katı için veri toplama ve ölçümler gündüz 08:00-18:00 arasında yapılmıştır. Ölçümler gün içinde üç kez (08:30-10:00, 12:00-14:00 ve 16:00-18:00) tekrarlanmıştır.

Bu bölümün amacı, binanın gerçek fiziksel iç ortam çevre koşullarını belirlemek ve karakterize etmek için saha ölçümlerinden elde edilen verileri analiz etmektir. Her kat için, aynı kullanımla on farklı yerdeki iç mekan parametrelerinin dalgalanmaları grafiklerde göz önünde bulundurulmuştur.

4.6. Verilerin Karşılaştırılması

Yapılan saha araştırmaları ile toplanan verilerin benzerlik ve zıtlık yönünden karşılaştırılması, bize sadece mevcut durum için iç mekan konforları arasındaki halihazırdaki açıkları netleştirmek için değil, aynı zamanda iç mekan konforunun kabul edilebilir seviyesine ulaşmak için yapması gereken düzeltici eylem konusunda karar vermemize de yardımcı olabilir.

4.6.1. Ortalama Hava Hızı (m/s)

İyi iç mekan hava hızı çok önemlidir çünkü insanlar zamanlarının %90'ndan fazlasını bina içi kapalı mekanlarda geçirirler. Ortamdaki hava hareketinin pozitif ve negatif formlarını tanımlar. Sınıf, ofis ve okuma odası, öğrencilerin ve personelin bir gün boyunca zamanlarını geçirdikleri en yaygın yerlerdir; bu nedenle, onların refahları için iyi iç hava kalitesi de elzemdir. İç mekan hava kalitesinin düşük olmasından kaynaklanan kötü sağlık semptomlarının farkına kolaylıkla varılamaz ve uzun vadede iç mekan sakinlerinin sağlıklarına zarar verebilir. Bu nedenle, iç ortamdaki hava hızının arttırılması veya azaltılması, iç mekan termal konforunu etkileyecek, böylece insan kendini serin veya sıcak hissedecektir. Yüzeydeki hava hızının insan derisi için çok büyük etkisi vardır. Hava hızı arttığı zaman, terleme buharlaşmasının miktarı da artacaktır, böylece sakinler rahat ve serin hissedecektir.

Aşağıdaki Tablo 4.3, binanın her katı için ortalama hava hızının günde üç kez yapılan ölçüm sonuçlarını (08:30 - 10:00, 12:00 - 14:00 ve 16:00 - 18:00) ve her kat için günlük ortalama hava hızını göstermektedir.

Tablo 4.3. Her Kat için Ortalama Hava Hızı (m / s)

	Ortalama Hava Hızı (m/s)				
Kat	8:30 - 10:00 arası	12:00 - 14:00 arası	16:00 -18:00 arası	Ortalama	ASHREA:55 0,15 - 0,5 m/s
Zemin Kat	0.075	0.118	0.093	0.095333	Standartın altında
Birinci Kat	0.118	0.093	0.128	0.137	Standartın altında
İkinci Kat	0.093	0.128	0.144	0.131333	Standartın altında

Sonuçlar, 08:30-10:00 arasında, maksimum ortalama hava hızının Birinci Katta (0.118 m/s), ardından İkinci Katta (0.093 m/s) ve minimum ortalama hava hızının binanın Zemin Katında (0.075 m/s) kaydedildiğini göstermiştir.

12:00-22:00 saatleri arasında, maksimum ortalama hava hızı İkinci Katta (0.128 m/s), minimum ortalama hava hızı ise Birinci Katta (0.093 m/s) kaydedilmiştir. Saat 16:00-18:00 arasındaki ölçümlerde, maksimum ortalama hava hızı İkinci Katta (0.144 m/s) ve minimum ortalama hava hızı da Zemin Katta (0.093 m/s) kaydedilmiştir.

Zemin Kat, Birinci Kat ve İkinci Kat ortalama hava hızının ASHREA:55 standardının altında olduğu görülebilir.

