

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MİMARLIK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MEVCUT OKUL YAPILARINDA KULLANICI ISIL KONFOR
GEREKİNİMLERİ BAĞLAMINDA ENERJİ İYİLEŞTİRME
STRATEJİLERİ: İZMİT ULUGAZI İLKÖĞRETİM OKUL
ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN BİR İNCELEME**

MOHAMMED S.G. ABUSAMHADANA

KOCAELİ 2017

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


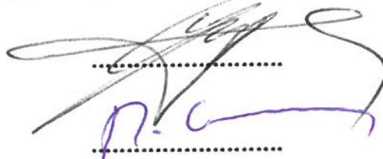
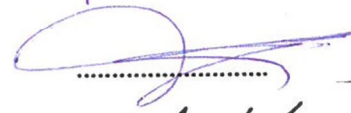
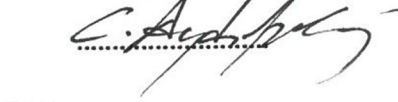

MİMARLIK
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEVCUT OKUL YAPILARINDA KULLANICI ISIL KONFOR
GEREKSİNİMLERİ BAĞLAMINDA ENERJİ İYİLEŞTİRME
STRATEJİLERİ: İZMİT ULUGAZI İLKÖĞRETİM OKUL
ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN BİR İNCELEME

MOHAMMED S.G. ABUSAMHADANA

Yrd. Doç. Dr. Neslihan T. BAYRAKTAR
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Doç. Dr. Rüveyda KÖMÜRLÜ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Neşe ÇAKICI ALP
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Mehmet ŞENER
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Cahide AYDIN İPEKÇİ
Jüri Üyesi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü


.....

.....

.....

.....

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 23.06.2017

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışma kapsamında mevcut tarihi ve tarihi niteliğe sahip olmayan okul yapılarında enerji verimliliği, iklimsel, görsel konfor koşullarının sağlanması için kullanılan teknikler ve uygulamalar araştırılmış ve İzmit Ulugazi İlköğretim Okulu örneği bağlamında incelenmiştir.

Bu çalışmayı; değerli annem ve aziz babama ithaf ediyorum. Annem, hayatım boyunca verdiğin destek, gösterdiğin sevgi ve sabır için sana sonsuz şükranlarımı sunuyorum. Sen kalbimde sonsuza dek yaşayacaksın.

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve sevgisiyle aşmamda yardımcı olan değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Neslihan TÜRKMENOĞLU BAYRAKTAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Eylül – 2017

Mohammed S.G. ABUSAMHADANA

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLolar DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	ix
GİRİŞ	1
1. ISIL KONFOR VE ENERJİ TÜKETİMİ KAVRAMLARI	6
1.1. Okullarda Isıl Konforun Sağlanması.....	6
1.1.1. Konfor bölgesi	7
1.1.2. Isıl konforun sağlanmasına yönelik standartlar	7
1.1.3. Isıl konfor modelleri.....	9
1.1.3.1. Adaptif modeli	11
1.1.4. Çocuklar için ısı konfor	13
1.2. Mevcut Okul Yapılarında Enerji Verimliliği.....	14
1.2.1. Mevcut okul yapılarında enerji korunumu için potansiyeller.....	16
1.2.2. Mevcut okul yapılarında enerji verimliliği sağlanmasına yönelik iyileştirme ölçütleri.....	18
1.2.2.1. Çatılar	18
1.2.2.2. Zemine oturan döşeme	20
1.2.2.3. Duvarlar	21
1.2.2.4. Pencereler	22
1.2.2.5. Kapılar	23
1.2.2.6. Elektrik ekipmanlarına yönelik iyileştirme stratejileri.....	25
1.2.2.7. Mekanik sistemlere yönelik iyileştirme stratejileri.....	26
1.3. Enerji Verimliliği ve Tarihi Okullar.....	30
1.3.1. Tarihi binalarda enerji verimliliğini arttırmaya yönelik iyileştirmeler	32
1.3.1.1. Yapı kabuğunda yalıtım.....	32
2. MEVCUT OKUL YAPILARINDA ENERJİ İYİLEŞTİRMEYE YÖNELİK PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ: ULUGAZİ İLKÖĞRETİM OKULU ÖRNEĞİ.....	40
2.1. Ulugazi İlköğretim Okulu.....	40
2.1.1. Ulugazi İlköğretim Okulu'nun enerji performansı	41
2.2. Ulugazi İlköğretim Okulu-Mevcut Tarihi Kısım-A Blok	43
2.2.1. İklimsel ve görsel parametrelerine dair ölçüm verileri.	45
2.2.2. Alan çalışması sonuçları.....	49
2.2.3. Ulugazi ilköğretim okulu tarihi niteliğe sahip yapıda (A blok) enerji tasarrufu sağlamaya yönelik imkanlar ve uygulanabilecek iyileştirme ölçütleri	55
2.2.3.1. Çatıda yalıtım.....	55
2.2.3.2. Duvarlarda yalıtım uygulaması.....	56

2.2.3.3. Arakat ve zemine ouran döşemede yalıtım uygulamaları	56
2.2.3.4 Pencereelerde enerji iyileşttime ölçütlerinin uygulanması.....	58
2.2.3.5 Kapı ve koridorlarda enerji iyileşttime ölçütlerinin uygulanması.....	61
2.2.3.6. Elektrik tesisatlarında enerji iyileşttime uygulamaları.....	62
2.2.3.7. Mekanik sistemlerde enerji iyileşttime uygulamaları.....	64
2.3. Ulugazi İlköğretim Okulu-Mevcut Tarihi Niteliğe Sahip Olmayan Kısım-B Blok	69
2.3.1. İklimsel ve görsel parameterlerine dair ölçüm verileri	73
2.3.2. Alan çalışması sonuçları.....	76
2.3.3. Ulugazi ilköğretim okulu tarihi niteliğe sahip olmayan yapıda (B blok) enerji tasarrufu sağlamaya yönelik imkanlar ve uygulanabilecek iyileşttime ölçütleri	81
2.3.3.1. Çatıda yalıtım uygulamaları.....	81
2.3.3.2. Yapı kabuğunda yalıtım uygulamaları	82
2.3.3.3. Zeminde yalıtım uygulaması	82
2.3.3.4. Pencereelerde enerji verimliliğini arttırmaya yönelik yaklaşımlar.....	83
2.2.3.5 Kapı ve koridorlarda enerji İyileşttime ölçütlerinin uygulanması.....	83
2.3.3.6. Elektrik tesisatlarında enerji iyileşttime uygulamaları.....	83
2.3.3.7. Mekanik sistemlerde enerji iyileşttime uygulamaları.....	84
3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	91
KAYNAKLAR.....	95
EKLER.....	99
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER.....	111
ÖZGEÇMİŞ.....	112

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	ASHRAE ısı hissiyat ölççeği.....	9
Şekil 1.2.	PPD PMV grafiği	10
Şekil 1.3.	Adaptif modeli	13
Şekil 1.4.	İyileştirme parametreleri.....	16
Şekil 1.5.	Eğimli çatılarda tavan ve giriş seviyelerinde yalıtım uygulamaları.....	19
Şekil 1.7.	Zeminden yükseltilmiş ahşap döşemede yalıtım.....	20
Şekil 1.8.	İç duvarlarda yatılım uygulaması	22
Şekil 1.9.	Isı kaybı azaltılması için rüzgarlık.....	24
Şekil 1.10.	Isı yalıtımlı pencereler	24
Şekil 1.11.	Kapılarda yalıtım	25
Şekil 1.12.	Isıtma sistemi şeması	28
Şekil 1.13.	Isıl zonlama örneği	29
Şekil 1.14.	Enerji tasarrufu sağlayan iyileştirme yaklaşımları	30
Şekil 1.15.	Onarıma yönelik bileşenler	31
Şekil 2.1.	Ulugazi İlköğretim Okulu vaziyet planı	41
Şekil 2.2.	2014-2015 döneminde elektrik tüketimi.....	42
Şekil 2.3.	2014-2015 döneminde doğal gaz tüketimi.....	42
Şekil 2.4.	Ulugazi İlköğretim Okulu, A Blok, 1932	44
Şekil 2.5.	Zemin kat planı.....	44
Şekil 2.6.	Birinci kat planı	45
Şekil 2.7.	Bodrum kat planı	45
Şekil 2.8.	İncelenen sınıfın kesiti	47
Şekil 2.10.	İncelenen sınıfta aydınlık seviyesi ölçüm noktaları	48
Şekil 2.11.	Isıl hissiyata yönelik ölçek.....	52
Şekil 2.12.	Isıl koşullardan memnuniyet oranları	52
Şekil 2.13.	Sınıf için görsel koşullardan memnuniyet oranları.....	54
Şekil 2.14.	Zemin katta yalıtım örneği.....	57
Şekil 2.15.	Pencerelerde yalıtım	59
Şekil 2.16.	İncelenen sınıfta pencere yükseklikleri.....	60
Şekil 2.17.	İncelenen sınıflarda hava akımının düzeyleri.....	60
Şekil 2.18.	Önerilen havalandırma şekli.....	61
Şekil 2.19.	Zemin kata eklenmiş olan giriş lobisi ve iç kapı.....	62
Şekil 2.20.	Designbuilder programıyla aydınlık seviyesi ve dağılımı simülasyonu.....	63
Şekil 2.21.	Önerilen ışık dağılımı	64
Şekil 2.22.	Adaptif ısı konfor modeli tablosu.....	65
Şekil 2.23.	Zemin katta ısı zonlar	67
Şekil 2.24.	Birinci katta ısı zonlar.....	68
Şekil 2.25.	1. bodrum kat planı	70
Şekil 2.26.	2. bodrum katının planı	70
Şekil 2.28.	1. kat planı.....	71
Şekil 2.29.	2. kat planı.....	72
Şekil 2.30.	3. kat planı.....	72

Şekil 2.31. İncelenen sınıfta aydınlık seviyelerinin ölçüldüğü noktalar	75
Şekil 2.32. Isıl hissiyata yönelik ölçek	78
Şekil 2.33. Isıl koşullardan memnuniyet oranları	78
Şekil 2.34. Sınıf için görsel koşullardan memnuniyet oranları.....	80
Şekil 2.35. Dış duvarda yalıtım.....	82
Şekil 2.36. Adaptif ısı konfor modeli şeması	85
Şekil 2.37. Zemin katında ısıtma kontrol bölgesi	87
Şekil 2.38. Birinci katta ısıtma kontrol bölgesi	88
Şekil 2.39. İkinci katta ısıtma control bölgesi	88



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. Isıl çevre kategorisinde operatif sıcaklık ve hava hareketi hızı değerleri	8
Tablo 1.2. ASHRAE 55-2010 standardında yer alan kabul edilebilir operatif sıcaklık değer aralıklarına yönelik örnekler	9
Tablo 1.3. Okullarda potansiyel enerji tasarrufu	18
Tablo 1.4. Tüm okullar için farklı iyileştirme ölçütlerine bağlı olarak yıllık ısıtma enerjisi tasarruf oranları	39
Tablo 2.1. Okul dışında ve sınıf içindeki ısı ve nem değerleri	46
Tablo 2.2. Ölçüm noktalarında elde edilen değerler	49
Tablo 2.3. Isıl duyum derecelerinin değişimi	50
Tablo 2.4. Öğrencilerin ısıll koşullardan memnuniyet dereceleri ve her durum için cevapların sayısı, yüzdesi	50
Tablo 2.5. Isıl koşullara yönelik tercih ölçeği	51
Tablo 2.6. Havalandırma hissi ölçek değerleri	53
Tablo 2.7. İç hava kalitesinden memnuniyet dereceleri ve dağılımları	53
Tablo 2.8. Havalandırma koşullarına yönelik tercihler ve dağılımları	53
Tablo 2.9. Görsel konfora yönelik memnuniyet dereceleri ve dağılımları	54
Tablo 2.10. Görsel konfor koşullarına yönelik tercihlerin dağılımları	55
Tablo 2.11. Mevcut yapıda ölçümlerde elde edilen sıcaklık ve nem değerleri	73
Tablo 2.12. Sınıfta ölçüm noktalarında elde edilen Lux aydınlık seviyesi değerleri	75
Tablo 2.13. Isıl duyum derecelerinin değişimi	76
Tablo 2.14. Öğrencilerin ısıll koşullardan memnuniyet dereceleri ve her durum için cevapların sayısı, yüzdesi	77
Tablo 2.15. Isıl koşullara yönelik tercih ölçeği	77
Tablo 2.16. Havalandırma hissi ölçek değerleri	79
Tablo 2.17. İç hava kalitesinden memnuniyet dereceleri ve dağılımları	79
Tablo 2.18. Havalandırma koşullarına yönelik tercihler ve dağılımları	80
Tablo 2.19. Görsel konfora yönelik memnuniyet dereceleri ve dağılımları	80
Tablo 2.20. Görsel konfor koşullarına yönelik tercihlerin dağılımları	81

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A_{Du}	: Duboiss –Vücut yüzey alanı
f_{cl}	: Örtülü vücut alanının çıplak vücut alanına oranı
h_c	: Taşınım katsayısı, (m^2K/W)
I_{cl}	: Giyiniklilik durumu, (C_{lo})
M	: Metabolizma hızı, (W/m^2)
t_a	: Hava sıcaklığı, ($^{\circ}C$)
t_c	: İç ortam sıcaklık, ($^{\circ}C$)
t_{cl}	: Örtülü vücut yüzeyi sıcaklığı, ($^{\circ}C$)
t_{mrt}	: Ortalama ışımsal sıcaklık, ($^{\circ}C$)
t_n	: Thermal neutrality, ($^{\circ}C$)
t_o	: Dış hava sıcaklığı, ($^{\circ}C$)
t_s	: Yüzey sıcaklığı, ($^{\circ}C$)

Kısaltmalar

GKYTD	: Görsel Konfor Koşullarına Yönelik Tercihlerin Dağılımları
HHYD	: Havalandırmanın Hissedilmesine Yönelik Duyum
HKYT	: Havalandırma Koşullarına Yönelik Tercih
IDÖ	: Isısal Duyum Ölçütleri
IKYM	: Isıl Koşullara Yönelik Memnuniyet
IKYT	: Isıl Koşullara Yönelik Tercih
İHKYM	: İç Hava Kalitesine Yönelik Memnuniyet

MEVCUT OKUL YAPILARINDA KULLANICI ISIL KONFOR GEREKSİNİMLERİ BAĞLAMINDA ENERJİ İYİLEŞTİRME STRATEJİLERİ: İZMİT ULUGAZI İLKÖĞRETİM OKUL ÖRNEĞİ ÜZERİNDEN BİR İNCELEME

ÖZET

Bu çalışmada mevcut tarihi ve tarihi niteliğe sahip olmayan farklı bloklardan oluşan İzmit Ulugazi İlköğretim Okulu'nda enerji verimliliği ve ısı konforu arttırmak üzere alınabilecek önlemler ve tekniklerin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu stratejiler mevcut tarihi ve tarihi niteliği olmayan yapılar bağlamında ayrı olarak ele alınmıştır. Aylık doğalgaz ve elektrik enerji tüketim miktarlarını belirlemek üzere 2014-2015 yıllarına ait faturalar elde edilmiştir. Her iki blokta sınıflardaki ısı ve görsel konfor koşullarını belirlemek üzere iklimsel ve görsel parametrelerin aldığı değerleri belirlemek üzere Mayıs 2014'te ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Ölçümlerden ve anketlerden elde edilen veriler doğrultusunda belirlenen stratejiler yapı kabuğunda gerçekleştirilecek iyileştirmeler, elektrik ve mekanik sistemlerde uygulanabilecek iyileştirmeler olmak üzere her iki yapı özelinde ayrı olarak ele alınmıştır. Yapı kabuğundaki uygulamalar; çatı, duvarlar ve zemin döşemelerinde yalıtım uygulamaları, pencerelerin enerji verimliliğini arttırmak üzere cam ve çerçeve sistemlerinde toplam ısı geçirme katsayısı düşük sistemlerle değişim, kapıların hava sızdırmaz özelliklere sahip yeni kapılarla değişimi gibi yaklaşımları içermektedir. Elektrik sistemlerinde; mevcut aydınlatma sistemlerinin daha enerji verimli elemanlarla değişimi ve iç ortamda görsel konforu arttıracak biçimde konum ve sayılarında artış gibi iyileştirme stratejileri önerilmiştir. Mekanik sistemlerde; her 2 bloka hizmet eden tek mevcut merkezi ısıtma sistemi sayısının ikiye çıkarılması ve yapı boyutları ve enerji gereksinimlerine bağlı olarak daha verimli sistemlerle değişimi, ısıtma süresini kullanıcı mevcudiyeti ve dış hava koşullarına bağlı olarak belirleyen otomatik açılma ve kapanma kontrollerine sahip sistemlerin eklenmesi gibi iyileştirme stratejileri önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji İyileştirme, Isıl Konfor, Ulugazi İlköğretim Okulu.

ENERGY REFURBISHMENT STRATEGIES IN EXISTING SCHOOL BUILDINGS IN CONTEXT OF USER'S THERMAL COMFORT REQUIREMENTS: AN INVESTIGATION ON IZMIT ULUGAZI PRIMARY SCHOOL CASE STUDY

ABSTRACT

The aim of this study is to determine measures and techniques which will help in improving energy efficiency and thermal comfort in Ulugazi School in Izmit. In the light of measures and techniques applied in existing and historical buildings it was worked on identifying measures for Ulugazi School. Furthermore for period 2014-2015 invoices of consumed energy were examined.

When it is thermal comfort concerned in order to measure warmness and moisture data loggers were placed in already determined classrooms in both buildings existing and historical. Period taken for examination was May 2014. At the same time aiming to value thermal comfort necessary data were examined. To address pupil's level of satisfaction/dissatisfaction with thermal comfort anquets were distributed.

Keywords: Energy Efficiency, Thermal Comfort, Ulugazi School.

GİRİŞ

Son yıllarda enerji kaynaklarının tüketim miktarı, hava kirliliği ve geleneksel enerji kaynaklarının maliyetindeki artış, ülkeleri, özellikle dünya çapındaki birincil enerji tüketimi totalinde 20. sırada olan Türkiye gibi enerji gereksinimi büyük artış gösteren gelişmekte olan ülkeleri enerji tüketimi hakkındaki politikalarını gözden geçirmeye zorlamaktadır [1].

Yaşam dönemlerinin tümünde yapılar enerji tüketimine neden olmakta, karbon salınımlarıyla çevresel olumsuz etkiler yaratabilmektedirler. Yapılar tüm dünyada birincil enerji kaynaklarının %30-40'nın tüketiminden sorumludur. Toplam karbon salınımlarının %50'si sadece yapı sektöründen kaynaklanmaktadır. Yapılarda yaşam dönemi boyunca enerji tüketimi üretim, inşaat, malzemelerin taşınması, inşa, işletim ve yıkım süreçlerinde gerçekleşmektedir [2,3]. Rowings ve Walker'a göre enerji kullanımı dağılımı sırasıyla %5%, 36,8%, ve %34,7 oranlarıyla yapım öncesi, yapım ve yapım sonrası süreçlerinde gerçekleşmektedir. Uluslararası Enerji Birimine göre yapım sektöründe üretilen enerjinin %47'si, sanayi sektöründe ise %28'i tüketilmektedir. Bu sebeple yapılarda enerji verimliliğinin artırılması gelecekte yeterli enerji kaynağı sağlanması adına önemli bir yaklaşım haline gelmiştir [2].

Türkiye'de enerjinin verimli kullanımı ve var olan enerji kaynaklarının korunumu günümüzde büyük önem kazanmıştır. 2013 yılında yayınlanan enerji raporlarına göre, Türkiye'deki total enerji tüketiminin yaklaşık %78'i (petrol, kömür ve doğal gaz) geleneksel enerji kaynaklarıyla gerçekleşmiştir [4]. 2012 sonu raporlarına göre, Türkiye'deki yapı stoğu, 8,8 milyon adet civarındadır ve yaklaşık 62000 yapı adediyle okullar mevcut yapı stoğu içerisinde büyük bir oranı kapsamaktadır [5].

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının neden olduğu hava kirliliği, enerji tüketiminin gün geçtikçe artışı ancak ithal edilen enerji kaynaklarının maliyetlerinin yükselmesi gibi sorunlar Türkiye'yi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönlendirmiş ve mevcut kaynakların da etkin kullanımına yönelik stratejiler üretilmesini zorunlu

kılmıştır. 2007 yılında çıkarılan “5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu” kapsamında Bayındırlık ve İskan (şimdiki Çevre ve Şehircilik) Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 5 Aralık 2008 tarihinde 27075 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak Aralık 2009’da yürürlüğe giren “Binalarda Enerji Performansı (BEP) Yönetmeliği” bulunmaktadır. Enerji yönetmeliğinde açıkça belirtildiği üzere mevcut binaların, dış cephe duvarlarında ısı yalıtımı, ısıtma, soğutma sistemi değişimleri, kojenerasyon sistemi kurulması veya yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretilmesi ile ilgili konularda “Binalarda Enerji Performansı (BEP) Yönetmeliği” göz önüne alınmaktadır. Ancak enerji verimliliği sağlamak üzere hazırlanmış yönetmeliklerde yeni inşa edilecek yapılar ve yapı stokunda büyük bir ağırlığa sahip mevcut kamusal yapılar için ve farklı yapı tipolojilerinin gereksinimlerine göre tanımlanmış ve detaylandırılmış adımlara ihtiyacı olduğu gerçeği göz ardı edilmemelidir. Bu da özellikle okullar gibi aydınlatma, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme gereksinimleri nedeniyle enerji tüketiminin yüksek olduğu yapılar için öncelikli olmalıdır.

Geçmişten günümüze ISO EN 7730 gibi ısı konfor Standartları ve ASHRAE (Amerikan Isıtma-Soğutma ve Klima Mühendisleri Birliği) kullanıcılar için hava sıcaklığı, yüzey sıcaklığı, ışımsal sıcaklık, nem, hava akımı hızı gibi iç iklimsel bileşenlerin kombinasyonlarıyla optimum ısı konfor koşullarını belirlemek için kullanılmaktadır. Bu standartlar metabolizma, giyim şekli, dış ortam iklimsel verilerle yere göre değişim gösterebilecek adaptasyon gibi faktörleri de göz önüne almaktadır.

Mevcut kamusal yapılar içerisinde büyük bir oranı kapsayan okul yapılarında gerçekleştirilecek her türlü enerji iyileştirmesi ülke ekonomisine olumlu etki edecek, tüketilen enerji kaynaklarının çevre üzerinde yarattığı olumsuz etkilerin azaltılmasına katkıda bulunacaktır. Aynı zamanda mevcut okul yapılarında gerçekleştirilen enerji verimliliğine yönelik iyileştirmeler, öğrencilerin iklimsel, görsel konfor gereksinimleri doğrultusunda daha uygun koşullara sahip mekânlarda eğitim öğretim hayatlarına devam etmelerini sağlayacaktır.

Bu bağlamda çalışmada mevcut okul yapılarında enerji tüketimini azaltmak, enerji tüketimini yenilenebilir enerji kaynaklarına dayandıracak aynı zamanda okul

kullanıcıları olarak öğrenciler, eğitimciler ve çalışanların optimum konfor koşulları altında eğitim süreçlerine devam etmelerini sağlamak üzere uygulanabilecek enerji iyileştirme stratejileri incelenecektir. Söz konusu stratejiler tarihi değeri sahip yapılarla tarihi değer sahip olmayan mevcut yapılar için değişim göstermektedir. Tarihi yapıların geçmişten günümüze özgün haliyle taşınmış özelliklerinin yapılacak müdahalelerle bozulmaması gerekmektedir. Bu bağlamda uygulanacak stratejiler kısıtlı olabilmektedir. Çalışma kapsamında her iki durum için uygulanabilecek stratejiler incelendikten sonra İzmit toplumsal belleğinde önemli bir yer tutan sahip Ulugazi ilköğretim Okulu'nun tarihi ve tarihi niteliğe sahip olmayan farklı yapı bloklarının her biri için uygun enerji iyileştirme stratejisi önerileri sunulmuştur.

Amaç: Bu çalışmada, tarihi ve tarihi niteliğe sahip olmayan mevcut okul yapılarında ısı konfor koşulları göz önünde bulundurularak enerjinin etkin kullanımına yönelik iyileştirme tekniklerinin ve uygulamalarının tanıtılması hedeflenmiştir. Bu amaçla Türkiye'de Kocaeli İli İzmit İlçesi'nde yer alan tarihi ve tarihi niteliğe sahip olmayan farklı yapı bloklarının bulunduğu Ulugazi İlköğretim Okulu alan çalışması olarak seçilmiş ve farklı özelliklere sahip iki yapının mevcut ısı ve görsel konfor koşullarının belirlenmiştir. Ayrıca farklı karaktere sahip her iki blok için yapıya özel enerji iyileştirme stratejilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Her iki yapı için ısı çevre, enerji tüketimi ve enerji etkin yenileme teknikleri farklı olmak durumundadır. Ulugazi İlköğretim okulu'nun yer aldığı Kocaeli iklimsel koşullarında, özellikle en az sıcak dönem için enerji verimliliğinin yanısıra iklimsel konfor koşullarının da sağlanmasına yönelik stratejilerin incelendiği çalışmada tarihi ve tarihi niteliğe sahip olmayan mevcut yapılara yönelik enerji iyileştirme uygulamaları için altlık oluşturulması amaçlanmıştır. Aynı zamanda her iki durum için gerçekleştirilmesi gerekli uygulamalar arasındaki farklılıkların ortaya konulması hedeflenmiştir.

Metod: Okul yapıları için uygun enerji etkin yenileme stratejilerini belirleme ve İzmit Ulugazi İlköğretim Okulu örneği üzerinden öğrenciler için ısı konfor koşullarının değerlendirilme süreçleri için öncelikle yapıların fiziksel koşullarının, tipolojik özelliklerinin, yapı tekniklerinin ve tarihsel süreçlerinin değerlendirildiği literatür çalışması yapılmıştır. Literatür çalışmasının bir ayağını da yurt içi ve yurt dışında gerçekleştirilmiş benzer çalışmalarda kullanılan stratejilerin derlenmesi süreci oluşturmuştur. Elde edilen veriler doğrultusunda bu stratejilerden uygun

olanların belirlenmesi için örnek vaka olarak seçilen Ulugazi İlköğretim Okulunun tarihi niteliğe sahip ve benzer niteliğe sahip olmayan mevcut iki blokunun mevcut enerji tüketim miktarlarının, fiziksel koşullarının ve öğrencilerin iç iklimsel koşullardan memnuniyet derecelerinin araştırılması diğer aşamaları oluşturmuştur. Yapıların enerji tüketim miktarları ve biçimleri bir yıllık (2014-2015) elektrik ve doğal gaz faturalarının elde edilip incelenmesi ile belirlenmiştir. Ayrıca, hava sıcaklığı, bağıl nem ve iç hava hareketi hızı gibi iç iklimsel parametrelere yönelik ölçümler farklı yönlerde konumlanan sınıflarda öğrencilerin iklimsel koşullardan memnuniyet derecelerini ölçmek için hazırlanmış anketlerin uygulandığı süreçlerle eşzamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. 2014 Mayıs ayında gerçekleştirilen anket uygulamasında, öğrencilerin ısı çevre tercihleri, ısı konfora direkt etkisi olan giyim durumu ve aktivite seviyesi konularında veriler elde edilmiştir.

Tüm bu ölçüm ve anket çalışması süreçleri mevcut enerji tüketimi ve ısı, görsel konfor koşullarının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Elektrik ve doğalgaz tüketimlerinin faturalar yoluyla belirlenmesi; iklimsel ve görsel parametrelerin aldığı değerlerin ölçümlerle elde edilmesi; ısı ve görsel konfor derecelerinin anketler yoluyla ortaya konulmasını içeren tüm adımlar Ulugazi İlköğretim Okulu'nda enerji verimliliğinin ısı ve görsel konfor koşullar göz önüne alınarak arttırılması için uygun iyileştirme ölçütlerinin belirlenmesine yöneliktir.

İçerik: Çalışma dört bölümde sunulmuştur. İlk bölümde, hipotez, amaç ve uygulanan metodun açıklanmasına yer verilmiştir.

İkinci bölüm, mevcut okul yapılarında enerji verimliliğinin önemi ve enerji verimliliğini arttırmaya yönelik iyileştirme stratejilerinin incelenmesine yönelik kaynakların derlenmesinden oluşmaktadır. Literatür taramasının ikinci bölümü tarihi binaları korumadaki kısıtlamalar ve tarihi okul yapılarındaki enerji iyileştirme uygulamalarına yönelik yaklaşımları içermektedir. Ayrıca ısı konfor, ısı konforun belirlenmesine yönelik geliştirilmiş modeller, ısı konfor koşulları için optimum değerler sunan standartlar ve öğrenciler için ısı konfor koşullarının sağlanması gereği gibi konular da bu bölümde incelenmiştir.

Üçüncü bölümde yürütülen alan çalışmasında kullanılan metot ve çalışma materyali ele alınmıştır. Dördüncü bölüm elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve sonuç kısmını içermektedir.



1. ISIL KONFOR VE ENERJİ TÜKETİMİ KAVRAMLARI

1.1. Okullarda Isıl Konforun Sağlanması

Amerikan Isıtma-Soğutma ve İklimlendirme Mühendislik Birliği (ASHRAE) kişi için ısı konforu “ısı çevrenin yarattığı ortamdan memnuniyet hissetme ve tatmin olma durumu” olarak tanımlamıştır [6].

Uluslararası konfor standardı ISO EN 7730 (Uluslararası Standardlaştırma Organizasyonu (ISO)) “Isıl konfor” terimini ‘ısı çevreden memnuniyet durumunu ifade eden zihinsel durum’ olarak tanımlamıştır [7].

Isıl konforun her iki tanımı da insan vücudunun 37°C çekirdek ısısına sahip olduğunu ve vücudun bu sıcaklığı olabildiğince sabit tutabilmesi için çevre ile ısı denge içerisinde olması gerektiğini belirten Fanger (1970)’in çalışmasına dayanmaktadır. İnsan vücudu ve çevre arasındaki ısı denge Fanger tarafından tanımlanan çevresel ve kişisel değişkenlere bağlıdır [8]. Bütün ısı konfor standart ve modellerin dayandırıldığı bu değişkenler;

- Dış ve iç ortam hava sıcaklığı
- Ortalama ışınım sıcaklık
- Bağlı hava hareketi hızı
- Nem
- Giyiniklik durumu
- Kullanıcı aktivite seviyesidir.
- Cinsiyet ve yaş.

Fanger’e göre, ısı konfor bağlamında insanların fiziksel ve psikolojik farklılıklarından dolayı eşzamanlı olarak herkesi memnun etmek imkansızdır. Isıl konfor durumunun tüm kullanıcılar göz önüne alındığında en fazla miktarda memnuniyet sağlayan koşullarda olduğu kabul edilmektedir. Fanger’e göre ısı konfor üstte bahsedilen değişkenlerin farklı değer aralıklarındaki kombinasyonları ile oluşmaktadır.

1.1.1. Konfor bölgesi

Konfor bölgesi, büyük bir zaman dilimi içerisinde sıcaklık, hava hareketi hızı ve neme yönelik değerlerin farklı kombinasyonlarında çoğu insanın kendisini rahat, konforlu hissettiği koşullar takımıdır. Konfor bölgesi ayrıca kullanıcıların çevre koşullarına adapte olmak için ek bir çaba harcamadıkları ısı koşulları olarak da tanımlanabilir [9].

Hava ısı, nem ve hava hareketi birbiri ile bağlantılı olduğu için, bu unsurların birindeki herhangi bir değişim diğerlerini de etkilemekte ve değiştirmektedir. Bu üç iklimsel etmenin bileşik etkisini belirlemek için, etkin sıcaklık (ET) yaklaşımı geliştirilmiştir. Etkin sıcaklık, hava sıcaklığı, nem ve hava hareketi hızını göz önüne alan konfor endeksi veya ölçeği olarak tanımlanabilir [10]. Etkin sıcaklığı tanımlamak için, konfor bölgesi iklimsel bileşenleri olarak ısı, nem ve hava hareketi hızı arasındaki ilişkileri de ortaya koyan uluslararası standart ve ısı modelleri geliştirilmiştir.

Konfor bölgesi sadece çevresel faktörlere bağlı olmayan aynı zamanda kültürel, psikolojik ve fiziksel faktörlerin de etkisinde olan birçok bileşenli bir konsepttir. Örneğin fiziksel aktivite yapan insanlar, hareketsiz oldukları durumlara nazaran daha düşük sıcaklıklarda daha rahat hissedebilirler. Kırk yaş üstü insanlar genellikle metabolizmalarına bağlı farklılıklar nedeniyle daha yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duymaktadırlar. Kadınlar ise erkeklere göre daha yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duymaktadırlar [11].

1.1.2. Isıl konforun sağlanmasına yönelik standartlar

Yapılarda ısı konfor sağlanmasına yönelik mevcut uluslararası standartlar genellikle dış ortamı düşük ve yüksek kaliteli çevreler olarak sınıflandırır (ISO EN 7730 ve ASHRAE standartları gibi). Tüm bu standartlar iç ortamda en yüksek seviyede konfor sağlanmasına yönelik hedefler sunmaya meyilli olmakla birlikte bu koşulları sağlamak çoğu zaman enerji tüketim miktarlarının yükselmesine, yüksek karbon salınımına neden olabilmektedir.

Mevcut ısı konfor standartları ile enerji tüketimi arasındaki bu ilişkinin nedenlerinden biri de standartların çevre vurgusuyla bina iç ortamını ele

almamalarıdır. Bu durum ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerinin işletim maliyetlerin artışına yol olmaktadır.

Bu bölümde, binalarda optimum ısı konfor koşullarını incelemeye yönelik iki uluslararası ısı konfor standardı incelenmiştir;

A. Uluslararası konfor standartları ISO EN 7730 (Uluslararası Standartlaştırma Organizasyonu). ISO standartları bina içi ortam için A, B, C isimlerini alan üç kategori sunmaktadır Tablo 1.1’de operatif sıcaklık ve hava hareketi hızlarına yönelik değer aralıkları gösterilmektedir.

Tablo 1.1. Isıl çevre kategorisinde operatif sıcaklık ve hava hareketi hızı değerleri [12]

Kategori	Operatif sıcaklık °C		Max.ortalama hava hızı m/s	
	Yaz (0,5 c _{lo}) Soğutma	Kış (1 c _{lo}) Isıtma	Yaz (0,5 c _{lo}) Soğutma	Kış (1 c _{lo}) Isıtma
A	23,5 – 25,5	21,0 – 23,0	0,18	0,15
B	23,0 – 26,0	20,0 – 24,0	0,22	0,18
C	22,0 – 27,0	19,0 – 25,0	0,25	0,21

Tablo 1.1’de verilen değerler oturma pozisyonundaki bir insanın yaz (0,5 clo), kış (1,0 c_{lo}) dönemlerindeki giyiniklik durumlarına göreler. Bu değerler ofis, sınıf, konut vb. koşullarına uyarlanabilmektedir.

B. ASHRAE (Amerikan Isıtma Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği) standartları ISO standartlarında belirlenen ana kriterler doğrultusunda benzer yaklaşımlar içerir. ASHRAE standartlarında da dış çevre ortamı kategorize edilmiştir. “ASHRAE’de bağıl nem değerinin %60’ın altında sürdürülmesi önerilmektedir. Isıl konforun elde edilmesinde tavsiye edilen daha düşük nem seviyesi yoktur fakat çok düşük nem statik elektrik artışına ve cilt tahrişi gibi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Bağıl nem %30’dan daha yüksek miktarda olmalıdır [13]. Tablo 1.2 ASHRAE’nin 30% ve 60%’lık bağıl nem seviyeleri için kabul edilebilir operatif sıcaklıkları göstermektedir.

Tablo 1.2. ASHRAE 55-2010 standardında yer alan kabul edilebilir operatif sıcaklık değer aralıklarına yönelik örnekler [14]

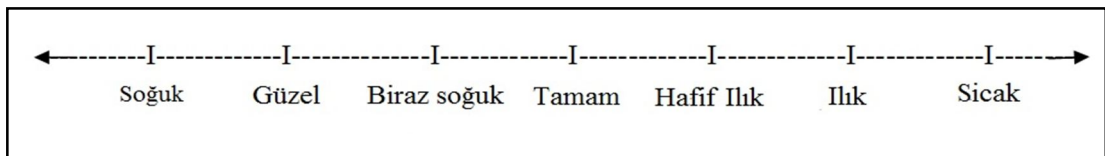
Koşullar	Kabul edilebilir operatif sıcaklık °C
Yaz (giyim yalıtım = 0,5 c _{lo})	
Bağıl nem 30%	24,5–28
Bağıl nem 60%	23–25,5
Kış (giyim yalıtım = 1,0 c _{lo})	
Bağıl nem 30%	20,5–25,5
Bağıl nem 60%	20–24

1.1.3. Isıl konfor modelleri

Isıl konfor modelleri göz önüne aldıkları parametreler doğrultusunda kullanıcıların iç mekânda mikro iklimsel koşullardan memnuniyetlerini belirlemeyi hedeflemektedir. Fanger bir ortamda iklimsel parametre kombinasyonlarının oluşturduğu koşullarda kullanıcıların ısı hissiyatlarının miktarının belirlenmesine yönelik yöntem öneren ilk araştırmacıdır.

Isıl konfor sağlanırken enerji tüketiminin de en az seviyelerde tutulması denge sağlayan öncelikli yaklaşımlardan birisidir. Kullanıcı memnuniyetini ortaya koymada yol gösterici olan 3 ayrı ısı konfor modeli detaylı bir biçimde aşağıda açıklanmıştır;

A) Ortalama Tahmini Oy Modeli (OTO): Fanger Tahmin edilen ortalama oy modelini insanların ısı hissiyat derecelerini belirlemek amacıyla geliştirmiştir. OTO modeli giyiniklik seviyesi, cinsiyet, aktivite şekli gibi kişisel değişkenlerle ve hava sıcaklığı, hızı, ortalama ışımsal sıcaklık ve bağıl nem gibi iklimsel değişkenlerinin etkisi altında insanların ısı ortandan memnuniyet derecelerini ifade eden 7 seviyeli skalalar vasıtasıyla ısı hissiyat miktarlarını belirlemeyi hedefler [15]. Şekil 1.1, ASHRAE ısı hissiyat ölçeğini göstermektedir.



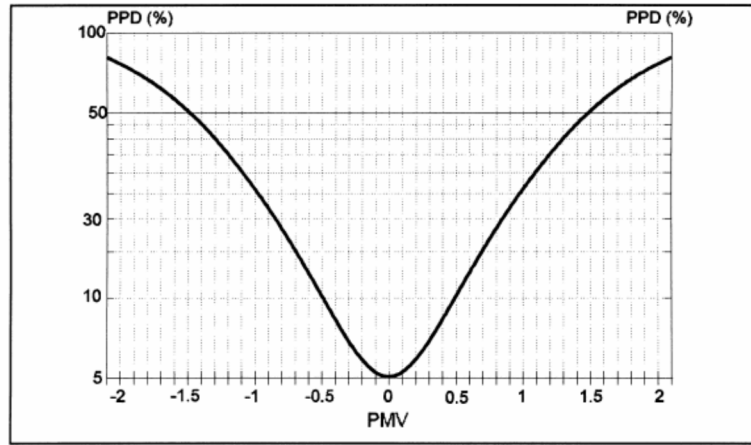
Şekil 1.1. ASHRAE ısı hissiyat ölçeği [15]

Denklem ((1.1)'de gösterilen çevresel ve kişisel değişkenler bağlamında kişilerin memnuniyet derecelerini belirlemeye yönelik OTO modeline yönelik bağıntı oldukça karmaşıktır [8];

$$\begin{aligned}
 PMV = & 0,352 e^{-0,042 \left(\frac{M}{A_{DU}} \right)} + 0,032 \left[\left(\frac{M}{A_{DU}} \right) (1-\eta) - 0,35 \right] \left[43 - 0,61 \left(\frac{M}{A_{DU}} \right) (1-\eta) - P_a \right] \\
 & - 0,42 \left[\left(\frac{M}{A_{DU}} \right) (1-\eta) - 50 \right] - 0,0023 \left[\left(\frac{M}{A_{DU}} \right) (44 - P_a) \right] - 0,0014 \left[\left(\frac{M}{A_{DU}} \right) (34 - t_a) \right] \\
 & - 3,4 \times 10^{-8} x f_{cl} [(t_{cl} + 273) - (t_{mrt} + 273)] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a)
 \end{aligned} \quad (1.1)$$

B) Memnun Olmayanların Yüzdesi (MOY): Yukarıda belirtildiği gibi, MOY modeli bir grup insanın ısı koşullardan memnuniyet derecelerini tahmin etmekte kullanılmaktadır. Isıl konfor açısından bir grup içindeki memnun olmayan insanların yüzde olarak miktarını tahmin etmek üzere 'memnun olmayanların yüzdesi' (MOY) modeli oluşturulmuştur. MOY bilindiği takdirde Denklem (1.2) aracılığıyla hesaplanabilmektedir [16];

$$PPD = 100 - 95 \times \exp [- (0,03353 \times PMV^4 + 0,2179 \times PMV^2)] \quad (1.2)$$



Şekil 1.2. PPD PMV grafiği [17]

Şekil 1.2'den anlaşılacağı üzere, PMV sıfır olsa bile, memnun olmayanların yüzdesi %5'tir. Herhangi bir ortamda ısı koşulların optimum olduğu durumlarda dahi ısı çevresinden memnun olmayan insanlar olabilecektir. ISO 7730 standardına göre, PPD yüzdesinin kabul edilebilir ısı koşullara sahip bir çevre için %10 oranından aşağıda olması beklenmektedir.