4.6.2. Ortalama Çalışma Sıcaklığı (°C)

Sıcaklık, termal konfor ve iç mekan ortam kalitesi için ana ve doğrudan bir etmendir. İnsan vücudu, cildin üzerinden geçen havayla ısıyı giderir. Hava sıcaklığı önerilen

standarttan daha yüksek olduğunda cilt sıcaklığı artar, bu nedenle vücut serin olamaz ve insan rahatsızlık hisseder.

Aşağıda Tablo 4.4'te, binanın her katı için ortalama çalışma sıcaklığının günde üç kez yapılan ölçüm sonuçları (08:30 - 10:00, 12:00 - 14:00 ve 16:00 - 18:00) ve her kat için günlük ortalama çalışma sıcaklığı gösterilmektedir

Tablo 4.4. Her Kat için Ortalama Çalışma Sıcaklığı (°C)

	Ortalama Çalışma Sıcaklığı (°C)				
Kat	8:30 - 10:00 arası	12:00 - 14:00 arası	16:00 -18:00 arası	Ortalama	ASHREA:55 22 - 26 °C
Zemin Kat	23.97	23.24	23.55	23.58667	Standart içinde
Birinci Kat	23.24	23.55	24.45	23.90333	Standart içinde
İkinci Kat	23.55	24.45	24.19	21.93	Standart içinde

Sonuçlar, 08:30-10:00 arasında, maksimum ortalama sıcaklığın Zemin Katında (23.97 °C) ve minimum ortalama sıcaklığın Birinci Katta (23.24 °C) kaydedildiğini göstermiştir.

Saat 12:00-14:00 arasında, maksimum ortalama sıcaklık İkinci Katta (24.45 °C) ve minimum ortalama sıcaklık ise Zemin Katta (23.24 °C) kaydedilmiştir. 16:00 - 18:00 saatleri arasındaki ölçümlerde, maksimum ortalama sıcaklık Birinci Katta (24.45 °C) ve minimum ortalama sıcaklık Zemin Katta (23.55 °C) olarak kaydedilmiştir.

Bu çalışma gün boyunca kütüphanede sıcaklığın olumlu hallerini tanımlamaktadır. Zemin Kat, Birinci Kat ve İkinci Katın ortalama çalıştırma sıcaklıklarının ASHREA:55 standartlarında olduğu görülmektedir.

4.6.3. Ortalama Bağıl Nem (%)

İnsanlar nemli havaya duyarlıdır, çünkü insan vücudu sıcaklığı düzenlemek için birincil mekanizma olarak buharlaşmalı soğutma kullanır. Daha yüksek bağıl nem, vücuttaki nemin buharlaşma hızını azaltarak terleme işleminin soğutmadaki etkinliğini azaltır. İklimlendirme sistemi, yazın yalnızca sıcaklığı düşürerek değil aynı zamanda nemi de azaltarak rahatsızlığa sebep olan şartları aza indirger.

Aşağıda Tablo 4.5'te, binanın her katı için ortalama bağıl nem oranının (%) günde üç kez yapılan ölçüm sonuçları (08:30 - 10:00, 12:00 - 14:00 ve 16:00 - 18:00) ve her kat için günlük ortalama bağıl nem oranı (%) gösterilmektedir.

Tablo 4.5. Her Kat için Ortalama Bağıl Nem (%)

Kat	Ortalama Bağıl Nem (%)				ASHREA:55 %30 - %60
	8:30 - 10:00 arası	12:00 - 14:00 arası	16:00 -18:00 arası	Ortalama	
Zemin Kat	65.91	60.23	65.06	63.73333	Standardın üstünde
Birinci Kat	60.23	65.06	65.96	66.61667	Standardın üstünde
İkinci Kat	65.06	65.96	70.22	61.00333	Standardın üstünde

Sonuçlar, 08:30-10:00 arasında, maksimum ortalama nemin Zemin Katta (%65.91) ve minimum ortalama nemin ise Birinci Katta (%60.23) kaydedildiğini göstermiştir.