1.1.3.1. Adaptif modeli

Binalarda optimum iklimsel koşulları oluşturmak sadece ısı konfor açısından değil enerji tüketimini azaltarak sürdürülebilirliğe de katkı sağlamaktadır. İnsanlar genetik olarak çevrelerinde değişen durumlara adapte olma eğilimine sahiptir. Adaptif modeli insanların bu özelliğini temel almaktadır. Isıl adaptasyon dinamik bir süreçtir. İç ortamlarda kişilerin ait oldukları çevreyi kontrol edebildikleri, adapte olabildikleri durumlarda ısı konfor hedefine ulaşılabilir [13].

Adaptif yaklaşımı ısı konfor üzerine gerçekleştirilmiş anket çalışmalarına dayanmaktadır. Ankete dayanan alan çalışmasında ele alınan iç ortama minimum müdahalede bulunarak, ısı çevre koşullarında kullanıcıların bu şartlara eşzamanlı tepkisini ortaya koyan veriler toplanılmasına odaklanmaktadır [11]. Bu alan çalışmalarında amaç ısı değişkenleri olarak sıcaklık, nem ve hava hareketi hızı kombinasyonlarından kullanıcılar için uygun değer aralıklarında olanların belirlenmesidir.

Çoğu ısı konfor standardının temeli Fanger'in PMV modeline (Tahmin Edilen Ortalama Oy) dayanmaktadır. Fanger modeli cinsiyet, ışınimsal sıcaklık, iç ortam sıcaklığı, aktivite seviyesi ve giyim durumu gibi iklimsel ve kişiye özgü parametrelerin bileşke etkisini göz önüne almaktadır. Ancak söz konusu bu model insanın kendi çevresine adapte olma eğilimini hesaba katmamaktadır. Adaptif modeli PMV modelinden farklı olarak insanın ısı çevreye adaptasyon eğilimini de içerecek şekilde geliştirilmiştir [18];

- Isıl adaptasyon: Adaptasyon terimi geniş anlamda şekilde tekrarlayan çevresel uyarılara karşı organizmanın cevabının kademeli olarak azalması olarak yorumlanabilir [19]. Bu tanım bağlamında, ısı adaptasyonu sınıflara ayırma mümkündür.
- Davranışsal Adaptasyon: İnsanın bir mekanda konforlu hissetmek için bilinçli ya da bilinçsiz şekilde yaptığı değişiklik davranışsal adaptasyon olarak adlandırılmaktadır [20]. Davranışsal adaptasyon teknolojik araçlarla adaptasyonun sağlanması (ısıtma cihazını açıp kapamak gibi vb.), kişisel davranış biçimleriyle (kıyafet çıkarmak vb.) ya da günlük rutin içerisinde yapılan değişiklikler (gün içerisinde mola vermek vb.) şeklinde sağlanabilmektedir.

- Fiziksel Adaptasyon: İnsanın çevreye uyum sağlamak için yaptığı bütün fiziksel değişimler fiziksel adaptasyon olarak düşünülmektedir. Fiziksel adaptasyon “duyarlı” ve “etkileşimli” olmak üzere iki şekilde tanımlanabilir. Duyarlı adaptasyon, metabolizma hızı, giyiniklik durumu, duruş ve pozisyon gibi kişinin tercihi doğrultusunda kendi vücudu aracılığıyla gerçekleştireceği değişimlerin sağladığı uyum biçimidir. Etkileşimli adaptasyonda iç çevreye uyum pencere ve kapı bileşenlerin pozisyonunda gerçekleştirilecek değişimlerle sağlanmaktadır. Bu bağlamda iç çevrede yapılacak değişimlere bağlıdır.
- Psikolojik Adaptasyon: İnsanlar çevreyi farklı şekillerde algırlar ama ısı bir uyarıcıya insanın tepkisi uyarının büyüklüğü ile bağlantılı olmaktan ziyade çoğu zaman herhangi bir ısı uyararı için halihazırda sahip olduğu fikre dayanmaktadır.
- Statik bir ısı çevrede, akıl dışı çevreye dikkat vermeden belirli bir sıcaklık aralığını belirler fakat dinamik bir ısı rejimine sahip yapıda akıl ısı konforu sağlamak adına psikolojik ve fiziksel mekanizmalarını adapte edebilmek için dış çevreyi analiz eder [18].
- Kullanıcılar ve yapı arasında etkileşime izin vermek: Herhangi bir yapının önceliği konfor sağlamada çevre ve kullanıcılar arasında etkileşime izin vermesidir.
- İnsanlar konforlu olmayan çevrelerde iki davranış biçimiyle reaksiyon gösterirler. Vücutları aracılığıyla yapacakları değişikliklerle konfor sağlamaya çalışabilirler (aktivite değişimi veya kıyafet değiştirmek gibi vb.) ya da çevrede birtakım değişiklikler yaparak konforlu mekan yaratmaya çalışabilirler (camları açmak gibi vb.). Adaptif metodu konfor sağlama amacıyla insanların çevreleri üzerinde kontrol sahibi olma yetisine önem veren bir yöntemdir.

Isıl konfora dayalı alan çalışmasının birçoğuna göre kullanıcılar tarafından hissedilen iç mekân konfor sıcaklığı ortalama dış ortam sıcaklığıyla ilişkilidir. Humphrey’s konfor sağlayan iç ortam sıcaklığı, T_c ’nin dış ortam sıcaklığı T_o ile Denklem (1.3) kullanılarak hesaplanabileceğini ifade etmiştir [19];

$$T_c = 0,534 T_o + 11,9 \quad (1.3)$$

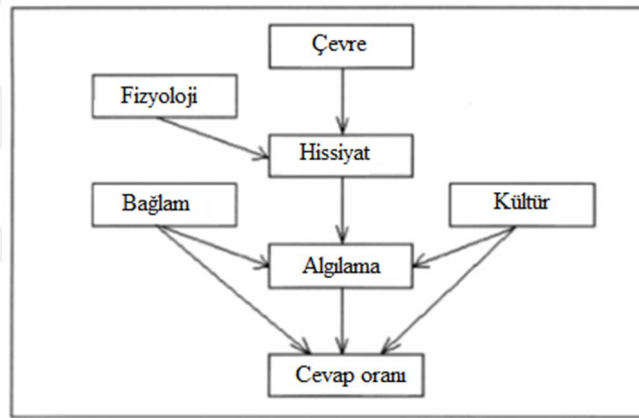
Nicol farklı koşullara yönelik çok sayıda anket çalışması gerçekleştirmiştir [19]. İlk anket çalışması Pakistan’da gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya göre Denklem (1.4)’te yer alan ifade ile iç ortam konfor sıcaklığı (T_c) ile dış ortam sıcaklığı arasındaki

bağıntı ortaya konulmuştur. Pakistan’da gerçekleştirilen başka bir anket çalışmasında aynı ilişki için farklı bir ifade önerilmiştir [21]. Denklem (1.5)’de gösterildiği üzere;

$$T_c = 0,38 T_o + 17,0 \quad (1.4)$$

$$T_c = 0,36 T_o + 18,5 \quad (1.5)$$

Bu çalışmaların da açıkça gösterdiği gibi iç ortam konfor sıcaklığı ve dış ortam sıcaklığı arasında direkt bir ilişki bulunmaktadır. Bu iki bileşenin aldığı farklı değerler evrensel konfor sıcaklığı tanımlamasının doğru olmayabileceğini göstermektedir [22]. Şekil 1.3’de de görülebildiği gibi her çevre ısı konfor için iklim, bina türü ve yerel kültür vb. gibi parametrelere göre özgün kabuller ve kriterlere sahip olmak zorundadır.



Şekil 1.3. Adaptif modeli [23]

1.1.4. Çocuklar için ısı konfor

Araştırmalara göre sınıflarda artan sıcaklık ve düşük havalandırma miktarları öğrencilerin ve öğretmenlerin hem performans hem de sağlıklarında negatif bir etkiye sahip olmaktadır [24]. Öğrenciler için ısı konfor şartlarını belirlemek çocuklar için rahat çevre elde etme ve okullarda enerji verimliliğini arttırmak üzere stratejiler belirlemek için çıkış noktasıdır. Ancak ısı konfora dayalı çalışmaların büyük bir kısmının yetişkinlere yönelik olduğu görülmektedir. Çocuklar yetişkinlere göre çevre şartlarına karşı daha az toleranslı olduklarından ve olumsuz koşullardan daha fazla etkilenmelerinden dolayı özellikle mikro iklimsel koşulların optimum değer aralıklarında tutulması daha büyük önem taşımaktadır. Birçok çalışmaya göre PMV modelin çocukların ısı koşullardan memnuniyetlerini doğru şekilde tahmin

edememektedir [25]. Fanger'in çalışması çocuklardan ziyade yetişkinler için daha uygundur. Humphreys'e göre çocuklar yetişkinlerden farklı algıya sahiptir ve ısı değişikliklere daha az hassas gözükmetedirler [26].

1.2. Mevcut Okul Yapılarında Enerji Verimliliği

Enerji verimliliği, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde teknolojik gelişmeler, değişim gösteren ihtiyaçlar nedeniyle artış gösteren enerji ihtiyacının çevreye minimum olumsuz etkiyle, kullanıcı konfor gereksinimlerini gözeterek, en az enerji tüketimiyle, mümkün olduğunca yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla karşılanmasını ifade eden önemli bir kavram haline gelmeye başlamıştır. Enerji verimliliği kavramının önemi enerjinin güvenli şekilde elde edilmesi, aktarılması ve kullanılması, maliyeti, CO₂ salınımı ve iklim değişiklikleri gibi evrensel sorunlar ile direkt bağlantılıdır. Dünya çapında elektrik ve doğal gazın %70'inden fazlasını tüketen okullarda, evlerde, kamu ve sanayi yapılarında enerji verimliliğinin sağlanmasına yönelik yaklaşım ve uygulamaları geliştirmek, yüksek enerji tüketimi miktarlarının azaltılmasında en etkili yollarından biridir.

Tüm ülkeler için okullar yeni nesillere evrensel ve yerel bilgi dağarcığının aktarıldığı, toplum tarafından önem verilen önde gelen yapı tipleridir. Ekonomik açıdan bakıldığında okullar; özellikle Türkiye gibi yüksek oranda genç nüfusa sahip ülkelerde, ülke genelinde okul ve öğrenci sayısının fazlalığı ve bu yapılarda gerçekleşen eğitim faaliyetleri sürecinde öğrencilerin optimum iç ortam koşullarında eğitim almaları için gereksinim duyulan ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma ve iklimlendirme uygulamalarından dolayı yüksek enerji tüketicileri olarak kamusal yapı stokunda önemli bir yer tutmaktadırlar. Bu yüzden, enerji ve kaynak verimliliğini sağlamak üzere uygun servis ve şartları sağlarken, tüketilen enerji miktarını da azaltmak, tüketilen enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarına dayandırılması sadece ekonomide değil ayrıca okulların iç ortam iklimsel, görsel ve akustik konfor koşullarının da optimum değer aralıklarında tutulmasını sağlayabilecektir. Bu amaç ancak enerji verimliliği kavramı aracılığıyla elde edilebilir.

Enerji verimliliği, yaşamsal faaliyetleri yürütmek için optimum miktarda enerji tüketimini ifade etmektedir [27]. Enerji verimliliği günümüzde sürdürülebilirlik

bağlamında mimarlık alanının da göz ardı etmemesi gereken önemli bir kavram haline gelmiştir. Günümüz koşullarında özellikle okul gibi kamusal yapılarda tasarım yaklaşımları, işletim sistemi ve malzeme seçimleri, kullanım biçimleri enerjinin etkin kullanımına yönelik kararlar doğrultusunda biçimlenmektedir. Konfor şartlarının çoğu zaman yetersiz, enerji tüketimlerinin fazla olduğu tarihi ve tarihi niteliğe sahip olmayan okul yapıları enerji verimliliğinin sağlanmasının daha fazla önem taşıdığı yapı tipleridir.

Enerji performansını arttırmak üzere uygun müdahalelerin gerçekleştirilmemesi sadece gereksiz enerji tüketimine neden olmayacak aynı zamanda uygun değer aralıklarında olmayan iç ortam iklimsel koşullar nedeniyle iklimsel konfor koşulları da bozulabilecektir.

Enerji tüketimi açısından yetersiz olan mevcut yapıların yerine yeni yapıların inşa edilmesinden ziyade, bu yapılarda enerji iyileştirmesine yönelik yaklaşımlarla mevcut enerji tüketim miktarlarının azaltılması ve bu tüketimlerin büyük bir kısmının yenilenebilir enerji kaynaklarına dayandırılması uygun bir yaklaşım olarak ön plana çıkmaktadır. Enerji bağlamında iyileştirme süreci birçok parametreye bağlı olduğu için zor ve karmaşık bir süreçtir. Bu süreçler tüm binalar farklı özelliklere sahip olduğundan ve farklı koşullarla çevrili olduğundan genelleştirilemez. Bu sebeple her binada özgün iyileştirme stratejileri ile enerji verimliliğinin sağlanması gerekmektedir. İyi bir enerji iyileştirme süreci sadece okullardaki enerji kullanımını azaltmayı değil aynı zamanda okul kullanıcıları olarak öğretmen ve öğrencilerin iklimsel konfor koşullarının da optimum değer aralıkları içerisinde olmasını hedefler. İyileştirme sürecinin 3 ana unsurunu kullanıcı, yapı ve enerji oluşturmaktadır. Bu üç unsurdan bina için koruma; kullanıcılar için konfor ve enerjinin etkin kullanımı hedeflerini sağlamak üzere uygun iyileştirme stratejilerinin seçimi önem kazanmaktadır.

Şekil 2.4'de okullardaki enerji iyileştirme süreçleri gerçekleştirilmeden önce pratik aşamasında analiz edilmesi gereken iyileştirme parametreleri gösterilmiştir.



Şekil 1.4. İyileştirme parametreleri

1.2.1. Mevcut okul yapılarında enerji korunumu için potansiyeller

Önceleri enerji tüketiminin artışı tasarımcılar, yapı sektöründekiler için öncelikli bir problem değildi. Son yıllarda gelişen teknoloji ve yaşam tarzlarındaki değişimlerin günümüzde farklı ihtiyaçlar doğurmasından dolayı yüksek enerji tüketimi dünya çapında ciddi problemlerden biri haline dönüşmüştür. Yapı stokunun önemli bir kısmını oluşturan kamusal binalardaki enerji kullanımını azaltma birçok araştırmanın konusu olarak ön plana çıkmıştır.

Okul yapılarında enerji verimliliğinin artırılması, enerji tüketimini neden olduğu maliyetlerin azaltılması, aynı zamanda eğitim süreçleri boyunca zamanlarının büyük bir kısmını okulda geçiren öğrencilerin ısı ve görsel konfor şartları içerisinde eğitim görebilmeleri büyük öneme sahiptir. Okullarda enerji tüketimi ısıtma, soğutma aydınlatma ve iklimlendirme gereksinimleri nedeniyle gerçekleşmektedir. Tüketime neden olan ısıtma, soğutma ve mekanik sistem bileşenlerin hepsi yapı elemanları ve okullardaki işletim sistemleri ile ilişkilidir:

- Isıtma: Mevcut okul yapılarının büyük bir çoğunluğu, sınıfların gerektiğinden fazla ısıtılması ya da yapı kabuğunda iç ve dış mekân arasında ısı kaçışlarının neden olduğu ısı kaybı gibi problemlerle yüzleşmektedir. Her iki durum da gerektiğinden fazla enerji tüketimine neden olmaktadır. Okullarda enerji korunumu sağlamak üzere

ısı kayıplarını azaltmak özellikle sınıfların ısıtılması için yüksek oranda enerji tüketilen soğuk ve ılıman iklim özelliklerine sahip bölgelerde en etkili yöntemlerdendir.

Isı kayıplarına neden olan durumlardan biri olan yapı kabuğunda yer alan duvar, pencere, çatı ve zemin bileşenlerinden ısı kaçışları, havalandırma, sızıntı, ışıınım, taşınım ve iletim yoluyla oluşan ısı transferleriyle gerçekleşmektedir. Bu bileşenleri oluşturan malzemelerin boyutları, cinsleri, kalınlıkları, miktarlarının tümü ısı kayıp kazançlarını belirleyen unsurlardır. Yapı kabuğunda gerçekleştirilecek iyileştirmeler istenmeyen ısı kayıp ve kazançlarına önlem almada en önde gelen yaklaşımlardandır.

Okullarda ısı kaybına neden olan mekânların en az sıcak dönemde konfor sıcaklığının üzerinde ısıtılması, sınıf içinde rahatsız edici bir ortama neden olarak öğrencilerin öğrenme süreçlerini ve sağlıklarını olumsuz yönde etkilemektedir [28]. Sınıflarda ısı ortamının daha uygun koşullara çekilmesi ve enerji korunumunun sağlanması, yapıların etkisi altında olduğu fiziksel koşullar doğrultusunda öğrenci memnuniyet derecelerinin belirlenmesi ve buna göre optimum koşulların sağlanması ile mümkün olabilecektir:

- Elektrik Sistemleri: Elektrik enerjisi gereksinimi mevsimlere göre değişmekle birlikte süreklilik gösterir. Okul yapılarındaki elektrik enerjisi tüketim maliyeti toplam enerji maliyetinin %50'sini oluşturmaktadır [29]. Tüketimin çoğunluğu da yapma aydınlatma sistemlerinden kaynaklanmaktadır. Bu sebeple sınıflarda görsel konforu sağlamak üzere mümkün olduğunca doğal aydınlatmadan faydalanılması ve gereksinim duyulan zaman aralıklarında kullanılan yapay aydınlatma elemanlarının, enerji tüketimini en aza indirecek seçenekler arasından tercih edilmesi ana yaklaşımlar olarak ön plana çıkmaktadır.
- Mekanik Sistemler: Mekanik sistemleri seçim ve işletim süreçlerine yönelik kararlarla enerji korunumu sağlanması mümkün olmaktadır. Mevcut okul yapılarının birçoğunda mekanik sistemler ve özellikle sıcak su sistemleri, kanal ve radyatör gibi ısıtma sistemi elemanlarındaki yalıtım eksikliği ve bakımsızlık gibi problemler nedeniyle enerji kayıpları oluşmaktadır. Mekanik sistemler bina tipolojisi, büyüklüğü ve içinde gerçekleşen aktivitelerin gerektirdiği ihtiyaçlar doğrultusunda seçilmelidir. Örneğin; okullardaki ısıtma çoğunlukla alçak basınçlı sıcak su (LPHW) radyatörleri tarafından sağlanır. Birçok ısıtma sistemi merkezi boyler ile desteklenir ve bu kazan

ısıyı radyatörler aracılığıyla mekânlara dağıtır [30]. Büyük ya da birçok bloktan oluşan okullarda merkezi boiler sistemiyle okulun her bölümüne ısıyı dağıtmak enerji verimli bir yöntem değildir. Tablo 1.3’de okullarda enerji korunumu sağlamaya yönelik yöntemler sınıflandırılmıştır.

Tablo 1.3. Okullarda potansiyel enerji tasarrufu

Enerji tüketimine neden olan unsurlar	Enerji kaybının sebepleri	Enerji tasarrufu sağlayan yaklaşımlar
Isıtma	Isıtma eşanjörü	Yapı kabuğunda yalıtım <ul style="list-style-type: none"> • Pencereilerin değiştirilmesi • Hava sızdırmazlık
	Aşırı ısınma	<ul style="list-style-type: none"> • Isıl konforu sağlamak için minimum sıcaklığı belirlemek
Elektrik tesisatı	Aydınlatma	Eski, verimsiz aydınlatma elemanlarının enerji verimli olanlarıyla değiştirilmesi. <ul style="list-style-type: none"> • Aydınlatma kontrol sistemlerinin iyileştirilmesi • Mümkün olduğince doğal aydınlatmadan faydalanma
Mekanik tesisat	Uygun olmayan mekanik sistemler	Yapının tasarımına ve ihtiyaçlarına uygun, ekonomik mekanik sistemlerin seçilmesi

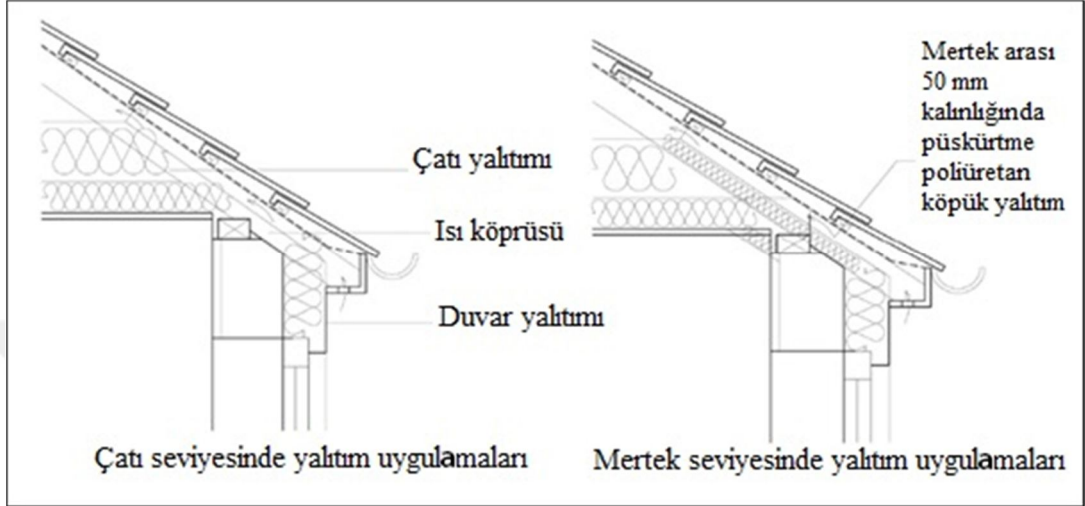
1.2.2. Mevcut okul yapılarında enerji verimliliği sağlanmasına yönelik iyileştirme ölçütleri

Okullarda enerji korunumu sağlamak üzere uygulanabilecek iyileştirme stratejilerinin en önemli kısmını yapı kabuğunda gerçekleştirilebilecek uygulamalar kapsamaktadır. Yapı kabuğunu oluşturan duvarlar, çatılar, pencereler, kapılar iyileştirme stratejilerinin uygulanabileceği yapı bileşenleridir. Yapı kabuğunda uygulanabilecek iyileştirme stratejileri yapı elemanları bağlamında incelenmiştir.

1.2.2.1. Çatılar

Eğimli Çatı: En az sıcak dönemde ısı kaçışlarını engellemek üzere eğimli çatılarda yalıtım uygulanması enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bu uygulama mevcut yapılarda herhangi bir zaman aralığında gerçekleştirilebilecek uygulamalardır. Camyünü, Taşyünü, vs gibi yalıtım malzemeleri ile farklı iklim koşullarına sahip bölgelerde yer alan okul yapılarında hesaplamalarla belirlenen kalınlıklarda uygulanacak yalıtım

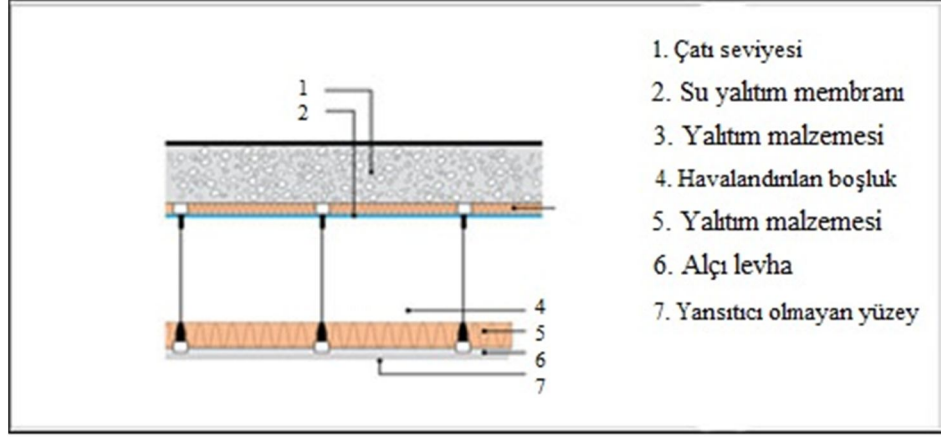
malzemeleri ile ısı korunumu sağlanabilmektedir. Yalıtım malzemesi çatı döşemesine serilerek ya da mertek aralarına yerleştirilerek uygulanabilmektedir [31]. Şekil 1.5 eğimli çatılarda tavan ve kiriş seviyelerinde yalıtım uygulamalarını göstermektedir.



Şekil 1.5. Eğimli çatılarda tavan ve kiriş seviyelerinde yalıtım uygulamaları [41]

Düz Çatı: Teras çatılarının yalıtımında xps, taşyünü, vs, gibi yalıtım malzemeleri kullanılabilir. Teras çatı konstrüksiyonu yalıtım malzemeleriyle oluşan ek yükü taşıyabilecek şekilde inşa edilmelidir. Mevcut okul yapılarının okullarının büyük bir kısmında yoğuşma probleminin yarattığı nem sorunu yaşanmaktadır. Yapıların iyileştirilmesinde, özellikle çatı kaplamaları kurşun veya çinko ise buhar geçirimli membran kullanarak dışarıya buhar sızımının sağlanması gereğinin göz önüne alınması gerekir [32].

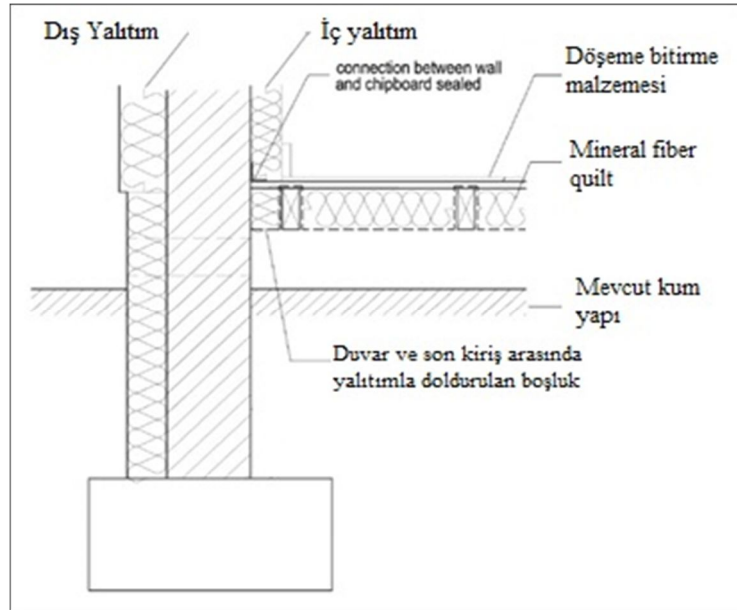
Asma tavan: Mevcut okul yapılarının çoğu doğal aydınlatma ve havalandırma performansının artmasını sağlamak için yüksek tavanlara sahiptir. Ancak yüksek hacimler yüzey miktarının artışına bağlı olarak yüksek ısı kaybı ve ısıtılması gereken daha büyük hacim anlamına gelmektedir. Isı kaybını azaltmak için yapılabilecek en iyi iyileştirme yaklaşımlarından biri de farklı ısıtma rejimleri uygulanan kat döşemeleri altında asma tavan oluşturulması ve burada ısı yalıtım malzemesinin uygulanmasıdır [40]. Şekil 1.6 asma tavan kullanımı durumunda yalıtım katmanı yerleşimini göstermektedir.



Şekil 1.6. Asma tavan yalıtımı

1.2.2.2. Zemine oturan döşeme

Yapılarda zemine oturan döşemelerde ısı yalıtımı uygulaması zemindeki ısı kayıplarından kaçınmak için gereklidir. Zemin kat döşeme konstrüksiyonu bina yapım sistemine bağlı olarak çoğunlukla ahşap, betondan inşa edilir ve her iki durumda da yalıtım uygulaması farklıdır. Yerden yüksek ahşap konstrüksiyonlu zemin kat döşemesinde ısı kaçışına engel olmak üzere kirişlerin arasına yalıtım eklenmesi enerji tasarrufu için etkili bir uygulamadır [33]. Yoğuşmadan kaçınmak için kat yalıtımının altına nem geçirilmeyen membran yerleştirilmesi gerekir [34]. Şekil 1.7`te zemin katta ahşap döşemede yalıtım uygulaması görülmektedir.



Şekil 1.7. Zeminden yükseltilmiş ahşap döşemede yalıtım [41]

Yalıtım katmanı yerde ısıtma tesisatının üzerinde yer alıyorsa sisteme ait ısıtma kanallarının da yalıtılması gerekmektedir. Mevcut döşemenin yenilenmesinin söz konusu olduğu durumlarda beton, betonarme malzemeyle oluşturulmuş zemin kat döşemelerine yeterli basınç dayanımına sahip ısı yalıtım katmanı eklenmesi uygun olmaktadır. Oluşabilecek yoğuşma riskine karşı önlem almak adına ısı yalıtım katmanı altına buhar kesici malzeme uygulanmalıdır [34].

1.2.2.3. Duvarlar

Duvarlar iç ve dış ortam arasında fiziksel çevre koşullarına karşı korunum, gerektiğinde de olumlu etkilerden maksimum fayda sağlayabilmek üzere farklı malzemelerin biraraya gelmesi ile düzenlenen, mahremiyet sağlamanın yanısıra taşıyıcılık özelliği de bulunan, yapılara ait en önemli yapı elemanlarından biridir.

Duvarlar dış iklimsel parametrelere karşı sahip oldukları termofiziksel ve optik özelliklere bağlı olarak farklı şekilde direnç gösteren malzemelerin bileşik etkisiyle yapıların ısı kayıp ve kazanımlarına direkt etki etmektedir. Duvarlarda ısı kayıp ve kazançları opak ve saydam yüzey olarak tanımlanabilecek pencerelerden gerçekleşmektedir. Isı kazançları duvarlardan opak ve saydam yüzeylerden güneşin direkt ve yaygın ışınım bileşenlerinin etkisiyle iletim, taşınım ve ışınım yoluyla gerçekleşmektedir. Aynı zamanda pencere açıklıkları ve küçük boşluklardan sızıntı ve havalandırma yoluyla iç ortama nüfus eden dış ortam sıcaklığına sahip hava akımları, iç yüzey ve ortam sıcaklığının belli değerlere ulaşmasını sağlamaktadır.

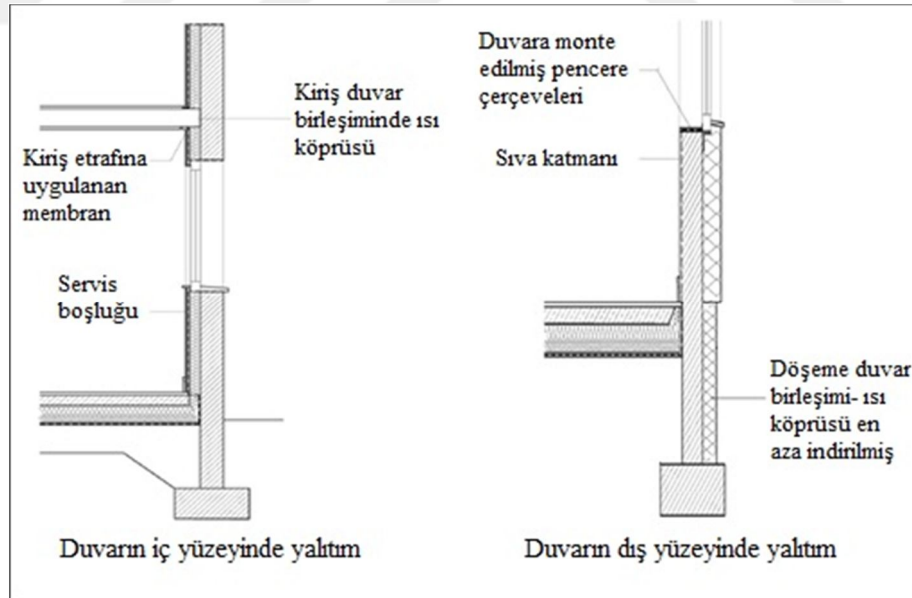
Duvarlar buldukları sıcak kuru ya da soğuk iklimsel koşullara bağlı olarak masif, kalın şekilde inşa edildiklerinde ısı depolama ve zaman geciktirme özelliklerine bağlı olarak iç yüzey sıcaklık ve iç ortam sıcaklıkları arasındaki farkların azalmasına, belli bir ısı denge oluşmasına, dış ortam sıcaklıklarının etkilerinin daha geç, az miktarda iç yüzey ve iç ortam sıcaklıklarına etki etmesini sağlamaktadır [35].

Duvarlar arası 5-12 cm arasında değişen boşluğa sahip biçimde farklı ya da eşit kalınlıkta 2 katmanlı olarak da inşa edilebilirler. Bu boşluklarla yer alan havanın etkisiyle bir miktar ısı yalıtımı sağlanmakla birlikte duvarların birarada çalışmasını sağlamak üzere kurulan bağlantılar ısı köprülerine buna bağlı olarak da ısı kaçışlarına neden olabilmektedir. Farklı yalıtım malzemeleri ile bu boşluğun iklimsel

gereksinimlere bağı olarak belirlenen kalınlıkta ısı yalıtım malzemeleriyle doldurulmasıyla ısı kaçışlarının engellenmesi mümkün olmaktadır. Polüretan köpük veya taş yünü yenileme sürecindeki tavsiye edilen yalıtım maddeleridir. Boşluklar yalıtım maddeleri ile doldurulmadan önce temizlenmelidir. Yalıtım kenarlarını herhangi bir yoğuşma riskini önlemek için buhar kontrol katmanı ile çevrelemek ve duvarları rutubetten korumak oldukça önemlidir.

Ayrıca ahşap çerçevesi duvarların iç yüzeyine ahşap kullanarak kaplama yapılması ve aradaki boşlukları doldurarak yalıtım yapılması da etkili bir yaklaşımlardır. Yoğuşmayı önlemek adına duvarların sıcak tarafına bir buhar kesici katmanı yerleştirmek önemlidir. Pencere pervazları etrafında ısı köprüsü oluşumundan kaçınılmalıdır. Şekil 1.8'de duvarlarda iç ve dış yalıtım katmanları görölmektedir.

Isıtma için harcanan enerjinin büyük bir kısmı radyatörlerin arkasından ısı kaçışıyla gerçekteşmektedir. Bu sebeple radyatör arkalarına yansıtılmalı folyo katmanının yerleştirilmesiyle ısının ışınım, taşınım yoluyla tekrar odaya dağıtılarak iç ortamda korunması sağlanabilmektedir.



Şekil 1.8. İç duvarlarda yalıtım uygulaması [41]

1.2.2.4. Pencereleler

Pencereleler yüksek ısıl geçirgenliğe sahip olan cam yüzeyleler nedeniyle ısı kayıp ve kazançlarının en fazla oluştuğu yapı bileşenleleridir. Pencereleler bir ya da birden fazla,

farklı termo-fiziksel ve optik özelliklere sahip olabilen cam yüzeyler ve yine ahşap, alüminyum, plastik gibi farklı malzemelerle oluşturulan doğrama sistemiyle sabit, açılabilir şekilde farklı bölüntülerle tasarlanabilirler. Bu özellikleriyle doğrama ve cam yüzeyleriyle bir bütün olarak çalışan pencereler dış ve iç sıcaklık nem, hava hareketi miktarı, hızı, direkt ve yaygın ışınım şiddeti, büyüklüğü ve etki süreci gibi parametrelerin yarattığı koşullar doğrultusunda iç iklimsel, görsel konfor koşullarının optimum şekilde sağlanmasına ve ısı kayıplarının en aza indirilmesinde önemli bir role sahiptir.

Pencere çerçevelerinin doğru yalıtımı ve enerji verimli pencerelerin kullanımı sadece ısı kaybını azaltmaz ayrıca o yerde oturanların ısı konforunu geliştirir [36]. Daha enerji verimli pencereler sağlamak için, aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

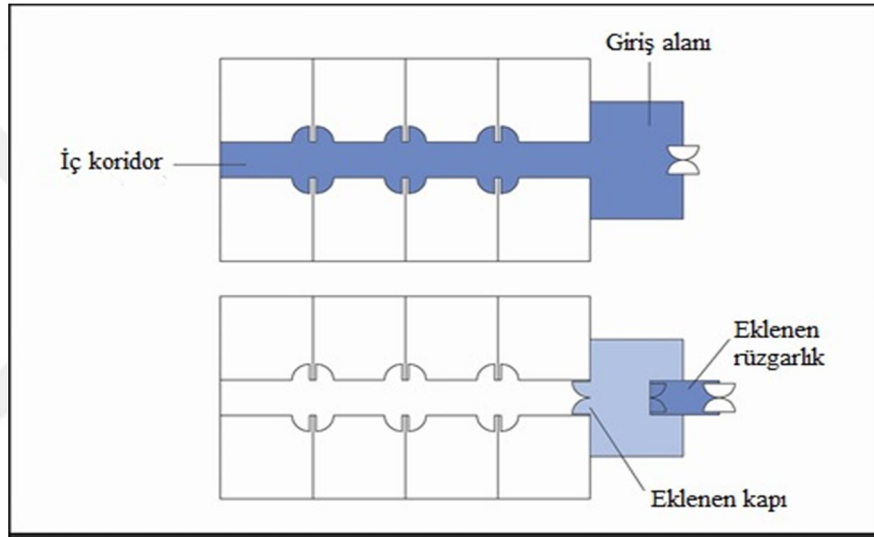
- a. Pencere çerçeveleri olabildiğince küçük olmalıdır. Çünkü çerçeveler de büyük ısı geçirgenliğe sahiptir.
- b. Tek cam yerine ısı geçirme katsayısı daha düşük olan çift cam ya da daha fazla katmanlı seçeneklerin tercih edilmesi daha az ısı kaybı olmasını sağlamaktadır.
- c. En sıcak dönemlerde güneşin istenmeyen ısı etkilerinden korunmak üzere pencerelerde farklı malzemelerden, yönlere göre farklı formlarda biçimlenen hareketli ya da hareketsiz güneş kontrol elemanlarının kullanılması gerekmektedir. Ancak bu elemanların doğal aydınlatmaya ve havalandırmaya olumsuz etkileri göz önüne alınarak seçilmeleri gerekmektedir [37].
- d. Pencerelerin ısı kayıplarını önlemek için rüzgâr kesici bant kullanılmalıdır (Şekil 1.10).

İtalya Cesena şehrinde yer alan Tito M. Plauto Okulu örneğinde de görülebileceği üzere yapılarda eski camları düşük ısı geçirme katsayısına sahip cam elemanlarla değiştirmek enerji performansını önemli ölçüde etkilemektedir [38]. Söz konusu örnekte ısı geçirme katsayısı (U değeri) $5,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan pencere sistemleri $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan cam tipleri ile değiştirilmiştir [39].

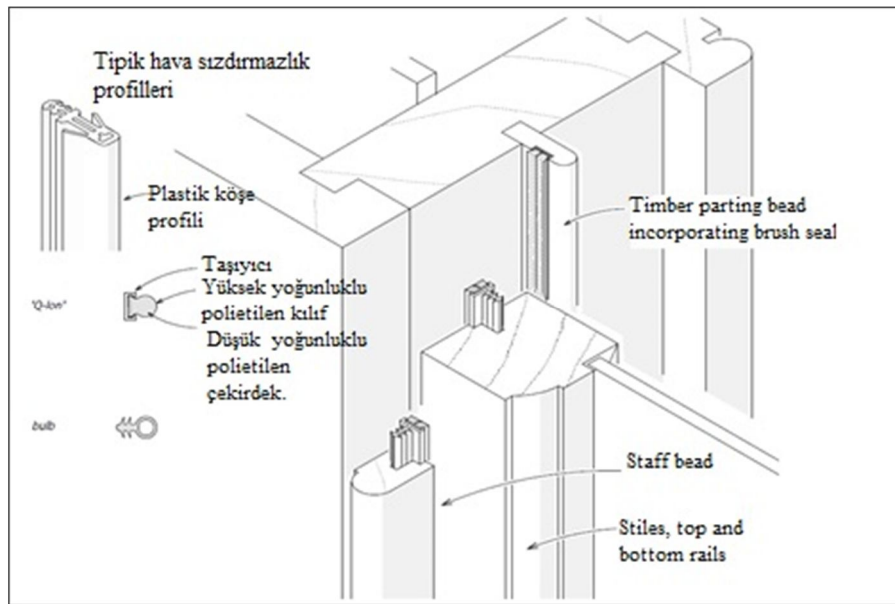
1.2.2.5. Kapılar

Okul yapılarında koridorlar havalandırma yoluyla ısı kayıplarının en fazla şekilde gerçekleştiği mekânlardır. Sınıflardan kapılardaki boşluklardan koridorlara doğru sızıntı yoluyla hava akımlarının kaçışı ısı kayıplarına neden olmaktadır. Okullarda

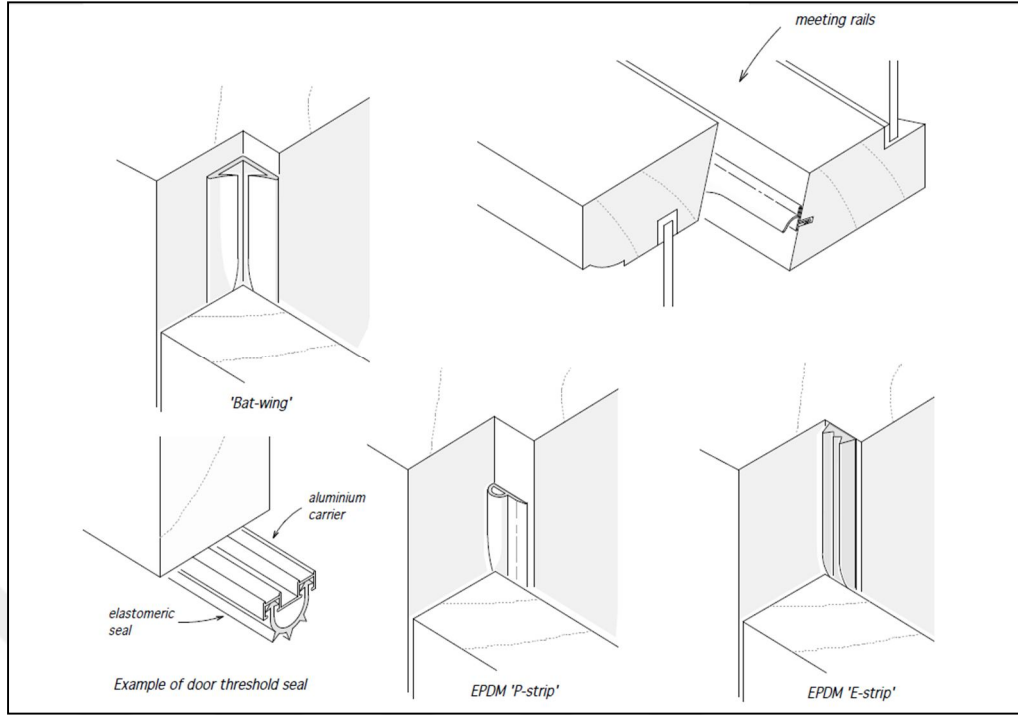
enerji iyileştirme sürecinin bir parçası olarak, Şekil 1.9’da şematik çizimde görüldüğü üzere havalandırma yoluyla ısı kaybını azaltmak üzere kapıların, giriş kısımlarında, rüzgârlık olarak adlandırılan bir tampon bölgede yer alması uygun olmaktadır. Burada yer alan kapıların dışarıdan içeriye hava akışının kontrollü olması için otomatik kontrollü olması önemlidir. Giriş lobisinin ve iç kapıların eklenmesi yüksek hava değişim miktarının azaltılmasını sağlamaktadır. Ayrıca rüzgâr kesici yalıtım elemanları enerji tasarrufu yapmak için etkili bir yaklaşımdır. Kapılar için rüzgâr kesici yalıtım elemanı uygulamalarına yönelik örnekler Şekil 1.11’de yer almaktadır.



Şekil 1.9. Isı kaybı azaltılması için rüzgârlık



Şekil 1.10. Isı yalıtımlı pencereler [40]



Şekil 1.11. Kapılarda yalıtım[40]

1.2.2.6. Elektrik ekipmanlarına yönelik iyileştirme stratejileri

Okullarda elektrik için enerji, aydınlatma, asansör ve ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin çalıştırılmasında tüketilmektedir. Doğal havalandırmanın etkin olarak kullanıldığı okul yapılarında en büyük enerji tüketiminin özellikle aydınlatmadan kaynaklandığı söylenebilir.

Aydınlatma yoluyla enerji tüketimini azaltmak için ölçütler bina kabuğu ya da yapısal unsurlarına doğrudan bağlı değildir dolayısıyla bu yaklaşımlar yenileme sürecinden bağımsız olarak genel bakım aşamalarının bir parçası olarak da gerçekleştirilebilir. Okullardaki enerji etkin aydınlatma sistemi oluşturmak üzere uygulanabilecek iki ana yaklaşımdan söz edilebilir:

1. Yetersiz olan aydınlatma elemanlarını daha verimli aydınlatma sistemleriyle değiştirmek yaklaşımların ilkinin oluşturmaktadır. Stratejiler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

a. Tungsten lambalarının (GLS) kompakt floresan lambalarla değiştirilmesi aydınlatma için tüketilen enerjinin %75'inin korunumunu sağlamaktadır [39]. Buna ek olarak, floresan lambaları (8-10000 saat) GLS (1000 saat) lambalarına kıyasla daha uzun ömürlüdür ve daha az bakım maliyeti gerektirir [40]. Ayrıca floresan

lambalarının aydınlatma etkinliği oldukça yüksektir. Şekil 1.8 lambaların aydınlatma değerlerini göstermektedir.

b. Eğer sınıflarda tübüler floresan lambalar kullanılmaktaysa, 38 mm'lik floresan lambalar yerine 26 mm'lik tüplerin kullanımıyla enerjiden yaklaşık %10 civarında tasarruf edilmesi mümkün olmaktadır [40].

c. Floresan lambaları için yüksek frekanslı ballast kullanımı yaklaşık %15 ile %20 aydınlatma enerjisi tasarrufu sağlayabilmektedir.

d. Mekânlarda yeterli aydınlatma seviyelerini sağlamak üzere “Reflektör” kullanımı gereken lamba sayısının azalmasına katkı sağlar.

2. Okullarda, aydınlatmanın gerekli olduğu saatlerde gün ışığı kullanımının maksimum seviyelere çıkarılması, yapma aydınlatma sistemlerinin kullanımını en aza indirecek biçimde bir aydınlatma planının geliştirilmesi önemlidir. Mevcut yapılarda gerçekleştirilecek enerji iyileştirme süreçlerinde sınıflarda optimum aydınlatma seviyelerini yaratmak üzere bu koordinasyonun sağlanması önemli mimari yaklaşımlardandır. Bu da sınıflarda sabit aydınlatma seviyesi elde etmek üzere otomatik sensörlerin kullanımıyla elde edilebilir. Ayrıca öğrenci ve eğitimcilerin, görsel konforu sağlamak üzere öncelikle bu sistemleri doğru kullanmaları yönünde eğitilerek manuel kullanıma da teşvik edilmeleri gerekmektedir.

1.2.2.7. Mekanik sistemlere yönelik iyileştirme stratejileri

Mekanik sistemler okullarda sıcak su temini, ısıtma ve iklimlendirme, havalandırma için kullanılmaktadırlar. Bu tezde mekanik havalandırmanın ziyade doğal havalandırmanın kullanıldığı okullar ele alınmıştır. Okullarda enerjinin daha etkili kullanımı için, yüksek maliyet gerektiren elektrikli ısıtma sistemlerinden kaçınmak uygun olmaktadır. Okul yapılarında binaları ısıtmak için doğal gazlı sistemleri kullanmak tavsiye edilmektedir. Bu sistemlerde merkezi kazan tarafından ısıtılmış su alçak basınçlı sıcak su radyatörleri (LPHW) vasıtasıyla dolaştırılarak ısı dağıtılır. Büyük alanlarda ya da çok binalı alanlarda, orta basınçlı sıcak su sistemlerini (MPHW) kullanmak daha etkilidir. Bu sistemde de merkezi boylerden ısıyı bina boyunca alçak basınçlı sıcak su radyatörlerine yönlendirmek için kullanılır. Bu

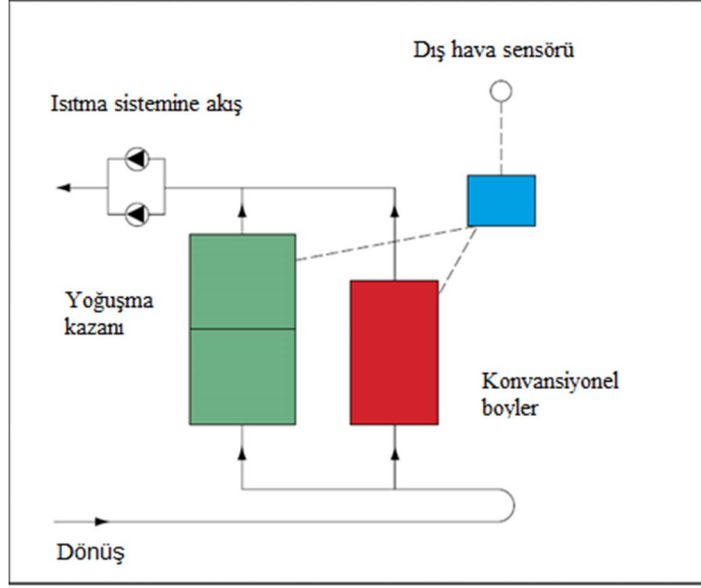
sistemde alçak basınçlı sıcak su radyatörleri vasıtasıyla merkezi boilerde ısıtılmış su ile mekanlar ısıtılır.

Mevcut okul yapılarındaki mekanik tesisatlar için herhangi bir iyileştirme stratejisi belirlenmeden önce, eski sistemleri yenileri ile değiştirme gereksinimi olup olmadığı belirlenmelidir ya da mekanik sistemlerin performansının belirlenmesi, bakım süreçlerine ihtiyaç duyulup duyulmadığına dair kararlar alınması için gerekli kontrollerin yapılması gerekmektedir. Genel olarak, ısıtma sistemlerinin verimliliği ısıtma kaynağı ve dağıtım sistemlerinin verimliliğine dayanır. Etkin bir ısıtma sistemi tasarımı için ısı kaynağı, dağıtım sistemi ve ısı emitörlerine yönelik genel prensip ve ölçütler aşağıda özetlenmiştir.

Isı Kaynağı: Genellikle mevcut okul yapılarında, merkezi kazanlar kış döneminde mekanların optimum seviyede ısıtılmasını garantileme yaklaşımıyla kapasite üstü boyutlarda seçilmektedir. Ancak bu kazanlar yılın geri kalan süreçlerinde kapasite üstü olma durumundan kaynaklı gereğinden fazla enerji tüketimi gibi problemler yaratmaktadırlar. İyileştirme ölçütleri bağlamında önerilebilecek stratejiler merkezi kazan hala kullanılabilir durumdayken sınırlıdır ancak mevcut kazanın ömrü bitmek üzereyse okulun gerçek ısıtma ihtiyaçlarının incelenmesiyle uygun boyutlarda ve etkinlikte yeni merkezi kazan seçimi yapılması gerekmektedir.

Yoğuşmalı kazanlar merkezi kazanların verimliliğini geliştirmek için iyi bir seçimdir. Yoğuşmalı kazanlar ısıtma sistemlerinin performansını iyileştirmekte ve enerji tasarrufu yapan atık gazlardan çıkan ikincil ısıyı kullanmaktadır.

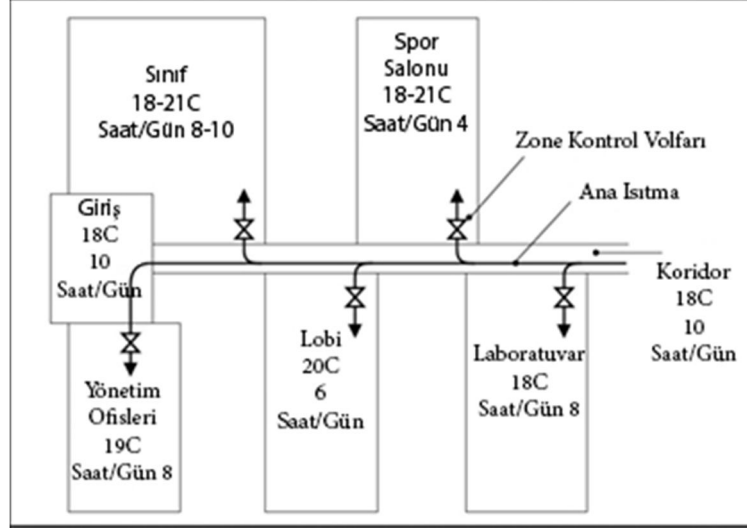
İklimsel koşullara göre başlama ve kapanma aşamalarını kontrol etmek, bunun yanı sıra okullarda enerji verimliliğini arttırmak için hem merkezi boilerler hem de yoğuşmalı boilerler dış hava sensörlerine bağlantılıdır. Şekil 1.12'de geleneksel ve Yoğuşmalı kazan kullanılan ısıtma sistemlerine yönelik şematik çizim yer almaktadır.



Şekil 1.12. Isıtma sistemi şeması [39]

Bazı okul tiplerinde merkezi ısıtma sistemi enerji verimliliği sağlamaması nedeniyle uygun olmamaktadır. Büyük yapılarda ısıyı merkezi boylerden yapının tüm kısımlarına ulaştırmak için uzun yol katedilmesi önemli ısı kayıplarına neden olmaktadır. Yapılardaki bazı bölümler binanın diğer kısımlarından farklı miktarda ısıya gereksinim duymaktadır. Bu sebeple bazı mevcut yapılarda merkezi olmayan sistemlerin kullanımı uygun olmaktadır. Büyük yapılarda ya da farklı ısıtma rejimlerine sahip kısımlarda kullanım esnekliği sağlamak amacıyla enerji iyileştirme yaklaşımları bağlamında birden fazla boyler kullanımı göz önüne alınabilir.

Isı dağıtımı: Okul yapılarında her ayrı bölüm veya ısıl zon için farklı ısıtma süresi ve miktarı gerekmektedir. Birçoğunda her ısıl zonunun içerisinde gerçekleştirilen aktiviteler doğrultusunda farklı ısıtma enerjisi ihtiyacı olduğu ve bu alanların bazılarının diğerlerinden farklı zaman ve derecelerde ısıtılması gerekliliği göz ardı edilerek bütün binada aynı ısıtma rejimi uygulanmaktadır. Isıl zonlama okullardaki enerji verimliliğini geliştirmek için gerekli bir uygulama şeklidir. Bina içinde benzer ısıtma rejimlerine sahip mekanların diğer kısımlardan bağımsız bir şekilde kontrol edilebilmelidir. Şekil 1.13'te farklı ısıtma enerjisine ihtiyaç duyan mekanları birbirinden ayırmak üzere ısıl zonlama örneği yer almaktadır.



Şekil 1.13. Isıl zonlama örneği

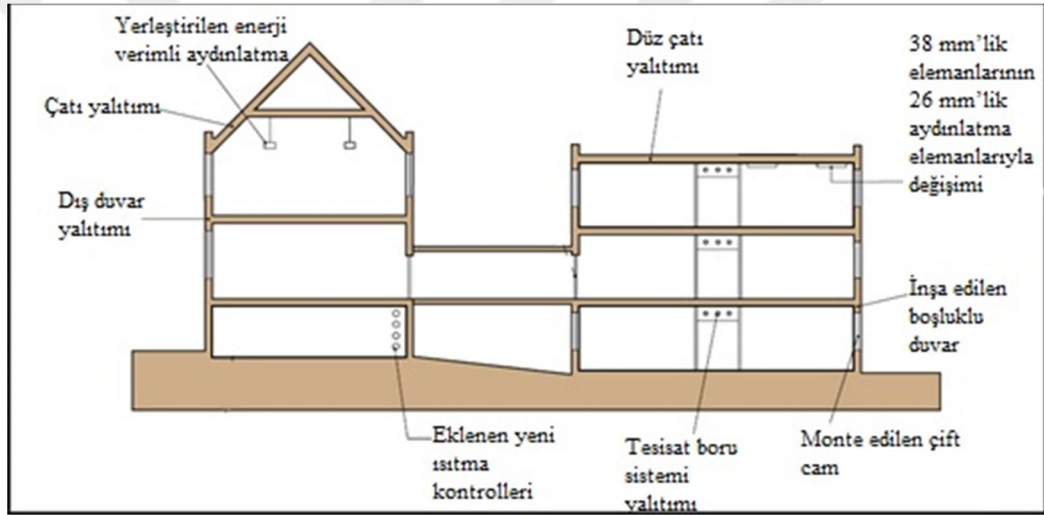
Bina ve zonlama bağlamında okuldaki kontrol sistemlerinin kullanımını arttırmak mevcut yapılarda çevresel etkilerin azaltılmasında hem de enerji verimliliğinin sağlanmasında önemli katkılar sağlamaktadır. Bina enerji yönetim sistemi (BEMS) okullardaki kontrolün sağlanmasında fayda sağlayan önde gelen bir uygulamadır. Bu sistemler enerji performansını gözlemlemek ve yönetmek üzere tasarlanmıştır. Bu sistemlerin iki ana fonksiyonu bulunmaktadır: çevresel kontrol (ısı, nem ve aydınlatma kontrolü) ve mekanik kontroldür (boylerler, zonlamalar ve radyatör kontrolü). Bina enerji yönetim sistemleri mekanik kontrolü üst seviyeye çıkarmak için 5 ana yaklaşım kullanmaktadır:

1. Kullanıcıların olduğu saatlerde ortamın ısıtılması için zaman ayarlı sistemlerin kurulması.
2. Optimum başlat/durdur kontrollerinin kurulması: İstenen seviyede sıcaklığa ulaşması için binayı ısıtmak belli bir sürede gerçekleşmektedir. Bu süre dış hava koşullarına bağlıdır. Bina enerji yönetim sistemleri öğrenciler girmeden önce sınıfları ısıtmak üzere dış hava koşullarına bağlı olarak optimum zamanı belirleyerek merkezi ısıtma sistemini çalıştıran yeni bir teknolojiyle geliştirilmiştir.
3. Benzer şekilde bu sistemler öğrenciler ayrılmadan önce ısıtma sisteminin kapatılması için optimum süreyi de belirleyebilmektedirler. Bu çalışma prensibiyle özellikle okul yapılarında ısı kaybı azaltılmasına önemli miktarda katkı sağlanmaktadır.
4. Radyatör vanası kurulumu: Yukarıda belirtildiği gibi, okul yapılarında farklı ısıl zonlarda farklı ısıl gereksinimler bulunmaktadır. Radyatör vanaları ısıl zonlarda

kontrolü arttırmak, tüm alanlarda gereksinim duyulan farklı optimum ısıl koşulları sağlayan değerlere ulaşıp ulaşılmadığını belirlemek amacıyla kurulmaktadır.

5. Önemli bir enerji iyileştirme yaklaşımı olarak kabul edilen ısıtma ve sıcak su tesisat sistemlerine ait kanalların yalıtılması yaklaşımıyla ısı kayıpları ve istenmeyen ısı transferleri engellenmektedir. Ayrıca ısı transferlerini azaltmak için tesisat sistemindeki kanalların miktarı gereksiz ise bunların kaldırılması ya da yine yalıtılması önerilmektedir.

Şekil 1.14'de Mevcut okul yapılarında enerji performansını artırma ve enerji tüketimini azaltmak üzere uygulanabilecek enerji iyileştirme stratejileri özetlenmektedir.



Şekil 1.14. Enerji tasarrufu sağlayan iyileştirme yaklaşımları

1.3. Enerji Verimliliği ve Tarihi Okullar

Tarihi yapılar her ülke için büyük bir kültürel miras değerini taşımaktadır. Çünkü bu yapıların her biri uygarlıkların gelişim süreçlerini yansıtmaktadır. Tarihi yapıları günümüz koşullarına uymadığı ya da gereksinimlerini karşılayamadığı varsayımıyla görmezden gelmek ya da sürdürülebilirliklerini engelleyen koşulları ortadan kaldırmak üzere gerekli girişimlerde bulunmamak toplumsal bellekteki önemli izleri de yok edecektir. Bu yapılar yeni ya da özgün işlevleriyle sürekli gözlem, bakım ve onarım faaliyetleriyle korunarak ait oldukları toplumun yeni bilgi ve araçlara dayanan gelişimini sunmaya devam etmelidir.

Koruma amacıyla tarihi yapıların onarılması ve günümüz kriterlerine göre kullanıma daha uygun hale getirilmesi birçok bileşene bağlı karmaşık bir süreçtir. Tarihi binaları korumak sadece dış cepheye yönelik estetik değerlerine saygı duymaktan ziyade, iç mekân estetik ve işlevsel unsurlar, taşıyıcı sistem, sağladıkları görsel, iklimsel ve akustik konfor koşullar, enerji tüketim şekil ve miktarları gibi tüm bileşenler ve kullanım süreçleriyle birlikte ele alınarak kapsamlı olarak gerçekleştirilebilir. Tarihi yapılarda enerji verimliliğini arttırmaya çalışırken aynı zamanda kullanıcılar için ısı konfor koşullarının sağlanmasına yönelik aşamalar koruma prensipleri ve iyileştirme yaklaşımları arasında hassas bir denge kurulması gereken zorlu bir süreçtir. Şekil 1.15’de tarihi yapılar için onarıma yönelik bileşenler görülmektedir.



Şekil 1.15. Onarıma yönelik bileşenler

Tarihi okul yapılarında, onarım süreçlerinde hangi ölçütlerin öncelikli olduğuna karar vermek için binanın önemini belirlenmesi gereklidir. Herhangi bir tarihi yapının önemini anlamak ve doğru koruma ölçütlerini belirlemek için öncelikle cephe yapısını incelemek gerekmektedir. Tarihi dokularda, okul yapılarında yapılacak değişiklikler için optimum seçimlerin yapılması için estetik değerlerin yanı sıra kullanım ve sembolik değer gibi yapının korunması için gerekçe oluşturan farklı unsurların da belirlenmesi gerekmektedir.

Tarihi yapılarda iyileştirme ve onarım, bakım süreçleri birçok ihtiyaç ve gereksinim arasında denge kurulmasını gerektirir. Bu yaklaşımlar her binaya aynı şekilde

uygulanamaz ve genellenemez çünkü her tarihi bina sahip olduğu karakteristik özelliklerle farklı koruma ve iyileştirme süreçlerinin uygulanmasını gerektiren benzersiz vakalardır.

1.3.1. Tarihi binalarda enerji verimliliğini arttırmaya yönelik iyileştirmeler

Mevcut tarihi yapılar ve tarihi niteliği bulunmayan yapılarda enerji verimliliğinin artırılması süreçlerinin her ikisinde de kullanıcılar için konfor koşullarının sağlanmasını göz ardı edilmemelidir. Ancak koruma ölçütleri farklılaştığı için iyileştirme süreçlerindeki uygulamalar birbirinden ayrılmaktadır. Aktiviteler, enerji tüketimine neden olan koşullar ve enerji tasarrufu sağlanmasına yönelik potansiyeller her iki durum için benzer görünmekle birlikte enerji verimliliğini arttırmaya yönelik uygulama teknikleri ve materyalleri farklılaşmakta, tarihi yapılar için kısıtlı seçenekler bulunmaktadır. Çünkü tarihi yapıları korumaya yönelik sınırlamalar ve ilkeler enerji iyileştirmesine yönelik potansiyel yaklaşımların bir kısmını uygulanamaz hale getirmektedir. Genel olarak elektrik sistemlerinde iyileştirme stratejileri hem mevcut hem de tarihi binalarda aynıdır. Bu bölümde tarihi yapılarda enerji verimliliğinin sağlanması ya da artırılmasına yönelik iyileştirme yaklaşımları iki ana kısımda sunulmaktadır. İlk kısımda tarihi binalarda yapı bileşenlerinin yalıtım yolu ile ısı performanslarının artırılmasına yönelik yaklaşımlar tartışılmaktadır. İkinci bölümde ise tarihi yapılarda enerji performansını geliştirmek üzere ısıtma sistemlerinin seçimi ya da iyileştirilmesine yönelik yaklaşımlar incelenmektedir.

1.3.1.1. Yapı kabuğunda yalıtım

Tarihi yapılarda bina kabuğunun yalıtılması birçok zorlu süreç içermektedir. Bu tip yapılarda bina bileşenlerini mevcut ya da gelecekte oluşabilecek nem, yoğunlaşma, mantar oluşumu, vs. gibi problemlerden koruyacak yalıtım sisteminin uygulanması ancak bu uygulamanın yapı özgün cephesinin estetik ve tarihi değerini etkilemeden hatta değiştirmeden gerçekleştirilmesi zorunluluğu bu sürecin önemli karar aşamalarını oluşturmaktadır.

Çatıda Yalıtım: Kıрма, beşik çatılar, eğimli çatılar tarihi yapılarda yaygın olarak kullanılan çatı tipleridir. Eğimli çatıların inşa biçimleri yapıldıkları döneme göre de farklılık göstermektedir. Tarihi yapı çatılarında kullanılan çatı bileşenleri genellikle

çatı konstrüksiyonunun oluşturduğu ahşap mertek, aşık, dikme, kuşaklama, göğüsleme, ahşap makas, vs. gibi elemanlardır. Tarihi yapılara ait çatılarda enerji iyileştirmesinin ana hedeflerinden birisi ahşap elemanlarını olumsuz şekilde etkileyecek yüksek nem etkilerinden korunumdur. Bu bağlamda yüksek nemden korunum için çatı katında iyi bir havalandırma sağlanması ve iç ortamda ısı kayıplarını önlemek üzere ısı transferlerini en aza indirilmesi gerekmektedir.

Bağıl nemin %80'in üzerine çıkması çatı bileşenlerinde önemli zararlara yol açar. Ama başka bir taraftan dış ortamla ısı transferlerini engellemek için çatıları yalıtım yapmak gerekmektedir. Havalandırma sağlanması, ısı transferlerinin azaltılması gibi birbirleriyle çelişen durumlar enerji iyileştirme süreçlerini karmaşıklştırmaktadır.

Genellikle tarihi okullar yüksekliği 4 m.'ye kadar çıkan yüksek tavanlara sahiptir dolayısıyla ısıtma sistemi kullanıcıların zeminde 2 metre yüksekliğe tekabül eden kullanım alanlarında ısı konfor koşullarını sağlayan sıcaklık değerlerine ulaşılmasını sağlıyorsa çatının yalıtılmadan bırakılması seçeneklerden birisidir. Bu durumda nemin yükselmesi ve yoğuşma riski düşünülmemektedir çünkü genellikle tarihi yapılar çatı seviyesinde oldukça iyi havalandırılmaktadır [42].

Eğer çatıdaki yalıtım uygulaması çatı konstrüksiyonu için iyi bir havalandırma sağlıyorsa yüksek tavanlı olan tarihi binalarda da enerji verimliliğini arttırmak için bir seçenek olarak uygulanmaktadır. Çatı kirişleri seviyesinde uygulanan yalıtım çatıdan ısı kaçışlarına engel olacaktır. Mertekler arasında yer alan boşluklardan hava sızıntısının sağladığı havalandırma etkisiyle de yüksek nemin yarattığı olumsuz koşullar azaltılabilecektir.

Doğru kalınlıkta yalıtım katmanı eklemek oldukça önemlidir çünkü çatı hattının yükseltilebilme toleransına bağlı olarak yalıtım uygulaması değişim göstermektedir [42].

Çatı kiriş ve mertek seviyesinde yalıtım eklemeye yönelik üç ana metod bulunmaktadır ve her metod farklı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Bunlar:

1. Çatı kirişleri üzerinde yalıtım uygulaması: çatı katı kirişleri üzerinden yalıtım uygulaması yoğuşma riskini azaltır çünkü yapıları sıcak ve kuru tutar. Fakat bu

metodda yalıtımın ağırlığını taşıması için ekstra güçlendirme sağlamak üzere konstrüksiyon kurulması gerekebilir.

Çatı kirişi üstü yalıtım için sert yalıtım malzemesi kullanılması uygun olmaktadır. Tarihi yapı çatıları için en uygun materyal ise ahşap fiber levhalardır. Bu materyal çatı kirişleri üzerindeki ısı köprüsü riskini azaltır ve ayrıca buhar geçirgenlik özelliğine sahiptir.

2. Çatı kirişleri arasında yalıtım uygulaması: Bu metod çatı kirişleri üzerinde yalıtım uygulaması yöntemine göre daha az maliyete sahiptir ve ayrıca çatı yüksekliğinin değişmeden korunmasına imkân verir. Fakat kirişler arasında yer alan buhar geçişine müsaade etmeyen, sızdırmaz özelliğe sahip yalıtım malzemeleri ahşap kirişler arasında su buharının yoğunlaşmasına, buna bağlı olarak da ahşap elemanlarda çürüme gibi problemlerin oluşmasına neden olabilir [42]. Mertekler arası yalıtım uygulamasında kullanılacak farklı türde yalıtım malzemeleri bulunmaktadır ancak en uygunu doğal yün ve kenevir lifi gibi doğal liflerdir çünkü bu doğal materyaller su buharının geçişine ve dışarı atılmasına imkân verir. Ek olarak doğal materyaller esnekler ve kirişler arasında kurulması çok zor olabilen sert yalıtım levhalarının aksine mertekler arası yerleşimde kolaylık sağlayabilmektedirler.

3. Çatı kirişleri altında yalıtım uygulaması: Çatı alanının kullanılabildiği yapı tiplerinde iç mekân yüksekliğini olumsuz biçimde etkilemeyecek şekilde merteklerin altına yalıtım uygulaması yapılabilmektedir. Kirişlerde çürümeyi önlemek için yalıtım katmanı üzerinde iyi bir havalandırma sağlamak önemlidir. Bu metod çatının iç görünümünü değiştirebilir. Kirişlerin altındaki yalıtım için doğal lifli levhalar kullanılabilmektedir [42].

Duvarlarda yalıtım: Tarihi yapılarda duvarları yalıtım üzere dış duvar yüzeyi, iç duvar yüzeyi ve iki duvar arası yalıtım uygulaması olmak üzere 3 ana metod bulunmaktadır. Bazı durumlarda yapıdaki koşullar ve önceliklere bağlı olarak bu üç yöntemden bazılarının birarada kullanılması da mümkün olabilmektedir. Tarihi yapılarda duvarların yalıtımı binanın karakteri ve görüntüsünü etkileyebileceği için sorun olabilir.

Buna ek olarak, tarihi binalarda özellikle köşe noktalarda ısı köprüleri oluşabilmektedir. Özellikle geçmişte restorasyon ya da bakıma yönelik müdahaleler

geçirmişlerse bu tip yapılar farklı ısı özelliklere sahip malzemelerle değişime uğrayıp günümüze ulaşabilmektedirler. Tarihi yapılara ait farklı malzemelerin bir arada yer aldığı homojen olmayan yapı kabuklarında ısı kaçışları sıklıkla görülebilmektedir.

Yeni eklenen malzemelerden beklenen gereksinimler daha fazladır. Öncelikle tüm malzemelerin özgün malzemeye benzer buhar geçirim değerlerine sahip olması beklenmektedir. İkinci olarak da biyolojik mantarlaşmaya ve küfe neden olmamaları gerekmektedir.

Dış duvarda yalıtım uygulaması: Daha önce de belirtildiği üzere dış yalıtım uygulamalarıyla tarihi yapıların dış görünüşleri özgünlüğünü yitirilebilir.

İç duvarda yalıtım uygulaması: Tarihi yapılarda iç yüzeylerde yalıtım uygulaması iç yüzey malzemesinin tarihi ve estetik değeri olmadığı durumlarda iyi bir enerji iyileştirme yaklaşımı olarak uygulanabilmektedir.

Genellikle iç izolasyon kış döneminde etkilidir fakat yaz döneminde ısıyı bina içerisinde tutması nedeniyle yüksek sıcaklıkların oluşmasına neden olur. Okullarda iç duvarlarda yalıtım uygulaması uygundur çünkü yaz döneminde okullarda öğrenci bulunmamaktadır. Bu nedenle okul duvarlarına kışın takılan, yazın sökülüp kaldırılabilen yalıtım panellerine gereksinim olmamaktadır. Tarihi duvarlar için en uygun metod nem oluşma riskinden sakınmak için direkt olarak iç duvarda yalıtım uygulanmasıdır. Genellikle sert yalıtım levhaları duvarın yüzüne direkt olarak sabitlenebilir ve ek bir strüktür oluşturmadan bitirme malzemesi uygulanır. İçinde yalıtım malzemesi de bulunan hazır paneller iç duvar yüzeylerine monte edilebilir.

Tarihi yapılarda iki duvar arasındaki boşlukları yalıtım tarihi yapı özelliklerini etkilemeden binanın ısı performansının geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Boşlukların içine yalıtım malzemesinin enjekte edilmesi ya da püskürtme yöntemiyle bu boşluklar yalıtılabilmektedir. Boşlukları yalıtım malzemesi ile doldurmadan önce, boşlukların boyutunu kontrol etmek önemlidir. Çünkü boşluğu doldurmak üzere kullanılacak malzeme kısmen bu boyuta göre belirlenecektir. Yalıtım amaçlı boşluklara enjekte edilebilen ya da püskürtülen 3 çeşit yalıtım malzemesi bulunmaktadır:

- Taş yünü
- Polüretan köpük
- Köpük yalıtım

Boşlukları yalıtım malzemesi ile doldurmak ne tür malzeme kullanılırsa kullanılsın iç duvar boşluk yüzeyinde yoğuşma riski yaratacaktır. Ayrıca iç duvarda ısı köprülerinin oluşumuna ortam sağlayan doldurulmamış hava boşlukları oluşabilmektedir. Uygun şekilde iki duvar arasına yalıtım uygulaması yapabilmek uzmanlık gerektiren bir iştir. Bu nedenle çoğu zaman öncelikle tuğla ya da taş birimsel elemanların kaldırılıp yalıtım uygulaması yapıldıktan sonra tekrar yerine yerleştirilmesi daha tercih edilebilir bir yöntem olarak tercih edilmektedir.

Toprağa oturan döşemelerin yalıtılması: Eğer tarihi yapıda merkezi ısıtma sistemi kullanılıyorsa, ara kat döşemelerinin yalıtımını yapmak bir fayda sağlamamaktadır. Ancak zemine oturan döşeme ile toprak katmanı arasında gerçekleşen ısı transferlerinden kaynaklanan ısı kayıpları engellemek üzere yalıtım eklenmesi doğru bir enerji iyileştirme uygulamasıdır. Tarihi yapılarda döşemelere yalıtım uygulaması yapılmadan önce döşeme konstrüksiyonu, nem, tuz ve orijinal dokunun kaldırılması ve geri taşınması gibi teknik konuların tümü önceden düşünülme zorundadır. Değişim ya da tamamıyla müdahaleyi engelleme gibi koruma gereksinimleriyle yalıtım, zeminden ısıtma gibi enerji verimliliği sağlamaya yönelik yaklaşımları birarada uygulayabilmek adına orijinal katmanın kaldırılması ve ek bir katman yerleştirilmesi tercih edilmektedir. Teknik katmanda yalıtım ve yerden ısıtma sistemi uygulamaları gerçekleştirildikten sonra orijinal döşeme katmanı tekrar yerine yerleştirilerek yapının özgün döşeme sistemi korunabilmektedir.

Zemine oturan döşemelerde kullanılan yalıtım malzemelerinin birçoğu yalıtım malzemesini kuru tutmak için nem geçirmeyen membranlarla tatbik edilmektedir.

Yeni inşa edilen zemine oturan döşemelerde kullanılan yalıtım malzemelerinin gerek döşeme gerekse şap altında kullanılma durumuna göre yüksek basınç dayanımına sahip olmaları beklenmektedir. Bu gereksinimler doğrultusunda kullanılacak yalıtım malzemesi çeşidi de sınırlı hale gelmektedir. Kullanılabilecek malzemeler sırasıyla;

- Cam köpüğü
- Expande polistren levha ya da ekstrüde polistren köpük
- Katı polüretan köpüğü, genellikle folyo-yüzlü
- Katı fenolik köpüğü

Bütün bu materyaller gerçekte hava ve neme karşı geçirimsizdir ve dolayısıyla bitişik geçirgen malzemeler arasındaki nem dengelerini önemli ölçüde bozma potansiyelleri bulunmaktadır.

Pencere hava sızdırmazlığı: Orijinal desen ve malzemeye sahip pencere ve kapılar tarihi binaların kimliklerine ve estetik değerlerine büyük bir katkı sağlar. Öncelikli yaklaşım bu önemli ince yapı bileşenlerini kaldırmaktan ziyade mümkün olduğunca özgün haliyle yerinde tutmaya yönelik olmalıdır. Pencere ve kapılar sayesinde yapı cephelerinden mimari stil ve zevklerin zamana bağlı değişimlerini okumak mümkün olmaktadır. Aynı zamanda, toplumsal hiyerarşi, sanata yönelik becerilerin vardığı nokta ve teknik gelişmeler gibi birçok unsurun tarihsel izleri hakkında fikir edinmek de mümkün olmaktadır.

Pencere hava sızdırmazlığı sağlamak tarihi yapılarda en az miktarda maliyet gerektiren enerji verimliliği sağlamaya yönelik yaklaşımlardan birisidir. Buna ek olarak pencerelerde hava sızdırmazlığının sağlanması dış ortam gürültüsünün ve havada yer alan kirleticilerin yapı içerisine nüfus etmesini engellemektedir. Son araştırmalara göre pencerelerde hava sızdırmazlığı sağlayan yalıtım uygulamalarıyla pencerelerden hava sızıntıları %33 ve %50 arasında düşürülmüş ve mekânları ısıtmak için gerekli enerji miktarını önemli ölçüde azaltılabilmektedir.

Geleneksel ahşap, metal pencere ve kapılar çoğunlukla değiştirilmekten ziyade çok daha az maliyetle onararak kullanılabilirler. Onarılan orijinal pencere ve kapı bileşenleri taklitleri olarak üretilen benzerlerinin sahip olmayacağı kimlik ve tarihi değerleri barındırmaya devam etmektedirler. Tarihi camların müdahale edilmeden korunması tüm onarım metodlarında değişmez bir kural olarak ele alınmalıdır. Günümüzde modern cam tipleri yüzdürme tekniğiyle pürüzsüz ve hatasız yüzeylere sahip olacak şekilde üretilirler. Birçok farklı süreçten herhangi birisiyle üretilen tarihi camların her biri tamamıyla farklı karakteristik özelliklere sahiptir. El

yapımı camlardaki bu kusur ve farklılıklar bu tip pencereleri özgün ve çekici kılan özelliklerdir.

Mevcut pencerelerin çift katmanlı birimlerle değiştirilmesi birçok durumda görünüm değişimine, özellikle yeni camın pürüzsüzlüğünün azalmasına, daha kalın kasa kanat sistemlerinin kullanılmasına neden olmaktadır. Tek cam ağırlığına kıyasla 4 kata kadar çıkabilen ek cam ağırlığı ve pencere kanatlarının dengede durması gibi ek problemler de ortaya çıkmaktadır. Tarihi yapı pencerelerinde çift cam kullanımı kaçınılmaz biçimde tarihi kimliğin kaybına yol açacağından, değiştirilmelerinden ziyade onararak kullanılmaya devam edilmeleri tercih edilmelidir. İkinci bir cam katmanı eklemek sıklıkla tercih edilen seçenektir. Pencere sistemlerini onarma ve hava sızdırmaz hale getirmenin yanısıra enerji verimliliğini arttırmak üzere başka ölçütler de ek olarak uygulanabilmektedir. Pencere kasa, kanat ve duvar birleşimlerinde doğru yalıtım uygulamalarıyla sadece ısı kaybını azaltılmaz ayrıca kullanıcıların ısıl konforuna olumlu yönde katkı sağlanır, dış ortam gürültüsünün iç mekânda hissedilmesi engellenebilir.

Okul yapılarında ısı kayıplarının büyük bir kısmı koridorlarda oluşmaktadır. Çünkü sınıflardan kapılar aracılığıyla koridorlara, koridorlardan da dış ortama doğru ısı kaçışları oluşmaktadır. Havalandırma yoluyla ısı kayıplarını engellemek üzere enerji iyileştirme stratejisi olarak giriş ve lobilerde hava sızdırmaz kısımların eklenmesi ya da mevcut kısımların hava sızdırmazlığının sağlanması gerekmektedir. Lobilerde oluşturulan rüzgârlıkta yeralan kapıların dış ortam ve iç ortam arasında geçen hava akım miktarlarının uygun değer aralıklarında olmasını sağlamak üzere otomatik olarak kontrol edilebilir şekilde seçilmeleri gerekmektedir.

Tablo 1.4'te görüldüğü üzere İngiltere'de 19. ve 20. Yüzyıllar içerisinde inşa edilmiş 4 okul için gerçekleştirilen çalışmada mevcut ısıtma sisteminin daha etkin sistemlere dönüştürülmesi; camların daha az ısı geçirme katsayısına sahip çift cam birimleriyle değişimi; çatı, duvar ve döşeme elemanlarında yalıtım uygulaması gibi iyileştirme stratejileri ile önemli miktarda enerji verimliliği sağlanmıştır.

Tablo 1.4. Tüm okullar için farklı iyileştirme ölçütlerine bağlı olarak yıllık ısıtma enerjisi tasarruf oranları

Ölçüt	Okul A 1870–1914 (%)	Okul B 1914–1944 (%)	Okul C 1944–1970 (%)	Okul D 1970–1995 (%)
%90 verimliliğe sahip yoğunlaşmalı kazan	38	38	38	38
Hava değişiminin saatte 0,25 miktarına indirilmesi	23	19	21	21
Çatıya 200 mm polyisocyanurate (PIR) eklenmesi	24	23	17	10
Çatıya 200 mm cam yünü eklenmesi	21	21	14	8
Çatıya 50 mm cam yünü eklenmesi	19	19	12	7
Duvarlara dıştan 200 mm expanded polistren eklenmesi	13	14	10	16
Duvarlara 200 mm polyisocyanurate eklenmesi	13	14	10	16
Duvarlara 200 mm cam yünü eklenmesi	12	13	10	15
Argon gaz dolgulu çift cam	7	13	17	8
Duvarlara 50 mm polyisocyanurate eklenmesi	10	12	9	13
Duvarlara dıştan 50 mm expanded polistiren eklenmesi	10	11	9	13
Duvarlara 50 mm taş yünü eklenmesi	9	10	8	11
Döşemeye 200 mm expanded polistiren eklenmesi	1	2	1	1
Döşemeye 200 mm polyisocyanurate eklenmesi	1	2	1	1
Döşemeye 50 mm polyisocyanurate eklenmesi	1	2	1	1
Döşemeye 50 mm polyisocyanurate eklenmesi	1	1	1	1

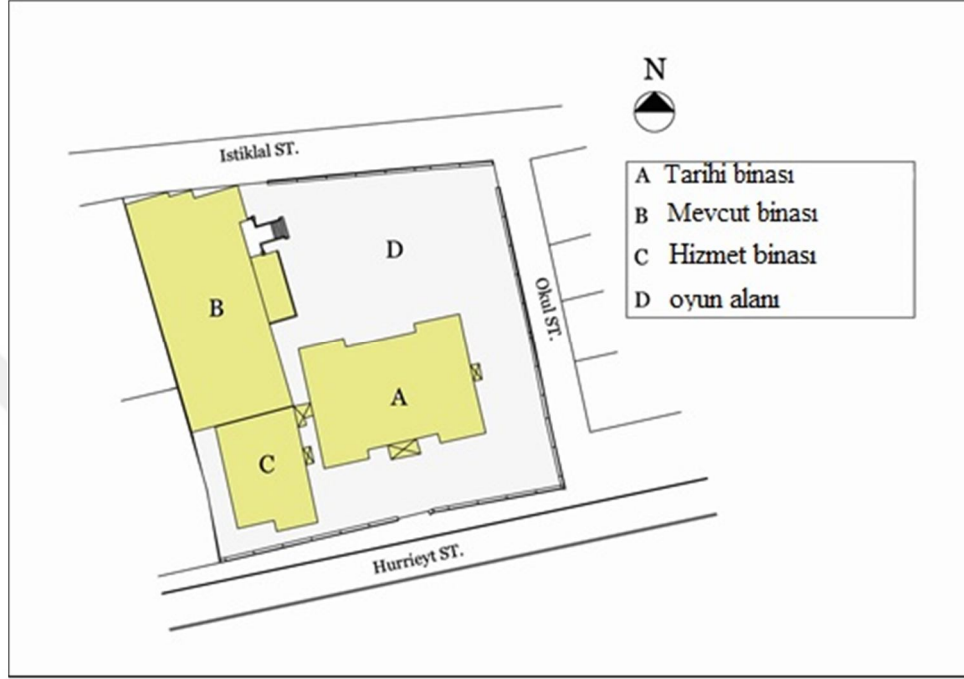
2. MEVCUT OKUL YAPILARINDA ENERJİ İYİLEŞTİRMEYE YÖNELİK PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ: ULUGAZI İLKÖĞRETİM OKULU ÖRNEĞİ

Bu bölümde örnek alan çalışmasında kullanılan metod ve materyal iki kısımda sunulmuştur. Örnek vaka olarak ele alınan Ulugazi İlköğretim Okulu'nun tarihsel süreci, tipolojisi, yapısal özellikleri, enerji tüketim miktarları ve sahip olduğu mevcut ısı konfor koşullarına yönelik veriler birinci kısımda, yapının mikro iklimsel ve konfor koşullarının ortaya konulmasına yönelik ölçüm ve anket çalışmaları ise ikinci kısımda ele alınmıştır.