12:00 - 14:00 saatleri arasında, maksimum ortalama nem İkinci Kat'ta (%65.96) ve minimum ortalama nem ise Zemin Katta (%60.23) kaydedilmiştir. Saat 16:00-18:00 arasında, İkinci Katta (%70.22) maksimum ortalama nem, Zemin Katta (%65.06) minimum ortalama nem kaydedilmiştir.

Bu çalışma, gün boyunca kütüphanede pozitif ve negatif nem formlarını tanımlamaktadır. Zemin Kat, Birinci Kat ve İkinci Katın ASHREA:55 standardının üstünde olduğu görülmektedir.

4.6.4. Ortalama Hava Debisi (cfm)

Mekandaki her bir kişi için ortalama iç hava debisi (cfm) iç ortam çevre kalitesi parametreleri için önemli bir etkidir. Kişibaşı iç hava debisi (cfm) azalması durumunda iç ortam sakinleri rahatsızlık duyar ve sert nefes almaya başlarlar. Öte yandan, kişibaşı iç hava debisinin (cfm) artması, enerji tüketiminin artacağı anlamına gelir.

Aşağıda Tablo 4.6’da, binanın her katı için ortalama hava debisinin günde üç kez yapılan ölçüm sonuçları (08:30 - 10:00, 12:00 - 14:00 ve 16:00 - 18:00) ve her kat için günlük ortalama iç hava debisi gösterilmektedir.

Tablo 4.6. Her Kat için Ortalama Hava Debisi (cfm)

Kat	Ortalama Hava Debisi (cfm)				ASHREA:55
	8:30 - 10:00 arası	12:00 - 14:00 arası	16:00 -18:00 arası	Ortalama	7.5 - 10 cfm
Zemin Kat	10.002	9.055	10.192	9.749667	Standart içinde
Birinci Kat	9.953	8.229	9.24	9.140667	Standart içinde
İkinci Kat	11.412	13.045	10.874	11.777	Standardın üstünde

Sonuçlar, 08:30-10:00 arasında, maksimum ortalama hava akışının İkinci Katta (11.412 cfm) ve minimum ortalama hava akışının ise Birinci Katta (9.953 cfm) kaydedildiğini göstermiştir. 12:00 - 14:00 saatleri arasında, maksimum ortalama hava akımı İkinci Kat'ta (13.045 cfm), ve minimum ortalama hava akışı ise Birinci Katta (8.229 cfm) kaydedilmiştir. Saat 16:00-18:00 arasında, İkinci Katta (10.874 cfm)

maksimum ortalama hava akımı, Birinci Katta (9.24 cfm) minimum ortalama hava akımı kaydedilmiştir.

Bu çalışma, gün boyunca kütüphanede pozitif ve negatif hava akımı formlarını tanımlamaktadır. Zemin Kat ve Birinci Katın ortalama hava akışının ASHREA:55 standardında, İkinci Kat ortalama hava akışının ASHREA:55 standardının üzerinde olduğu görülmektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Bu çalışma, temel amaç olarak belirlediği, Irak'taki Musul Üniversitesi Sanat Fakültesinde iç ortam kalitesi için yapılan ölçümlerin veri analizi hedefini gerçekleştirmiştir. Bu çalışmanın sonucu, fiziksel parametrelerin ölçüm verilerinin farklı grafik ve tablolarla analiz edilerek elde edilen bulgulara dayanmaktadır. Irak Musul Üniversitesi Sanat Fakültesi binası için fiziksel parametreler; Ortalama Hava Hızı, Ortalama Çalışma Sıcaklığı, Ortalama Bağıl Nem ve Ortalama Hava Debisi ölçümleri olmuştur. Ölçüm zamanlaması 08:30-10: 00, 12:00-14:00 ve 16:00-18:00 saatleri arası olarak seçildi. Aşağıda, fiziksel parametre sonuçları ve standartlarla karşılaştırılması ayrıntıları bulunmaktadır:

- Kaydedilen Ortalama Hava Hızı: (0,1251665 m/s), ASHRAE:55 Standardından daha az (0,15 m/s – 0,50 m/s).
- Kaydedilen Ortalama Hava Akımı: (9,95200025 cfm), ASHRAE:55 Standardında (7.5 cfm - 10 cfm).
- Ortalama Çalışma Sıcaklığı (23,3308325 °C), ASHRAE:55 Standardında (22°C - 26°C).
- Ortalama Bağıl Nem (%63,2533325), ASHRAE:55 Standardının üstünde (%30 - %60).

Yukarıdaki sonuçlara göre, çalışma sıcaklığı ve binanın bağıl nemi açısından iç mekan termal kalitesinin düşük olduğu kanıtlanmıştır. Irak, Musul Üniversitesi, Sanat Fakültesi'nin öğrencileri / öğretim görevlileri, termal durumdan memnun olmadıklarını belirtmişlerdir.. Bina yetersiz havalandırma ve önerilen seviyeye göre daha az hava değişimine sahiptir. Ayrıca, yukarıda belirtilen zorluklar sağlık sorunlarına sebep olmaktadır. Hava hareketi, termal kaynakların neden olduğu rahatsızlığı azaltabilir. Bu, çeşitli parametreler ile sağlanabilir, mesela çözüm önerilerinden biri olarak pencere boyutunu artırmak sayılabilir.

Sıcaklık ve hava akımı hızı, standart aralıklarda olmayan ve termal konforu doğrudan etkileyen fiziksel iç ortam koşullarındandır. Çalışma sıcaklığının istenen termal konfor seviyesinden yüksek olduğu ve bazen ortam sakinlerinin yüksek sıcaklık hissettiği anlaşılabılır. Çalışma sıcaklığı standartların altına indiğinde veya azaldığında, termal konforda daha fazla değişikliğe yol açar. Diğer yandan, hava hızı da önerilen standart aralıklardan daha düşüktür ve bu da daha az hava akışı ve sıcaklığa neden olur.

5.2. Öneriler

Bu çalışma, enerji analizi incelemelerinin oluşturulmasını kolaylaştırmak için gelecekteki araştırma ve geliştirmeler için bir kılavuz niteliğindedir. Bu çalışma, enerji tüketimine ve fiziksel parametreleri karşılaştıran iç mekan ortam kalite fonksiyonuna odaklanmaktadır. Bu çalışma, binanın işlevsel olduğu sıralarda daha doğru bilgi ve kapsamlı enerji denetimi bulunmaması durumunda, aynı zamanda en uygun ve en gelişmiş aracı kullanarak enerji analiz süresini uzatmak için referans olarak kullanılabilir. Bu çalışma, kapalı ortam/iç mekan kalitesi hakkında bilgiye ihtiyaç duyan pratisyenlerin yanı sıra, iç mekan ortam kalitesi için ölçüm yapmak isteyenler için rehberlik yapmakla sınırlıdır. Çalışma sonucunda önerilerden bazıları şunlardır:

Oda Basıncı: Pozitif oda basıncı gereklidir, çünkü sızma neme neden olur. Bu nedenle binayı inşa eden, oda sıcaklığının herhangi bir işlem zamanında pozitif olmasını sağlamak için her zaman temiz havadaki hava dengesini, giriş havasını ve sızıntıyı değerlendirmelidir. Odanın girişinde, dışarıdan açılan kapısı açık olan bir hava kilidi olarak koridor veya lobi bulundurulması önerilir.

Hava Dağıtımı: İyi hava dağıtımı, mükemmel nem kontrolüne katkıda bulunur ve durgun hava bölgelerini önler. Binayı inşa eden, tedarik yerini ve geri besleme havasını, düşük hava sıcaklığına ve hava dağıtıcısında yüksek bağıl neme sahip olabileceği yerlerde düşünmelidir.

Termal Örtü: "Termal örtü" kelimesi, yapı kabuğuna, binanın içi ile dış koşullar arasında istenmeyen ısı ya da kütle transferine engel teşkil eden bir bariyerdir.

Pencereler: Pencerelerin ısı performans, cam katmanları, bir veya daha fazla cam yüzeyinde düşük emisyonlu kaplamalar ve çerçeveleme malzemelerinin kullanımı (örneğin, cam kaplama tabakaları), çoklu camlama katmanları, düşük iletkenlikli gazlar (özellikle argon) ve çok düşük iletkenliğe sahip olan haddeden çekilmiş cam elyafı kullanılarak önemli ölçüde artmıştır.