2.1. Ulugazi İlköğretim Okulu

Ulugazi İlköğretim Okulu Kocaeli İli'nin İzmit İlçesi'nde yer almaktadır. Ulugazi Okulu 3 ayrı yapıdan oluşmaktadır. Ulugazi İlköğretim Okulu Kocaeli Valisi Eşref Seyit Bey tarafından 1932 yılında Müteahhit Haşim Bey'e inşa ettirilmiştir. 9 derslik, 2 toplantı salonu içeren ilk binanın öğrenci mevcudiyetini karşılayamaması nedeniyle 1964 yılında 2. bina inşa edilmiş ve bu yapı 1994 yılında yıkılana kadar hizmet vermiştir. 1992' de yapılmış günümüzde anaokulu olarak hizmet veren 3. Bina ise (ruhsatlı bina) ve tarihi yapıyla birlikte günümüze kadar eğitim ve öğretim hizmetinde kullanılmıştır, (Şekil 2.1'de A ve B olarak verilmiştir). 1932 yılında inşa edilen sembolik ve tarihi özelliğiyle öne çıkan yapı bloku ve daha yakın tarihlerde ancak farklı zaman dilimlerinde inşa edilen diğer iki yapıyla birlikte Ulugazi İlköğretim Okulu mevcut ve tarihi yapılarda uygulanabilecek iyileştirme stratejilerinin değerlendirilmesi için özgün bir örnek oluşturmaktadır. Çünkü ısı çevre, enerji tüketim miktarları, enerji, iklimsel, görsel ve akustik konfor gereksinimleri doğrultusunda yenileme ölçütleri her bina bağlamında farklılık göstermektedir. Türkiye'de en yüksek enerji tüketim oranlarından birine sahip olan Kocaeli Bölgesi'nde bulunan Ulugazi İlköğretim Okulu'na ait farklı özelliklere sahip 2 eğitim yapısında enerji verimliliği ve ısı konfor koşullarının optimum seviyelere çekilmesi için üretilecek iyileştirme stratejileri benzer koşullara sahip çalışmalara örnek oluşturabilecektir.

Ulugazi İlköğretim Okulu'nda toplam 22 sınıf bulunmaktadır. Yaşları 6 ile 11 arasında değişen yaklaşık 500 öğrenci sabahçı ve öğlenci olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. İlk grup sabah 07:00'den öğlen 12:00'ye kadar eğitim görürken, ikinci grup öğlen 12:30'dan akşam 18:00'ya kadar okulda bulunmaktadır.



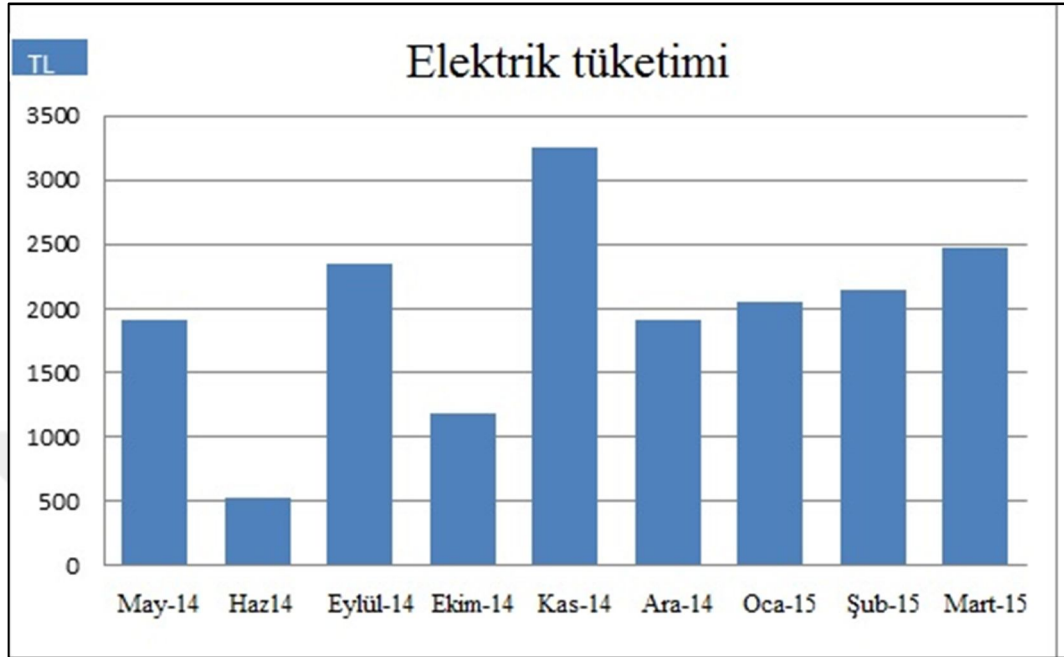
Şekil 2.1. Ulugazi İlköğretim Okulu vaziyet planı

2.1.1. Ulugazi İlköğretim Okulu'nun enerji performansı

Ulugazi Okulu yılda 2 dönem, gün içerisinde 10 saat süre ile eğitim veren bir kurumdur. Yaz dönemini kapsamayan bu uzun süreç okulda büyük bir ölçüde ısıtma, aydınlatma, iklimlendirme için enerji ihtiyacı doğurmaktadır. Bu ihtiyacı belirlemek üzere İzmit Bölgesi, "İzgaz" ve "Sedaş" kurumlarından 2014-2015 Eğitim-Öğretim yılı boyunca elektrik ve doğalgaz faturaları toplanmıştır.

Şekil 2.2'de 2014-2015 yılındaki elektrik tüketim maliyetlerini Türk Lirası olarak gösterilmiştir. Bu faturalara göre elektrik tüketim miktarlarının kış döneminde benzer şekilde seyrederken, bahar döneminde ciddi bir şekilde düştüğü görülmektedir. Bu da bahar süresince aydınlatma için enerji tüketiminin azaldığı göstermektedir. Elektrik tüketiminin çoğu sınıflardaki aydınlatma nedeniyle gerçekleşmektedir. Ulugazi İlköğretim Okulu'nda tek bir asansör bulunmaktadır. Ayrıca okulda elektrikli ısıtma sistemi kullanılmamaktadır. Bu elektrik tüketimini düşürme hedefi doğrultusunda

okulda yapay aydınlatma sistemlerinin kullanımını azaltmanın etkili bir yaklaşım olabileceğini göstermektedir.



Şekil 2.2. 2014-2015 döneminde elektrik tüketimi



Şekil 2.3. 2014-2015 döneminde doğal gaz tüketimi

Şekil 2.3 2014-2015 yılında Ulugazi İlköğretim Okulu'nda gerçekleşmiş doğalgaz tüketim miktarlarını göstermektedir. Grafiğe göre doğalgaz tüketimi kışın oldukça yüksektir. Gaz tüketiminin Ekim 2014'te 0'dan Kasım 2014'te 29660 kw/h'e çıktığı

görülmektedir. Şubat ayında enerji tüketim miktarı (26024 kw/h) iken Kasım ayında (29660 kw/h) olarak gerçekleşmiştir.

Bu kısımda Ulugazi İlköğretim Okulu mevcut tarihi kısım (A) ve tarihi niteliği olmayan mevcut diğer eğitim yapısı (B) için enerji tüketim miktarlarının azaltılmasına, öğretmen ve öğrencilerin ısı ve görsel konfor koşullarının yükseltilmesine yönelik önerilen stratejiler her iki blok özelinde ayrı şekilde ortaya konulmuştur.

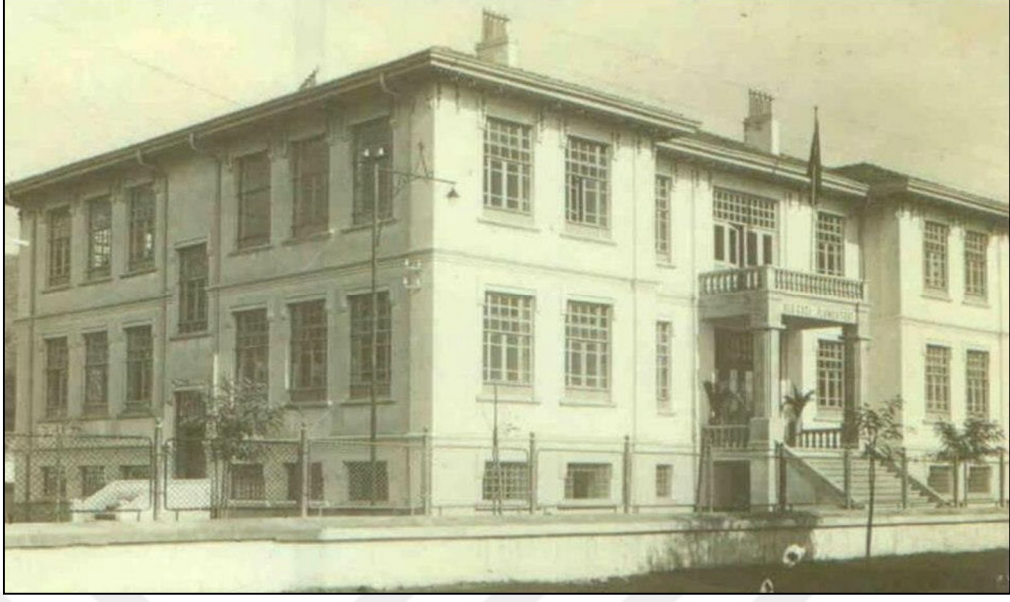
2.2. Ulugazi İlköğretim Okulu-Mevcut Tarihi Kısım-A Blok

Ulugazi İlköğretim Okulu Osmanlı dönemi mimarisinden Cumhuriyet dönemi modern mimariye dönüşümün taşra kentlerindeki ilk örneklerinden biri olma özelliği ile İzmit bağlamında sembolik, tarihsel, estetik ve mimari öneme sahiptir. Tarihi kısım olan A Blok 1932 yılından günümüze kadar geçen uzun sürece rağmen hala özgün eğitim yapısı olma işlevini devam ettirmektedir.

Ulugazi İlköğretim Okulu 30mx20m boyutlarında, 3 katlı dikdörtgen plan tipolojisine sahiptir. Giriş (ön) cephesi güney yönündeki Hürriyet caddesine bakmaktadır.

Okul orijinal klasik mimari elemanlarla tasarlanmıştır. Yapının en göze çarpan kısmı klasik mermer merdiven ve kemerle ilişkili giriş bölümüdür. Çıkma kısmını taşıyan 2 adet mermer kolon girişi süslemektedir. Dört yönde konumlanan, cephelere klasik etki veren beton çerçeveli, ahşap pencerelerin büyük ve yüksek forma sahip olduğu görülür.

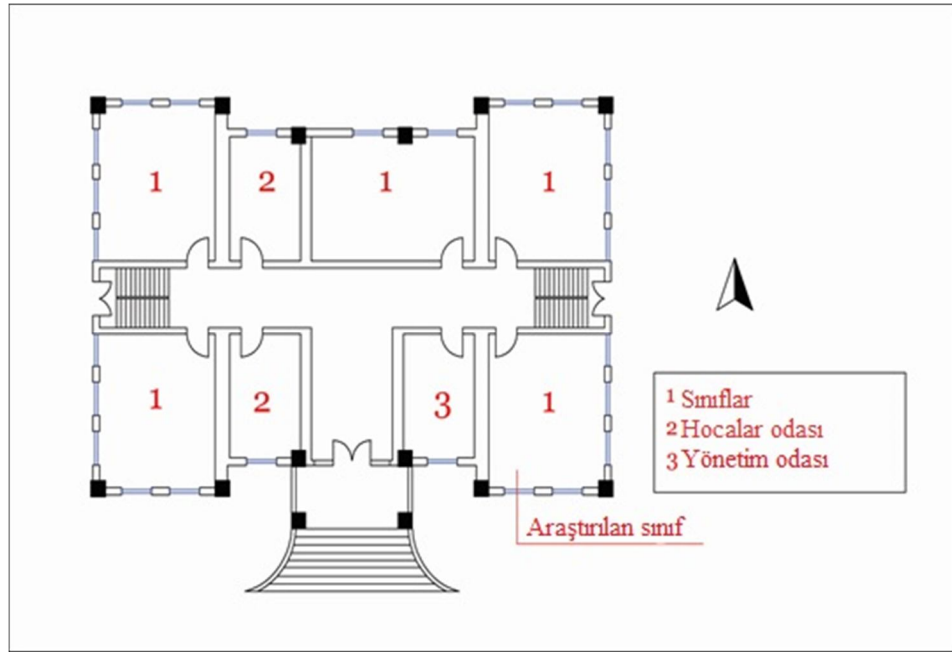
Binanın cephesi değişime uğramadan özgün haliyle korunmuştur. Fakat okulda iç mekân düzenlemeleri zaman içerisinde artan işlevsel gereksinimler doğrultusunda birçok değişikliğe maruz kalmıştır. Mevcut tarihi yapı (A) 'nın batısına inşa edilen B blok tarihi yapı ile nispeten benzer klasik mimari stile sahiptir (Şekil 2.4). 1932 yılında Ulugazi Okulu'nu gösterir.



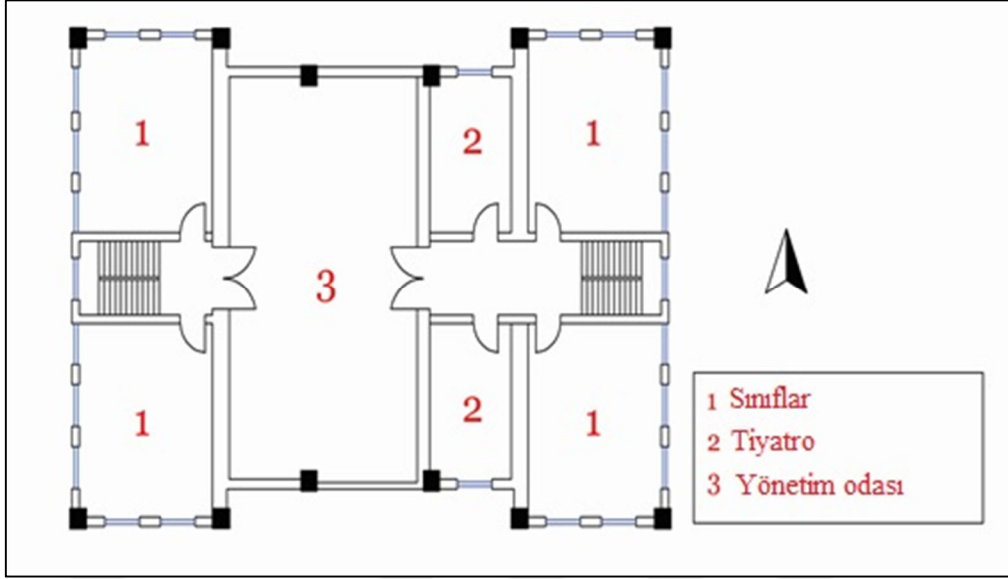
Şekil 2.4. Uluğazi İlköğretim Okulu, A Blok, 1932

Uluğazi Okulu karkas ve yığma sistemlerin birarada olduğu karma bir taşıyıcı sisteme sahiptir. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'ne göre binadaki yükler betonarme 12 kolon ve 8 taşıyıcı duvar üzerine eşit bir şekilde etki etmektedir.

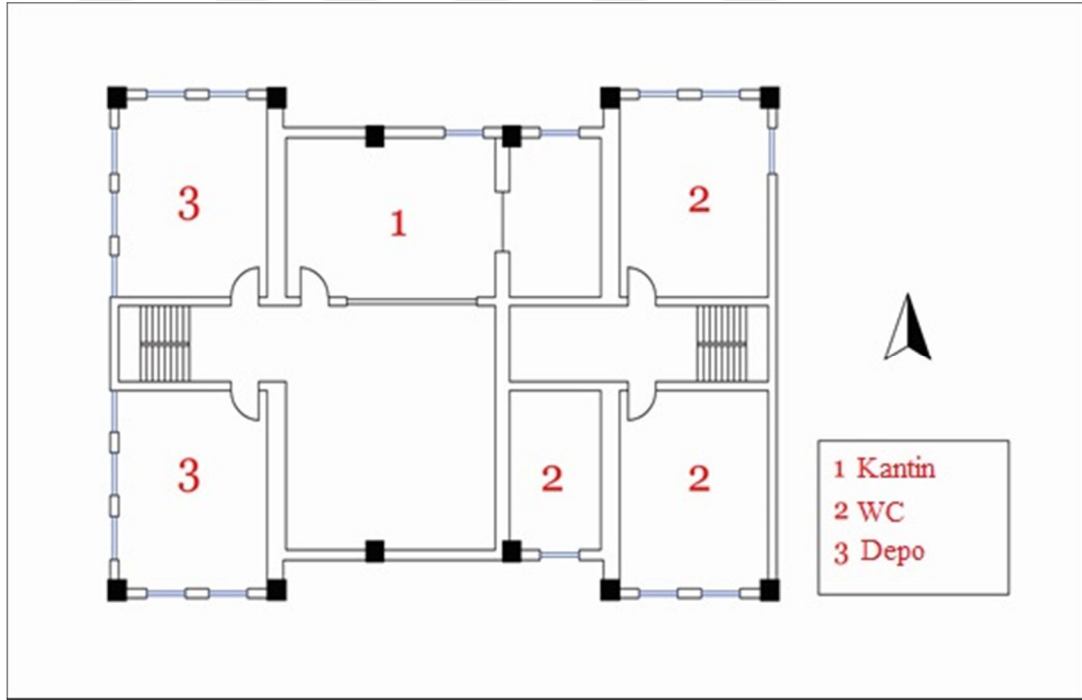
Şekil 2.5, 2.6, 2.7'de ısı konfor anket çalışmalarının yürütüldüğü katlar ve ısı zonlar görülmektedir.



Şekil 2.5. Zemin kat planı



Şekil 2.6. Birinci kat planı



Şekil 2.7. Bodrum kat planı

2.2.1. İklimsel ve görsel parameterlerine dair ölçüm verileri.

Ulugazi İlkokulu'na ait tarihi yapıda (A Blok) görsel ve iklimsel koşullara ait parametrelerin değişimlerini, büyüklüklerini ve etki derecelerini incelemek üzere 5 Mayıs 2014'de ölçüm çalışması gerçekleştirilmiştir.

Tarihi yapıda sıcaklık ve nem gibi mikroiklimsel koşulları belirlemek üzere Şekil 2.7’de gösterildiği gibi sınıfın ortasına denk gelen kısma sıcaklık veri kaydedicisi (datalogger) (Bkz. Ek C) yerleştirilmiş ve 10 saniyede bir, sürekli kayıt alınmıştır (Bkz. Ek A). Eş zamanlı olarak okul dışında konumlandırılan farklı bir sıcaklık nem veri kaydedicisi de dış ortam sıcaklık ve nem verilerini kaydetmiştir.

Tablo 2.1’de okul dışında ve sınıf içinde ölçülen sıcaklık ve nem verileriyle hesaplanmış minimum, maksimum ve ortalama değerler görülmektedir.

Tablo 2.1.Okul dışında ve sınıf içindeki ısı ve nem değerleri

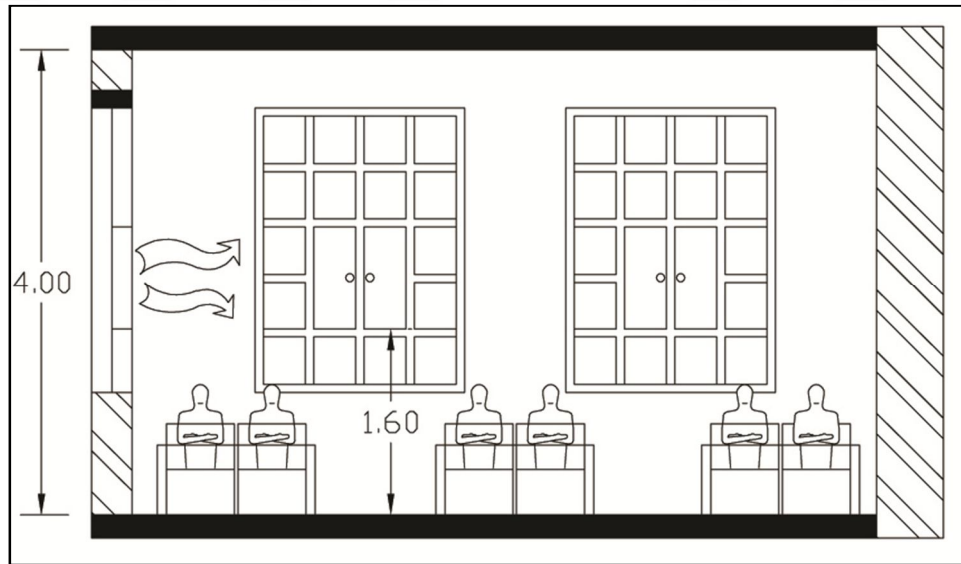
Yer Tarih	Sınıf Tarih (5/5/2014) Saat (10:45 – 11:14)	Dışarısı Tarih (5/5/2014) Saat (11:45- 12:15)
İşletme Isısı (C°)		
Maximum	27,9	24,1
Minimum	25,2	21,4
Ortalama	26,32	22,3
Bağıl Nem (%)		
Maximum	79	73,4
Minimum	53,6	61,8
Ortalama	59,8	64

Bu araştırma Mayıs ayında gerçekleştirilmiştir. Mayıs ayında genellikle hava ılıman, yumuşak olmasına rağmen okulun hala aktif sistemle ısıtıldığı, anket sonuçlarının da ortaya koyduğu verilerin de ortaya koyduğu veriler doğrultusunda öğrencilerin iç ortam sıcaklığından memnuniyet hissetmedikleri gözlenmiştir. Sınıf içi ve dışı arasındaki sıcaklık farkı 4°C olarak belirlenmiştir. Bu fark enerji kaybına yol açmaktadır. Ayrıca çocuklar ısı değişimine daha az toleranslı olduklarından bu sıcaklık farkı öğrencilerde memnuniyetsizlik yaratmıştır. Bu da Ulugazi İlköğretim Okulu’nda ısıtma enerjisi kayıplarını azaltmanın yanısıra öğrenciler için ısıl konfor şartlarının sağlanması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Araştırma süresi boyunca sınıflardaki hava akımlarına yönelik hız değişkenini ölçmek üzere Isı-anemometre (Bkz. Ek D) kullanılmıştır. Ölçüm aleti sıcaklık ve nem ölçümlerinin yapıldığı aynı sınıfta sıraların üzerine yerleştirilmiştir. Sabah ve

öğleden sonra gerçekleştirilen ölçüm aşamalarında 36 adet iç ortam hava hareketi hız değeri ölçülmüştür. Anemometre ile elde edilen tüm değerler sıfırdır. Hava akımı hızlarının sıfır olması dış ve iç ortam arasında hava değişimine bağlı olarak belli değer aralıklarında iç hava kalitesine, ısıl konfor için iç hava hareketi hızlarına ihtiyaç duyulan sınıflarda olumsuz koşullar yaratmaktadır. İç hava dağılımının ve hızlarının az olması, üstelik sıcaklık ve nem değerlerinin yüksekliği öğrencilerin ve öğretmenlerin eğitim süreçlerinde göstermeleri gereken performansı olumsuz yönde etkilemektedir.

Ulugazi İlköğretim Okulu'nda mevcut pencere açıklık konumunun hava akımı ve hareketi göz önünde bulundurulmadan oluşturulduğu gözlenmiştir. Şekil 2.8'de sınıfta öğrencilerin oturma pozisyonundaki yükseklikleri ve pencerenin açıklık yüksekliği arasındaki ilişki görülmektedir. Ayrıca Şekil 2.9 öğrencilerin oturma ve ayakta duruş seviyeleri ve bu seviyenin daha üstünde olası hava akımı bölgesini göstermektedir. Sınıfta hava akımlarının hız ve dağılımlarının kullanıcı oturma ve ayakta durma koşullarında etkinliğini ortaya koymak üzere simülasyon ve ölçüm çalışmalarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

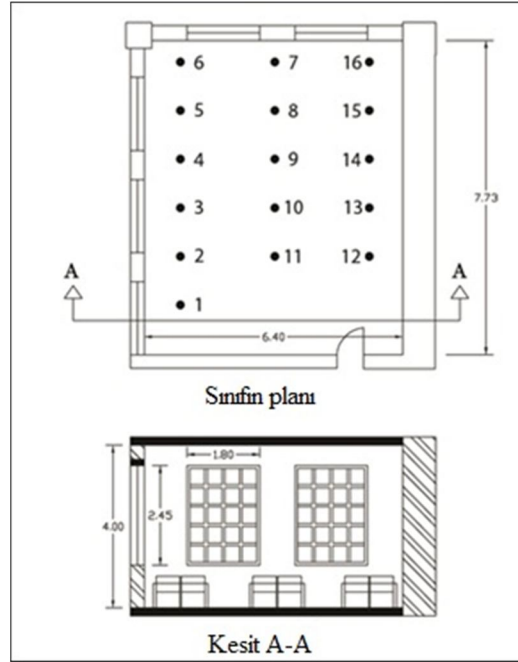


Şekil 2.8. İncelenen sınıfın kesiti



Şekil 2.9. İncelenen sınıflarda olası hava akımı seviyeleri

Tarihi binada ele alınan sınıfta aydınlık seviyelerini belirlemek üzere Luxmeter Aydınlık seviyesi ölçer (Bkz. Ek E) kullanılmıştır. Ölçüm aleti Sabah saat 10:45'te sıra üzerine yerleştirilmiştir. Tablo 2.2'de görülebileceği gibi sıra yüksekliği seviyesinde 16 adet aydınlık seviyesi değeri ölçülmüştür. Şekil 2.10 sınıftaki ölçüm alınan noktaların konumlarını göstermektedir.



Şekil 2.10. İncelenen sınıfta aydınlık seviyesi ölçüm noktaları

Tablo 2.2. Ölçüm noktalarında elde edilen değerler

Nokta	Lux	Nokta	Lux
1	956	9	121
2	883	10	143
3	420	11	125
4	473	12	111
5	499	13	81
6	303	14	43
7	130	15	54
8	133	16	78

Bölüm 1.1.1’de literatür taramasında bahsedildiği gibi, sınıflar için en uygun aydınlık seviyesi değeri 500 Lux’tür [16]. İncelenen sınıfta aydınlık seviyesi değerleri birbirine yakın değildir ve homojen bir dağılım göstermemektedir. Değerler pencere yakınlarında 500 Lux’ten fazla iken pencereden uzak konumlarda 100 Lux’ten azdır. Bu durum pencere kenarındaki sıralarda parlama probleminin azaltılması, pencereden uzak kısımlar için de aydınlık seviyelerinin artırılması gereğini ortaya koymaktadır. Bu da günışığı ve yapma aydınlatma sistemleri arasında uyumlu çalışma düzeni ile sağlanabilir.

2.2.2. Alan çalışması sonuçları

Sınıf ortamında öğrencilerin öğrenme süreçlerindeki performanslarını ve sağlığını etkileyen ısı ve görsel konfor parametrelerinin aldığı değerleri ölçmek ve değerlendirmek üzere eşzamanlı anket ve ölçüm çalışması gerçekleştirilmiştir. Ulugazi İlköğretim Okulu’nun tarihi yapısında iklimsel ve görsel konfor koşullarını değerlendirmek için hazırlanan ankette öğrencilerin yaş ve buna bağlı farkındalık seviyeleri, öğretmenlerin önerileri göz önüne alınmıştır (Bkz. Ek B). Bu anketin asıl amacı tarihi okul yapısında mevcut enerji tüketim miktarları ve iç ortam iklimsel görsel koşullar altında kullanıcı olarak öğrencilerin memnuniyet seviyelerini belirlemektir. Anket sorularını ölçümlerle eşzamanlı olarak 20 adet öğrenci cevaplamıştır. Öğrencilerin ısı hissiyatını, tercihlerine yönelik ölçütler aşağıda yer almaktadır.

A) Isısal Duyum Ölçütleri (IDÖ): Sınıftaki öğrenciler için ısı hissiyatı belirlemek üzere ankette ASHRAE’de tanımlanan Fanger ölçeği kullanılmıştır. [-1, 0, 1] arası oylar normal koşulları ifade eden cevaplar olarak sınıflandırılmıştır ve [-3, -2] ve

[3,2] arası oylar memnuniyetsizlik belirten cevaplar olarak düşünülmüştür. Tablo 2.3 öğrencilerin sınıflardaki ısı koşullarına yönelik oylarını ve her koşul için cevap sayılarını göstermektedir. Tablodan görülebileceği gibi, öğrencilerin sınıftaki konumlarına bağlı olarak iklimsel koşullardan etkilenme durumları değişim göstermektedir. Pencere kenarında oturan öğrencilerin çoğu pencerelerden güneş kazanımları yüksek olduğu için iç ortam iklimsel koşullarını sıcak veya ılık olarak değerlendirirken diğer öğrenciler ortamı iklimsel açıdan rahat, serin ya da soğuk olarak tanımlamışlardır.

Tablo 2.3. Isıl duyum derecelerinin değişimi

IDÖ ölçüsü	(-3) Soğuk	(-2) Serin	(-1) Az serin	(0) Rahat	(1) Az ılık	(2) Ilık	(3) Sıcak
Oylar	2 (10%)	2 (20%)	1 (5%)	4 (15%)	1 (5%)	4 (20%)	6 (30%)

B) Isıl Koşullara Yönelik Memnuniyet Ölçeği (IKYM): Öğrenciler için ısı koşullardan ne şekilde etkilendiklerini belirlemek üzere ASHRAE, Fanger ölçeği kullanılmıştır. [-1, 0, 1] arası oylar “tarafsız” cevaplar olarak sınıflandırılmıştır fakat [-3, -2] arası oylar memnuniyet belirten cevaplar olarak, [3,2] arası oylar ise memnuniyetsizlik belirten cevaplar olarak sınıflandırılmışlardır. Tablo 2.4 öğrencilerin ısı koşullardan memnuniyet şekillerini ve her durum için cevapların sayısını ve yüzdesini göstermektedir. Tabloda görülebileceği gibi, öğrencilerin çoğunluğu sınıftaki ısı koşullardan memnun değildir.

Tablo 2.4. Öğrencilerin ısı koşullardan memnuniyet dereceleri ve her durum için cevapların sayısı, yüzdesi

IKYM ölçüsü	(-3) Çok memnun	(-2) Memnun	(-1) Az memnun	(0) ok	(1) Az memnuniyetsiz	(2) Memnuniyetsiz	(3) Çok memnuniyetsiz
Oylar	1 (5%)	2 (10%)	3 (15%)	3 (15%)	2 (10%)	4 (20%)	5 (25%)

C) Isıl Koşullara Yönelik Tercih Ölçeği (IKYT): Bu ölçek öğrencilerin mevcut ısı koşullarına yönelik nasıl bir değişiklik istediklerini göstermektedir. Tablo 2.5’te sınıfta gerçekleştirilen anket sonucunda ısı konfor koşullarının değişimi konusunda beklentiler görülmektedir.

Tablo 2.5. Isıl koşullara yönelik tercih ölçeği

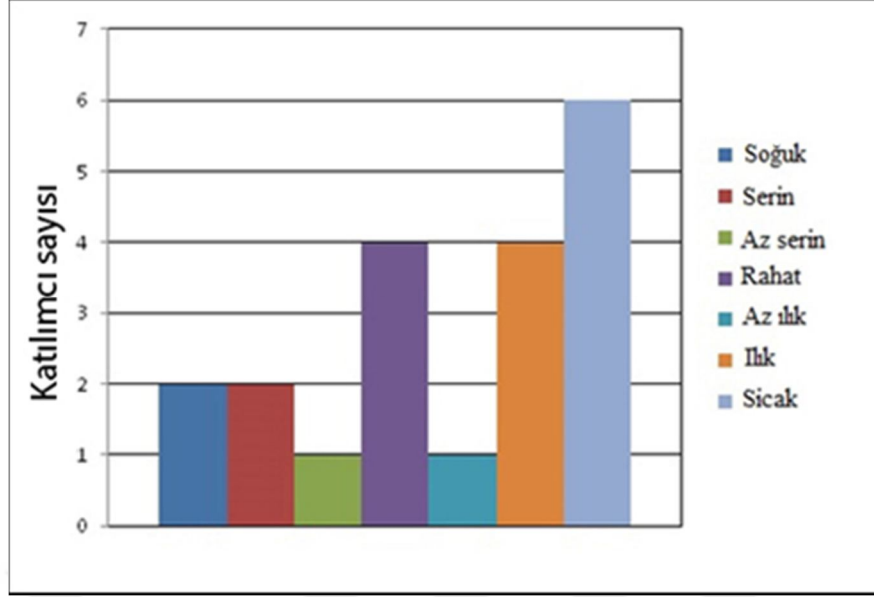
IKYT ölçüsü	Daha ılık	Değişim yok	Daha soğuk
Sınıf	1 (5%)	8 (40%)	11 (55%)

Sınıflarda 24°C üzerindeki iç ortam sıcaklıkları eğitim ve öğretim süreçlerini olumsuz şekilde etkilemektedir. Sınıf için uygun ısının maksimum 30°C olması gerekmektedir (Yorucu işler yapanlar için 27°C olmalıdır) [26].

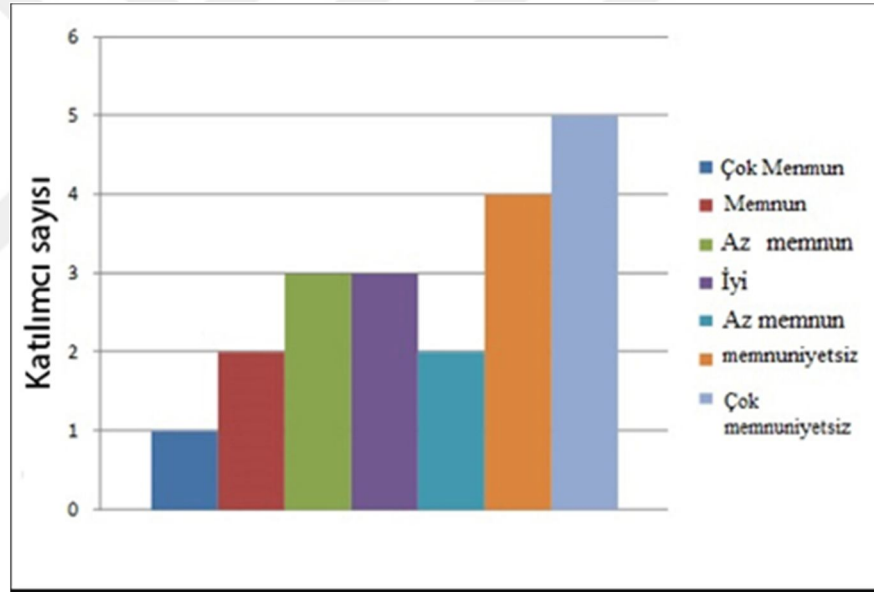
İncelen sınıfta ölçülen 26,32°C sıcaklık değeri Tablo 2.1’de verilen değerlere göre ortalamanın üzerindedir. Anket sonuçları da karşılaştırıldığında Şekil 2.11’den de görüldüğü gibi öğrenciler sınıftaki ısı konfor koşullarından memnuniyetsizliklerini ortaya koymuşlardır.

Çalışma süresi boyunca öğrencilerin Mayıs ayına uygun ince kıyafetler giymesi de bu durumu desteklemektedir. Ayrıca Şekil 2.11 ve 2.12’de görülebileceği gibi, anketteki değerler öğrencilerin daha serin bir ortamda olma arzusunda olduğunu ve tavsiye edilen ısı (24°C) olan değere ulaşmanın gereğini ortaya koymaktadır. Bu sıcak ortam ve buna bağlı memnuniyetsizlik pencerelerden etkiyen direkt güneş ışınımı ve radyatörlerden kaynaklanan fazla ısı kazanımları nedeniyle oluşmaktadır.

Öğrencilerin çoğunluğu iç ortamı sıcak ve konforsuz olarak nitelemiştir. Bu da sınıflarda güneş ışınımı etkisiyle ve ısıtma sisteminin gereğinden fazla çalıştırılması nedeniyle oluşan istenmeyen ısı kazanımlarının azaltılması gereğini doğurmaktadır. Şekil 2.12’deki ısı koşullara yönelik tercih ölçeği araştırma sürecindeki memnuniyetsizlik derecesini göstermektedir.



Şekil 2.11. Isıl hissiyata yönelik ölçek



Şekil 2.12. Isıl koşullardan memnuniyet oranları

Havalandırmaya yönelik duyum, havalandırma ve iç hava kalitesine yönelik tercihler aşağıda incelenmiştir;

A) Havalandırmanın Hissedilmesine Yönelik Duyum Ölçeği (HHYD): ASHRAE’de Fanger’e ait havalandırmanın hissedilmesine yönelik duyum aralıkları öğrenciler için anket çalışmasıyla belirlenmiştir [30]. Bu ölçeğe göre [-1, 0, 1] arası oylar “tarafsız” olarak sınıflandırılmıştır, [-3, -2] ve [3, 2] arası oylar ise memnuniyetsizliği belirten cevaplar olarak sınıflandırılmıştır. Tablo 2.6’da görüldüğü üzere, sınıftaki hava akışı eksikliği değerlerinden dolayı öğrencilerin hissi

aynı sınıf içinde genellikle benzerdir. Hava akımı hızı ve dağılımlarının olmaması nedeniyle cevapların büyük çoğunluğu 3 ve 2 değerlerinde yoğunlaşmıştır. %25 oranında öğrenci de bu durumdan rahatsız olmadığını belirtmiştir.

Tablo 2.6. Havalandırma hissi ölçek değerleri

HHYD Ölçeği	(-3) Çok rüzgârlı	(-2) Rüzgârlı	(-1) Az rüzgârlı	(0) Rahat	(1) Az durgun	(2) Durgun	(3) Çok durgun
Sınıf	0	0	2 (10%)	5 (25%)	0	2 (10%)	11 (55%)

B) İç hava Kalitesine Yönelik Memnuniyet Ölçeği (İKYM): ASHRAE’de Fanger ölçeğine [30] göre öğrenciler için iç hava kalitesine yönelik memnuniyet dereceleri belirlenmiştir. [-1, 0, 1] arası oylar “tarafsız” cevaplar olarak sınıflandırılmıştır. [-3, -2] arası oylar memnuniyet, [3, 2] arası oylar ise memnuniyetsizlik belirten cevaplar olarak ele alınmıştır. Tablo 2.7’de öğrencilerin iç hava kalitesine yönelik memnuniyet derecelerinin dağılımı ve miktarı yer almaktadır. Bu tabloya göre öğrencilerin çoğunluğunun sınıftaki iç hava kalitesinden memnun olmadığı görülmektedir.

Tablo 2.7. İç hava kalitesinden memnuniyet dereceleri ve dağılımları

İKYM ölçeği	(-3) Çok memnun	(-2) Memnun	(-1) Az memnun	(0) Ok	(1) Az memnuniyetsiz	(2) Memnuniyetsiz	(3) Çok memnuniyetsiz
Sınıf	5 (25%)	0	2 (10%)	1 (5%)	2 (10%)	3 (15%)	7 (35%)

C) Havalandırma Koşullarına Yönelik Tercih Ölçeği (HKYT): Bu ölçek öğrencilerin mevcut havalandırma koşullarına yönelik nasıl bir değişiklik beklentisi içinde olduklarını göstermektedir. Tablo 2.8’de bu beklentilere yönelik sınıftaki dağılım görülmektedir.