5.3. Gelecekteki Araştırmalar

Bu çalışma, Irak Musul Üniversitesi Sanat Fakültesinde, iç ortam çevresel kalite fonksiyonları, fiziksel parametrelerin karşılaştırılması ve termal konfor faktörleri (çalışma sıcaklığı ve nem) üzerindeki diğer etmenlerin daha etkili bir şekilde incelenmesi üzerine odaklanmaktadır. Bu araştırma, iç ortam kalitesi hakkında bilgiye ihtiyaç duyan pratisyenler için sınırlandırılmıştır, bu nedenle iç ortam çevre kalitesi için ölçümler yapmak isteyenler için de bir rehberdir. Aşağıda, binaları daha iyi bir yaşam ortamı haline getirme amacına ulaşmak adına gelecekteki muhtemel araştırmalar için önerilerin ve yapılabilecek çalışmaların bir listesi yer almaktadır. Öneriler ayrıca binaların yeşil ve sürdürülebilir kalkınma vizyonunu yakalama fırsatını arttırmaya yardımcı olmaktadır.

- Termal konfor veya iç mekan hava kalitesinin sübjektif bir değerlendirmesini sağlamak için personel ve öğrenciler tarafından araştırma ve anket sonuçlarının doldurulması
- Enerji tasarrufu ve iç hava kalitesi arasındaki korelasyon günümüzde ortak bir kaygıdır. Bu iki standardın iç mekan kalite şartlarını etkilemeden optimum enerji tasarrufu sağlamak için birlikteliklerinin nasıl olacağı ve ilgili gerekli tasarımlar araştırılabilir.
- Aydınlatmanın enerji kullanımının en büyük payı olduğu dikkate alınarak binada mevcut tüm katlar için enerji ve çevre analizi yapılabilir. Işık kabcıkalarının watt değişimi, enerji tasarrufu ile beraber maliyeti azaltabilir.
- Bir bina enerji tüketimini ve enerji verimliliğini hesaplamak için yeni bir yöntem, nam-ı diğer “enerji davranış yöntemi” dir. Bu yöntem, binanın iç mekanla dış mekan arasındaki ısı farkından meydana gelen ısı kayıplarını

(ΔT) simüle etmek için Isıl Şarj İndeksi veya Enerji Depozisyon İndeksi gibi enerji endekslerini kullanır.

- Design Builder (Tasarım yapan bir yazılım) simülasyon yazılımı da dahil edilerek entegre bina analiz yazılımı sistemi kullanılabilir. Design Builder, bina tasarımlarının çevresel performansını değerlendirmek için önerilen bir simülasyon yazılımı aracıdır. Design Builder, bina tasarımcılarına ve denetimcilerine binanın durumu hakkında, enerji tüketimi, karbon emisyonları, bina sakinlerinin konforu ve gün ışığının kullanılabilirliği gibi ile birlikte birkaç ulusal bina düzenlemesi ve sertifikasyon standardı ile ilgili veri sağlar.



KAYNAKLAR

- Ahmadzadehtalatapeh, M. (2014). Improving the Energy Performance of HVAC Systems in Operating Theatres by Using Heat Recovery Devices. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, 4, 586-592.
- Barbadilla-martín, E., Martín, J. G., Lissén, J. M. S., Ramos, J. S. & Domínguez, S. Á. (2018). *Assessment of thermal comfort and energy savings in a field study on adaptive comfort with application for mixed mode offices*. *Energy and Buildings*, 167, 281-289.
- Boerstra, A. C., TE Kulve, M., Toftum, J., Loomans, M. G., Olesen, B. W. & Hensen, J. L. (2015). *Comfort and performance impact of personal control over thermal environment in summer: Results from a laboratory study*. *Building and Environment*, 87, 315-326.
- Chithra, V. & Nagendra, S. S. (2013). *Chemical and morphological characteristics of indoor and outdoor particulate matter in an urban environment*. *Atmospheric environment*, 77, 579-587.
- Chung, W., Hui, Y. & Lam, Y. M. (2006). *Benchmarking the energy efficiency of commercial buildings*. *Applied Energy*, 83, 1-14.
- Corgnati, S. P., Ramondo, D. & Olesen, B. (2012). Evaluation methods for indoor environmental quality assessment according to EN15251. *REHVA journal*, 4, 14-19.
- Crawford, M. E. & Unger, R. K. (2001). *In our own words: Writings from women's lives*, McGraw-Hill Humanities, Social Sciences & World Languages.
- Dias, M., Bernardo, H., Ramos, J. & Egido, M. (2011). Indoor environment and energy efficiency in school buildings-part 1: Indoor Air Quality. *Energetics (IYCE), Proceedings of the 3rd International Youth Conference on*, (2011). IEEE, 1-7.
- Gropp, W., Lusk, E., Doss, N. & Skjellum, A. (1996). *A high-performance, portable implementation of the MPI message passing interface standard*. *Parallel computing*, 22, 789-828.
- Guide, C. (2001). B2: *Ventilation and air conditioning*. CIBSE, London.
- Guide, C. & Volume, B. (1986). *Installation and equipment data*. CIBSE, London.

- Hassan, M. G., Hirst, R., Siemieniuch, C. & Zobaa, A. (2009). The impact of energy awareness on energy efficiency. *International Journal of Sustainable Engineering*, 2, 284-297.
- Indraganti, M. & Boussaa, D. (2018). *An adaptive relationship of thermal comfort for the Gulf Cooperation Council (GCC) Countries: The case of offices in Qatar*. *Energy and Buildings*, 159, 201-212.
- Kontes, G. D., Giannakis, G. I., Horn, P., Steiger, S. & Rovas, D. V. (2017). *Using thermostats for indoor climate control in office buildings: The effect on thermal comfort*. *Energies*, 10, 1368.
- Lee, S., Bilonis, I., Karava, P. & Tzempelikos, A. (2017). *A Bayesian approach for probabilistic classification and inference of occupant thermal preferences in office buildings*. *Building and Environment*, 118, 323-343.
- Lim, Y.-W. (2014). Evaluation on sustainability and occupants' perceived health in Malaysian terraced houses. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 5, 128-134.
- Mishra, A. K. & Ramgopal, M. (2014). *Thermal comfort in undergraduate laboratories—A field study in Kharagpur, India*. *Building and environment*, 71, 223-232.
- Moghimi, S., LIM, C., MAT, S., Zaharm, A. & Sopian, K. (2011). Building energy index (BEI) in large scale hospital: case study of Malaysia. *4th WSEAS International Conference on Recent Reseaches in Geography Geology, Energy, Environment and Biomedicine*, Corfu Island, Greece.
- Nazi, W. I. W., Wang, Y. D. & Roskilly, T. (2015). *Methodologies to Reduce Cooling Load using Heat Balance Analysis: A Case Study in an Office Building in a Tropical Country*. *Energy Procedia*, 75, 1269-1274.
- Norana1, Z. & Kammalluden, M. N. (2012). Study of building energy index in Universiti Tun Hussein Onn Malaysia. *Academic Journal of Science*, 1, 429-433.
- Shetty, S. S., Chinh, H. D., Gupta, M. & Panda, S. (2016). *Personal thermal comfort management in existing office buildings using energy-efficient fans*. *Industrial Electronics Society, IECON 2016-42nd Annual Conference of the IEEE, IEEE*, 7083-7088.
- Shetty, S. S., Chinh, H. D. & Panda, S. (2015). *Strategies for thermal comfort improvement and energy savings in existing office buildings using occupant feedback*. *Building Efficiency and Sustainable Technologies, IEEE International Conference on*, (2015) IEEE, 23-27.