Tablo 2.8. Havalandırma koşullarına yönelik tercihler ve dağılımları

HKYT ölçeği	Daha çok hava akışı	Değişim İstenmiyor	Daha az hava akışı
Sınıf	14 (70%)	6 (30%)	0

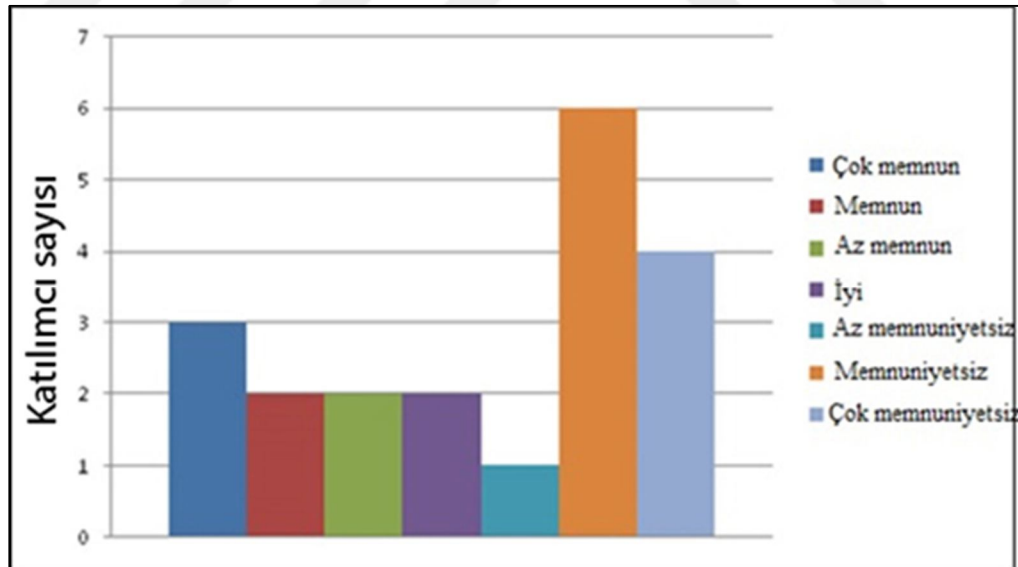
Görsel konfora yönelik duyum, memnuniyet dereceleri ve tercihler aşağıda incelenmiştir:

A. Görsel Konfora Yönelik Memnuniyet Ölçeği (GKYM): ASHRAE’de Fanger ölçeğine göre öğrencilerin iç aydınlatma seviyesi ve dağılımlarına göre oluşan görsel koşullardan memnuniyet dereceleri belirlenmiştir [30]. [-1, 0, 1] arası oylar “tarafsız” cevaplar olarak sınıflandırılmıştır. [-3, -2] arası oylar memnuniyet, [3, 2] arası oylar ise memnuniyetsizlik belirten cevaplar olarak ele alınmıştır. Tablo 2.9’da öğrencilerin görsel konfora yönelik memnuniyet derecelerinin dağılımı ve miktarı yer almaktadır. Memnuniyet derecelerinin pencere yanında oturmaya bağlı olarak artış gösterdiği tablodan da görülebilmektedir.

Tablo 2.9. Görsel konfora yönelik memnuniyet dereceleri ve dağılımları

GKYM ölçeği	(-3) Çok memnun	(-2) Memnun	(-1) Az memnun	(0) Ok	(1) Az memnuniyetsiz	(2) Memnuniyetsiz	(3) Çok memnuniyetsiz
Sınıf	3 (15%)	2 (10%)	2 (10%)	2 (10%)	1 (5%)	6 (30%)	4 (20%)

Şekil 2.13 öğrencilerin görsel koşullardan memnuniyet derecelerini göstermektedir. Pencereden uzak olanlar ve duvara yakın olanlar aydınlatma koşulları hakkında memnuniyetsizliklerini belirtmişlerdir.



Şekil 2.13. Sınıf için görsel koşullardan memnuniyet oranları

B. Görsel Konfor Koşullarına Yönelik Tercihlerin Dağılımları (GKYTD): Öğrencilerin sınıflarda görsel konfor koşullarının değişimine yönelik tercihleri ve bu tercihlerin öğrenci sayısına bağlı olarak dağılımları Tablo 2.10’da gösterilmiştir.

Tablo 2.10.Görsel konfor koşullarına yönelik tercihlerin dağılımları

GKYTD ölçeği	Daha çok gün ışığı	Değişimsiz	Daha az gün ışığı
Sınıf	9 (70%)	8 (30%)	3

2.2.3. Ulugazi ilköğretim okulu tarihi niteliğe sahip yapıda (A blok) enerji tasarrufu sağlamaya yönelik imkanlar ve uygulanabilecek iyileştirme ölçütleri

Ulugazi İlköğretim Okulu'nda ısıtma sisteminin uygun değer aralıkları ve sürelerinde işletilmemesinden kaynaklanan yüksek sıcaklık dağılımları enerji tüketimi ve ısı konfor bağlamında problem yaratmaktadır. Bunun yanı sıra yapı kabuğundan özellikle pencere doğramaları ve taşıyıcı sisteme denk gelen kısımlardan ısı kayıpları meydana gelebilmektedir. Binadaki ısı kayıplarını azaltmanın yollarından birisi ısı köprüsünü azaltmak üzere yapı kabuğunda gerçekleştirilebilecek müdahalelerdir. Mevcut tarihi okul yapısında planlı koruma kapsamında yapı kabuğunda elektrik ve mekanik sistemlerde enerji verimliliğini arttırmaya yönelik iyileştirme ölçütleri aşağıdaki bölümlerde incelenmiştir.

2.2.3.1. Çatıda yalıtım

Ulugazi Okulu tarihi blok ahşap konstrüksiyonla inşa edilmiş kullanılmayan yalıtımsız, eğimli çatıya sahiptir. Isı transferlerini en aza indirmek üzere tarihi çatıyı yalıtım suretiyle enerji tasarrufu sağlama imkânı bulunmaktadır. Ancak yüksek nem nedeniyle ahşap çatı elemanlarında oluşabilecek zararları önlemek için iyi bir havalandırma sağlanması gerekmektedir.

Söz konusu yapının çatı konstrüksiyonuna tavan seviyesinde yalıtım katmanı eklenmesi ısı performansını arttıracaktır. Yalıtımın iki katman halinde tavan kirişleri arasına yerleştirilebilir. Selüloz yalıtım malzemeleri tarihi çatılarda uygun seçeneklerden birisidir [42]. Yalıtım ısıyı iç mekânda tutup çatı boşluğuna kaçışını engelleyecektir. Yüksek nemden dolayı ahşap çatı elemanlarında olabilecek herhangi bir hasardan kaçınmak için. Bu iki müdahale Ulugazi İlköğretim Okulu'nun tarihi çatısı orijinal dokusunu koruma bağlamında sorun yaratmayan çözümlerdir. Benzer uygulamalar 2011'de iyileştirme ölçütlerinin uygulandığı Letonya, LiepajaŞehri'ndeki sanat okulunda, 2009'da Polonya, Gdansk Şehri'ndeki askeri ofis

binasında, Danimarka, Kopenhag Şehri'ndeki apartman tipolojisindeki tarihi yapılarda gerçekleştirilmiştir.

2.2.3.2. Duvarlarda yalıtım uygulaması

Ulugazi İlköğretim Okulu 'nda iç duvar yüzeylerinde yeralan mevcut sıvanın özgün ve estetik değeri olmadığı için, iç yüzeyde gerçekleştirilecek yalıtım uygulaması enerji verimliliği sağlamak için uygun bir seçenek olarak görülebilir.

1. Yalıtım malzemesi direkt olarak yüzeye tatbik edilebilir.
2. Yöntemde iç yüzey önünde ahşap yüzey konstrüksiyonu oluşturulup arası yalıtım malzemesi ile doldurulmasıdır. En dış kısma da bir bitirme malzemesi uygulanabilir.
3. Yöntemde içi yalıtımla dolu olan hazır alçı paneller iç duvar yüzeylerine monte edilebilir.

2.2.3.3. Arakat ve zemine oturan döşemede yalıtım uygulamaları

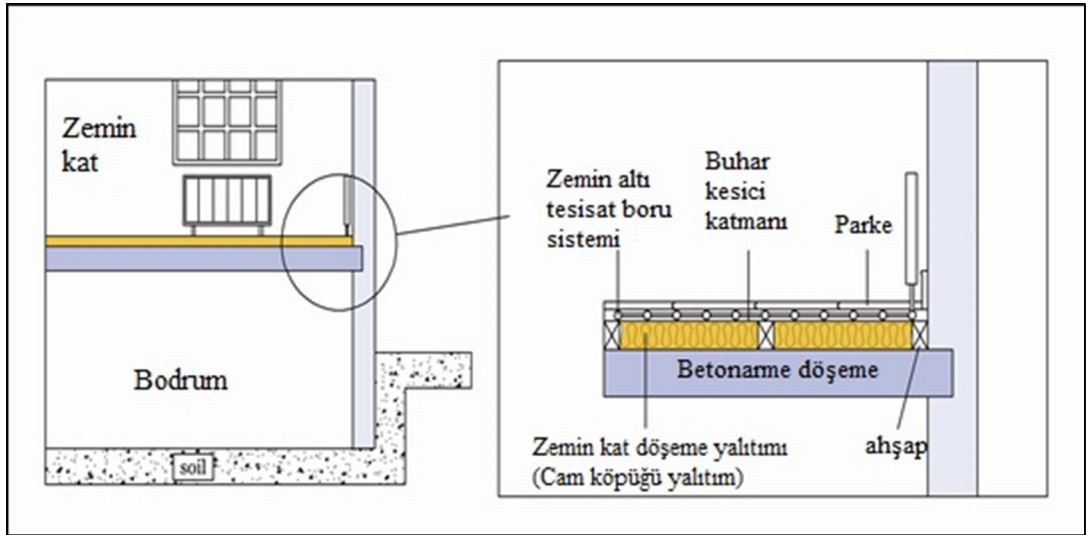
Zemine oturan döşeme ve toprak arasında sıcaklık farkına bağlı olarak gerçekleşen ısı transferlerinin yoğunluğu nedeniyle bu kısma yalıtım katmanı eklenmesi ısı kayıplarını azaltarak enerji verimliliğinin artışı sağlayacaktır.

Fakat Ulugazi İlköğretim Okulu'nda zemine oturan kısımda yalıtım uygulaması, bodrum kat ısıtılmadığından ısı kaçışlarının ara kat döşemesi ve bodrum kat arasında gerçekleşme riski nedeniyle gereksiz bir uygulama olacaktır. Ayrıca bodrum katta yer alan 26 pencereden 22'si kapalı tutulmakta ve kullanılmamaktadır. Bu sebeple düşük oranda hava değişimi, hava hareketi hızı ve dağılımı oluşmaktadır. Bu kat depo, tuvalet ve kantin gibi yan işlevler için kullanılmaktadır. Sonuç olarak bu katın yalıtılmasıyla düşük havalandırma nedeniyle dışarıya atılmayan su buharı yalıtım yüzeyinde yoğunlaşarak tarihi yapı duvarında bozulmalara neden olabilecektir.

Zemin kat ısıtılmaktadır. Zemin kat ve bodrum kat arasındaki döşemede yalıtım katmanı olmadığı için ısı kayıpları oluşmaktadır. Dolayısıyla zemin kat döşemesine uygun kalınlıkta yalıtım katmanı eklenmesi ve özellikle zeminde yerden ısıtma sistemi alternatifinin uygulanmasıyla bodrum kat yönüne doğru ısı kayıpları engellenebilecektir. Zeminden ısıtma kanallarının eklenmesi tarihi yapıya ait yassı taş birimlerinde oluşabilecek tuz ve nem problemlerini azaltabilecektir. Çünkü tesisata ait kanallar taş birimlerini ısıttığında buradaki nemin buharlaşmasına ve

yoğuşma problemlerinin azalmasına katkı sağlayacaktır. Bu yaklaşım enerji verimliliği sağlarken, diğer taraftan tarihi yapıdaki malzemelerin korunması açısından avantaj sunmaktadır.

Enerji verimliliğini sağlamaya yönelik gereksinimleri sağlarken, koruma bağlamında yapıda herhangi bir değişime ya da tamamiyle kaldırma gibi müdahalelere başvurmama hassasiyeti ile döşemede yer alan taş katmanları profesyonel yöntemlerle yerinden kaldırılarak yerden ısıtma sistemi ve yalıtım katmanı yerleştirilmelidir. Bu katmanlar üzerine tekrar orijinal döşeme katmanı yerleştirilerek yapının özgün döşeme konstüksiyonu korunmalıdır. Oluşturulan ek teknik döşeme kısmı iki ana katman içermektedir. Birinci katman ısı kaçışlarını engellemek üzere tercih edilen yalıtım katmanıdır. Zemin döşemesinde püskürtülerek uygulanabilmesi ve bu bağlamda ulaşılması zor kısımlara da nüfus edebilme özelliği nedeniyle cam köpüğü gibi malzemelerin kullanılması uygun olabilmektedir. Bu malzeme hava ve nem etkilerine karşı da dayanıklı bir malzeme olduğundan diğer buhar difüzyon direnci az olan diğer katmanlar arasındaki nem dengelerini olumsuz biçimde etkileme potansiyeli vardır. İkinci katman ise buhar ve su bariyer katmanının altına direkt olarak kurulabilen ısıtma tesisatıdır. Şekil 2.15'te zemin kat döşemesinde önerilen yalıtım uygulaması görülmektedir.



Şekil 2.14. Zemin katta yalıtım örneği

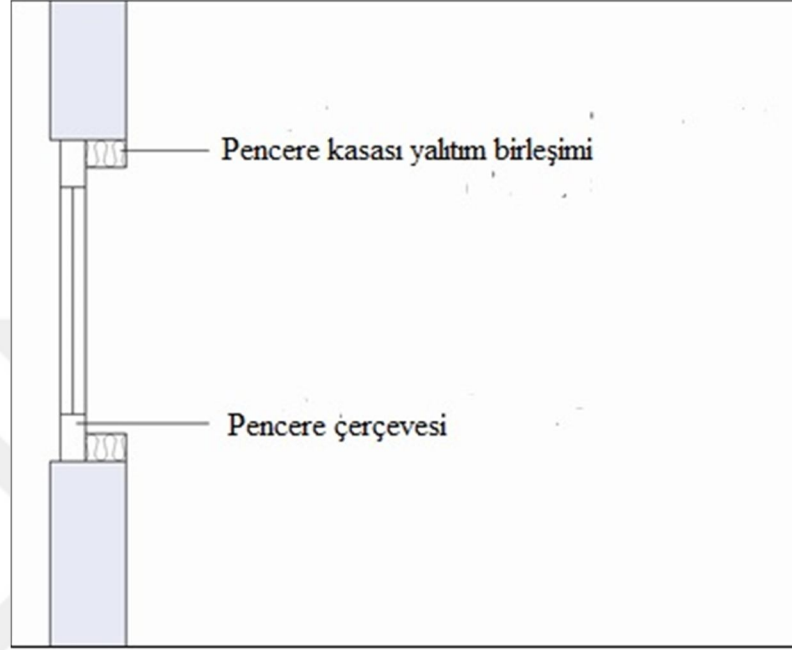
2.2.3.4. Pencereleerde enerji iyileŖtirme ölçütlerinin uygulanması

Pencere hava sızdırmazlığının arttırılması tarihi yapılarda enaz maliyetle enerji verimliliği sağlayan yaklaŖımlardan birisidir. Ayrıca pencerelere yapılacak müdahaleler içerisinde bina görünüşünün değişimine enaz miktarda etkisi olurken kullanıcı ısı konforunun geliştirilmesinde, ısıtma enerjisinin azaltılmasında büyük miktarda katkı sağlayan bir yöntemdir. Hava sızdırmazlığının arttırılmasıyla pencerelerden etkiyen dış ortam gürültüsünün azaltılması sağlanırken ve dışarıdan etkiyen kirli havanın iç mekana nüfus etmesi de engellenebilmektedir. Pickles 2016'nın gerçekleştirdiği çalışmaya göre pencerelerde hava sızdırmazlığı sağlamaya yönelik müdahalelerle odayı ısıtmak için gereken enerji miktarı %33 ve %50 arasında düşürmek mümkün olabilmektedir [47].

Orijinal doku ve malzemeli pencere ve kapılar tarihi yapıların kimlik ve karakterine büyük bir katkıda bulunmaktadır. İlk yaklaŖım bu bileşenleri kaldırmaktan ziyade korumaya yönelik olmalıdır. Buna bağlı olarak pencerelerde yapılacak müdahalelerle enerji verimliliğini arttırmaya yönelik iyileştirme yaklaŖımlarında da orijinal pencere bileşeninde minimum değişikliği gerektiren çözümlerin öncelikli olarak ele alınması gerekmektedir.

Ulugazi ilköğretim Okulu mevcut tarihi yapısının cephesinde konumlanan pencerelerde ısı köprüleri de cam yüzeyler geniş ve yüksek olduğu için fazla miktarda oluşmaktadır. Bu sebeple sınıflardan pencereler yoluyla dış ortama ısı kaçışlarını engellemek üzere pencerelerin performansını arttırmak gerekmektedir. Çift camlı pencere sistemleri tek camdan oluşan pencere sistemlerine nazaran daha etkili bir ısı performansına sahiptir. Ancak Ulugazi İlköğretim Okulu'nda, mevcut pencerelerin çift katmanlı birimlerle değiştirilmesi görüntü, doku değişimine neden olabilecektir. Doğrama kısımlarında çift camın yerleştirelmesi için daha kalın ahşap kasa ve kanat bileşimlerine ihtiyaç doğabilecektir. Tek camın ağırlığının 4 misline çıkabilen yeni cam sistemi açık konumdayken pencere kanadının dengelenmesinde sorun yaratabilecektir. İkinci katman halinde cam yüzey içeren bir ahşap pencere kanadı eklemek uygun bir seçenektir. Çünkü ikinci cam yeni bir kasa ve kanatla taşınacağından orijinal pencere sisteminde herhangi bir değişiklik yapılamasına gerek kalmamaktadır.

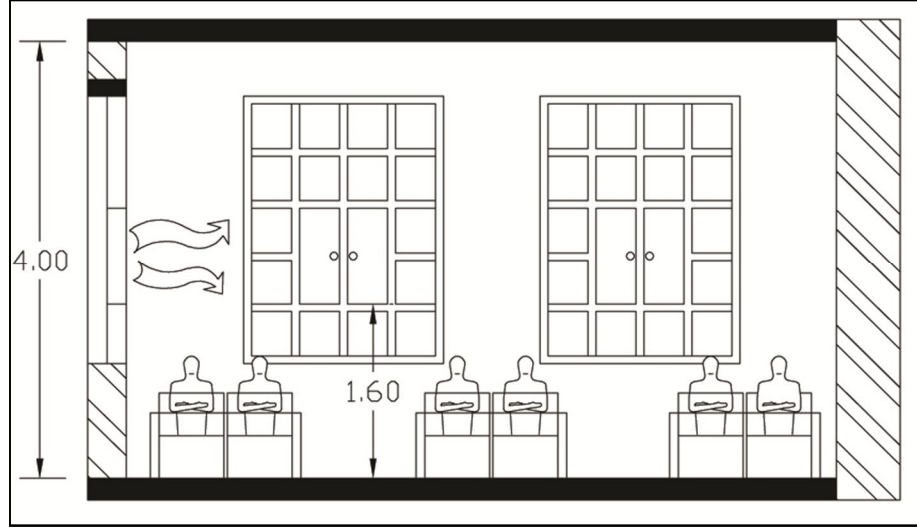
Diğer bir yöntem olarak pencere dış köşelerinde, duvar birleşimlerinde yalıtım amaçlı bir katman eklenmesinin, ısı kayıplarını azaltma ve kullanıcı ısıl konfor koşullarının sağlanmasına, dış gürültünün azaltılmasına katkısı olacaktır. Şekil 2.16'da bu yaklaşıma yönelik detay görülmektedir.



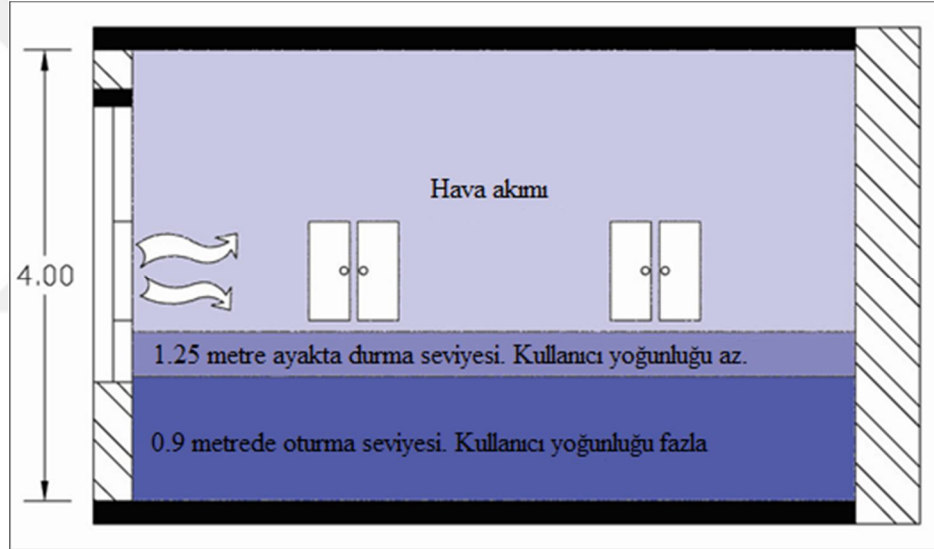
Şekil 2.15. Pencere yalıtım

Araştırmada sabah ve öğleden sonra gerçekleştirilen hava akımı hız ölçümlerinde 36 ölçüm değerinin tümünün sıfır olduğu görülmüştür. Hava akımı hızı ve dağılımının söz konusu olmaması, öğrencilerin yüksek sıcaklık, nemden ve yetersiz iç hava kalitesinden rahatsız olduğu bu sınıflarda kabul edilemez bir durumdur. İç hava akımı eksikliği öğrencilerin ve öğretmenlerin performanslarını olumsuz yönde etkilemekte, sağlıklarını bozmaktadır.

Ulugazi İlköğretim Okulu'nda pencerelerin tasarımı hava akımı ve hareketini olumsuz biçimde etkilemektedir. Şekil 2.17'de incelenen sınıfta öğrencilerin oturma pozisyonundaki yükseklikleri ile pencere kanatlarının açıldığı kısım arasındaki fark görülmektedir. Ayrıca Şekil 2.18'de öğrencilerin oturur ve ayakta pozisyonlarındaki yükseklikleri ve bu yüksekliğe göre çok daha yukarı seviyelerde oluşan hava akımı alanı görülmektedir. Bu fiziksel koşulların öğrenciler üzerinde yarattığı memnuniyetsizlik durumu anket sonuçlarında da anlaşılabilir.



Şekil 2.16. İncelenen sınıfta pencere yükseklikleri

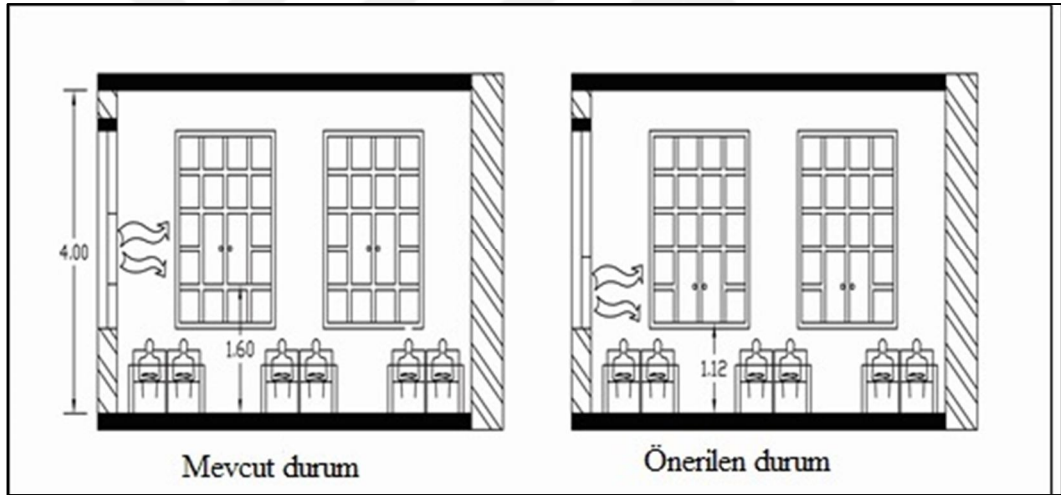


Şekil 2.17. İncelenen sınıflarda hava akımının düzeyleri

Öğrenciler pencereler açık olsa bile hava hareketinde herhangi bir fark hissetmediklerini belirtmişlerdir. Tarihi yapıda doğal havalandırma etkinliğinin olamaması için ana sebep hava akımlarının öğrencilerin kullanım seviyelerinden yüksek kısımlarda gerçekleşmesi olduğu düşünülmekle beraber bu durumun simülasyon yoluyla ortaya konulması gerekmektedir. 2.2.2 Bölümü'nde yeralan anket sonuçları öğrencilerin tarihi binada yeralan sınıfta havalandırma koşullarından memnuniyetsizliklerini ifade etmişlerdir.

Enerji verimliliğini arttırmak üzere gerçekleştirilen iyileştirme süreçlerinin parçası olarak ısı konfor koşullarının optimum değer aralıklarına çekilmesi gerekmektedir.

Ulugazi İlköğretim Okulu'nda bu koşulları sağlamak üzere pencere açıklık seviyesi öğrencilerin oturma pozisyonuna denk gelen yüksekliklere indirilmelidir. Tarihi yapıdaki pencere yüksekliklerinin fazla oluşu ortada yer alan açıklıkların alt kısımlara kaydırılmasına imkân sunmaktadır. Kaydırma işlemiyle açıklık hizası yaklaşık olarak öğrencilerin ayakta durma pozisyonlarına denk gelecek ve hava akımlarından faydalanmalarını sağlayacaktır. Ayrıca oturma pozisyonlarında dahi hava akımlarının hız etkisini hissedebileceklerdir. Bu yaklaşım cepheyi değiştirecek bir müdahale olduğundan tarihi yapılar için tercih edilememektedir. Şekil 2.19 mevcut durum ve öneri pencere açıklık pozisyonlarında açıklıklardan etkileyen hava akımlarının seviye farkını ortaya göstermektedir. Ancak tarihi yapıların korunması sadece cephenin korunması anlamına gelmemektedir [49]. Bu bağlamda hava akımı etkilerini arttırmak üzere öncelikli olarak sınıflarda tavanlarda enerji verimli fanlarla iç hava hareketi hızı ve dağılımının artırılması tercih edilmelidir.

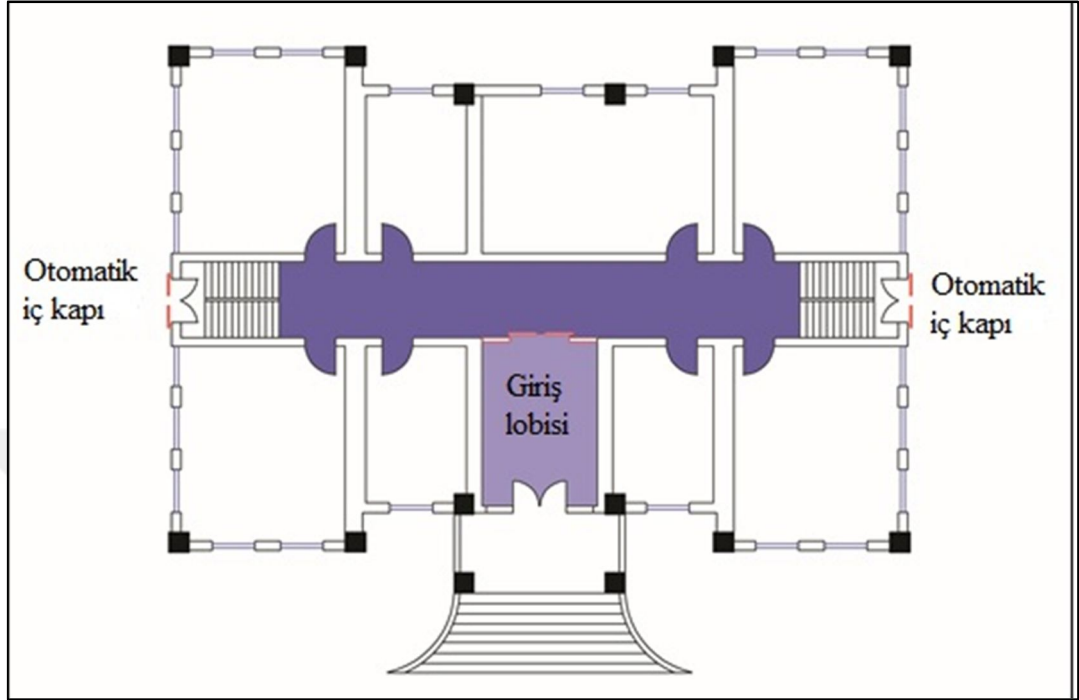


Şekil 2.18. Önerilen havalandırma şekli

2.2.3.5. Kapı ve koridorlarda enerji iyileştirme ölçütlerinin uygulanması

Ulugazi İlköğretim Okulu'nda koridor ve kapılar ısı kayıplarına neden olmaktadır. Sınıflardan koridorlara doğru kapılar aracılığıyla ısı kaçışları gerçekleşmektedir. Öğrenciler tenffüslerde 5 dakika süreyle oyun alanlarına çıkmaktadır ve ana kapılar gün boyunca açık konumda durmaktadır. Okullarda enerji iyileştirme süreçlerinin bir parçası olarak, havalandırma yoluyla ısı kayıplarını azaltmak üzere hava sızdırmaz giriş lobileri, rüzgarlıklar oluşturulması önerilebilir. Bina içinden dışarıya doğru hava akışlarını kontrol etmek amacıyla hava sızdırmaz giriş lobilerinde otomatik sensörlü

kapı tipleri tercih edilmelidir. Şekil 2.20 giriş lobisini ve tarihi binada zemin kata eklenen kapıları göstermektedir.



Şekil 2.19. Zemin kata eklenmiş olan giriş lobisi ve iç kapı

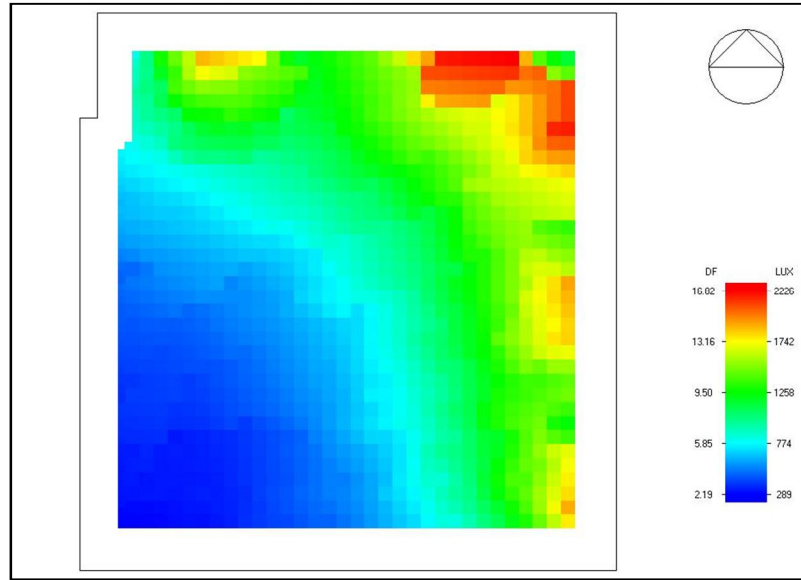
2.2.3.6. Elektrik tesisatlarında enerji iyileştirme uygulamaları

Ulugazi İlköğretim Okulu tarihi binada asansör ve mekanik havalandırma sistemi olmadığı için, elektrik tüketiminin çoğu sınıflardaki yapay aydınlatma sistemleri nedeniyle oluşmaktadır. Dolayısıyla yapma aydınlatma sistemlerinden kaynaklanan enerji tüketimlerinin azaltılması binadaki enerji tasarrufu için etkili bir yaklaşımdır. Gün içerisinde yapay aydınlatma sistemleri yerine günışığı kullanılarak doğal aydınlatma sağlanması ilk hedef olmalıdır. Sınıflarda ideal parlaklık ve aydınlık seviyeleri sağlamak üzere doğal aydınlatma ve yapma aydınlatma sistemlerinin entegre biçimde çalışması ideal bir yaklaşımdır.

Tarihi yapıdaki saydam yüzeylerin genişlik ve yüksekliğinin fazla olması gün boyunca sınıflara yeterli miktarda gün ışığı girişini sağlamaktadır. Okullarda günışığı kullanımını en üst seviyeye çıkarmak üzere aydınlatma sistemlerinin kontrol edilmesi ve yapma aydınlatma sistemlerinin kullanıldığı zaman aralıklarını azaltma imkânları bulunmaktadır.

Tarihi yapıdaki sınıfların çoğunda 22,05 m² yüzey alanına sahip beş pencere bulunmaktadır. Bu alan sınıf döşeme alanının %29,75'ine tekabül etmektedir.

Tarihi yapıda aydınlatma uygulamasında doğal ve yapay aydınlatma sistemleri arasında entegrasyon sağlanamamıştır. Sınıftaki aydınlatma elemanları sınıfın orta hattına yerleştirilmiştir. Bu aydınlatma elemanları pencere yanında ek aydınlatmaya ihtiyaç duyulmayan alanları da aydınlatmaktadır. Sınıflar için uygun aydınlık seviyesi 500 Lux'tür. Bu kısımlarda aydınlık seviyesinin bu değer üzerinde olması öğrencilerin sağlığı açısından uygun olmamaktadır. Şekil 2.21 Designbuilder programıyla söz konusu sınıflar için aydınlık seviyesi ve dağılımlarının belirlenmesine yönelik bir simülasyon gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyondan elde edilen görselde de görülebildiği üzere kapıya yakın kısımlar ve iç duvarlara yakın bölgeler yapay aydınlatma sistemleriyle aydınlatılmalı, yapay aydınlatma ve doğal aydınlatma sistemlerinin bir arada çalışması sağlanmalıdır. Bunun yanısıra sınıftaki bütün lambalar farklı kontrol mekanizmaları sunmayan tek bir anahtarla açılıp kapanmaktadır. Tarihi yapıda aydınlatma koşullarının verimli olmadığı ve enerji kaybına yol açtığı görülmektedir.



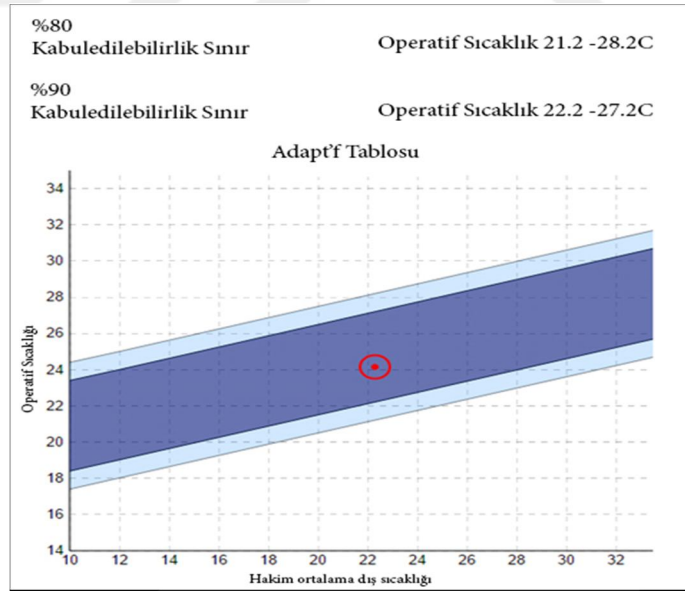
Şekil 2.20. Designbuilder programıyla aydınlık seviyesi ve dağılımı simülasyonu

Şekil 2.22'de de görüldüğü gibi gün ışığı ve yapay aydınlatma arasındaki entegrasyonu sağlamak üzere sınıflarda lambaların konumları değiştirilmelidir. Dört grup aydınlatma elemanı karanlık noktaları ve pencere yakınındaki kısımları

2.1.4 Bölümü'nde belirtildiği gibi, Adaptif modeli özellikle çocuklar için uygun konfor sıcaklık değerlerini belirlemede etkili bir yöntemdir. Çünkü bu modelde çocukların dış ortam iklimsel koşullarına kendilerini adapte etme eğilimleri göz önüne alınmaktadır. Ayrıca bu model hem insanlara yönelik iklimsel konfor koşullarını hem de enerji verimliliğini ele alan yaklaşımlara dayanmaktadır.

Tarihi binada araştırma süresince ölçülen ortalama sıcaklık değeri $26,32^{\circ}\text{C}$ iken dış ortamda ortalama sıcaklık $22,3^{\circ}\text{C}$ 'dir. Sınıf ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı ılıman hava koşullarında 4°C 'dır. Bu durum 2.2.2 Bölümü'nde anket sonuçlarında gösterildiği gibi öğrenciler için konforsuz koşullar yaratmakta ve aynı zamanda enerji kayıpları oluşmaktadır.

Adaptif modeline göre, 5/5/2014'de incelenen sınıflardaki operatif sıcaklık konfor sınır şartlarında $21,2^{\circ}\text{C}$ 'den $28,2^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar değişebilir. Modele göre tavsiye edilen sıcaklık değeri ölçülmüş değerden 2°C daha düşük bir değer olarak $24,15^{\circ}\text{C}$ 'dir. Şekil 2.23 ele alınan sınıf için gerçekleştirilmiş Adaptif modeli hesaplamalarını göstermektedir. Bu değerler ASHRAE standardı 55-2013 ile bağdaşmaktadır.



Şekil 2.22. Adaptif ısı konfor modeli tablosu [42]

Konfor sıcaklığını ayarlamak üzere Adaptif modelinin kullanımı ciddi oranda enerji kazanımı sağlamakta, iç ortam konfor koşullarının optimum değer aralıklarına çekilmesini sağlamaktadır. Bu modele göre gerekli sıcaklık dengesi için, ortalama dış

ortam sıcaklığı, operatif sıcaklık, ortalama ışımsal sıcaklık, sınıflardaki iç ortam sıcaklığı, vs. gibi çevresel değişkenlerin aldığı değerlerin günlük olarak hesaplanması gerekmektedir. Bu süreç uzmanlık ve eğitim gerektirdiği okul çalışanları için zor olabilir. Bu prosedür özellikle gerekli sıcaklık değerlerinin hesaplanması okul çalışanları için yorucu olabilir. Ulugazi okulunda bina enerji yönetim sistemlerinin (BEMS) uygulanması iklimsel parametrelerin kontrolü açısından uygun bir yaklaşımdır. Bu sistemler uyarlanabilir ısı konfor modeline bağlı olarak gereken ısı koşullara yönelik ısı değerleri hesaplamak üzere otomatik olarak programlanabilmektedirler.

Ulugazi Okulu'nda tüm bloklar etkin dağıtım sistemi olmayan merkezi ısıtma sistemi tarafından ısıtılmaktadır. Binalardaki tüm ısı zonlar işlevlerin gerektirdiği farklı mikro iklimsel koşullar gözetilmeden aynı miktarda enerji tüketimi ve sıcaklık değerleriyle ısıtılmaktadır. Isıtma sisteminde aynı zamanda enerji tüketimini arttıran ciddi ısı kaybı problemi mevcuttur. Bu sorunlar bağlamında enerji iyileştirme süreçlerinin ilk adımlarından biri her blok için ayrı merkezi ısıtma sistemi eklenmesidir. Her merkezi kazanın boyutu binanın gerçek ihtiyacını karşılayacak boyut ve verimde olmalıdır. Eski ısıtma sisteminin onarılması yada yenisi ile değiştirilmesi şeklinde iki yaklaşım maliyet ve verim açısından değerlendirilerek son karar verilmelidir.

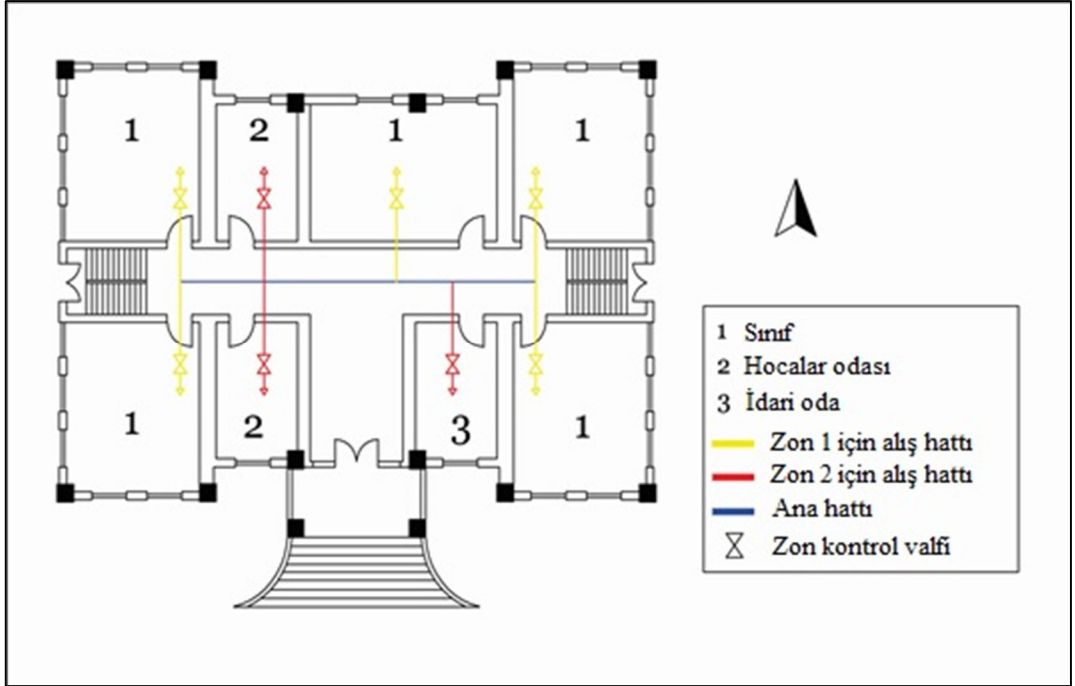
Merkezi ısıtma sisteminin verimini arttırmak üzere yoğuşmalı boyler kullanımı iyi bir seçimdir. Yoğuşmalı kazanların çalışma prensibi atık gazlardan çıkan hissedilmeyen ısıyı yaymak için ikincil bir ısı dönüştürücü kullanmasıdır. Bu sayede enerji korunumu sağlanır, ısıtma sisteminin performansı artar.