- Silva, P. C. P. D., Silva, S. M., Almeida, M. G. D. & Bragança, L. (2010). *Portuguese EPBD based regulation put side by side with energy simulation tools. EuroSun 2010-International scientific conference on solar heating, cooling and buildings*, Institut für Nachhaltige Technologien (AEE).
- Singh, J. & Umar, A. (2012). *on the stability of triangular points in the elliptic R3BP under radiating and oblate primaries*. *Astrophysics and Space Science*, 341, 349-358.
- Skön, J.-P., Kauhanen, O. & Kolehmainen, M. (2011). *Energy consumption and air quality monitoring system. Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP)*, Seventh International Conference on, (2011). IEEE, 163-167.
- Sretenovic, A. (2013). *Analysis of energy use at university campus*.
- Tee, B., Gan, C. & Rashid, M. (2006). *Energy Consumption of HVAC System at KUTKM's Academic Building*. Proc. ICEE. UNITEN Bangi, Malaysia, 28-30.
- Yau, Y. (2008). *The use of a double heat pipe heat exchanger system for reducing energy consumption of treating ventilation air in an operating theatre—A full year energy consumption model simulation*. *Energy and Buildings*, 40, 917-925.

EKLER

1. Zemin Kat

Tablo Ek 1.1. 8:30 to 10:00 am

NO.	Ortalama Hava Hızı (m/s)	Ortalama Hava Debisi (cfm)	Ortalama Çalışma Sıcaklığı (°C)	Ortalama Bağıl Nem (%)
1	0.08	16.94	24.3	59.6
2	0.07	8.54	23.5	60
3	0.04	10.83	22.9	60.4
4	0.11	9.69	24	65.4
5	0.08	11.32	25.5	65.7
6	0.06	7.09	25.1	66.5
7	0.04	7.5	23.3	67.5
8	0.06	7.35	23.8	68.2
9	0.09	15	25.2	73.8
10	0.12	5.76	22.1	72
Average	0.075	10.002	23.97	65.91

Tablo Ek 1.2. 12:00 to 2:00 pm

NO.	Ortalama Hava Hızı (m/s)	Ortalama Hava Debisi (cfm)	Ortalama Çalışma Sıcaklığı (°C)	Ortalama Bağıl Nem (%)
1	0.09	15.33	24.8	58
2	0.08	7.20	23.3	56.3
3	0.17	10.21	22.9	57.6
4	0.18	6.35	23.1	61.3
5	0.09	11.6	24	61.7
6	0.1	6.09	22.5	59.6
7	0.13	7.5	24.3	61.5
8	0.09	5.35	23.7	61.7
9	0.12	14.2	22.6	62
10	0.13	6.72	21.2	62.6
Average	0.118	9.055	23.24	60.23

Tablo Ek 1.3. 4:00 to 6:00 pm

NO.	Ortalama Hava Hızı (m/s)	Ortalama Hava Debisi (cfm)	Ortalama Çalışma Sıcaklığı (°C)	Ortalama Bağıl Nem (%)
1	0.09	16.94	24.3	59.2
2	0.08	8.54	23.3	52
3	0.08	10.83	24.7	61.4
4	0.11	9.69	22.8	65.6
5	0.07	11.32	23.12	66.8
6	0.09	7.09	24.44	68.3
7	0.12	7.5	22.14	67.5
8	0.06	7.35	23.6	68.2
9	0.11	16.4	24.2	70.1
10	0.12	6.26	22.9	71.5
Average	0.093	10.192	23.55	65.06

2. Birinci Kat

Tablo Ek 2.1. 8:30 to 10:00 am

NO.	Ortalama Hava Hızı (m/s)	Ortalama Hava Debisi (cfm)	Ortalama Çalışma Sıcaklığı (°C)	Ortalama Bağıl Nem (%)
1	0.14	17.84	25.2	54.5
2	0.11	12.04	24.6	56
3	0.19	8.45	24	63.5
4	0.05	9.3	24.9	64.6
5	0.15	6.1	25	65.4
6	0.06	10.5	23.3	70.6
7	0.19	8.6	23.7	71.1
8	0.18	6.6	24.4	71
9	0.08	7.9	24.9	71.6
10	0.13	5.9	24.5	71.3
Average	0.128	9.953	24.45	65.96

Tablo Ek 2.2. 12:00 to 2:00 pm

NO.	Ortalama Hava Hızı (m/s)	Ortalama Hava Debisi (cfm)	Ortalama Çalışma Sıcaklığı (°C)	Ortalama Bağıl Nem (%)
1	0.17	15.09	25.3	67.8
2	0.13	10.5	24.2	70.7
3	0.21	9.5	24.1	69.2
4	0.04	7.3	24.2	73.1
5	0.17	5.6	23.3	71.2
6	0.08	8.9	22.9	71.5
7	0.21	7.8	23.5	68.3
8	0.22	6.1	24.9	69.6
9	0.09	5.4	24.1	70.9
10	0.12	6.1	25.4	69.9
Average	0.144	8.229	24.19	70.22

Tablo Ek 2.3. 4:00 to 6:00 pm

NO.	Ortalama Hava Hızı (m/s)	Ortalama Hava Debisi (cfm)	Ortalama Çalışma Sıcaklığı (°C)	Ortalama Bağıl Nem (%)
1	0.13	17.54	24.7	67
2	0.12	12.2	24.2	66.4
3	0.22	9.32	23	64.9
4	0.04	7.92	22.9	64.4
5	0.16	6.8	22.1	63.8
6	0.08	8.99	22.8	63.2
7	0.22	8.8	22.5	63.1
8	0.21	6.1	23.2	62.9
9	0.07	6.98	22.4	62.6
10	0.14	7.75	22.9	58.4
Average	0.139	9.24	23.07	63.67

3. İkinci Kat

Tablo Ek 3.1. 8:30 to 10:00 am

NO.	Ortalama Hava Hızı (m/s)	Ortalama Hava Debisi (cfm)	Ortalama Çalışma Sıcaklığı (°C)	Ortalama Bağıl Nem (%)
1	0.15	14.94	20.9	57.3
2	0.14	12.6	21.6	53.6
3	0.21	6.5	22.2	53.6
4	0.13	12.1	22.1	53.5
5	0.14	15.28	22.3	57.6
6	0.1	9.9	22	57.5
7	0.11	11.5	21.3	57.6
8	0.05	8.2	22.6	58.1
9	0.12	9.7	20.5	58.5
10	0.15	13.4	20.7	58.5
Average	0.13	11.412	21.62	56.58

Tablo Ek 3.2.12:00 to 2:00 pm

NO.	Ortalama Hava Hızı (m/s)	Ortalama Hava Debisi (cfm)	Ortalama Çalışma Sıcaklığı (°C)	Ortalama Bağıl Nem (%)
1	0.13	13.9	22.3	59.1
2	0.16	15.44	22.4	58.9
3	0.20	6.9	23.2	59.2
4	0.11	9.8	22.6	59.5
5	0.15	12.9	23.5	63.7
6	0.11	7.11	22.6	61.9
7	0.12	25.9	22	61.5
8	0.06	12.6	22.4	61.4
9	0.13	11.7	20.9	61.5
10	0.16	14.2	21.3	61.4
Average	0.133	13.045	22.32	60.81

Tablo Ek 3.3. 4:00 to 6:00 pm

NO.	Ortalama Hava Hızı (m/s)	Ortalama Hava Debisi (cfm)	Ortalama Çalışma Sıcaklığı (°C)	Ortalama Bağıl Nem (%)
1	0.14	12.4	22.4	63.3
2	0.15	9.9	21.8	62.1
3	0.19	8.89	22.4	65.5
	0.12	10.5	22.6	63.6
5	0.13	11.9	22.2	67.2
6	0.1	8.1	22.3	63.3
7	0.07	12.35	21.5	66.5
8	0.14	13.2	21.8	67.3
9	0.14	9.1	20.6	68.3
10	0.13	12.4	20.9	69.1
Average	0.131	10.874	21.85	65.62

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Bashar Mahmood ALI

Doğum Yeri ve Yılı : Irak / Musul 1981

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : Arapça ve İngilizce

E-posta : bashar4n@gmail.com

Mesleği : Araştırma Görevlisi

Eğitim Durumu

Lise : Nineveh Lisesi, 1999

Lisans : Musul Teknik Mühendislik Koleji, 2004