Merkezi ısıtma sistemi ve yoğuşmalı kazanın her ikisi de okulda enerji verimliliğini arttırmak ve iklimsel koşullara uyumlu başlatma ve durdurma kontrolünü sağlamak üzere dış hava sensörleri ile bağlantılıdır. 2.1.2 Bölümü'ndeki Şekil 2.13 geleneksel ısıtma sistemi ile yoğuşmalı kazanla entegre çalışan ısıtma sistemlerine ait şemaları içermektedir.

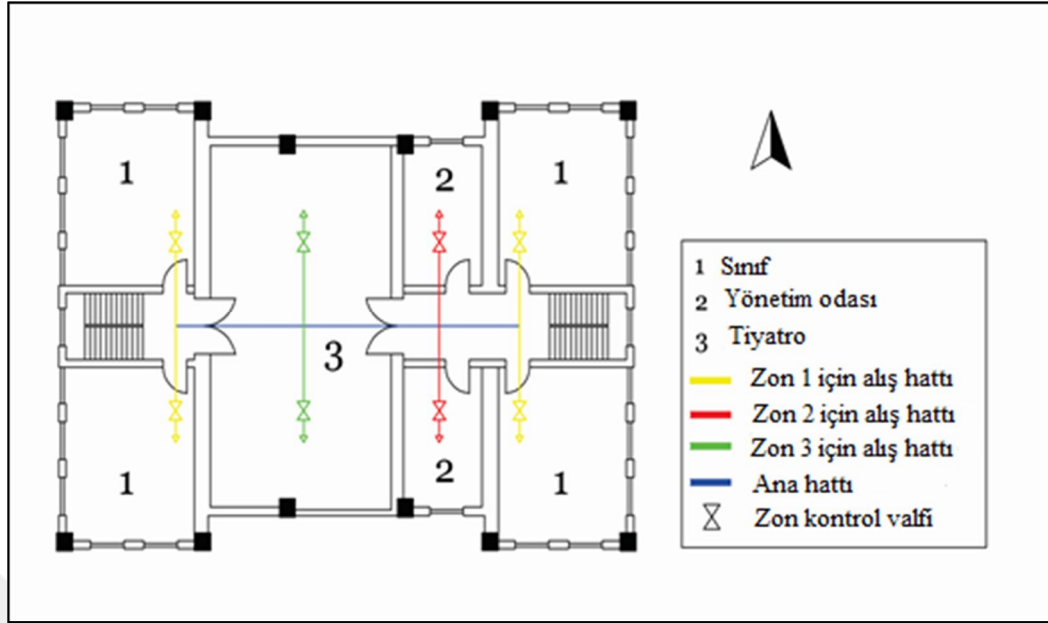
Tarihi bina her farklı işleve sahip alanlar için farklı ısıtma gereksinimlerine sahiptir. Yapı, her alanın farklı ısıtma enerjisine ihtiyacı olduğu ve bu ısı zonların bazılarının diğerlerinden farklı zamanlarda ve farklı sıcaklık değerlerinde ısıtılması gereği göz

önüne alınmadan aynı sıcaklık derecelerinde ve sürelerinde ısıtılmaktadır. Benzer ısıtma ihtiyaçlarına sahip alanların bağımsız biçimde farklı ısıtma rejimleriyle ısıtılması, okullarda enerji verimliliğini geliştirmek için uygun bir uygulamadır.

Tarihi binadaki zemin ve birinci kat ısıtılmaktadır ve bu iki kattaki tüm alanlar sınıflar, öğretmen ve yönetici odaları ve sahne olmak üzere üç ana zon olarak sınıflandırılabilir. Her zon boyutuna ve ihtiyaçlarına göre ısıtılmalıdır. Örneğin konferans salonu tüm hacmin ısınması beklenmeden radyatörler kapatılabilecek bir mekandır. Bu kısımlar hızlı ısınıp, hızlı soğuması gereken alanlardır. Ayrıca sınıflarla, öğretmen ve yönetici odalarındaki ısı gereksinimleri de farklıdır. Çünkü sınıflar hacim olarak daha büyüktür ve daha fazla sayıda kullanıcı barındırmaktadır. Burada kullanılan iç ısı kazanımlarına katkısı olan aydınlatma ekipmanları ve diğer bilgisayar gibi ekipmanlar bu farklılığa katkı sağlamaktadırlar. Şekil 2.24'te Zone 1: sınıflar, Zone 2: öğretmen ve yönetici odaları, Zone 3, konferans salonunu içeren zemin kat planı görülmektedir.



Şekil 2.23. Zemin katta ısı zonları



Şekil 2.24. Birinci katta ısı zonları

Tarihi yapıda bina ve bağımsız birim ölçeğinde iklimsel kontrolleri arttırma, çevresel etkilerin azaltılması ve okulun enerji performansının iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bina enerji yönetim sistemleri (BEMS) okullarda mikro iklimsel kontrolleri arttırmak için tercih edilen uygulamalardır. Bu sistemler enerji performansının sürekli olarak gözlemlenerek doğru bir şekilde yönetilebilmesi için tasarlanmıştır. Bu sistemler ısı, nem, aydınlatma kontrolünü içeren çevresel kontrol ile boyler, zonlama, ve radyatör kontrolünün dahil olduğu mekanik kontrol yaklaşımlarını içeren iki ana fonksiyona sahiptir. Tarihi binada, ısıtma sisteminin etkin şekilde kontrolünü sağlamak üzere özellikleri iyileştirilmesi gereken 4 ana kontrol fonksiyonu bulunmaktadır:

1-Adaptif modeline dayalı istenen sıcaklık değerinin elde edilmesi için adaptif ısı konfor hesaplayıcısının yerleştirilmesi

2-Zonlarda kullanıcı olduğu durumlarda ısı tedarik etmek üzere için zaman şalterlerinin (switches) kurulması.

3-İdeal başlat/durdur kontrolünün kurulması: Mekanların optimum konfor sıcaklık değerlerine ulaşabilmesi için bir miktar zamana ihtiyaç vardır. Bu süre de dış hava koşullarına bağlıdır. “Bina enerji yönetim sistemleri” öğrenciler gelmeden sınıfları ısıtmak amacıyla dış hava koşullarına bağlı olarak merkezi ısıtma sisteminin çalışmaya başlaması için optimum süreyi belirleyen yeni bir teknolojiye göre işlem yapmaktadır. Benzer bir şekilde bu sistemler öğrenciler ayrılmadan önce kazanların

kapatılması için ideal zamanı da belirleyebilirler. Bu yaklaşım özellikle okul yapıları olmak üzere birçok yapıda kaybedilen enerji miktarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

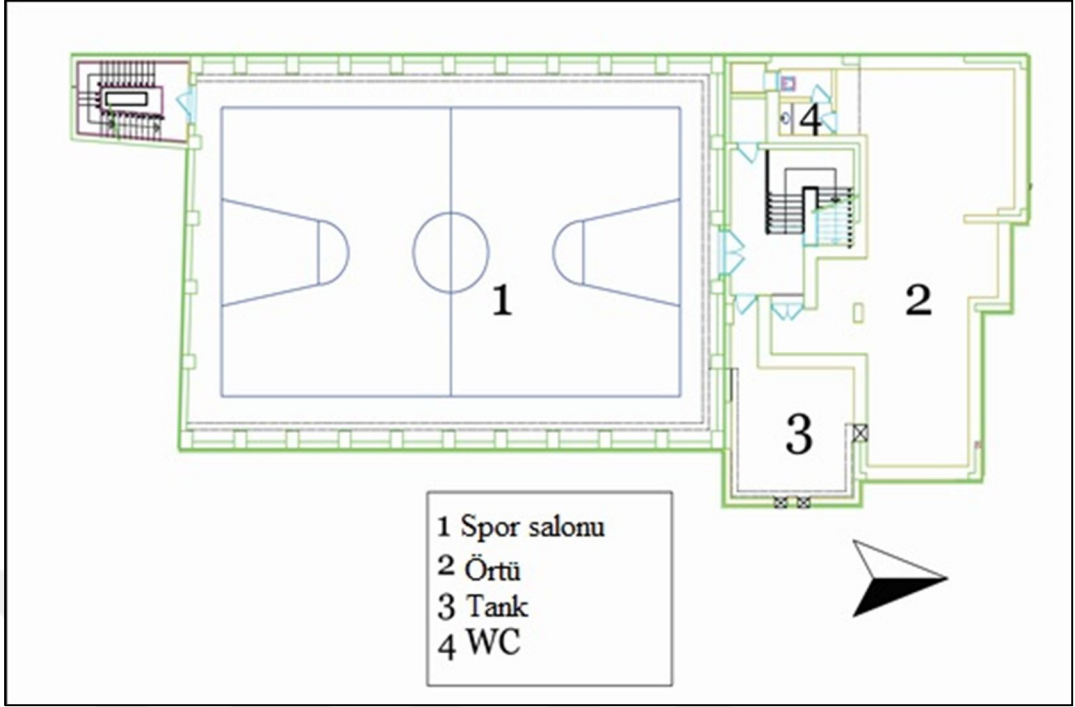
4-Radyatör vanalarının yerleştirilmesi (TRVs): Zonlarda ısı kontrolleri arttırmak için radyatör vanaları eklenmesiyle, her zon için gerekli sıcaklığa ulaşmak üzere ısı yayan radyatörler vasıtasıyla ortama verilen ısının kontrolünü sağlama imkânı bulunmaktadır.

Boru tesisatının yalıtılarak ısı sızdırmazlığının sağlanması önemli bir enerji iyileştirme stratejisidir. Tarihi yapıda yeni ısıtma sisteminde enaz miktarda ısı transferi sağlamak için sıcak su deposu ve boru tesisatının yalıtılması önemlidir.

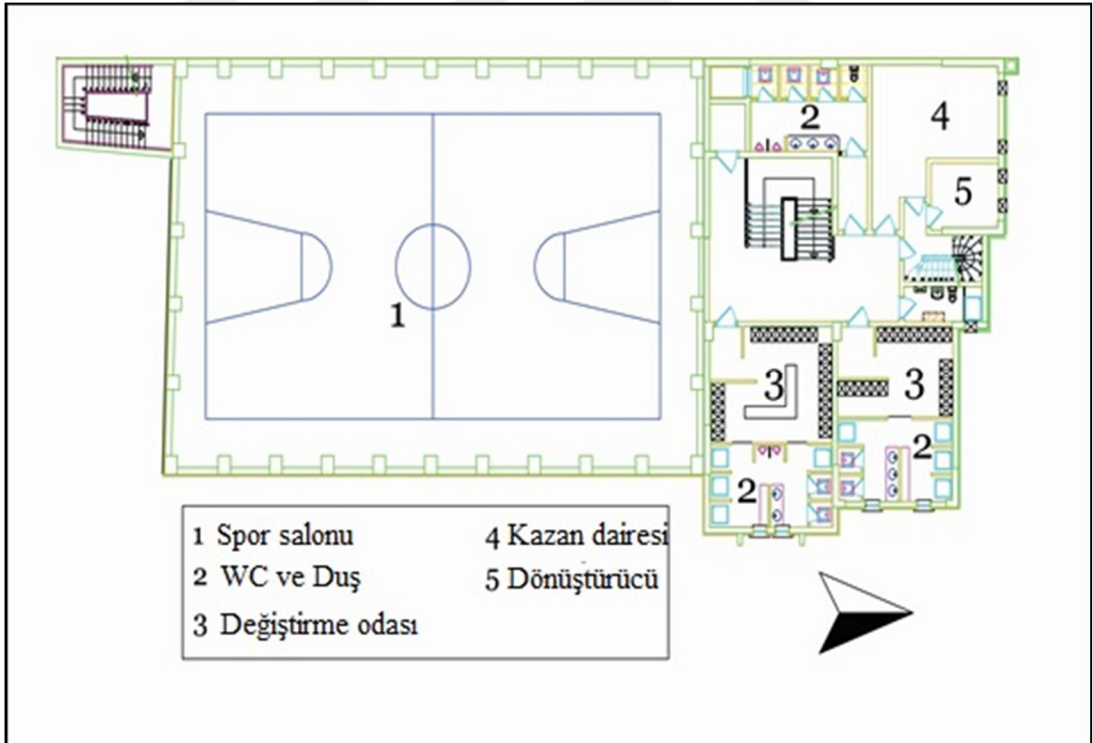
2.3. Ulugazi İlköğretim Okulu-Mevcut Tarihi Niteliğe Sahip Olmayan Kısım-B Blok

Şekil 2.25’de yer alan mevcut tarihi niteliğe sahip olmayan eğitim yapısı (B Binası) bu tezdeki ikinci vaka çalışmasıdır. Bu tez bağlamında söz konusu yapıdan “Mevcut bina” olarak bahsedilmektedir. Mevcut bina yeni sınıf, bilgisayar laboratuvarı, kapalı spor salonu vb. işlevleri karşılamak için 2007 yılında inşa edilmiştir. Yapıdaki pencereler ve eğimli çatı unsurları tarihi binanın cephesindekilere benzer şekilde uygulanmıştır.

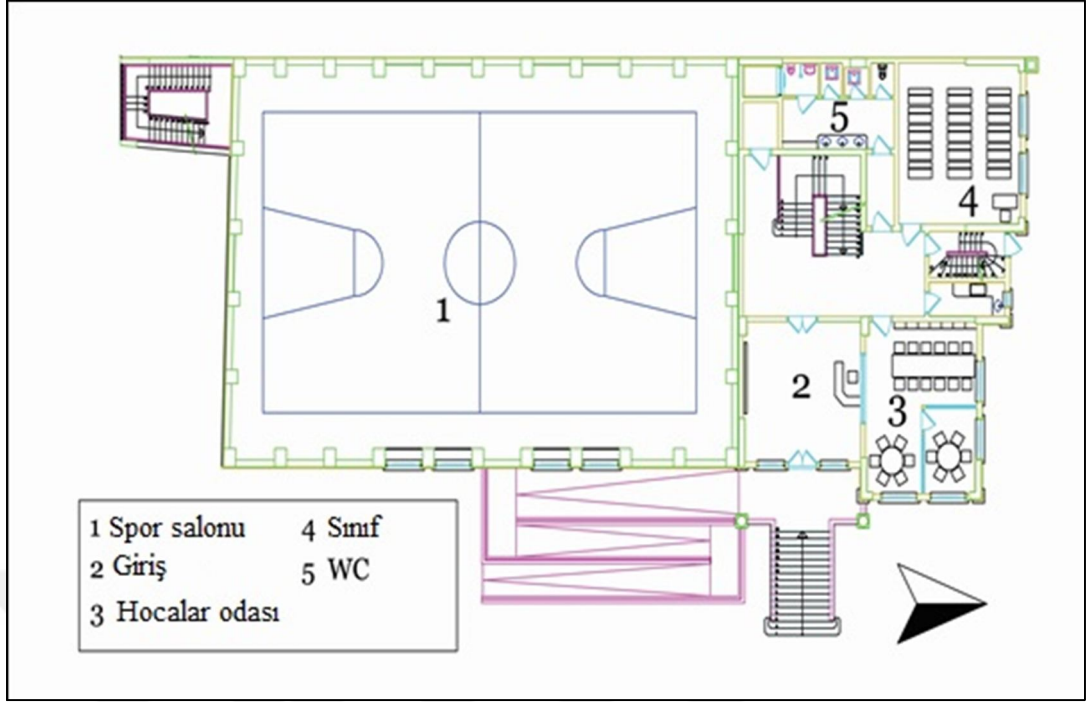
Mevcut bina altı kat ile 720 m² oturma alanına sahip 6 katlı bir yapıdır. 1. Bodrum katta, Şekil 46’da görüldüğü gibi su tankı, ısıtma için boyler sisteminin yer aldığı teknik kısımlar ve kapalı spor salonu bulunmaktadır. 2. Bodrum katı duş odaları, soyunma kabinleri, tuvalet gibi genel ihtiyaçlar için tasarlanmıştır. Diğer katlarda sınıflar, öğretmenler odaları, bilgisayar, müzik ve laboratuvarlar gibi farklı eğitimsel ihtiyaçlara yönelik mekanlar yer almaktadır (Şekil 2.26, 2.27, 2.28, 2.29, 2.30, 2.31).



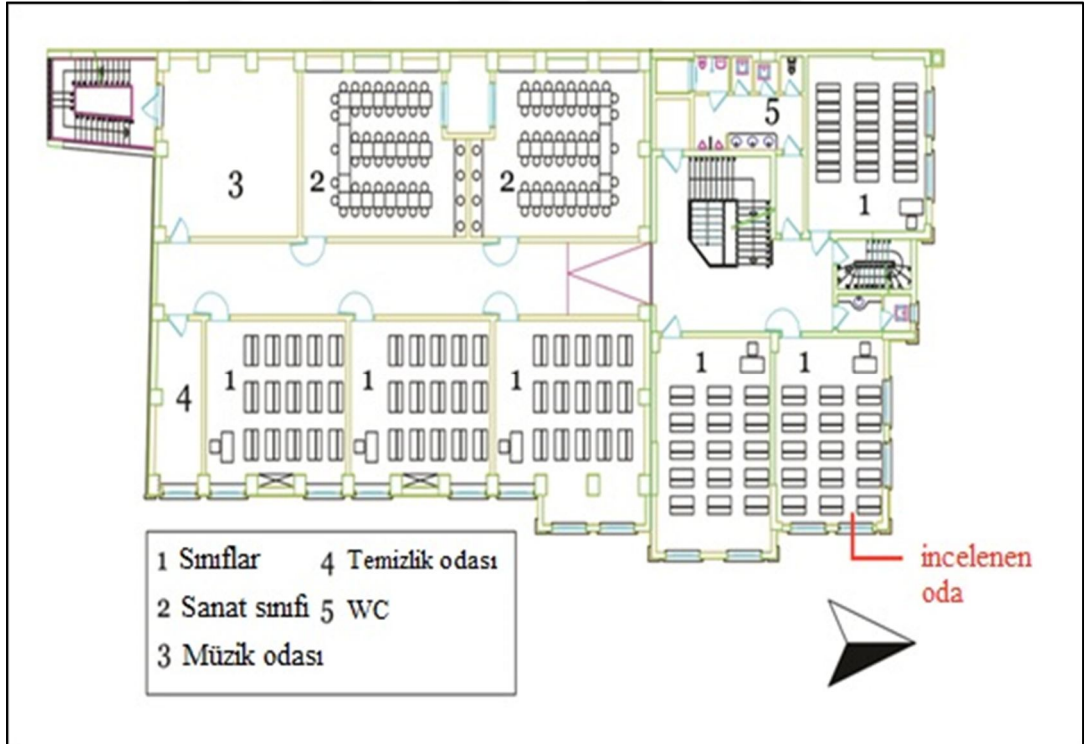
Şekil 2.25. 1. bodrum kat planı



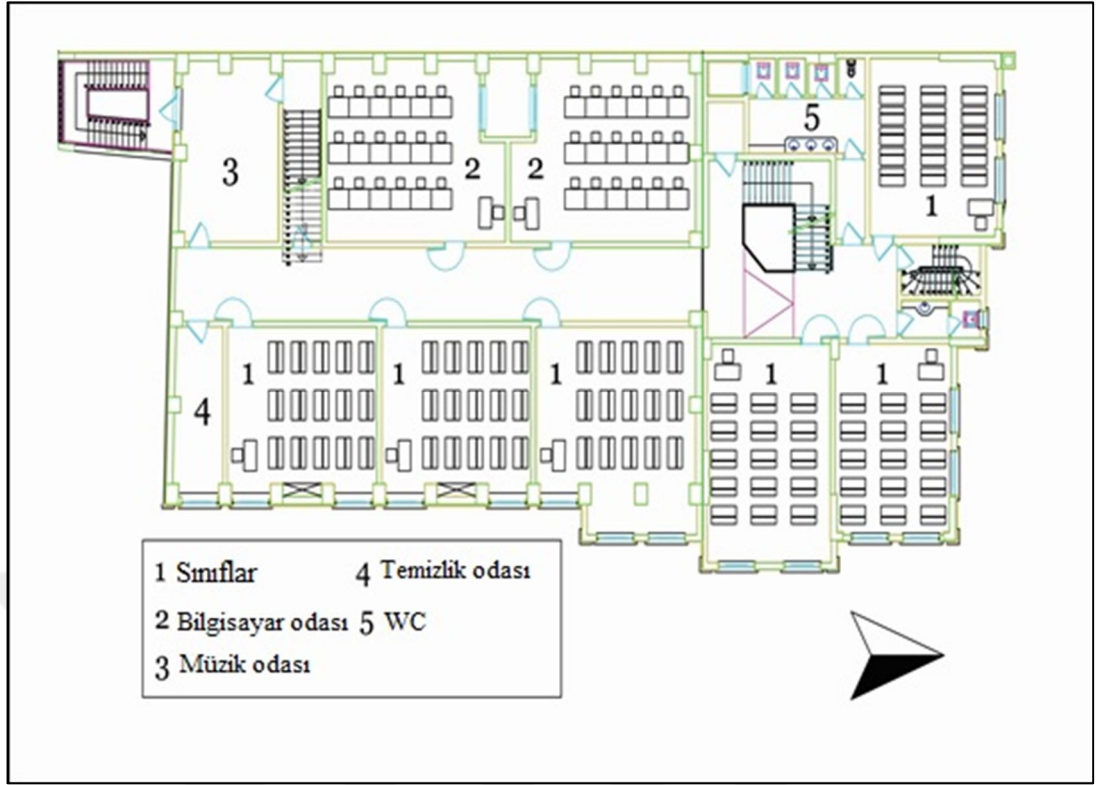
Şekil 2.26. 2. bodrum katının planı



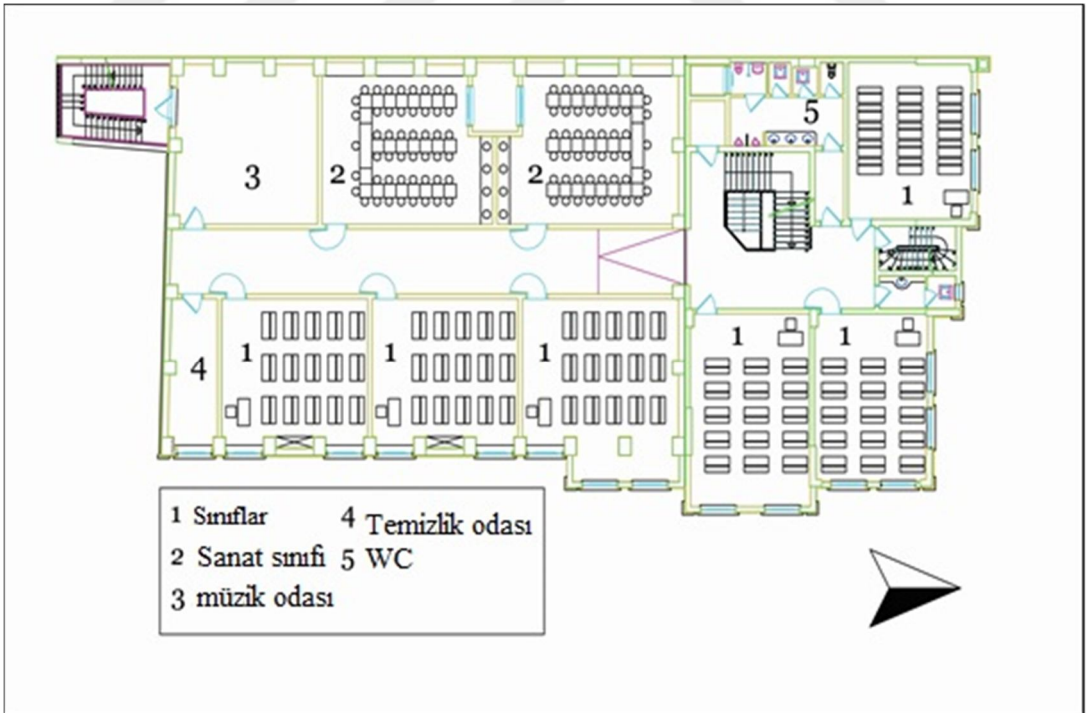
Şekil 2.27. Zemin kat planı



Şekil 2.28. 1. kat planı



Şekil 2.29. 2. kat planı



Şekil 2.30. 3. kat planı

2.3.1. İklimsel ve görsel parameterlerine dair ölçüm verileri

Ulugazi Okulu mevcut yapı blokunda görsel ve iklimsel koşulların yarattığı konfor koşullarının ve bunları oluşturan parametrelerin aldığı değerlerin belirlenmesi için 5 Mayıs 2014'te iklimsel verilerin elde edilmesine yönelik ölçüm çalışması gerçekleştirilmiştir.

Sıcaklık ve neme yönelik ölçümlerin gerçekleştirildiği veri kaydediciler (datalogger) Şekil 49'da işaretlenen sınıfa yerleştirilmiştir. Ayrıca eşzamanlı olarak dış ortamda da aynı parametrelerin aldığı değerler ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Araştırma zamanı boyunca sınıfta USB (EXTECH RHT10 Nem Sıcaklık Veri Kayıt Cihazı) veri kaydedicisi (Bkz. Ek C) kullanılmıştır. Ölçüm aleti sınıf orta kısmına yerleştirilmiştir. USB veri kaydedicisi 5/5/2014'te sınıf içinde ve dışında ısıyı ve nemi her 10 saniyede bir ölçmek üzere ayarlanmıştır (Bkz. Ek A), araştırma süresi boyunca 325 değer ölçülmüştür. Tablo 2.11'de dış ortam ve sınıf içinde elde edilen sıcaklık ve neme dair hesaplanmış ortalama, maksimum ve minimum değerler görülebilir.

Tablo 2.11. Mevcut yapıda ölçümlerde elde edilen sıcaklık ve nem değerleri

Yer Tarih	Sınıf Tarih (5/5/2014) Saat (10:45 – 11:14)	Dışarısı Tarih (5/5/2014) Saat (11:45- 12:15)
Operatif sıcaklık (°C)		
Maximum	28,6	24,1
Minimum	25,7	21,4
Ortalama	26,8	22,4
Bağıl nem (%)		
Maximum	78	73,4
Minimum	53	61,8
Ortalama	59,9	64

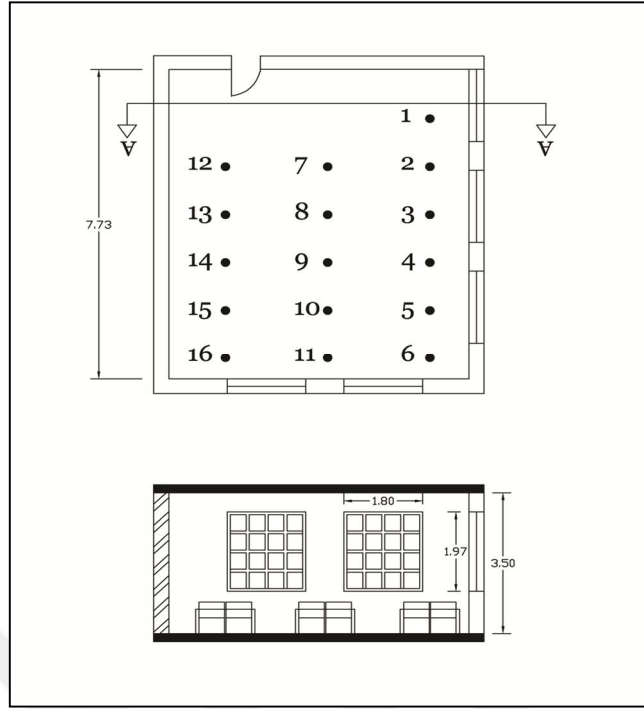
Bu araştırma Mayıs ayında gerçekleştirilmiştir. Mayıs'ta iklim koşullarının ılıman olmasına rağmen okul ısıtılmaya devam edilmektedir. Sınıf içerisi ve dışarısı arasındaki fark ılıman koşullarda 4°C'dir. Bu fark çocuklar sıcaklık değişimlerine daha az hassas oldukları ve adaptasyonlarının yetişkinlere nazaran daha fazla olması nedeniyle enerji kaybı yaratmaktadır. Ancak sınıflar öğrencilerin optimum iklimsel, görsel konfor koşulları altında eğitim görmeleri gereken yerler olduğu için

öğrencilerin olumsuz koşullara adapte olmalarını beklemekten ziyade kabul edilebilir koşulları yaratmak gerekmektedir. Bu bağlamda Ulugazi İlköğretim Okulu mevcut blokta da enerji verimliliğini arttırırken öğrencilerin optimum iklimsel konfor koşullar altında eğitim görmelerini sağlamak üzere iyileştirme stratejileri üretilmesi gerekmektedir.

Araştırmada sınıflardaki hava akışı değişkenlerini ölçmek için (CFM/CMM Thermo-Anemometer AN100 Uygulamalar), ısı-anemometre (Ek D) kullanılmıştır. Ölçüm aleti incelenen sınıfta sıraların üstüne yerleştirilmiştir. Araştırma boyunca sabah ve öğleden sonra gerçekleştirilen ölçüm çalışmalarının tümünde 38 hava hareketi hızı değeri elde edilmiştir. Tüm değerlerin sıfır olduğu ve hava hareketi hızının oluşmadığı görülmüştür. Bu, öğrencilerin hem sağlık hem de konfor koşulları için hava akışına ve yüksek hava kalitesine ihtiyacı olduğu sınıflarda kesinlikle kabul edilemez bir durumdur. İç hava akımlarının yokluğu öğrenci ve öğretmenlerin eğitim ve öğretim süreçlerinde performans ve seviyelerinde düşüşe neden olmaktadır.

Pencere tasarımında bu blokta da hava akımı ve hareketi etkileri göz önünde bulundurulmadığından sınıflarda yetersiz havalandırma problemi olduğu görülmektedir. Mevcut binadaki yetersiz havalandırma için diğer sebep de komşu bina tarafından batı yönünden hava akımı etkisinin yok denecek miktarda azalmasıdır.

Mevcut yapıda incelenen sınıfta aydınlık seviyesi değerlerini ölçmek için Işıkolçer Wide Range Light Meter Uygulamalar (Bkz. Ek E) kullanılmıştır. Ölçüm aleti saat Sabah 10.45'te sıralara yerleştirilmiştir ve Tablo 2.12'de görülebileceği gibi araştırma süresi boyunca ışık seviyesi için sınıfta 16 değer ölçülmüştür. Bütün değerler öğrencinin sıra çalışması yüksekliğinde ölçülmüştür. Şekil 2.32 ölçüm noktalarının yerlerini göstermektedir. Ölçümler öğrenci ve öğretmen masalarının orta kısımlarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.31. İncelenen sınıfta aydınlık seviyelerinin ölçüldüğü noktalar

1.1.1 Bölümü'nde belirtildiği gibi sınıflar için en uygun aydınlatma değeri 500 Lux'tür. İncelenen sınıfta, aydınlatma değerleri birbirine yakın değildir ve sınıf içindeki aydınlık seviyeleri homojen bir şekilde dağılım göstermemektedir. Aydınlatma değerleri pencere kenarında 500 Lux'ten fazladır. Pencelerden uzak kısımlarda ise 100 Lux'ten azdır. Bu durum optimum doğal aydınlatma performansı için pencere kenarında yeralan sıralarda oluşan parlaklığı azaltma ve pencereden uzak sıralar için aydınlık seviyelerinin artırılmasına yönelik iyileştirme gereğini ortaya koymaktadır. Bu optimum koşullar günışığı ve yapay ışık arasındaki uyumlu çalışma sistemiyle sağlanabilir.

Tablo 2.12. Sınıfta ölçüm noktalarında elde edilen Lux aydınlık seviyesi değerleri

Ölçüm noktaları	Lux	Ölçüm noktaları	Lux
1	950	9	131
2	893	10	150
3	465	11	131
4	484	12	119
5	523	13	91
6	310	14	50
7	137	15	64
8	135	16	84

2.3.2. Alan çalışması sonuçları

Sınıf ortamında öğrencilerin öğrenme süreçlerindeki performanslarını ve sağlığını etkileyen ısı ve görsel konfor parametrelerinin aldığı değerleri ölçmek ve değerlendirmek üzere eşzamanlı anket ve ölçüm çalışması gerçekleştirilmiştir. Ulugazi İlköğretim Okulu'nun mevcut yapısında iklimsel ve görsel konfor koşullarını değerlendirmek için hazırlanan ankette öğrencilerin yaş ve buna bağlı farkındalık seviyeleri, öğretmenlerin önerileri göz önüne alınmıştır (Bkz Ek B). Bu anketin asıl amacı okul yapısında mevcut enerji tüketim miktarları ve iç ortam iklimsel görsel koşullar altında kullanıcı olarak öğrencilerin memnuniyet seviyelerini belirlemektir. Anket sorularını ölçümlerle eşzamanlı olarak 20 adet öğrenci cevaplamıştır. Öğrencilerin ısı hissiyatını, tercihlerine yönelik ölçütler aşağıda yer almaktadır:

A. Isısal Duyum Ölçütleri (IDÖ): Sınıftaki öğrenciler için ısı hissiyatı belirlemek üzere ankette ASHRAE'de tanımlanan Fanger ölçeği kullanılmıştır. [-1, 0, 1] arası oylar normal koşulları ifade eden cevaplar olarak sınıflandırılmıştır ve [-3, -2] ve [3, 2] arası oylar memnuniyetsizlik belirten cevaplar olarak düşünülmüştür. Tablo 2.13 öğrencilerin sınıflardaki ısı koşullarına yönelik oylarını ve her koşul için cevap sayılarını göstermektedir. Tablodan görülebileceği gibi, öğrencilerin sınıftaki konumlarına bağlı olarak iklimsel koşullardan etkilenme durumları değişim göstermektedir. Pencere kenarında oturan öğrencilerin çoğu pencerelerden güneş kazanımları yüksek olduğu için iç ortam iklimsel koşullarını sıcak veya ılık olarak değerlendirirken diğer öğrenciler ortamı iklimsel açıdan rahat, serin ya da soğuk olarak tanımlamışlardır.

Tablo 2.13. Isısal duyum derecelerinin değişimi

IDÖ ölçüsü	(-3) Soğuk	(-2) Serin	(-1) Az serin	(0) Rahat	(1) Az ılık	(2) Ilık	(3) Sıcak
Oylar	1 (5%)	2 (20%)	1 (5%)	4 (15%)	2 (10%)	4 (20%)	6 (30%)

B. Isısal Koşullara Yönelik Memnuniyet Ölçeği (IKYM): Öğrenciler için ısı koşullardan ne şekilde etkilendiklerini belirlemek üzere ASHRAE, Fanger ölçeği kullanılmıştır. [-1, 0, 1] arası oylar "tarafsız" cevaplar olarak sınıflandırılmıştır fakat [-3, -2] arası oylar memnuniyet belirten cevaplar olarak, [3, 2] arası oylar ise

memnuniyetsizlik belirten cevaplar olarak sınıflandırılmışlardır. Tablo 2.14 öğrencilerin ısı koşullardan memnuniyet şekillerini ve her durum için cevapların sayısını ve yüzdesini göstermektedir. Tabloda görülebileceği gibi, öğrencilerin çoğunluğu sınıftaki ısı koşullardan memnun değildir.

Tablo 2.14. Öğrencilerin ısı koşullardan memnuniyet dereceleri ve her durum için cevapların sayısı, yüzdesi

IKYM ölçüsü	(-3) Çok memnun	(-2) Memnun	(-1) Az memnun	(0) ok	(1) Az memnuniyetsiz	(2) Memnuniyetsiz	(3) Çok memnuniyetsiz
Oylar	1 (5%)	2 (10%)	2 (20%)	3 (15%)	2 (10%)	4 (20%)	6 (30%)

C. Isıl Koşullara Yönelik Tercih Ölçeği (IKYT): Bu ölçek öğrencilerin mevcut ısı koşullarına yönelik nasıl bir değişiklik istediklerini göstermektedir. Tablo 2.15’de sınıfta gerçekleştirilen anket sonucunda ısı konfor koşullarının değişimi konusunda beklentiler görülmektedir.

Tablo 2.15. Isıl koşullara yönelik tercih ölçeği

IKYTölçüsü	Daha ılık	Değişim yok	Daha soğuk
Sınıf	3 (15%)	7 (45%)	10 (50%)

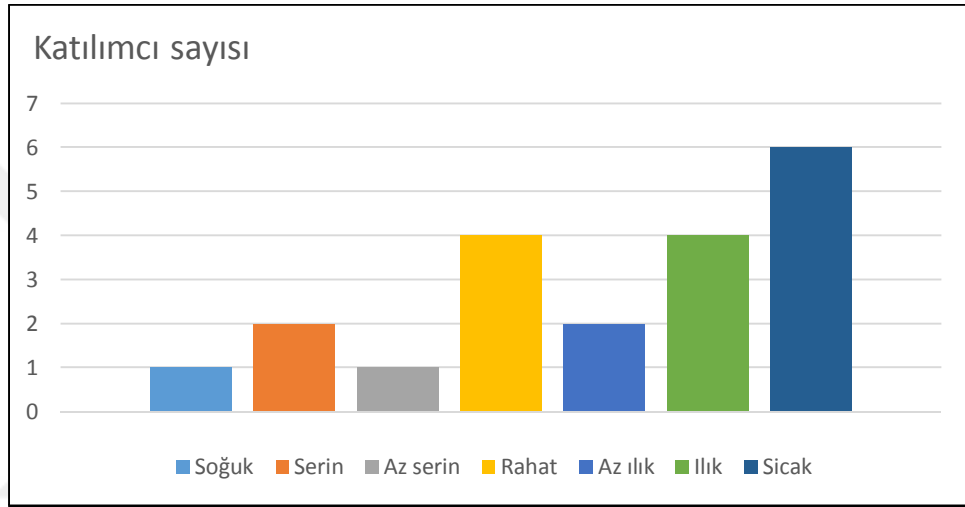
Sınıflarda 24°C üzerindeki iç ortam sıcaklıkları eğitim ve öğretim süreçlerini olumsuz şekilde etkilemektedir. Sınıf için uygun ısının mutlak maksimum ısıda 30°C olması gerekmektedir. (Yorucu işler yapanlar için 27°C olmalıdır) [8].

İncelen sınıfta ölçülen 26,32°C sıcaklık değeri Tablo 2.1’de verilen değerlere göre ortalamanın üzerindedir. Anket sonuçları da karşılaştırıldığında Şekil 2.35’den de görüldüğü gibi öğrenciler sınıftaki ısı konfor koşullarından memnuniyetsizliklerini ortaya koymuşlardır.

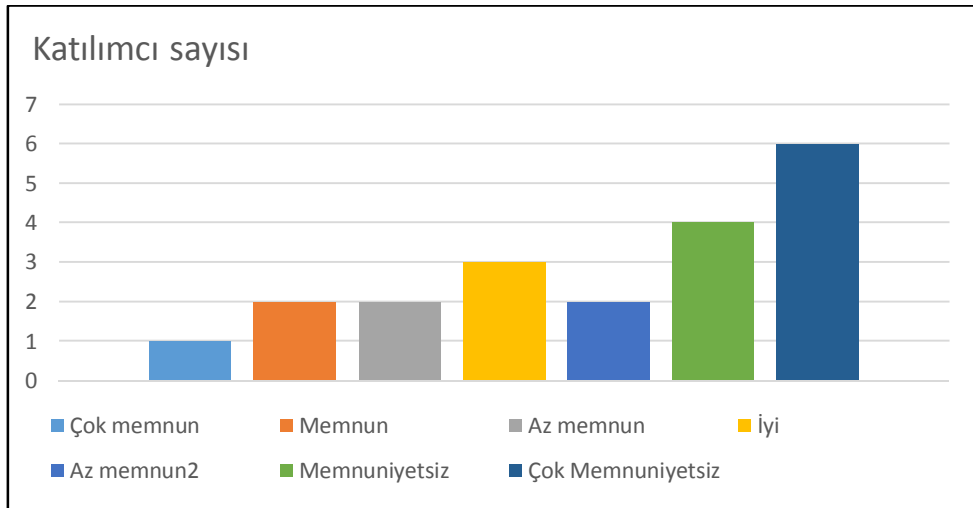
Çalışma süresi boyunca öğrencilerin Mayıs ayına uygun ince kıyafetler giymesi de bu durumu desteklemektedir. Ayrıca Şekil 2.34 ve 2.35’de görülebileceği gibi, anketteki değerler öğrencilerin daha serin bir ortamda olma arzusunda olduğunu ve tavsiye edilen ısı (24°C) olan değere ulaşmanın gereğini ortaya koymaktadır. Bu

sıcak ortam ve buna bağlı memnuniyetsizlik pencerelerden etkiyen direkt güneş ışınımı ve radyatörlerden kaynaklanan fazla ısı kazanımları nedeniyle oluşmaktadır.

Öğrencilerin çoğunluğu iç ortamı sıcak ve konforsuz olarak nitelemiştir. Bu da sınıflarda güneş ışınımı etkisiyle ve ısıtma sisteminin gereğinden fazla çalıştırılması nedeniyle oluşan istenmeyen ısı kazanımlarının azaltılması gereğini doğurmaktadır. Şekil 2.12'deki ısı koşullarına yönelik tercih ölçeği (TAS) araştırma sürecindeki memnuniyetsizlik miktarını göstermektedir.



Şekil 2.32. Isıl hissiyata yönelik ölçek



Şekil 2.33. Isıl koşullardan memnuniyet oranları

Havalandırmaya yönelik duyum, havalandırma ve iç hava kalitesine yönelik tercihler aşağıda incelenmiştir:

A. Havalandırmanın Hissedilmesine Yönelik Duyum Ölçeği (HHYD): ASHRAE’de Fanger’e ait havalandırmanın hissedilmesine yönelik duyum aralıkları öğrenciler için anket çalışmasıyla belirlenmiştir [14]. Bu ölçeğe göre [-1, 0, 1] arası oylar “tarafsız” olarak sınıflandırılmıştır, [-3, -2] ve [3, 2] arası oylar ise memnuniyetsizliği belirten cevaplar olarak sınıflandırılmıştır. Tablo 2.16’de görüldüğü üzere, sınıftaki hava akışı eksikliği değerlerinden dolayı öğrencilerin hissi aynı sınıf içinde genellikle benzerdir. Hava akımı hızı ve dağılımlarının olmaması nedeniyle cevapların büyük çoğunluğu 3 ve 2 değerlerinde yoğunlaşmış, %25 oranında öğrenci de bu durumdan rahatsız olmadığını belirtmiştir.

Tablo 2.16. Havalandırma hissi ölçek değerleri

HHYD Ölçeği	(-3) Çok rüzgârlı	(-2) Rüzgârlı	(-1) Az rüzgârlı	(0) Rahat	(1) Az durgun	(2) Durgun	(3) Çok durgun
Sınıf	0	0	2 (10%)	5 (25%)	1 (5%)	2 (10%)	10 (50%)

B. İç hava Kalitesine Yönelik Memnuniyet Ölçeği (İHKYM): ASHRAE’de Fanger ölçeğine [14] göre öğrenciler için iç hava kalitesine yönelik memnuniyet dereceleri belirlenmiştir. [-1, 0, 1] arası oylar “tarafsız” cevaplar olarak sınıflandırılmıştır. [-3, -2] arası oylar memnuniyet, [3, 2] arası oylar ise memnuniyetsizlik belirten cevaplar olarak ele alınmıştır. Tablo 2.17’de öğrencilerin iç hava kalitesine yönelik memnuniyet derecelerinin dağılımı ve miktarı yer almaktadır. Bu tabloya göre öğrencilerin çoğunluğunun sınıftaki iç hava kalitesinden memnun olmadığı görülmektedir.

Tablo 2.17. İç hava kalitesinden memnuniyet dereceleri ve dağılımları

İHKY M ölçeği	(-3) Çok memnun	(-2) Memnun	(-1) Az memnun	(0) Ok	(1) Az memnuniyetsiz	(2) Memnuniyetsiz	(3) Çok memnuniyetsiz
Sınıf	4 (20%)	1 (5%)	2 (10%)	1 (5%)	2 (10%)	3 (15%)	7 (35%)

C. Havalandırma Koşullarına Yönelik Tercih Ölçeği (HKYT): Bu ölçek öğrencilerin mevcut havalandırma koşullarına yönelik nasıl bir değişiklik beklentisi içinde olduklarını göstermektedir. Tablo 2.18’de bu beklentilere yönelik sınıftaki dağılım görülmektedir.

Tablo 2.18. Havalandırma Koşullarına Yönelik Tercihler ve dağılımları

HKYT ölçeği	Daha çok hava akışı	Değişim İstenmiyor	Daha az hava akışı
Sınıf	14 (70%)	6 (30%)	0

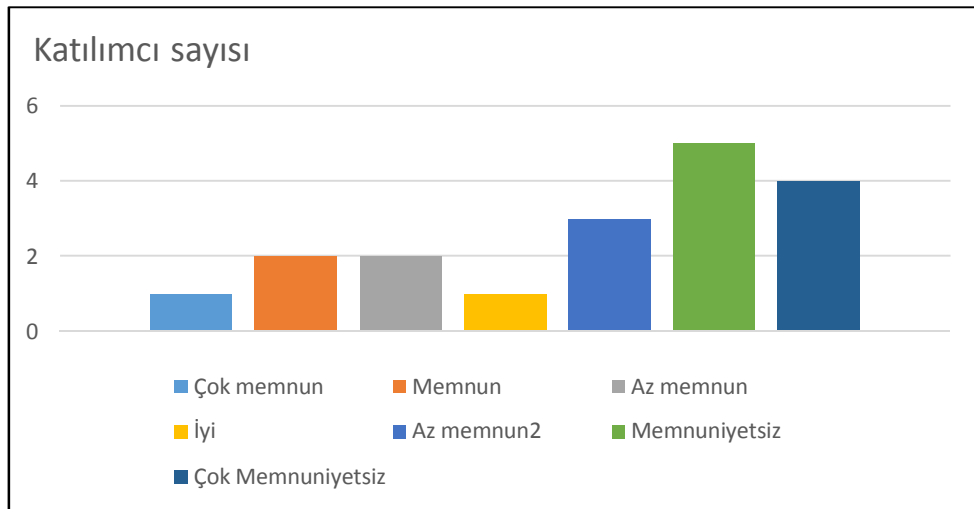
Görsel konfora yönelik duyum, memnuniyet dereceleri ve tercihler aşağıda incelenmiştir:

A. Görsel Konfora Yönelik Memnuniyet Ölçeği (GKYM): ASHRAE’de Fanger ölçeğine [14] göre öğrencilerin iç aydınlatma seviyesi ve dağılımlarına göre oluşan görsel koşullardan memnuniyet dereceleri belirlenmiştir. [-1, 0, 1] arası oylar “tarafsız” cevaplar olarak sınıflandırılmıştır. [-3, -2] arası oylar memnuniyet, [3, 2] arası oylar ise memnuniyetsizlik belirten cevaplar olarak ele alınmıştır. Tablo 2.19’da öğrencilerin görsel konfora yönelik memnuniyet derecelerinin dağılımı ve miktarı yer almaktadır. Memnuniyet derecelerinin pencere yanında oturmaya bağlı olarak artış gösterdiği tablodan da görülebilmektedir.

Tablo 2.19. Görsel konfora yönelik memnuniyet dereceleri ve dağılımları

GKYM ölçeği	(-3) Çok memnun	(-2) Memnun	(-1) Az memnun	(0) İyi	(1) Az memnuniyetsiz	(2) Memnuniyetsiz	(3) Çok memnuniyetsiz
Sınıf	3 (15%)	2 (10%)	2 (10%)	1 (5%)	3 (15%)	5 (25%)	4 (20%)

Şekil 2.36 öğrencilerin görsel koşullardan memnuniyet derecelerini göstermektedir. Pencereden uzak olanlar ve duvara yakın olanlar aydınlatma koşulları hakkında memnuniyetsizliklerini belirtmişlerdir.



Şekil 2.34. Sınıf için görsel koşullardan memnuniyet oranları

B. Görsel Konfor Koşullarına Yönelik Tercihlerin Dağılımları (GKYTD): Öğrencilerin sınıflarda görsel konfor koşulların değişimine yönelik tercihleri ve bu tercihlerin öğrenci sayısına bağlı olarak dağılımları Tablo 2.20’de gösterilmiştir.

Tablo 2.20. Görsel konfor koşullarına yönelik tercihlerin dağılımları

GKYTDölçeği	Daha çok gün ışığı	Değişimsiz	Daha az gün ışığı
Sınıf	9 (45%)	7 (35%)	4 (20)

2.3.3. Ulugazi ilköğretim okulu tarihi niteliğe sahip olmayan yapıda (B blok) enerji tasarrufu sağlamaya yönelik imkanlar ve uygulanabilecek iyileştirme ölçütleri

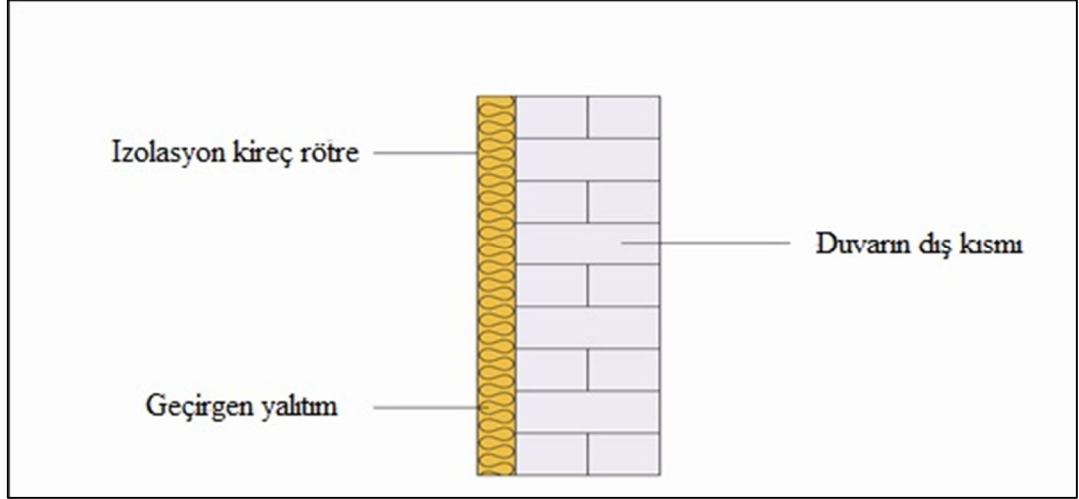
Tarihi niteliğe sahip olmayan mevcut okul blokunda yapı kabuğundan ısı kayıpları ve ısıtma sistemi işletilmesine yönelik problemler benzer olmasına rağmen enerji verimliliğini arttırmaya yönelik gereksinim ve yaklaşımlar tarihi yapıya göre farklılaşmaktadır. Yapının daha yakın zamanlarda inşa edilmesi nedeniyle kullanılan yapı malzemeleri ve taşıyıcı sistem elemanlarının daha iyi olması beklenirken yapı kabuğundaki yetersizliklerle oluşan ısı köprüleri vasıtasıyla ısı kayıplarına neden olduğu görülmektedir. Binadaki enerji kayıplarını azaltmanın ilk adımı ısı kayıplarına neden olan ısı köprülerini azaltmak üzere yapı kabuğundaki sorunları belirleyerek çözümler üretmektir. Bu bağlamda Ulugazi İlköğretim Okulu tarihi niteliğe sahip olmayan yapı blokunda (B blok) enerji verimliliğini arttırmaya yönelik uygulanabilecek stratejiler aşağıdaki gibidir.

2.3.3.1. Çatıda yalıtım uygulamaları

Metal konstrüksiyonlu beşik çatıya sahip mevcut yapıda çatı arasında kalan kısım kullanılmamaktadır. Çatı döşemesinde yalıtım katmanı yer almaktadır. Çatıda yer alan yalıtım katmanının TS 825 ısı yalıtım yönetmeliği’ne göre olması gereken kalınlığının belirlenerek yenilenmesi enerji kayıplarının azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

2.3.3.2. Yapı kabuğunda yalıtım uygulamaları

Mevcut yapılarda duvarları yalıtılması içten yalıtım, dıştan yalıtım ve arada boşluk olduğu durumda iç kısmın yalıtılması şeklinde gerçekleştirilmektedir. Ulugazi Okulundaki mevcut bina için dış yalıtım, duvar aracılığıyla herhangi bir ısı kaybını engellemekte en etkili çözüm olarak öne çıkmaktadır çünkü yapı tarihi niteliğe sahip olmadığından cephede gerçekleştirilen iyileştirme uygulamaları bir sakınca yaratmamaktadır. Dış yalıtımın geçirimsiz olmasını engellemek, belli oranda buhar geçişine izin vermek için kapalı hücreli köpükler ve plastik kökenli yalıtım malzemelerinin tercih edilmemesi uygun olmaktadır. Tüm yalıtım malzemelerinin yağmur, kar gibi fiziksel çevre etkenlerinden ve mekanik hasardan korunması gereğinin yanısıra iç koşulların etkisi nedeniyle duvar katmanları birbiriyle etkileşimli çok bileşenli bir sistem olarak tasarlanmalıdır. Dış yalıtım için tavsiye edilen uygun malzemeler taşıyıcı, ekstrüde polistren gibi yalıtım malzemeleridir. Şekil 2.37 mevcut bina için dış duvar yalıtımına yönelik bir yalıtım uygulamasını göstermektedir.



Şekil 2.35. Dış duvarda yalıtım

2.3.3.3. Zeminde yalıtım uygulaması

Toprağa oturan zeminlerin yalıtılması önemli miktarda enerji verimliliği sağlayan bir uygulamadır. Çünkü iç mekân ve doğal zemin arasında iletim yoluyla ısı kaçışları ısı kaybının ana sebeplerinden birisidir. Mevcut binada, toprağa oturan bodrum kat ve burada yer alan tüm tesisatlar da yalıtılmıştır. Bu sebeple döşemede mevcut yalıtım

katmanının verimliliği, ısı kaçışlarını engelleme kapasitesi ve zemin suyu etkisiyle olası bozulmalar hasarsız test metodu olan termal kamera görüntüleme yöntemiyle incelendikten sonra gerektiği takdirde yeni yalıtım katmanı uygulaması gerçekleştirilebilir.

2.3.3.4. Pencereelerde enerji verimliliğini arttırmaya yönelik yaklaşımlar

Ulugazi İlköğretim Okulu cephesinde yer alan pencereler geleneksel okullardaki pencere sistemlerine nazaran daha geniş ve yüksek olmaları nedeniyle daha fazla ısı kaçışı ve ısı köprülerine maruz kalmaktadır. Dolayısıyla sınıflardan ısı kaçışlarını engellemek üzere pencere performanslarının artırılması gerekmektedir. 1.2.2 Başlığı altında da bahsedildiği gibi, çift cam sistemleri tek camlarla karşılaştırıldığında daha verimli bir performansa sahiptir. Ayrıca kullanıcı ısıl konfor koşullarını iyileştirmek, dışarıdan etkiyen istenmeyen gürültü miktarını sınırlandırmak üzere yalıtımlı çerçeve sistemleri kullanılabilir.

2.3.3.5. Kapı ve koridorlarda enerji iyileştirme ölçütlerinin uygulanması

Koridor ve kapılar Ulugazi İlkokulu'nda büyük oranda ısı kayıplarına neden olmaktadır. Çünkü sınıflardaki ısı kapılar aracılığıyla koridorlara sızmaktadır. Özellikle öğrenciler tenefüs saatlerinde yaklaşık 5 dakika sınıflardan ayrılmakta ve kapılar açık kalmaktadır. Ana giriş kapıları is gün boyu açıktır. Isı kayıplarını azaltmak üzere mevcut giriş kapısının daha hava sızdırmazlığına sahip alternatifleriyle değiştirilmesi uygun bir yaklaşımdır.

2.3.3.6. Elektrik tesisatlarında enerji iyileştirme uygulamaları

Mevcut elektrik enerjisi tüketiminin önemli bir kısmı sınıflardaki aydınlatma ihtiyacı nedeniyle gerçekleşmektedir. Gün içerisinde ana hedef doğal aydınlatma potansiyellerini mümkün olduğunca fazla kullanmaktır. Doğal ve yapay aydınlatma sistemlerinin birarada birbirini tamamlayacak şekilde işletilmesi sınıflarda optimum düzeylerde aydınlık seviyelerinin sağlanması için gerçekleştirilecek iyileştirme çalışmalarında ana hedef olmalıdır.

Ulugazi ilköğretim Okulu'nda pencereler yüksek ve geniş olduğundan iç ortamda oldukça yüksek doğal aydınlatma imkanı sunmaktadır. Bunun için etkili aydınlatma

kontrolleriyle yapay aydınlatmanın kullanıldığı zaman aralığını azaltmak mümkün olmaktadır.

Mevcut binadaki aydınlatma tasarımı gün ışığı ve yapay aydınlatma sistemlerinin uyumlu çalıştığı görülmektedir. Çünkü sınıflarda aydınlatma elemanları sınıfın kenar hattı doğrultusunda yer almakta ve gerektiğinde kontrol edilebilmektedir. Pencere kenarındaki aydınlatma elemanları kışın gün ışığı yeterli olmadığında aktifleştirilebilmektedirler.

Sınıflarda sabit aydınlık seviyesi sağlamak üzere otomatik sensörlerin eklenmesi ya da iyileştirilmesi etkin bir çözümdür. 1.2.2 Bölümü'nde bahsedildiği gibi, 38mm'lik tübüler floresanların 26mm'lik yeni tüplerle değiştirilmesi aydınlatma nedeniyle gerçekleşen elektrik enerjisi tüketiminden %10 oranında tasarruf sağlamaktadır. 26 mm'lik tüplerin kullanımı Ulugazi İlkokulu için daha uygun bir seçenektir [46].

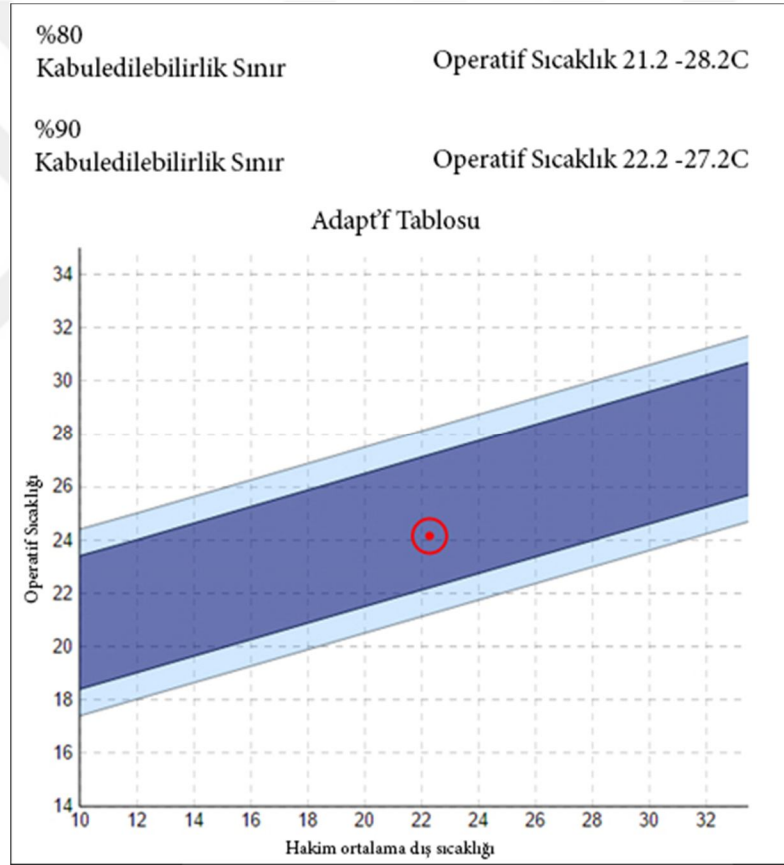
2.3.3.7. Mekanik sistemlerde enerji iyileştirme uygulamaları

Ulugazi İlköğretim Okulu'ndaki ana enerji tüketimi kış mevsimi boyunca sınıfların ısıtılması nedeniyle gerçekleşmektedir. Ulugazi Okulundaki ısıtma sisteminin işletilemesinden kaynaklanan verimsiz enerji tüketimi gerçekleştiği gözlenmiştir. Ayrıca iç ortam iklimsel koşulların da yeterli derece de sağlanmadığı belirlenmiştir. Kış döneminde sınıflar dış iklimsel koşullar gözetilmeden kesintisiz ve yüksek sıcaklıklarda ısıtılmaktadır. Bu da hem gereğinden fazla enerji tüketimine neden olmakta, hem de iç ortamda öğrenciler ve eğitimciler için eğitim süreçlerini olumsuz şekilde etkileyen iç iklimsel koşullar yaratmaktadır. Gereken sıcaklık değerlerinin elde edilmesi için belli bir süre gerekmektedir ve bu süreçte dış iklimsel koşullarla direkt bağlantılıdır. Mevcut bina örneğinde sınıflar, gerekli sıcaklık değerinin elde edilmesi için dış hava veya net gerekli zaman göz önüne alınmadan öğrenciler geldiğinde sıcak ortamda eğitimlerine başlamaları için gece saatlerinde dahi ısıtılmaktadır.

1.3.3 Bölümü'nde de belirtildiği üzere, adaptif ısı model özellikle çocuklar için gerekli ısı derecesini tahmin etmede en etkili modellerden birisidir. Çünkü doğal havalandırılan yapılar için uygun bir seçenek olan bu model çocukların dış iklimsel koşulların etkisine kendilerini adapte etme eğilimlerini dikkate almaktadır.

Mevcut binada araştırma süresince ölçülen ortalama sıcaklık $26,8^{\circ}\text{C}$ iken dış ortam sıcaklığı $22,3^{\circ}\text{C}$ 'dir. Sınıf ve dış $4,5^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklık farkı enerji kaybı yaratmasının yanısıra öğrenciler için konforsuz iç iklimsel koşullar yaratmaktadır.

Adaptif ısı modeline göre, 5/5/2014'de incelenen sınıflardaki operatif sıcaklık değerleri konfor sınırları dahilinde $21,2^{\circ}\text{C}$ - $28,2^{\circ}\text{C}$ aralığında olabilir. Adaptif ısı modeline göre tavsiye edilen dış ortam sıcaklığından yaklaşık 2°C daha az sıcaklık değerlerine sahip olmasıdır. Şekil 2.38 araştırma süresince incelenen sınıf için uyarlanabilir ısı konfor modeli hesaplamalarını göstermektedir. Bu değerler ASHRAE 55-2013 standardına göre elde edilmiştir.



Şekil 2.36. Adaptif ısı konfor modeli şeması [42]

Verimli sıcaklık değer aralığını belirlemek için adaptif ısı konfor modelinin kullanılması ciddi oranda enerji tasarrufu sağlayabilecek ve mevcut bina kullanıcıları için optimum ısı konfor koşullarının sağlanmasına katkı sağlayabilecektir. Adaptif ısı konfor modeline göre gerekli ısıyı ayarlamak için, ortalama dış ve iç ortam sıcaklığı, operatif sıcaklık, ortalama ışımsal sıcaklık, vb. birçok iklimsel

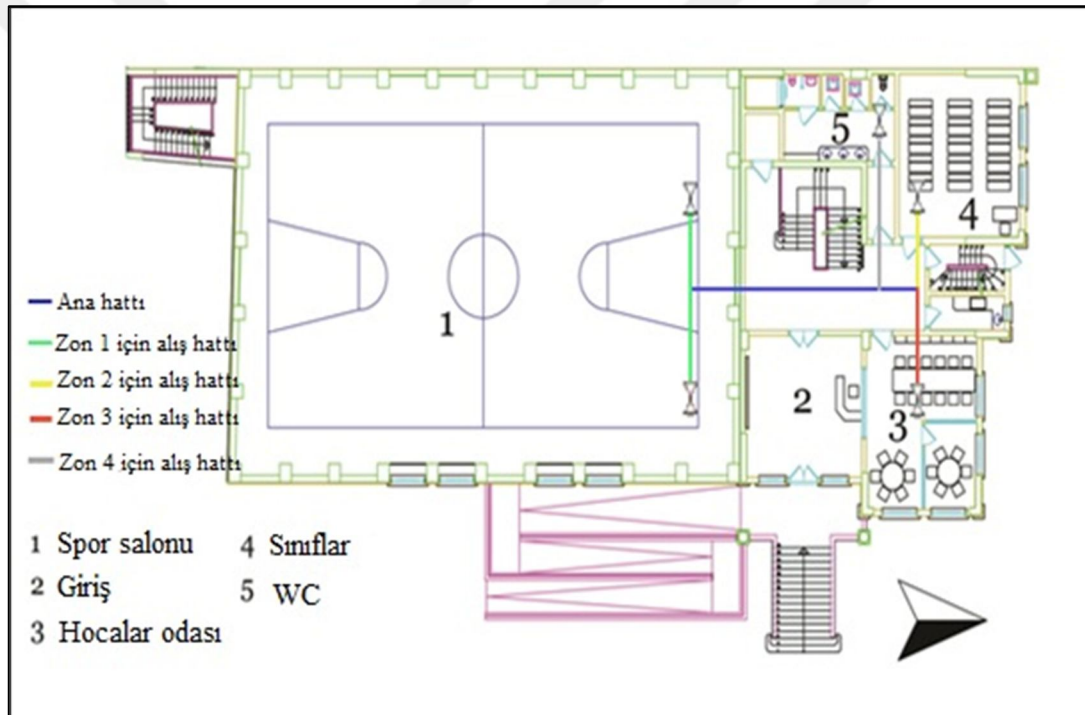
parametrenin günlük olarak ölçülmesi, hesaplanması gerekmektedir. Okullarda enerji verimliliği ve optimum konfor koşullarını sağlamak üzere gerekli sıcaklık değerlerinin belirlenmesi bu konuyla ilgilenen teknisyenlerin eğitimiyle gerçekleştirilebilir. Ulugazi okulundaki bina enerji yönetim sistemlerinin (BEMS) uygulanması iklimsel parametrelerin kontrolünün sağlanması adına uygun bir yaklaşımdır. Bu sistemler adaptif ısı konfor modelini temel alacak biçimde gereken ısı miktarını otomatik olarak hesaplayacak şekilde programlanabilmektedir.

Ulugazi Okulu'nun her iki binası (tarihi ve mevcut binalar) da etkin bir dağıtım sistemine sahip olmayan tek bir merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılmaktadır. Her iki binada yer alan tüm bağımsız birimler aynı sıcaklık değerlerinde ve sürelerinde ısıtılmaktadır. Ulugazi İlkokulu'nda ısıtma sistemi kaynaklı ısı kayıpları da oluşmaktadır. Enerji verimliliği bağlamında uygulanabilecek ilk iyileştirme yaklaşımı tek ısıtma sistemi yerine 2 adet merkezi boyler kullanılmasıdır. Her bir ısıtma sisteminin de binanın gerçek enerji ihtiyacını karşılar boyutta ve verimlilikte olması gerekmektedir. Eski ısıtma sistemini yenisi ile değiştirmenin, eski sistem için onarım yapmaktan daha etkin, verimli ve maliyetli olup olmadığı araştırılmalıdır.

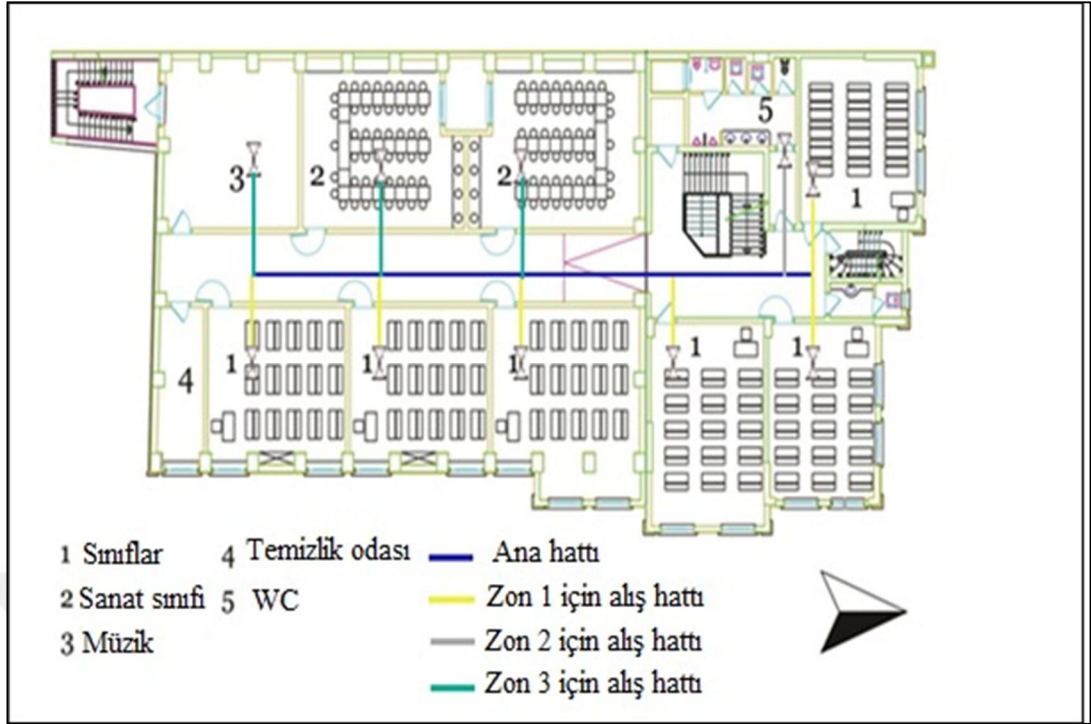
Yeni bir yoğuşmalı kazan seçimi enerji verimliliğini arttırmak için iyi bir seçimdir. Yoğuşmalı kazanların temel çalışma prensibi ısıtma sistemlerinin performansını ve enerji tasarrufunu arttırmak için atık gazlara ait gizli ısıyı kullanmak üzere ikinci bir ısı dönüştürücü içermesidir. Merkezi boyler ve yoğuşmalı boylerin her ikisi de dış iklimsel koşullara bağlı işletme ve durdurma kontrollerinin yapılması için dış hava sensörlerine bağlıdır. 1.2.2 Bölümü'ndeki Şekil 1.13'de geleneksel ve yoğuşmalı kazanlı ısıtma sistemine yönelik şema yer almaktadır.

Mevcut bina işlemlere ve uygulanan aktivitelere göre her bağımsız bölüm için farklı ısıtma gereksinimlerine sahiptir. Ulugazi ilköğretim Okulu'nda bu gereksinimler gözlemlenmeden tüm birimlerin aynı sıcaklık değerlerinde ve sürelerinde ısıtıldığı gözlemlenmiştir. Isıl zonlama yaklaşımı okullardaki enerji verimliliğini geliştirmek adına enerji verimliliğini sağlayan ve optimum konfor koşullarını arttıran bir yaklaşımdır. Farklı birimlerin farklı ısıtma ihtiyaçları vardır. Mevcut yapıda birimlerin birbirinden bağımsız bir şekilde kontrol edilebilmesi için ısıtma rejimlerinin de farklılaştırılması gerekmektedir. Mevcut binada sınıflar, bilgisayar ve

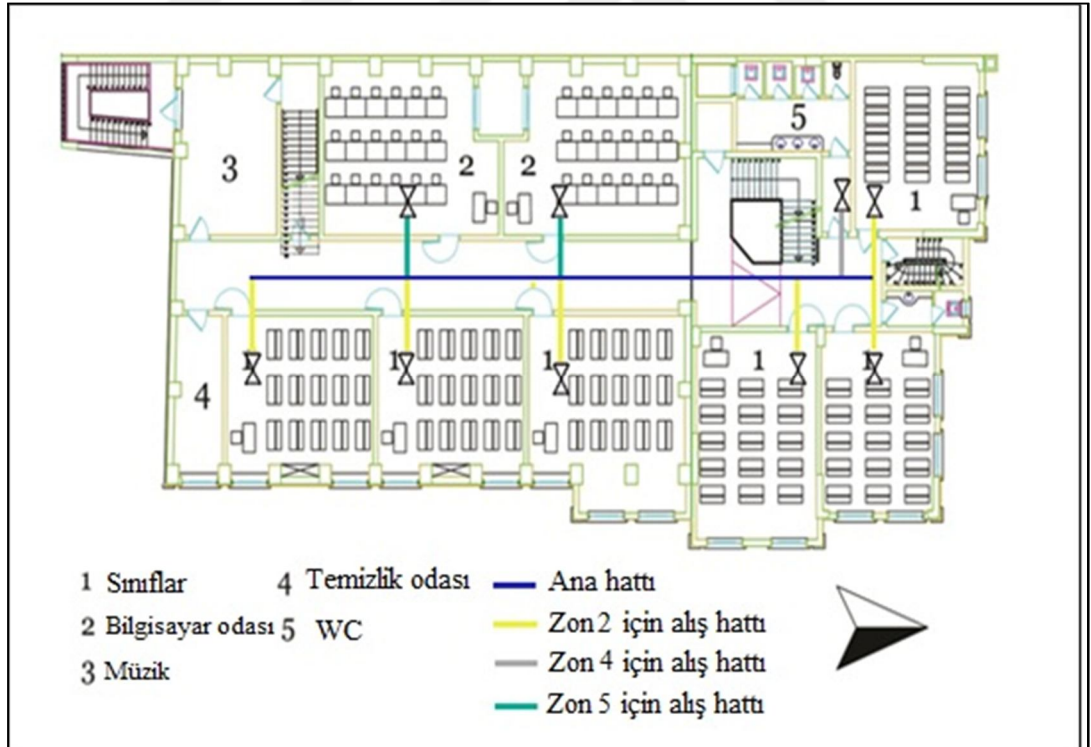
sanat laboratuvarları, spor salonu, soyunma odası, yönetici odaları, tiyatro salonu, koridorlar, ıslak mekanların tümü farklı ısıl zonlar olarak ele alınmalıdır. Her bağımsız birim boyutuna ve ihtiyaçlarına göre ısıtılmalıdır. Sınıflardaki gereken optimum sıcaklık değerleri de yönetim birimleri, öğretmen odalarından farklı olacaktır. Çünkü gerekli ısı miktarı ve süresi yapılan aktiviteye, mekan büyüklüğüne, kullanıcıların yaşa bağlı olarak çevreye adapte olabilmeye eğilimlerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Şekil 2.39, 2.40, 2.41 ve 2.42’de zemin kat, 1-2-ve 3 katlarda gereken ısıya bağlı olarak uygulanabilecek zonlama şemaları görülmektedir. Zone 1 spor salonu, Zone 2 sınıflar, Zone 3 öğretmen ve yönetici odaları, Zone 4 tuvalet, Zone 5 sanat ve müzik odaları ve bilgisayar laboratuvarını içermektedir.



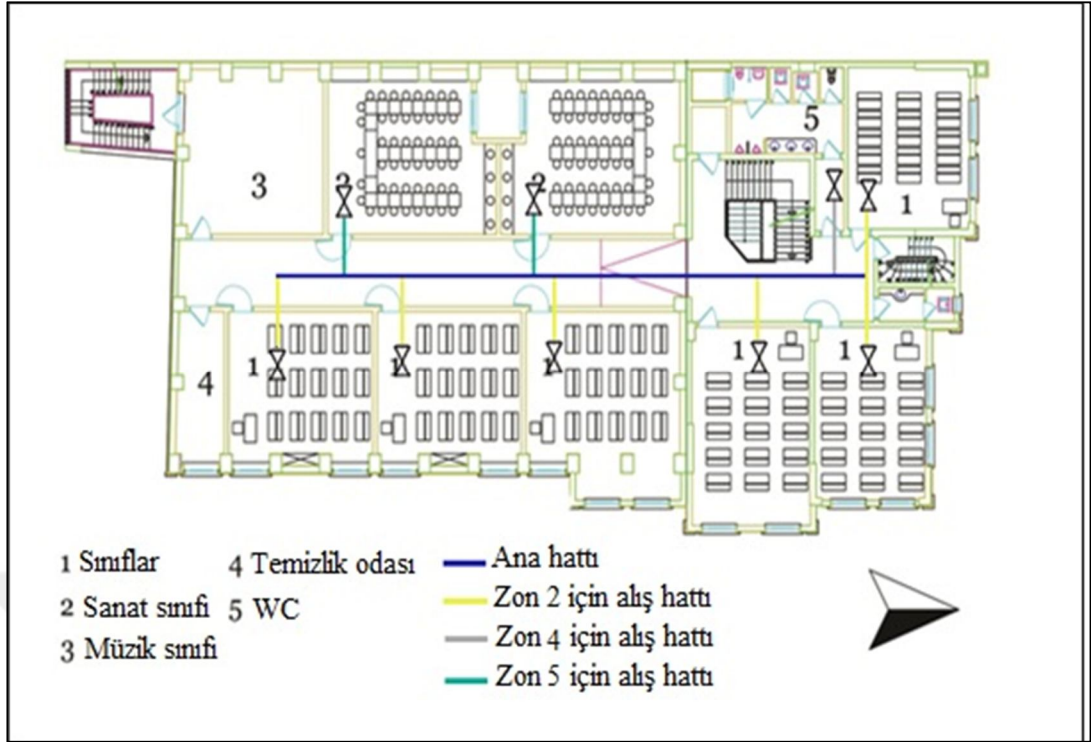
Şekil 2.37. Zemin katında ısıtma kontrol bölgesi



Şekil 2.38. Birinci katta ısıtma kontrol bölgesi



Şekil 2.39. İkinci katta ısıtma kontrol bölgesi



Şekil 2.40. Üçüncü katta ısıtma kontrol bölgesi

Mevcut binada tüm yapıda ve bağımsız birimler seviyesinde kontrollerin üst seviyeye çıkarılması okulda enerji performansının artırılması ve çevresel olumsuz etkilerin azaltılması bağlamında olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Mevcut yapılarda bu kontroller bina enerji yönetim sistemleri (BEMS) ile sağlanabilir. BEMS sistemleri enerji performansını kontrol etmek ve idare etmek üzere tasarlanmıştır. Bu sistemlerin çevresel kontrol (ısı, nem ve aydınlatma kontrolü) ve mekanik kontrol (kazanlar, alanlar ve radyatör kontrolü) olmak üzere iki çalışma prensibi bulunmaktadır. Mevcut binada iyileştirilmesi gereken ısıtma sisteminin verimli bir şekilde çalışmasını sağlayacak dört ana kontrol fonksiyonu aşağıda yer almaktadır:

1. Adaptif modele dayalı gerekli iç ortam sıcaklığının belirlenmesi için adaptif ısı konfor hesaplayıcısının eklenmesi
2. Mekanlarda kullanıcı olduğu zamanlarda ısıtma sağlamak üzere zaman ayarlayıcı şalterlerin eklenmesi.
3. Optimum başlat/durdur kontrollerinin kurulması: gereken sıcaklık değerine ulaşıncaya değin binayı ısıtmak için belli bir zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Bu süre de dış hava koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir. BEMS sistemleri ile öğrenciler okula ulaşmadan belli bir zaman öncesinde sınıfları dış hava şartlarına bağlı olarak ısıtmaya başlamak için merkezi boylerler çalıştırılabilmektedir. Benzer

bir şekilde bu sistemler öğrenciler okulu terk etmeden belli bir sıcaklık değerinin korunmasını sağlayarak ısıtma sisteminin kapanması için için ideal zamanı tahmin edebilirler.

4. Radyatör vanalarının eklenmesi (TRVs): yukarıda da belirtildiği üzere, mevcut bina 5 farklı ısı gereksinimlere sahip zonlardan oluşmaktadır. Isıl zonlama kontrolünü arttırmak için radyatör vanaları eklenebilir. Radyatör vanaları ile her bağımsız birimde yer alan radyatörlerin ortama aktardığı ısı miktarı kontrol edilebilmekte ve gereken optimum sıcaklık değerlerine ulaşana değin sistemin çalışması ve gerektiğinde durdurulması sağlanabilmektedir.

Tesisat sisteminde yer alan kanalların yalıtılması ile ısı kaçışları ve istenmeyen ısı transferleri engellenebilmektedir. Mevcut binadaki yeni ısıtma sisteminde de ısı kaçışlarını önlemek üzere sıcak su deposu ve boru tesisatının yalıtılması önemlidir.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu araştırmanın amacı Ulugazi İlkokulu'nda enerji verimliliğini ve ısı konforu geliştirmeye katkı sağlayabilecek ölçütlerin ve yaklaşımların belirlenmesidir. Giriş kısmında kullanıcılar için ısı ve görsel konfor gereksinimlerinin göz ardı edilmeden enerji verimliliği sağlamanın ekonomik ve çevresel önemi üzerinde durulmuştur. Tez kapsamında mevcut yapılarda kullanıcı konfor gereksinimlerini sağlamak koşuluyla enerji tüketimini azaltmak üzere iyileştirme yaklaşımlarının doğru şekilde seçimi ve uygulanmasının önemi vurgulanmıştır.

Literatür araştırmasıyla ısı konfor konsepti, standartlar incelenmiş ve incelenen kaynaklar doğrultusunda minimum enerji tüketimiyle optimum konfor koşullarının sağlanabildiği görülmüştür. Aynı araştırma sürecinde mevcut tarihi ve tarihi niteliğe sahip olmayan okul yapıları için iyileştirme stratejileri araştırılmış ve Ulugazi İlköğretim Okul'u bağlamında uygun stratejiler incelenmiştir.

Ele alınan okul örneği yapı tipolojisi, enerji tüketimi miktarı ve biçimi, sahip olduğu ısı ve görsel konfor koşulları bağlamında incelenmiştir. Okula ait her iki blokta da enerjinin etkin biçimde kullanılmadığı görülmüştür. Anket sonuçlarına göre de okuldaki iklimsel ve görsel konfor koşullarının optimum değer aralıklarında olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda her iki gereksinim doğrultusunda Ulugazi İlköğretim Okulu'nda yer alan tarihi ve tarihi niteliğe sahip olmayan her iki blok için enerji iyileştirme stratejileri belirlenmiş ve incelenmiştir.

Isı konfor koşullarını belirlemek amacıyla sıcaklık ve nem değerlerinin ölçülmesi için mevcut tarihi ve tarihi nitelikte olmayan bloklarda belirlenmiş sınıflara veri kaydediciler yerleştirilmiştir ve sürekli olarak ölçümler kaydedilmiştir. Öğrencilerin ısı konfor hakkındaki memnuniyet/memnuniyetsizlik seviyelerini ele almak için uygulanan anket çalışması ölçümlerle eşzamanlı olarak 2014 yılı Mayıs ayında gerçekleştirilmiştir. Anket sonuçlarına göre oyların %55'i iç iklimsel koşullardan farklı seviyelerde memnuniyetsizlikleri ortaya koymuştur. Genel olarak öğrenciler sınıftaki iç iklimsel koşullardan rahatsızlıklarını belirtmişlerdir. Özellikle iç

havalandırma performansı ve koşullarına yönelik anket sonuçları incelendiğinde %65 oranında memnuniyetsizlik durumu görülmektedir.

Buna ek olarak, her iki blokta enerji tüketim biçim ve miktarlarını belirlemek üzere 2014-2015 dönemi doğalgaz ve elektrik faturaları incelenmiştir. Okuldaki enerji tüketiminin oldukça fazla olduğu görülmüştür. Gaz tüketimi kış döneminde oldukça yüksektir. Özellikle gaz tüketim miktarının Ekim 2014'te 0 değerinden Kasım 2014'te 29660 kw/h miktarına çıktığı görülmüştür. Sadece bir ay süresince gaz tüketimindeki bu büyük fark ve Şubat'taki tüketim (26024 kw/h) miktarının daha düşük sıcaklıklardaki dış koşullara rağmen Kasım'daki tüketim miktarından (29660 kw/h) daha düşük olması gibi bulgular okuldaki ısıtma sisteminin verimliliği ya da işletimindeki sorunlara işaret etmiştir. Bu bağlamda mevcut durumu iyileştirmek üzere her iki yapı tipi için önerilebilecek iyileştirme stratejileri incelenmiştir. Bu araştırmada belirtilen metod ve tekniklerin uygulanmasıyla Ulugazi ilköğretim Okulu'nda minimum enerji tüketimi sağlanması, ısı konforunun artırılması hedeflenmiştir. Önerilen stratejiler mevcut tarihi ve tarihi niteliğe sahip olmayan her 2 blok için ayrı şekilde tanımlanmıştır. Tarihi yapının özgün değerini korumak adına uygulanabilecek stratejilerde kısıtlıdır. Yaklaşımlar her iki blok için de yapı kabuğunda yapılabilecek iyileştirmeler, elektrik ve mekanik sistemlerde gerçekleştirilebilecek iyileştirmeler olarak ayrı başlıklar altında incelenmiştir. Bu ölçütler aşağıda sınıflandırılmıştır:

1. Yapı kabuğuna yönelik yaklaşımlar;

A. Mevcut tarihi niteliğe sahip yapı bloku;

- Çatılarda Yalıtım Uygulaması: Mertek seviyesinde ya da çatı döşemesinde hesaplarla belirlenecek kalınlıkta ısı yalıtım uygulamasının yapılması
- Duvarlarda yalıtım: Koruma bağlamında tarihi yapının özgün değerini bozmamak adına dış yüzey yerine iç yüzeylerde ısı, nem yalıtım uygulaması yapılması
- Zemin kat döşemesinde yalıtım uygulaması:
- Pencereleer: Cam tiplerinin yüksek ısı performansına ve sızdırmazlığa sahip çok katmanlı ve düşük ısı geçirme katsayısına sahip (U değeri) cam ve çerçeve sistemleriyle değiştirilmesi.
- Yapının estetik değerine etkisi değerlendirildikten sonra havalandırma etkinliğini arttırmak üzere pencere açıklıklarının konumlarının değiştirilmesi. Bu uygulamanın

etkisi büyük olduğu takdirde havalandırma ve iç hava akımı hızını arttırmak üzere iç mekanda enerji etkin fan kullanımının tercih edilmesi

- Kapılar ve koridorlar: Koridor ve girişlerdeki mevcut kapıların sızdırmazlık özelliğine sahip kapılarla değiştirilmesi

B. Mevcut tarihi niteliğe sahip olmayan yapı bloku:

- Çatılarda Yalıtım Uygulaması: Mertek seviyesinde ya da çatı döşemesinde hesaplarla belirlenecek kalınlıkta yalıtım uygulamasının yapılması
- Duvarlarda yalıtım: Dış yüzeylerde hesaplamalarla belirlenecek kalınlıklarda ısı, nem yalıtım uygulaması yapılması
- Pencereleer: Cam tiplerinin yüksek ısı performansına ve sızdırmazlığa sahip çok katmanlı ve düşük ısı geçirme katsayısına sahip (U değeri) cam ve çerçeve sistemleriyle değiştirilmesi.
- Kapılar ve koridorlar: Koridor ve girişlerdeki mevcut kapıların sızdırmazlık özelliğine sahip kapılarla değiştirilmesi. Girişte ısı kaçışlarını engelleyen rüzgarlık biriminin eklenmesi

2. Elektrik Sistemlerinde Uygulanabilecek İyileştirme Stratejileri: Elektrik sistemlerinde uygulanabilecek iyileştirme stratejileri her iki blokta da enerji tüketim miktarlarının yakın olduğundan niteliklere sahip olabilir. Önerilen stratejiler aşağıda sınıflandırılmıştır:

- Gün ışığı ve yapay ışık arasındaki entegrasyonu sağlamak için sınıflarda aydınlatma elemanlarının sayısının ve konumlarının değiştirilerek iyileştirilmesi
- Otomatik sensörlerle sınıflarda sabit aydınlık seviyelerinin sağlanması
- 26 mm floresan tüpleri yerine 38 mm floresan tüplerinin kullanılması.

3. Mekanik Sistemlerde Uygulanabilecek İyileştirme Stratejileri: Mekanik sistemler için önerilen iyileştirme stratejileri tarihi ve tarihi niteliğe sahip olmayan her 2 Blok için de benzerdir. Her iki yapıda da fazla enerji tüketimi oluşmaktadır. Bu ölçütler aşağıda sınıflandırılmıştır:

- Bina enerji yönetim sistemlerinin (BEMS) kullanılması.
- Tarihi ve tarihi niteliğe sahip olmayan her iki yapı için de ayrı yapı ölçek ve ihtiyacına uygun merkezi boiler sistemlerinin seçilmesi

- Isıtma için başlangıç, kapanma sürelerini dış iklimsel koşullara ve iç iklimsel konfor değerlerine göre ayarlanmasını sağlayan optimum kontrol mekanizmalarının eklenmesi.

Elde edilen veriler doğrultusunda Ulugazi ilköğretim Okulu için gerçekleştirilen çalışmanın ulusal bir yaklaşımla Türkiye’de benzer niteliklere ve bağlama sahip yapılar için referans özelliğini gösteren başka okul yapıları için de gerçekleştirilmesi gerektiği görülmüştür. Bu hem ülke çapında enerji tüketiminin azaltılması hem de öğrencilerin uygun iklimsel ve görsel koşullarda eğitim hayatlarını sürdürebilmeleri açısından önemli bir adımdır.

Her yapı tipolojisi, kullanıcıları ve bulunduğu çevreyle farklı etkileşimler içerisinde bulunduğu için enerji tüketim, karbon salınım, görsel, iklimsel, akustik konfor koşulları da farklı olacaktır. Bu sebeple iyileştirme stratejilerinin yapı özelinde belirlenmesi gerekmektedir. Ulugazi İlköğretim Okulu örneği kapsamında ele alınan 2 ayrı blokta da iyileştirme yaklaşımlarının farklılaşması bu gereksinimi ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

- [1] <https://www.eia.gov/beta/international/country.cfm?iso=TUR>, (Ziyaret tarihi: 15 Eylül 2013).
- [2] Kömürlü R., Arditi D., Gurgun A. P., Energy and Atmosphere Standards for Sustainable Design and Construction in Different Countries, *Energy and Buildings*, 2015, **90**, 156–165.
- [3] Rowings J. R., Walker R. O., Construction Energy Use, *Journal of Construction Engineering and Management*, 1984, **110**(4), 447–458.
- [4] http://herdem.av.tr/wp-content/uploads/2013_TURKEY_ENERGY_REPORT_FINAL1.pdf?utm_source=Mondaq&utm_medium=syndication&utm_campaign=View-Original, (Ziyaret tarihi: 11 Ocak 2014).
- [5] Patterson M. G., What is Energy Efficiency? Concepts, Indicators and Methodological Issues, Energy Policy, *Fuel and Energy Abstracts*, 1996, **24**(5), 377-390.
- [6] Nicol J. F., Humphreys M. A., New Standards for Comfort and Energy Use in Buildings, *Building Research & Information*, 2009, **37**(1), 68-73.
- [7] Roat S., Crichton D., Nicol J. F., *Adapting Buildings and Cities for Climate Changes*, 2nd ed., Elsevier, New York, 21-166, 2009.
- [8] Fanger P. O., *Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering*, 1st ed., Danish Technical Press, Copenhagen, 1970.
- [9] Çakır Ç. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Binasındaki Isıl Konfor Koşullarının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006, 199398.
- [10] <http://www.dictionary.com/browse/effective-temperature>, (Ziyaret tarihi: 16 Ocak 2013).
- [11] Nicol J. F., Humphreys M. A., Adaptive Thermal Comfort and Sustainable Thermal Standards for Buildings, *Building Research & Information*, 2002, **34**, 45-59.
- [12] Bliuc I., Rotberg R., Dumitrescu L., Assessing Thermal Comfort of Dwellings in Summer Using Energy Plus, *Proceedings of Clima 2007 WellBeing Indoors*, Iași, Romania, 28 October 2007.
- [13] Shove E., Chappells H., Lutzenhiser L., Hackett B., Comfort in a Lower Carbon Society, *Building Research & Information*, 2008, **36**(4), 307-311.

- [14] https://www.nrc-cnrc.gc.ca/ctu-sc/files/doc/ctu-sc/ctu-n64_eng.pdf (Ziyaret tarihi: 13 Mayıs 2015).
- [15] Charles K., Fanger's Thermal Comfort and Draught Models, *National Research Council*, IRC-RR-162, 45, 2013.
- [16] Chandel S. S., Aggarwal R. K., Thermal Comfort Temperature Standards for Cold Regions, *Innovative Energy Policies*, 2012, **2**, 1-5.
- [17] Salonen H., Kurnitski J., Kosonen R., Hellgren U., Lappalainen S., Peltokorpi A., Reijula K., Morawska L, The Effects of the Thermal Environment on Occupants' Responses in Health Care Facilities: A Literature Review, *9th International Conference on Indoor Air Quality Ventilation & Energy Conservation In Buildings*, Icheon, South of Korean, 23-26 October 2016.
- [18] ISO-7730, Moderate Thermal Environments: Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort, *International Organization of Standardization*, Geneva, 1994.
- [19] Bouden C., Ghrab N. An Adaptive Thermal Comfort Model for the Tunisian Context: A Field Study Results, *Energy and Buildings*, 2004, **37**(9), 952-963.
- [20] Dear R., Brager G., Cooper D., Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference, *Center for Environmental Design Research*, ASHRAE RP- 884, 125-150, 1997.
- [21] Mors S., Adaptive Thermal Comfort in Primary School Classrooms: Creating and Validating PMV Based Comfort Charts, Master's Thesis, Eindhoven University of Technology, Faculty of Architecture, Building and Planning, Eindhoven, 2010, 0575261.
- [22] Butera F., *Advances in Building Energy Research*, 4th ed., Eartscan, London, 2010.
- [23] Mors S. T., Hensen J. L., Loomans M. G., Boerstra A. C., Adaptive Thermal Comfort in Primary School Classrooms: Creating and Validating PMV-Based Comfort Charts, *Building and Environment*, 2011, **46**(12), 2454-2461.
- [24] Teli D., Jentsch M. F., James P. A. B., Bahaj A., Field Study on Thermal Comfort in a UK Primary School, *The Changing Context of Comfort in an Unpredictable World*, Windsor Great Park, United Kingdom, 12-15 April 2012.
- [25] Patterson M. G., What is Energy Efficiency?: Concepts, Indicators and Methodological Issues, *Fuel and Energy Abstracts*, 1996, **24**(5), 377-390.
- [26] Trachte S., Herde A. D., *Sustainable Refurbishments, School Buildings: A Guide for Designers and Planners*, 1st ed., International Energy Agency, London, 2015.

- [27] Butala V., Novak P., Analysis of Possible Measures for Reducing of Energy Consumption and Indoor Air Quality in School Buildings, *Energy and Buildings*, 1995, **29**, 241-246.
- [28] Butala V., Novak P. Energy Consumption and Potential Energy Savings in Old School Buildings, *Energy and Buildings*, 1999, **29**(3), 241-246.
- [29] Makrodimitri M., Energy Efficient Refurbishment of Old Listed Dwellings, the Case of Victorian Housing Stock, *Consilience: The Journal of Sustainable Development*, 2010, **4**, 33–59.
- [30] Kochaniuk P., A Methodology for Evaluation of an Energy Efficient Refurbishment of a Typical 1960's Semi-Detached Dublin House in Line with Ireland's 2020 National Goals, Master's Thesis, School of Computing and Technology University of East London, Institute of Science, London, 2012.
- [31] Pietrzyk K., Risk Management of Windows Performans, *Energy Procedia*, 2015, **78**, 2476-2481.
- [32] Bayraktar T. N., Gölgeleme Araçlarının Toplam Soğutma Yükleri Açısından Etkinliklerinn Değerlendirilmesinde Geliştirilen Yöntem, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008, 252163.
- [33] Zinzi M., Battistini G., Ragazzini V., Energy and Environmental Monitoring of a School Building Deep Energy Renovation in Italy, *6th International Building Physics Conference*, Torino, Italy, 14-17 June 2015.
- [34] Zinzi M., Agnoli S., Battistini G., Bernabini G., Deep Energy Retrofit of the T. M. Plauto School in Italy A Five Years Experience, *Energy and Buildings*, 2016, **126**, 239-251.
- [35] Shove E., Chappells H., Lutzenhiser L., Hackett B., Comfort in a Lower Carbon Society, *Building Research & Information*, 2008, **36**(4), 307-311.
- [36] https://tools.breeam.com/filelibrary/BREEAM%20UK%20NC%202014%20Resources/SD5076_DRAFT_BREEAM_UK_New_Construction_2014_Technical_Manual_ISSUE_0.1.pdf (Ziyaret Tarihi: 16 Ocak 2013).
- [37] https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/276707/Building_Bulletin_90_lighting_design_for_schools.pdf (Ziyaret tarihi: 18 Mayıs 2015).
- [38] Tahsildoost T. M., Zomorodian Z. S., Energy Retrofit Techniques: An Experimental Study of Two Typical school Buildings in Tahrán, *Energy and Buildings*, 2015, **104**(1), 65-72.
- [39] <https://cambridge.gov.uk/sites/default/files/documents/rd-ne-170.pdf> (Ziyaret tarihi: 16 Ocak 2013).

- [40] <https://content.historicengland.org.uk/images-books/publications/eehb-draught-proofing-windows-doors/heag084-draughtproofing.pdf/> (Ziyaret tarihi: 18 Mayıs 2015).
- [41] Bayraktar T. N., Kışalı E., Abusamhadana M., Investigation on the Effects of Thermal Parameters in Historic Primary School in İzmit in the Context of Refurbishment Process, *Journal of Polytechnic*, 2017, **20**(2), 357-367.
- [42] <http://smap.cbe.berkeley.edu/comforttool/>, (Ziyaret tarihi: 18 Mayıs 2015).





EKLER

Ek-A

Anket Sürecinde Sıcaklık ve Bağıl Nem

Tablo A.1. 05 Mayıs 2014 tarihinde her on saniye aralıkla ölçülen sıcaklık derecesi ve bağıl nem değerleri

No	TARİH	SAAT	Sıcaklık	BAĞIL NEM	No	TARİH	SAAT	Sıcaklık	BAĞIL NEM
1	5/5/2014	10:45:41	25,2	69,3	22	5/5/2014	10:49:11	25,9	60,6
2	5/5/2014	10:45:51	25,4	71,6	23	5/5/2014	10:49:21	25,9	60,9
3	5/5/2014	10:46:01	25,5	68,3	24	5/5/2014	10:49:31	25,9	60,4
4	5/5/2014	10:46:11	25,6	66,1	25	5/5/2014	10:49:41	25,8	60,1
5	5/5/2014	10:46:21	25,8	64,4	26	5/5/2014	10:49:51	25,8	60
6	5/5/2014	10:46:31	25,9	63,2	27	5/5/2014	10:50:01	25,8	59,8
7	5/5/2014	10:46:41	25,9	62,2	28	5/5/2014	10:50:11	25,8	59,6
8	5/5/2014	10:46:51	26	61,5	29	5/5/2014	10:50:21	25,7	60,1
9	5/5/2014	10:47:01	26	63	30	5/5/2014	10:50:31	25,7	60,6
10	5/5/2014	10:47:11	26	62,4	31	5/5/2014	10:50:41	25,7	60,4
11	5/5/2014	10:47:21	26,1	61,8	32	5/5/2014	10:50:51	25,7	60,3
12	5/5/2014	10:47:31	26,1	60,9	33	5/5/2014	10:51:01	25,7	60,1
13	5/5/2014	10:47:41	26	60,7	34	5/5/2014	10:51:11	25,6	59,9
14	5/5/2014	10:47:51	26,1	60,9	35	5/5/2014	10:51:21	25,6	60,8
15	5/5/2014	10:48:01	26,1	60,9	36	5/5/2014	10:51:31	25,6	60,7
16	5/5/2014	10:48:11	26	60,4	37	5/5/2014	10:51:41	25,6	60,3
17	5/5/2014	10:48:21	26	60,2	38	5/5/2014	10:51:51	25,5	60,3
18	5/5/2014	10:48:31	26	60	39	5/5/2014	10:52:01	25,5	60,5
19	5/5/2014	10:48:41	26	59,9	40	5/5/2014	10:52:11	25,5	60,6
20	5/5/2014	10:48:51	26	60,2	41	5/5/2014	10:52:21	25,5	62,7
21	5/5/2014	10:49:01	25,9	60,4	42	5/5/2014	10:52:31	25,5	62,5
43	5/5/2014	10:52:41	25,5	63,8	70	5/5/2014	10:57:11	26	58,6
44	5/5/2014	10:52:51	25,5	63,3	71	5/5/2014	10:57:21	26	58,7
45	5/5/2014	10:53:01	25,5	62,5	72	5/5/2014	10:57:31	26	60
46	5/5/2014	10:53:11	25,5	62,1	73	5/5/2014	10:57:41	26	66,4
47	5/5/2014	10:53:21	25,5	61,7	74	5/5/2014	10:57:51	26	63,5
48	5/5/2014	10:53:31	25,5	61,3	75	5/5/2014	10:58:01	26	62,1
49	5/5/2014	10:53:41	25,5	61,3	76	5/5/2014	10:58:11	26,1	60,6
50	5/5/2014	10:53:51	25,5	61,2	77	5/5/2014	10:58:21	26,1	59,9
51	5/5/2014	10:54:01	25,5	60,9	78	5/5/2014	10:58:31	26,2	59,2
52	5/5/2014	10:54:11	25,5	60,6	79	5/5/2014	10:58:41	26,2	58,9
53	5/5/2014	10:54:21	25,5	60,5	80	5/5/2014	10:58:51	26,2	59,1
54	5/5/2014	10:54:31	25,5	61,6	81	5/5/2014	10:59:01	26,2	58,5
55	5/5/2014	10:54:41	25,5	67,8	82	5/5/2014	10:59:11	26,2	57,7
56	5/5/2014	10:54:51	25,5	68,8	83	5/5/2014	10:59:21	26,2	57
57	5/5/2014	10:55:01	25,6	69,6	84	5/5/2014	10:59:31	26,2	57
58	5/5/2014	10:55:11	25,7	66,8	85	5/5/2014	10:59:41	26,2	57,2
59	5/5/2014	10:55:21	25,8	64	86	5/5/2014	10:59:51	26,2	57,6
60	5/5/2014	10:55:31	25,9	62	87	5/5/2014	11:00:01	26,1	57,7
61	5/5/2014	10:55:41	26	60,6	88	5/5/2014	11:00:11	26,1	56,9
62	5/5/2014	10:55:51	26	58,7	89	5/5/2014	11:00:21	26,1	56,6
63	5/5/2014	10:56:01	26,1	57,6	90	5/5/2014	11:00:31	26	56,4
64	5/5/2014	10:56:11	26,1	57,9	91	5/5/2014	11:00:41	26	57,1
65	5/5/2014	10:56:21	26,1	58,1	92	5/5/2014	11:00:51	26	60,8
66	5/5/2014	10:56:31	26,1	58,1	93	5/5/2014	11:01:01	26	62,9
67	5/5/2014	10:56:41	26,1	58,3	94	5/5/2014	11:01:11	26	62,7

Tablo A.1. (Devam) 05 Mayıs 2014 tarihinde her on saniye aralıkla ölçülen sıcaklık derecesi ve bağıl nem değerleri

68	5/5/2014	10:56:51	26,1	58,3	95	5/5/2014	11:01:21	26	62,1
69	5/5/2014	10:57:01	26	58,6	96	5/5/2014	11:01:31	25,9	61
97	5/5/2014	11:01:41	25,9	60,3	124	5/5/2014	11:06:11	27,9	62
98	5/5/2014	11:01:51	25,9	61,2	125	5/5/2014	11:06:21	27,9	60
99	5/5/2014	11:02:01	26	65,9	126	5/5/2014	11:06:31	27,9	57,4
100	5/5/2014	11:02:11	26	70,4	127	5/5/2014	11:06:41	27,8	56,8
101	5/5/2014	11:02:21	26,1	73,9	128	5/5/2014	11:06:51	27,8	56,5
102	5/5/2014	11:02:31	26,2	71,7	129	5/5/2014	11:07:01	27,8	56,2
103	5/5/2014	11:02:41	26,3	78,7	130	5/5/2014	11:07:11	27,7	56
104	5/5/2014	11:02:51	26,4	79	131	5/5/2014	11:07:21	27,7	55,5
105	5/5/2014	11:03:01	26,6	71,6	132	5/5/2014	11:07:31	27,6	54,9
106	5/5/2014	11:03:11	26,7	67	133	5/5/2014	11:07:41	27,5	54,8
107	5/5/2014	11:03:21	26,9	70,4	134	5/5/2014	11:07:51	27,5	54,9
108	5/5/2014	11:03:31	27,1	66	135	5/5/2014	11:08:01	27,4	55
109	5/5/2014	11:03:41	27,2	63,8	136	5/5/2014	11:08:11	27,4	55,1
110	5/5/2014	11:03:51	27,4	61,3	137	5/5/2014	11:08:21	27,3	55,2
111	5/5/2014	11:04:01	27,5	59,6	138	5/5/2014	11:08:31	27,3	55,3
112	5/5/2014	11:04:11	27,6	61,4	139	5/5/2014	11:08:41	27,2	55,4
113	5/5/2014	11:04:21	27,7	66,6	140	5/5/2014	11:08:51	27,2	55,4
114	5/5/2014	11:04:31	27,7	59,7	141	5/5/2014	11:09:01	27,1	55,1
116	5/5/2014	11:04:51	27,8	58,2	142	5/5/2014	11:09:11	27,1	54,3
117	5/5/2014	11:05:01	27,9	56,9	143	5/5/2014	11:09:21	27	53,7
118	5/5/2014	11:05:11	27,9	58,8	144	5/5/2014	11:09:31	26,9	53,6
119	5/5/2014	11:05:21	27,9	61	145	5/5/2014	11:09:41	26,9	53,7
120	5/5/2014	11:05:31	27,9	63,8	146	5/5/2014	11:09:51	26,9	53,8
121	5/5/2014	11:05:41	27,9	62,1	147	5/5/2014	11:10:01	26,8	53,9
122	5/5/2014	11:05:51	27,9	59,9	148	5/5/2014	11:10:11	26,8	54
123	5/5/2014	11:06:01	27,9	59,2	149	5/5/2014	11:10:21	26,7	54
150	5/5/2014	11:10:31	26,7	53,8	163	5/5/2014	11:12:41	26,2	55
151	5/5/2014	11:10:41	26,6	53,8	164	5/5/2014	11:12:51	26,2	55,1
152	5/5/2014	11:10:51	26,6	54	165	5/5/2014	11:13:01	26,1	55,2
153	5/5/2014	11:11:01	26,5	54,2	166	5/5/2014	11:13:11	26,1	54,6
154	5/5/2014	11:11:11	26,5	54,3	167	5/5/2014	11:13:21	26,1	54,6
155	5/5/2014	11:11:21	26,4	54,4	168	5/5/2014	11:13:31	26	54,7
156	5/5/2014	11:11:31	26,4	54,6	169	5/5/2014	11:13:41	26	54,7
156	5/5/2014	11:11:31	26,4	54,6	170	5/5/2014	11:13:51	26	54,9
157	5/5/2014	11:11:41	26,4	54,3	171	5/5/2014	11:14:01	26	55,1
158	5/5/2014	11:11:51	26,3	54,4	172	5/5/2014	11:14:11	25,9	55,3
159	5/5/2014	11:12:01	26,3	54,7	173	5/5/2014	11:14:21	25,9	55,3
160	5/5/2014	11:12:11	26,3	54,6	174	5/5/2014	11:14:31	25,9	58,5
161	5/5/2014	11:12:21	26,2	54,7	175	5/5/2014	11:14:41	25,9	60,1

Tablo A.2. 05 Mayıs 2014 tarihinde incelenen sınıfın dışında 10 saniye aralıkla ölçülen sıcaklık derecesi ve bağıl rutubet

No	TARİH	SAAT	Sıcaklık	BAĞIL NEM	No	TARİH	SAAT	Sıcaklık	BAĞIL NEM
1	5/5/2014	10:45:51	24	64,1	27	5/5/2014	10:50:11	23,4	60,5
2	5/5/2014	10:46:01	24,1	67,5	28	5/5/2014	10:50:21	23,3	60,5
3	5/5/2014	10:46:11	24,2	63,4	29	5/5/2014	10:50:31	23,3	60,6
4	5/5/2014	10:46:21	24,3	64,6	30	5/5/2014	10:50:41	23,2	60,6
5	5/5/2014	10:46:31	24,3	63,8	31	5/5/2014	10:50:51	23,2	60,7
6	5/5/2014	10:46:41	24,4	62,9	32	5/5/2014	10:51:01	23,2	60,8
7	5/5/2014	10:46:51	24,4	62,3	33	5/5/2014	10:51:11	23,1	60,8
8	5/5/2014	10:47:01	24,4	61,6	34	5/5/2014	10:51:21	23,1	60,8
9	5/5/2014	10:47:11	24,4	61,1	35	5/5/2014	10:51:31	23	60,9
10	5/5/2014	10:47:21	24,4	60,8	36	5/5/2014	10:51:41	23	60,9
11	5/5/2014	10:47:31	24,3	60,6	37	5/5/2014	10:51:51	23	60,9
12	5/5/2014	10:47:41	24,2	60,4	38	5/5/2014	10:52:01	22,9	60,9
13	5/5/2014	10:47:51	24,2	60,3	39	5/5/2014	10:52:11	22,9	61
14	5/5/2014	10:48:01	24,1	60,2	40	5/5/2014	10:52:21	22,9	61
15	5/5/2014	10:48:11	24,1	60,2	41	5/5/2014	10:52:31	22,8	61,1
16	5/5/2014	10:48:21	24	60,2	42	5/5/2014	10:52:41	22,8	61,2
17	5/5/2014	10:48:31	24	60,1	43	5/5/2014	10:52:51	22,8	61,2
18	5/5/2014	10:48:41	23,9	60	44	5/5/2014	10:53:01	22,7	61,3
19	5/5/2014	10:48:51	23,8	60,1	45	5/5/2014	10:53:11	22,7	61,4
20	5/5/2014	10:49:01	23,8	60,1	46	5/5/2014	10:53:21	22,7	61,5
21	5/5/2014	10:49:11	23,7	60,2	47	5/5/2014	10:53:31	22,7	61,4
22	5/5/2014	10:49:21	23,6	60,3	48	5/5/2014	10:53:41	22,6	61,5
23	5/5/2014	10:49:31	23,6	60,3	49	5/5/2014	10:53:51	22,6	61,5
24	5/5/2014	10:49:41	23,5	60,3	50	5/5/2014	10:54:01	22,6	61,5
25	5/5/2014	10:49:51	23,5	60,4	51	5/5/2014	10:54:11	22,5	61,6
26	5/5/2014	10:50:01	23,4	60,4	52	5/5/2014	10:54:21	22,5	61,6
53	5/5/2014	10:54:31	22,5	61,6	80	5/5/2014	10:59:01	22,7	63,6
54	5/5/2014	10:54:41	22,5	61,4	81	5/5/2014	10:59:11	22,7	62,6
55	5/5/2014	10:54:51	22,4	61,1	82	5/5/2014	10:59:21	22,7	62,1
56	5/5/2014	10:55:01	22,4	61,1	83	5/5/2014	10:59:31	22,7	61,7
57	5/5/2014	10:55:11	22,4	61,1	84	5/5/2014	10:59:41	22,7	61,4
58	5/5/2014	10:55:21	22,4	61,3	85	5/5/2014	10:59:51	22,7	61,2
59	5/5/2014	10:55:31	22,3	61,4	86	5/5/2014	11:00:01	22,7	61
60	5/5/2014	10:55:41	22,3	61,6	87	5/5/2014	11:00:11	22,7	60,8
61	5/5/2014	10:55:51	22,3	62,6	88	5/5/2014	11:00:21	22,7	60,8
62	5/5/2014	10:56:01	22,3	64,3	89	5/5/2014	11:00:31	22,6	61,6
63	5/5/2014	10:56:11	22,3	64	90	5/5/2014	11:00:41	22,6	61,5
64	5/5/2014	10:56:21	22,3	63,3	91	5/5/2014	11:00:51	22,6	61,1
65	5/5/2014	10:56:31	22,3	62,8	92	5/5/2014	11:01:01	22,5	61
66	5/5/2014	10:56:41	22,3	62,5	93	5/5/2014	11:01:11	22,5	60,9
67	5/5/2014	10:56:51	22,3	62,3	94	5/5/2014	11:01:21	22,5	60,9
68	5/5/2014	10:57:01	22,3	62,2	95	5/5/2014	11:01:31	22,4	60,9
69	5/5/2014	10:57:11	22,2	62,7	96	5/5/2014	11:01:41	22,4	60,9
70	5/5/2014	10:57:21	22,2	63,8	97	5/5/2014	11:01:51	22,4	60,9
71	5/5/2014	10:57:31	22,2	63,4	98	5/5/2014	11:02:01	22,3	60,9
72	5/5/2014	10:57:41	22,3	64,9	99	5/5/2014	11:02:11	22,3	60,9
73	5/5/2014	10:57:51	22,3	65,8	100	5/5/2014	11:02:21	22,2	60,9
74	5/5/2014	10:58:01	22,3	64,7	101	5/5/2014	11:02:31	22,2	60,9
75	5/5/2014	10:58:11	22,4	64,1	102	5/5/2014	11:02:41	22,2	61
76	5/5/2014	10:58:21	22,5	64,2	103	5/5/2014	11:02:51	22,1	61,1
77	5/5/2014	10:58:31	22,5	64,3	104	5/5/2014	11:03:01	22,1	61,5

Tablo A.2. (Devam) 05 Mayıs 2014 tarihinde incelenen sınıfın dışında 10 saniye aralıkla ölçülen sıcaklık derecesi ve bağıl rutubet

78	5/5/2014	10:58:41	22,6	63,5	105	5/5/2014	11:03:11	22,1	61,6
106	5/5/2014	11:03:21	22,1	61,6	131	5/5/2014	11:07:31	21,5	62,6
107	5/5/2014	11:03:31	22	61,5	132	5/5/2014	11:07:41	21,5	62,6
108	5/5/2014	11:03:41	22	61,5	133	5/5/2014	11:07:51	21,5	62,7
109	5/5/2014	11:03:51	22	61,6	134	5/5/2014	11:08:01	21,5	62,7
110	5/5/2014	11:04:01	22	61,6	135	5/5/2014	11:08:11	21,5	62,7
111	5/5/2014	11:04:11	21,9	61,7	136	5/5/2014	11:08:21	21,5	62,8
112	5/5/2014	11:04:21	21,9	61,7	137	5/5/2014	11:08:31	21,5	62,8
113	5/5/2014	11:04:31	21,9	61,7	138	5/5/2014	11:08:41	21,4	62,9
114	5/5/2014	11:04:41	21,9	61,7	139	5/5/2014	11:08:51	21,4	62,9
115	5/5/2014	11:04:51	21,8	61,8	140	5/5/2014	11:09:01	21,4	63
116	5/5/2014	11:05:01	21,8	61,8	141	5/5/2014	11:09:11	21,4	63
117	5/5/2014	11:05:11	21,8	61,9	142	5/5/2014	11:09:21	21,4	63
118	5/5/2014	11:05:21	21,8	62	131	5/5/2014	11:07:31	21,5	62,6
119	5/5/2014	11:05:31	21,8	62	132	5/5/2014	11:07:41	21,5	62,6
120	5/5/2014	11:05:41	21,7	62,1	133	5/5/2014	11:07:51	21,5	62,7
121	5/5/2014	11:05:51	21,7	62,2	134	5/5/2014	11:08:01	21,5	62,7
122	5/5/2014	11:06:01	21,7	62,2	135	5/5/2014	11:08:11	21,5	62,7
123	5/5/2014	11:06:11	21,7	62,2	136	5/5/2014	11:08:21	21,5	62,8
124	5/5/2014	11:06:21	21,7	62,3	137	5/5/2014	11:08:31	21,5	62,8
125	5/5/2014	11:06:31	21,6	62,3	138	5/5/2014	11:08:41	21,4	62,9
126	5/5/2014	11:06:41	21,6	62,3	139	5/5/2014	11:08:51	21,4	62,9
127	5/5/2014	11:06:51	21,6	62,4	140	5/5/2014	11:09:01	21,4	63
128	5/5/2014	11:07:01	21,6	62,5	141	5/5/2014	11:09:11	21,4	63
129	5/5/2014	11:07:11	21,6	62,5	142	5/5/2014	11:09:21	21,4	63
130	5/5/2014	11:07:21	21,6	62,6	143	5/5/2014	11:09:31	21,4	63
131	5/5/2014	11:07:31	21,5	62,6	144	5/5/2014	11:09:41	21,4	63
145	5/5/2014	11:09:51	21,3	63	160	5/5/2014	11:12:21	21,2	62,3
146	5/5/2014	11:10:01	21,4	63	161	5/5/2014	11:12:31	21,2	62,3
147	5/5/2014	11:10:11	21,3	62,9	162	5/5/2014	11:12:41	21,2	62,4
148	5/5/2014	11:10:21	21,3	62,8	163	5/5/2014	11:12:51	21,1	62,5
149	5/5/2014	11:10:31	21,3	62,7	164	5/5/2014	11:13:01	21,1	62,6
150	5/5/2014	11:10:41	21,3	62,5	165	5/5/2014	11:13:11	21,1	62,6
151	5/5/2014	11:10:51	21,3	62,4	166	5/5/2014	11:13:21	21,1	62,5
152	5/5/2014	11:11:01	21,3	62,4	167	5/5/2014	11:13:31	21,1	62,5
153	5/5/2014	11:11:11	21,2	62,3	168	5/5/2014	11:13:41	21,1	62,5
154	5/5/2014	11:11:21	21,2	62,3	169	5/5/2014	11:13:51	21,1	62,6
155	5/5/2014	11:11:31	21,2	62,3	170	5/5/2014	11:14:01	21,1	62,6
156	5/5/2014	11:11:41	21,2	62,3	171	5/5/2014	11:14:11	21,1	62,6
157	5/5/2014	11:11:51	21,2	62,3	172	5/5/2014	11:14:21	21	62,6
152	5/5/2014	11:11:01	21,3	62,4	173	5/5/2014	11:14:31	21	62,6
153	5/5/2014	11:11:11	21,2	62,3	174	5/5/2014	11:14:41	21	62,5
154	5/5/2014	11:11:21	21,2	62,3	175	5/5/2014	11:14:51	21	62,5
155	5/5/2014	11:11:31	21,2	62,3	176	5/5/2014	11:15:01	21	62,5
156	5/5/2014	11:11:41	21,2	62,3	177	5/5/2014	11:15:11	21	62,5
157	5/5/2014	11:11:51	21,2	62,3	178	5/5/2014	11:15:21	21	64,2
158	5/5/2014	11:12:01	21,2	62,2	179	5/5/2014	11:15:31	21,1	65
159	5/5/2014	11:12:11	21,2	62,2	180	5/5/2014	11:15:41	21,1	64,5

Ek-B

Araştırma Sürecinde Yürütülen Anket

ULUGAZI İLKÖĞRETİM OKULU ISIL KONFOR ANKETİ

Yard. Doç. Dr. Neslihan TÜRKMEÑOĞLU BAYRAKTAR ve Mohammad Abusamhadana tarafından Kocaeli Üniversitesi BAP Birimi tarafından desteklenen araştırma projesi kapsamında hazırlanmıştır.

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ MİMARLIK VE TASARIM FAKÜLTESİ,
MİMARLIK BÖLÜMÜ

1. Cinsiyetiniz?

Ben:

Kız

Erkek

2. Kaç yaşındasınız?

3. Sınıfın ısı ortamı hakkında ne düşünüyorsunuz?

Soğuk	Serin	Az Serin	Rahat	Az Sıcak	Sıcak	Çok Sıcak
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Şu anda sınıfta sıcaklıktan ne kadar memnunsunuz?

Çok memnunum

Hiç memnun

-3

-2

-1

0

1

2

3

5. Şu anda ortamın :

Daha soğuk olmasını
istiyorum

Sıcaklık değişimi
istemiyorum

Daha sıcak olmasını
istiyorum

6. Şu anda rahat hissediyor musunuz ?

Evet

Hayır

7. Şu anda yorgun hissediyor musunuz ?

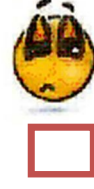
Biraz yorgunum



İyiyim



Çok yorgunum



8. Şu anda sınıfta hava hareketi hakkında ne düşünüyorsunuz?

Çok rüzgarlı
-3

Rüzgarlı
-2

Az rüzgarlı
-1

Rahat
0

Durgun
1

Durgun
2

Çok Durgun
3

9. Şu anda hava hareketinin daha artmasını mı, azalmasını mı, ya da hiç değişmemesini mi istersiniz ?

Daha artmasını
istiyorum

Hiç değişmemesini
istiyorum

Azalmasını istiyorum

10. Şu anda sınıftaki iç hava kalitesinden ne kadar memnun sunuz?

Çok memnun

Hiçmemnun

-3

-2

-1

0

1

2

3

11. 30 dakika önce ne yapıyordun?

Sınıftaydım



Dinlenme molada



Oynama ve koşma



Yemek yedim



12. Giyim durumunuzu işaretleyiniz

1. Uzun kollu tişört, gömlek (kalın/ince)

2. Kısa kollu tişört, gömlek (kalın/ince)

3. Kolsuz tişört, gömlek (kalın/ince)

4. Süveter (kalın)

5. Süveter (ince)

6. Pantolon (kalın)

7. Pantolon (ince)

13. Etek (ince)

14. Etek (kalın)

15. Tek parka elbise

16.Göz rahatsızlığından dolayı gözlük kullanıyor musunuz?

Evet

Hayır

17.Sınıftaki ışık miktarından ne kadar memnunsunuz?

Çok memnun Hiç memnun
-3 -2 -1 0 1 2 3

18.Ortama

Daha çok gün ışığı
girmesini istiyorum

Değişiklik olmasını
istiyorum

Daha az gün ışığı
girmesini istiyorum

Ek – C

EXTECH RHT10 Nem Sıcaklık Veri Kayıt Cihazı – Humidity Temperature Data Logger

Sıcaklık ve nem değerlerin ölçmesi için RHT10 cihazı kullanılabilir ve bu yöntem yüksek maliyetli olmaktan ziyade en düşük yöntemlerden bir tanesidir. RHT10 cihazı 16000 nem ve 16000 sıcaklık değerleri kaydetme potansiyele sahiptir. Tarama hızı ise bir saniyeden 24 saate kadar ulaşır. Hasas uygulamalar söz konusunda kullanıcı tarafından alarm eşiği kurabilir. Veriler almak istediğinde yazılımı yüklemek gerekir. Aynı zamanda RHT10 bilgisayarın USB'e ekleyerek verileri okutabiliriz. Kaydedici üzerine bulunan kullanışlı LED doğrudan kaydedicinin durumu gösteriyor ve bu bağlamda onun çalışıp çalışmadığını düşünmeye gerek kalmıyor.

Özellikler:

- *32.000 ölçüm (sıcaklık için 16.000 ve rutubet için de 16.000)
- *çiy noktası göstergesi via windows software
- *seçilebilir veri örnekleme oranı: 2s, 5s, 10s, 30s, 1m, 5m, 10m, 30m, 1saat, 2saat, 3saat, 6saat, 12saat, 24saat,
- *Sıcaklık ve nem için kullanıcı tarafında programlanabilecek alarm eşiği,
- *Kırmızı\sarı ve yeşil LED yoluyla durum göstergesi,
- *uzun ömürlü şarjı,
- *ölçüler: 5,1 x 1,1 x 0,9" (130x30x25mm)/Ağırlık: 1 Oz (20g),
- *lityum pil ve Windows ile uyumlu analiz



Ek – D

CFM/CMM Thermo-Anemometer AN100

Uygulamalar:

- *HVAC montaj, tamir, teşhis ve optimizasyon,
- *davlumbaz testi, montajı ve doğrulama,
- *havalandırma sisteminin yerleştirmesi, bakımı ve analizi,
- *çevresel rüzgar ve sıcaklık testi-analizi,
- *kazan odaları,
- *otomobil aerodinamik testler,
- *tesislerin bakımı,
- *hava akımı ve hava hızı ,
- *iyonlaştırıcının akış çıkışının izlemesi,
- * CFM/CMM Thermo-Anemometer AN100'nun hava hızı ve hava akımı büyük ekranı.

Özellikler:

- Model AN100 — CFM/CMM Thermo-Anemometer
- Ortam sıcaklığı ve hava hızının ani göstermesi
- Metre içindeki hafızada 8e kadar alan boyutlar ayarlanabilir
- Hava akımı.....
- Super geniş aydınlatmalı LCD ekranı



Ek – E

Wide Range Light Meter

Uygulamalar

40.000Fc/400.000Luxa kadar aydınlatma ölçüleri

Özellikleri:

- Kompakt ve sağlam tasarım
- 40.000c\400.000Lux dışardaki uygulamalar için uygun
- Barografla olan büyük ekran, referans değerinden farklı veya sıfır için bağlı fonksiyondur
- Otomatik kapanma, sıfır fonksiyonu
- Tepe fonksiyonu kısa kısa ışık titreşimi-nabız-vuruş



KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

- [1] Bayraktar T. N., Kışalı E., **Abusamhadana M.**, Investigation on the Effects of Thermal Parameters in Historic Primary School in Izmit in the Context of Refurbishment Process, *Journal of Polytechnic*, 2017, **20**(2), 357-367.



ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Suudi Arabistan’da doğdu. İlk ve orta öğrenimi Abhada ortaokulun’da, lise öğrenimini Filistin Lisesi’nde tamamladı. 2011’de İslam Üniversitesi Mimarlık Mühendisi olarak mezun oldu. 2012 yılın’da Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Öğrenimi’ne başladı.

